Zeitschrift: Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft und Binnenschiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 23 (1931)

Heft: 11

Artikel: Wildbachverbauung

Autor: Strele, Georg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922565

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wildbachverbauung.

Vortrag von Hofrat Ing. Georg Strele, Innsbruck, gehalten in Chur am 31. Januar 1930 vor dem Rheinverband und dem Bündnerischen Ingenieur- und Architektenverein im Rahmen eines Vortragszyklus über Fluß- und Wildbachverbauungen zur Sicherung des Rheintales oberhalb des Bodensees.

Herr Präsident, meine Herren!

Die furchtbare Hochwasser-Katastrophe, welche im September 1927 das liechtensteinisch-vorarlbergische Rheintal betroffen hat, steht Ihnen allen noch in lebhafter trauriger Erinnerung. Damals überströmte der Rhein oberhalb der Buchser Eisenbahnbrücke seinen rechtsseitigen Damm, durchbrach denselben, ergoß seine Fluten über den fruchtbaren Talboden und richtete außerordentliche Schäden an. Fragen wir, warum die Katastrophe einen so schrecklichen Umfang angenommen hat, so finden wir den Grund darin, daß es sich nicht um eine einfache Ausuferung jener Wassermassen handelte, welche im Flußbette nicht mehr Platz fanden, sondern daß vielmehr der Fluß sein hochgelegenes Bett verließ, die angrenzenden, tiefer gelegenen Grundstücke nicht nur überflutete, sondern auch übermuhrte und erst weit unterhalb der Ausbruchstelle wieder in sein Bett zurückfließen konnte, und daß es erst nach langedauernden, angestrengten Wehrarbeiten gelang, den Wassermassen wieder ihren normalen Weg im Flußbette zu weisen.

Wenn damals auch der linksseitige Damm nicht überflutet wurde, so ist dieses Hochwasser dennoch ein furchtbares Menetekel auch für die Schweiz, liegt doch das Terrain beim Buchser Bahnhof 9,2 m unter dem Hochwasserspiegel des Jahres 1927 und um mehr als 3½ m tiefer als die Flußsohle an der Ausbruchstelle.

Diese Verhältnisse sind um so bedenklicher, als es sich nicht um einen stationären Zustand handelt, sondern die Flußsohle vielmehr in ständiger Erhöhung begriffen ist. Seit der Erbauung der Buchser Eisenbahnbrücke im Jahre 1871 beträgt dieselbe schon mehrere Meter, und es taucht die bange Frage auf: wie soll das weitergehen, wohin soll das führen?

Das Hochwasser von 1927 hat neuerdings bewiesen, was ja von einsichtigen Ingenieuren schon vor vielen Jahrzehnten erkannt und hervorgehoben worden ist, daß beim Rhein, ebenso wie bei vielen anderen Gebirgsflüssen die Schwierigkeit nicht in der Abführung des Wassers, sondern in jener des Geschiebes liegt und daß es notwendig ist, Maßnahmen zu treffen, um der fortschreitenden Hebung der Flußsohle Schranken zu setzen.

Zu diesem Zwecke stehen uns drei Mittel zu Gebote: Baggerungen, Arbeiten zur Vermehrung der Schleppkraft und endlich Maßnahmen zur Herabminderung der Geschiebezufuhr.

Baggerungen leisten gewiß unter Umständen vorzügliche Dienste. Sie erfordern aber bedeutende Kostenaufwendungen und große Ablagerungsplätze für das Baggergut und bleiben dennoch häufig eine Sisyphusarbeit, weil der ausgehobene Raum in der Regel durch das nachrückende Geschiebe bald wieder ausgefüllt wird.

Die Arbeiten zur Vermehrung der Schleppkraft umfassen Konzentrationsbauten und unter Umständen Gefällsvermehrungen durch Abschneiden von Flußkrümmungen und dergleichen. Wenn sie ausreichen, um in der regulierten Flußstrecke weitere Geschiebeablagerungen zu verhindern, so sind sie mit dem Übelstande verbunden, daß sie das Material der flußabwärts anschließenden Strecke zuschieben, wo es vielleicht Anlaß zu neuerlichen Sohlenhebungen und Flußverwilderungen gibt. Sie verlegen daher häufig nur das Übel von einer Stelle an eine andere, ohne eine gründliche Abhilfe bieten zu können.

Es bleibt daher als bestes Mittel zur Verhinderung der Sohlenhebungen in der Regel nur übrig, zu trachten, die Geschiebezufuhr von oben nach Tunlichkeit einzuschränken und damit die Ursache des Übels gründlich zu beseitigen.

Und das ist die Aufgabe der Wildbachverbauung; denn, abgesehen von dem Material, welches die Flüsse etwa durch Sohleneintiefung in Bewegung setzen oder Uferanbrüchen entnehmen, sind die Wildbäche die Quelle der Geschiebeführung unserer Flüsse und Ströme.

Im Kampfe gegen die Wildbachverheerungen haben wir zwei Gruppen von Arbeiten zu unterscheiden: einerseits solche, welche die Aufgabe haben, die Liegenschaften am Unterlaufe unmittelbar vor den anstürmenden Fluten zu schützen, im übrigen aber den Charakter des Wildbaches unbeeinflußt lassen, und andererseits solche, welche sich zur Aufgabe stellen, die Wildbäche so weit als möglich von Geschiebe zu entlasten und sie damit ihrer Gefährlichkeit zu entkleiden.

Die erste Gruppe von Arbeiten ist für die Flüsse nur dann von Nutzen, wenn sie mit der Herstellung von Ablagerungsplätzen, Geschiebesammlern verbunden werden, auf denen die Bäche ihr Geschiebe ablagern können, bevor sie in den Fluß münden.

Ein Beispiel für eine der großzügigsten derartigen Arbeiten ist die Unterlaufregulierung des Noceflusses in Südtirol, welcher früher gegenüber von St. Michele senkrecht in die Etsch mündete, diese mit Geschiebe belastete und staute. In den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde der Noce unterhalb der Ortschaft Mezzolombardo gefaßt und mittelst eines neuen, mehrere Kilometer langen Gerinnes im Bogen in die Sümpfe von Zambana eingeleitet, so daß er nun rund 7 km flußabwärts seiner alten Mündung in die Etsch fällt. In diesen Sümpfen lagert er sein Geschiebe ab, und der so geschaffene Ablagerungsplatz erfüllt heute noch seinen Zweck.

Sehr häufig sind aber die am Unterlaufe der Wildbäche ausgeführten Schutzbauten für die Verhältnisse an den Flüssen nicht nur ohne Nutzen, sondern im Gegenteile sogar nachteilig, nämlich dann, wenn sie verhindern, daß sich das Geschiebe auf den natürlichen Ablagerungsplätzen, den Schuttkegeln, ablagert, sondern dasselbe den Flüssen unmittelbar zuschieben.

Trotz dieser höchst unerwünschten Wirkung ist es aber oft unvermeidlich, derartige Schutzbauten auszuführen, da gerade auf den Schuttkegeln sich meist die wertvollsten Besitzungen, die meisten Siedelungen, die ertragreichsten Grundstücke, die wichtigsten Verkehrswege und sonstigen Anlagen befinden, welche dringend eines Schutzes bedürfen und die man nicht zugrunde gehen lassen darf.

Um so wichtiger ist es aber gerade in solchen Fällen, auch die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um die Geschiebezufuhr aus dem Talinnern nach Möglichkeit einzuschränken.

Unsere Gebirgsbewohner sind auch schon vor Jahrhunderten zur Einsicht gekommen, daß Schutzbauten am Unterlaufe allein vor den Ausbrüchen der Wildbäche nicht dauernd zu schützen vermögen, sondern daß es notwendig sei, diese von ihrem Geschiebe zu entlasten, und sie suchten das zunächst durch die Errichtung von Stausperren zu erreichen, welche sie in den Mündungsschluchten der Bäche errichteten.

Diese Stausperren (Abbildungen Nr. 3, 4 und 5) haben die Aufgabe, das von den Wildbächen oder wildbachartigen Flüssen mitgeführte Geschiebe aufzufangen und in geeigneten Staubecken zur Ablagerung zu zwingen. Diesen Zweck erfüllen sie um so besser, je größere Sammelgebiete sie abriegeln und je näher der Talmündung sie erbaut werden. Sie sind daher in den Schluchten der wildbachartigen Flüsse am wirksamsten, hier aber natürlich viel stärkeren Wasserangriffen ausgesetzt als Sperren in kleinen Gerinnen und wasserarmen Bächen.

Die älteste Talsperre in unseren Ländern ist wohl die Pont' alto-Sperre an der ein Gebiet von 164 km² entwässernden Fersina bei Trient. Sie steht in einer tiefen, außerordentlich engen Felsschlucht, welche sich ob der Sperre beckenförmig erweitert, wurde im Jahre 1537 zum erstenmal erbaut und wiederholt von den Fluten zerstört, aber immer wieder neu hergestellt, nach und nach erhöht und schließlich als Tonnengewölbe mit lotrechter talseitiger Stirnwand auf 38 m Höhe gebracht. Im Jahre 1885/86 wurde sie, da der unterste, aus dem Jahre 1686 stammende Teil nicht mehr ganz sicher erschien und ihr Bruch zu einer Katastrophe für die Stadt Trient führen könnte, durch den Vorbau einer neuen, der 40,6 m hohen Madruzzasperre, gesichert, deren Verlandung die alte Sperre bis auf den obersten, 12 m hohen Teil deckt. Die neue Sperre ist auch in Form eines Gewölbes mit lotrechter talseitiger Stirnwand erbaut und in interessanter Weise

gegen die Gewalt der abstürzenden Wassermassen dadurch gesichert, daß ihr in Kronenhöhe eine abgepflasterte Schußtenne vorgebaut ist, welche auf einem die enge Felsschlucht überspannenden Gewölbe aufruht und den Wasserabsturz so weit nach vorne verlegt, daß der Fuß der Sperre nicht mehr berührt wird.

Ähnliche Stausperren sind im Laufe der Zeiten in Tirol und Kärnten in größerer Zahl errichtet worden, besonders nach der Hochwasserkatastrophe des Jahres 1882. Einige dieser Werke haben gut gewirkt, andere sind binnen kurzem dem Wasserangriffe zum Opfer gefallen und spurlos verschwunden.

Das größte dieser Bauwerke ist die Sperre von S. Giorgio in der Avisio-Schlucht oberhalb Lavis. Sie wurde in der ersten Hälfte der 1880er Jahre erbaut, um das schwere Geschiebe dieses Flusses vom Etschflusse fernzuhalten, ist eine Schwergewichtsmauer mit 80 m oberer Spannweite und einer aufgehenden Höhe von 19 m. Da der Avisio ein Gebiet von 956 km² entwässert, führt er bei Hochständen gewaltige Wassermengen. Um deren Absturz über die Krone zu vermeiden, wurde am rechten Ufer ein 24 m breiter Umlaufkanal im anstehenden Quarzporphyrfels ausgesprengt, welcher die wirksame Sperrenhöhe auf etwa 14 m vermindert. Im Jahre 1882 erzielte diese Sperre, obschon sie noch nicht vollendet war, eine derartige Entlastung des Avisio von Geschiebe, daß sich dieser auf seinem Schuttkegel, besonders in dessen oberem Teile, so stark eintiefte, daß durch das damalige Hochwasser sogar die Uferschutzbauten unterwaschen wurden. Die Sperre wurde damals beschädigt, rekonstruiert und wenige Jahre später vollendet. Schon kurz nach der Vollendung, im Sommer 1886, war sie bereits bis zur Sohle des Umlaufgerinnes mit feinem Material — Sand und Schlamm — verlandet. Sie behielt wohl ihre Stauwirkung noch einige Zeit bei, da sich mit dem Vorschieben gröberen Materiales allmählich eine steilere Verlandung einstellte, war aber doch in verhältnismäßig kurzer Zeit vollständig verlandet. Ihre Verlandung wird auf 1,5—2,0 Millionen m³ geschätzt.

