

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

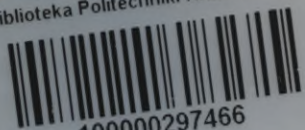
II

L. inw.

2754

16450368

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297466

x
1.121

Die
Wildbach-
und
Fluss-Verbauung
nach den Gesetzen der Natur

mit 37 Clichés im Text, 18 Tafeln und 1 Titelbild.

VII C 4

von

A. Schindler

17448



ZÜRICH. 1858.

Druck und Verlag von Hofer & Burger.

*g. 44
20*

DIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 2754

F 5 11

2754

Akc. Nr. 2715 / 49

VORWORT.

Es ist über Wildbachverbauung und Flusscorrection schon so unendlich viel geschrieben worden, und die bisher angewandten Baumethoden finden sich, nach allen ihren technischen Einzelheiten, so gründlich, sachkundig und mannigfaltig dargestellt, dass es mehr als überflüssig erscheinen könnte, noch ein weiteres Schriftchen unter diesem Titel erscheinen zu lassen.

Geschieht es dennoch, so kann es vernünftiger Weise nur unter der Voraussetzung geschehen, dass es sich nicht um abermalige Wiederholung des schon Bekannten, sondern um wesentlich neue Gesichtspunkte und Erfahrungen in dieser Materie handelt. *)

Unsere Absicht ist in der That, im Nachfolgenden nicht nur ein neues Baumittel für die Heilung der Erosionsgefahr und der Uferzerstörung zu besprechen, sondern auch die grundsätzliche Auffassung der Heilungsbedingungen von einer andern Anschauung aus zu beleuchten, als es bisher zu geschehen pflegte.

Der innerste Kernpunkt unserer Auffassung für die Heilung des Uebels beruht in dem Grundsatz: dass die Natur vor allem sich selbst fort und fort zu heilen strebt, und dass die künstliche Heilung durch den Menschen sich genau an diese Gesetze der Natur, und an keine ihr widersprechenden anzulehnen hat.

Es handelt sich demnach in erster Linie darum, nachzuweisen, worin die Selbstheilung der Natur beim Runsenübel oder bei der Erosion besteht; dann zweitens, wie sich die bisherigen Bauvorrichtungen und Schutzmittel zu diesen Naturgesetzen verhalten und drittens endlich, durch welche Anordnungen die künstliche Nachhülfe, den Gesetzen der Natur entsprechend, vorgenommen werden kann.

*) Vorliegende Schrift ist eine weitere Ausarbeitung einer im Jahr 1878 im Selbstverlag des Verfassers erschienenen Brochure: «Ursache der Hochwasser».

Da jede Werthschätzung einer Sache nur auf der vergleichenden Abwägung mit einer andern gleichartigen beruht, so wird eine kritische Beleuchtung der bisher gültig gewesenen Bauprinzipien, und zwar, wie es in der Natur der Sache liegt, im Sinn der Negativität für einen Theil derselben, um so weniger zu vermeiden sein, als das Neue sich für die Meisten noch im Stadium theoretischer Körperlosigkeit befindet, und also nicht mit dem durchschlagenden Gewicht allseitiger, erdrückender Thatsächlichkeit oder Wahrnehmbarkeit auftreten kann.

Die Anerkennung eines Grundsatzes mag nun, je nach dem Standpunkte des Beurtheilers, so oder anders ausfallen; das letzte Wort scheint, nach unserer Auffassung, unter allen Umständen, der unfehlbaren Autorität der praktischen Erprobung zuzustehen. Ein Mehreres kann nicht verlangt, ein Geringeres aber wohl auch kaum zugestanden werden, zumal in einer Sache, welcher nicht nur fachmännische Autoritäten, sondern, soweit das schwierige Arbeitsobject einem Laien zugänglich gemacht ist, auch schon hinlängliche thatsächliche Erfahrungen zur Seite stehen.

Als triftigster Grund für die Annahme, dass die Frage der Runsenbautechnik und der Ufersicherung noch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten sein dürfte, erscheint uns schliesslich der thatsächliche Zustand so vieler unserer Wildbäche und Flüsse, auch solcher, welche man längst als definitiv gesichert anzusehen gewohnt war, sowie die fernere Thatsache, dass, während man mit riesigen Summen jeweilen den schlimmsten und eben an der Tagesordnung stehenden Erosionsgebieten das grosse Maul zu stopfen sucht, ein ganzes junges Heer ähnlicher Schädigungsursachen in stiller aber sicherer Vorbereitung und Entwicklung sich befindet, und damit das Subventionsbedürfniss in progressiver Permanenz in Aussicht gestellt wird.

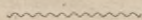
Es kann somit von der Entbehrlichkeit weiterer Hilfsmittel im Arsenal der Hydrotechnik, oder von der absoluten Unfehlbarkeit der schon vorhandenen Grundsätze, kaum geredet werden, und deshalb hoffen wir auch, mit den nachfolgenden Ausführungen auf nicht ganz unfruchtbaren und insbesondere nicht auf allzu steinigten Boden zu fallen.

Basel, September 1888.

Der Verfasser.

INHALTS-VERZEICHNISS.

I. Theil. SAMMELGEBIET:	Seite
1. Ursprüngliche Normalität	7
2. Das Uebel	11
3. Die Naturheilung	16
4. Die künstliche Heilung	22
a. Bisherige Methoden:	
Thalsperren.	23
Steinbauten	29
Flechtwerk	30
Aufforstung	31
b. Neue Methode:	
Ablagerung und Fixirung	33
Quellgebiet	36
Nivellirungsarbeiten	37
Behandlung einiger verschiedener Runstypen	47
Verwendung des Dejectionskegels als Reserve- Schutzmittel	49
II. Theil. ABFLUSSGEBIET:	
1. Natürliche Normalität	52
2. Das Uebel	55
3. Bisherige Baumethoden	58
4. Neue Baumethode	70



VERZEICHNISS DER TAFELN.

Titelbild: Wildbach bei Walchwyl, Ct. Zug.

Tafel	1.	Thalsperren-Verbauung in der Rüferuns bei Mollis, Ct. Glarus.
	2.	Perimeter von Sanières, Dauphiné.
	3.	Supposition. Eine mit Thalsperren verbaute Runse.
	4.	Wildbach Bourget.
	5.	Rüferuns Mollis nach supponirtem Pfahlbau.
	6.	„ „ mit allmählicher Auffüllung der Thalsohle durch Kegelbildung.
	7.	„ „ Thalsperren-Verbauung. Längenprofil.
	8.	Erste Fussbildung eines Schuttkegels. Längenprofil.
	9.	Anfang einer Schuttkegelbildung. Perspekt. Ansicht.
	10.	Der neu gebildete Schuttkegel des Baches bei Bilten, Ct. Glarus.
	11.	Verbauung an der Froda, Gemeinde Nasca, Lago maggiore.
	12.	Sohlenerhöhung und Uferschutz am Wildbach Froda.
	13.	Verbauung des Baches bei Bilten.
	14.	Ablagerungskegel des Baches bei Bilten.
	15.	Ein für alle Wasserstände passendes unangreifbares Normalprofil.
	16.	Correction eines zerstörten Ufers durch Pfahlbau.
	17.	Normalprofil.
	18.	Neue Kanalanlage sammt Fixirung.

CLICHÉS IM TEXT.

			Seite
Fig.	1.	Bodenfixirung durch Flechtzäune nach bisherigem Modus	20
	2.	„ „ nach neuem Modus	20
	3.	Princip des neuen Modus	20
	4.	Querprofil der Ruhstallrunse, Ct. Glarus	27
	5.	Situationsplan eines Wildbaches	34
	6.	Längenprofil „ „	34
	7, 8.	Thalausweitungen, Verengungen eines Wildbaches	35
	9—11.	Verbauung einer Regenrunse, Ct. Glarus	38
	12, 13.	Pfahlverbauung eines Wildbachbettes	39
	14.	Zwei Thalsperren; supponirt durch Schuttkegelanlage eingeschottert	40
	15.	Ausgleich eines Schuttkegels	41
	16, 17.	Die Nachtheile des Steinbaues	59
	18, 19.	„ „ Rostbaues	59
	20.	„ „ der Schwellhölzer, Längenprofil	60
	21, 22.	„ „ „ „ „ „	61
	23—25.	„ „ „ „ „ Querschnitt	62
	26—29.	„ „ „ „ „ des Faschinenbaues	63
	30—32.	„ „ „ „ „ der Faschinensporren	64
	33—37.	Kanalprofile mit Bezug auf Ufersicherheit	76

I. THEIL.

SAMMELGEBIET.

1. Ursprüngliche Normalität.

Das Wesen einer Krankheit bestimmt sich jeweilen aus der normalen Gesundheit, oder mit andern Worten: Das Uebel besteht aus dem theilweisen oder totalen Verschwindensein derjenigen Lebens-elemente, welche die Gesundheit bedingen.

Bei der Erosionsfrage fallen als solche Lebensfactoren der Natur in Betracht

1. die geometrische (und planimetrische) **Boden-Gestalt**
2. die materielle **Boden-Beschaffenheit**, in Beziehung auf ihre Widerstandskraft.

So verschiedenartig die topographische Gestalt der Erdoberfläche sich auch darstellt, so gibt es doch in Wahrheit nur einen Typus, welcher, bei der geneigten Fläche, welche hier ausschliesslich in Betracht kommt, als der normale bezeichnet werden kann.

Es ist derjenige, welcher sich, nach den centripetalen Bildungsgesetzen der im freien Raume schwebenden Weltkörper, als Urtypus allen Planeten, und somit auch an der Erde in der Kugelform, ausgeprägt hat. Der Kreis allein, d. h. die Kugel ist diejenige Form der Atomeagglomeration, bei welcher alle Theile in die möglichst vollkommene Nähe des Mittelpunktes, also auch in der denkbar grössten Concentration, dem Gesetz der Anziehung zu folgen im Stande sind. Dem nämlichen Gesetze sind natürlich auch die über das Kreisrund der Kugel hinausragenden Gebirgshöhen, trotz ihrer scheinbar so widersprechenden Form, unterworfen, und alle die Abplattungen, scharfen Kanten oder Einsenkungen, welche die sphäroide Gestalt verleugnen, sind als solche Erscheinungen, nur das Resultat zufälliger und abnormaler Einflüsse, welche gegen den Urtypus der normalen, ursprünglichen Wölbung nichts beweisen.

Versetzen wir uns in Gedanken auf die erste Entstehung der durch Erhebung und allmälige Erstarrung der Erdrinde gebildeten wellenförmigen oder plateauartigen Alpengebiete, so werden wir uns wohl nichts Anderes vorzustellen haben, als dass diese einzelnen Gebirgscomplexe ungeheure, rundlich gewölbte Beulen der Erdoberfläche bildeten, etwa in Form grosser Kürbissegmente, aus denen

sich erst nach und nach die jetzige zackige Gestalt ausgewaschener, gratförmiger und spitzwinkliger Felsgerippe herausentwickelte.

Der Hauptmotor bei der Zerstörung der convex gewölbten glatten Urform war ohne Zweifel das Wasser, das, im Verein mit den mächtigen Zersetzungsagenzien von Hitze, Kälte, von Säuren und Alkalien, und durch den reibenden Transport der harten Materien, das immer tiefere Einsägen der Schluchten und Thäler besorgte. Diese Lösungs- und Abschwemmungsthätigkeit des Wassers, gegenüber der festen Masse des Gebirges, bezeichnet man bekanntlich unter dem Namen der „Erosion“.

So lange es sich, vor dem menschlichen Dasein, darum handelte, die vorbereitenden Bedingungen seiner Existenz durch eine gewisse Ausgleichung der schärfsten Gegensätze von Höhe und Tiefe, und durch Ermöglichung der vegetabilischen Kultur herzustellen, hatte die Erosion dem wohlthätigen Zweck zu dienen, das nöthige Füllmaterial und das fruchtbare Alluvium für die tiefen Abgründe der Thäler zu liefern. Nachdem dieses Ziel einmal erreicht war, und die steilen Fallwinkel der höchsten Bergwände eine natürlichere Abdachung gefunden, ist das Fortbestehen der Erosionen nicht nur zwecklos, sondern zweckwidrig und schädlich, indem dadurch längst hergestellte Kulturarbeit nur gefährdet und auf's neue in Frage gestellt werden muss. Mit Ausnahme jener speziellen Fälle, wo das Erosionsmaterial, vermöge seiner Feinheit und Fruchtbarkeit, der Kulturwelt nur willkommene Elemente des Segens zuführt, wie es beim Nil der Fall ist, bildet die Erosion eine Gefährde, und ist daher im allgemeinsten Sinn als „Uebel“ zu bezeichnen.

Es dreht sich denn auch in der That die ganze Frage der Wildbach- und Runsenschädigungen, und theilweise auch der eigentlichen Flussläufe, nur um die Thatsache der Ablösung und Fortbewegung der festen Masse, oder eben um die Erosion.

Wir haben diese Grundfrage nun, sowohl in Beziehung auf die **Entstehung** als auf die **Heilung** des Uebels noch näher ins Auge zu fassen.

Was Ersteres betrifft, nämlich die **Entstehung**, so ist sie als vollzogene Thatsache so zu nehmen wie und wo sie gegeben ist.

So wenig es dem alternden Menschen vergönnt ist, an die Stelle der scharf geschnittenen Züge des Alters wiederum die Blüthe und Formfülle der Jugend treten zu lassen, so wenig können die tiefen Furchen der Gebirge und die ausgewaschenen Rinnen und Schluchten wieder zur ehemaligen, gesunden und vollen Form sanfter Wölbung und Glättung zurückversetzt werden, die sie ursprünglich hatten.

Indessen hoffnungslos ist die Sache dennoch nicht. Wenn absolute Vollkommenheit das Erbtheil des Vergänglichen nimmermehr sein kann, so müssen wir uns mit der Relativen begnügen lernen.

Die relative Vollkommenheit besteht darin, dass wir, auch in der concaven Tiefe des Erosionsbeckens, diejenige topographische

Bodengestaltung herzustellen suchen, welche in grösserem Bogen hier einst als sonnige Trift, oder als grüner Wald, über diese Tiefe sich gewölbt haben mag. Ob kleiner oder grösser das Uebel, ob leichter oder schwieriger der Erfolg: wir haben hauptsächlich darauf zu achten, dass in der Tiefe der Wunde kein unrichtiges Heilungsprinzip zur Anwendung komme, sondern ein solches, welches nach Maassgabe des vorhandenen Erosionsmaterials, in allen Stadien des Fortschrittes, immer dem Normalbild der Heilung entspreche. Wir wollen mit anderen Worten sagen, dass nicht das schnelle und einmalige Zuheilen tiefer Wunden, sondern die stufenweise und allmälige Umwandlung der kranken Säfte selbst in lebenskräftiges Blut und Fleisch, zum vollkommenen Ziele, d. h. zur relativen Gesundheit führt. Da die verdorbenen Säfte unseres Uebels durch das von den Gehängen in die Tiefe stürzende Erosionsmaterial gebildet werden, und diese Einstürze in vielen Fällen Dimensionen betreffen, welchen menschliche Kraftbauten nie und nimmermehr gewachsen sein können, so muss nothwendigerweise als Zielpunkt des Heilungsprozesses einerseits die beständige Offenhaltung der Wunde, und andererseits die beständige Aufnahmefähigkeit neuer Gesundheitsstoffe ins Auge gefasst werden.

Es ergibt sich schon in dieser Grundfrage eine deutliche Verschiedenheit der Anschauung gegenüber den bisherigen Bauprinzipien, auf welche wir jedoch später einlässlicher zu sprechen kommen.

Was die **Entstehung** des Erosionsübelns anbelangt, so zeigt jeder Blick auf Gebirge und Höhen einen seltsamen Wechsel glatter und gesunder, schöner Flächen und zerrissener, trichterförmiger Kessel und Schluchten. Diese letzteren boten vielleicht noch vor ganz kurzer Zeit das nämliche Bild des Wohlbestandes wie jene. Wie kommt es, dass auf dem gleichen Abhang, und unter vollständig gleichen Niederschlageinflüssen, gewisse Partien ihre ursprüngliche Form behalten haben, während die unmittelbar Naheliegenden so völlig zerstört und verändert sind! Hätte nicht der gleiche Regenguss oder Hagelschlag auf allen Punkten die gleiche Wirkung haben müssen?

Die Antwort ist einfach und selbstverständlich: Es liegt nicht am Regen und nicht am Hagel, sondern nur an der Bodengestaltung. Ist diese normal, d. h. glatt und leicht gewölbt, so bewirkt der stärkste Regen kein Uebel; nimmt dieselbe aber die entgegengesetzte Form an, so ist, auch bei geringem Niederschlag, die Erosion geschaffen. Wäre dies nicht so, so würden unsere Berge seit den Jahrtausenden ihres Bestehens längst keine gesunde Stelle mehr aufzuweisen haben.

In der Form, welche dem Boden gegeben, beziehungsweise erhalten wird, liegt also der Grund des Uebels und deshalb auch das wahre Kriterium der Heilung, und zwar so unbedingt und ganz, dass jede Abweichung von diesem Gesetz, auch da, wo sie mit um

so grössern Widerstandskräften auszugleichen versucht wird, wiederum neue Nachtheile in sich birgt.

Zu der richtigen Form gehört natürlich auch die **Unverletzbarkeit** und **Unveränderlichkeit** derselben, und diese hängt nun von verschiedenen Bedingungen der innern und äussern Beschaffenheit des Bodens ab.

Der natürlichste und dauerhafteste Schutz des Erdreiches bildet die Vegetation mit ihrem deckenden Blattwerk und dem ein grosses Ganzes bildenden Wurzelgeflecht. Es ist indessen wohl zu beachten, dass dieser vegetabilische Schutz, auch wenn er aus dem kräftigsten Hochwald bestehen sollte, für sich allein noch durchaus keine Gewähr für die Sicherheit des Terrains darbietet, sondern nur im Verein mit den möglichst normalen Gefälls- und Wölbungsverhältnissen desselben. Gegen das Reissen und Abrutschen sehr steiler Halden z. B. bietet weder die Grasnarbe noch der Wald unbedingte Garantie, denn erstere schützt nur an der Oberfläche und letzterer ist, je nach der Festigkeit oder Haltlosigkeit des Untergrundes, vermöge seines eigenen Gewichts der Rutschung noch mehr ausgesetzt als feineres Buschwerk.

Ursachen zur Verletzung der gesunden Bodenfläche können ferner durch Sickerwasser, erweichte Lehmschichten, verstossene Quellen u. dgl. herbeigeführt werden, oder auch, was häufig genug vorkommt, durch die Eingriffe des Menschen selbst, durch Zerstören der Grasnarbe und Vernachlässigung kleiner Rinnen und Rutschungen, durch unvorsichtiges Schlagen der Wälder und Entstockung, auch durch Viehwege und Holzritte.

Bei der vorhandenen Unmöglichkeit, die Bodengestalt im Grossen und Ganzen, durch menschliche Arbeit, nach den normalen Verhältnissen zu modifiziren, ist es ohne Zweifel von der grössten Wichtigkeit, wenigstens auf die Erhaltung der schützenden Decke, beziehungsweise auf die sofortige Schliessung entstandener Lücken in derselben, das grösste Gewicht zu legen. Die Schnelligkeit, mit welcher aus kleinen Abschürfungen und winzigen Gräben, beim Zusammentreffen gewisser Umstände, die grössten und unheilbarsten Erosionsgefahren sich entwickeln können, ist oft überraschend und wir glauben nicht fehl zu gehen, dass weitaus die Mehrzahl der vorhandenen Runsläufe und Erosionskessel ihre Existenz nicht natürlichen und zufälligen Ursachen, sondern entweder der Vernachlässigung des Menschen oder dem unverständigen Eingriff desselben in den Naturhaushalt verdanken.

Wenn es aber in den meisten Fällen dem Menschen anheimgegeben ist, dem Uebel der Terrainverletzung vorzubeugen oder doch rechtzeitig und gründlich begegnen zu können, so ist es kaum begreiflich, mit welcher grossen Gemüthsruhe die berufenen Wächter des öffentlichen Wohles, oder die Interessenten überhaupt, der alljährlich vor sich gehenden Entstehung und der Entwicklung der schon bestehenden Erosionsanfänge zusehen, ohne einzugreifen. Es

liessen sich ohne Mühe in unserm kleinen Lande Hunderte, ja Tausende von gefährlichen Bodenverwundungen in allen Stadien des verderblichsten Wachsthum's nachweisen, für welche dereinst, mittelst grosser Summen, die verlorne Zeit der Vernachlässigung sich nicht mehr wird völlig einbringen lassen.

Was soll man aber erst sagen, wenn man sieht, wie, in Folge sachlichen Missverständes und völliger Unkenntniss der Naturgesetze, die Zerstörung der gesunden Bodengestalt und der heilsamen Vegetationsdecke, nicht nur nicht ausgebessert und verhindert, sondern geradezu befördert, und mit Kostenaufwand förmlich zum Systeme erhoben wird, wie es bisanhin so vielfach kann beobachtet werden!?

An dem Schutz der normalen Bodengestalt, und der Unverletzlichkeit derselben, haben aber nicht nur die Sammelgebiete, mit ihrer unmittelbaren Umgebung, ein hohes Interesse, sondern ebenso sehr auch die untern Theile der Flussläufe oder das Abströmungsgebiet, denn die Hauptkalamität besteht auch dort vielfach in nichts Anderm, als in dem Erosionsmaterial des Quellgebietes.

Es ist auch da nicht leicht fasslich, wie man die ungeheuersten Kosten an Flussregulirungen und Correctionen seit Jahrzehnden wenden mag, bevor das enfant terrible aller Flussläufe: das Geschiebe, an Ort und Stelle gründlich zur Ruhe gebracht worden ist. Verständlich kann solches Vorgehen nur dann sein, wenn die Aufhebung der Erosion, oder die rechtzeitige Ausscheidung derselben, als ein Ding der Unmöglichkeit angesehen wird, oder wenn Schwierigkeiten internationaler Natur die gleichzeitige Behandlung der Quellgebiete und der Abströmungsgebiete verhindern.

2. Das Uebel.

Das Runsenübel besteht, wie allgemein bekannt und eben angeführt worden ist, darin, dass einzelne Stellen der Bergabhänge in ihrer ursprünglichen, topographisch gesunden Naturform krankhaft verändert worden sind, und dass, in Folge dieser Veränderung, durch rasche Schneeschmelze, oder durch atmosphärische Niederschläge, eine abnormale und übertriebene Concentration des Wassers veranlasst wird, welche Ansammlung ihrerseits, in progressiver Kraftentwicklung, die Ausdehnung des Uebels nach Höhe, Länge, Breite und Tiefe nothwendigerweise fortsetzt. Die erste Veranlassung des Uebels ist also eine äusserst geringfügige und einfache, die zweite Phase der Entwicklung ist eine naturnothwendige, auf physikalischem Gesetz begründete, und bis zum Eintritt des Gleichgewichtszustandes unaufhörliche, und das Schlussergebniss ist ein Zustand der Dinge, welcher für ganze Gegenden und einzelne Ortschaften zur schwersten Calamität ausarten kann.

Einen einheitlichen Charakterzug bietet das Runsenübel, trotz seiner tausendfachen Erscheinungsform, insofern, als das Führen und

Abtreiben von gröbern und feineren Geschiebmassen allen gemeinsam ist. Diese Geschiebeführung bildet ja überhaupt das Wesen einer Runse, und ihre verderbliche Eigenschaft als solche, denn ohne Sohlenvertiefung und ohne Uferbruch und Einsturz, gibt es keine Geschiebeabtreibung, und ohne diese letztere ist der Charakter der Runse auch nicht vorhanden.

So ähnlich in diesem Stück sich alle Runsen sind, so verschiedenartig sind dieselben dagegen nach ihrer topographischen Beschaffenheit, nach Ausdehnung in Länge, Breite und Tiefe, nach ihrem Gefäll, nach ihrer Gefährlichkeit, Alter u. s. w. Auch nach ihrer mineralogischen und geologischen Substanz, nach atmosphärischen, climatischen und vegetabilen Einflüssen bieten dieselben die mannigfaltigsten Unterschiede dar, oder es trägt ein und derselbe Wildbach, je nach den oberen oder mittleren und unteren Theilen seines Laufes, einen ganz verschiedenen Typus, sei es nach der geologischen Unterlage, sei es nach Gefällsverhältnissen u. dgl. Viele dieser Uebel sind im Wachsen, andere mehr im Stadium des allmäligen Erlöschens.

Es ergibt sich aus dieser Mannigfaltigkeit von selbst der Schluss, dass, auch bei der operativen Behandlungsweise derselben, für Wahl und Anordnung der baulichen Mittel kein allgemeines Princip kann aufgestellt werden, sondern dass ganz individuell, das Eine oder das Andere, oder meistens eine Mischung aller zur Verfügung stehender Hilfsmittel anzuwenden ist.

Nach einer Richtung lassen sich die Runsen doch in zwei Hauptkategorien ausscheiden, darin nämlich, dass die Einen, den grössten Theil des Jahres, völlig wasserlos und trocken sind, währenddem Andere mehr oder weniger beständig fliessendes Wasser, sei es von Schnee- und Gletscherschmelzung, sei es von Quellen, haben.

Es dürfte nicht unpassend sein, diesen Unterschied auch in der Benennung in der Weise festzuhalten, dass die trockenen Rinnsale mehr als Runsen und Rufen (Rovina, Ruin, ronzare brüllen), die anderen dagegen als Wildbäche aufgefasst werden, wobei immerhin zugegeben werden soll, dass der Wildbach nach Charakter und Wirkung völlig identisch sein kann mit der Runse, und umgekehrt.

Die trockene Runse bildet, obschon etwa eine kleine Wasserader öfter die erste Veranlassung zur Entstehung gegeben haben mag, eine total unberechtigte, völlig abusive Existenz. Es besteht gar kein vernünftiger Grund, solche Rinnen offen zu halten und fortexistiren zu lassen, weil sie nicht nur keinem wirklichen Bedürfniss der Ableitung zu dienen haben, sondern die Mächte der Zerstörung durch sie, buchstäblich, erst ins Leben gerufen werden. Die Zahl solcher abusiver Runsen in unserm Lande allein ist Legion, und bildet, genau besehen, eine wahre Pflanzschule für die, durch Bundessubventionen wieder gutzumachenden Schädigungsobjekte.

Es ist also eine Wahrheit, dass aus Mangel einer richtigen Einsicht diese Rinnen oder Runsen nicht nur geduldet und offen

gelassen, sondern durch förmliche Kanalisierung und Pflasterung mit grossen Kosten gepflegt und grossgezogen werden. Dank dieser Pflege bleibt das Uebel nicht nur bestehen, sondern entwickelt sich einerseits durch Verlängerung nach unten, in Folge der dem Wasser durch Concentration verliehenen Stosskraft, und anderseits durch vermehrtes Hinaufgreifen nach oben, und daherige Verschlimmerung des Erosionsgebietes, durch Erleichterung der Geschiebeförderung nach unten. Es bewahrheitet sich eben auch da der postalische Grundsatz, dass Verkehrserleichterung gleichbedeutend ist mit Verkehrsbeförderung, so gross auch der specifische Unterschied zwischen einem leichten Poststück und den schweren Felsblöcken der Alpenwelt sonst sein mag.

Es ist vorauszusehen, dass wenn von Behörden, von Forst- oder Gemeindeorganen, oder wen es angeht, nur in bisherigem Tempo, und mit bisheriger Auffassung, vorgegangen wird, der Stoff für die Bundessubventionen so bald nicht ausgehen, und von wirklich radikalen Heilungen auf dem Gebiete des Runsenwesens noch lange nicht wird gesprochen werden können.

Erstreckt sich das Runsenübel in seinen Wirkungen weit über die ihm zunächst angehörende topographische Zone, nach den obern und obersten Alpengebieten hin, und zieht Wälder und Waiden immer mehr in den Bereich seiner Zerstörung, so übt es eine nicht minder verhängnissvolle Wirkung auf die untern Flussgebiete aus, durch die Zufuhr der unermesslichen Geschiebemassen. Es ist dieses unheilvolle Geschiebe, auch in den denkbar günstigsten Fällen einer Flussregulirung, nämlich beim Vorhandensein eines Seebeckens, in welchem es abgelagert werden kann, — durchaus nicht ein Umstand von sekundärer Bedeutung, indem auch bei Tiefseen, wie Wallensee, Bodensee, Brienzersee u. dgl. eine allmälige Erhöhung, und daherige Verlängerung des Flusslaufes, unter stetiger Gefällsabnahme stattfindet, welche nicht in alle Ewigkeit fortschreiten kann, sondern einmal ihr Ende finden muss.

Was sogenannte Trockenrunsen, welche oft Jahrzehnte lang still liegen, und daher fast der Vergessenheit anheimfallen, an liegenden Gründen und an menschlichem Werth- und Wohlsein für Schädigungen anzurichten vermögen, das bezeugen die alljährlichen Hülferrufe, die aus allen Theilen des Landes jeweilen an unser Ohr klingen, und die trotz allen Verbauungen nicht ab-, sondern eher zugenommen haben*).

*) Ein drastisches Bild der Entstehung, der raschen Entwicklung und der unheilvollen Wirkungen einer solchen Rufe führen wir aus dem von Seckendorfschen Werk «Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe Wien 1884, pag. 202» an. Es liesse sich Aehnliches von der Nolla und andern Rufen unseres Landes sagen.

Der „Klausenkofel“ in Kärnthen ist nicht nur der bedeutendste Wildbach des Möllthales, sondern auch einer der gefährlichsten des ganzen Kronlandes. Sein Ursprung liegt nicht in sehr bedeutender Höhe; etwa 400 m unterhalb des Gipfels des Zeneberges

Der andern Kategorie, die wir mit dem Namen der „Wildbäche“ bezeichneten, weil sie einem eigentlichen Bache oder wenigstens einem regelmässigen und dauernden Abfluss zu dienen haben, ist selbstverständlich die Berechtigung ihrer Existenz nicht abzusprechen, und es können dieselben nicht der gleichen Radikalkur einer totalen Aufhebung unterworfen werden wie die vorigen. Es soll hier nur das Uebermaass der Ausdehnung und Sammlung eingeschränkt, die Erosion verhindert und jede Sohlenvertiefung und Lockerung der

(2140 m) sind die ersten Spuren kleiner Gerinne wahrnehmbar und unmittelbar hieran schliesst sich auch jener ausgedehnte Kessel, der, in totalen Zusammenbruch begriffen, die ungeheuerlichsten Massen thalabwärts sendet. Dieses Anbruchsterrain umfasst 34 ha. (das ganze Niederschlagsgebiet beträgt 256 ha.), ist vegetationlos und bildet eine an 150 m tiefe gähnende Schlucht, deren durch zahlreiche Klüfte und Runsen geschiedenen Wände in steter Bewegung begriffen sind. Die Länge dieses Kessels beträgt 1260 m, seine grösste Breite 460 m. Die Einbrüche an seinen Ufern sind trotz alledem noch nicht abgeschlossen, wie dies namentlich der am linken Gehänge in Abrutschung begriffene Waldbestand beweist. Unterhalb des Hintergraniggutes, wo die Uferwände nahezu senkrecht abstürzen, übergeht der Rutschungskessel in den engen, von Steilwänden begrenzten 1100 m langen Abfuhrkanal, an dessen Ende der weit-ausgedehnte, zum Theil bewachsene Schuttkegel sich anschliesst.

Im Jahr 1826 war noch keine Spur des heutigen Wildbaches vorhanden, und die alten Katastermappen enthalten den damaligen Stand der Culturflächen noch ganz genau. An Stelle der heutigen Schlucht lagen damals Wiesen und Wälder; die heute den ganzen Kessel durchweichenden Quellen flossen theils über die Wiesen harmlos zu Thale, theils wurden sie zum Betriebe einer Hausmühle benützt.

Im Jahr 1827 erfolgte in der Höhe der erste Anriss. Derselbe konnte sich um so rapider entwickeln, als das nunmehrige Eindringen des vorher oberflächlich abfliessenden Wassers in die Tiefen des Untergrundes die Zersetzung dieses letztern beschleunigte. Schon 1840 hatte die „Giess“ des Klausenkofels eine derartige Mächtigkeit erlangt, dass sie das Bett des Möllbaches auszufüllen vermochte.

Vom Jahre 1874 angefangen nahm die Ausbreitung des Rutschkessels auf den Höhen ein beschleunigtes Tempo an. Es genügen gegenwärtig schon verhältnissmässig geringe Niederschläge, um die sich daselbst ansammelnden breiartigen Massen durch den Schlund thalabwärts zu befördern.

Die unmittelbar ersichtlichen Wirkungen des Klausenkofels setzen sich von dessen Mündungsstelle thalabwärts bis gegen den Ort Fragant fort. Diese 2 km. lange Thalstrecke ist total verwüstet.

„Die Möll ist nicht im Stande, das ihr von dem Wildbache zugeführte massenhafte Material weiter zu transportiren; es breitet sich demnach auf der Thalsohle aus, erhöht die Flusssohle in einer derartigen Weise, dass die Versumpfung der Culturen bei Fragant von Jahr zu Jahr zunimmt und die Möll innerhalb dieser Strecke ohne eigentliches Bett in den Trümmerfeldern dahinfliesst.“

In diesem Schattenbilde haben wir nichts als eine besonders drastische Illustration für die Entstehung, die successive Entwicklung und die bis in die Ferne sich erstreckenden Folgen aller Wildbäche. Hunderte ähnlicher Bilder in jedem Stadium der Gefahr und des fernern Verlaufes könnten diesem Einen angereiht werden ohne über die Grenzen des eigenen Landes hinauszugehen. Es mag an diesem Einen genügen, da im Grunde die Geschichte ewig dieselbe und nur die materiellen Umstände und Grade des Uebels etwas verschiedenartig sind.

Abhänge verunmöglicht werden. Ganz besonders wird dabei auf Verwandlung aller kahlen seitlichen Sammeltrichter, welche dem Fluss nur schädliche Zuschüsse liefern, in Gebüsch und Waldpflanzung Rücksicht genommen werden müssen, und endlich wird ein mächtiger, und bisher ganz unbeachtet gelassener Hebel zur wirksamen Bezähmung solcher Wildbäche darin gefunden werden, alle Thalerweiterungen in der ganzen Länge des Flusslaufes, zur Anlage systematisch functionirender Ablagerungsplätze umzuschaffen. Ohne dieses fundamentale Requisite einer Wildbachverbauung, werden alle übrigen Operationen und Heilungsversuche sich meist als zu schwach oder als ungenügend erweisen.

Aus der Natur der Sache selbst geht hervor, dass die Trockenrunsen meistens ein kleineres Einzugsgebiet und auch einen kürzeren Lauf umfassen, als die andern. Die lokale Gefährlichkeit und ihr Einfluss auf die unteren Stromgebiete steht jedoch deshalb nicht immer in proportionalem Verhältniss zu ihrem geringern geographischen Umfang. Dafür gibt die Nolla mit ihrem bedeutenden Einfluss auf den Rhein bis zum Bodensee einen Beleg, der sich schon durch die Färbung kund gibt, ganz besonders aber durch die fortwährende Sohlenerhöhung, an welcher die Nolla wohl einen nicht unerheblichen Antheil trägt.

In der Regel werden die lokalen Schädnisse bei Rufen und Runsen deshalb grösser ausfallen, weil sie durch ihre oft langjährige Ruhe, eine gewisse Sorglosigkeit hervorrufen. Oft aber auch deshalb, weil sie an Stellen sich bilden können, an denen früher eine Veranlassung zur Vorsicht für den Menschen gar nicht vorhanden zu sein schien. Bei eigentlichen Bergwassern lässt sich vernünftigerweise von vornherein eine wahrscheinliche Gefahr voraussetzen und kann daher derselben durch entsprechende Distanznahme für die Bodenkultur und die Wohnungen vorgebeugt werden.