Die Ausführung des Baues, dessen Leitung in der Hand des nachmaligen liechtensteinischen Oberingenieurs Hüner lag, ist eine mustergültige, doch schon die Hochwässer zu Ende der 1880er Jahre verursachten im Felskanale einen tiefen Kolk und machten die Aufwendung außerordentlich hoher Erhaltungskosten notwendig. Von der Gewalt der abstürzenden Wassermassen kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß damals etwa 150—200 Sekunden-Kubikmeter über die Sperrenkrone und rund 700 Sekunden-Kubikmeter durch den Felskanal abgeflossen sind und die freigewordene Energiemenge etwa 140 000 PS betragen dürfte.

Aus den bei diesen und bei anderen derartigen Bauwerken gemachten Erfahrungen ergibt sich, daß bei der Erbauung von solchen Schluchtsperren mit außerordentlicher Vorsicht zu Werke gegangen werden muß und daß es notwendig ist, eine solche Konstruktion zu wählen, daß die Sperre nicht allein den Druck des Wassers und Geschiebes aufnehmen und der Abnützung der Krone durch das darüber hinweggehende Wasser und Geschiebe Widerstand leisten kann, sondern daß auch die enormen Energiemengen, welche durch den Absturz der gestauten Wassermengen frei werden, selbst im Laufe längerer Zeit nicht imstande sind, den Bau zu gefährden. Das begegnet besonders in wasserreichen Bächen großen Schwierigkeiten, da häufig genug auch fester Fels den konzentrierten Angriffen des Wassers und Geschiebes nicht auf die Dauer zu widerstehen vermag.

Solche Schluchtsperren sind wohl geeignet, eine Entlastung des betreffenden Wasserlaufes von Geschiebe rasch und vollständig zu bewirken und auch nach eingetretener Verlandung noch bis zu einem gewissen Grad ausgleichend auf den Geschiebeabtrieb zu wirken und namentlich die größten Geschiebestücke zurückzuhalten, doch ist erstere Wirkung meist auf eine nur sehr kurze Zeit beschränkt, und die letztere bedingt eine Schwankung der Sohlenhöhe im Verlandungsraume, welche zur Folge hat, daß etwa in diesem zu errichtende Bauten einerseits unter die Sohle des Gleichgewichtsgefälles fundiert und andererseits entsprechend hoch über das Ausgleichsgefälle aufgeführt werden müssen. Auch bei allfälliger Anlage oder Verlegung von Verkehrswegen im Verlandungsbereiche und ähnlichen Arbeiten müssen diese Sohlenschwankungen berücksichtigt werden.

Es ist ferner noch zu bedenken, daß vom Stauraume häufig ein großer Teil durch die

Ablagerung von Sand und Schlamm, welche vom Hauptrezipienten unschädlich hätten abgeführt werden können, für die Aufnahme von Grobgeschiebe verloren geht.

Diesem Übelstande kann man zum Teil dadurch abhelfen, daß man die Sperre nicht gleich auf die volle Höhe erbaut, sondern erst durch allmähliche Erhöhung auf diese bringt.

Auch die sogenannten Entleerungssperren können für diesen Zweck dienen, obschon ihr Hauptzweck die vorübergehende Fixierung großer Materialschübe ist, welche dann später durch große Durchlässe in kleinen Partien allmählich wieder abgetrieben werden.

Ein Beispiel für eine derartige Sperre bildet die nach dem Kriege erbaute Talsperre am Fischbache bei Längenfeld im Ötztale.

Da die Geschiebestausperren die Geschiebebildung unbeeinflußt lassen, vermögen auch sie eine gründliche Abhilfe gegen Wildbachschäden nicht zu bieten, und es bedarf jedenfalls für jedes einzelne derartige Werk einer sorgfältigen Überlegung, eines Vergleiches der erforderlichen Baukosten samt allen Nebenauslagen, einschließlich der voraussichtlichen Erhaltungskosten, mit der zu erzielenden Wirkung, bevor man sich zu dessen Erbauung entschließt.

Will man in einem Wildbache wirklich Ruhe schaffen, dann ist es nötig, die Geschiebebildung zu bekämpfen.

Bevor ich auf diese Wildbachverbauungsarbeiten im engsten Sinne des Wortes eingehe, muß ich kurz die Herkunft des Geschiebes berühren, nach welcher sich die Einteilung der Wildbäche in zwei Kategorien ergibt, nämlich erstens in solche, welche hauptsächlich Verwitterungsschutt führen, und zweitens solche, deren Geschiebe hauptsächlich durch die unterwühlende Kraft des Wassers erzeugt wird.

Die Bäche der ersten Kategorie führen hauptsächlich frischen, durch die Gesteinsverwitterung oder den Schurf der Gletscher erzeugten Schutt, der ihnen durch Runsen, Felsstürze, Steinschläge, Lawinen oder Gletscher überantwortet wird.

Zur Verhütung von Steinschlägen und Felsstürzen usw. sind mitunter Stützmauern geeignet; doch sind diese Vorkehrungen derart kostspielig, daß sie wohl nur dort ausgeführt werden können, wo es sich um den unmittelbaren Schutz gefährdeter wertvoller Objekte, wichtiger Verkehrswege (Eisenbahnen) usw. handelt.

Die oberflächliche Gesteinsverwitterung läßt sich unter Umständen durch kulturelle Maßnahmen, wie Berasungen, Bebuschungen und Aufforstungen einschränken, doch ist der hierdurch erzielbare Erfolg zumeist ein recht bescheidener, weil die Verwitterung gerade in den Hochlagen am intensivsten wirkt, woselbst schon die klimatischen Verhältnisse derartigen Arbeiten enge Schranken setzen.

Zur Bekämpfung der Geschiebeführung in diesen Bächen bleibt uns dann nur noch die Herstellung von Ablagerungsplätzen und von Geschiebestausperren übrig.

Bezüglich der letzteren gilt das vorhin Gesagte.

Die Ablagerungsplätze sind an das Vorhandensein weiter, mit geringem Gefälle ausgestatteter Flächen gebunden, die sich im Inneren der Wildbachgebiete nicht allzu oft finden und, wenn am Mittellaufe vorhanden, häufig zu wertvoll sind, um für den in Rede stehenden Zweck ausgenützt werden zu können. Für diesen letzteren geeignete minderwertige Flächen finden sich mitunter aber am Unterlauf der Bäche sowie auch auf den obersten Talböden. Ob und wie sie sich ausnützen lassen, kann nur von Fall zu Fall auf Grund der örtlichen Verhältnisse beurteilt werden.

Im allgemeinen viel gefährlicher als die vorbesprochenen Bäche sind die unterwühlenden Wildbäche. Auch bei ihnen spielen die geologischen Verhältnisse eine ausschlaggebende Rolle.

Die Unterwühlung ist eine Folge des Mißverhältnisses zwischen der lebendigen Kraft des Wassers und der Widerstandsfähigkeit des Bachbettes und kann entweder durch Verminderung der ersteren oder Erhöhung der letzteren bekämpft werden.

Die Unterwühlung äußert sich entweder in der Längsrichtung des Baches durch eine Vertiefung der Bachsohle oder als Querwühlung in einer seitlichen Unterwaschung der Lehnen (Abb. Nr. 1 und 2). In beiden Fällen werden diese ihres Fußes beraubt und müssen früher oder später in Rutschung geraten. Weitere Formen der Erosion sind die Zerfurchung steiler, nicht durch die Vegetation geschützter Hänge, auf denen anfänglich kleine, unscheinbare Runsen sich mit der Zeit vergrößern und zu tiefen Regenschluchten erweitern, und endlich die durch Quell- und Sickerwässer

verursachte Aufweichung des Bodens geneigter Hänge, der dadurch seine Festigkeit verliert und ins Gleiten gerät.

Um die Erosion zu bekämpfen, trachtet man, die Stoßkraft des Wassers zu brechen. Diese hängt ab von dessen Menge und Geschwindigkeit.

Da wir die meteorischen Ereignisse nicht beeinflussen können, stehen uns zur Verminderung der Wassermenge nur wenige Mittel zu Gebote. Das wirksamste derselben ist wohl die Ausnützung des Retentionsvermögens natürlicher Staubecken (Seen) und die Anlage künstlicher Stauweiher, wie solche namentlich im Mittelgebirge bereits in größerer Zahl hergestellt wurden. Allerdings ist bei ihnen der Hochwasserschutz meist nur Nebenzweck, während sie in erster Linie der Kraftgewinnung dienen. Es wäre aber bei der Erbauung von derartigen Stauweihern beziehungsweise bei Aufstellung der Wasserwirtschaftspläne für dieselben der Hochwasserschutz nicht aus dem Auge zu verlieren.

Ein Beispiel für eine solche Hochwasserschutzanlage bildet die Staumauer auf dem Zufallboden im obersten Martelltale im Vinschgau. In den Jahren 1888, 1889 und 1891 war das genannte Tal durch Ausbrüche des Marteller Eissees verwüstet worden, der sich, soviel bekannt, im erstgenannten Jahre zum ersten Male gebildet hatte. Um einer Wiederholung solcher Schäden vorzubeugen, wurde der vorhin genannte oberste Talboden durch eine Staumauer abgeschlossen und so ein Staubecken mit einem ausreichenden Stauraume gebildet, aus dem die Wassermassen durch einen Stollen abfließen müssen, der in der Zeiteinheit nur ein für den unteren Lauf unschädliches Maß passieren läßt.

In Aktion getreten ist diese 1891—1893 errichtete Staumauer allerdings noch nicht, da sich der Eissee seit dem Jahre 1891 nicht wieder gebildet hat.

Ein weiteres Beispiel einer derartigen Schutzanlage ist die geplante Sperre an der Albigna im Bergell, deren Bau im Vorjahre eingeleitet wurde. Die Albigna führte im September 1927 eine Hochwassermenge von 128 Sekundenkubikmeter ab und richtete außerordentlichen Schaden an. Um dies in Hinkunft unmöglich zu machen, soll durch die Erbauung einer Sperre ein Staubecken von 2,9 Millionen m^3 Fassungsraum geschaffen und der Abfluß durch einen Stollen auf 11 m^3 pro Sekunde gedrosselt werden. Es ist geplant, die Staumauer später zu erhöhen und so den Inhalt des Staubeckens zwecks Gewinnung von elektrischer Energie auf 25 Millionen m^3 zu vergrößern.

Ein zweites Mittel zur Verringerung der Wassermenge eines Baches ist die Abfangung der Zuflüsse und deren Ableitung mittelst eines neu zu erstellenden Gerinnes seitlich besonders gefährdeter Bachstrecken entweder in den Unterlauf oder in ein benachbartes Rinnsal.

Eine solche Ableitung wurde ausgeführt in der Nolla, woselbst mehrere Zuflüsse der schwarzen Nolla abgefangen und oberhalb der gefährlichsten Anbrüche mittelst eines 3 km langen Kanals in das Maitlitobel abgeleitet wurden. Auch auf der Burtschaalpe im Gebiete des Schesatobels bei Bludenz und im Wiednerbache bei Au im Bregenzer Walde wurden ähnliche Arbeiten ausgeführt.

Die Möglichkeit, dieses Mittel anzuwenden, ist aber in unseren Wildbächen doch nur verhältnismäßig selten gegeben.

Auf die Herabminderung der Hochwassermenge durch Aufforstungen komme ich später zu sprechen.

Der zweite Faktor, welcher die Stoßkraft des Wassers bestimmt, ist dessen Geschwindigkeit. Sie hängt ab von der Wassertiefe beziehungsweise dem hydraulischen Radius, der Form und Beschaffenheit des Gerinnes und in hohem Maße vom Gefälle.

Dieses letztere läßt sich innerhalb gewisser Grenzen vermindern, indem man die Sohle in der unteren Strecke durch den Einbau von Querbauten — Grundschwellen oder Talsperren — hebt. Diese Hebung bewirkt gleichzeitig auch eine Sohlenverbreiterung, gibt damit dem Wasser die Möglichkeit, sich auszubreiten und erzielt so eine Verringerung der Wassertiefe.

Im Gegensatze zu den früher besprochenen Stausperren ist die Hauptaufgabe der letzterwähnten Werke nicht die Zurückhaltung von bereits in Bewegung befindlichem Geschiebe, sondern die, das Gefälle des Baches zu brechen, ihm seine unterwühlende Kraft zu nehmen, den unterwaschenen Lehnen wieder eine Stütze zu bieten und die Geschiebeerzeugung zu verhindern. Sie heißen daher Konsolidierungssperren (Abb. Nr. 6, 7 u. 8). Sie schützen die Sohle, soweit ihre Verlandung zurückreicht, vor den Angriffen des Wassers, büßen daher mit dem Eintritte der Verlandung ihre Wirksamkeit nicht ein, son-

dern behalten dieselbe, solange sie bestehen; es kommt deshalb bei ihnen auf das Ausmaß ihres Verlandungsraumes nicht an.

Derartige Konsolidierungswerke werden je nach den Verhältnissen aus verschiedenem Materiale und in verschiedensten Bauweisen errichtet. Ich nenne z. B. Flechtwerks- und Faschinensperren, dann verschiedene Arten von Holzsperren — einwandige und Steinkastensperren —, Grundschwellen unter Verwendung von Drahtschotterbehältern, Querbauten in Trockenmauerung, gemischtem Mauerwerk, in Zementmörtelmauerung, in Stampfbeton und endlich Eisenbeton. Als Beispiel für diese letztere Bauweise wäre anzuführen der Vorbau eines neuen Werkes vor einer 10 m hohen baufälligen alten Holzsperre im Steinebach bei Dornbirn (Abb. Nr. 24). Bei dieser Sperre wurde vor die Stirnwand des alten Werkes eine Eisenbetonwand gestellt, welche den Wasserdruck auf an beiden Ufern erstellte gemauerte Widerlager überträgt. Um eine Abschleifung der neuen Stirnwand durch das abstürzende Wasser und Geschiebe zu verhüten, wurde der Wasserabsturz durch eine auf einem Gewölbe ruhende Schußtenne nach vorne verlegt. Die Schußtenne ist abgepflastert, die Überfallskante mit einer Eisenbahnschiene armiert.

Weiter auf die verschiedenen Konstruktionen, deren Vor- und Nachteile einzugehen, würde zu weit führen; dieselben sind Ihnen wohl ohnedies zur Genüge bekannt.

Die Konsolidierungswerke erhalten meist nur eine geringe Höhe von wenigen Metern. Große Werke werden nur erbaut, wo es sich darum handelt, eine ausgiebige Hebung der Bachsohle zu erzielen, was mitunter notwendig ist, um den in Bewegung befindlichen Lehnen wieder einen sicheren Fuß, eine feste Stütze zu geben.

Aber auch in solchen Fällen ist es meist vorzuziehen, mit nicht zu hohen Werken zu arbeiten und die nötige Sohlenhebung durch eine Serie von Sperren zu bewirken, von denen immer eine auf die Verlandung der vorhergehenden gestellt wird. Diese Werke werden möglichst knapp aneinander gerückt und ihre gegenseitigen Abstände nicht größer bemessen, als es der Wasserabsturz erfordert (Abb. Nr. 15 und 16).

Dieser Vorgang empfiehlt sich besonders dort, wo starker Seitendruck der Berglehnen auftritt. Dieser macht sich oft in der unliebsamsten Weise geltend: er hebt einzelne Steinscharen gemauerter Sperren, zerdrückt und zertrümmert Steine, verschiebt ganze Partien der Längs- und Querbauten, deformiert dieselben, führt unter Umständen zu deren Zerstörung und setzt der Verbauung oft außerordentliche Schwierigkeiten entgegen. Die entstehende Pressung ist mitunter so stark, daß selbst vertikale Materialhebungen — Aufstauchungen in der Bachsohle — zu beobachten sind. Die Bewegung ergreift öfters auch scheinbar feststehende Felsköpfe, welche direkt zur Einbindung höherer Sperren verlocken würden.

Es gelingt in diesen Fällen meist nicht, durch solche einzelne hohe Werke die Bodenbewegung zur Ruhe zu bringen, da sich der Lehnendruck hauptsächlich auf diese Bauwerke konzentrieren und sie zerstören würde. Es empfiehlt sich vielmehr, durch eine Serie kleinerer Querwerke, schon entsprechend weit unterhalb der kritischen Strecke beginnend, eine ausreichende Sohlenhebung durchzuführen, derart, daß der Lehnendruck vom Verlandungskörper aufgenommen wird. Ungünstige Bachprofile für den Einbau solcher Querwerke müssen hierbei in Kauf genommen werden, und es wird von Fall zu Fall zu erwägen sein, ob es zweckmäßiger ist, diese letzteren unmittelbar in die Lehnen einzubinden oder den Anschluß an diese mittelst zurückgezogener Flügel zu bewerkstelligen.

Besondere Schwierigkeiten bietet die Sicherung der Sperren gegen Unterwaschung, da sich auf den Sperrenvorfeldern der Angriff des abstürzenden Wassers konzentriert. Vorfeldpflasterungen sind daher der Gefahr der Zerstörung am stärksten ausgesetzt, und diese ist um so kritischer, als eine Unterwaschung der Sperren ihren Einsturz zur Folge haben kann.

Man hat in früheren Zeiten zuweilen getrachtet, den Absturz des Wassers und Geschiebes durch eine staffelförmige Ausbildung der talseitigen Stirnwand zu mildern, eine Bauweise, welche in jüngster Zeit von bayrischer Seite neuerdings empfohlen wurde. Es ist wohl überflüssig, auf die Gefahren derselben hinzuweisen, welche darin bestehen, daß der Aufprall der Wasser- und Geschiebemassen auf die vorspringenden Stufen eine fortwährende Erschütterung und starke Abnützung des Baues verursacht und zu einer raschen Beschädigung desselben führen muß.

Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt.

Wesentlich vorteilhafter ist die vom Schweizer Ingenieur Aebi empfohlene Ausgestaltung der talseitigen Stirnwand nach der Sinuslinie oder überhaupt nach einer S-Kurve. Hierbei ist auf die maximale Wassergeschwindigkeit insofern Bedacht zu nehmen, als sich der Wasserstrom nirgends von der Sperre ablösen darf, weil nur dann ein Absturz vermieden wird und ein Hingleiten des Wassers und Geschiebes über die Werke erzielt wird. Es muß ferner talseits an diese eine tunlichst rauh zu haltende Pflasterung angeschlossen und so weit verlängert werden, daß die sich bildende stehende Welle nicht darüber hinausgreift.

Solche Werke haben sich besonders zur Sohlenfixierung in geschlossenen, nicht zu steilen Gerinnen sehr gut bewährt. Sie unterliegen jedoch in ihrem unteren, konkaven Teile einer stärkeren Abnützung. Zu einer ausgiebigen Sohlenhebung sind sie aus dem Grunde nicht geeignet, weil sie im Vergleiche zu ihrer Höhe sehr große Mauerwerkskubaturen erfordern.

Besonders stark sind die Sturzbettpflasterungen höherer Sperren der Zerstörungsgefahr ausgesetzt. Um sie tunlichst gegen Beschädigungen zu schützen, empfiehlt es sich, sie vorne durch überhöhte Gegensperren abzuschließen beziehungsweise die Pflasterungen unter die Krone der Gegensperren zu versenken, so daß sich auf der Pflasterung ein den Absturz mildernder Wasser- und Geschiebepolster bildet.

Vielfach sieht man auch von der Anbringung von Sturzbettpflasterungen überhaupt ab und sucht die Gefahr einer Sperrenunterwaschung durch Erbauung von Vorsperren auszuschließen, welche das Fundament der Hauptsperre ausreichend decken (Abb. Nr. 20 und 23).

Da die Wirkung einer Sperre auf die Bachsohle nicht weiter zurückreicht als die Verlandung, ist es, um eine Gerinnstrecke vollständig zu sichern, nötig, die Werke systematisch, d. h. so anzuordnen, daß die Verlandung der vorausgehenden bis zum Fuße der folgenden Sperre zurückreicht, so daß die ganze Bachsohle systematisch abgestaffelt — abgetreppt — wird (Abb. Nr. 9, 10, 11, 12, 19, 21 und 25).

Es ist keineswegs gleichgültig, ob diese Abstaffelung durch höhere oder niedere Werke erfolgt. Da niedere Werke naturgemäß enger zusammengerückt werden müssen, sind sie in steilen Gerinnen mit großer Wasserführung nicht imstande, die Kraft des Wassers zu brechen, sondern dieses schießt über sie mit beinahe unverminderter Geschwindigkeit und ungebrochener Kraft hinweg zu Tal. Eine zu geringe Werkshöhe kann also, auch wenn zur Stütze der Lehnen eine größere Sohlenhebung nicht erforderlich ist, unzweckmäßig sein.

Die besprochenen Querbauten genügen aber nicht in allen Fällen, um den Fuß der Lehnen zu schützen, vielmehr sind, besonders in wasserreichen Bächen, ferner an konkaven Uferstellen Uferschutzbauten nötig, welche gleichfalls wieder in der verschiedensten Konstruktion erstellt werden: als Ufermauern, Böschungspflasterungen, hölzerne ein- oder doppelwandige Versicherungen, Steinsätze und Steinwürfe, Flechtwerke und Faschinenbauten usw., welche die Ufer kontinuierlich schützen (Abb. Nr. 13, 14, 22 und 27), oder auch als Buhnen und Sporne, welche den Wasserstrom von den gefährdeten Stellen ablenken. Bei den kontinuierlichen Bauten empfiehlt es sich, glatte Flächen, an die sich das Wasser anlegen kann und die zur Erhöhung der Wassergeschwindigkeit beitragen, nach Tunlichkeit zu vermeiden. Diesem Zwecke, der Erzielung größerer Rauhigkeit, dienen auch den Längsbauten vorgesetzte Vorgrundsporne.

In manchen Fällen ist es zweckmäßiger als die Kraft des Wassers zu brechen, das Bachbett gegen die Wasserangriffe widerstandsfähig zu machen, indem man dasselbe durch Pflasterungen — Schalenbauten (Abb. Nr. 17 und 18) — schützt. Sie gestatten eine gleichmäßige Sohlenhebung und gewähren der Sohle und den Ufern einen kontinuierlichen Schutz, bewirken jedoch eine bedeutende Vermehrung der Wassergeschwindigkeit und sind deshalb einer starken Inanspruchnahme und Abnützung ausgesetzt, weshalb es zweckmäßig erscheint, ihre Anwendung hauptsächlich auf wasserarme Gerinne zu beschränken.