Werfen wir endlich auf das „Uebel“ als solches noch einen Blick in Bezug auf dessen Heilungsmöglichkeit, so tritt uns bei der Runse, die nur durch Niederschläge und Rutschungen in Thätigkeit gesetzt wird, vor allem das Uebergewicht der Trockenmasse gegenüber dem Wasserquantum ins Auge. Vermöge des geringen Niederschlagsgebietes, das seine Beiträge an die Runse liefert, muss auch die Wassermenge eine geringere sein als bei einem Wildbache von längerem Lauf.

Dagegen wird sehr oft der schwächere Wasserinhalt durch um so stärkeres Gefälle wieder ausgeglichen und damit die verderbliche Stosskraft des Flusses und seine ganze Erosionsgewalt gesteigert.

Es ergibt sich daraus, dass bei der Runse die Heilungsoperationen eng zusammenhängend sein müssen, während sie beim Wildbach mehr auf die ganze Länge verzogen und nur die passendsten Stellen dazu verwendet zu werden brauchen.

Die Gesichtspunkte, von denen die Heilungsoperationen selbst auszugehen haben, ergeben sich aus dem oben, bei den Entstehungsursachen, Angeführten ganz von selbst. Das Uebel liegt in der Concavität des Abhanges, folglich liegt die Heilung in der Convexität desselben. Die Mittel, welche zur Herstellung der Convexität zur Verfügung stehen, sind die Ausfüllung, Verbreiterung und Verflachung, und womöglich die sanfte Wölbung der Flusssohle, durch das seitwärts oder von oben her zu gewinnende Füllmaterial.

Das zweite, ebenso wichtige Postulat ist die Herstellung der Unangreifbarkeit dieser also präparirten Sohle, welche künstlich zu bewirken ist, und endlich die Wiederherstellung einer gesunden und bleibenden Bodenbekleidung, durch Rasen, Gebüsch oder Wald.

Da alle diese Bedingungen von dem Vorhandensein einer gewissen Menge von beweglichen Schuttmassen oder Erde abhängig sind, so ist es einleuchtend, dass jede Scholle abgeschwemmter Materie als ein grosser unersetzlicher Verlust betrachtet werden muss, und dass folgerichtig diejenige Baumethode, welche diese Festhaltung im weitest möglichen Umfange und in der denkbar solidesten Weise herzustellen vermag, als die beste bezeichnet werden muss.

3. Die Selbstheilung des Uebels durch die Natur.

Die beste Lehrmeisterin, in aller physikalischen Wissenschaft, bildet unstreitig und unter allen Umständen die Natur. Die Erforschung und Beobachtung ihrer Gesetze bildet, sammt der theoretischen Systematisirung derselben, das Wesen selbst der Wissenschaft, und die richtige Schlussfolgerung aus derselben öffnet den Weg zur praktischen Verwerthung dieser Kenntnisse in den Gebieten der menschlichen Thätigkeit.

Mit Allem Diesem ist jedoch noch wenig oder nichts gewonnen, wenn das „technische Mittel“, das factische „Können“ nicht hinzukommt. Die schönsten theoretischen Gesetze, wenn das Mittel zu ihrer Ausführung mangelt, sind werthlos; aber anderseits ist auch die Anwendung des richtigen Mittels, ohne Kenntniss des Gesetzes, dem es dienen soll, ein Mangel, welcher eine consequente Durchführung eines Systems nicht zulässt.

In dem vorliegenden Fall des Runsenübels zeigt uns die Natur eines Theils das **Gesetz** der natürlichen Ablagerung gewaltsam in Bewegung gesetzter Materien, und andern Theils ebenso wohl, aber auf anderm Gebiete, das **Mittel** der bleibenden und soliden Befestigung der steilen Abhänge durch das tiefgehende Wurzelwerk des Waldes.

Wer hätte nicht schon mit Wohlgefallen die regelmässig im Halbkreisbogen, fächerartig am Fuss der Berge sich lagernden Schutt-

kegel betrachtet! Bald steiler, bald flacher ansteigend, je nachdem das Wasser mitgewirkt oder mehr der trockene Fall sie hervorgerufen, bilden sie den natürlichen, zwischen Berg und Thal sanft vermittelnden Uebergang, eine Art Fusszehe. Die Regelmässigkeit dieser Kegel ist oft so gross und auffallend, dass man zu fragen versucht sein könnte, ob das wirklich die Arbeit der — wie der Dichter schön aber falsch singt — rohen und sinnlos waltenden Kräfte der Natur sei!? Ja freilich ist dies Naturarbeit, so gut wie das feine Sandkegelchen, das sich im untern Glase des Sandührchens, nach dem ewig sich gleich bleibenden Gesetz, so niedlich und pyramidalisch aufeinanderthürmt und, so genau wie möglich, der trichterförmigen Einsenkung des obern Theils in Form und Inhalt entspricht.

Der natürliche Fallwinkel der Erde schwankt bekanntlich, je nach dem Material, zwischen 30 und 45°. Da aber bei der Schuttkegelbildung, am Austritt der Schluchten, immer die Trag- und Stosskraft des Wassers oder die Schwingung des hoch herabstürzenden Gerölles mitwirkt, so wird jenes Gesetz der natürlichen Schwere oder der Trägheit auf's mannigfaltigste modificirt und potenzirt, und diese Modifizierung prägt sich eben in der längern und flachern, oder kürzern und steilern Form dieser Kegel aus.

Die Selbstheilung der Natur beruht also auf dem scheinbar unwichtigen und doch so wichtigen Umstande, dass das Erosionsmaterial: erstens, so rasch und frühe wie möglich sich fest zu legen bestrebt, und zweitens, dass es dies in einer mit seiner Spitze nach oben gerichteten, conischen Kegelform vollzieht, welche die fortwährende und grösstmögliche Theilung des Wassers zu bewirken im Stande ist.

Die Einfachheit dieser Thatsache ist ebenso einleuchtend, wie die Nichtbeachtung dieses fundamentalen hydrotechnischen Gesetzes durch den Menschen auffallend ist. Die naturgemässe Oertlichkeit solcher Kegelbildung ist das Ausfallthor des Flusses, da wo der freie Eintritt aus der Seitenschlucht in das weite Hauptthal stattfindet. Dort tritt nicht nur eine plötzliche Gefällsverminderung ein, sondern es trifft dieselbe auch mit der Möglichkeit für das Wasser zusammen, sich in beliebiger Weise nach der Breite hin auszudehnen. Zwei so mächtigen Factoren zur natürlichen Ablagerung der Geschiebe, wie die Gefällsverminderung und die Verminderung der Wassertiefe um das zeh-, zwanzig- oder fünfzigfache sie darstellen, können nur unter der höchsten Gefahr selbstverschuldeter Strafe ignoriert oder ihnen gar Trotz geboten werden.

Es geschieht dies aber nichts desto weniger ganz allgemein, als wenn es die selbstverständlichste Sache von der Welt wäre, ohne die Hydrotechnik will nichts wissen von der Benützung dieser Kegel als Ablagerungsgelegenheit, sondern sie führt die Durchschneidung dieses Körpers aus, um die Ablagerung an anderer Stelle zu erzwingen.

Hat uns der Hauptschuttkegel am Fuss des Berges das Bild im Grossen gezeigt, für das was die Natur durch ihre Selbstheilung anstrebt, so zeigt sich uns in kleinerm Maasstabe, in der ganzen Länge des Flusslaufes, dasselbe Bestreben fortwährender Kegelbildung. Wer dem angeschwollenen, schweres Geschiebe wälzenden Wildbach, aufmerksam mit den Blicken folgt, wird beobachten können, dass keine Sekunde vorübergeht, ohne dass zahllose Kegelbildungen über die ganze Breite des Flusses im Entstehen und Wiederverschwinden begriffen sind. Die Folge dieser Tendenz zur steten Kegelbildung ist Ursache, dass der flüssigere Theil des Stromes sich beständig hinüber und herüber wälzt, bis er endlich, bei rascher Abnahme des Wassers, die Kegel nicht mehr zu zerstören vermag, und dieselben links und rechts im Flussbette liegen lässt. Die Unterstützung dieser Kegelbildung ist die eigentliche Aufgabe des Menschen und es ist klar, dass es dazu keines sehr gewaltigen, sondern nur eines recht zweckentsprechenden Mittels bedarf, weil die Natur selbst die Hauptarbeit übernehmen will.

Diese Kegelbildung, die uns von der Natur immerfort vorgebildet wird, ist bisher unsers Wissens noch nie zum grundlegenden Prinzip der Runsenverbauung erhoben worden, und man hat das Heil nur in thunlichster Versperrung der Geschiebeabfuhr durch Thalsperren gesucht. Was damit erreicht und nicht erreicht wird, behalten wir einer spätern Erörterung vor, können aber hier schon bemerken, dass damit in manchen Fällen ein wirklicher Erfolg dennoch erzielt werden kann, wenn die baulichen Bedingungen dazu vorhanden sind.

Völlig gegen Natur und ihr vernünftiges Gesetz handelt der Mensch dagegen, wenn er, wie oben angedeutet, die kolossalsten Felsblöcke und die nur halbwegs flüssig daherstürmende Geröllmasse, absolut auch da zur Weiterreise zwingen will, wo die Reisebedingungen durch Gefällsverminderung vollständig zu fehlen beginnen. Einerseits wundert man sich dabei über die beispiellose Gewalt des Gewässers, welches so riesige Felsblöcke fortzuschaffen vermag, und anderseits besteht doch wieder die etwas unbescheidene Erwartung und stille Hoffnung, dass diese Blöcke doch ja nicht allzufrüh und am unpassenden Orte zur Ablagerung sich entschliessen möchten.

Ein anderes Naturgesetz lehrt uns ferner, dass die Natur, resp. die Erde, sobald sie nur Ruhe genießt, sofort Anstalt trifft, sich mit einer Vegetation zu bekleiden.

Die enorme Wichtigkeit der Vegetationsdecke ist längst schon mehr zur Anerkennung gelangt, und es ist in dieser Hinsicht, freilich spät genug, schon Viel und Grosses geleistet worden. Das Wiederaufrücken der Waldgrenze in die Regionen, die der Hochwald früher eingenommen hat, wofür unter den Trümmerfeldern der obersten Alpengebiete hie und da noch die Belege gefunden werden, wird

kaum je möglich werden und wir können zufrieden sein, wenn in der jetzigen Wald- und Runsenregion um so nachdrücklicher der Pflege der Forsten obgelegen wird.

Dazu gehört aber unbedingt, dass mit der Verbauung oder Bearbeitung der ganz entblössten, als kahle und ausgewaschene Trichter sich darstellenden Seitenhänge der Schluchten, in der Weise vorgegangen werde, dass nicht nur Wald gepflanzt, sondern demselben auch der bleibende Bestand gesichert werde. Ist dies, wie es sehr häufig vorkommt, nicht der Fall, so sind für die ganze Aufforstungsarbeit Kosten und Mühe ganz vergeblich aufgewendet und damit zugleich eine kostbare Zeit zur Sanirung der Runse verloren. Solche Begründung einer dauernden Vegetation kann nur dadurch geschaffen werden, dass die Verflachung der steilen Gehänge, welche die Natur langsam und nach Massgabe der successiven Auflockerung der Oberfläche zu vollziehen strebt, mit einem Mal durch künstliche Nachhilfe vollzogen werde. Es wird dies in manchen Fällen fast als ein frevelhafter Eingriff in ein noch gesund scheinendes, vielleicht sogar mit schöner Vegetation bedecktes Gebiet des Runsenbeckens erscheinen, allein warum sollte das, was der Zahn der Zeit doch mit sicherer Voraussicht früher oder später vollbringen wird, nicht mit einem Schlag ausgeführt und so in möglichster Bälde der Vegetation ein bleibender und sicherer Standort in dem gut gelockerten herabgefallenen Erdreich verschafft werden!?

Wir wissen nicht, wesshalb dieses kunstgerechte Abbrechen aller gefährdeten und überhängenden Gräte und Böschungen niemals in das Programm der Sanirungsarbeiten aufgenommen wurde, wie es doch durch den Eisenbahnbau, bei dem es freilich eine absolute Nothwendigkeit ist, so vielfach vortrefflich vorgebildet wird. Wir vermuthen freilich, dass der Grund dieser Unterlassung darin beruht, dass man hier, da man es mit fliessendem Wasser zu thun hat, kein Mittel zu haben glaubt, diese gelösten und in der Tiefe sich aufhäufenden Erd- und Schuttmassen genügend festhalten und consolidiren zu können. Es dürften dazu auch wirklich die nur die Oberfläche sichernden Flechtzäune nicht genügen, und ist es, in Ermanglung eines wirklich sichernden Befestigungsmittels, allerdings besser, den Status quo der Natur einfach beizubehalten und den Zerfall der Zeit zu überlassen.

Was uns bei der anerkannten Selbstheilung der Natur, durch das Wachsthum der Pflanzenwelt und der Wälder, so vorbildlich zur Nachahmung empfohlen wird, beruht theils auf dem die Erde mit einem schützenden Dach bedeckenden Blattwerk der Pflanzen, noch mehr aber auf dem sich in die Tiefe des Bodens senkenden so vielfältig verschlungenen Wurzelwerk derselben. Der ganze oberirdische oder sichtbare Theil der Vegetation kann durch menschliche Kunst weder hergestellt, noch auch durch irgend etwas Anderes ersetzt werden. Dagegen kann das Wurzelwerk, durch

ein einfaches Hilfsmittel, nicht nur in gleichwerthiger, sondern sogar in noch besserer Qualität ersetzt werden.

Je nach der Pflanzengattung, scheidet sich das Wurzelwerk mehr oder weniger deutlich aus in Nahrungs- oder Saugwurzeln und in Pfahl- oder Festigkeitswurzeln. Die Ersteren breiten sich, bei normalen Bodenverhältnissen, in gleichmässiger Kreisform um den Stamm herum aus, während die Pfahlwurzel senkrecht, in der Richtung des Stammes, in die Erde geht. Während die flach ausgebreitete, teller-

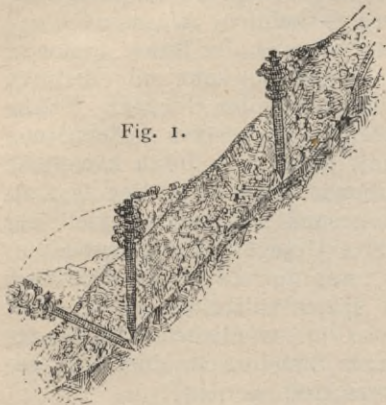


Fig. 1.

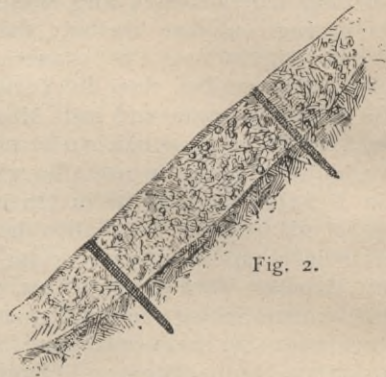
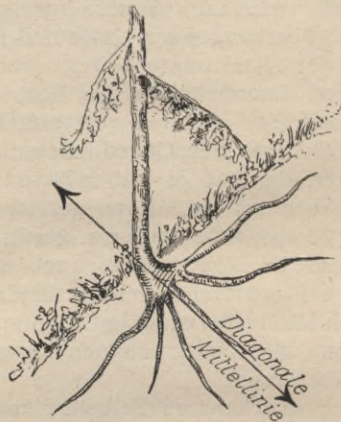


Fig. 2.

Fig. 3:



förmige Wurzelmasse, durch die schwankende Bewegung des hohen Gipfels und Stammes, mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen und gerüttelt wird, bleibt die senkrechte Pfahlwurzel als todter Punkt ruhig stehen, und hält das Ganze im Gleichgewicht. Steht der Baum nun auf einem steilen Abhang, so zeigt der Stamm, da wo er in den Wurzelstock übergeht, immer einen nach der Böschung zugekehrten Bogen, so dass die Pfahlwurzel, wenn eine solche überhaupt vor-

handen ist, ebendieselbe Richtung, also eine zur Böschung senkrecht stehende, innehaben muss. Das feine Saugwurzelwerk, sammt den kraftvollen Klammerwurzeln, wird sich ebensowohl nach oben, als nach unten und seitwärts, in kreisförmiger Art ausbreiten, wie in der Ebene. Zieht man aus dieser Gesamtlage des Wurzelwerkes die diagonale Mittellinie, so erhält man eine zur Böschung senkrecht stehende Richtung, und darin bietet die Natur einen weitem Lehrpunkt für die menschliche Thätigkeit in der Bodenbefestigungsfrage.

Ein in solcher Richtung in die Böschung eingetriebener Pfahl (Fig. 2), von 1, 1 $\frac{1}{2}$ oder 2 Meter Länge, bietet in Wirklichkeit das non plus ultra der Befestigungsmöglichkeit der Berghänge, und gibt sogar grössere Garantie gegen Rutschung, als der stärkste Hochwald es zu thun im Stande ist. Die Dichtigkeit der Verpfählung, welche ganz beliebig bestimmt werden kann, die Abwesenheit einer hohen, der schwankenden Bewegung ausgesetzten Baumkrone, die sofortige Erstellungsmöglichkeit dieser Bodenfixirung, und die Unangreifbarkeit des ganzen Werkes durch die Atmosphärien, sind ebenso viele Vorzüge dieser Sicherungsarbeit, und stellen dieselbe in ihrer Wirkung in vielen Fällen sogar über einen Hochwald. Ein unschätzbare Vortheil hat diese Sicherung steiler Halden, gegenüber Steinplakirungen dadurch, dass sie eine sofortige Bepflanzung und Grasbesamung gestattet, was bekanntlich auch im Hochwald, so lange er steht, nicht thunlich, auf Steinböschungen aber ganz und gar unmöglich ist. Auf die Vortheile obiger Fixirung, gegenüber den gewöhnlichen Flechtzäunen, werden wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

Fassen wir nun nochmals in Kürze die verschiedenen Vorbilder, die die Selbstheilung der Natur uns vorführt, zusammen, so haben wir:

1. jene Thatsache, dass die schweren Körper, sei es bei trockenem Fall, oder bei nassem Transport, sich immer in pyramidalen Kegelform ablageren, die breite Basis unten, die Spitze oben; dass
2. diese Ablagerung sich in möglichst kurzer Distanz vom Berge, dem sie angehört, zu vollziehen strebt, und dass sich ungestraft diese Distanz nicht gewaltsam verlängern lässt; dass
3. die Natur ihren vegetabilischen Haushalt nur da und dann mit wirklichem Nutzen begründen kann, wo sie, durch Rutschung oder oberflächliche Störung und Verwundung, definitiv und ganz gesichert ist, und dass ihr in diesem Bestreben nach Ruhe und Ausgleich des Gefälls muss künstlich nachgeholfen werden; und endlich, dass
4. der Baum, mit seiner Pfahlwurzel und der ganzen Disposition seines Wurzelwerkes, den vorzüglichsten Typus der Bodenfixirung durch Pfahlversenkung darstellt.

Wir haben damit sowohl die von der Natur vorgezeichnete, topographische Bodengestalt, wie auch das Mittel dieselbe festzuhalten und zu binden, gewonnen.

Wir gehen nun vom elementaren Prinzip der Sache zu den thatsächlichen Operationen, welche erforderlich sind, über:

4. Die Heilung des Uebels durch künstliche Verbauung.

a. Bisherige Methoden und Baumittel.

Um neue Grundsätze und Gedanken in ihrem Werth oder Unwerth richtig beurtheilen zu können, ist es nothwendig, die alten und bekannten, nach allen Richtungen, einer genauen und unbefangenen Prüfung zu unterstellen.

Ein anderes Mittel der Werthmessung, als die Vergleichung, ist uns überhaupt nicht bekannt. Jeder Mensch, dem es nicht um seine vorgefasste und liebgewordene Meinung, sondern um die Erkenntniss der vollen Wahrheit zu thun ist, wird solche Vergleichung nicht nur gestatten, sondern wünschen und sich jedes wirklichen Fortschrittes freuen. Es ist leider eine Erfahrungsthatsache, dass dieser neutrale Sinn bei den Verfechtern des Altgewohnten nicht so allgemein verbreitet ist, wie es wünschenswerth wäre, so dass oft die einfachsten und plausibelsten Gedanken nur deshalb abgelehnt werden, weil sie eben dem Alten widersprechen.

Auf der andern Seite fällt dagegen der Urheber neuer Gedanken leicht in den Fehler einer allzu enthusiastischen Ueberschätzung seiner Ueberzeugung, und in eine damit Hand in Hand gehende Geringschätzung des bisher Geschehenen. Beide Extreme werden ihr bestes Correctiv an den genau abzuwägenden Thatsachen der stattgefundenen Erfolge und der künftigen thatsächlichen Proben des praktischen Lebens finden.

Die gewichtigste Empfehlung eines neuen Gedankens wird ohne Zweifel darin bestehen, dass derselbe von einem wirklichen Bedürfniss und nicht bloss von einer spekulativen Neuerungssucht hervorgerufen worden ist.

Die Beweise, dass das bisher allgemein verwendete Bausystem, theils an der Haltbarkeit, theils am thatsächlichen Erfolg seiner Wirkung, noch sehr vieles zu wünschen übrig lässt, sind doch gar zu zahlreich, als dass man sich dürfte in den süßen Traum möglichster Vollkommenheit wiegen.

Wir werden weiter unten ein Beispiel über einen wirklich befriedigenden Erfolg einer Runsenverbauung aus Frankreich anführen, dem wir aber etwas Aehnliches im eigenen Land nicht zur Seite zu setzen wüssten.

Die ältesten schweizerischen Verbauungswerke durch Thalsperren, welche über 40 Jahre bestehen und uns speciell bekannt sind, haben uns noch keineswegs den Beweis der Vollkommenheit des Princips

geleistet, denn der verbaute Wildbach (Rüfiruns in Mollis) ist eben immer noch ein Wildbach, und von den ursprünglichen, auf ewige Dauer berechneten Mauerwerken bestehen unseres Wissens nur noch zwei kleine, während die übrigen mit der Zeit theilweise oder ganz durch neue ersetzt werden mussten. Andere viel jüngere und solide ähnliche Bauten sind in zahlreichen Fällen dem tobenden Element zum Opfer gefallen. Da dürfte es doch mindestens als gerechtfertigt erscheinen, das ganze betreffende System mit einem etwas misstrauischen Auge auf seine principielle Richtigkeit anzusehen, und womöglich das nicht sehr reich ausgestattete Zeughaus der Runsentechnik um ein neues Mittel zu vermehren.

Bekanntlich besteht das bisherige Heilmittel gegen Wildbachgefährden, in der Hauptsache, aus der sogenannten Thalsperre, ein mehr oder weniger roh gebautes oder auch in Mörtel gelegtes, und mit allen Regeln der Kunst ausgeführtes Mauerwerk. Sonderbarer Weise liegt der Gedanke, die Schluchten durch solche Sperrwerke zu schliessen, dem Menschen viel näher, als das, was ihm die Natur, durch die Kegelbildung, täglich vor Augen stellt, obschon die Form dieser Werke eine naturwidrige (weil in seiner Form der Natur direct widersprechend) genannt werden muss. Allerdings gibt es Fälle in grosser Zahl, wo zwischen zwei Felswänden das Mittelstück fehlt, weil es mit der Zeit durchgesägt oder weggerissen worden ist, wodurch, statt einer natürlichen Felsenterrasse, eine verderbliche tiefe Rinne entstanden ist. In solchem Falle zeigt nun die Natur aber auch, mit der unzweifelhaftesten Deutlichkeit, dass ihr voriger Stand wieder hergestellt, und der natürliche Felsdurchpass durch einen künstlichen, steinernen Aufbau geschlossen werden soll. Hier sind denn auch meistens die zum Bau solchen Werkes erforderlichen Bedingungen gegeben, indem die soliden Widerlager, oder der unzerstörbare Untergrund, vorhanden sind. Die Wirkung solcher Thalsperren wird eine grosse und vorzügliche, durch kein anderes Mittel zu ersetzende sein.

Ganz anders verhält sich hingegen die Sache, wenn die Thalsperre, weil sie unter gewissen Voraussetzungen Grosses zu leisten im Stande ist, als Universalmedizin, auf alle Wildbäche angewendet wird, wie es thatsächlich heute der Fall ist. Wenn irgendwo der Schein trügt, in der Beurtheilung der Widerstandskraft und des Heilungsvermögens, so ist es hier der Fall. Die Geheimnisse der physikalischen Kraft liegen nicht in der Grossartigkeit einer Anlage, sondern in der Richtigkeit ihres Grundgedankens. Die Colossal-Thalsperre spielt, unter dem leichten Heer zahlloser Kleinbauten, die Rolle des Goliath unter den Philistern; sie überragt Alles, und kann doch, durch ein einziges Loch im Kopf, gefällt und getödtet werden. Es ist gleichsam die eine Karte, auf der das ganze Spiel steht, mit der aber auch Alles fallen kann, wenn es fehlen sollte. Von der Thalsperre erwartet die heutige Fachwissenschaft die eigentliche

Entscheidung des Kampfes, und sie wird ohne Ausnahme, in allen möglichen Fällen als eigentliche Bauschablone verwendet. Es ist dies ein Versehen, das in allen möglichen technischen Gebieten vorkommen pflegt, und hier dadurch erklärlich wird, dass man ein besseres Mittel bisher nicht gefunden, oder an etwas Anderes nicht geglaubt hat.

Nehmen wir aber auch den allerbesten Fall an, dass ein Wildbach durch eine Anzahl haltbarer und wirksamer Thalsperren verbaut sei, die Sohle erhöht und gesichert, das Gefälle bedeutend gebrochen und die anliegenden Böschungen etwas flacher geworden seien, so haben wir trotz alledem doch noch keineswegs das Bild einer wirklich geheilten und vernarbten Wunde, sondern nur dasjenige einer stellenweise zugenähten, im grossen Ganzen aber immer noch offenen Schadens vor uns. Eine wirkliche Schliessung und vegetabile Bekleidung liesse sich nur in dem Falle eines sehr geringen Gefälls denken, aber es wird dies selten genug zutreffen, und gerade dort werden dann auch die richtigen Bedingungen für Thalsperrenbau am ehesten fehlen, weil die Natur dort eben, von Hause aus, nicht dafür angelegt ist.

Ganz unbegreiflich müsste uns die Anbringung von Thalsperren da erscheinen, wo solche schon mehrfach bestanden haben und immer wieder zerstört worden sind, wenn wir uns nicht in die Rathlosigkeit der Hydrotechnik, gegenüber so ungeheuerlichen Verhältnissen wie z. B. die Nolla und der Biltnerbach sie darbieten, hineinzudenken vermöchten. Dort ist der Untergrund des Baches geradezu bodenlos, hier die Höhe der in Rutschung begriffenen Flanken so enorm, dass gar nicht abzusehen ist, wie die einige Meter hohen Thalsperren einen nennenswerthen Aufenthalt der mobilen, auf Hunderttausende von Kubikmetern zu schätzenden Rutschungsmasse ausüben sollen. Sie könnten wohl nicht anders, als unter dem Schutt völlig verloren gehen, und dieser letztere müsste, wie uns scheint ohne Aufhalt, nach wie vor, gelegentlich ins Thal geschwemmt werden.

Aus dem schon genannten v. Seckendorfschen Werk mag hier das Schicksal einer am Avisio in Kärnthen im Bau begriffenen Thalsperre beispielweise angeführt werden.

Es heisst dort pg. 154: „die Sperre St. Georgio (welche auf „Fr. 650,000 veranschlagt ist) wurde bei dem vorjährigen Hochwasser so weit sie damals ausgeführt war, am linken Ufer bis auf „die Sohle des Fundaments, welche 8 Meter unter der Bachsohle „liegt, durchgerissen und die 1 à 3 m³ grossen Quadern weit fortgeschwemmt. Die Gegenserre wurde, trotzdem sie aus den „grössten beizustellenden Quadern bestund, glatt abrasiert und die „starken Verankerungen abgerissen. Das Fundament, auf welchem „die Sperre steht ist nicht Felsen, sondern grobes Geschiebe. Diese „Thalsperre wäre ohne Frage überflüssig geworden, wenn durch „zweckentsprechende Terrainbindung die Materialzufuhr der Seiten-

„bäche des Avisio zurückgehalten worden wäre. Mögen alle an den Ausgängen der Wildbachschluchten erstellten vereinzelter Werke den schwer geprüften Bewohnern der Thalgründe jene Vortheile gewähren, deren sie so dringend bedürfen, jedoch die Vorsehung möge sie vor den schrecklichen Consequenzen eines Einsturzes dieser Monumentalbauten bewahren!“

Um diesem Schattenbild ein Lichtbild zur Seite zu stellen, lassen wir hier ein Beispiel aus dem schon citirten v. Seckendorff'schen Bericht über die berühmten Wildbachverbauungen in der Dauphiné folgen.

„Der Wildbach „Bourget“ hat sich in ein nutzbares Gebirgs- wasser umgewandelt, und ist aus einer Zuchtruthe für die Gegend zu einem segenspendenden, der Landwirthschaft zu Bewässerungs- Anlagen dienenden Gebirgswasser geworden. Wer heute den einer grossen Cascade gleichenden Wildbach von Bourget mit seinem klaren, von allen Schutt- und Erdmassen befreiten Wasser herab- fließen sieht, der möchte gar nicht glauben, dass dieser Bach einst so grosse Verheerungen angerichtet und Murgänge veranlasst hat, von denen das zwar jetzt gebundene, aber noch immer zerrissene, Gebirge, und die Grösse seines Schuttkegels, sowie dessen Geschichte beredtes Zeugniß ablegt“. (Das Gefälle dieses 5134 m. langen Flusslaufes ist wechselnd von 7 und 11 bis 34⁰/₁₀₀ die Verbauung fand anno 1870 ihren Anfang.) Siehe Separattafel 4.

In dieser Darstellung scheint der Beweis geleistet, dass die völlige Heilung, auch unter den schlimmsten Verhältnissen, keine Unmöglichkeit ist. Freilich hat auch dieses Lichtbild seine Schatten- seiten. Einerseits die ungeheuren Kosten des Werkes, welche in jenem ganzen Perimeter auf mehr als Fr. 600,000 sich bezifferten, und anderseits die uns für die Zukunft sehr bedenklich erscheinende staffelartige Verwendung der Faschinenrollen und 1¹/₂ m hohen Flechtzäune, welche dem Gesetz der natürlichen Ablagerung nicht gerecht wird, sondern widerspricht, und zugleich der verderblichen Austrocknung durch die Sonne ausgesetzt ist. In Mörtel gelegte und aus Quadersteinen gebaute Thalsperren dürften bei uns, so wünschens- werth sie oft wären, der Kosten halber kaum vielfach zur Verwen- dung gelangen können und bildet desshalb ein geeignetes Ersatzmittel, mit der genügenden Garantie der Solidität und grösstmöglicher Billigkeit, gewiss ein schätzenswerther und versuchswürdiger Zuwachs der Hilfsmittel zur Runsenverbauung.

So richtig und zutreffend der theoretische Grundgedanke des Thalsperrenbaues für die erwünschte Sohlenerhöhung und Gefälls- verringerung ist, so unvollkommen ist doch wiederum in der Praxis selbst das Resultat ihrer Wirkung. Die Gefällsminderung ist zwar eine ganz reelle, insofern als das Geschiebe auf dem Verlandungs- körper der Thalsperre, bis zu einem gewissen Punkt, liegen bleibt. Wird aber diese Masse zu hoch, oder fährt das Wasser in seiner

Thätigkeit noch längere Zeit fort, so wird das Angesammelte und über die Thalsperre Hinausragende neuerdings abgespült, und die Gefahr der Zerstörung und Ueberschotterung des Thalgrundes ist abermals vorhanden. Die Verminderung des Gefälls durch die Staffelung des Flusses kann dann auch deshalb nicht überall als reiner Gewinn betrachtet werden, weil die grössten Blöcke, durch den Sturz über die hohe Mauer der Thalsperre, eine ganz gewaltige Festigkeit des Sturzbettes und des Fundamentes der Sperre voraussetzen, wie sie auf Geröllgrund kaum herzustellen ist. Dieser Umstand ist die Ursache der Zerstörung vieler solcher Werke, und bleibt auch bei der besten Construction eine Achillesferse dieses Baumittels, sofern es nicht auf Felsboden gegründet worden ist. Wir haben aus dem Munde eines sachkundigen Erbauers der grössten Thalsperre in der Nolla, dass vor seinen Augen das ganze Werk in kaum zwei Minuten radikal verschwunden ist. *)

Eine andere Gefahr für den Bestand der Thalsperren liegt darin, dass, bei der Bildung eines grössern Schuttkegels auf derselben, der ganze Strom von der Mitte des Bettes hinweg und auf den einen oder andern Flügel hingelenkt wird, wo er bei zu geringer Höhe der Widerlagermauer sich ein seitliches Bett auswählen und damit die Sperre gefährden kann.

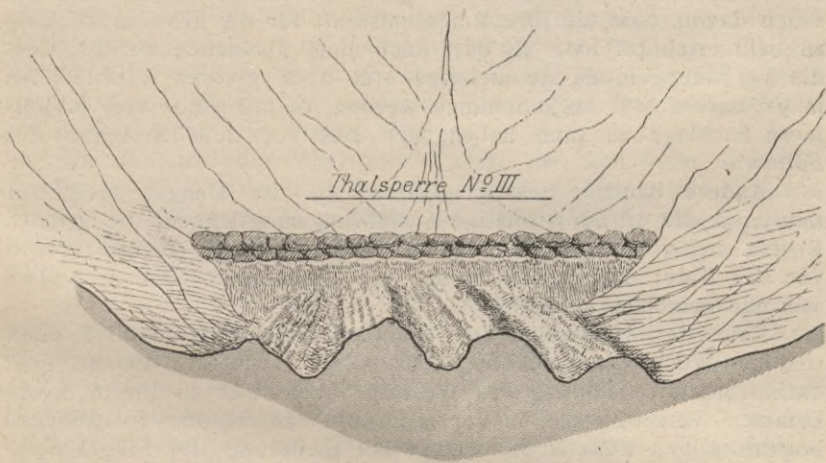
Währenddem sich oft zwischen zwei Thalsperren ein natürlicher und oft hoher Schuttkegel in pyramidalen Form abgelagert findet, wodurch die Seitwärtsdrehung des Stromes gegen die eine und andere Uferböschung, oder gegen einen Flügel der folgenden Thalsperre vollziehen kann, fanden wir im November 1870 im Runslauf der sog. Ruhstallruns, Ct. Glarus, zwischen Sperre Nr. II und Nr. III das hier dargestellte Bild der Schuttanhäufung (Fig. 4). Der ursprünglich sich an die Sperre Nr. III anlehrende Schuttkegel, wurde in der Folge in fünf grosse Parallelfurchen zerlegt und so allgemach abgeschwemmt, weil eine Fixirung dieser Masse, auf der ohnehin schon zu hoch gebauten Thalsperre Nr. II nicht möglich war. Dass solche Erhöhung der Mittellinie auf die Erosion der Seitenwandung der Runse von schlimmer Wirkung sein muss, ist einleuchtend, denn die Wölbung ist zu stark, als dass eine Auskolkung des seitlichen Fusses nicht erfolgen müsste.