Runsen und Regenschluchten werden gegen die fortschreitende Erosion durch Ausbuschungen in Form kleinster Querschwellen oder in Form einer durchlaufenden Graßlage versichert.

Außerordentlich wichtig ist dann noch die Ausführung von Entwässerungs- und Bodenbindungsarbeiten.

Die ersteren werden teils oberirdisch als offene, wenn nötig, in verschiedenster Weise versicherte Gräben, teils unterirdisch als gedeckte Sickerschlitze oder auch als Rohrstränge, eventuell bei tiefgreifenden, auf bestimmten Flächen gleitenden Rutschungen in Form von Entwässerungsstollen ausgeführt.

Die Entwässerungsanlagen müssen sich nach den örtlichen Verhältnissen, besonders der Beschaffenheit des Bodens richten und erzielen, wenn richtig angelegt, unter Umständen staunenswerte Erfolge.

Die Bodenbindungsarbeiten umfassen kleine Stützwerke, Verflechtungen, Berasungen, Bebuschungen und Aufforstungen und haben die Aufgabe, der Bodenoberfläche Schutz zu gewähren. Sie haben zur Voraussetzung, daß vorher die Gleichgewichtsbedingungen für die Lehnen geschaffen sind. Es ist eine vergebliche Arbeit, übersteile Böschungen durch Flechtzäume und dergleichen dauernd halten zu wollen; solche Versuche führen fast immer zu Mißerfolgen. Entspricht aber die Neigung der Lehne den natürlichen Böschungsverhältnissen des Materiales, dann sind Flechtzäune häufig entbehrlich, und es kann die Bekleidung der Böschungen mit einer Vegetationsdecke auch ohne ausgedehnte Anwendung dieser immerhin kostspieligen Maßnahme erreicht werden (Abb. Nr. 26, 28, 31 und 32).

Die Berasungen schützen den Boden gegen die oberflächliche Abschwemmung; sie werden ausgeführt meist in Form von Besamungen oder durch streifenförmiges Anlegen von Rasenplaggen. Dichter Graswuchs ist imstande, viel Regenwasser zurückzuhalten und verdunstet auch große Wassermengen. Wird jedoch das Gras abgemäht oder abgeweidet, so geht diese vorteilhafte Wirkung zum weitaus größten Teile verloren. Bei starkem Regen, Wind oder Schneefall legen sich auch die Halme des stehenden Grases häufig um, werden zu Boden gepreßt und bilden dann eine glatte Bahn, über welche das in Mulden sich sammelnde Wasser mit großer Geschwindigkeit zu Tal schießt und mitunter auch die Rasendecke und den Boden aufreißt.

Der Rasen schützt aber — namentlich auf undurchlässigem Boden — auch nicht gegen das Entstehen von Abrutschungen; es ist vielmehr bei langandauernden heftigen Niederschlägen sehr häufig die Bildung zahlreicher oberflächlicher Abrutschungen auf berasten Flächen zu beobachten.

An Wirksamkeit zur Bodenbindung steht die Berasung gegenüber der Bebuschung und Aufforstung weit zurück, sie besitzt jedoch diesen gegenüber den Vorzug, daß sie auch noch über der Baumgrenze durchführbar ist.

Der Wald ist jene Kulturart, welche den Boden am besten schützt; er festigt durch die weit ausstreichenden Baumwurzeln den Boden, erschwert die Bildung von Erdschlipfen und oberflächlichen Abrutschungen, kann sie aber auf Lehmboden, besonders Flysch, allerdings auch nicht unter allen Umständen verhüten.

Ein Beispiel hierfür bildet das Entstehen einer größeren Abrutschung an den bewaldeten Abhängen des Sandling nächst Goisern in Oberösterreich.

Immerhin ist das Entstehen derartiger Rutschungen im Walde verhältnismäßig selten.

Der Wald ist natürlich auch nicht imstande, Uferangriffe zu verhüten oder bei Fußunterwaschungen das Entstehen von Bodenbewegungen zu verhindern oder solche aufzuhalten.

Außer der vorerwähnten Schutzwirkung auf den Boden übt der Wald aber auch noch einen starken Einfluß auf den Wasserabfluß aus. Die Ansichten darüber, wie weit derselbe reicht, gehen jedoch noch sehr weit auseinander. Während eine Partei die Wirkung des Waldes als ausschlaggebend hinstellt und alles Heil von diesem erwartet, vertritt eine andere Partei die Meinung, daß diese Wirkung nur eine untergeordnete sei, ja, einzelne gehen so weit, eine günstige Wirkung überhaupt in Abrede zu stellen. Beide Parteien stützen ihre Ansicht auf unbezweifelbare Beobachtungen und Tatsachen. Die einen verweisen auf die katastrophalen Folgen der Entwaldungen, welche zur Verödung und Verkarstung ganzer Gegenden geführt haben, so in Südfrankreich, in Spanien, Dalmatien usw., auf den Umstand, daß die Entfesselung zahlreicher Wildbäche den in ihren Einzugsgebieten vorgenommenen ausgedehnten Schlägerungen binnen kurzer Zeit folgte usw. Die anderen verweisen darauf, daß auch die bestbewaldeten Gebiete von Hochwasserkatastrophen nicht verschont geblieben sind und daß sich seit Jahrhunderten eine Änderung der katastrophalen Hochfluten unserer Flüsse trotz unzweifelhaft eingetretener Verschlechterung der Waldverhältnisse nicht nachweisen lasse, ja, der amerikanische In-

genieur Chittenden gelangt in seiner «Untersuchung über die Beziehungen der Wälder und Staubecken zum Abflusse, mit besonderer Rücksichtnahme auf die schiffbaren Flüsse» sogar zu dem Schlusse, «daß der Forstkultur jeder Wert hinsichtlich der Schwächung extremer Hochfluten abgesprochen werden müsse».

Im Gegensatz zu diesem extremen Standpunkte schreiben mehrere angesehene Forstleute dem Walde eine hervorragende Wirkung zur Verhütung von Hochwasserverheerungen zu, und sie gehen so weit, der Aufforstung den weit überwiegenden Anteil an der Beruhigung der Wildbäche beizumessen. Sie wollen demgemäß den baulichen Maßnahmen nur eine ganz untergeordnete Rolle eingeräumt wissen, ja bezeichnen sie in den meisten Fällen als entbehrlich, da nach ihrer Meinung durch die Aufforstung eine derartige Verminderung der Hochwassermengen erzielt werden kann, daß diese in der Regel unschädlich ablaufen und die Wildbäche keine Schäden mehr verursachen. Sie behaupten, daß man den weitaus größten Teil des Aufwandes für die immerhin sehr kostspieligen baulichen Maßnahmen in den Wildbächen ersparen könne, wenn man dafür das Hauptgewicht auf die Aufforstungen lege.

Es ist nun volkswirtschaftlich von größter Bedeutung, diese Frage zu klären.

Wesentlich gefördert wurde dieser Zweck durch die sorgfältig durchgeführten vergleichenden Niederschlags- und Abflußmessungen, welche die Schweizer. Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen im Sperbel- und Rappengraben im Emmental durchgeführt hat, von denen der erstere zu 97 %, also praktisch vollständig, der letztere zu ⅓, also verhältnismäßig schwach bewaldet ist. Diese Messungsergebnisse sind von Professor Dr. Engler wissenschaftlich bearbeitet und veröffentlicht worden, und Dr. Burger hat weiter noch über die ebenfalls von der genannten Anstalt durchgeführten Bodenuntersuchungen berichtet.

Aus diesen Messungen und Untersuchungen ergibt sich folgendes: Während man früher der Meinung war, der Wald vermindere den Wasserabfluß hauptsächlich durch die Retentionswirkung der Baumkronen und des Unterwuchses, durch den großen Wasserverbrauch der Vegetation und die mechanische Verzögerung des Abflusses, welche durch die lebende und tote Pflanzendecke bewirkt wird, hat sich herausgestellt, daß die hauptsächlichste Wirkung des Waldes darin besteht, den Boden durch die Wurzeltätigkeit und die Tätigkeit der Bodenfauna zu lockern und ihn zu befähigen, große Wassermengen aufzunehmen und unterirdisch abzuleiten. Dieser unterirdische Abfluß erfolgt naturgemäß viel langsamer und viel gleichmäßiger als der oberirdische, wodurch die Hochwasserwellen abgeflacht werden. Hingegen ist nach den Untersuchungen Prof. Englers der Wasserabfluß und demgemäß auch der Wasserverbrauch im Walde und im Freilande in den schweizerischen Voralpen im Jahresdurchschnitt gleich groß.

Die Verminderung des Hochwassers kommt namentlich bei heftigen, aber kurzen Gewitter- und Schlagregen und bei Wolkenbrüchen zur Geltung. Bei solchen Ereignissen hat sich ausnahmslos eine wesentliche Erniedrigung der Hochwasserwellen durch den Wald nachweisen lassen, und es ist der Schluß berechtigt, daß dieser auf die Hochwässer unserer Wildbäche, welche durch derartige Elementarfälle bedingt werden, sehr günstig wirke.

Bei langandauernden Landregen und Regenperioden kann aber nach Prof. Engler die Wirkung des Waldes versagen, ja, es kommt sogar, wenn auch selten aber doch vor, daß bei annähernd gleichen Niederschlägen aus dem Walde mehr Wasser abfließt als vom Freilande. Diese auffallende Erscheinung hat Engler damit erklärt, daß den betreffenden Landregen längere Perioden nasser und kalter Witterung vorausgegangen sind, während welcher der Boden bereits mit Wasser gesättigt worden war, so daß er kein neues Wasser mehr speichern konnte und mit den neu gefallenen Regenmengen auch das gespeicherte Wasser zum Abflusse gelangt sei.

Die Hochwässer unserer Flüsse rühren aber nicht von kurzen Gewitter- und Schlagregen, sondern von lange andauernden, zwar minder heftigen, im ganzen aber doch größere Wassermengen liefernden Niederschlägen her, und es ergibt sich aus obigen Feststellungen, daß auch die beste Bewaldung nicht imstande ist, Hochwasser der Flüsse sicher zu verhüten.

Hiermit stimmen auch die Erfahrungen überein, welche vielfach, so auch bei den Hochwässern der Jahre 1897 und 1899, gemacht wurden, die u. a. auch das Salzkammergut heimgesucht haben, das zu mehr als 50 %

bewaldet ist und woselbst die Pflege und Bewirtschaftung des Waldes zu keinerlei Klagen Anlaß gaben. Selbst in dem zu 90 % mit vorzüglich gepflegtem Walde — Tanne und Buche — bestockten Gebiete der Andlau im Elsaß waren im Dezember 1882 bedeutende Hochwasserschäden zu beklagen. Allerdings erreichten bei diesen Elementarereignissen die Regenmengen eine ganz außerordentliche Höhe; so wurden im Salzkammergute 1899 bis zu 656,5 mm in sechs aufeinanderfolgenden Tagen und im Elsaß 383 mm innerhalb eines Zeitraumes von drei Tagen gemessen. Stellt man diesen Zahlen die Messungsergebnisse im Emmentale gegenüber, woselbst die größten Regenmengen im Jahre 1916 nur 141,1 mm in zehn Tagen und im Jahre 1909 160,9 mm in neun Tagen betrugen, so ersieht man, daß diese kein sonderlich großes Gesamtmaß erreichten, ja, daß dieses sogar gegen die 1899 im Salzkammergute gemessene eintägige Regenmenge, welche z. B. am Langbathsee 254,7 mm betrug, wesentlich zurückbleibt.

Die Beobachtungen im Emmental geben uns daher — wenigstens soweit bisher veröffentlicht — keinen Aufschluß über das Verhalten des Waldes bei besonders heftigen Niederschlägen, aber es ist wohl die Vermutung nicht von der Hand zu weisen, daß sich bei solchen die Retentionswirkung des Waldes vorzeitig erschöpfe.

Erfahrungsgemäß verdichtet sich aber bei langandauernden Landregen der Niederschlag mitunter örtlich zu einem heftigen Wolkenbruche, der ein beschränktes Gebiet mit enormen Wassermengen überschüttet. Tritt dieser Fall nicht zu Beginn, sondern im späteren Verlaufe des Landregens oder der Regenperiode ein, so kann die Aufnahmefähigkeit des Bodens gleichfalls bereits erschöpft sein, derart, daß der Wald seine Wirkung auf den Wasserabfluß verliert und auch das Entstehen von Hochwässern in kleinen Bachgebieten nicht mehr verhindern kann. Immerhin bleibt auch dann noch die gute Wirkung des Waldes in bezug auf die Bodenbindung und Geschiebebildung gewahrt.

Es muß übrigens noch besonders hervorgehoben werden, daß die Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt ganz wesentlich von seiner Beschaffenheit abhängt, welche, abgesehen von den geologischen Verhältnissen, außerordentliche Unterschiede nach der Holzart, dem Bestandesalter, der Bestockung, Bewirtschaftung und den Wachstumsverhältnissen aufweist.

Am günstigsten wirkt der ungleichaltrige Plenterwald mit tief angesetzten Baumkronen, weit herabreichender kräftiger Beastung mit reichlicher Blattentwicklung, mit Jungwüchsen zwischen den älteren Stämmen, Unterwuchs in den Lücken und einer lebenden Bodendecke von zuweilen außerordentlicher Üppigkeit. Hier wird nicht nur der oberirdische Ablauf des Regenwassers stark verzögert, sondern es wird auch der Boden den höchsten Grad von Lockerheit und Wasserdurchlässigkeit erreichen und hierdurch den unterirdischen Ablauf begünstigen. Schon weniger günstig wirken gelichtete Altholzbestände und am ungünstigsten gleichaltrige Fichtenbestände, besonders wenn sie auf ehemaligem Weideboden erzogen sind.

Von großer Wichtigkeit sind auch die Bewirtschaftung und Pflege des Waldes, welche nicht allein auf die momentan größte Holzproduktion gerichtet sein dürfen, sondern stets auch eine Besserung des Bodenzustandes anstreben sollen, sowohl im Interresse des Wasserhaushaltes als auch in jenem der Nachhaltigkeit beziehungsweise Steigerung des Ertrages.

Sehr nachteilig auf den Wasserhaushalt wirkt die Gewinnung von Bodenstreu.

Natürlich können junge Aufforstungen lange nicht dieselbe günstige Wirkung entfalten wie ältere Bestände. Es bedarf langer Zeit, bis sich die Vegetation entwickelt, und noch viel länger, bis sich die erwünschte Änderung der Bodeneigenschaften einstellt. Auf ehemaligem Weideboden begründete Fichtenbestände sind in 50—70 Jahren noch nicht imstande, dem Boden jene Lockerheit und Durchlässigkeit zu verleihen, welche er in älteren Wäldern besitzt.

Anpflanzungen von Schutzhölzern zur oberflächlichen Bindung von Bruchflächen entwickeln sich, besonders in günstigen Lagen, zwar mitunter sehr rasch, aber eine Aufforstung mit edleren Holzarten bedarf jedenfalls geraumer Zeit, bis sie zur Wirkung gelangen kann.

Schon dieser Grund würde es in der Regel ausschließen, die Beruhigung unserer Wildbäche durch Aufforstungen allein erreichen zu wollen, da die bedrohten Liegenschaften nicht so lange ohne Schutz bleiben können.

Hierzu kommt aber noch, daß es gerade bei den gefährlichsten Wildbächen, in denen

die Erosion am kräftigsten arbeitet, nicht genügt, der weiteren Einwühlung Schranken zu setzen, sondern daß es, wie früher dargelegt, notwendig ist, den beweglichen Rutschungen und Bruchflächen wiederum eine Stütze zu geben und das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Dies kann durch Aufforstungen allein niemals geschehen.

Die Wirkung des Waldes ist eben in erster Linie eine Schutzwirkung; eine Heilwirkung kann er nur dann entfalten, wenn vorher die Stabilitätsbedingungen für die Lehnen geschaffen wurden. Ist dies geschehen, dann wird durch die Aufforstungen auch bald wenigstens eine geschlossene Schutzholzdecke zu erzielen sein, welche zur Festigung des Bodens die besten Dienste leisten und etwa auf den Lehnen ausgeführte Bodenbindungsarbeiten, wie kleine Stützwerke, Flechtzäune und dergleichen, entbehrlich machen und den Erfolg der Verbauung dauernd sichern wird.

Einmütig wird von allen Forstleuten, auch jenen, welche die Bezähmung der Wildbäche hauptsächlich durch Aufforstungen erreichen wollen, darauf verwiesen, daß ein Erfolg dieser letzteren nur dann zu erhoffen sei, wenn sie sich auf große Flächen erstrecken.

Der Aufforstung sind jedoch verhältnismäßig enge Grenzen gezogen einerseits durch die Höhenlage vieler Flußgebiete, andererseits durch die wirtschaftlichen Verhältnisse der Bevölkerung.

So liegen beispielsweise vom Rheingebiete oberhalb Ragaz 43,4 %, vom bündnerischen Inngebiete gar 70,6 % über der Waldgrenze, kommen daher für die Forstkultur überhaupt nicht in Betracht.

Es ist aber auch ausgeschlossen, landwirtschaftliche Kulturgründe in größerem Umfange aufzuforsten, weil dadurch der Existenzkampf der Gebirgsbevölkerung noch weiter erschwert oder diese zum Verlassen ihrer Wohnstätten veranlaßt würde, während doch mit allen Mitteln getrachtet werden muß, sie auf ihrer Scholle zu erhalten.

Die Erfolge, welche in Frankreich durch Aufforstungen — wie übrigens ausdrücklich festzustellen ist — in Verbindung mit systematischen Verbauungsarbeiten bei der Beruhigung der Wildbäche erzielt wurden, werden allgemein anerkannt. Die umfangreichen Aufforstungen hatten aber die Entvölkerung ganzer Täler zur Folge und lösten deshalb schwerwiegende Angriffe auf die französische Staatsforstverwaltung aus.

Die Forderung, man solle der Bevölkerung einen Ersatz für die aufgeforsteten Weideflächen bieten, nimmt sich zwar recht gut aus, ist aber praktisch wohl nur in den seltensten Fällen durchführbar, um so weniger, als es sich ja um verhältnismäßig große Flächen handeln müßte. Wo haben wir aber in unseren Gebirgsländern größere Ödflächen, welche der Weidewirtschaft neu gewonnen werden können, oder Flächen, deren Melioration einen entsprechenden Ersatz für große Aufforstungsflächen bieten könnte? Ganz abgesehen davon, daß gerade die Weide die für den Wasserabfluß nachteiligste Betriebsart ist und durch ihre Intensivierung der Erfolg der Aufforstungen wieder geschmälert werden würde.

Jedenfalls kann durch eine übermäßige und unvorsichtige Nutzung unserer Wälder viel mehr geschadet als durch die Aufforstung wieder gut gemacht werden. Auch von forstlicher Seite ist schon davor gewarnt worden, auf die Aufforstungen übertriebene Hoffnungen zu bauen und darauf verwiesen worden, daß die Erhaltung und Verbesserung der bestehenden Alpwaldungen viel wichtiger sei als Neuaufforstungen, welche meist nur kleine Flächen betreffen können. Ich möchte diesen Worten, unter ausdrücklicher Hervorhebung, daß sich die schweizerische Forstwirtschaft dieses Ziel vor Augen hält und auf anerkannt hoher Stufe steht, beipflichten und nur nochmals die Wichtigkeit der Bestockung kahler Bruchflächen hervorheben.

Es muß bei diesem Anlasse noch darauf hingewiesen werden, daß ebenso wie die Bewirtschaftung unserer Forste auch jene der in den Wildbachgebieten gelegenen landwirtschaftlichen Grundstücke unter Bedachtnahme auf den Wasserabfluß erfolgen sollte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der Wald, so günstig er wirkt und so wertvolle Dienste er bei der Beruhigung der Wildbäche leistet, doch die baulichen Maßnahmen in der Regel nicht zu ersetzen, sondern nur ihre Wirkung zu unterstützen und zu sichern vermag.

Zur Bekräftigung der gegen das bisher angewandte System der Wildbachverbauung erhobenen Angriffe wird auf die Mißerfolge mancher Verbauungen hingewiesen. Geht man aber der Sache auf den Grund, so findet man, daß diese Mißerfolge keineswegs auf das

System als solches zurückzuführen sind, sondern auf irgendwelche Fehler oder Mängel, welche sich vielleicht hätten vermeiden lassen, oder auf die nicht ganz zutreffende Beurteilung vorliegender Verhältnisse. Die Wildbachverbauung ist ein verhältnismäßig junges Spezialgebiet, die Beurteilung der Verhältnisse in den Wildbächen ist schwierig und bedarf langer Erfahrung.

Wenn bei einzelnen Verbauungsarbeiten vielleicht Fehler gemacht wurden, so gilt auch hier das Wort: «Durch Fehler lernt man». Keinesfalls aber darf man das Kind mit dem Bade ausschütten und sagen, das ganze System tauge nichts, sondern man muß loyalerweise vielmehr zugeben, daß die Mißerfolge nur Ausnahmen sind und daß die meisten vollständig ausgeführten Verbauungsarbeiten ihre Aufgabe wenigstens in der Hauptsache erfüllt und, wenn auch vielleicht nicht zu einer vollständigen Unschädlichmachung, so doch zu einer wesentlichen Besserung der Verhältnisse geführt haben.

Der Ingenieur ist ja auch nicht unabhängig in seinen Anordnungen, sondern an die Zustimmung jener Faktoren gebunden, welche die Kosten zu bestreiten haben, und da kann es wohl vorkommen, daß manches technisch nicht so gemacht werden kann, wie es am zweckmäßigsten wäre. Wie oft sind nicht schon notwendige Ergänzungen und Vervollständigungen an der leidigen Geldfrage gescheitert und trotz aller Mahnungen und Vorstellungen unausgeführt geblieben, ein Versäumnis, das sich dann später bitter gerächt hat.

Wenn es, wie in den vorjährigen Verhandlungen des Zürcher Ingenieur- und Architektenvereins betont wurde, gelungen ist, bei den Verbauungen im österreichischen Rheingebiete schöne Erfolge zu erzielen, so ist dies nicht zum wenigsten dem Umstande zu danken, daß man dort von Anrainerbeiträgen zu den Baukosten in der Regel abgesehen hat und daher in den Baudispositionen von den Lokalinteressen beziehungsweise ihrem Zahlungsvermögen und Zahlungswillen unabhängig war.

Es wäre niemals möglich gewesen, z. B. die Verbauung des Schesatobels auszuführen, wenn man irgend nennenswerte Beitragsleistungen von den Interessenten verlangt hätte, und viele andere und gerade die für den Rhein wichtigsten Verbauungswerke wären unausgeführt geblieben.