Es wird zur Abwehr solcher Gefahren häufig zu dem anscheinend natürlichen Mittel gegriffen, auf dem Verlandungskörper der Thalsperre eine längere Flügelmauer beidseits oder, nach Umständen, nur einerseits zu errichten, um dadurch dem Fluss die Richtung auf die Mittellinie der Thalsperre anzuweisen, beziehungsweise ihm das Ausweichen nach einer Seite zu versperren. Das Mittel ist

*) An der dort nachher neu erstellten Sperre trafen wir bei der Besichtigung schon wieder eine Auskolkung des Sturzbettes von mehr als 2 m Tiefe, d. h. es fehlt dasselbe vollständig.

allerdings natürlich, insofern als es ein unentbehrlicher Bestandtheil des Thalsperrensystems ausmacht und ausmachen muss. Da wir aber gefunden haben, dass im Erosionsgebiet jede Kanalisierung und Concentrirung gegen den Grundsatz normaler Verbauung verstösst, so können wir auch dieser Vorrichtung der Seitenwuhre nur jenen bedingten Werth zuerkennen, im Sinn der Natürlichkeit, nicht aber der Naturgemässheit.

Fig. 4.



Thalsperre No. II.

Sehr misslich ist bei der Thalsperre der Umstand, dass die Möglichkeit eines Einsturzes eine so furchtbare Gefahr für die andern Sperren, sowohl oben als unten, in sich birgt, und das ganze, seit langen Jahren gewonnene Resultat damit auf einen Schlag und auf Kosten des darunter liegenden Geländes in Frage stellen kann. Dieses Bedenken ist weder theoretisch noch neu, sondern durch

mehr als eine Thatsache ins Reich der Wirklichkeiten gestellt. Da rühmen wir uns doch die langsame, aber um so sicherere und getetzmässige Arbeit der Natur, wie sie sich in den langgestreckten, nicht auf fremden, sondern auf eigenen Füßen stehenden Schuttkegeln darstellt, bei denen auch im allerschlimmsten Fall, nicht Alles auf einmal wieder Preis gegeben werden muss.

Was die bauliche Seite der Thalsperre angeht, so werden gewiss, in Folge so schlimmer Erfahrungen und unter Aufwendung viel grösserer Summen, künftig manche Constructionsfehler und falsche Ersparnisse vermieden werden können, allein bei der Unberechenbarkeit der Verhältnisse in jenen Regionen, und eben weil die Bauart, schon nach ihrem innern Princip, nicht ganz mit der Natur harmonirt, glauben wir nicht, dass dieselbe sich jemals auch nur einer annähernden Sicherheit rühmen können, ganz abgesehen davon, dass sie ihre Retentionskraft für die Erosionsprodukte zu bald erschöpft hat. Es darf auch nicht übersehen werden, dass die Verbauungen, da sie meistens erst nach grossen Katastrophen in grösserem Styl vorgenommen werden, es mit einer viel schlimmern Sachlage zu thun haben, als dies vor dem Ereigniss der Fall war.

Andere bauliche Schwierigkeiten, wie der Mangel geeigneter Bausteine, die oft nur allmälige Ausführungsmöglichkeit, die grossen Kosten und vor Allem der öftere Mangel wahrhaft geeigneter und von der Natur dazu vorbereiteter und veranlagter Stellen, wollen wir nur beinebens andeuten.

Eines der wichtigsten und unentbehrlichsten Bedingnisse einer richtigen Verbauungsmethode, welches der Thalsperre abgeht, liegt darin, dass die Theilung des Wassers dabei nicht zu ihrem Recht kommt. Vermöge der in der Mitte der Mauerkrone vorhandenen bogenförmigen Einsenkung, welche zur Sicherung der Flügel nothwendig ist, bleibt das Wasser stets beisammen und läuft kanalmässig ab. Es wirkt also nach der Regel der grössten Pferdekraft, aber nicht productiv, sondern destructiv.

Die Wirkung der Thalsperre als Sohlensicherung ist eine Sache für sich, diejenige als Retentionsmittel für die Geschiebe ist relativ, je nach Breite und Gefäll des dahinterliegenden Terrains. Je steiler und enger die Schlucht, desto geringer ist die Fassungskraft für die Hinterfüllung, und umgekehrt. Den grossen Verhältnissen gegenüber, wie sie meistens vorhanden sind, will die Verlandungsmasse oft nicht viel bedeuten und kann eben deshalb, in dieser Richtung, ein Mehreres nicht erreicht werden, weil die Mauerwerke sicherheitshalber nicht immerfort erhöht werden können, wie es beim Naturprozess des Schuttkegels der Fall ist.

Die schon angeführte, seit mehr als 40 Jahren verbaute Rufferuns in Mollis, Tafel 1, deren 11 Thalsperren längst verlandet, und deshalb das sich immer noch erzeugende Erosionsmaterial

nicht weiter zu absorbiren im Stande sind, steht fernern Anbrüchen und Muhrängen ganz ohnmächtig gegenüber, und muss man sich jeweilen gefasst machen, das in Folge von Schlagwettern hinabgeflossene Material mit der Hand aus dem Abflusskanal oder aus dem im Thal befindlichen Ablagerungsplatz fortzuschaffen. Diese genannten Thalsperren haben eine Verlandung von allerhöchstens 500,000 Fuss bewirkt, währenddem mittelst Schuttkegelanlage, ohne eine höhere Gefällslinie anzunehmen, weit mehr als das Doppelte in der Höhe hätte zurückgehalten, daneben aber zugleich die Sohle um das Zehn- oder Zwanzigfache hätte verbreitert werden können, was einer ganz respectablen Materialablagerung entsprechen würde.

Die Wirkung der Thalsperre erstreckt sich im fernern nicht weit genug über ihre nächste Umgebung hinaus, und trifft besonders die höher gelegenen Anbrüche und Rutschungen nicht. Es sollte also, um diesem Mangel abzuhefen, ein Verbaunungsproject durch Thalsperren, jeweilen auch diesen hochwichtigen Punkt, den kleinen Anfängen zu wehren, ins Auge fassen. Alles was droben geheilt wird, hat man drunten zu geniessen, was aber drunten geschieht, hat droben keine oder wenig Wirkung.

Da die Zahl der Thalsperren nicht ins Unendliche vermehrt werden kann, so wird dort in den steilen Anfängen kaum etwas Anderes und Besseres zu machen sein, als die Abschrägung, Ausfüllung und die ganze Bearbeitung, wie wir es oben schon bereits angedeutet haben.

Dass die Verbaunung von oben nach unten weitaus die Richtigere und Günstigere ist, als diejenige von unten nach oben, wie sie für den Thalsperrenbau nöthig ist, ist eine bekannte Sache.

Als mehr secundäre Hilfsmittel der bisherigen Baumethoden, sind die Sohlenpflästerungen, Stütz- und Ufermauern, die Steinplakirungen der Gehänge, und die Flechtzäune zu nennen.

So grosse Dienste diese Anordnungen beim Eisenbahnbau zu leisten im Stande sind, so gering achten wir ihren Werth im Wildbachwesen, ja, in mehr als einer Hinsicht, halten wir dieselben nicht nur für unzweckmässig, sondern für schädlich. Der Stein hat eine gute Eigenschaft auf drei schlechte. Der Stoff wäre gut, aber die Form ist schlecht und seine Bearbeitung zu theuer; sein grosses Gewicht oft nutzlos, oft sogar hinderlich und schädlich. Bei der unendlichen Zahl zerstörter Ufermauern, ist uns das unerschütterliche Vertrauen mancher Fachmänner in den Steinbau geradezu ein Räthsel.

Es hat nun doch einmal jedes Material seine gewissen Voraussetzungen für dessen richtigen und möglichst sichern Gebrauch. Der kurz und rundlich geformte Stein hat die Voraussetzung, dass er nicht auf Sand und Geröll, sondern auf eine unbewegliche Unterlage zu stehen komme, welche vor jeder Auswaschungs-Gefahr frei ist. Dort ist er voll und ganz an seinem Platze, aber solcher Plätze

gibt es gerade im Runsenterritorium ausserordentlich wenige. Wir haben Felsblöcke von ca. 20 m^3 Umfang in der Wuhrlinie eines Wildbaches gesehen, die wir später sammt der übrigen Wuhrung nicht mehr aufzufinden im Stande waren, und andernorts sind uns Cyklopen-Wuhrungen bekannt, deren kleinste Blöcke $1\frac{1}{2}\text{ m}^3$ Inhalt hatten und doch spurlos verloren gegangen sind.

Ein grosser Uebelstand haftet dem Stein auch darin an, dass er keinen selbstständigen Halt hat, sondern nur durch die enge Verbindung mit andern festgehalten werden kann. Die Folge ist denn auch, dass das Losbrechen oder Abfrieren eines einzigen Steines das ganze Mauerwerk in Zerfall zu bringen vermag, besonders wenn der Ausbruch in der untern Lage stattgefunden hat.

Begreiflicherweise sind die Gefahren des Mauerwerks viel geringer bei zubehauenen Steinen und bei schwächern Gefällen, aber so kostbare Dinge, welche in der Nähe werthvoller Kulturbauten und auf kürzere Distanzen ausführbar sind, lassen sich auf die wilden und unberechenbaren Runsengebiete vernünftigerweise nicht anwenden.

Was die Herstellung gepflasterter Schaalen im Runslaufe betrifft, so stehen dieselben, von vornherein, mit den von uns aufgestellten Heilungsgrundsätzen in Widerspruch, denn sie bezwecken das Gegentheil dessen was sein sollte, nämlich Sammlung des Wassers statt Zertheilung, und schnelle Beförderung, statt Verlangsamung und Hinderung. Wir könnten Steinschaalen nur ausnahmsweise, zur unschädlichen Ueberleitung des Wassers von einem Ablagerungskegel zum andern, so lange diese noch keine geschlossene Linie bilden, zugeben, und auch da nur unter gewissen Voraussetzungen.

Im Allgemeinen haftet der harten und geglätteten Oberfläche, ganz abgesehen von der schwer zu erreichenden Solidität der Pflästerungen, die schädliche Eigenschaft an, jede Verdunstung und jede Versickerung ins Innere der Erde unmöglich zu machen und das volle und ungeschmälerete Wasser, möglichst eilig und concentrirt, den untern Theilen des Flusses zuzusenden. Es ist sehr begreiflich, dass wenn man sich nur 20 solcher Rinnen zu denken hat, von denen jede in gleicher Schnelligkeit ihren Beitrag an die Ausmündungsstelle abliefern, eine Multiplikation der Kraft entsteht, welche ungeheure Proportionen annehmen muss. Ueberlegt man dazu, dass das Hochwasser des nicht corrigirten, über Stock und Stein sich Bahn brechenden Wildbaches eben durch die vielen Krümmungen und Hindernisse eine natürliche Verlangsamung erleidet, so wird es begreiflich, dass die Schaalenbildung, an und für sich, noch nicht als eine unbezweifelbare Maassregel kann angesehen werden, sondern auch grosse Nachtheile in sich schliesst.

Den Flechtwerken, in ihrer mannigfaltigen Form und Stellung, liegt die sehr vernünftige Idee einer ins Kleine gehenden Boden-

befestigung und gleichzeitiger vegetabilen Bekleidung zu Grunde. Die Ausführung dieses Gedankens wurde in frühern Jahren in einer total fehlerhaften Weise vorgenommen, hat aber seither, insbesondere an Gebirgsbahnen, namentlich am Gotthard, durch sorgfältige und sachkundige Leitung, zu einer viel rationellern Behandlung Anstoss bekommen.

Wo es sich um Bindung jeglichen Materials, auch des kleinsten Steinchens und der Erde selbst handelt, wie an einer Bahnlinie, da mag das Anlegen von diagonalen Flechten, welche etwas über den Boden hervorstehen, unentbehrlich sein und dem Zweck völlig entsprechen*). Flechtzäune jedoch, welche durch ihre oberirdische Höhe von 30 oder 40 cm. die Bestimmung haben sollen, herabfallenden Schutt aufzuhalten, halten wir für völlig nutzlos, indem tausendfache Erfahrung bestätigt, dass die Zäunchen und Pfähle dem Druck des hinter ihnen aufgespeicherten Materials nicht zu widerstehen vermögen, und meistens zusammenbrechen bevor die Vegetation hat Platz greifen können (Fig. 1 pag. 20). Welchen Werth sollte es auch haben, zwei oder drei Jahre lang ein gewisses Quantum von Erde am Abhang festgehalten zu haben, wenn dieselbe schliesslich der Vegetation doch verloren geht und im Herabrollen auch das zwischen den Linien Aufgekeimte wieder zerstört.

Die Anbringung der Flechtwerke an den seitlichen Abhängen und Rutschflächen des Runsengebietes hängt mit der Frage der Fuss-sicherung dieser Flächen auf's Engste zusammen und es wird kaum Widerspruch erregen, wenn wir sagen, dass diese Sicherung des Fusses die erste Voraussetzung für jene Flechtwerkarbeit ist, wenn sie überhaupt Bestand haben soll. Damit stehen wir jedoch wieder auf der Frage, wie denn dieser Fuss gegen Angriff und Erosion geschützt werden könne, und da wir die Ufermauern grundsätzlich als zu prekär bezeichnet haben, so sind wir genöthigt, im folgenden Abschnitt das Schutzmittel anzudeuten, welches uns den Erfordernissen allseitig zu entsprechen scheint.

Dass endlich die Aufforstung und Berasung der Bergabhänge der Wildbachverbauung gleichsam die Krone der Vollendung aufsetzen muss, ist bekannt und Jedermann einleuchtend. Es fragt sich nur, auf welche Punkte des Runsenterritoriums dieser Aufforstungs-gedanke sich bezieht.

Wir halten nämlich die Bepflanzung und Wiederbesamung der ganzen vegetationsfähigen Umgebung für eine so absolut selbstverständliche Sache, dass davon noch etwas zu sagen gar nicht nöthig sein sollte. Das Gegentheil, d. h. die Nichtbepflanzung solcher ohnehin waldfähigen Stellen wäre eine Nachlässigkeit, von welcher

*) Wie uns Herr Oberingenieur R. Moser mittheilt, ist dabei die horizontale Richtung dieser Flechtzäunchen gänzlich zu meiden und die schiefabfallende allein die richtige, um den Ablauf des Wassers an der Oberfläche zu erleichtern.

geradezu die eventuelle Staatssubvention abhängig gemacht zu werden verdiente. Eine andere Frage ist aber die, was kann geschehen, um dem Wildbache selbst, das oft so grosse, der Waldkultur entrissene, und in rauher und kahler Verwüstung liegende Territorium wieder zu entreissen, und — mit Ausnahme des unbedingt dem Flusse dienenden Laufes — der Vegetation zurückzugeben?

Der folgende Abschnitt wird uns Gelegenheit bieten, der Beantwortung dieser Frage eine Besprechung zu widmen.

b. Die Heilung durch künstliche Verbauung nach der neuen Methode.

Wie wir schon Eingangs angedeutet, bildet die möglichst genaue Nachahmung der Natur, und die möglichst consequente Beibehaltung und Benützung ihrer physikalischen Gesetze, den Grundzug der neuen Bauprinzipien sowohl, wie der Baumittel.

Die gesunde concave Bodengestalt, welche den absoluten Gegensatz des Uebels darstellt, wird, wenn auch in absoluter Vollkommenheit unerreichbar, doch wenigstens als leitendes Princip festgehalten und nach relativer Möglichkeit angestrebt.

Dieses Festhalten an einem bestimmten und einheitlichen Grundgedanken erscheint uns deshalb von Wichtigkeit, weil dadurch auch die technischen Anordnungen zur Heilung in harmonischen Einklang mit der Natur gebracht werden müssen, widersprechende Mittel dagegen von selbst ausgeschlossen erscheinen.

Es ergibt sich damit der wichtige Wink, dass die Natur auch für die Wahl des künstlichen Baumittels, nach der Mannigfaltigkeit ihrer Gestaltung, und niemals nach irgend einer Schablone bauen lehrt, so dass z. B. an einer Stelle, welche ehemals durch Felsen geschlossen gewesen, durch die Erosion aber durchgesägt worden war, der Thalsperrenbau sehr wahrscheinlich das allein Richtige, dagegen bei einer andern Stelle, an welcher die Natur Schuttkegelbildung veranlasst oder versucht, dieses Kegelsystem als das zutreffende zu wählen sein wird.

In engster Verbindung und Uebereinstimmung mit der Hauptidee der Kegelbildung steht der weitere charakteristische Unterschied dieser Methode, der fortwährenden und möglichst ausgiebig gesuchten Wasserzertheilung und Verlangsamung.

Ferner die sofortige Zerstörung aller in Rutschung befindlichen, oder der Rutschung ausgesetzten überhängenden oder steilen Flächen und Gräte; der systematisch und bis ins kleinste Detail ausgeführten Ausfüllungen und Heilungen aller Anrisse und Vertiefungen, und der Bindung und Bepflanzung des sogewonnenen und in die Tiefe gerollten lockern Materials.

Endlich steht in Verbindung damit die Benutzung, beziehungsweise Herstellung von Ablagerungsflächen, welche mehr oder weniger in der Länge des Laufes aller solcher Runsen und Wildbäche gefunden werden, und dann namentlich in der Benützung des letzten Ablagerungskegels im Hauptthale, als Reserve-Sicherung gegen die Ausbruchgefahr in der Kulturnähe.

Alle diese Gesichtspunkte bilden die Grundlagen der von uns vorgeschlagenen Therapie des Runsenübel und haben als technisches Operationsmittel den einfachen versenkten Holzpfeiler zur Voraussetzung.

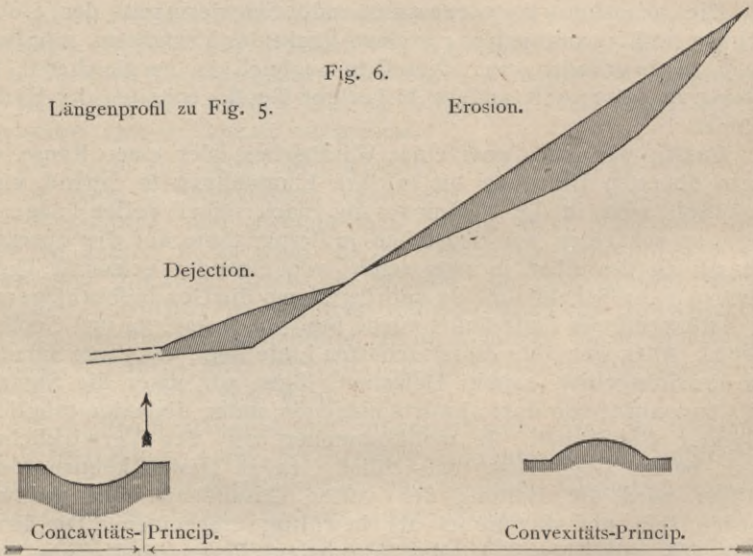
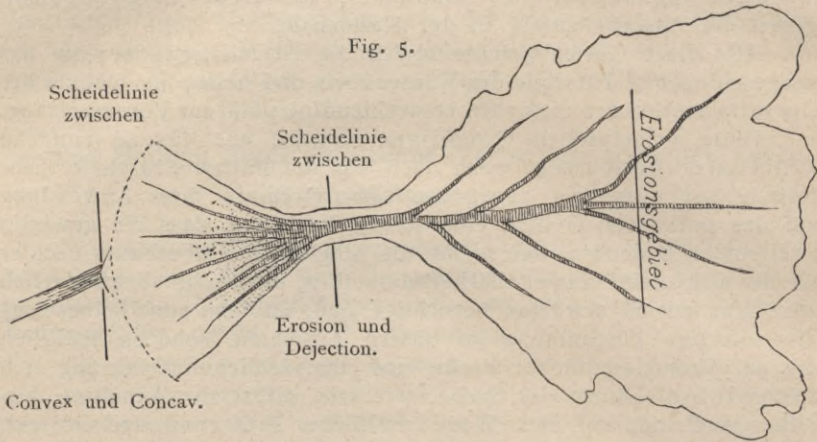
Diese principiellen Grundlagen sowohl, wie das so einfache Mittel ihrer Ausführung, wenn auch von der Fachwissenschaft theoretisch fast allgemein zugegeben, involviren, in ihrer Anwendung auf das praktische Gebiet, eine solche Neuerung, dass ein gewisses zweifelndes Bedenken, sei es für die Möglichkeit überhaupt, sei es für die allgemeine Anwendbarkeit derselben, nicht sehr verwunderlich ist. Was wir zu erwarten berechtigt sind, ist denn auch keineswegs die sofortige Zustimmung zu unsern Ansichten, sondern lediglich die auf Grund sachlicher Probe und thatsächlicher Erfahrung sich stützende Ablehnung der Sache, wie wir selbst zur Annahme derselben auch nur auf dem Wege wirklicher Erfahrung und Prüfung gelangt sind.

Die mancherorts vorzusetzende Schwierigkeit der Ueberzeugung nöthigt uns, jeden einzelnen Punkt des Verfahrens möglichst genau zu begründen, und dieselben zugleich in vergleichende Beziehung zu setzen mit andern bisherigen Gepflogenheiten der Hydrotechnik.

Fassen wir das Ganze eines Wildbaches oder einer Runse, von ihrem obersten Ursprung bis in ihre Einmündung in irgend einen Hauptfluss oder in die Thalniederung, nach seiner vollen Länge, ins Auge, so schneiden wir denselben in Bezugnahme auf die operative Behandlung desselben in zwei scharf von einander getrennte Theile, indem wir die Scheidelinie da anbringen, wo die Geschiebeablagerung ihr naturgemässes Ende findet (siehe Fig. 5 u. 6 pag. 34 und Separat-tafel 2). Alles was über dieser scharfen Linie liegt, das ganze Sammel- und Erosionsgebiet, sammt Dejection, legen wir unter die Signatur der Convexität; von dort abwärts hingegen, unter diejenige Möglichkeit absoluter Concavität. Je vollkommener wir der Verwirklichung dieser beiden Gegensätze thatsächlich Genüge leisten können, desto völliger wird die Heilung der vollen Gesundheit nahe gebracht worden sein und das Uebel als bewältigt erscheinen. Die Frage dreht sich, wie überall, um das Vorhandensein der zur Heilung nothwendigen Grundbedingungen, und diese können nur durch individuelle Beurtheilung, von Fall zu Fall, ermittelt und je nach Umständen unter mannigfaltigen Modifizierungen benützt werden.

Convexität ist natürlich ganz gleichbedeutend mit Wasserzertheilung, und diese Letztere ist identisch mit Ablagerung der Geschiebe.

Concavität ist gleichbedeutend mit Concentrirung und raschster Beförderung und gilt, oder sollte nur dem von Geschiebe entledigten Wasser gelten; für den vorliegenden Abschnitt haben wir es nur mit dem oberhalb der Trennungslinie liegenden Flusstheile zu thun,



und fassen abermals dieses Aufnahmebecken in seiner Totalität ins Auge.

Der Horizontallängendurchschnitt der weitaus grössten Zahl der Wildbäche wird meistens das Bild mehrfacher Thalausweitungen

und Thalverengerungen darbieten, und diese letzteren werden gemeinlich mit einer Gefällsvermehrung, jene mit einer Gefällsminderung des Längenprofils zusammenfallen. Fig. 7 und 8.

Beide Faktoren, d. h. die vermehrte Breite der Thalsohle und die damit zusammenfallende sanftere Gefällslinie, werden zur Anlage grösserer Ablagerungsräume die wünschenswerthen Bedingungen darbieten, und wir halten diese durch die Natur meistens schon vorgebildete und angefangene Festsetzung grosser Geschiebmassen für eines der wichtigsten Postulate guter Wildbachverbauung. Die engen Thalpartien dagegen legen, beim Vorhandensein der erforderlichen Festigkeitsbedingungen, den Thalsperrenbau an die Hand, ausnahmsweise auch die Herstellung von Steinschaalen, als unumgängliche Zwischenleitung des Wassers, von einem Schuttkegel auf den andern u. s. w.

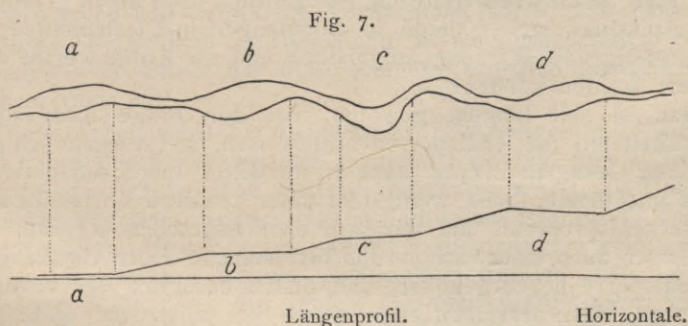


Fig. 8.

Es ist klar, dass, bei der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse, ein allgemein gültiger Nachweis, ob und wie solche Thalweitungen als Ablagerungsräume benützt werden können, unmöglich ist. In jedem einzelnen Fall wird der praktische Instinkt des Beurtheilers sofort erkennen lehren, ob die Ablagerung zuerst am untern oder am obern Ende der Fläche, oder überall zugleich angeordnet, in welcher Weise die seitlichen Böschungen zu schützen und eine gefahrbringende Sohlenerhöhung vermieden werden müssen.

Wir begnügen uns, den Gedanken dieser Ablagerung einfach ausgesprochen zu haben, weil uns derselbe ein in das System gehörendes wichtiges Glied zu sein scheint. *)

Als weitaus wichtigster Theil des ganzen Flusslaufes stellt sich uns, meistens mit dem beengenden Gefühl einer grausigen Verwüstung und Gefährlichkeit, das trichterförmige, weitverzweigte

*) Stünde uns nicht nur die Einsicht in die Natur, sondern auch diejenige in die eig. Pläne für Wildbachverbauungen zu Gebot, so wäre es ein Leichtes, solche Stellen in grosser Zahl namentlich zu bezeichnen.

und kahlausgewaschene Anbruch- und Quellgebiet des Wildbaches und der Runse dar.

Wir treffen da oft Verhältnisse an, welche jeden Gedanken an Heilungsmöglichkeit schon im Keime zu ersticken scheinen. Unkenntniss oder Saumseligkeit der Menschen haben da Zustände eintreten lassen, welche die Hilfskräfte der Natur beinahe vollständig an den Rand der Erschöpfung gebracht haben, so dass die natürliche Abdachung der schroffen Gehänge und die Hebung der ganzen Gefällslinie des Flusses, bis zum bekannten Gleichgewichtsprofil, dem langsamen Wirken der Zeit muss überlassen werden*).

Solchen verzweifelten Verhältnissen gegenüber, die an Ort und Stelle für die menschliche Hand unerreichbar und ihrer Einwirkung überhaupt unzugänglich sind, gewinnt jene andere Frage eine unendlich hohe Bedeutung, ob wir es nicht in der Macht haben, das durch eine successive Zerstörung gelegentlich nach unten gelangende Erosionsprodukt, weiter unten so aufzufangen und festzuhalten, dass seine schädigende Wirkung aufgehoben und die Kulturwerthe davor gesichert werden können?

Man ist seit langem gewohnt, bei der Frage nach solcher Möglichkeit auf die Thalsperren hinzuweisen, und es geht schon aus dem oben Gesagten hervor, dass dieses Mittel, theils ausschliesslich als das zutreffende, theils, wenigstens unter gewissen Vorbedingungen, als zweckentsprechend und wirksam darf angesehen werden. Wir haben aber auch oben schon das für manche Fälle Unzulängliche der Thalsperre hervorgehoben, und finden bezüglich der vorliegenden Frage, dass derselben eben doch, bei allen ihr nicht abzuschneidenden Vortheilen, der grosse Uebelstand anhaftet, dass sie nur ein beschränktes Maass von Verlandungsmaterial aufzunehmen im Stande ist, und dass dann jeder weitere, von oben erfolgende Nachschub über sie hinweg und ins Thal abzufahren genöthigt ist.

Wie hochwillkommen muss da nicht die Möglichkeit erscheinen, jede beliebige Masse und Gattung von Erosionsmaterial, in immer frischer Auflage, rasch und sicher, in naturgemässer Weise, als Schuttkegel aufzuhalten und festzunageln und damit, je länger je mehr,

*) Wir haben uns bei jedem Fluss mit geschiebeführender Thätigkeit zwei unveränderliche Fixpunkte zu denken, von denen der eine der unterste und tiefste, z. B. die Thalsohle oder ein See, der andere der oberste Anfang des Flusses ist. Zwischen diesen beiden Punkten schwebt die ganze Länge des Flusslaufes als bewegliche Linie, die, je nach der Arbeit des Wassers, wie ein höher oder tiefer sich spannendes Seil, als Curve zu denken ist. (Siehe Prof. J. Rütimaier, Scenbildung.) Die terrassenförmigen Absätze, die im Längsprofil der Runsläufe oft vorkommen oder die durch Thalsperren künstlich produziert werden, machen nur eine zufällige, nicht eine gesetzmässige Ausnahme von jener Ausgleichstendenz der Profile aus, und würden ohne künstliche Weiterbeförderung der Geröllmassen, nach und nach zugedeckt und der Fall auch dort ins natürliche Gleichgewicht der Kegelbildung gebracht werden. Bis auf Weiteres dienen jene Absätze meistens, als richtige Fingerzeige für die verschiedenen Sektionen der Bearbeitung des Flusslaufes.

die Bedingungen topographischer und vegetabler Gesundheit wieder herzustellen!

Die Umwandlung der muschelförmigen Aushöhlung der Berghänge in convexe Kegel gelingt der Natur nur deshalb nicht, weil der Fuss, der sich fort und fort bildenden Erosionskegel nicht Stand hält und weggeführt wird; die entscheidende Frage liegt also darin, ob nicht nur eine Sohlenfixirung und Erhöhung, wie sie durch Thalsperrenbau erzielt werden kann, sondern eine noch viel weiter gehende Sohlenverbreiterung und -Erhöhung durchzuführen möglich sei? Wir glauben in der Schuttkegelbildung nicht nur theoretische, sondern, vermöge des richtigen Festigungsmittels, auch die factische Möglichkeit dafür zu besitzen.

Nicht alle Wildbachgehänge und Auswaschungstrichter sind derart, dass sich künstlich keine Einwirkung auf dieselben, im Sinne einer prompten und definitiven Verflachung, vornehmen liesse. Es wird diese Möglichkeit im Gegentheil, in weitausgedehntem Maasse vorhanden sein, sobald nur diese Aufgabe ernstlich genug ins Auge gefasst werden will.

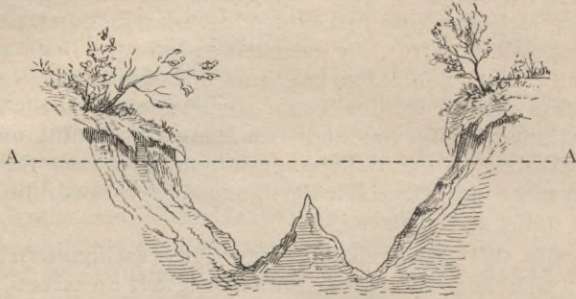
Diese Arbeit wird bei kleineren Erdbewegungen mit der Hacke, bei grössern durch Sprengstoffe ausgeführt werden, und es liegt an der Hand, dass die groben Materien möglichst zuerst, als Unterlage für die der Vegetation dienstlicheren humusähnlichen Stoffe, angelegt werden müssen. Rasendecken, welche schichtenweise gelöst und in Reserve zur Deckung können aufbehalten werden, sowie Wurzelstöcke von Sträuchern und jungen Bäumen, ermöglichen oft eine sofortige Sanirung grosser Parthien, welche der Umgebung ein vollständig verändertes Bild verleihen und eine definitive Eroberung im Gebiet des Wildbaches repräsentiren.

Von besonderer Wichtigkeit ist die genaueste Ausfüllung und Vernichtung aller jener kleinen und kleinsten Anrisse, die sich als Miniatur-Runsen bis in die noch gesunden Weiden und Wälder der Alpenregion fortsetzen, und ebenso viele verderbliche Anfänge der eigentlichen Schluchtenbildung sind.

Das Bedenken, dass zur Nivellirung aller dieser Rinnen das Füllmaterial fehlen dürfte, weil es nicht wieder aus dem Thal herauf geholt werden könne, ist selten gerechtfertigt, denn es handelt sich nicht darum, den ganzen tiefen Graben mit herzuge-tragenem Schutt auszufüllen, was allerdings einer Unmöglichkeit gleichkäme, sondern es wird meistens die Tiefe der Rinne, um die Hälfte, oder wenigstens um einen beträchtlichen Theil, dadurch vermindert werden, dass das beidseitige Bodenniveau so viel wie möglich abgetragen und dieses Material zur Auffüllung verwendet wird. Tafel 5. Es wird bei geschickter Arbeit, derweise, nicht nur eine Fläche, sondern oft sogar eine schwache Wölbung des bearbeiteten Bodens können erzielt werden. Siehe Fig. 9, 10 u. 11 pag. 38.

Fig. 9.

Einst,
zur Zeit der Thalsperre.



A—A ungefähre Abtragungslinie für die Abböschung zur Ausfüllung.

Fig. 10.

Jetzt,
zwei Jahre nach Pfahlbaute.



Fig. 11.

Fels.



1 : 10.000.

Gefäll circa 30 ‰ (1 1/2').

Alpengebiet.

Verbauung einer Regenrunse im Ct. Glarus.

Früher mit Thalsperren, später durch Pfahlsystem. Heute unsichtbar.

Ist die Ausfüllung der Vertiefung vollzogen, so werden von Distanz zu Distanz doppelte oder drei- und vierfache Pfahlbänder so eingetrieben, dass nichts von den Pfählen sichtbar bleibt, es sei denn es werde von oben noch weiterer Schutt oder Erde erwartet. In diesem Fall lässt man die obere Pfahlreihe etwas vorstehen, und bildet so eine vertiefte Sammelstelle für den Aufenthalt des Nachfolgenden.

Wenn, wie es oft geschieht, viel zu wenig seitliches Material zur Verfügung steht, um die ganze Länge der Rinne damit ausfüllen zu können, so werden die Pfahleinbauten in der Weise gemacht, dass dieselbe nach dem Längeprofil nicht etwa Staffeln oder Treppen bilden, wie beistehende Fig. 12, sondern eine Bogenlinie Fig. 13. Es ist also die unterste Pfahlreihe tief einzurammen, die oberste ebenfalls, und die mittlern sind am höchsten zu lassen. Die

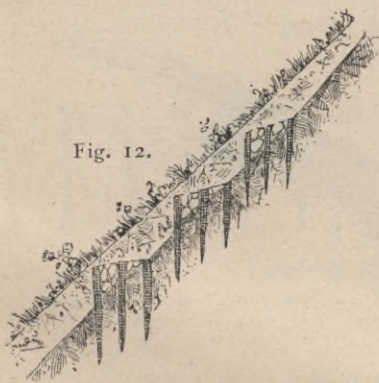


Fig. 12.



Fig. 13.

Füllung der Pfahlzwischenräume, geschieht am besten durch Steine, welche den Vortheil der Durchlässigkeit für das Wasser bieten. Sie kann jedoch auch mit Zweigen geschehen, welche mit Erde gedeckt werden.

Die staffelartige Stellung der Pfahlsperre hat den Nachtheil, einen senkrechten Sturz des Wassers zu bilden, sobald sich die losen Räume der Steine mit Erde gefüllt haben, und dieser Sturz erzeugt eine Austiefung und damit Gefährdung der untersten Pfahlreihe. Auch ist dabei diese letztere den Einflüssen der Luft und Sonne ausgesetzt, was bei der bogenförmigen Anlage vermieden ist.