Ähnliches trifft bis zu einem gewissen Grade auch für die Erhaltung der Verbauungsanlagen zu, welche peinlich genau und verständnisvoll sein muß und die mit Rücksicht auf die auf dem Spiele stehenden öffentlichen Interessen keinesfalls den wenig zahlungskräftigen Anrainern ganz oder zum größten Teile überbürdet werden darf.

Gerade diese Erfahrungen möchte ich Ihnen ganz besonders ans Herz legen, wenn Sie nun an die Sanierung der Verhältnisse des Rheinflusses schreiten wollen. Sie werden dabei, wenn Sie Erfolg und Aufwand vergleichen, gewiß wesentlich besser abschneiden als mit unvollständigen und nicht systematischen Verbauungen oder solchen, die nach ihrer Ausführung nicht stets sorgfältig instandgehalten werden.

Ich möchte Ihnen nun noch einige Bilder des berüchtigten Schesatobels bei Bludenz vorführen (Abb. Nr. 29 und 30).

Der Schesabach war vor 150 Jahren noch vollkommen harmlos. Erst nach der Abholzung des Bergwaldes entstanden umfangreiche Bodenbewegungen, und im Jahre 1804 erfolgte der erste katastrophale Muhrgang, der die Grundstücke am Ausgange des Grabens verschüttete. Ein weiterer katastrophaler Muhrgang erfolgte dann erst nach einer langen Pause im Jahre 1857, wobei die Ill gegen die rechtsseitige Berglehne und die Ortschaft Nüziders abgedrängt wurde. Von der zweiten Hälfte der sechziger Jahre an häuften sich dann die Muhrgänge, und diese folgten einander mitunter mehrmals im Tage. Die entstandene Bruchfläche wurde immer größer und tiefer — bis 220 m gegenüber dem Bruchrande — und erreichte schließlich ein Ausmaß von 60 ha.

Ihre Verbauung wurde im Jahre 1897 auf Grund des im Jahre 1892 zwischen Österreich und der Schweiz abgeschlossenen Staatsvertrages in Angriff genommen. In demselben hatten sich beide Staaten verpflichtet, die geschiebeführenden Rhein-Zuflüsse zu verbauen. Im Sinne dieses Vertrages wurde mit dem Gesetze vom Jahre 1897 die finanzielle Grundlage für die Verbauung der Wildbäche im österreichischen Rheingebiete geschaffen und bestimmt, daß der Staat 90 %, das Land Vorarlberg 10 % zu dem betreffenden Baukredit beizutragen habe und allfällige Interessentenbeiträge dem Staate zugute kommen.

Zu Beginn des Baues hatte das Grabenprofil die für erodierende Bäche typische Dreiecksform mit außerordentlich steilen Wänden. Man mußte nun zunächst durch Erbauung von rasch herzustellenden Holzwerken trachten, der Erosion Einhalt zu tun. Im ganzen wurden gegen 200 derartige Werke, größtenteils doppelwandige Steinkastensperren, unter den größten Schwierigkeiten und außerordentlichen Gefahren für die Arbeiter erstellt.

Durch diese provisorischen Werke wurde zwar nur eine geringe Sohlenhebung, doch immerhin der Erfolg erzielt, daß die Muhrgänge etwas seltener wurden, so daß dann mit größerer Ruhe und Sicherheit an die Erbauung definitiver Werke geschritten werden konnte, deren Aufgabe eine ausgiebige Sohlenhebung ist. Eine solche und zwar in einem außerordentlich hohen Maße war aber notwendig, um den übersteilen Böschungen wieder einen Fuß und eine Stütze zu geben.

Diese Sohlenhebung erforderte die Errichtung von mehreren Sperrenstaffeln, da mit einzelnen Werken der nötige Erfolg nicht hätte erzielt werden können.

Die unterste dieser Staffel wurde im Halse des Bruchtrichters errichtet und zwar wurden mit der Zeit — abgesehen von drei niedrigen Vorsperren — sechs gemauerte Sperren übereinander gestellt, welche eine Gesamthöhe von rund 40 m erreichen.

Der oberste Sperrenstaffel umfaßt neun Sperren mit ungefähr 60 m Gesamthöhe, von denen die unteren im Material begraben liegen und seit Jahren nicht mehr sichtbar sind. Dieser Sperrenstaffel bildet vorläufig den oberen Abschluß der Abtreppung und bietet den obersten Bruchpartien eine gute Stütze, und es zeigt sich schon jetzt, daß die Verlandung hier sich in einem sehr steilen Winkel einstellen wird. Durch Wasserableitungsarbeiten wird die tunlichst steile Ausbildung der Verlandung noch gefördert, und es ist zu hoffen, daß es später gelingen werde, durch eine entsprechende Befestigung der Verlandung der weiteren Geschiebebildung Einhalt zu tun und das Terrain mit Hilfe einer Vegetationsdecke allmählich vollständig zu beruhigen.

Ich bin nun mit meinen Ausführungen zu Ende und möchte zum Schlusse nur noch hervorheben, daß jeder Wildbach ein Individuum für sich ist und daß es vor der Inangriffnahme jeder Verbauung nötig ist, die Verhältnisse des betreffenden Baches sorgfältig zu erheben und sich über seine Natur klar zu werden. Auf dieser Grundlage ist dann zu erwägen, welche baulichen und forstlichen Maßnahmen zu treffen sind, eventuell auch, ob und wie die landwirtschaftliche Nutzung im Gebiete zu beeinflussen wäre.

Möge es dem einträchtigen Zusammenwirken des Ingenieurs, des Forstmannes und des Landwirtes gelingen, die Verhältnisse in den Wildbachgebieten ausgiebig zu bessern, so daß die Gewässer, welche heute eine Gefahr und mitunter eine Geißel für den Gebirgsbewohner sind, ihre Gefährlichkeit verlieren und zum Segen für das Land werden.

Abb. 1. Karmelitergraben bei Lienz, Osttirol — Längswühlung

Abb. 2. Langbathbach bei Ebensee, Oberösterreich — Querwühlung

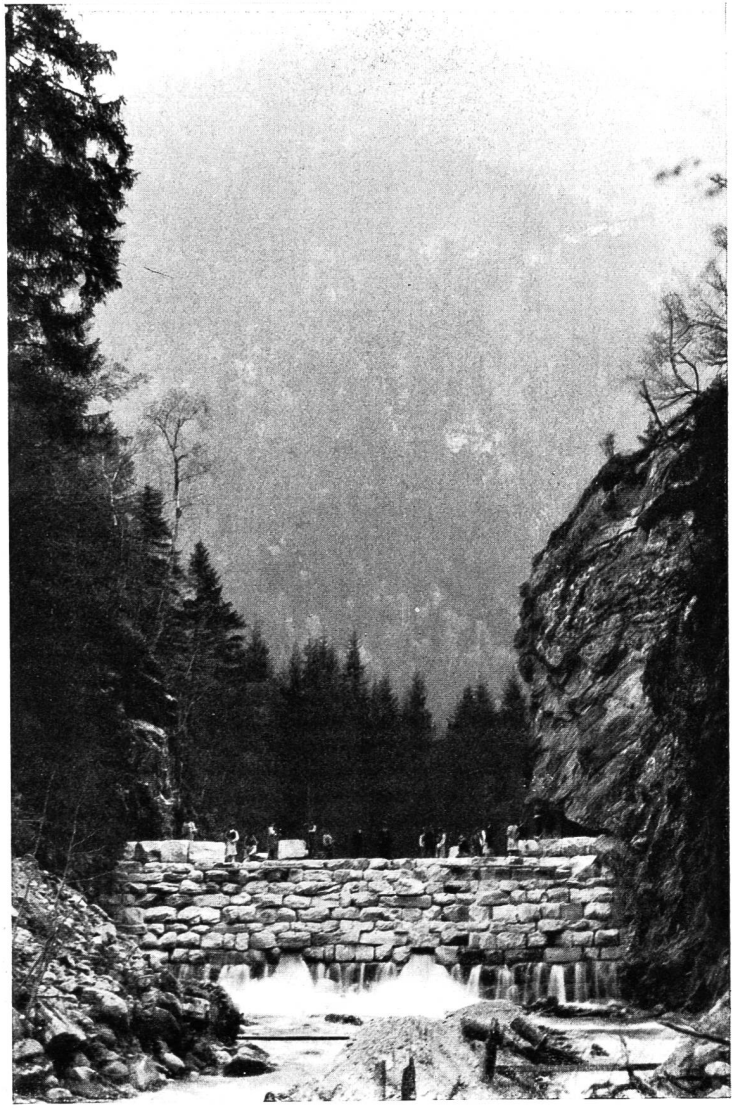

Abb. 3. Obersulzbach in Pinzgau, Salzburg — Stausperre in Trockenmauerwerk während des Baues

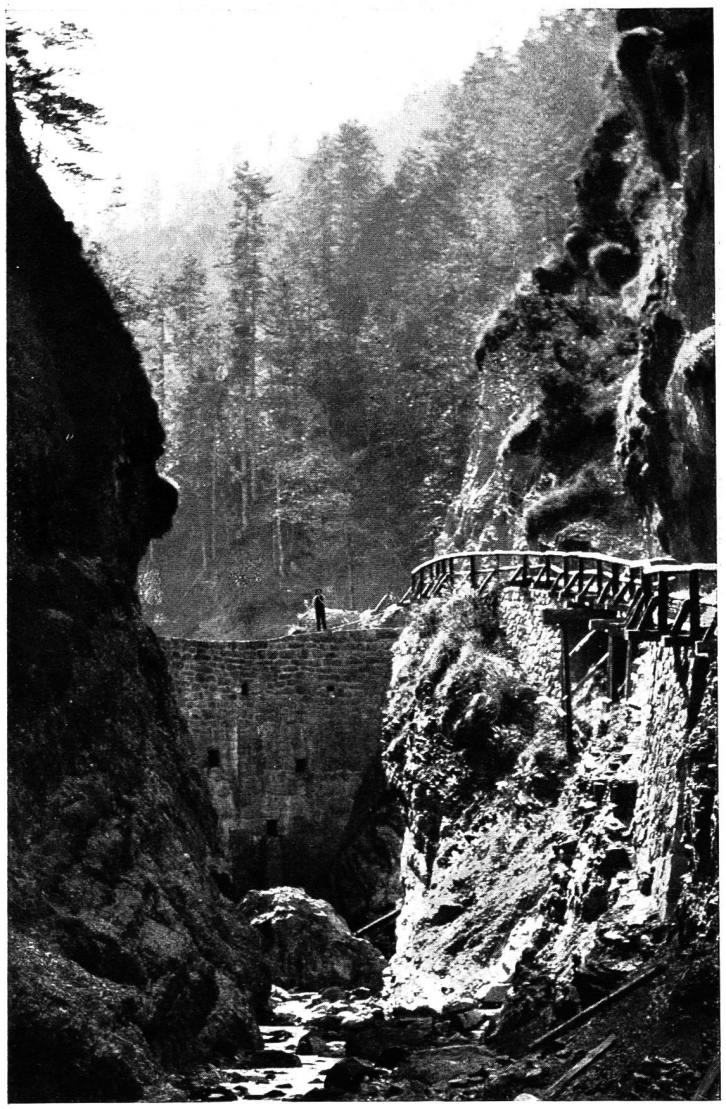

Abb. 4. Griesbach bei Erpfendorf in Tirol — Stausperre in Zementmörtel-Mauerwerk

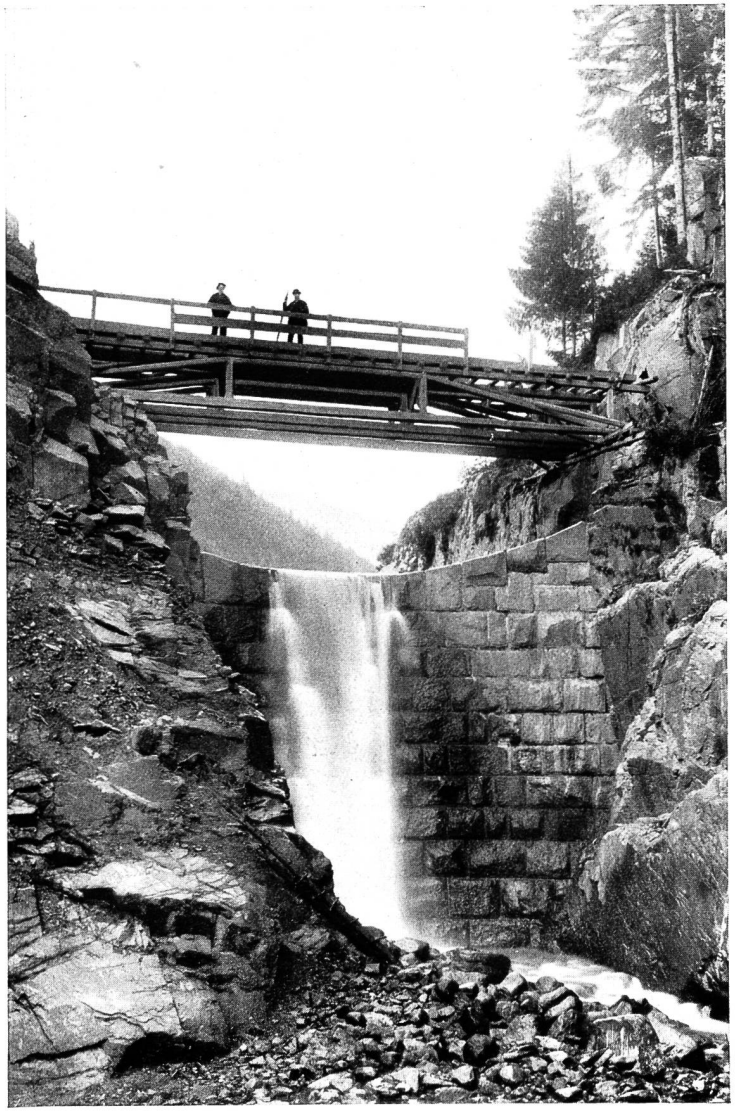

Abb. 5. Rivo Brusago, Cembratal, Südtirol — Stausperre in Zementmörtel-Mauerwerk

Abb. 6. Bruchfläche von Sette fontane, Cembratal, Südtirol — Konsolidierungssperren in Zementmörtel-Mauerwerk

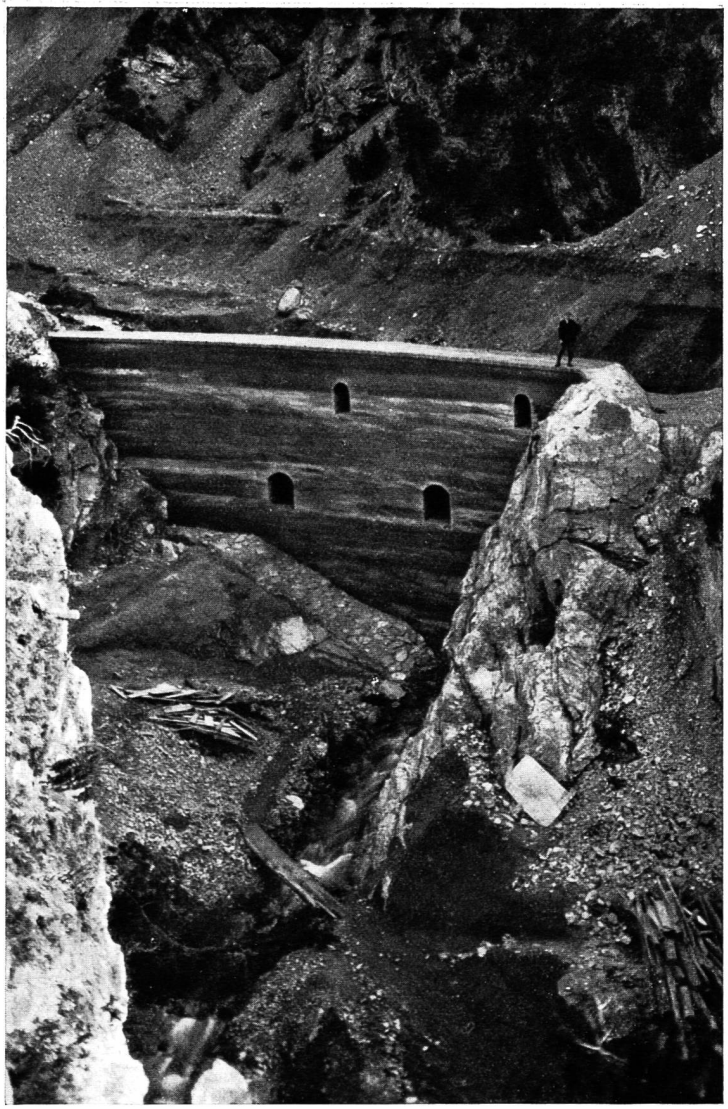

Abb. 7. Schloßbach bei Zirl, Nordtirol — Sperre in Stampfbeton mit Abflußgerinne im Fels am linken Ufer

Abb. 8. Galgentobel bei Bludenz, Vorarlberg — Sperre in Stampfbeton, Abflußsektion mit Steinkrone und Wassernase

Abb. 9. Klempferergraben bei St. Johann in Tirol — Abtreppung mit niedrigen hölzernen Grundschwellen

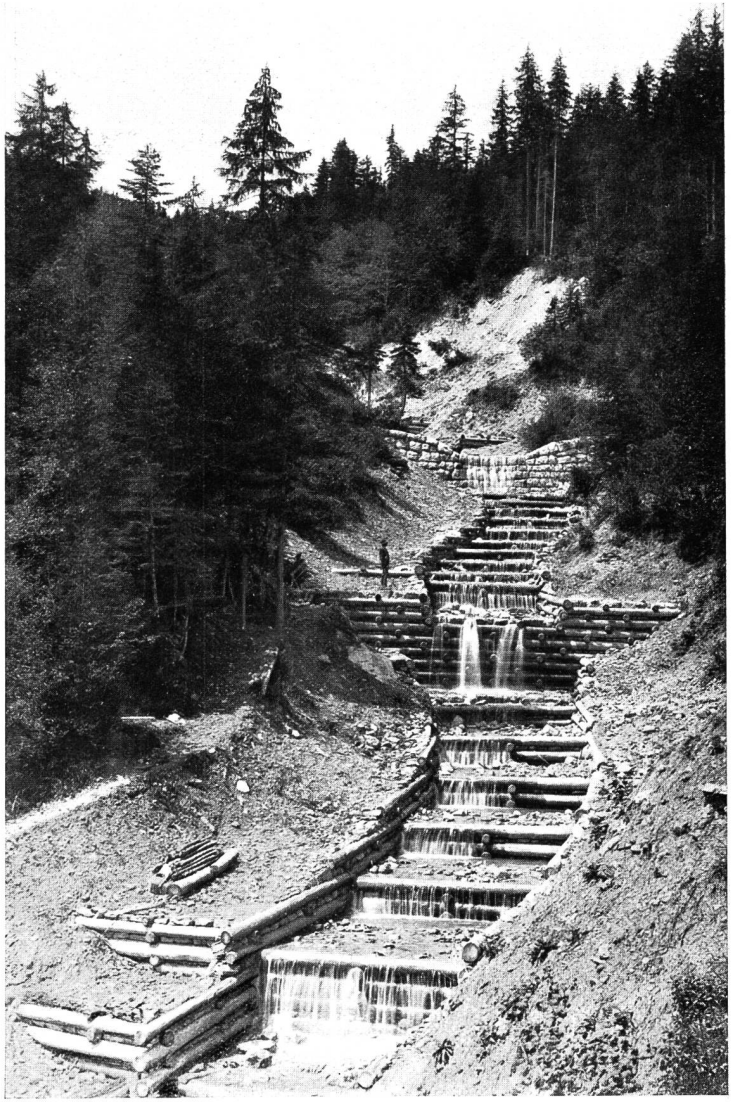

Abb. 10. Glaselbach in Gosau, Oberösterr. — Grabenabtreppung mittelst gemauerten Steinkastensperren und einwandigen Holzschwellen in Verbindung mit hölzernen Uferschutzbauten

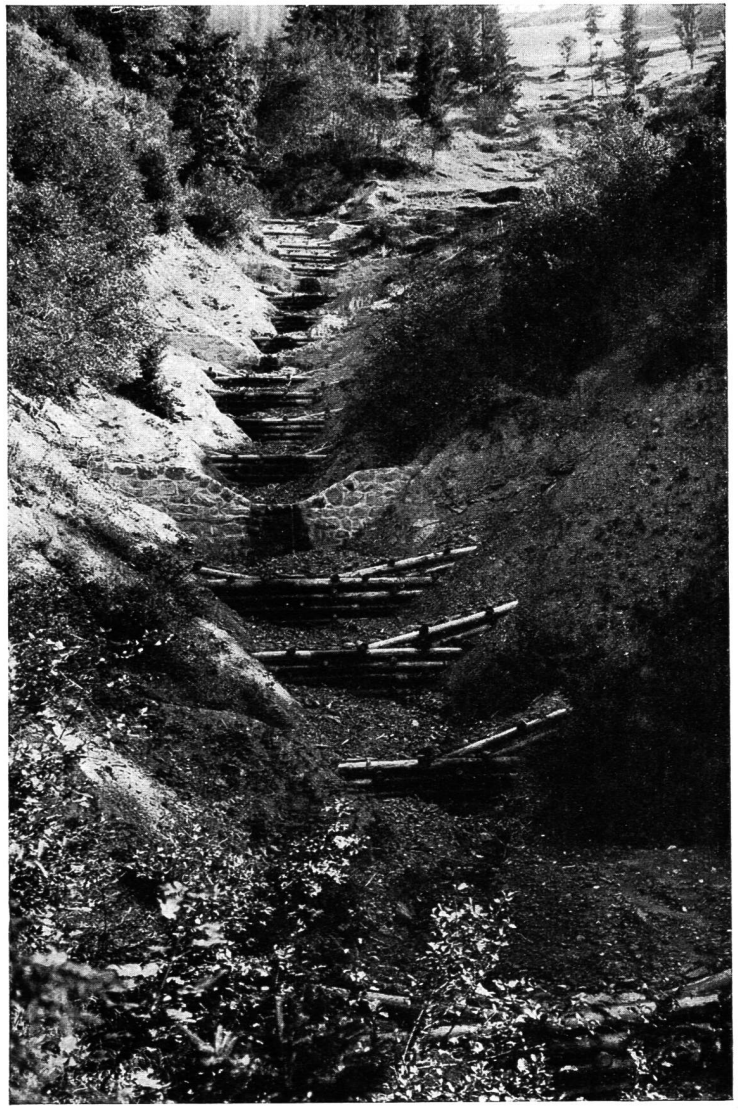

Abb. 11. Meßnergraben bei Hopfgarten, Nordtirol — Abtreppung mittelst Stein- und Holzsperren