Es wurde bisher, statt obiger Methode, meistens eine einfache Pfahlreihe verwendet, und diese mit Flechtwerk zu einem Ganzen verbunden. Die französische Verbauung in der Dauphiné scheint nach Tafel 4 in solcher Weise zu geschehen. Wir halten diese Methode um der gleichen Ursache willen, die wir soeben angeführt, für unzuweckmässig, weil erstens der Druck der Hinterfüllung, für

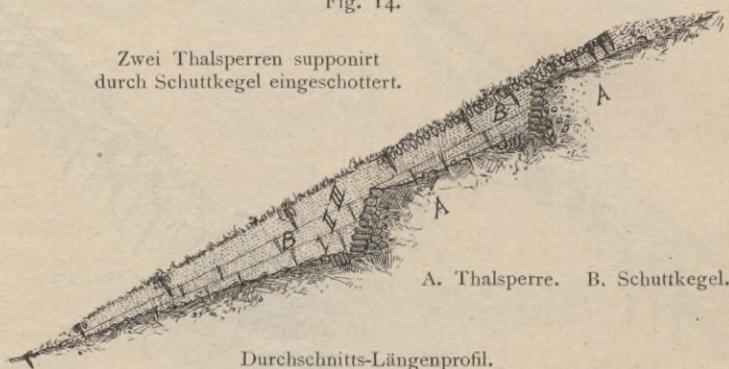
einen senkrechten Flechtzaun zu gross ist, und dieser letztere durch die Atmosphäriken, denen er nach vorn ganz ausgesetzt ist, zu viel zu leiden hat. Ebenso verderblich ist der schon genannte Sturz des Wassers.

Nachdem von oben her alle Schürfungen, Rinnen, Löcher und Rutschungen so aufs Genaueste nivellirt und verbaut sind, geht es an die tiefer gelegenen schachtförmigen Austiefungen der schroffen Gehänge, in deren unterem Theile gewöhnlich eine lose Masse kegelförmig aufgespeicherter Gerölle liegen. Der Fuss dieses Kegels mündet in den eigentlichen Fluss oder eine Seitenlinie desselben aus, und empfängt dort seine beständige Abspülung, was die allmähliche Nachrutschung der ganzen Geröllpyramide zur Folge hat.

Aus diesen oft in grosser Zahl vorhandenen Abbruchgerinnen, findet die Hauptlieferung der Geschiebe statt; in der Heilung der-

Fig. 14.

Zwei Thalsperren supponirt
durch Schuttkegel eingeschottert.



A. Thalsperre. B. Schuttkegel.

Durchschnitts-Längenprofil.

selben beruht demnach auch die Hauptaufgabe der Operationen. Ein Aufbau des Fusses und daherige Gefällsminderung der steilen Rutschprofile sind der gegebene Weg dazu. Können in genügender Nähe gute, d. h. bombenfeste Thalsperren errichtet werden, so ist dieser erste Zweck erreicht, unter der Voraussetzung, dass die Falllinie von der obersten Grenze des Anbruchs bis zur Krone der Thalsperre nicht allzusteil sei. Ist dies der Fall, so mag vielleicht die Errichtung der letztern immerhin vor sich gehen, aber die völlige Heilung resp. genügende Abdachung der Gehänge erfordert die Anlage eines tiefer gelegenen Schuttkegels, durch welchen seiner Zeit die Thalsperre eingeschottert, beziehungsweise überbaut und unsichtbar gemacht wird. Fig. 14.

Setzen wir Unterlassung des Thalsperrenbaues, oder, falls solche schon vorhanden sind wie es in Tafel 5 der Fall ist (siehe oberste Kegelspitzen), Ignorirung derselben voraus, so werden wir die Kegelsbildung im Hauptstrom so einrichten, dass sie die Aufnahme aller in der Folge noch zu erwartenden Geschiebe zu vollziehen im Falle

ist, und in dieser Voraussetzung hat die Fixirung der fraglichen obern Gerölle keinen Werth. Es müssen dieselben vielmehr, zur Bildung der Hauptkegel, erwünscht sein. An ihre Stelle tritt der neue Abbruch, welcher nach und nach die Abschrägung der schroffen Linien mit sich bringt.

Ist dagegen der Neigungswinkel des Gehänges so, dass eine Kegelbildung, auch ohne einstweilige Fussbildung im Hauptstrom, möglich ist, so wird der natürliche und lose Schuttkegel in einen festen und bleibenden verwandelt. Die lose Masse wird am Fuss möglichst breit angelegt, indem das Obere zum Nachsinken gebracht wird. Dann werden über die Querbreite des Walles zwei-, drei- oder vierfache Pfahlreihen der Art eingerammt, dass deren Schnittfläche eine schwache Bogenlinie von Ufer zu Ufer bildet, doch so, dass weiter nichts als das Haupt der Pfähle sichtbar ist. Die Richtung des Pfahls soll die Senkrechte sein zur Bodenfläche, da derselbe so die grösste Leistungsfähigkeit hat. Sind Vertiefungen d. h.

Fig. 15.



Ausgleich eines Schuttkegels.

Gräben in dem Schuttkegel, welche nicht ausgefüllt werden können, so werden die auf diese Rinne entfallenden Pfähle nicht etwa in ein tieferes Niveau gesetzt als die übrigen, sondern in gleicher Höhe gehalten, damit, wenn sich die Rinnen später ausfüllen, ein gleichmässiges Niveau des Schuttkegels sich ergebe. Zwischen die Pfähle werden womöglich grössere Steine eingekeilt. (Tafel 7 und 8.)

Ist alles Gerölle in der Schaale solcher Weise fixirt und ausgeglichen worden, so wird man am obern Ende des Kegels, eine kleinere oder grössere Plattform haben, auf welcher das noch fallende Erosionsmaterial sich sammeln kann, um später auch noch befestigt zu werden. Dort werden zur Sicherheit mehrere Pfahlreihen um $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ ihrer Länge über der Erde vorstehend gelassen, um das Füllmaterial besser festzuhalten. Der übrige Theil ist als definitiv gesichert anzusehen und kann sofort mit Vegetation versehen werden. Finden sich, wie oft der Fall, unterirdische Wasseradern in den Gerinnen, so wird es in einzelnen Fällen sich empfehlen, durch Sicker- und Sammellöcher, welche mit runden Kieselsteinen gesichert und gefüllt werden, mittelst eiserner Röhren dasselbe an sichere Stellen hinabzuteucheln. Hat man während der Bearbeitung wahrgenommen, dass die Unterlage des Kegels aus grobem Gerölle besteht, so findet dadurch die beste Entwässerung auch ohne künstliche Ableitung statt.

Wir gehen zur Bearbeitung des Hauptrinnsals über. Wir müssen uns, bei der Mannigfaltigkeit der Objecte, in verschiedene Hauptkategorien hineinendenken.

Setzen wir einen eigentlichen Wildbach mit grösserm und beständigem Wasser voraus, so haben wir oben schon darauf hingedeutet, dass ein solcher eine fortlaufende Verbauung weder benöthigt noch ermöglicht. Bei der Länge seines Laufes ist vornehmlich das Benützen der Thalausweitungen, als Ablagerungsstellen, in's Auge zu fassen. Dort wird die Palissadirung eine leichte und erfolgreiche sein, und zwischen hinein mag dem Fluss die Ableitung in der concaven Rinne überlassen bleiben. Erosionsstellen, welche sich an Biegungen besonders oft finden, erfordern dagegen eine Sohlen-erhöhung des Baches, welche durch Einsetzung etlicher Reihen starker Palissaden, mit Ausfüllung der Zwischenräume durch grössere, den Kopf der Palissade überragenden Blöcken vollzogen werden kann. Ist diese feste Grundlage gegeben, so kann durch senkrechte oder horizontale Verpfählung, auch die Uferrutschung vollständig und leicht gesichert werden.

Zur Reserve-Sicherheit grösserer Wildbäche, für rechtzeitige und unschädliche Geröllablagerung, würden wir unbedingt für die Anlage eines Raumes an der Ausmündung in's Thal, wo dieselbe vor sich gehen, beziehungsweise erzwungen werden könnte, plaidiren. Wir behalten uns vor, auf diesen Punkt unten bei der letzten Etappe des Runslaufes zurückzukommen.

Setzen wir nun hingegen einen kürzern, steilern, und nur durch Schlagwetter sich als Wildbach bemerklich machenden Lauf voraus, so gilt es hier, das Princip der Wassertheilung oder der Convexität in seiner ganzen Strenge durchzuführen.

Die Correctur der obersten Anfänge und der sich ihnen anschliessenden Geröllschichten haben wir oben abgethan. Es handelt sich nun um die Festhaltung aller übrigen, nach unten drängenden Massen. Dem Gewicht derselben entsprechend, wird das Bollwerk hier um so viel stärker sein müssen, als droben im ersten Rutschungsgebiet.

Tafel 9 zeigt die Construction des stärksten Widerstandsmittels, welches für solche Fälle denkbar ist, aber wir setzen nach unseren thatsächlichen Erfahrungen voraus, dass auch der einfache Apparat, (Tafel 9) in seiner vervielfältigten Anwendung in den meisten Fällen vollständig genügen wird. Zur Anlegung dieser Palissadenreihen, quer durch die Runse, ist die Aushebung eines entsprechend tiefen Grabens nothwendig*). Die Ausfüllung desselben, rings um die Pfähle herum, darf nur mit grossen Steinen stattfinden. Trifft der Graben auf so grosse Blöcke, dass sie nicht entfernt werden können, so lässt man

*) In vielen Fällen kann sie auch durch Einschlagen geschehen und hat Obiges nur Bezug auf eigentliche Runsläufe im Gebirge.

die Lücke offen, oder stellt den Pfahl unterhalb des Blockes auf. Der halbe, dritte oder vierte Theil der Palissadenlänge, welcher als Stauwehr über die Sohle hervorzustehen bestimmt wird, empfängt nach vorn und hinten, einen möglichst schief und flach ansteigenden Steinwurf, welcher das Wasser passiren lässt, für das Geschiebe aber, schon vermöge der sanft ansteigenden Form, eine Einladung zur Ruhe darbietet.

Die Anbringung so beschaffener Palissadenwerke, quer und kühn durch die ganze Flusslinie, ist nun an allen jenen Stellen, welche die passenden Eigenschaften dazu haben, durchzuführen, und zwar immer mit dem Gesichtspunkt, dadurch eine lange Folge regelrechter Kegel herzustellen, von denen jeder ein selbstständiges Ganzes zu bilden berufen ist. Das erste Hochwasser wird die sofortige Füllung des obersten Pfahlwerkes zur Folge haben, durch Nebenzuflüsse werden vielleicht zu gleicher Zeit auch tiefer liegende gefüllt werden. Die Fortdauer der Erosion wird, über die oberen Ablagerungen weggehend, die übrigen nach und nach füllen, bis jedes Pfahlwerk, als erster Fuss und Anfang eines Kegels erscheint. In Tafel 1 haben wir uns in den Punkten † † † die Herstellung solcher Kegelanfänge im Runslauf der Rühruns in Mollis gedacht, deren allmähige Erhöhung und Zusammenschmelzung wir in Tafel 6 im Längenprofil dargestellt haben. Tafel 3 zeigt die Situation des Hauptstroms nach der Vollendung der Verbauung, C D den Durchschnitt. Bei so lange fortgesetzter Erosion, wie wir sie in der Zeichnung supponirt haben, wäre in letzter Instanz, vom ersten Kegelfuss bis zur Anbruchhöhe oben, eine gleichmässig schief abfallende Gefällsline zu denken, welche wohl längst vorher alle Bedingungen der Vegetation und der vollständigsten Heilung des Uebels dargeboten hätte. Die vorhandenen Thalsperren würden dabei mehr als um das Doppelte ihrer Höhe eingeschottert erscheinen.

Da bisher mit grösster Aengstlichkeit auf die Offen- und Tiefhaltung des Runlaufes Bedacht genommen und in der Auffüllung desselben die evidenteste Gefahr erblickt wurde, so kann das diametrale Gegenstück dieser Lehre ohne Zweifel, ohne das bedenklichste Kopfschütteln, wohl kaum entgegengenommen werden. Wir sind auch vollständig einverstanden, dass das Sperren einer hochgehenden Runse nicht jeden Augenblick und in jeder Lokalität ungestraft vorgenommen werden darf. Bei vorheriger Anordnung einer vielfältigen und, mit Auswahl der Oertlichkeit, regelrecht durchgeführten Sperrung ist nicht nur die Kraft des Flusses auf viele Punkte vertheilt, sondern sie ist überhaupt gebrochen, weil der weitaus grösste Theil der Runse, welcher vorher selbst Geröll abgab, nunmehr als Geröllsammler functioniren kann.

Die ganze Theorie ist jedenfalls unumstösslich, und es handelt sich lediglich um die Kraft und Richtigkeit des technischen Mittels. Dies ist Sache der Erfahrung, und wir glauben diese in genügendem Umfang gemacht zu haben.

In Sep.-Tafel 10 11 haben wir zwar nicht die kegelweise Verbauung einer Runse, wohl aber den Nachweis für die ausserordentliche Widerstandskraft der Palissaden, gegenüber den gewaltigsten Kräften eines furchtbaren Wildbachhochwassers, dargestellt.

Der Wildbach Froda am Lago Maggiore wurde 1883 an einer seiner gefährlichsten Kurven, die er, auf Kosten der anstossenden Wiesen und Hügelterrassen, beständig erweiterte, durch ein Palissaden-sperrwerk von 7 Reihen, $2\frac{1}{2}$ bis 3 Meter langer und ca. 30 cm. dicker Kastanienstämme in der Weise bearbeitet, dass der Hauptstrom vollständig abgelenkt und an dessen Stelle eine Auffüllung von mehreren Metern hergestellt wurde. Da dieser Bach*) eine Wassermasse bis zu ca. 100 Kubikmeter Wasser per Minute zu führen pflegt und 3 bis 5⁰/₀ Gefäll hat, wobei Blöcke von Kubikmeter-Inhalt nicht selten sind, so glauben wir annehmen zu dürfen, dass die Probe der Widerstandsfähigkeit und Zweckdienlichkeit der Pfahlmethode als erwiesen betrachtet werden darf. Das Auffallende jener Verbauung ist, dass eine erstmalige Stauung von mehr als 100 Kubikmeter grosser Blöcke nur durch ein leichtes, provisorisches Pfahlwerk bewirkt worden ist (siehe I. Roth auf Tafel 11).

Die weitere Schutzwehr, welche den Fuss des Berges zu sichern und die Abwendung des Hauptstromes zu bewirken hatte, lehnte sich an jene vorläufige Ablagerung an und bildete die definitive Verbauung (siehe II. Gelb auf Tafel 11).

Als dritte Kategorie des Runsentypus nehmen wir zur Grundlage eines Verbauungsobjectes diejenige, wo es sich um eine steile und tiefe Rinne mit einzelnen Colossalblöcken, welche in grösster Unregelmässigkeit herum liegen, handelt, mit nur zeitweiligem Wasser und breiartigem Untergrund. Es sind dies mehr oder weniger die im Biltner Bache zutreffenden Erscheinungen. Eine Kegelbildung wird dort nur an den weniger steilen Stellen begonnen werden können, dagegen können jene Colossalblöcke überall in der Weise verwendet werden, dass dadurch eine Verbreiterung und Befestigung der Sohle kann erzielt werden. Statt diese Blöcke mauerartig aufzuthürmen, müssten sie, durch Vertiefung der Grundlage, in das gleichmässiger Niveau einer schiefen Fläche gefällt werden, so dass sie nicht über einander, sondern pflasterungsartig hinter einander zu liegen kommen. Von einer Abtreibung könnte solcher Weise nicht mehr die Rede sein, zumal wenn der vorderste, resp. unterste Block, durch tief eingegrabene senkrechte Bolzen gesperrt würde. Von unten her, sowie an allen übrigen flacheren Stellen des Laufes, ist die Schuttkegelbildung auch dort, und zwar unseres Erachtens als einziges Baumittel anwendbar. während wir künftigen Thalsperren so wenig Glauben beimessen könnten, als den frühern, dort unter bessern Bedingungen vorhanden gewesenem, geschenkt werden konnte.

*) Bei Hochwasser.

Wir werfen endlich noch einen Blick auf eine vierte Kategorie der Runsentypen, mit Rücksicht auf die Pfahlmethode, nämlich auf die Nolla. Dieser Wildbach hat ziemlich unbedeutendes Gefäll, theilweise erheblich breite, unergründliche Geröll- und Schlammtiefe, und zudem ein Bruchgebiet, welches sich an Hässlichkeit und Bodenlosigkeit mit dem schlimmsten Rivalen zu messen vermag.

Dass sich die Thalsperren dort nicht wirklich bewährt haben, ist so ziemlich Thatsache, und sie ist nicht erstaunlich. Die baulichen Bedingungen, auf die sich die Thalsperre stützen muss, sind dort fast absolut abwesend. Die Verhältnisse sind aber auch derart, dass unser erster Eindruck der war, dass hier gar kein System anwendbar sein dürfte, weil Alles zu ohnmächtig. Dass mit blossen Kraftmitteln dort nichts erreicht werde, glauben wir auch heute noch, dass aber ein Mittel, welches nur Ausscheidung des Wassers vom Gerölle bezweckt, wie es durch das Pfahlsystem geschieht, und damit das Stehenbleiben des Letzteren ermöglicht, Erfolg haben müsse, scheint uns, bis eine Probe uns vom Gegentheil überzeugt hat, höchst wahrscheinlich.

Die Schwierigkeiten des Thalsperrenbaues sind in der Nolla so gross, dass, ganz abgesehen vom zweifelhaften Erfolg, der Versuch einer so leicht ausführbaren Methode mehr als gerechtfertigt wäre.

Es wird als Grund der Unzulänglichkeit der Pfahlwerke auf die enormen Sohlenschwankungen hingewiesen, die etliche Meter betragen und daraus gefolgert, die Palissaden würden stante pede weiter getragen. Diese Annahme wäre gerechtfertigt, wenn sich eine Sohlenschwankung von 2 und 3 m Tiefe, in einem einmaligen Schube, vollziehen würde. Wir denken uns aber die Abschwemmung der hohen Geschiebeebänke, welche sich an den zurückgebliebenen hohen Spuren erkennen lassen, als mehr allmählig und nicht plötzlich vollzogen, und darauf gründen wir auch die Annahme, dass die Ausscheidung des Wassers sich durch das durchlassende Pfahlsperwerk doch vollziehen würde. Belege dafür, dass es mit dem Abwärtsfahren aufrechter Stämme nicht so gefährlich ist, fanden wir in mehreren, nach einem verheerenden Hochwasser im Strombett aufrecht stehen gebliebener Baumstämme, welche sichtlichweise nicht von ihrem Standort weggetrieben worden waren, obschon sie jetzt weit vom Ufer abstunden.

Alle Wildbachverhältnisse sind nun aber glücklicherweise nicht so ausnahmsweise schlimme, wie die der Nolla und die Mehrzahl derselben halten wir für zweifellos und vollständig heilbar.

In Tafel 2 ist ein Theil des Perimeters von Sanière in der Dauphiné (v. Seckendorfsches Werk) mit dem in schwarzen Querstrichen angedeuteten Verbauungswerke aus Stein und Flechtzäunen angeführt. Wie schon oben als Beispiel des gelungenen Erfolges bemerkt wurde, hat diese Arbeit sich einstweilen sehr gut bewährt. Dennoch bezweifeln wir, dass dieselbe jede Probe auszuhalten vermöge, welche noch zu gewärtigen sein dürfte, und zwar deshalb,

weil die Verflachung der Gehänge in zu geringem Umfange stattgefunden hat. Die Lagerung der aufgehaltene Geschiebe hat keine naturgemässe, sondern eine prekäre, allzusteile und künstliche Form, und muss in dieser Form also auch künstlich erhalten werden. Allerdings sind die tiefen Gerinne mehr gehoben, verflacht und verbreitert, aber sie zeigen dessenungeachtet, vermöge der Einsenkung der Thalsperren und Stauwerke in der Mitte immer noch die concave Schaaalenform, anstatt die convexe oder flache Linie. Das Längsprofil ist also ein staffelförmiges, kein in gleicher schiefer Gefällslinie abfallendes Kegelprofil. Das ist seine Schwäche trotz alles momentanen Erfolges. In den tausend Erdfalten, welche die Tafel 4 ersichtlich macht, muss sich das Wasser noch viel zu rasch und zu concentrisch ansammeln, als dass es nicht mit der Zeit nöthig sein sollte, das neu gelöste Material abermals fixiren zu müssen. Ob aber die vorhandenen Werke das zulassen werden, ist eine andere Frage. Wir haben statt dieser staffelartigen Verbauung eine solche mit Pfahlbau und Kegelbildung vorausgesetzt und das eventuelle Resultat einer solchen Bearbeitung mit den punktirten spitz zulaufenden Linien angedeutet.

Wir haben im Obigen versucht, die Anwendbarkeit der Pfahlsperrenwerke auf einige besondere Runstypen darzulegen und haben nun noch einen Blick auf die Wirkung eines Hochwassers, oder eines starken Muhranges, auf ein solches Stauwerk zu werfen. Da wo der Hauptstrom auf dasselbe trifft, wird sich eine rasch erfolgende Stauung der grössten Gerölle ergeben, weil das Wasser Durchgang findet, jenes aber aufgehalten wird. Je dichter sich die Masse ansammelt, desto mehr wird der Strom von dieser Richtung hinweg zur Seite gedrängt, bis auch dort die gleiche Erhöhung stattgefunden hat. So drängt sich der Fluss beständig hinüber und herüber, und vollzieht selbstthätig die Ausgleichung seines Niveaus auf der ganzen Breite. Schliesslich wird sich in Form eines seitlich abgelagerten Schuttwalls ein bedeutender Ueberschuss an Gerölle ergeben, welcher entweder ein anderes Mal zur Abschwemmung gelangt oder, was besser ist, auf dem Kegel selbst zur Ausgleichung durch Menschenhand verwendet und aufs Neue fixirt wird.

Spielt sich dieser Vorgang mehr auf den untern Pfahlreihen ab, wo der Anprall schon schwächer und der Raum grösser, so ist dagegen an der Spitze des Kegels die Kraft der Palissade einer stärkeren Probe ausgesetzt, weil dort die ganze Gewalt des Stosses zu pariren ist. Hochaufragende Stämme vermöchten da nicht immer Stand zu halten, der zum grössten Theil im Geröll sitzende Pfahl bietet dagegen dem Stoss und Druck einen so kurzen oberirdischen Hebelarm dar, dass eine Umlegung nicht denkbar ist. Sollte dies aber auch vorkommen, so ist zwar die Spitze des Schildes gebrochen, aber damit nicht der Schild selbst, und was die erste Pfahlwehre nicht zu Stande gebracht, das vollendet sicher die zweite, dritte

oder vierte. Beobachtet man die natürlichen Schuttkegel am Fuss der Bergschluchten, aus denen sie das Erosionsmaterial in Form von Runs- und Lawinzügen erhalten, so zeigt sich, dass auch ohne systematische Trennung desselben durch Pfahlwerk, der Hauptstrom sich sehr bald in die Breite verliert und die Wühlkraft einbüsst. Diese Kegel sind desshalb gar nicht so lang, wie sich erwarten liesse, und wenn nur ein Geringes zur jeweiligen Ausfüllung des eingegrabenen Grabens geschehen würde, so wären zahllose Fälle der Kulturschädigung vermieden. Die beste Versicherung bleibt doch immer die Vorsicht und die Ordnung.

Ein Beispiel thatsächlicher Erfahrungen, wie vollständig die Aufhebung der Runsläufe oft gelingen kann, haben wir in Fig. 10. pag. 38 dargestellt. Es betrifft eine durch Waldschlag hervorgerufene Trockenrunse bei Mollis, welche längere Jahre, durch zahlreiche kleine Thalsperren in Trockenmauern, verbaut worden war, dabei aber dennoch, in raschem Tempo, sich zu einer gefährlichen Runse entwickelte. Die Mauerwerke wurden durch den senkrechten Fall des Wassers beständig unterwaschen, und kamen bei Schlagwettern regelmässig zum Sturz. Das Uebel bestund schliesslich an der Stelle, welche in der Zeichnung ersichtlich ist, aus einem Doppelgerinne von 5 bis 6 Meter Breite und ca. $2\frac{1}{2}$ m. Tiefe mit steilster Wandung. Von oben her konnte, als wir hier die Verbauung durch Pfahlwerk zum ersten Mal zur Verwendung brachten, keine Scholle von Füllungsmaterial erwartet werden, da nur kahle Auswaschung vorherrschte. Es musste daher das Benöthigte, durch Abtragung der seitlichen Umgebung und eventueller geringer Schuttwälle, gewonnen werden. Die Pfählung bewährte sich sammt der Auffüllungsarbeit so vollständig, dass ein Jahr später die geringsten Spuren einer einstmaligen wüsten Rüfi sozusagen unauffindbar waren. Höher gelegene Strecken derselben Runse, bei welchen nicht mit gleicher Genauigkeit verfahren wurde, sind zwar ebenfalls intakt geblieben, legen aber doch das deutliche Zeugnis ab, dass, bei dieser scheinbar rohen Arbeit, auf die präzise Beobachtung gewisser Regeln sehr viel ankommt.

Eine andere ähnliche Verbauung, kleineren Stils, wurde an einem Seitenflüsschen der Rüferuns vorgenommen und hatte eine so vollständige Verwischung des Grabens und der Schuttwälle zur Folge, dass wir nach 14 Jahren diese Oertlichkeit nur mit Mühe unter dem Buschwerk, welches sie bedeckte, aufzufinden vermochten.

Wir schliessen hier das Kapitel der Kegelbildung und der Pfahlmethode, indem wir resümirend nochmals die Vortheile derselben zusammenstellen.

Der Schuttkegel hat den grossen Vorzug, im Grunde gar kein Menschenwerk, sondern Naturwerk zu sein und ist als solches fehlerlos und typisch. Diese Thatsache spricht ebenso laut für die Möglichkeit der Erstellung, wie für die Solidität dieser Anlageform.

In ihr liegt ferner auch eo ipso eingeschlossen, der so wichtige Faktor der Wassertheilung und der Verlangsamung desselben, durch zahllose kleine Hindernisse, sowie der natürlichen Quellenbildung durch Einsickerung.

Der bauliche Effect des Kegels, ist ganz der nämliche wie derjenige der Thalsperre, nur wird er durch allmäligen und mehr horizontalen Zuwachs, anstatt durch einen einzigen monumentalen Aufbau erzielt. Die Erhöhung dieser schiefen Fläche, kann so in's Unendliche ausgedehnt werden, während die Höhe der Thalsperre eine sehr begrenzte ist.

Die Unerschöpflichkeit der Kegelform und die Möglichkeit fortwährender und immer leichterer Festhaltung der Geschiebe, lässt die Erosion, als Hilfsmittel des Systems erscheinen, während dieselbe für Thalsperrenbau ein Moment der stets wachsenden Gefahr ist.

Das Kegelsystem gestattet eine Verbauung, ebensowohl von oben nach unten, wie umgekehrt, oder auch gleichzeitig auf der ganzen Länge, was beim Thalsperrenbau nur bedingt geschehen kann.

Die Zerstörung eines Kegels würde, angenommenen Falls, niemals die Gefahr des Einsturzes einer Thalsperre involviren, und könnte sich nur langsam vollziehen.

Die hervorragendste Eigenschaft der Pfahlmethode beruht in ihrer Durchlässigkeit für das Wasser, wogegen die geschlossene Mauer der Thalsperre den vollen und ungeschmälernten Druck der ganzen hinter ihr stehenden Masse auszuhalten hat. Die Erfahrung lehrte längst, dass ein an sich schwacher Holzzaun oder ein Lebhagg die Geschiebe genau nach seiner Linie aufhält und zur Ablagerung bringt, währenddem unter ebendemselben Druck eine Mörtelmauer sofort umgestossen wird. Die Vergleichung der Thalsperre mit dem Pfahlwerk, punkto beidseitiger Kraft und Wirkung ist also eine durchaus unrichtige und trügerische. *)

Es ist endlich, bezüglich der zur Bewältigung der schweren Blöcke erforderlichen Gewalt, ein grosser Irrthum zu wähen, dass dieselbe sehr gross sein müsse.

Um einen gewaltigen Block, auf geneigter Fläche, zum Stehen zu bringen, bedarf es oft nur eines winzigen Hindernisses, etwa eines hervorstehenden Steines, einer Wurzel, oder eines niedern Pfahlkopfes. Die Hauptsache ist dabei, dass das Wasser seitlich entweichen könne. Wir haben desshalb schon ganz gewaltige Blöcke durch kleine Pfähle, welche nur wenige Centimeter über die Bodenfläche hinausragten, zum Stehen gebracht.

*) Es kann heute noch beim Ausbruch des Wildbaches in Niederurnen constatirt werden, wie ein junger aus feinstem Zweigwerk bestehender Grünhaag die unten anstossende Wiese vor Ueberführung mit Schutt völlig frei gehalten hat, während die unmittelbar oben liegende mit $\frac{3}{4}$ Meter hohem Gerölle bedeckt ist.

Was die Wichtigkeit der Rinnenbildung d. h. die Verhinderung derselben betrifft, so ist sie ebenso bedeutsam als die Durchlässigkeit des Sperrwerkes. Welch' schwache Mittel im Grunde genügen können, sehen wir an der merkwürdigen Thatsache, dass steile Strassen, welche der Zerstörung durch Schlagwetter ausgesetzt sind, durch kleine Büschel Strohhalmen, mit etlichen Steinen beschwert, quer über die Strasse gelegt, dieselbe vor der Zerreißung sicher stellen.

Unsere bisherigen Erörterungen galten demjenigen Theil des Runslaufes, in welchem die Natur die Schuttkegelbildung zwar fort und fort versucht, aber nicht zu Stande bringen kann.

Wir haben nun noch den untersten und letzten Theil des Convexgebietes zu besprechen, in welchem der Fluss, wenn er sich selbst überlassen bleibt, sich des Hauptgeschiebes durch kegelförmige Ablagerung entledigt.

Die beste Verbauung des Erosionsgebietes, welche nach dieser oder jener Methode vorgenommen worden sein mag, wird niemals so vollkommen sein, dass nicht die Gefahr bestünde, dass hie und da noch grössere Geröllmassen abgetrieben werden könnten. In dieser Voraussicht wird es ein Gebot kluger Vorsicht sein, eine Anordnung zu treffen, durch welche dieser Gefahr begegnet wird. Wir haben unter dem Kapitel der „Selbstheilung der Natur“ (pg. 16) die eigentliche Bestimmung jener schon vorhandenen Dejectionsconusse angedeutet, welche am Fusse des Berges am Ausgang der Schluchten sich vorfinden; auch haben wir gesagt, dass es eine allzu starke Zumuthung von Seite des Menschen sei, die Ablagerung der schweren Masse hier verhindern und von derselben absolut den Weitermarsch verlangen zu wollen. Es sollte doch unseres Erachtens erwiesen genug sein, dass die meisten Ausbrüche, welche vorkommen, sich auf eben diesem Ausgangspunkt oder doch auf dem dort beginnenden Schuttkegel ereignen. Es wird also doch wohl die Nichtbeachtung der Natur, in dieser Richtung, die Schuld der so vielfachen Verheerungen verbauter und auch nicht verbauter Wildbäche tragen, denn wir halten dafür, dass eine systematische Veranlagung und Instandhaltung dieser Kegel oft an sich allein schon die Gewähr gegen Wasserschädigung darbieten könnte. Eine ausbrechende Runse trägt nur deshalb die Schädigung über so weite Strecken, weil es ihr frei gelassen wird, ihre ganze Wassermasse concentrisch gesammelt zu halten. Wird vorher schon systematisch die Theilung in unzählige kleine Theile vorbereitet, so wird die Ablagerung nur eines sehr kurzen Raumes bedürfen, und das geröllfreie Wasser kann leicht in geeigneter Weise wieder gesammelt und einheitlich weiter geleitet werden.

Nach bisheriger Uebung geschieht bekanntlich das accurate Gegentheil solcher Zertheilung, indem der Kegel durch den Runskanal durchschnitten und das schwerste Blockmaterial, sammt dem Wasser, durch denselben abgeleitet wird. Da dies angesichts grosser

Geschiebe-Dimensionen den Charakter des Naturwidrigen und daher mehr oder weniger Unmöglichen an sich trägt, so muss die Fachwissenschaft entweder an das angedeutete Mittel nicht gedacht haben oder aber nicht daran glauben. Dieses Letztere ist allerdings erklärlich, sowie man die Sache vom Standpunkt jener furchtbaren Gewalt ansieht, mit welcher haushohe Felsen, in dem hochgehenden Ansturm eines wilden Bergbaches, wie muthwillige Böcke daherfahren. Es liegt jedoch sehr viel optische Täuschung in der scheinbaren Leichtigkeit der schweren Masse. Sie ist im Gegentheil von dem sehnlichsten Verlangen nach Ruhe erfüllt und benützt jede Handreichung, die ihr geboten wird, dieselbe zu erlangen.

Doch auch hier gilt es, nicht nur verlockende Theorien aufzustellen, sondern die Möglichkeit der thatsächlichen Ausführung hinzuzufügen.

Zur Ablagerung einer oft gewaltigen Geröllmasse ist ein entsprechender Raum, sowohl in Breite als Länge nöthig, und da die alten Schuttkegel, mit ihrem sanften Gefäll, sehr häufig die Wohnungen und Kulturstätten des Menschen tragen, so fragt es sich, ob diese Dinge nicht in allzu grosser Nähe des besagten Raumes sich befinden.

Dies ist eine individuelle Frage für sich. Im grossen Ganzen glauben wir annehmen zu dürfen, dass sich, bei Wildbächen grössern Schlages, der Mensch, in der instinktiven Ahnung der Gefahr, nicht in so bedenklicher Nähe derselben werde angesiedelt haben, und hat er es dennoch gethan, so ist es sehr die Frage, ob die Gefahr der Schädigung und des ganzen Risikos nicht grösser sei, wenn der Wildbach nicht zum forcirten künstlichen Ausbruch präparirt wird.

Liegende Gründe, welche mit der Zeit als nutzbare Objecte sich aus dem Bachterritorium herausgearbeitet haben, könnten noch weniger als Wohnstätten einen Verneinungsgrund für obige Absicht abgeben, da sie in der Benutzungsfähigkeit nur dann gestört erscheinen, wenn ein Ausbruch wirklich stattfindet. Sehr oft dürfte aber der sehr willkommene Fall vorhanden sein, dass die Ausmündungsstelle des Wildbaches durch einen halbkreisförmigen Wald oder durch Buschwerk umschlossen ist, wodurch die Sicherheit um ein Grosses vermehrt wird. Nicht schwer wäre es uns, eine Unzahl von Wildbächen zu bezeichnen, bei denen dem systematischen Betrieb der Ablagerung in gedachtem Sinn nicht das geringste Hinderniss entgegenstände und so an Strassen, Brücken und andern Realwerthen ungeheure Summen könnten erspart werden.

In Tafel 13 und 14 haben wir auf ungefährender Grundlage des Biltner Bach-Kegels das Projekt einer solchen Ablagerung entworfen.

Am Schluchtausgang Tafel 13 steht der grosse neue Ausbruchkegel von 1886 (A). Von da hinweg führt über die höchste Stelle des alten Schuttkegels, auf welchem tiefer abwärts und seitwärts das Dörfchen Unterbilten steht, der gewöhnliche Ablaufkanal. Nachdem

der Wildbach den neuen Schuttkegel A hervorgeschoben und abgelagert hatte, fand er einen Durchweg in der Richtung des Pfeiles nach rechts (in natura links) und floss hier in der Richtung der tiefsten Stelle dem Thale zu. Die grösste und schwerste Geröllmasse liess dieser Ausbruchsarm schon wenige 100 m unterhalb der Durchbruchstelle liegen, obschon das Gefälle noch sehr gross und die Vertiefung noch ziemlich muldenförmig. Hätte dieser Strom auf seinem Lauf, statt einer concaven Tiefe von 7 oder 8 m, eine Reihe von Trennungskörpern angetroffen, so hätte er sein Gerölle schon nach 50 oder 60 m abgeben können und müssen.

In welcher Anordnung wir uns die Divisionspalissaden oder Wogenbrecher und die weitem Theil- und Staupfähle denken, ist auf Tafel 14 ersichtlich. Den Abschluss des auf ca. 150 bis 200 m Länge berechneten Raumes würde ein enger Pfahlhaag und ein noch engerer Schlammhaag bilden. Das abfliessende Wasser wäre in einem Sammelkanal C, mit Fangdamm D, auf der Thalseite aufzufangen und von da abzuleiten.

Die Wirkung obiger Vorrichtung denken wir uns so, dass vorerst die Auffüllung der linksseitig am Kegel, zwischen dem Bergfusse gelegenen grossen Tiefe vor sich zu gehen, der Ausbruch also abermal dorthin zu leiten wäre. Der Auslauf dieser Vertiefung müsste, zu dem Zweck, mit starken Stauwehren aus Palissaden versehen werden, innerhalb welcher die Ablagerung stattzufinden hätte. Die Wassermasse würden wir, dieser natürlichen Tiefe nach, thalwärts kanalisiren, statt auf der Höhe des alten Schuttkegels, und in diesen Kanal natürlich auch die Sammelrinne D einmünden lassen. Jene Tiefe einmal ausgefüllt, liesse sich die Wassertheilung, d. h. die Ablagerungsoperation auf dem ganzen Raum gleichmässig vornehmen, und, wie wir aus dem verfügbaren Raum glauben schliessen zu dürfen, wäre für unabsehbare Zeit die Ortschaft vor Wildbachschädigungen gesichert.

Es ist durchaus nicht zu leugnen, dass das absichtliche Hervorrufen eines zehnfachen Ausbruches das Gepräge entweder eines förmlichen Unsinnns, oder wenigstens einer Tollkühnheit an sich trägt. Genau besehen ist das Einimpfen des furchtbaren Blatterngiftes in einen gesunden menschlichen Körper noch viel tollkühner und doch geschieht es allgemein. Jedenfalls ist es fasslich, dass ein zehnfacher Ausbruch, also eine zehnfache Schwächung der Wasserkraft an der geeigneten und berechneten Stelle, eine viel grössere Wahrscheinlichkeit der Unschädlichkeit bietet, als der einseitige und concentrische Ausbruch des unberechenbaren, sich selbst überlassenen Zufalls.

II. THEIL.

ABFLUSSGEBIET.

Natürliche Normalität.

Wir haben oben gesagt, dass die topographische Gestalt der Erdoberfläche, in Bezug auf die normale Erhaltung derselben, gegenüber den Einwirkungen des nassen Elementes, diejenige der leicht gewölbten Fläche sei, wie sie sich im Globus selbst als Urtypus darstellt.

Die Frage entsteht nun, ob auch für das Wasser, nicht bloß für die Erde, ein Normalgesetz bestehe, nach welchem die Krankheitserscheinungen der Wasserläufe und die Bedingungen ihrer Heilung ins Auge gefasst und beurtheilt werden müssen.

Bei der Einheitlichkeit und Vollkommenheit aller physikalischen Gesetze lässt sich diese Frage unbedingt mit Ja beantworten. Das hydrostatische Gesetz, welches den Lauf des Wassers regiert, ist immer und überall dasselbe und am Menschen ist es, die baulichen Hilfsmittel der Wasserbautechnik so einzurichten, dass sie jenen unveränderlichen Gesetzen möglichst entsprechen.

Zu diesem Ende ist wiederum die Beobachtung der Natur die unerlässliche Schule der Erkenntniss, und die probeweise Erfahrung die zuverlässigste Rathgeberin der Wissenschaft.

Das natürliche, dem Wasser innewohnende Gesetz der Schwere treibt dasselbe an, auf dem jeweilen kürzesten Wege, dem jeweilen niedrigsten Punkte seiner Umgebung zuzuströmen. Die gerade Linie und die tiefste Stelle ist also immer (mit Ausnahme der Verdunstungsgesetze, welche hier nicht in Betracht fallen) das Grundgesetz oder die natürliche Normalität des flüssigen Elementes.

Im Sammel- und Erosionsgebiet ist dieses Gesetz, weil zweck- und zielwidrig, negativ zu verwerthen, d. h. möglichst aufzuheben, im Ablaufgebiet dagegen in seine bestmögliche Ausführung zu bringen. Es besteht der diametralste Gegensatz zwischen beiden Gebieten, und je schärfer derselbe, durch die Technik, ausgeprägt, werden

kann, desto eher wird man oben und unten, dem Ziel der Vollkommenheit näher gekommen sein.

Wenn wir uns die beiden Bedingungen der grössten Kürze und der grössten Tiefe, welche den Lauf des Wassers bestimmen, in der Anwendung auf einen Flusslauf denken, so werden wir finden, dass sich für denselben die concave Form einer rundlichen Schaaale ergibt. In dieser Form ist es allen Wassertropfen möglich, sich immer in der unmittelbarsten Nähe des tiefsten Punktes, und folgerichtig der kürzesten und geradesten Linie, zu halten, beziehungsweise zu sammeln. Es ist einleuchtend, dass ein horizontales Flussbett diese Bedingungen nicht in gleichem Maasse erfüllt, noch viel weniger aber ein Solches, welches in Tiefe und Breite durch Ungleichheiten und Hindernisse noch weiter von der Normalität absteht.

Alle Uebelstände des Abflussgebietes lassen sich auf die mehr oder weniger grosse Abweichung der Flussformen oder des Querprofils zurückführen, beziehungsweise auf die Verletzbarkeit oder Zerstörungsmöglichkeit dieser Form, und diejenige Bauart, welche relativ obiger Form, und zugleich relativ der grössten Widerstandskraft, am besten zu entsprechen vermag, wird der Normalität am nächsten kommen und das beste Resultat liefern.

Unsere Ueberschrift spricht nun aber nicht sowohl von einer theoretisch-physikalischen Normalität, sondern von einer natürlichen, und da sollten wir billigerweise auch in der Natur selbst, wie oben bei der gesunden Bodengestalt, den Nachweis erbringen können für die Existenz solch' normaler natürlicher Flussbette. Wir vermögen solche Beispiele nicht anzuführen*), weil es schwer sein dürfte, diejenigen mineralogischen Bedingungen anzutreffen, welche dazu erforderlich sind**); dagegen halten wir es für unzweifelhaft, dass in einer schiefen, aus gleichförmigen und leicht abschwemmbareren feinen Bestandtheilen bestehenden Fläche, ein Wasserlauf sich in seiner natürlichen Bewegung gerade diese normale Profilform und keine andere schaffen würde.

Wird es schwer sein, das Gesetz in seiner Vollkommenheit, natürlich dargestellt zu finden, so dürfte es dagegen um so leichter sein, eine annähernde relative Vollkommenheit, oder die fortwährende Tendenz, dieselbe zu erreichen, bei den meisten Flüssen nach-

*) Der Aakanal bei Sarnen ist das Vollkommenste, was uns in dieser Richtung je zu Gesicht gekommen ist, und lässt so zu sagen buchstäblich nichts zu wünschen übrig. Es gilt dies jedoch nur für die Strecke, welche weder „Faschinen“ noch Steinwahrung hat. Da wo solche vorhanden, ist die grösste Wassertiefe nicht mehr in der Mitte, sondern längs der Faschinenwahrung und namentlich unter derselben.

***) Die Kenntniss der grossen Ströme wie Mississippi, Amazonenstrom u. dgl., welchen bekanntlich die Natur völlig freien Raum zur Ausdehnung ihrer Hochfluthen lässt und lassen kann, dürfte hier wahrscheinlich ein lehrreiches, interessantes Material der Beobachtung liefern, allein es steht uns dasselbe nicht zur Verfügung und dürfte für unsern Zweck auch nicht von grossem Werthe sein.

zuweisen. Es wird auch meistens nicht schwer sein, die Hindernisse und Störungen, welche diesem Bestreben entgegenstehen, zu erkennen, ja es wird dazu nicht einmal nur der Augenschein, sondern schon die gestreckte oder mehr in Curven sich bewegend Richtung des Flusslaufes, wie sie die geographische Karte weist, einen gewissen Aufschluss zu geben vermögen. Zur normalen Geradlinigkeit nach dem tiefsten Punkte innerhalb der Profiltiefe selbst, nach der Mitte zu, gehört natürlich ebensosehr die Geradlinigkeit des ganzen Laufes, in die Länge, und bietet dieselbe, wenn durch die Natur schon gegeben, eine der grössten Erleichterungen möglichst normaler und promptester Regulirung. Zu der Classe dieser Art bevorzugten Flüsse gehören auf grosse Strecken die rechtsseitig in die Donau sich ergiessenden bayrischen Flüsse, wie die Iller, der Lech und die Isar.

Eine fast ebenso wichtige Frage der Normalität bezieht sich, neben der Profiltiefe und Geradlinigkeit, auf die Ausdehnungsmöglichkeit des Wasserlaufes in die Breite. Welches Gesetz hat da zu gelten, oder vielmehr, wo findet das Gesetz der Neigung nach der concentrischen Kanalaxe seine Grenze, gegenüber dem Gesetz möglichst freier Ausdehnung, welches aus dem Druck der Masse ebensowohl seitlich als vorwärts hervorgeht?

Die Ausdehnungstendenz in die Breite wird von nichts anderem bedingt sein, als von der Unmöglichkeit der weitem Vertiefung und der grössern Aufschwellung in der Mitte des Stromes. Je tiefer sich die Senkung der Sohle, vermöge des weichern oder härtern Grundes, zu vollziehen vermag, desto weniger wird, bei Vermehrung des Wassers, sich das Bedürfniss nach Breiteausdehnung geltend machen, und diese seitliche Depression wird in dem gleichen Verhältniss der Wasserzunahme, also der Druckvermehrung, und der Unmöglichkeit einer grössern Vertiefung der Sohle wachsen. Die wahre Normalität bestünde also darin, dass sich die Wassermasse, nach Maassgabe ihres Grösserwerdens, die beliebige und erforderliche Ausdehnung nach links und rechts verschaffen könne. Das Abnormale wird dagegen eine solche Uferform darbieten, welche bei Erhöhung des Wasserquantums keine seitliche Ausdehnung gestattet, wodurch eine um so grössere Pression nach der Mittelaxe und nach der Sohle zu, ferner eine Stauung nach oben und eine Druckvermehrung in der Richtung des Gefälls entsteht. Je senkrechter die Ufer, desto schärfer werden sich diese Abweichungen vom Normalen geltend machen, und damit der Fluss den Charakter der Wildheit und Gefährlichkeit erhalten.

Es ist nun ja freilich klar, dass, wenn auch die physikalischen Bedingungen der Normalität für die Flussläufe genau bekannt sind, aus den verschiedensten Gründen, dieselben nicht sofort bei allen Flüssen in Scene gesetzt, oder denselben bei der Correction kann nach Wohlgefallen nachgelebt werden. Immerhin steht es fest,

dass man sich dieselben, bei jeder technischen Baufrage, beständig zur Norm zu nehmen hat, und dass es zu keinem guten Ziele führt, wenn nicht wenigstens die relative Erreichung dieser Bedingungen angestrebt, sondern beliebige andere zufällige Bauprinzipien zur Anwendung gebracht werden.

Mit Rücksicht auf dieses Kapitel der Normalität haben wir endlich der Frage der mathematischen Form und Richtung der Flussbette auch noch diejenige des Wassers selbst anzureihen.

Zur Normalität eines Abströmungs- oder Entwässerungslaufes, gehört die relative Reinheit des Wassers d. h. die Abwesenheit von feinem und grobem Geschiebe.

Die Beimischung von Stoffen, welche schwerer sind als das Wasser, kann nicht anders als eine störende Wirkung auf die Gesetze der Wasserströmung ausüben, und Anordnungen, welche in der Berechnung derselben getroffen sind, illusorisch machen oder wenigstens beeinträchtigen. Da die Beimischung dieser Materien meistens aus den Erosionsgebieten der Gebirgswelt stammt, so ergiebt sich für die Hydrotechnik von selbst der intime Zusammenhang des ganzen Flusslaufes, von seinen ersten Anfängen bis zu seinem Endpunkt.

Dass schliesslich zur Normalität auch deren Unverletzlichkeit gehören muss, liegt auf der Hand, und damit sind wir an die Pforte der weitem Frage gelangt, worin das Uebel der Flussleitung in speziellem Sinne besteht.

2. Das Uebel.

Da wir oben das, was die Gesundheit der Flussleitung ausmacht, bezeichnet haben, so ergeben sich von selbst diejenigen Momente, welche das Uebel bedingen. Es bestehen dieselben aus der fehlerhaften Veränderung der Profilform, durch theilweise Vertiefung und Erhöhung, aus einer verderblichen Richtung der Flussaxe, durch Krümmung, aus der Verhinderung zur genügenden Ausdehnung der Hochwasser, aus dem Mangel der Ausscheidungsmöglichkeit der sich ansammelnden Geschiebe, und endlich aus der zu geringen Widerstandskraft der Ufer- und Sohlenanlage.

Wenn wir von der Voraussetzung ausgehen könnten, dass die von uns definirte Normalität eine von der Hydrotechnik allgemein anerkannte Sache wäre, so würde es sich, bei den obgenannten Momenten der Abnormalität, nur darum handeln, den letztgenannten Uebelstand, der Zerstörbarkeit von Ufer und Sohle, zu überwinden. Die Sache verhält sich jedoch, aus der Verschiedenheit der Ansichten zwischen den Männern des Faches, und aus mannigfachen technischen Anordnungen zu schliessen, nicht so einfach; immerhin ist es eine Thatsache, dass die Erfolge der technischen Wissenschaft im Gebiet der eigentlichen Flussregulirungen viel sicherer und grösser genannt

werden dürfen, als es beim Runsenbau der Fall gewesen. Aber dessenungeachtet wird kaum Jemand es verneinen wollen, dass die ausserordentlich zahlreichen, an einzelnen Flüssen sich fast Jahr um Jahr wiederholenden Störungen, nicht auf ein bedenkliches Fragezeichen für die betreffende Wissenschaft hinzuweisen scheinen. So lange die Schwierigkeiten in der theoretischen Uebereinstimmung noch nicht überwunden sind, dürfen diejenigen der praktischen Wirklichkeit freilich um so weniger als überwunden erachtet werden. Wir haben uns hier indessen vorerst um die Frage zu kümmern, worin die thatsächlichen, nicht die intellectuellen Uebelstände bestehen, und diese berühren lediglich die grössere oder geringere Unhaltbarkeit der natürlichen und künstlichen Schutzwehren der Flüsse.

Bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Objecte, der Baumethoden und der Baumaterialien, lässt sich die Besprechung der mancherlei Störungen nicht mit summarischen Benennungen der Vorkommenheiten abthun, obschon dieselben beinahe Jederman oberflächlich bekannt sein dürften.

Man kann wohl sagen, dass, so viele Flussläufe es gibt, so viele Eigenartigkeiten vorhanden sind. Nicht nur bezieht sich diese Verschiedenheit auf die Fluss- und Wasserverhältnisse im eigentlichen Sinn, nach Gefäll, Länge, Breite und Tiefe, auf Zu- und Abnahme-Verhältnisse oder auf die Terrain-Unterlage in geologischer Hinsicht u. dgl., sondern auch auf die topographischen Gestaltungen des ganzen Landes und der in demselben vorhandenen Baumaterialien.

Gegenden, in welchen Steinmaterial leicht zu beschaffen ist, werden der Hydrotechnik vorzugsweise, oder sogar ausschliesslich, dieses Baumittel empfehlenswerth erscheinen lassen, während weit ausgedehnte Ebenen, mit sandigem oder sumpfigem Grunde, sich eher des reichlich vorhandenen oder leicht zu beschaffenden Faschinenmaterials, d. h. des Busch- und Strauchwerks bedienen, wie es z. B. am Rhein und in Bayern der Fall ist. Waldreiche Länder werden sich keine Skrupeln machen, mit Holzbau die nöthigen Schutzwehren zu schaffen.

Da es sich hier nicht um örtliche, sondern um grundsätzliche Baufragen handelt, so haben wir uns bei diesen Verschiedenheiten und Convenienzen nicht aufzuhalten, und berücksichtigen nur diejenigen Momente, welche bei der Frage der „Unhaltbarkeit“ der Baumethoden prinzipiell entscheidend sind.

Eines dieser Momente besteht in der Schwierigkeit, die Flusssohle gegen allzu grosse und ungleiche Vertiefung sicher zu stellen. Diese Auskolkung ist natürlicherweise nur da möglich, wo der Grund des Flusses durch die Strömung des Wassers aufgewühlt und abgeschwemmt werden kann. Ist diese Abtreibung aber in der Mitte des Flusses möglich, so ist sie es auch am Ufer, und damit ergibt sich die Gefahr der Unterspülung, für die auf dem Ufer errichteten

Wuhungen, mögen sie von Stein oder von Faschinenwerk oder Holz errichtet sein.

Ist dagegen die Flusssohle gegen Auswaschung und Vertiefung gesichert, oder eine solche sogar erwünscht, wie es bei hochliegenden Strömen vorkommen kann, so besteht etwa die Gefahr, dass die Dämme der bohrenden und drängenden Wirkung der Wogen nicht zu widerstehen vermögen und einstürzen. Es unterliegen diesem Schicksal sowohl Stein- als Faschinenwuhungen, obschon beide möglichst tief unter das gewöhnliche Sohlenniveau fundirt zu werden pflegen. Es weiss namentlich das obere Rheinthale von derartigen Katastrophen gänzlicher Dammerreissung manches traurige Lied zu singen, und findet Leidensgenossen, die in andern Zungen das gleiche Klagelied vernehmen lassen, in grosser Zahl. Der eigentliche Grund dieser gewaltsamen Zerstörungen oder der mangelhaften Widerstandskraft der Ufer und Dämme liegt, wie uns das Normalgesetz angedeutet hat, einerseits in einer allzu schroffen Böschung, welche die erforderliche Ausdehnung des Wassers hindert, und dadurch den seitlichen Druck vermehrt, und anderseits in der Angreifbarkeit oder Verschiebbarkeit der Dammbestandtheile.

Oft ist ein förmlicher Dambruch nicht vorhanden, dagegen findet eine Ueberströmung des Dammes durch Ueberwasser statt, und dieses Ueberwasser gräbt sich, erst ganz unmerklich und dann mit progressiver Kraft, an der Aussenseite in die Dammwand und in die Krone ein, und sägt in dieser Weise, von aussen nach innen, den schützenden Damm durch. Es wird diese Art der Gefährdung, nach unserer Vermuthung und Erfahrung, sogar eine der am zahlreichsten vorkommenden Ursachen unheilvoller Ueberschwemmungen bilden, und haben wir schon häufig genug uns zu wundern Gelegenheit gehabt, wie es möglich sei, diesen so wichtigen Punkt hydrotechnischer Wissenschaft, so völlig ausser Acht zu lassen, wie es geschieht.

Eine fernere Gattung von „Uebeln“ besteht endlich darin, dass die Uferwehren, durch ihre temporäre oder stellenweise Zerstörung, nicht sowohl Wassernoth in der Umgegend hervorrufen, weil hoch liegend, sondern dass der Fluss selbst, durch Angriff und Auskolkung seiner Uferlinie, sein regelrechtes Gebiet ungebührlich erweitert, so dass schliesslich wieder ein Zustand der Willkür eintreten kann, bei welchem sämmtliche Requisite annähernder Normalität wieder verloren gehen.

Wir wenden uns hiemit zu den bisher in Gebrauch gestandenen Baumethoden der Flussregulirung und Sicherung, und werden dabei die Gelegenheit haben, nicht nur die Uebel selbst, sondern die spezielle Verursachung derselben, zur Sprache zu bringen.

3. Die bisherigen Baumethoden.

Wie im Erosionsgebiet der Wildbäche die steinerne massive Thalsperre die Hauptrolle in der bisherigen Technik zu spielen verordnet ist, so ist auch im übrigen Flussbauwesen der Stein, mit oder ohne Zuthaten, das meist angewandte Material.

Es wird derselbe theils zur Pflasterung der Sohle, zum Aufbau der Böschung, zur Deckung der Berme und des Dammes verwendet, und zwar bald in roher Bearbeitung, oder behauen, oder auch als Sicherung besonders exponirter Stellen, in dichter Aufschüttung, in roher Bruchform.

Die Profilform, in welcher die Kanäle meistens hergestellt werden, ist diejenige eines Doppelbettes, wovon das innere und tiefste dem kleinen und mittlern Wasserstande, der zwischen den weiter zurückstehenden Dämmen sich ausdehnende Raum dagegen für die höhern Wasserstände zu dienen berufen ist. Die Uferböschung hält sich meist zwischen ein- und zweifüssiger Richtung, die Berme ist schwach gegen die Kanalaxe geneigt, und der Damm gewöhnlich 1 bis $1\frac{1}{2}$ füssig.

Da die Sohle des Kanals meist ganz horizontal ist, so kann, bei einem starken Sinken des Wasserstandes, von einer Concentration des Wassers nach der Mittellinie, im Sinn der Normalität nicht die Rede sein, und es ergiebt sich aus diesem Umstande nur zu oft der Uebelstand, dass das wenige vorhandene Wasser sich, durch anfänglich geringe Unebenheiten der Sohle, zu einem serpentinarartigen Hin- und Herfliessen, von einem Ufer zum andern, veranlasst findet.

Diese Unregelmässigkeit mag lange Zeit ohne scheinbare Bedeutung bleiben, kann aber, unter gegebenen Umständen, ein sehr verhängnissvoller Anfang zur Unterspülung der Böschungsmauern abgeben. Es gilt also auch da, gerade wie bei den kleinen Anfängen der Rinnenbildung im Alpengebiet, dasjenige vorzukehren, was den Schaden bessert oder wenn möglich das, was ihn von vornherein verhindert. Bei der Unmöglichkeit, ein flaches Sohlenprofil für jeden, auch für den kleinsten Wasserstand, richtig und normal bemessen zu können, wird eben, wenn immer möglich, das wirkliche ovale Normalprofil anzustreben sein.

Eine fernere Bauart des Uferschutzes besteht aus einer theilweisen Verwendung von rohen Bruchsteinen als Grundlage, und einer darauf aufruhenden Böschungsmauer aus mehr oder weniger regelmässig behauenen Quadersteinen, oder aber einer Quadermauer, welcher eine starke Schutzwehr von Rohblöcken vorgelagert wird, wie Fig. 16 und 17 es veranschaulicht. Die erste Phase stellt den intakten Stand, die zweite Phase dagegen denjenigen einer eingetretenen Deteriorirung dar. Es kann nämlich, bei aller Sorgfalt der Ausführung, nicht immer vermieden werden, dass durch den fortwährenden scharfen Anprall des Wassers eine allmähliche Lockerung

des Untergrundes stattfindet, welche nothwendigerweise ein Nachsinken der auf ihm liegenden Blöcke veranlasst. Einmal begonnen, wird die Arbeit des Wassers ein immer rascheres Tempo annehmen, und da der Stein, vermöge seiner Form und seines Eigengewichts, absolut auf den festen Halt seiner Nachbarn angewiesen ist, so ist das stärkere Nachsinken und schliessliche Auseinandergehen, auch des aufgebauten Quadermauerwerks, in solchen Fällen nur noch eine Frage der Zeit.

Angesichts solcher Erfahrungen ist man auf den Ausweg gelangt, die unsichere Steinunterlage durch einen festen Rostbau, auf Pfählen, zu ersetzen, wie es Fig. 18 und 19, letztere abermals in

Steinbeleg und Vorlager.

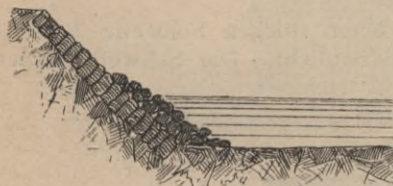


Fig. 16. 1. Phase.

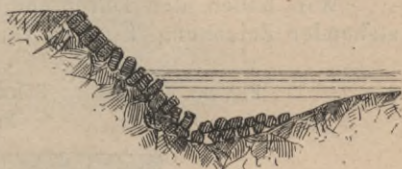


Fig. 17. 2. Phase.

Rostunterlage.

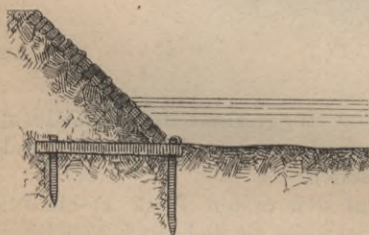


Fig. 18. 1. Phase.

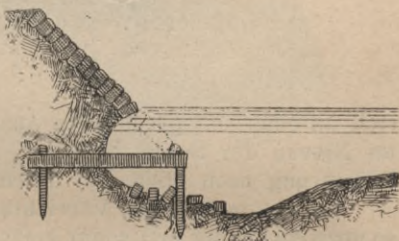


Fig. 19. 2. Phase.

seiner Deteriorirung darstellen. Obschon das Sinken des Quadermauerwerks, durch diese feste Unterlage, oft für lange Zeit kann verhindert werden, so lehrt doch die Erfahrung, dass die Auskolkung des mobilen Untergrundes, mit der Zeit, sich dennoch herausstellt, weil die Wuhung sammt dem Rost auf demselben nur flach aufliegt, ihn also nicht in sich selbst verbindet. Die Folge ist, dass sich wie Fig. 19 darstellt, eine Vertiefung unter dem Rost und unter der Böschung bildet, welche sich nach und nach so erweitert, dass auch der Steinbeleg seinen Halt nach hinten verliert und in die Tiefe stürzt, wenn nicht rechtzeitig das ganze Werk neu erstellt wird.

Eine dritte Bauart aus Holz und Stein besteht aus einer Längschwelle, welche mittelst Zangenhölzern, nach hinten zu, mit dem Lande fachartig verbunden ist, wobei die Fächer mit Steinen ausgefüllt werden. Diese Methode erscheint uns als eine der denkbar stärksten, dürfte aber, auf grosse Strecken angewendet, zu theuer sein. Ein Widerspruch gegen die Normalität, und also ein Nachtheil liegt immerhin, auch bei dieser Construction, in der senkrechten Kante, welche durch das Schwellholz in der Uferlinie gebildet wird, denn die Vorschrift lautet auf eine rundlich und glatt abfallende Profillinie, und nicht auf scharfe Kanten.

Eine vierte Verwendungsart von Holz und Stein bezieht sich auf den Gebrauch von Querswellen, welche die Sohle vor Vertiefung, und damit zugleich den Bestand der Ufermauern sichern sollen.

Wir haben den Durchschnitt einer solchen Schwelle in bestehender Zeichnung Fig. 20 veranschaulicht. Die Schwelle findet

Fig. 20.

Swellen.
Profil.

I. Phase.



sich an einer entsprechenden Anzahl von eingerammten Pfahlhölzern, im Niveau der Sohle, befestigt, und wird oft mit Spundwand und Pflästerung nach oben und unten versehen.

So rationell diese Vorrichtung auf den ersten Blick erscheint, so unzweckmässig und sogar gefährlich erweist sie sich doch meistens. Die harte Linie des Schwellholzes, obschon in der Flucht der Sohle liegend, erzeugt nach kurzer Zeit schon eine kleine Stauung und damit einen kleinen Fall. Dieser letztere ruft seinerseits einer kleinen Austiefung des Bachbodens, und damit ist, für ein künftiges Hochwasser, die erste Station auf der Bahn der Unterspülung der ganzen Vorrichtung bereits betreten. Mit unglaublicher Schnelligkeit macht die eingerissene Vertiefung sich auf die rückwärtigen Sohlenverhältnisse geltend, und das Wasser hat oft schon nach wenigen Monaten oder Jahren den Weg unter der Schwelle durch gefunden. Damit tritt aber die Zerstörungsarbeit in die doppelte Gangart, indem die Wühlkraft durch Ueberfall und Druck zugleich ausgeübt wird. Dieses Stadium deutet Fig. 21 an. Die Lösung der Sohle hat da schon die Solidität der Ufermauer in Mitleiden-

schaft gezogen, und die unterste Lage der Steine zum Fall gebracht. Geschieht kein Einhalt oder tritt starkes Hochwasser ein, so kann in wenigen Augenblicken die III. Phase der Zerstörung, das Bild der Fig. 22, zur vollendeten Thatsache sich gestalten. Fig. 23 zeigt die Querschwelle in ihrer Längensicht in normalem Zustand, während Fig. 24 und 25 die fortschreitende Entwicklung des Ruins, welche die Uferböschungen in der Nähe solcher Schwellen, häufig constatiren lassen. Sehr oft besteht die einzige Zeugenschaft für die dagewesene sogenannte Sohlen-Versicherung in etlichen stehen gebliebenen Pfählen inmitten der reissenden Fluthen.

Fig. 21. **Schwellen.** II. Phase.

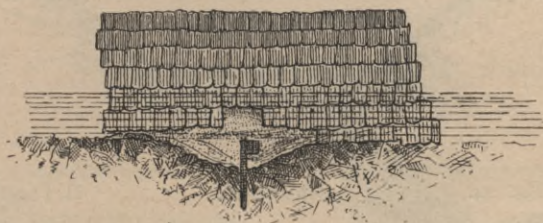
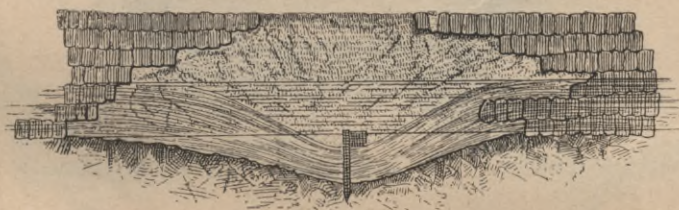


Fig. 22. **Schwellen.** III. Phase.



Wir haben unter der Rubrik des Holz- und Steinbaues, endlich noch, die mancherorts gebrauchten Kastenwuhrungen zu erwähnen, welche aus quadratisch verbundenen, starken Rundhölzern bestehen, deren Innenraum mit groben Steinen und Kieseln ausgefüllt werden. Die steile und senkrechte Gestalt dieser Wuhrkörper ist so das absolute Gegentheil von dem, was uns die Erfordernisse des Normalen an die Hand gegeben haben, dass wir auf die durch die Erfahrung bestätigten Belege nur hinzudeuten brauchen. Dieses Baumittel könnte, abgesehen von seiner Wirkung auf den Strom, auch bezüglich seiner geringen Dauerhaftigkeit, keinen Anspruch auf grosse Brauchbarkeit erheben, denn, bald den austrocknenden Sonnenstrahlen, bald der Nässe ausgesetzt, ist es nicht denkbar, dass das meist tannene Holzwerk, mehr als einige Jahrzehnte dem Zahn der

Zeit, und dem Stoss und Druck von Aussen und Innen, Trotz zu bieten vermag.

Eine viel ausgebreitetere Verwendung als alle obigen Baumethoden für Uferschutz erfahren diejenigen durch Faschinenholz, wobei der Stein ebenfalls zur Mitwirkung gelangt.

In Fig. 26 findet sich ein Uferschutz dargestellt, welcher aus zwei, auf einer Sohlenstreu in die Uferlinie versenkten Faschinen-

Fig. 23. **Schwellen.** I. Phase.
Querschnitt.

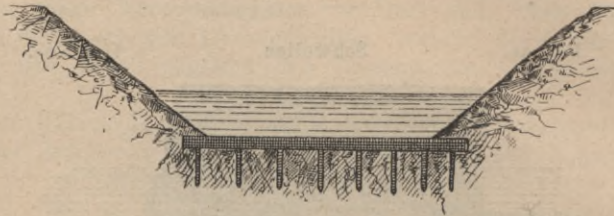


Fig. 24. **Schwellen.** II. Phase.

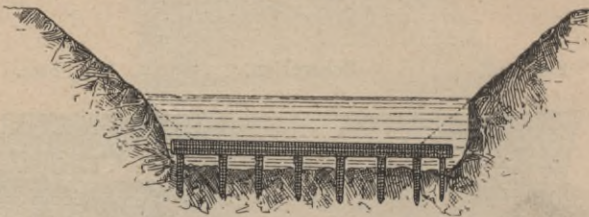
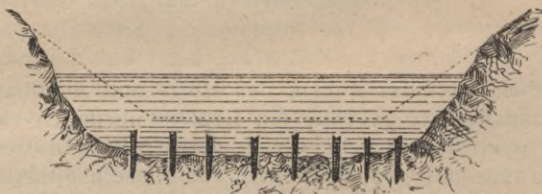


Fig. 25. **Schwellen.** III. Phase.



walzen besteht, worauf entweder durch gewöhnliche Dammerde, oder durch Steinauflage, die Uferböschung errichtet wird. Zur bessern Verbindung dieser Wuhung mit dem Hinterland finden sich auf gewisse Entfernungen quer gegen den Fluss gelegte Faschinenwalzen eingelegt. Die runden Walzen werden mit Draht festgebunden, nachdem sie inwendig mit Sand und Kieseln gefüllt worden sind. Statt der Walzen werden oft auch verschiedene Kreuz-

lagen von Faschinenstreu gelegt und mit Bruchsteinen beschwert, und so ein künstliches senkrechtes Ufer hergestellt. Auch diese Vorrichtungen, so rationell sie in mancher Hinsicht sein mögen, leiden an demselben unausweichlichen Uebelstande der Unterwaschung, wie alle platterdings auf dem Geröll ruhenden Bauarbeiten. Tausendfältige Erfahrung zeigt, wie durch die kleine Schwellung der in die Wasserströmung hineinragenden Zweige, sich allmählig eine Vertiefung der Sohle längs dem Uferand anbahnt, welche immer tiefer unter die Uferwehr eingreift und so eine erst schwache Senkung einzelner Theile derselben, und nach kürzerer oder längerer Zeit eine völlige Unordnung der Wuhung herbeiführt. Wir haben an der Birs solche Uferwehren beobachtet, welche einige Monate nach

Faschinenbau.

Fig. 26. 1. Phase.

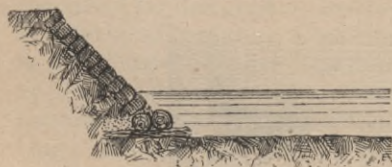


Fig. 27. 2. Phase.



Fig. 28. 3. Phase.



Fig. 29. Ende.



ihrer Herstellung schon die ersten Zeichen des abermaligen Ruins sichtbar werden liessen, was indessen die Interessenten nicht hindert, alljährlich die gleichen Baumaximen zur abermaligen Verwendung zu bringen. Fig. 27, 28 und 29, zeigen die verschiedenen Stadien der Zerstörung solcher Wuhre, bei denen das Material meistens nicht nur völlig verloren geht, sondern dem freien Ablauf des Wassers sehr hinderlich wird und dadurch vermehrte Störung und Gefahr bewirkt.

Ein oft angewandtes Bauverfahren sind die, vom Paralleldamm oder vom Hinterlande aus, rechtwinklig auf die Flusslinie gerichteten Sporen oder Bühnen, welche die Bestimmung haben, den Fluss zur Innehaltung seiner Richtung, beziehungsweise zur Verlandung der zwischen den einzelnen Bühnen liegenden Uferlinie zu zwingen (Fig. 30. 31. 32). Auch diese Sporen werden möglichst

unter das Sohlenniveau des Flusses gelegt und, zu diesem Zweck, eine durch Pfähle und Draht verbundene und mit Steinen und Kies bedeckte Faschinenstreu aufgelegt und in solcher Weise aufgebaut. Die oberste Umfassung des Sporens durch die Faschinenwalzen, wird mit schweren Bruchsteinen ausgefüllt und so dem Ganzen das

Faschinen-Sporren.

Fig. 30. Querschnitt. 1. Phase.



Fig. 31. 2. Phase.

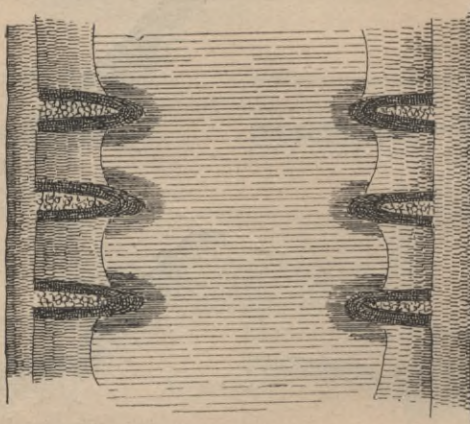


Fig. 32. Querschnitt. 3. Phase.



Ansehen eines grossen, steingefüllten Korbes verliehen. Gleiche Ursache hat auch hier gleiche Wirkung. Diese Buhne ist ein, auf dem Flussboden mehr oder weniger oberflächlich aufruhender, und nicht in die unterirdische Tiefe eindringender Körper. Die Wirkung des Wassers besteht denn auch mit grösster Unfehlbarkeit darin, durch den Anprall an das vorstehende Buhnenhaupt eine mulden-

förmige Vertiefung um dasselbe herum auszuschwemmen und damit den beschwerten Faschinenwalzen eine Senkung gegen diese Mulde aufzunöthigen. Fig. 31 Phase II zeigt die Situationsansicht dieser Störung und Fig. 32 dasselbe im Querschnitt.

Erinnern wir uns der Forderungen der Normalität eines Flussprofils, in Bezug auf die nach der Mitte zu concav und gleichmässig abfallende Linie, so bietet sich uns im Querschnitt dieser II. Phase (Fig. 32) so ziemlich das exacte Gegentheil dar. Es ist klar, dass die seitliche Vertiefung der Sohle, an einzelnen Stellen, nicht den einzigen Uebelstand im Gefolge dieser Art Wuhrung bildet, sondern ein Extrem ruft jeweilen auch dem andern, und so bildet das einesorts ausgewählte Material, meist in nächster Nähe, eine ebenso unwillkommene Erhöhung, in Form einer Sandbank. Man sucht allen Unzukömmlichkeiten mancherorts dadurch zu begegnen, dass die Sporenköpfe, durch sogenannte Parallelwuhre verbunden, und so in ein zusammenhängendes Ganzes gebracht werden. Es wird damit ohne Zweifel eine grössere Gleichheit in die Strömung, beziehungsweise in die Flusssohle und Uferlinie gebracht, allein die schon in Fig. 26—29 angedeuteten misslichen Umstände werden sich in dieser Bauart eben nicht aus der Welt schaffen lassen und fortbestehen, so lange dieselbe verwendet wird.

Wir haben endlich noch eine Methode der Flussregulirung zu nennen, welche unsers Wissens zuerst in den bairischen Flüssen zur Verwendung gelangt ist, und dort sehr Hervorragendes und Befriedigendes geleistet zu haben scheint. Es besteht dieselbe aus sogenannten Sinkwalzen, von denen wir bei Fig. 26—29 schon gesprochen, welche aber nicht auf feste Unterlage von Faschinenstreu und Pfahlwerk, sondern frei schwimmend, die endlose Uferlinie bilden sollen. Es werden solcher Walzen, je nach Bedürfniss, drei, vier und noch mehr hinter einander aufgeschichtet, so dass die obern die untern, nach Massgabe der fortschreitenden Vertiefung der Flusssohle, immer tiefer hinab drücken. Ist endlich die Ruhe in der Vertiefungsarbeit eingetreten, oder wohl auch schon früher, so wird die Böschung des Ufers, durch Anbringung von Steinbeleg, welchem die Sinkwalzen den Halt zu bieten haben, vollendet. Es ist uns nicht näher bekannt, wesshalb dieses ingenieure Mittel, unregelmässige Flussläufe in geradlinige und gefällgleiche, und zu hoch liegende in tiefer liegende zu verwandeln, nicht allgemeiner zur Anwendung gelangt, und namentlich im obern Rheinthal nicht verwendet zu werden scheint. Wir vermuthen, dass der Grund darin liegt, dass sich auch diese Methode nicht überall in gleicher Weise bewährt, d. h. dass nicht allerorten diejenigen Bedingungen einer gewissen Geradlinigkeit und genügenden Wassermenge u. dgl. vorhanden sind, welche den guten Erfolg bedingen.

Was die thatsächlichen Erfahrungen mit dieser Bauart anbelangt, so sind uns persönlich dieselben unbekannt, und da die Erfahrung

die einzige entscheidende Autorität bildet, so erlauben wir uns auch kein Urtheil über den Werth dieser Methode. Sicher scheint uns, dass dieselbe zur erstmaligen Herstellung neuer Kanäle, und zur Regulirung und Vertiefung alter Flussläufe, hohen Werth hat; ob sie zur definitiven und bleibenden Kanalbildung Widerstandskraft genug besitze, lassen wir dahingestellt. Den Forderungen der Normalität entspricht diese Bauart, wenigstens bei grossen Flussbreiten und grosser Wasserfülle, insofern nicht übel, als die Concavität des Profils, und die verhältnissmässige Glättung desselben, nicht nennenswerth beeinträchtigt wird, wenn die Walzen nicht gegenseitig in Unordnung gerathen oder nicht zerrissen werden.

Nicht als eigentliches Bauwerk, sondern als natürliches Schutzmittel gegen Zerstörung der innern flachen Kanalseite, sofern sie für Aufnahme etwaiger Hochwasser dient, ist noch die Anbringung von Weiden und anderm Buschwerk zu nennen. Es ist bekannt, welchen zähen Widerstand das Gebüsch dem Angriff des Wassers zu leisten im Stande ist, und die Fachwissenschaft hat von dieser Eigenschaft, welche vor Altem schon, durch sorgsame Umsäumung der Flussgebiete durch Buschwerk ihren Ausdruck fand, mannigfachen Gebrauch gemacht. Es ist indessen, bei einer Anwendung solcher Bepflanzung im innern Kanalraum, ein Uebelstand zu verzeichnen, welcher nicht ausser Acht gelassen werden darf, und durch den das wichtige Postulat einer vollständigen Freihaltung des Abflussprofils beeinträchtigt werden kann. So lange diese Vegetation noch jung und unverknorpelt ist, hat sie sehr guten Erfolg, später aber, bei Heranbildung stärkerer und weitverzweigter Stämmchen, wendet sich der Nutzen zum Schaden, indem die durch Hochwasser dahergeschwemmten Gräser und Zweige, in diesen Gebüschern sich verfangen und dadurch Stauursachen entstehen, welche eine wesentliche Gefahr für die Dämme bilden. Es ist also auch dieses Mittel, nur unter der Voraussetzung der sorgfältigsten Instandhaltung und Erneuerung zu empfehlen, wenn die Wurzelstockbildung und Stammbildung nicht mit der Zeit aus einer Wohlthat zu einer Schädigung des Flusses umschlagen soll.

Wir haben damit die hauptsächlichsten, durch die Hydrotechnik bisher gebrauchten Schutzmethoden besprochen, und es erübrigt uns nur noch, einige Erfahrungen aus dem Gebiete dieser Technik als illustrirende Beispiele anzuführen. Es beziehen sich dieselben auf die bei uns so sehr in den Vordergrund gestellten Steinwuhungen, und sind einem offiziellen Bericht an den h. schweiz. Bundesrath entnommen, welcher im Auftrag desselben, gelegentlich der Hochwasser von 1868 im Kt. Graubünden, durch Hrn. Ingr. O. Zschokke abgegeben wurde. Es heisst dort:

„Die Uferschutzbauten des Vorderrheins und seiner Seitenzuflüsse „im sogenannten Oberland hatten eine sehr mannigfaltige Anlage „und Constructionsweise. Oft waren es Streichwuhungen, welche

„das bestehende Ufer decken sollten, oft waren es vollständig continuirte, unter sich in Wechselwirkung stehende Sporensysteme. Bei letzteren finden sich hauptsächlich normal auf den Stromstrich stehende, sehr oft aber auch deklinente (schief gegen die Stromaxe) Spornen vor.

„Die Werke sind und waren durchgehends aus grossen und lagerfesten Steinen erbaut, sehr stark angelegt und zeigten oft Kronenbreiten von 10 bis 20 Fuss. Traversdämme wurden gewöhnlich aus Erde aufgeführt, stromaufwärts und auf der Krone mit kleinen Steinen gepflastert. Die im eigentlichen Fluss erstellten Bauten wurden in der Regel auf sehr starke Kastenröste fundirt, und glaubte man hiedurch dem Werk eine aussergewöhnliche Sicherheit zu verschaffen. Fast überall haben und hatten die Wuhrbauten eine einfüssige Böschung und sind die Steine unter sich in guten Verband gesetzt. In dieser Beziehung zeichnen sich namentlich einige Bauten des Hrn. Oberst Scherrer vortheilhaft aus. Im Allgemeinen, und das Gesagte zusammenfassend, kann daher angenommen werden, dass diese Bauten, mit Rücksicht auf Anlage und Construction, conform jenen Steinwuhrungeu ausgeführt worden sind, welche in allen übrigen Theilen der Schweiz, bei Flussbauten, gewöhnlich in Anwendung kommen. Es ist jedoch hiebei ausdrücklich zu bemerken, dass die Dimensionen des Querprofils sehr oft bei weitem stärker waren und sind, als bei jenen.

„Die Situationsdisposition der betreffenden Werke war nur in den meisten Fällen nicht glücklich gewählt. Theilweise waren sie mehr auf einen vorübergehenden Erfolg berechnet; theilweise dafür, dem Nachbar zu- und von sich abzuwenden, theilweise, und das war wohl der hauptsächlichste Grund, lag den Bauten kein durchdachter, grundsätzlicher und durchgehender Korrekptionsplan zu Grunde. In dieser Beschaffenheit und Lage trafen die Gewässer vom September und October 1868 die Ufer des Vorderrheins im Bündtnerland.

„Mit fast unwiderstehlicher Gewalt, wurde der grössere Theil der Wuhrungeu zerstört, und in zahlreichen Fällen gänzlich fortgeschwemmt. Wir haben Punkte gefunden, wo, nach übereinstimmenden Erhebungen, Werke solidester Konstruktion bestanden haben sollen, von denen keine Spur mehr bemerkbar war. Die wenigen Werke welche dem Wasser Widerstand zu leisten vermochten, d. h. erhalten blieben, verdanken ihre Rettung weniger ihrer Solidität, als ganz lokalen und zufälligen Ursachen. Hiezu gehört, dass der Strom z. B. anderwärts ausbrach, und in Folge dessen der Angriff auf das Werk aufhörte oder geschwächt wurde. Interessant ist hier die fast allgemein sich geltend machende Erscheinung, welche beinahe als Regel angenommen werden kann, dass je stärker das Werk war, desto gründlicher und unwiderruflicher seine Zerstörung und Zertrümmerung durch den Strom.

„Mit andern Worten:

„Je grösser, d. h. je concentrirter der Widerstand war,

„den man dem Strom durch Wuhrunen entgegen setzte,
 „desto mächtiger wurde der Angriff desselben und desto
 „sicherer auch der Untergang des Werks.

„Die Art und Weise, wie die Zerstörung sich vollzog, muss
 „nach dem Aufschluss, den die verbliebenen Ruinen geben, und nach
 „den Erzählungen von Augenzeugen, ungefähr folgende gewesen sein.

„Entweder

„1. Das Werk wurde unterspült. Wenn diese Operation bis zu
 „einem gewissen Grad gelangt war, wurde sie durch die Construction
 „der sogenannten Kastenröste noch befördert. Es erfolgte der Einsturz
 „der Fundamente und das Zusammenbrechen der einfüssigen steilen
 „Böschungen, worauf die gänzliche Wegschwemmung in den meisten
 „Fällen rasch erfolgte.

„Oder

„2. Die Dämme, namentlich Traversen und Sporen wurden über-
 „fluthet, an der Krone angegriffen und zugleich an der Rückseite in
 „Abbruch versetzt, sodann durchbrochen und fortgespült.

„Oder endlich

„3. Das Bauwerk wurde durch Baumstämme und Felsblöcke,
 „welche die Fluten mit sich führten, so gewaltsam gedrängt und be-
 „schädigt, dass es im eigentlichen Sinn des Wortes umgestürzt und
 „zertrümmert wurde.

„An diese Erscheinungen knüpfen sich Wahrnehmungen von
 „weit tragendem Interesse.

„Es ist nämlich, vieler Orten am Rhein, die contrastirende Beob-
 „achtung gemacht worden, dass während in vorbeschriebener
 „Weise starke Uferschutzbauten mit einfüssigen Böschungen
 „total zerstört wurden, dagegen künstlich nicht geschützte,
 „aber **ganz flache** Uferböschungen, welche ihrer Lage nach
 „der ganz gleichen verwüstenden Wirkung des Wassers
 „ausgesetzt gewesen sein mussten, glücklich jeder Zer-
 „störung widerstanden haben.

„Wenn diese flachen Uferböschungen mit einem entsprechenden
 „Rasen oder auch biegsamen Erlen und Weiden bewachsen waren,
 „zeigte sich der von daher rührende wirksame Uferschutz noch bei
 „weitem auffallender. Ich habe mehrfach beobachtet, dass, in un-
 „mittelbarer Nähe zerstörter Werke, flache Uferböschungen, deren
 „Fuss theils ganz unbeschützt, theils mit grössern Geröllsteinen be-
 „deckt war, vollständig unversehrt aus dem mächtigen Angriff der
 „Gewässer hervorgegangen sind. Die Natur zeigt also auch hier
 „wieder die Art und Weise der Wirkung ihrer Kräfte, und zugleich
 „die Mittel, denselben, wo es nöthig wird, wirksam entgegenzutreten.
 „Während nämlich die einfüssigen starken Steinböschungen keinem
 „ernsten und erheblichen Angriff des Wassers zu widerstehen ver-
 „mochten, und in der einen oder andern Weise zum Sturz gebracht
 „wurden, widerstand schon die 3- und 4füssige Böschung, wenn sie

„beziehungsweise durch einen Pflanzenwuchs gedeckt, und der Fuss
„nur einigermassen geschützt war.

„Diese der Wirklichkeit entnommene Thatsache stimmt natürlich
„vollkommen mit dem längst bekannten Erfahrungssatz und der dem-
„selben abgeleiteten Theorie der flachen Uferbauten überein.

„Das Wasser findet bei wenig steilen Böschungen nur geringe
„Angriffspunkte und beim Steigen eine entsprechende seitliche Profil-
„erweiterung und kommt daher nicht in die Lage, Hindernisse, welche
„sich seiner Richtung und seinem nothwendigen Quer-Durchflussprofil
„gewaltsam entgegenstellen, zu beseitigen.

„Die flache Uferböschung wird daher, in den meisten Fällen
„unversehrt aus einem Hochwasser hervorgehen, wenn der Fuss der-
„selben gegen Unterspülung, und die Fläche gegen Abspülung, hin-
„länglich gesichert ist.

„In den gemachten Wahrnehmungen kann für künftige Wührungen
„des Vorder-Rhein eine Anregung für die Anwendung der flachen
„Böschungen liegen, welche wahrscheinlich in vielen Fällen auch für
„andere schweizerische Flüsse von starkem und mässigem Gefäll von
„Erfolg sein dürfte.“

Aus allen diesen Ausführungen geht des evidentesten die volle
Uebereinstimmung der Erfahrung mit unsern oben genannten Postulaten
der Normalität in Bezug auf folgende Punkte hervor.

1. Dass nicht die Massivität der Widerstandswerke oder des
Baumaterials ausschlaggebend für den Erfolg und für die Dauer-
haftigkeit ist, sondern die geometrische Form des Profils, und zwar
die möglichst flache Böschung des Ufers.

2. Dass bei allen Sicherungsmethoden, die weitaus schwierigste
Frage die Unangreifbarkeit des Böschungsfusses ist, weil von diesem
Punkt die Solidität des ganzen übrigen Werkes in absoluter Weise
abhängig ist.

3. Es ergibt sich aus dem Angeführten ferner, dass je steiler
die Wandung des Flusses, gleichviel von welcher Bauart, desto
stärker der Angriff des Wassers sein muss, und desto schwieriger,
dem Werke genügende Widerstandskraft zu geben. Mit andern
Worten: Uferbauten, welche dem Fluss steile Böschung zukehren,
bieten nicht nur geringe Garantie, sondern sind schädlicher als un-
versicherte natürliche, aber flache Ufer.

Was die thatsächlichen Erfahrungen mit den Faschinensystemen
anbelangt, so stehen uns offizielle Berichterstattungen über solche
nicht zu Gebot, allein wir glauben nicht zu irren, wenn wir nach
den wenigen, von uns selbst gemachten Beobachtungen den Schluss
ziehen, dass dieselben im Ganzen doch ebenso viel zu wünschen
übrig lassen, wie diejenigen von hartem Material.

Correctionen, wie sie an der Töss vorgenommen wurden, sollten,
angesichts der darauf verwendeten Kosten, doch unbedingt nicht
schon nach wenigen Monaten Wuhrbrüche u. dgl. in die Chronik

ihrer Geschichte zu verzeichnen gehabt haben; was — trotz Bewährung des befolgten Systems, bei bisherigen Hochwassern — die Zukunft anbelangt, so müssten wir uns selbst widersprechen, wenn wir die vielen vorhandenen Sandbänke (und die damit stets verbundenen Uferunterspülungen) nicht als die bedenklichsten Anfangssymptome und Beweise eines chronischen und progressiver Entwicklung unterworfenen Uebels bezeichnen wollten. Auch die an der Ergolz beliebten Schutzbaumethoden ähnlicher Art stehen so weit ab von der eigentlichen Normalität einer Uferversicherung, dass die so überaus kurze Dauer der Wuhungen ganz begreiflich erscheint. An der Birs haben wir seit ca. 14 Jahren, an den gleichen Stellen solchen Faschinenbaues, schon die dritt- und viertmalige Wiederherstellung zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Indem wir hiemit das Kapitel der „Flussverbauungen nach bisherigen Methoden“ schliessen, glauben wir, zu dem von uns vorgeschlagenen System um so eher übergehen zu dürfen, als uns die Schwächen des Bisherigen einigermaßen die Augen geschärft haben dürften, für dasjenige, was von dem Neuen und Bessereinsollenden gefordert werden kann und muss. Eine Berechtigung zu etwas Neuem, liegt aber auch unbestreitbar in der alljährlich und vielfältig durch die Erfahrung empfundenen und bestätigten Unvollkommenheit des Bestehenden, welche in Abrede zu stellen Niemandem einfallen wird.

4. Flussverbauung nach neuer Methode.

Die theoretische Grundbedingung für das normalste Flussleitungsprofil ist, wie schon oben im Abschnitt der Normalität ausgesprochen wurde, die flache concave Schaale, deren Breite allen Wasserständen hinlängliche und freie Ausbreitungsgrenzen bietet.

An diese theoretische Formfrage schliessen sich nun aber die practisch technischen Normalitätserfordernisse der Baumittel an, und diese lauten dahin, dass diese Baukörper:

1. jene Profilform zu bilden resp. zuzulassen gestatten,
2. dass dieselben die Lichtweite dieses Profils in keiner Weise beeinträchtigen,
3. dass sie unangreifbar, beziehungsweise durch das Wasser und dessen Strömung nicht können aus ihrer Lage gerückt werden, also durchaus widerstandsfähig seien,
4. dass die Beschaffung dieser Baumaterialien und die Ausführung der Arbeit leicht möglich und nicht zu kostspielig sei.

Nachdem wir droben im Erosionsgebiet schon hinlänglich Veranlassung hatten, die ausserordentliche Kraft und allseitige Zweckdienlichkeit des versenkten Pfahls hervorzuheben, wüssten wir keinen triftigen Grund, an der Verwendbarkeit dieses so einfachen Mittels, im Tiefland, zweifeln zu sollen.

Die Aufgabe des Pfahlwerks im wilden und steilen Erosionsgebiet, als Schutzmittel der convexen Geröllkegel, wird, als Sicherungs-

mittel einer concaven Schaale, unter geringerem Gefäll, sicherlich keine grössere und schwierigere sein, und sie ist es auch wirklich nicht.

Dass der Pfahl das weitaus widerstandsfähigste Mittel, gegen Senkung sowohl, als gegen Aufwühlung darbietet, das sagen nicht wir, sondern das sagt die Hydrotechnik selbst, und die tausendjährige Erfahrung der ganzen Wasserbaukunst. Brückenpfeiler und Brückenköpfe, Stauwehren und Aehnliches werden, seit uralter Zeit, nicht auf blosses Mauerwerk, sondern auf Palissadenunterbau gestellt. Da das Schwache gewöhnlich nicht zum Träger des Starken bestimmt wird, sondern umgekehrt, so ist es klar, dass mit Bezug auf Wasserströmung nicht dem Stein, sondern dem Holz die erste Stelle gebührt. Die grosse Widerstandskraft des Pfahls, gegenüber der heftigsten und wildesten Strömung, ist so zweifellos, dass für Jeden, der die Augen nicht verschliessen will, die Entscheidung zwischen ihm und dem Stein längst zu Gunsten des Erstern entschieden worden ist. Wie wir vernehmen, haben auch die Einbrüche der gewaltigen Meereswogen in die holländische Küste, welche bisher durch Colossalquadern vergeblich abzuwehren versucht worden sind, durch Anwendung der Palissade, ein glänzendes Zeugniß für die Kraft derselben abgelegt.

Mehr als auffallend ist nun jedenfalls, dass, bei der Anerkennung, welche einerseits die Fachwissenschaft diesem Baumittel zollt, sie anderseits doch keinen ausgedehnteren Gebrauch davon machen will, und dass sie namentlich dort, wo erwiesenermassen alle anderen Mittel sich als unzulänglich erwiesen haben, nicht endlich zu diesem greift. Wir vermögen uns über diese verwunderliche Thatsache keine Rechenschaft zu geben, und müssen annehmen, dass Leute welche ihr Wissen durch die Tradition eines schulgerechten Studienganges erworben haben, sich mit Vorliebe und etwelcher theoretischer Befangenheit an das einmal Ueberkommene halten, während die auf dem freien Feld rein empirischer Erfahrung herumlaufenden Geister den Dingen ohne jedes Vorurtheil, daneben freilich auch ohne die Vortheile der Theorie gegenüberstehen.

Die Widerstandskraft des Pfahles ist, genau besehen, eine sehr erklärliche. Er bietet dem Wasser beinahe gar keine Angriffsfläche dar, und während der Wuhrstein seine ganze Oberfläche dem Strom entgegenhält und gleichsam nur durch sein Gewicht wirkt, verbirgt der Pfahl die vollen 90 oder 100 % seines ganzen Körpers in der vom Wasser unerreichbaren Tiefe des Bodens. Der Pfahl hängt ferner nicht von der Unbeweglichkeit seiner Umgebung ab, wie der in der Mauer steckende oder als Stützpunkt dienende Fundamentstein; er steht für sich selbst fest, und nimmt doch keinen Raum ein. Durch die gegenseitige Pressung des Bodens verdichtet er denselben, während die Legung von Faschinen und Steinfundamenten immer eine gewisse schädliche Lockerung des Untergrundes mit sich bringt. Die schachbrettartige Auspählung des Flussbettes

gestattet die Verwendung aller nur irgendwie zur Verfügung stehenden Kiesel und Steine als Füllung, da sie schwer aus der Verkeilung der Pfähle herausgerissen werden können. Der Pfahl ist auch endlich so leicht und prompt zu beschaffen, dass er auch von dieser Seite, zumal er in fast jeder beliebigen Grösse und Stärke zu verwenden ist, kein wesentliches Hinderniss bieten kann. Wenn trotz allen diesen Eigenschaften, welche unseres Erachtens sämmtlichen von der Normalität geforderten Bedingungen entsprechen, die Pfahlmethode auch nicht versuchsweise von der Fachwissenschaft verwendet werden mag, so wäre es mindestens sehr interessant, die negativen Gründe mit der gleichen Bestimmtheit dargelegt zu finden, wie wir es im Bisherigen in positiver Richtung gethan haben.

Die Anwendungsart unserer Pfählungsmethode ergibt sich am besten, wenn wir bestimmte Arbeitsobjecte uns denken.

Handelt es sich beispielsweise um die Wiederherstellung eines, durch Hochwasser abgepöhlten und ausgefressenen Ufers, etwa mit Dambruch, also um Flickarbeit, und nicht um Schaffung eines neuen Kanals, so wird vor der gebrochenen Uferlinie, im entsprechenden Höhen-Niveau, eine Pfahlreihe errichtet, und vom Hinterlande aus, rechtwinklig auf diese Linie, eine Anzahl anderer Pfahlreihen in der Weise aufgestellt, dass deren Schnittfläche die staffelartig gegen den Fluss abfallende Bogenlinie einer leichten Curve bildet (siehe Taf. 16). Der innerhalb dieser Pfahlquadrate befindliche Raum wird, nach Maassgabe der vom Fluss durch Anschwemmung und Verlandung bewirkten Auffüllung, durch Anlegung weiterer Pfahllinien hinter der Wuhrlinie nach und nach oder sofort gefüllt, bis von der Wasserlinie aus der Anschluss an das Hinterland vollzogen und die Schalenform hergestellt ist. Können die Zwischenräume der Pfähle mit passenden Steinen oder Kieseln ausgekeilt oder auch nur ausgefüllt werden, desto besser. Möglicherweise wird es nöthig sein, vor der ersten Pfahlreihe, an der Wasserlinie, eine oder mehrere andere, entsprechend tiefer stehende Reihen anzubringen, wohl auch die ganze Flussbreite in solcher Weise vor Vertiefung und Auskolkung zu sichern.

Liegt der Fall vor, dass die Flusssohle oder die Uferlinie so grosse Vertiefungen hat, dass sie zur Auffüllung in einem Akt zu grosse Pfähle erfordern würde, so kann diese Pfählung in zweimaligem Tempo vorgenommen werden, und handelt es sich um Abtiefung zu hoher Sohlenstellen, so muss strichweise die Normirung des richtigen Niveaus, durch Oeffnung und Bepfählung eines Einschnittes erfolgen, um so successive den ganzen Fluss in das gewünschte Profil zu bringen. Siehe Taf. 17.

Bei Schaffung neuer Kanäle oder Kanalstrecken, welches gewöhnlich durch Aushebung eines kleinen Leitgrabens eingeleitet wird, in welchem das successive zugeleitete Wasser die Abschwemmung zu besorgen hat, tritt der Pfahl als definitiver Sohlenschutz

sofort in Function und schreitet nach links und rechts, nach Maassgabe der erfolgten Abschwemmung, bis zur hintersten Ufer- oder Dammhöhe fort. Taf. 18.

Wir setzen endlich den schwierigen Fall, es soll ein reissender Fluss mit starkem Gefäll, nach Richtung und Profil, normal regulirt werden, so würden wir zwar die etwa vorhandene Steinwuhrung insofern benützen, dass wir das Material in einem Winkel von ca. 15 bis 25° (3 à 4füssige Böschung) wieder anlegen, aber mittelst entsprechenden Pfählen festklammern würden. Bei dieser Anordnung würde fürs Erste die Wirkung des Stromes auf das Ufer überhaupt gemindert und zugleich dem Stein ein Halt gegeben, wie kein noch so tief in das Geröll gelegtes Steinfundament es zu geben vermag.

Die Pfählung hat eine Aufgabe in vortrefflicher Weise auch da zu erfüllen, wo von einem Umbau oder von einer Aenderung aus diesem oder jenem Grund will Umgang genommen werden, dadurch nämlich dass damit die äussere und innere Dammseite, die Dammkrone (Taf. 17 Normalprofil) und die Berme um ein bedeutendes Maass widerstandsfähiger gemacht werden kann, ohne der Berasung und Bepflanzung wesentlich hinderlich zu sein. Nicht nur werden damit die oft so gefährlichen Maulwurfgänge und Löcher fast unmöglich gemacht, sondern es wird das, am Ende immer ins Grobe wachsende und das Profil beeinträchtigende Strauchwerk, entbehrlich. Es hat diese Befestigungsart auch den gewaltigen Vorzug vor letzterm, dass dieselbe nicht auf jahrelanges Heranwachsen und schliessliches Ausarten angewiesen ist, sondern sofort und mit geringsten Kosten fertig erstellt werden kann. Tritt kurze Zeit nach Bepflanzung der Berme durch junge Pflänzlein Hochwasser ein, so hat die ganze Arbeit vergeblich stattgefunden. Der Pfahl kann die Feuer- taufe des Hochwassers schon die erste Minute seiner Existenz gestrotzt in Empfang nehmen.

Wir haben also gesehen, dass die Pfahlmethode als solche, an und für sich, eine Menge der vorzüglichsten Eigenschaften aufweist, im Verein aber mit der richtigen Profilform eine Garantie der Solidität und des Erfolges darbietet, wie sie nicht grösser gewünscht und von keiner andern Baumethode erreicht werden kann.

Es bleibt uns übrig auf ein Erforderniss der möglichst vollkommenen Wasserbautechnik des Abflussgebietes, auf welches wir oben hingedeutet haben, zurückzukommen. Es beschlägt die Ablagerungsmöglichkeit der aus den Erosionsquellen oder durch Uferstörungen in das Tiefland herabgelangenden Geschiebe.

Die beste Reinigungsgelegenheit für die geschiebeführenden Flüsse sind die Seen, allein es finden sich nicht überall solche, wohl aus dem einfachen Grunde, weil die dagewesenen, bereits durch die Erosion längst ausgefüllt und in Festland verwandelt worden sind; anderseits liegen die Seen, auch wo sie noch für

einige Zeit vorhanden sind, so fern ab, dass sich das Ablagerungsbedürfniss schon lange vorher geltend gemacht hat.

In der etwas blinden und einseitigen Consequenz, mit welcher die sogenannte Regulirung der Flüsse im jüngsten Säculum vollzogen wurde, hat man sozusagen nur den etwas habgierigen Standpunkt der landwirthschaftlichen Interessen im Auge gehabt, und hat den Flüssen die Kulturjacke so nahe auf den Leib geschnitten, dass es kaum zu wundern ist, wenn bisweilen die Nähte krachen und sogar reissen. Mit der schnellen Beförderung und Einengung des Wassers ist wohl sehr Vieles, aber doch nicht Alles gethan, besonders dann nicht, wenn man nicht im Stande war, den Fluss vorher vor jedem Geschiebezufluss sicher zu stellen.

So lange dies nicht der Fall ist, kann man ungestraft diesen Factor nicht ausser der Rechnung lassen, denn er stört nothwendigerweise jede andere Voraussetzung.

Je grösser die Entfernung ist, auf welche der Geschiebetransport zu ergehen hat, desto schwieriger gestaltet sich derselbe, denn zur Vermehrung desselben durch die eventuellen Seitenflüsse, gesellt sich noch der schlimme Umstand der Gefällsabnahme.

Wir erachten es daher als eine Versäumniß oder eine Naturwidrigkeit der Hydrotechnik, wenn nirgends in der ganzen Länge des Flusslaufes die Möglichkeit einer Geschiebeausscheidung ins Auge gefasst wird, während doch früher nicht nur einzelne, sondern sehr viele solcher Gelegenheiten zur Verfügung stunden und auch sorgfältig respectirt wurden.

Es liessen sich ohne Zweifel, ohne nennenswerthe Beeinträchtigung der Kulturinteressen, an jedem Fluss Stellen finden, welche zur Abladung der Gerölle nicht blos geeignet, sondern auch ohne Gefahr für die Umgebung dazu umgeschaffen werden könnten.

Die Bedingungen einer erfolgreichen Ablagerung, bestehen einerseits in einer grössern Tiefe des Flussbettes und anderseits in einer viel grösseren Breite desselben. Die dadurch bewirkte Verlangsamung der Strömung ermöglicht den Niederschlag der schweren Stoffe und das Stehenbleiben der leichtern, wie Holz- und Strauchwerk u. dgl. Stünde ein fast unbegrenzter Raum zu dieser Operation zur Verfügung, so könnte sie mehr oder weniger sich selbst überlassen werden. Ist dies aber nicht der Fall wie es meist geschieht, so muss derselbe durch systematische Theilung und Behinderung des Wassers künstlich ausgenützt werden, welches wiederum am besten durch Pfähle geschieht, zwischen denen sich das Wasser gleichmässig zu zertheilen und zu beruhigen hat. Bezüglich der Sicherheit der Umgegend darf ein solcher Ablagerungsraum natürlich nicht über, sondern muss unter dem Niveau derselben liegen, und die Benützungsmöglichkeit für eine längere Zeit gewähren.

Der Haupteinwurf, welchen wir gegen diese ganze Einrichtung eines oder mehrerer Ablagerungsbecken zu erwarten haben, wird

ohne Zweifel nicht die Idee selbst treffen, sondern die Frage des Vorhandenseins solcher Stellen, und dies ist Sache der speziellen Untersuchung. Es wird sich dabei namentlich fragen, welcher Werth solcher Ausscheidung der Geschiebe, im Vergleich zu einem eventuellen Expropriationskosten beigemessen wird, beziehungsweise ob das Risiko der Hochwasserschäden lieber getragen wird, als dasjenige der Herrichtungskosten einer Ablagerungsstelle. Ganz die gleiche Frage besteht bezüglich der so wünschenswerthen Verflachung der Ufer und daheriger Inanspruchnahme grösseren Raumes für den Flusskörper.

Der Vortheil oder die Nothwendigkeit flacher Ufer, welche im Bericht des Hrn. Zschokke von 1868 in so plastischer Handgreiflichkeit bestätigt, und dort als ein in der Theorie längst anerkannter Lehrsatz bezeichnet wird, ist so überaus gewichtig, dass man sich nur wundern kann, dass so viele, auch neue und neueste Uferbauten diese Wahrheit und Wichtigkeit so ganz zu ignoriren scheinen. Oeconomische Interessen, Eigenthumsbedenken und örtliche Schwierigkeiten können desshalb nicht die Ursache davon sein, weil in vielen Fällen alle diese Punkte gar nicht in Frage stehen, und dennoch die steile Böschung angewendet wird. Wir denken desshalb, uns den Grund dieser Thatsache dadurch erklären zu sollen, dass die in Gebrauch stehenden Baumethoden und Baumittel den sehr flachen Ufern als nicht sehr günstig angesehen werden, beziehungsweise dazu sich wenig eignen.

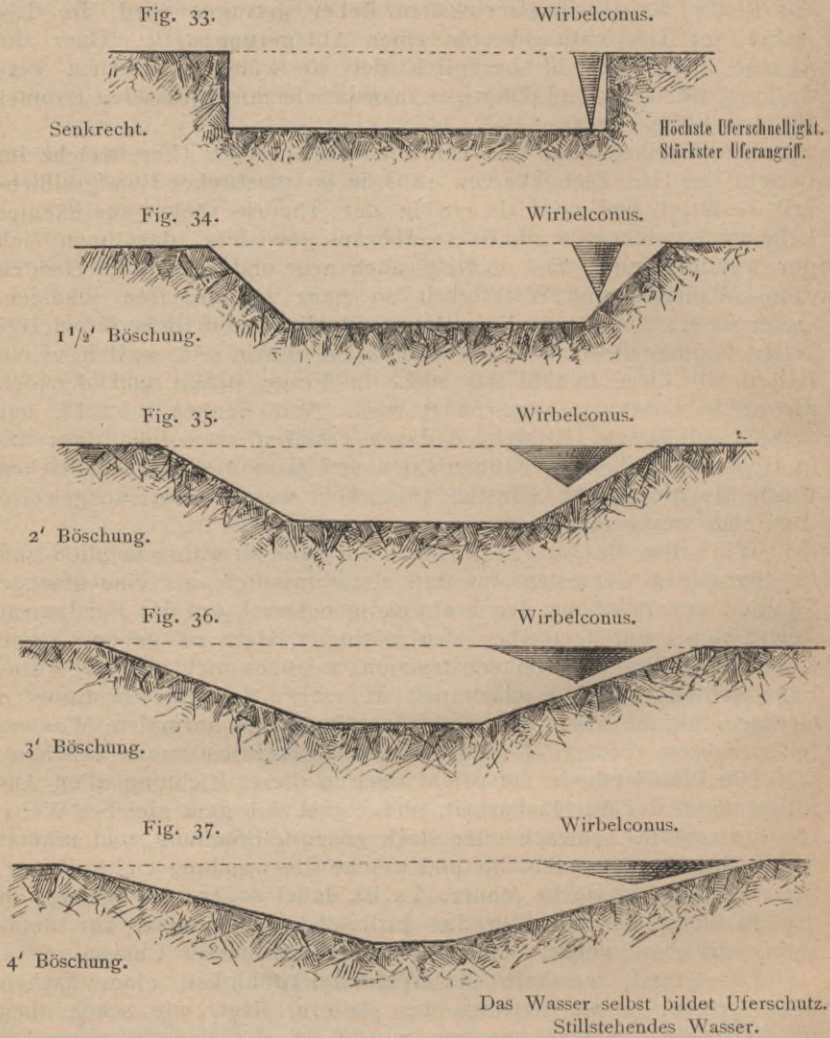
Wir halten dies für Faschinenbau ebenfalls für wahrscheinlich, und für Steinbeleg wenigstens insofern etwas misslich, als eine gewisse Steilheit der Böschung den nothwendigen Druck auf das Fundament liefern muss, um demselben den nöthigen Halt zu geben. Ohne Zweifel hat hier die Steinconstruction, wenn es nicht auf eine förmliche Sohlen- und Uferpflasterung abgesehen ist, ihre bestimmten Grenzen, welche aber eben mit dem, was das normalste Wasserleitungsgesetz theoretisch fordert, nicht übereinzustimmen scheinen.

Die Pfahlmethode entspricht auch in dieser Richtung allen Anforderungen der Ausführbarkeit, und eignet sich ganz gleicher Weise für horizontale, schwach oder stark geneigte Böschung, und schützt sogar eine absolut senkrechte und weiche Uferwandung viel kräftiger, als eine noch so starke Mauer. Es ist dabei sogar gleichgültig, ob die Pfählung horizontal in das Erdreich oder vertical vor demselben errichtet werde. Siehe Taf. 18 Schutz starker Curven.

Der Grund, wesshalb die Widerstandsfähigkeit eines flachen Ufers grösser ist als diejenige des steilern, liegt, wie schon oben im Vorübergehen ausgesprochen wurde, in der Verminderung der Pression durch die Stauung und Klemmung des Wassers. Wird dieses letztere nicht gepresst, wie es in steiler Wandung geschehen muss, so wird auch die Unterlage nicht gepresst und das Wasser gleitet ruhig darüber hin. Neben der Verminderung des mecha-

nischen Druckes tritt dann auch noch die Verminderung der Schnelligkeit an der flachen Uferlinie hinzu, denn diese Schnelligkeit ist ein Product des Druckes und des Gefälles. Nicht nur wird die Strömung,

Kanal-Profile mit Bezug auf Ufersicherheit.



in der Mittellinie des Flusses, gegen die Ufer um so mehr abnehmen, je flacher dieselben sind, sondern es geht dieselbe dort sogar in eine ganz stille Wasserzone und dann noch weiter in eine momentan

rückläufige Bewegung über. Es tritt hiebei die sonderbare aber evidentere Erscheinung ein, dass das Wasser selbst die Rolle des Uferschutzes versieht, dadurch, dass es seinerseits vom stillen Ufer aus den Gegendruck gegen die mittlere Strömung ausübt.

Die Form der Wasserwirbel, wie sie sich bei den verschiedenen Neigungswinkeln der Böschung auch dem Auge darstellen, mag aus den Fig. 33—37 ersehen werden.

Die Grenzlinie für die Verflachungsmöglichkeit eines Profils, wird ohne Zweifel hauptsächlich durch die Geschiebeverhältnisse jedes Flusses am stärksten influencirt erscheinen; die Ruhe der seitlichen Strömung hat natürlich eine erleichterte Ablagerung der schweren Stoffe zur Folge. Es besteht dabei allerdings insofern eine Selbstcorrectur, als naturgemäss die schwersten Theile des Geschiebes nicht in die stille Wasserzone gelangen können, sondern vorher, also in der Nähe der Mittellinie sitzen bleiben, oder von dieser überhaupt weiter geführt werden. Es wird somit eine derartige Ablagerung stattfinden, dass deren spezifisches Gewicht, nach dem Ufer hin, beständig abnimmt, sodass dort nur der feinste Schlamm abgesetzt wird, in umgekehrter Weise wie der Mühlbeutel seinen gröbern und feinern Inhalt entleert. Ein grosses Bedenken besteht also hierbei gegen die Verflachung des Ufers nicht, so lange auf die Natur des Geschiebes die geeignete Rücksicht genommen und die äusseren Curvenlinien entsprechend modificirt werden.

Zum Titelblatt.

Wenn man von Arth aus, auf der zwischen dem See und dem Bergabhang sich hinziehenden Landstrasse nach Walchwyl und Zug, die alten Ueberreste der Letzimauer passirt hat, über die einst der Pfeilschuss die Warnung an die Eidgenossen: „Hütet euch am Morgarten am Cyrillustag!“ getragen hatte (durch ein dort stehendes Monument verewigt) — so gelangt man in Kurzem an eine Stelle, wo der Berg, vom Ufer sich zurückbiegend, eine stille und trauliche Nische bildet. Auf dem freien, sanft abfallenden Raum, der dort von waldigen Abhängen und obstreichen Hügeln gegen Norden umschlossen und im Süden vom See begrenzt ist, haben sich, vorsichtig in die beiden Winkel des Dreiecks zurückgelehnt, zwei schöne Bauernhöfe mit ihren freundlichen Gärten und Dependenzen angesiedelt, während in der Mitte zwischen beiden keck und getrost ein kleines Kirchlein sein Thürmlein gegen den Himmel erhebt.

Das Ganze stellt sich fast wie das innerste trauliche Kämmerlein des schönen schweizerischen Vaterlandes dar, eine idyllische Miniaturwelt, scheinbar mit allen Erfordernissen eines glücklichen bäuerlichen Daseins ausgestattet. Die vom See bespülte Basis des kleinen Deltas wird wenig mehr als 300 Meter und die Tiefe oder Höhe desselben bis zur Ausmündung der Schlucht in der obern Ecke mag ungefähr die gleiche Länge haben.

Wer sollte es glauben, dass auch dieser friedliche und liebliche Ort schon oft der Schauplatz der schauerlichsten Verwüstung, des Todes und des Schreckens gewesen ist, und dass der hier durchfliessende Wildbach oft so zu toben und zu donnern versteht, dass von dem Sturmgeläute des Kirchleins in dem daneben liegenden Gehöfte auch nicht der leiseste Ton gehört wird!

In den massenhaften, wild aufgethürmten Felsblöcken, deren einige bis zu ca. 40 m³ Inhalt haben, sind die Zeugen und Ergebnisse der letzten, am 26. August 1880 stattgefundenen Katastrophe,

welcher drei erwachsene Kinder des nahen Hofes zum Opfer fielen — niedergelegt.

Der Bach tritt, wie auf dem Bilde oben ersichtlich ist, von der linken Seite (Nordost-Südwest) aus der Schlucht hervor, nimmt alsdann, in scharfer Wendung, die fast umgekehrte Richtung von Südwest nach Nordost, um nach wenigen hundert Metern sich, unter der schon oft zerstörten Brücke durch, in den See zu stürzen.*)

Der Ausbruch von 1880, welcher, besonders dem linksseitig (in Natura rechts vom Fluss) gelegenen Hof, Tod und Verderben brachte, geschah in der Weise, dass der erste und wahrscheinlich gewaltigste Stoss das schwere Gerölle — wie es nicht anders zu gehen pflegt — nur bis zur Ausmündung der Schlucht brachte, dort dasselbe in gerader Richtung vorschob und seitwärts liegen liess.

Dieser starke Wall (die Bachseite rechter Hand des Beschauers) einmal festgekeilt, weil das Wasser seitlich entweichen konnte, lenkte dann den ganzen Strom auf die entgegengesetzte linke Seite, wodurch jenes Ufer durchbrochen und der geradlinige Abfluss nach dem See theilweise verlassen, oder ebenfalls mit Geröll angefüllt wurde.

Es ist wohl eine, unseres Erachtens, noch zu wenig in Anschlag genommene Thatsache, die beinahe typisch hier abermals bestätigt wird, dass beim Ausbruch der Wildbäche meistens die erste Geröllablagereung, der erste trockene Choc, von entscheidender Bedeutung für die Ausbruchfrage überhaupt und für die Ausbruchstelle im Besondern ist, und es ergibt sich daraus, wie früher schon nachgewiesen, die hohe Wichtigkeit, die Wahl dieser Stelle nicht dem Zufall zu überlassen, sondern dieselbe in Uebereinstimmung mit den Naturgesetzen selbst zu bestimmen und vorzubereiten.

Bei der geringen Ausdehnung des ganzen Dreiecks, welches hier als Ablagerungskegel dieses Wildbaches zur Verfügung stehen würde, und bei der Nähe des Sees, welcher eine unbegrenzte Absorbirungskraft für das Geschiebe darzubieten scheint, wäre es in diesem Fall ganz unthunlich und überflüssig, die von uns oben, pag. 49 besprochene Reserve-Sicherung, durch Anbringung eines Ablagerungskegels, anzuwenden, da der See diesem Zweck ebenso gut dienen kann. Dagegen würde es um so wünschenswerther sein, dass zwischen den Kantonen Schwyz und Zug, deren Grenzscheide dieser Bach hier bildet, das Uebereinkommen für eine geradlinige Ausleitung des Baches möglichst bald getroffen werden könnte, damit die Ausbruchgefahr wenigstens nicht unmittelbar an der werthvollsten Stelle des ganzen Geländes fortzubestehen habe.

Mit jener Geradlinigkeit wäre freilich eine Heilung des Uebels noch lange nicht angebahnt, noch viel weniger vollzogen, was wir

*) Die grössten Blöcke konnten leider, aus sachlichen Gründen der Aufnahme, nicht zur Darstellung auf diesem Bilde gebracht werden, wie auch die, den Ausbruch veranlassende erste Materialstauung, nicht übersichtlich gemacht werden konnte.

hier, im Anschluss an schon Gesagtes, nochmals hervorheben möchten. Durch raschere und leichtere Beförderung des Gerölles wäre im Gegentheile eine um so schleunigere Vertiefung der Schlucht, und damit eine Verschlimmerung der Sachlage zu erwarten.

Die ungeheuren Blöcke, mit welchen das Bachbett bis in die höhern Regionen hinauf stellenweise angefüllt ist, und durch welche die Böschungen angegriffen und eine Vertiefung und Verwilderung der Schlucht bewirkt wird, bilden ohne Zweifel für die bisherige Praxis der Runsenverbauung eine ganz hervorragende Einladung zum Thalsperrenbau.

Da das Vorhandensein einer felsigen Unterlage an den meisten Stellen mehr als zweifelhaft sein dürfte, die Arbeit überhaupt äusserst kostspielig und wahrscheinlich dennoch von ungenügendem Erfolg wäre, so würde nach unserer Meinung hier, wie für solche Fälle schon oben angeführt, die Benützung des groben Materials in liegenden Schichten, anstatt in aufrechter Mauerung viel einfacher, billiger und besser zum Ziele führen.

Jede einzelne dieser Schichten würde zwar kein bedeutendes Verlandungsmaterial aufzuhalten vermögen, dagegen wäre die Zahl solcher Sammelstellen eine viel grössere, die Sohlenverbreiterung eine mehr durchgehende, und die Abtreibung von Blöcken, welche ebenso sehr durch die Erschütterung, und durch den gegenseitigen Stoss, als durch das Wasser bewirkt wird, — wäre so viel wie ganz ausgeschlossen.

Es lag uns daran, die baulichen Grundsätze, welche wir in dieser Schrift entwickelt haben, auch Angesichts solcher Wildbäche zu erwägen, welche uns bis dahin nur oberflächlich oder gar nicht bekannt gewesen sind, und zugleich wieder einmal Einsicht zu nehmen von dem, was durch die bisherige Baumethode da und dort erzielt worden ist.

Ausser dem oben genannten gehören dazu der berühmte Eybach in Lungern, der Lauibach bei Obsee-Lungern, die beiden Bäche bei Beckenried, die kleine Schliere, der Lambbach und Schwanderbach bei Brienz, und der Gangbach bei Schattdorf.

Als gleichmässige Beobachtung haben wir überall, und zwar bei den verbauten wie bei den unverbauten Wildbächen, einerseits grossartige Anbrüche und Rutschungsgefahren, und anderseits sehr starke Geschiebmassen in den Ableitungscanälen constatirt. So lange diese beiden charakteristischen Grundursachen und Eigenschaften des Wildbaches vorhanden sind, besteht ganz gewiss auch das eigentliche Uebel fort, und es ist nur eine Frage des Zufalls, ob und wann die Erosionen gefahrbringende Dimensionen für das Kulturgebiet annehmen werden. Dass dies oft lange Zeit unterbleibt, hat keine Beweiskraft gegenüber der Thatsache, dass das Vorhandensein gewisser Uebelstände von vornherein auf jene Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit hindeutet. Zum Ueberfluss ist ja auch hinreichend durch die Erfahrung gelehrt,

dass trotz bewährter und standhaltender Thalsperren Katastrophen der schlimmsten Art eintreten können, wie es z. B. am Eybach und andern geschehen ist.

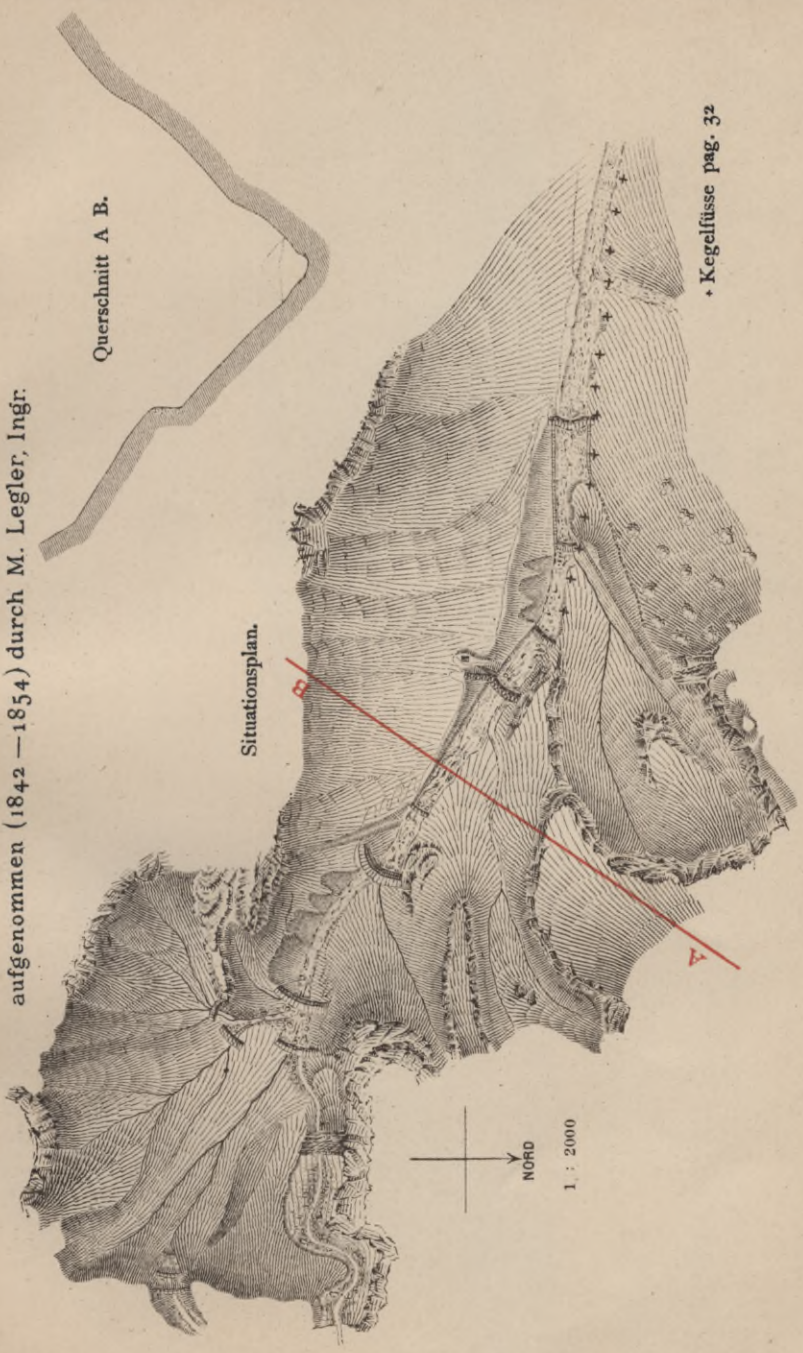
Ohne mit der allezeit billigen Kritik in die Einzelheiten der beobachteten Objecte eintreten zu wollen, glauben wir hier im Allgemeinen doch constatiren zu sollen, dass nach unserer Ueberzeugung Angesichts der enormen Rutschungsverhältnisse, welche sich in allen diesen Oertlichkeiten seit den letzten Decennien für die Zukunft vorbereitet haben, kein anderes Bausystem in dem Masse nach Wirkung und Widerstandskraft sich so bewähren wird, als das von uns oben auseinander gesetzte, und dass die schon auf dem Thalweg befindlichen Schuttmassen, welche an und für sich schon z. B. bei den Bächen von Schwanden hinreichendes Material der Zerstörung enthalten, weder durch Parallelwühren noch durch Mauern und Dämme, sondern nur durch pfahlmässige Fixirung an Ort und Stelle können unschädlich gemacht werden.

Wir sind also mehr als je von der Richtigkeit unserer Auffassung durchdrungen, und schliessen nun dieses Elaborat mit dem Wunsch und der Hoffnung, dass wir zu des Landes gemeinem Nutz und Frommen nicht ganz vergeblich gearbeitet haben möchten.

August 1888.

Der Verfasser.

Thalsperren-Verbauung in der Rühruns bei Mollis (Ct. Glarus)
aufgenommen (1842 — 1854) durch M. Legler, Ingr.

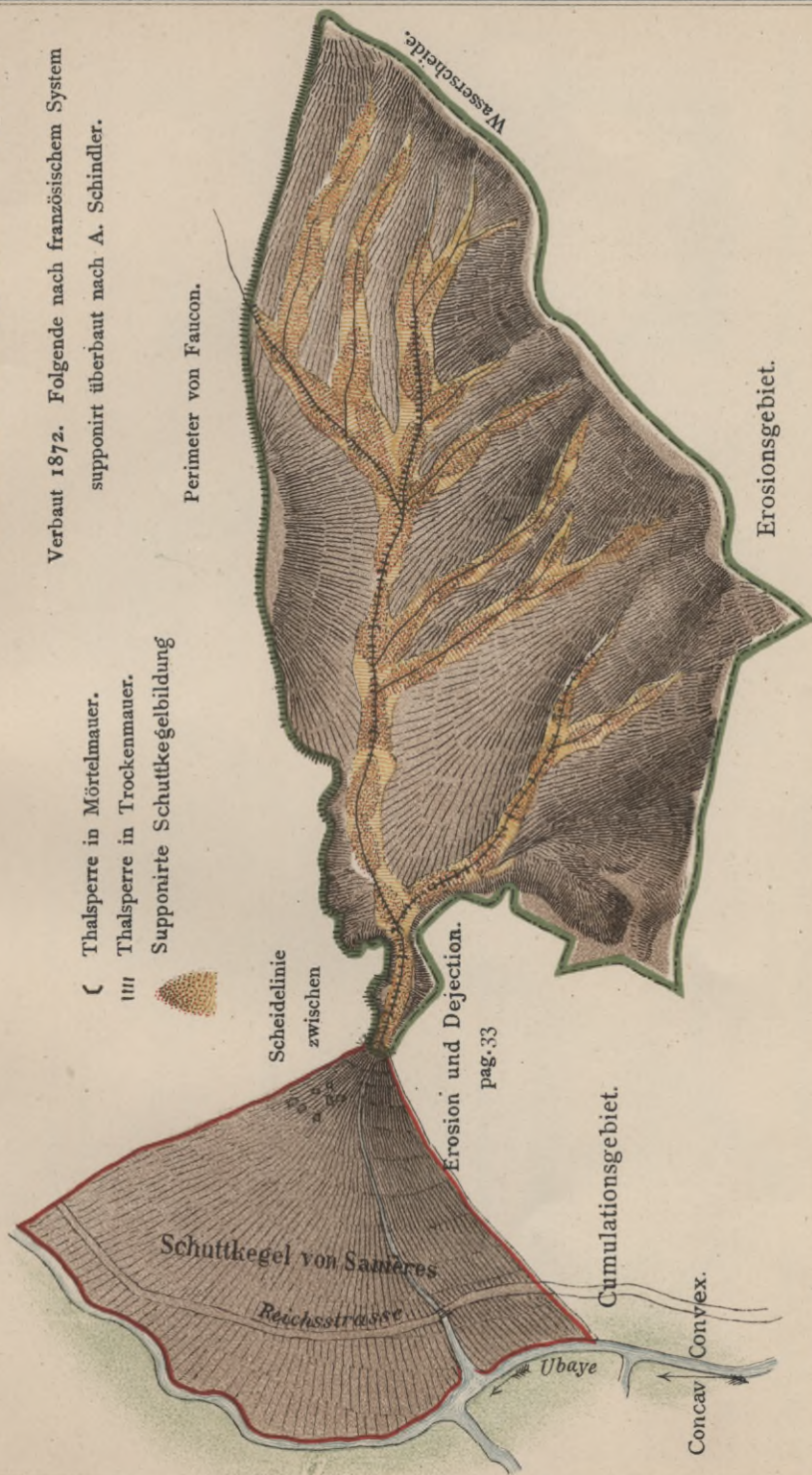


Perimeter von Sanières. Dauphiné.

Verbaut 1872. Folgende nach französischem System
supponirt überbaut nach A. Schindler.

Perimeter von Faucon.

- (Thalsperre in Mörtelmauer.
- |||| Thalsperre in Trockenmauer.
- ▲ Supponirte Schuttkegelbildung



Erosionsgebiet.

Scheidelinie
zwischen

Erosion und Dejection.

pag. 33

Schuttkegel von Sanières

Reichsstrasse

Cumulationsgebiet.

Ubaye

Concav
Convex.



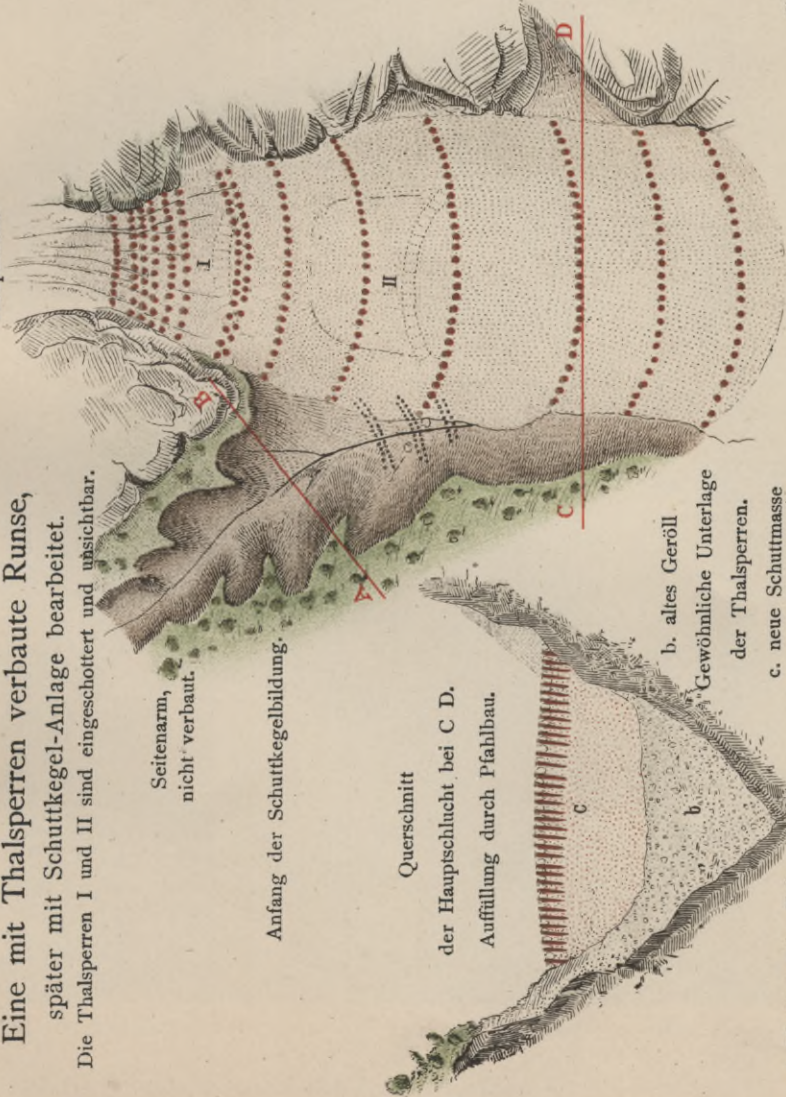
Supposition.

Eine mit Thalsperren verbaute Runse,

später mit Schutzkegel-Anlage bearbeitet.

Die Thalsperren I und II sind eingeschottert und unsichtbar.

Hauptstrom.



Seitenarm,
nicht verbaut.

Anfang der Schutzkegelbildung.

Querschnitt

der Hauptschlucht bei C D.

Auffüllung durch Pfahlbau.

b. altes Geröll
Gewöhnliche Unterlage
der Thalsperren.

c. neue Schutzmasse

a. Thalrinne im Fels, a durch systematische Kegelbildung.

Querschnitt

des Seitenarmes bei A B

noch nicht verbaut

Querschnitt

des Seitenarmes bei A B

mit Nivellierung und Pfahlverbauung.



nach dem Seckendorf'schen Atlas.

Graph. Anst. Hofer & Burger, Zürich.

Wildbach Bourget.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Rüfirus Mollis nach supponirtem Pfahlbau.

(Der oberste Theil ist thatsächlich Pfahlbau.)



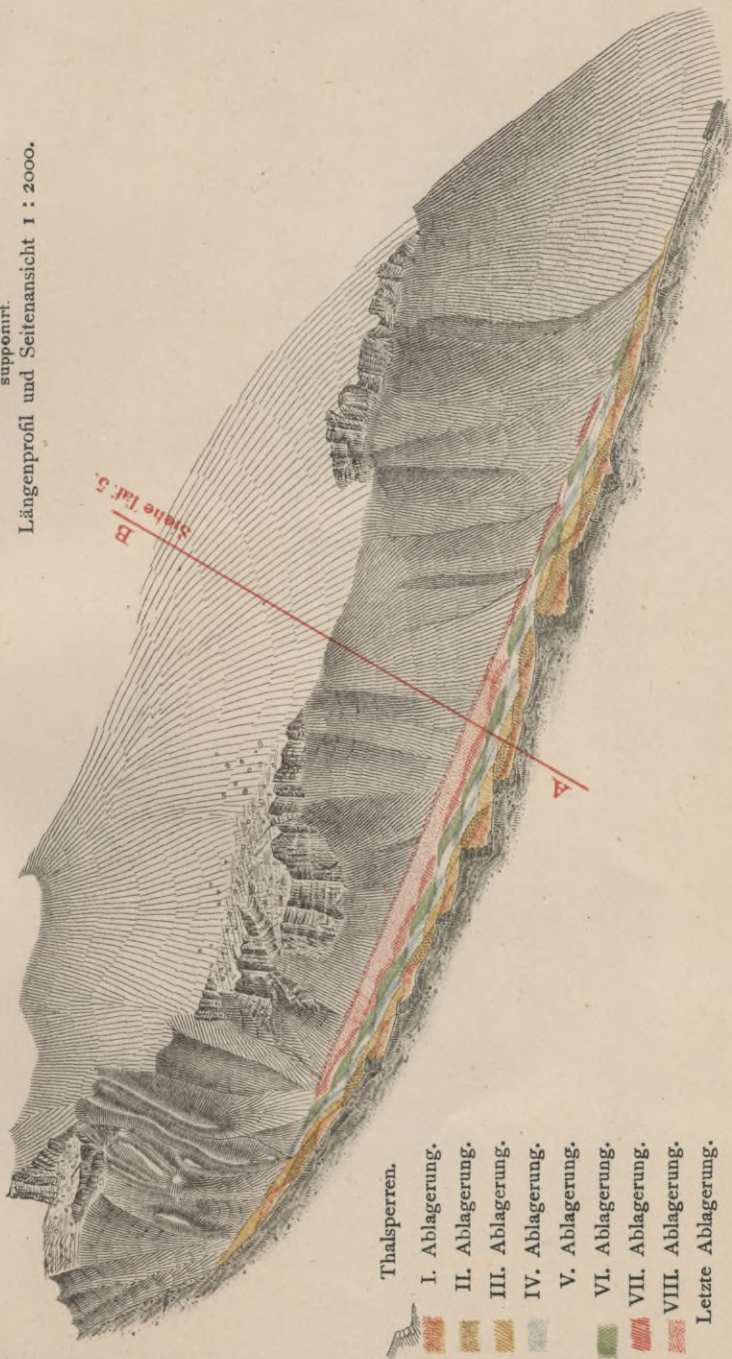
Querschnitt A. B. Situationsplan
nach der Pfahlverbauung.
successive Ablagerungen.

Situationsplan

Rüfirus bei Mollis

mit allmählicher Auffüllung der Thalsohle durch Kegelbildung.
 supponirt.

Längenprofil und Seitenansicht 1 : 2000.



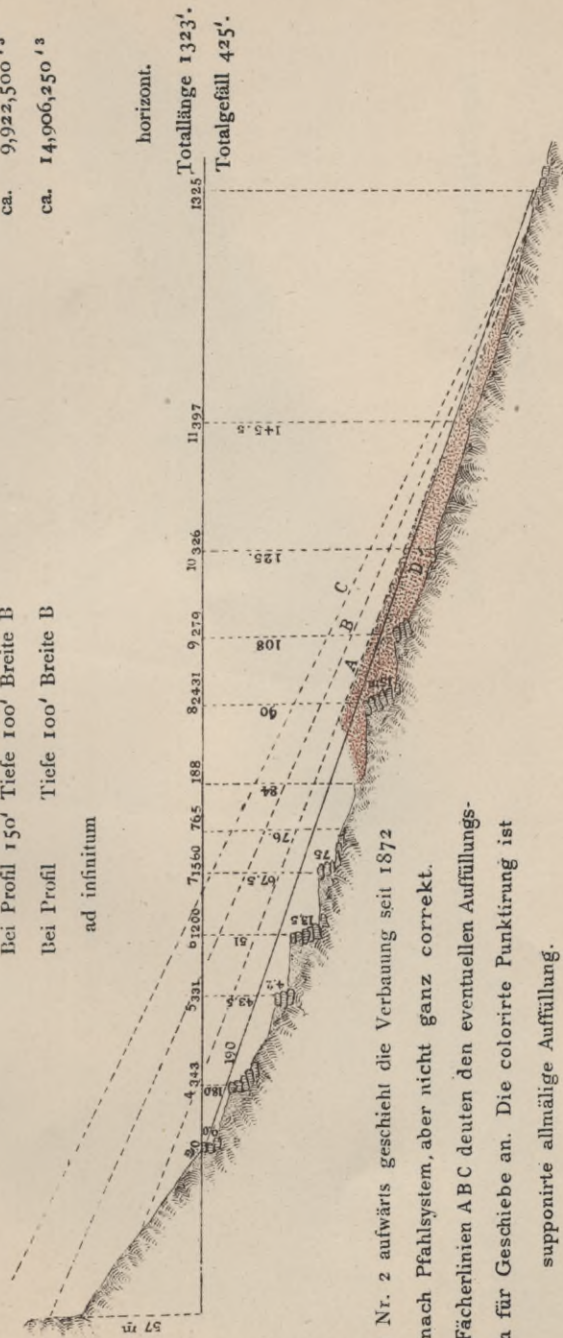
Thalsperren.

- I. Ablagerung.
- II. Ablagerung.
- III. Ablagerung.
- IV. Ablagerung.
- V. Ablagerung.
- VI. Ablagerung.
- VII. Ablagerung.
- VIII. Ablagerung.
- Letzte Ablagerung.

Rüfrens bei Mollis. Thalsperren-Verbauung.

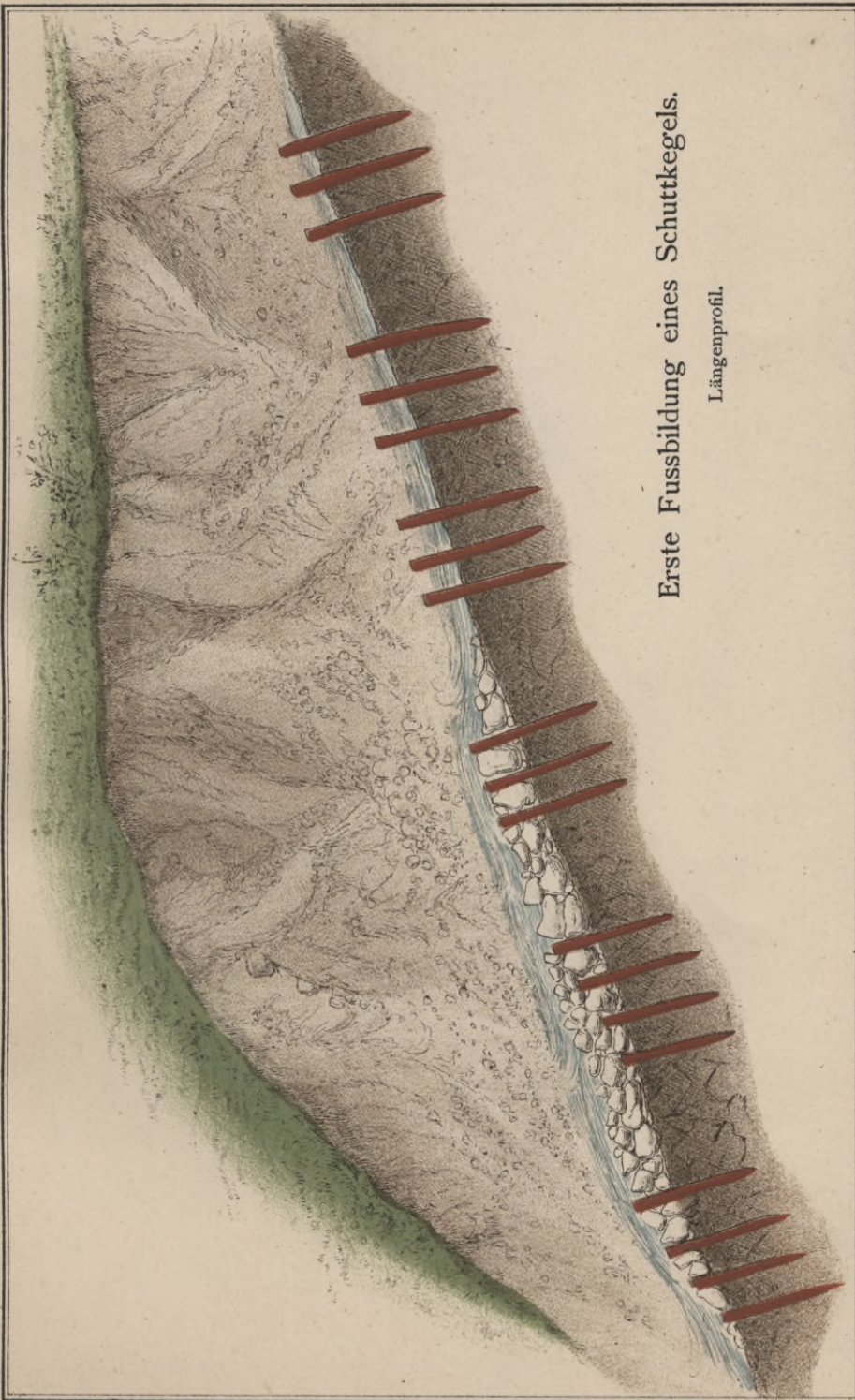
Mehrere dieser Thalsperren sind erhöht worden, mehrere sind eingestürzt und durch andere ersetzt.

Die Thalsperren haben abgelagert	ca.	582,760'³
Zwischen dem gleichen Profil und gleicher Breite hätte Pfahlbau abgelagert ca.		1,323,000'³
Bei Breite von 100' statt 40' A	ca.	3,307,000'³
Bei Profil 150' Tiefe 100' Breite B	ca.	9,922,500'³
Bei Profil Tiefe 100' Breite B ad infinitum	ca.	14,906,250'³



Von Nr. 2 aufwärts geschieht die Verbauung seit 1872 nach Pfahlssystem, aber nicht ganz korrekt. Die Fächerlinien ABC deuten den eventuellen Auffüllungsraum für Geschiebe an. Die colorirte Punktirung ist supponirte allmähige Auffüllung.

Längenprofil nach M. Legler, Ing^r.



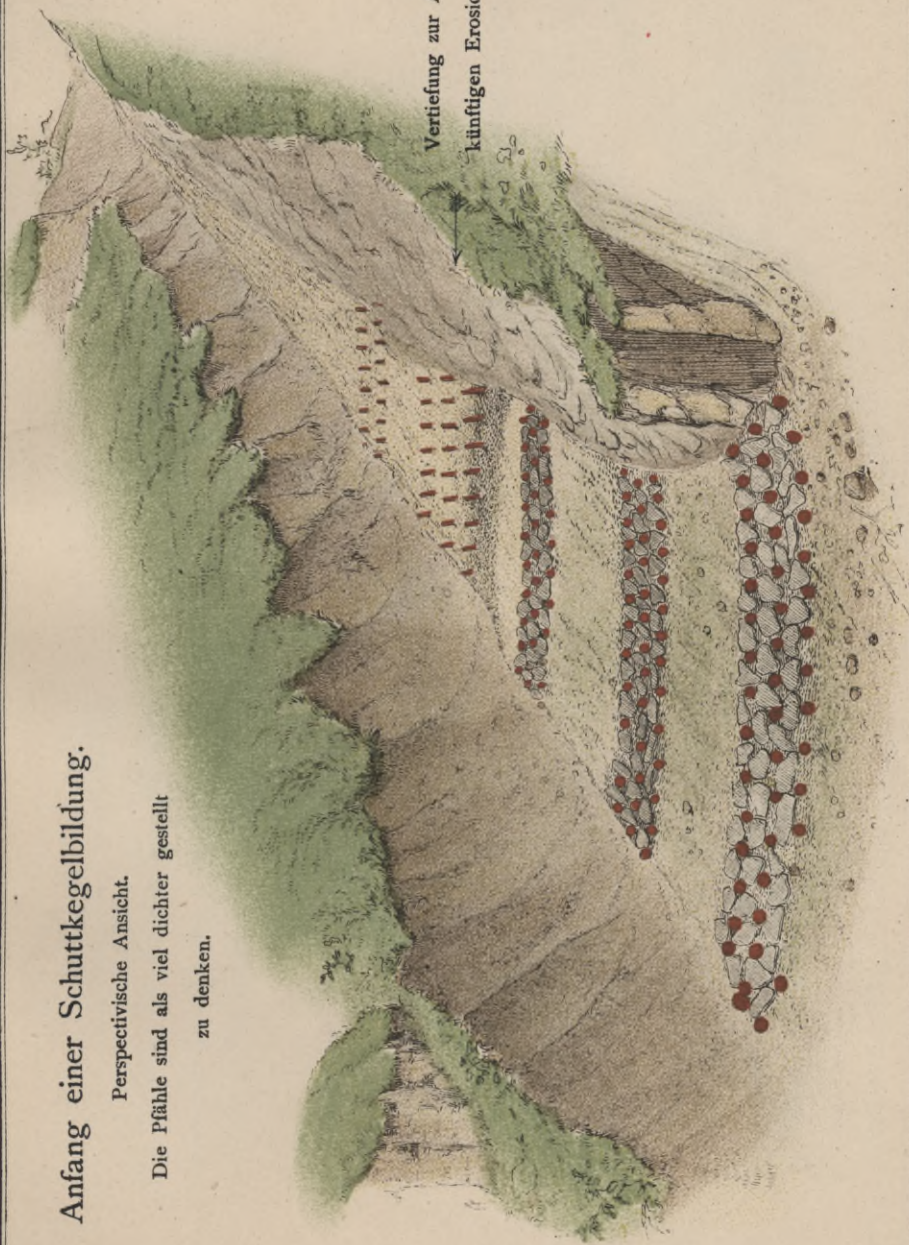
Erste Fussbildung eines Schuttkegels.

Längenprofil.

Anfang einer Schutzkegelbildung.

Perspectivische Ansicht.

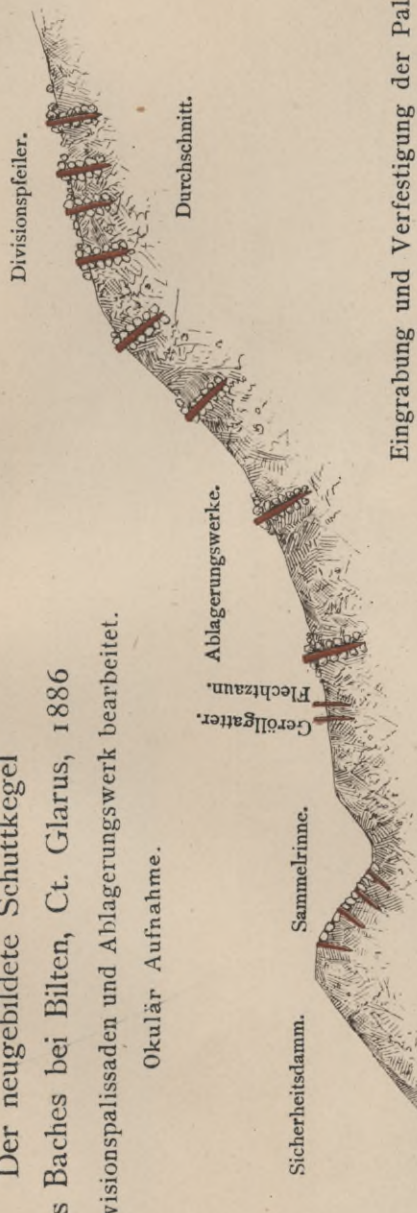
Die Pfähle sind als viel dichter gestellt zu denken.



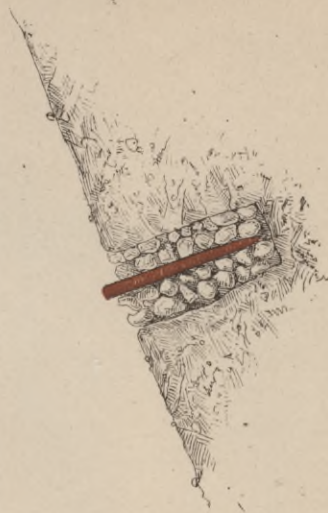
Vertiefung zur Aufnahme des künftigen Erosions-Materiales.

Der neugebildete Schuttkegel
 des Baches bei Bilten, Ct. Glarus, 1886
 mit Divisionspalissaden und Ablagerungswerk bearbeitet.

Okulär Aufnahme.



Eingrabung und Verfestigung der Palissaden.



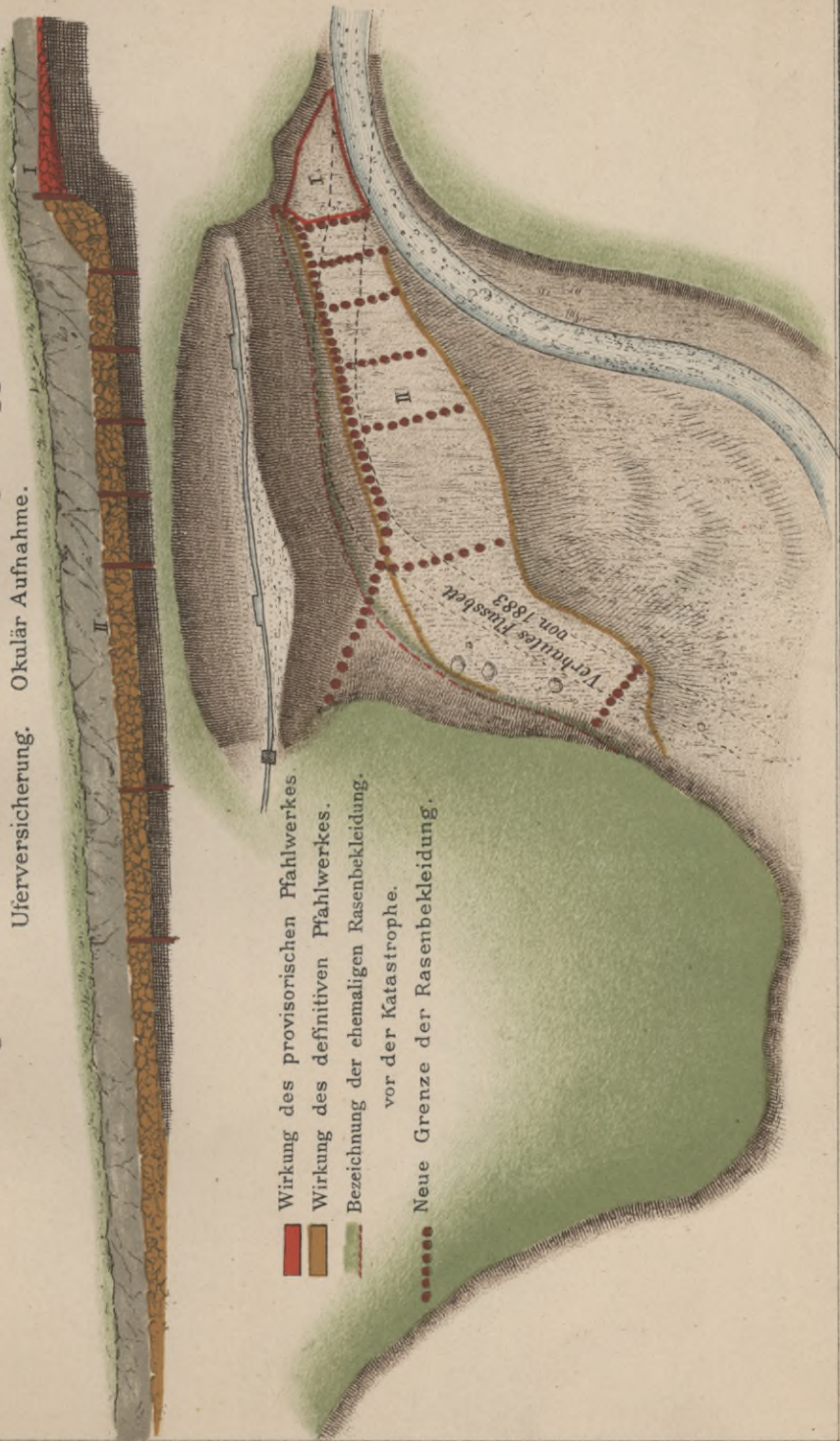
Vierfacher Wagenbrecher.

- A. Anschlag.
- B. Hochpfehl.
- C. Candidat.
- D. Sperrfuss.

I. I. I. Schutzdecke aus Kies.

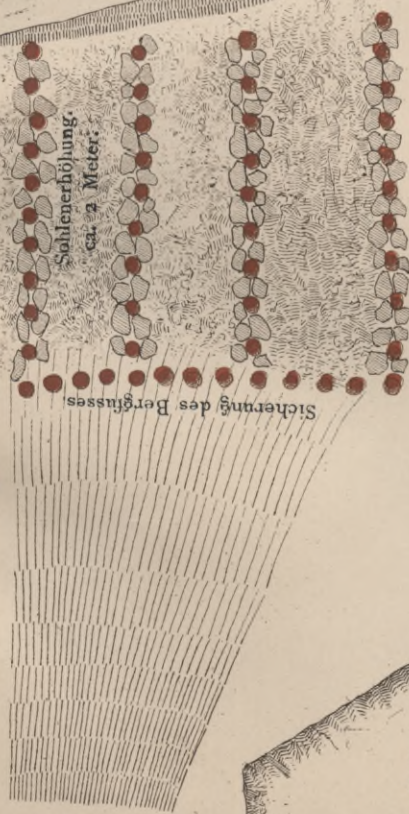
Verbauung an der Froda, Gemeinde Nasca. Lago Maggiore 1883.

Uferversicherung. Okulär Aufnahme.



- Wirkung des provisorischen Pfahlwerkes.
- Wirkung des definitiven Pfahlwerkes.
- Bezeichnung der ehemaligen Rasenbekleidung vor der Katastrophe.
- Neue Grenze der Rasenbekleidung.

Sohlenerhöhung und Uferschutz am Wildbach Froda.



Trockenes Flussbett

Abriss aus Mergelschicht und Flugsand, jetzt bewachsen.

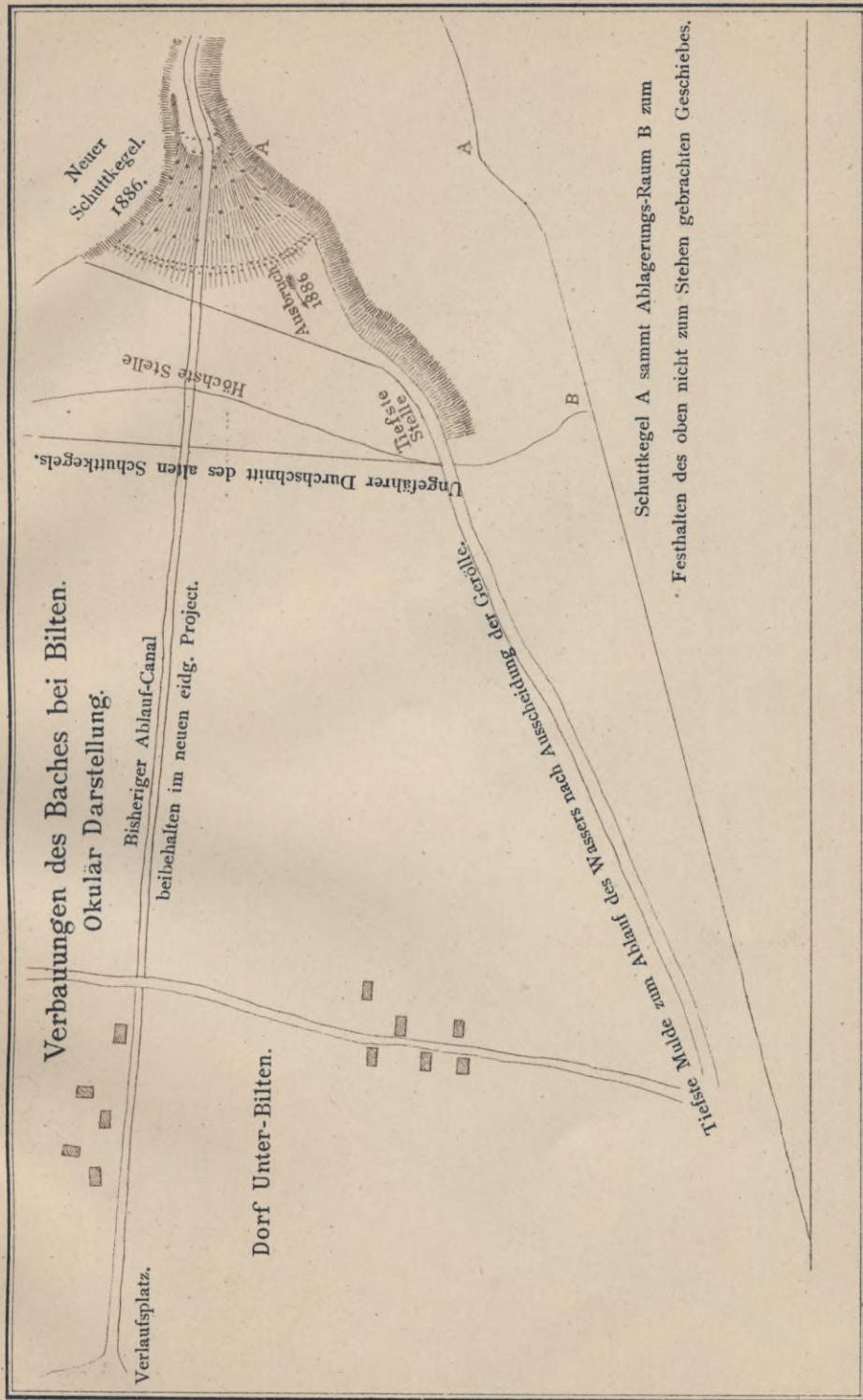
Die Palissaden sind $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ m lang und 20 à 30 ctm. Diani.



A. Auskolkung des alten Flussbettes 1883.
 B. Auffüllung durch Palissadenbau.
 C. Neues Flussbett.

Niederwasser ca. 1 m^3 per Sek. Gefäll ca. 3 à 5 ‰.
 Hochwasser bis 100 m^3 per Sek. Breite zwischen 10 und 50 m.

Masstab 1 : 200.



Ablagerungskegel des Baches bei Bilten,

Vorschlag einer Reserve Sicherung
zur Festhaltung der Geschiebe.

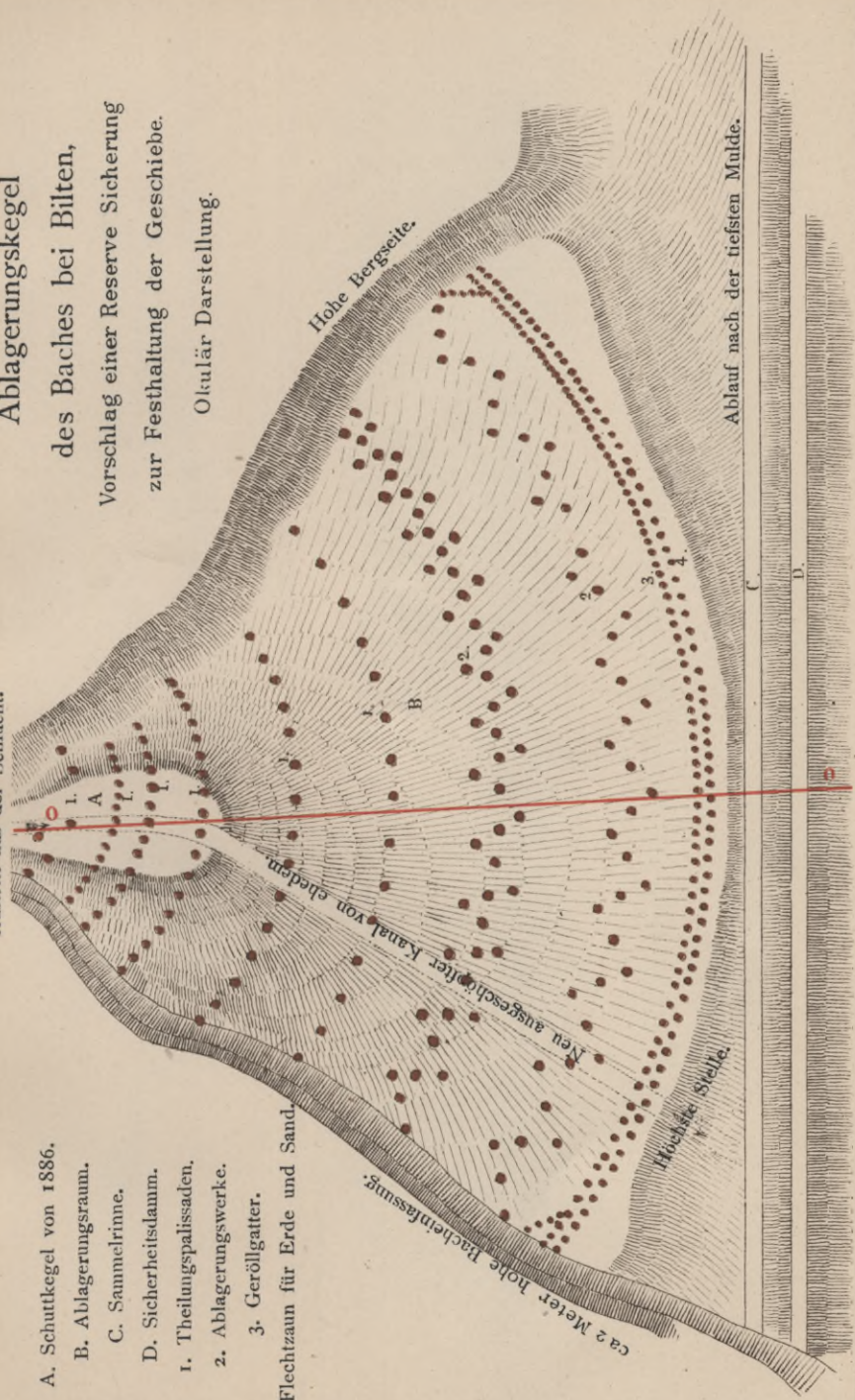
Okulär Darstellung.

Austritt aus der Schlucht.

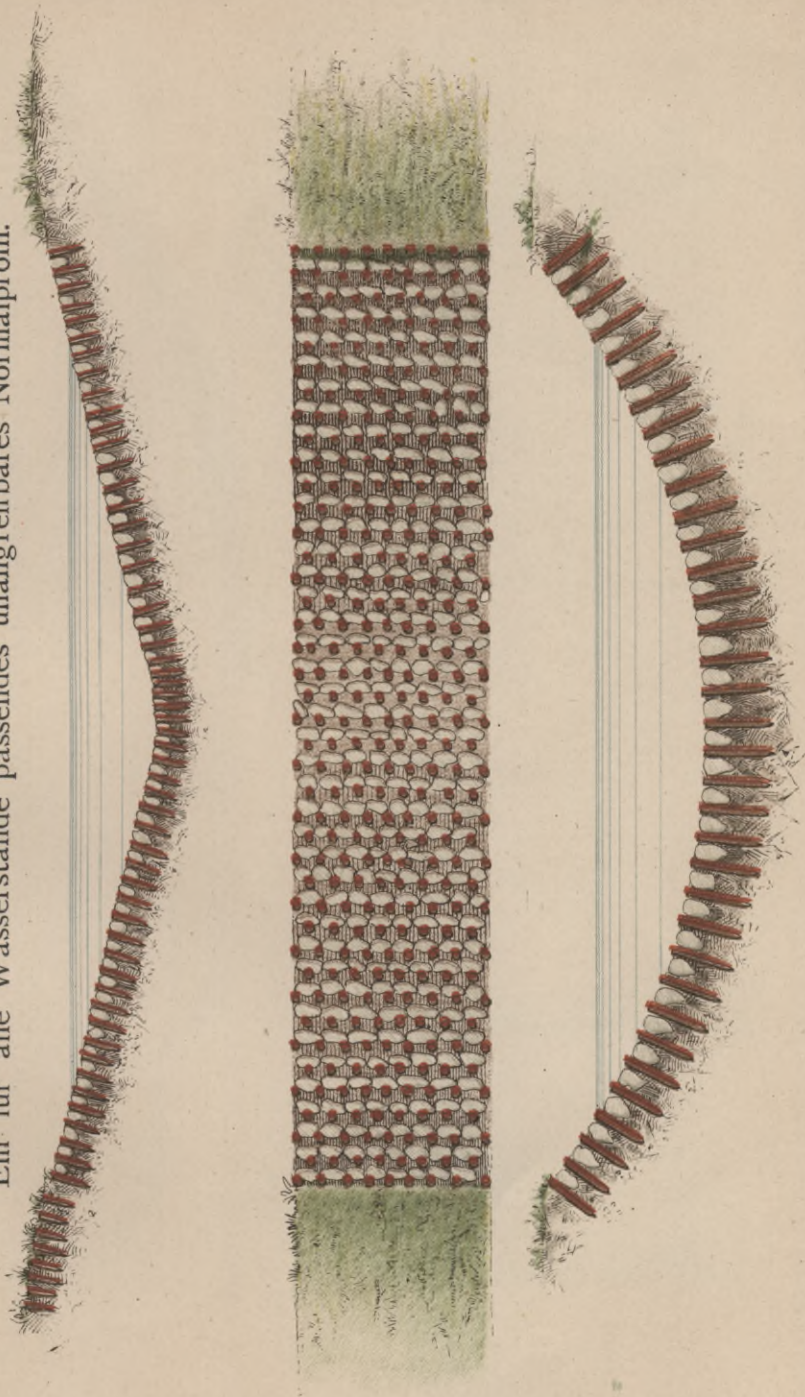
- A. Schutzkegel von 1886.
- B. Ablagerungsraum.
- C. Sammelrinne.
- D. Sicherheitsdamm.
- 1. Theilungspalisaden.
- 2. Ablagerungswerke.
- 3. Geröllgatter.
- 4. Flechtzaun für Erde und Sand.

Hohe Bergseite.

Ablauf nach der tiefsten Mulde.



Ein für alle Wasserstände passendes unangreifbares Normalprofil.

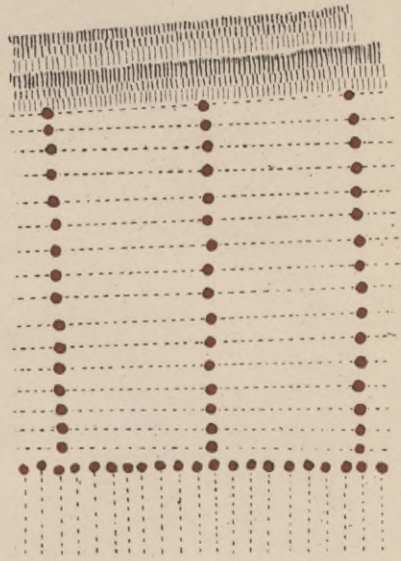
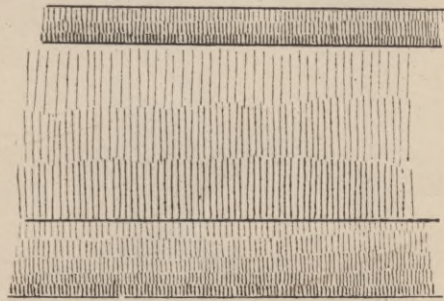


Correction eines zerstörten Ufers durch Pfahlbau.



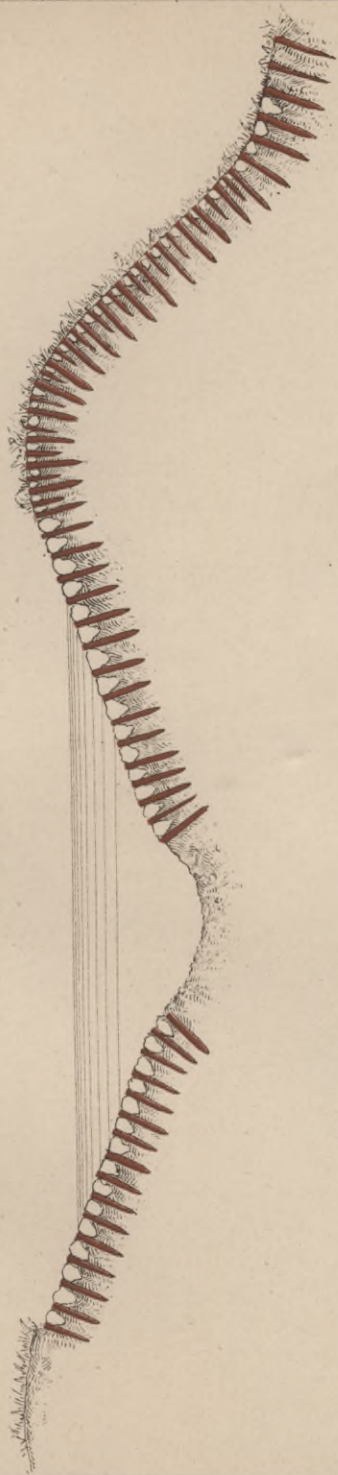
(in zwei Tempo).

Sohlenerhöhung

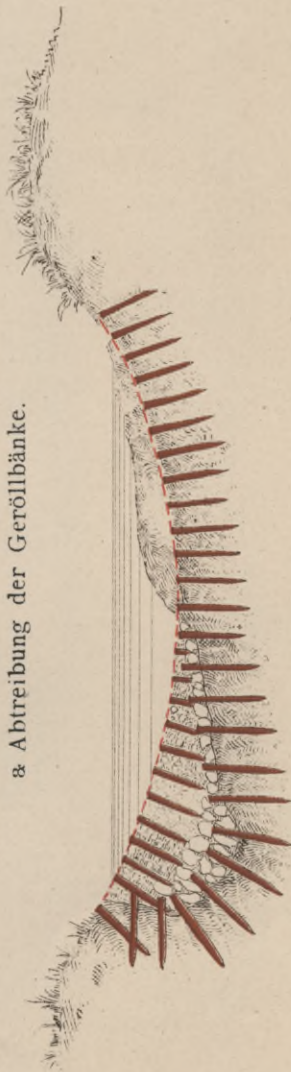


Ansicht von oben.

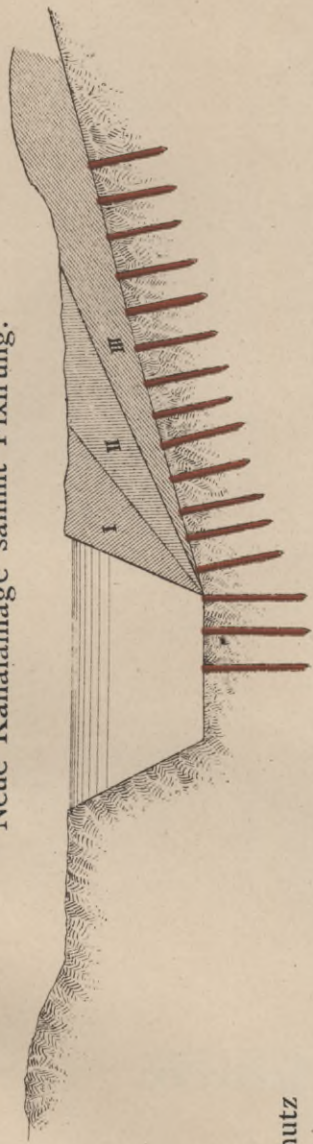
Normalprofil.



Allmähliche Sohlenerhöhung der Kolklöcher.
& Abtreibung der Geröllbänke.



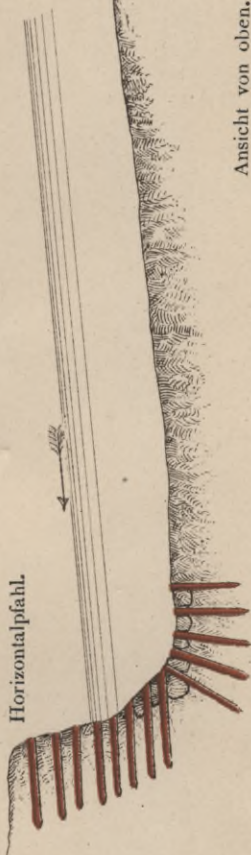
Neue Kanalanlage sammt Fixirung.



Schutz

starker Curven.

Horizontalpfahl.



Vertikalpfahl.



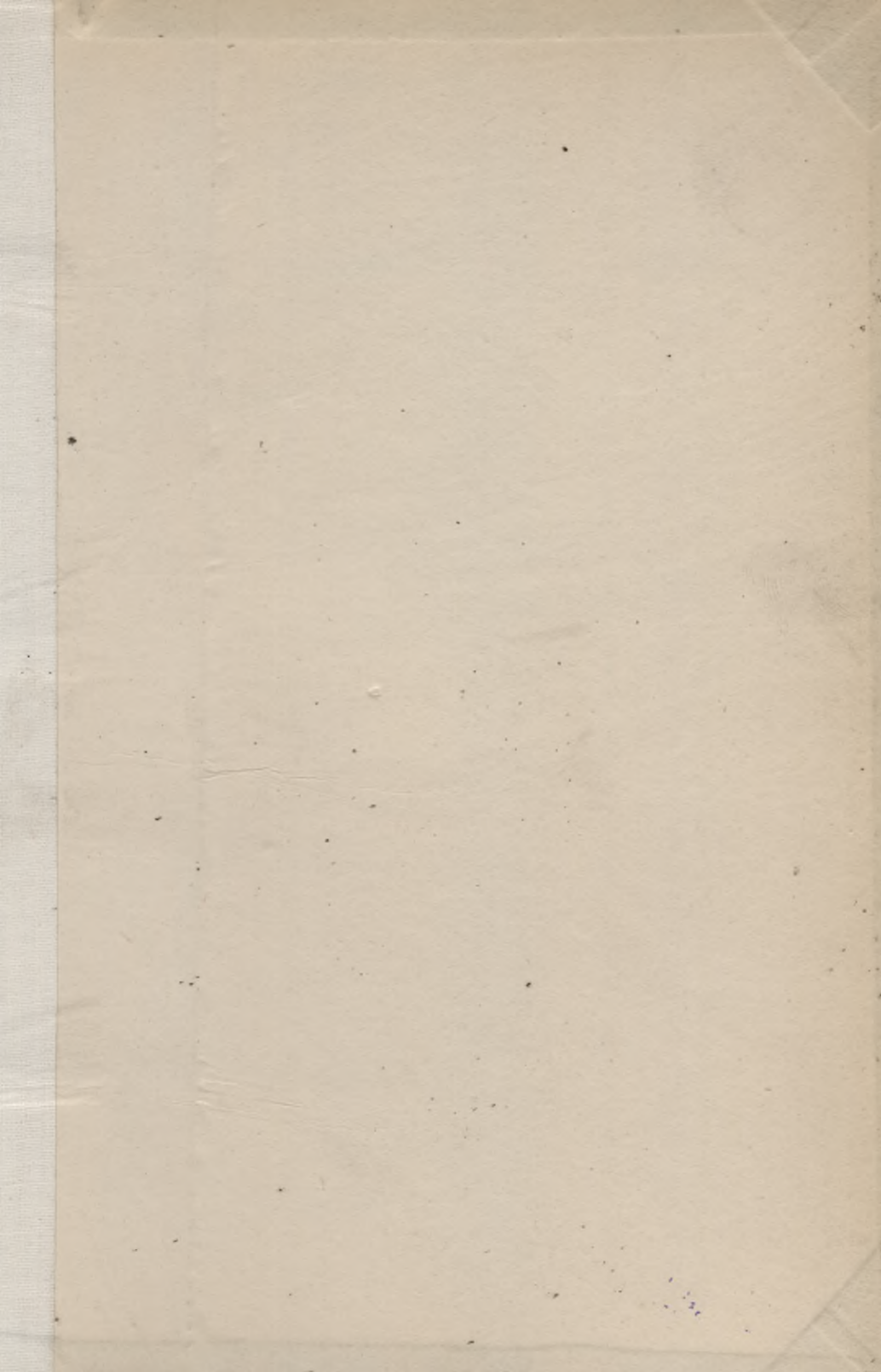
Ansicht von oben.



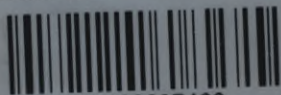
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S. 61

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297466