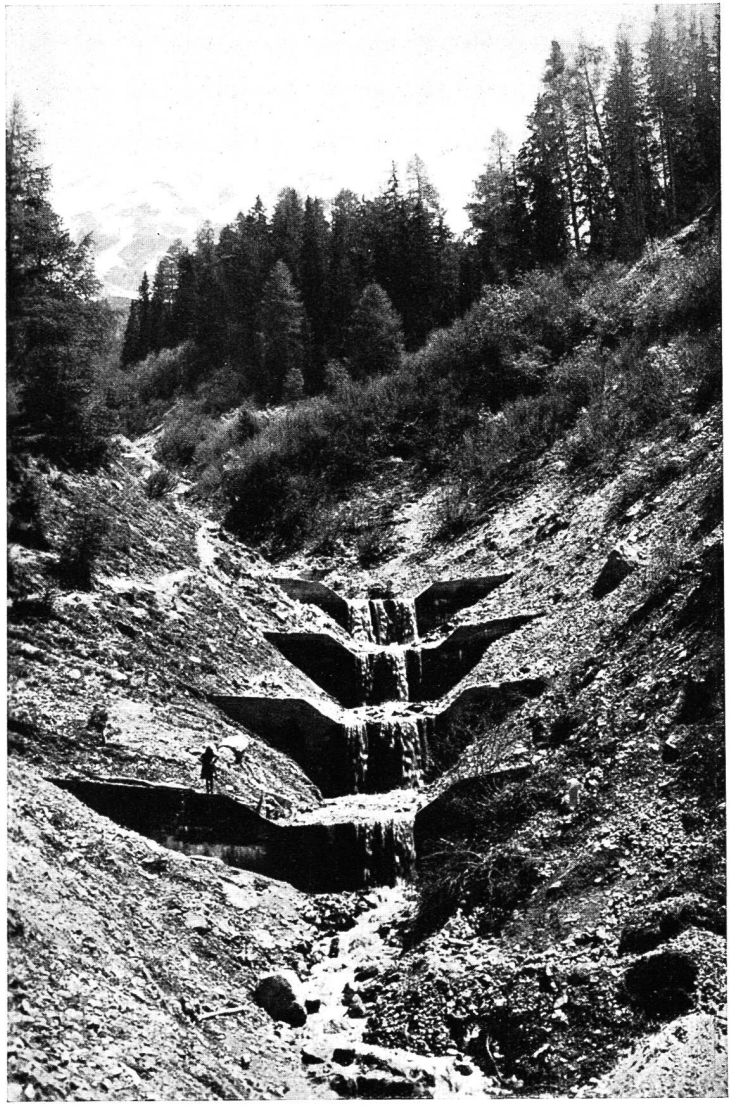

Abb. 12. Fendler Muhre bei Ried, Nordtirol — Abtreppung mit Steinsperren

Abb. 13. Naifbach bei Meran, Südtirol — Runsenverbauung mittelst gemauerten Quer- und Längsbauten

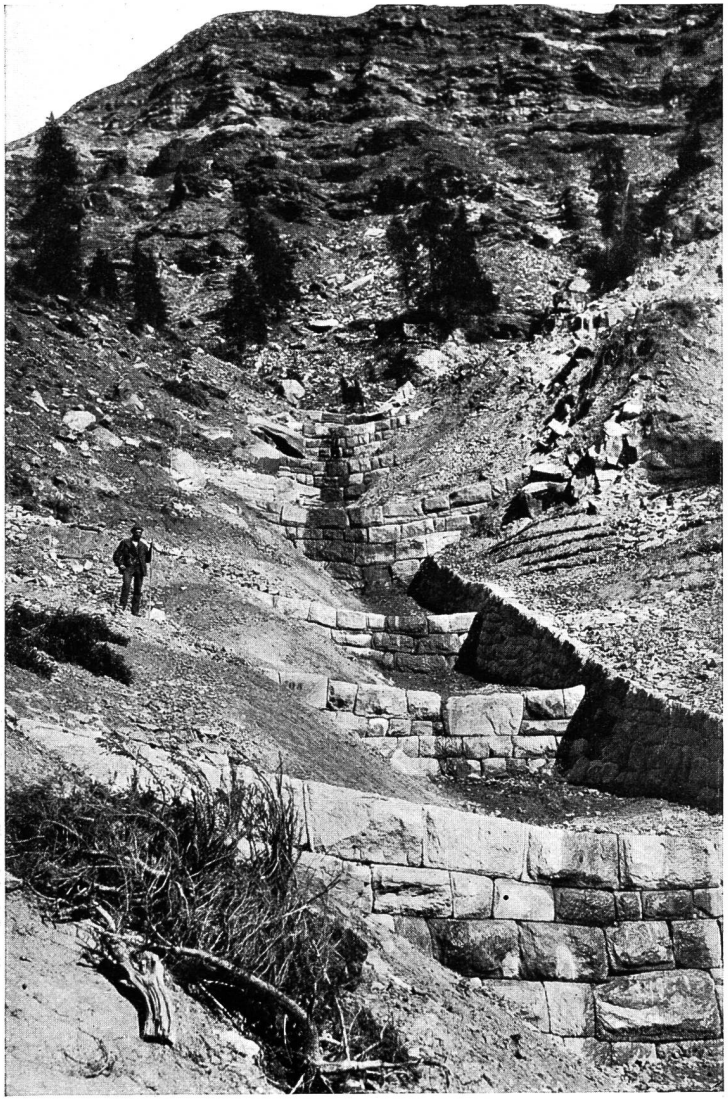

Abb. 14. Naifbach bei Meran, Südtirol — Runsenverbauung mittelst gemauerten Quer- und Längsbauten

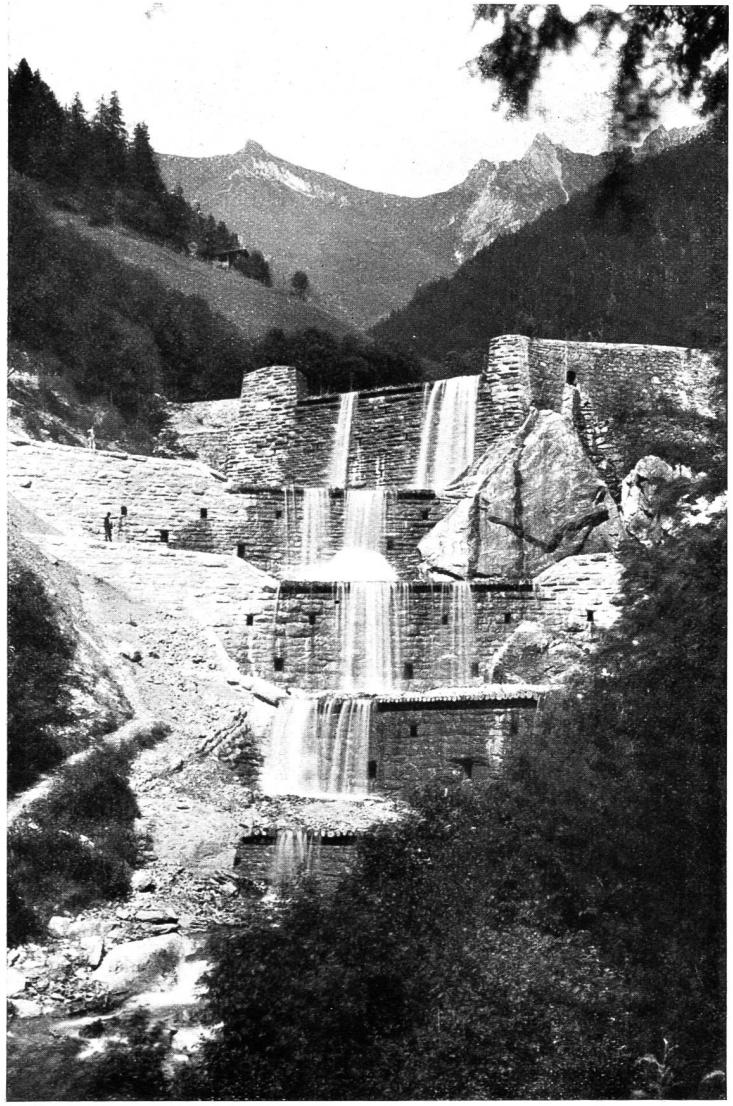

Abb. 15. Bretterwandbach bei Matrei in Osttirol — Sperrenserie am Falkenstein. Sperren in Zementmörtelmauerung. Abflußsektionen bedielt

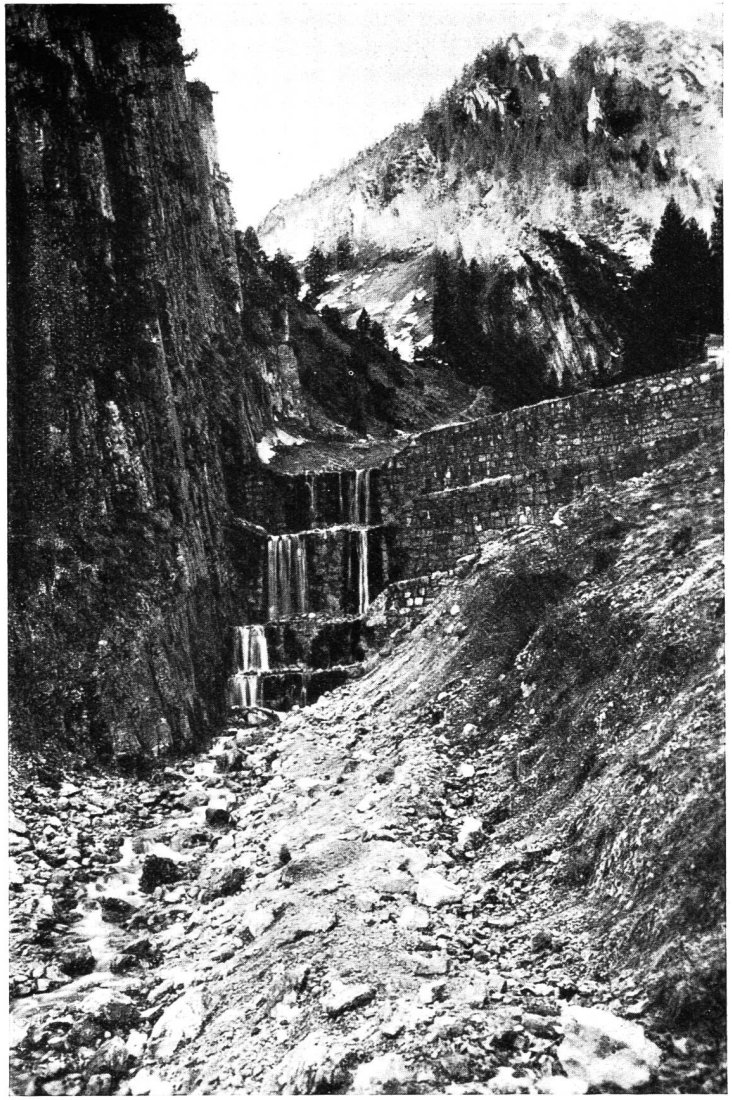

Abb. 16. Mustrigilbach in Montavon, Vorarlberg — Sperrenserie in Zementmörtel-Mauerwerk zwecks ausgiebiger Sohlenhebung

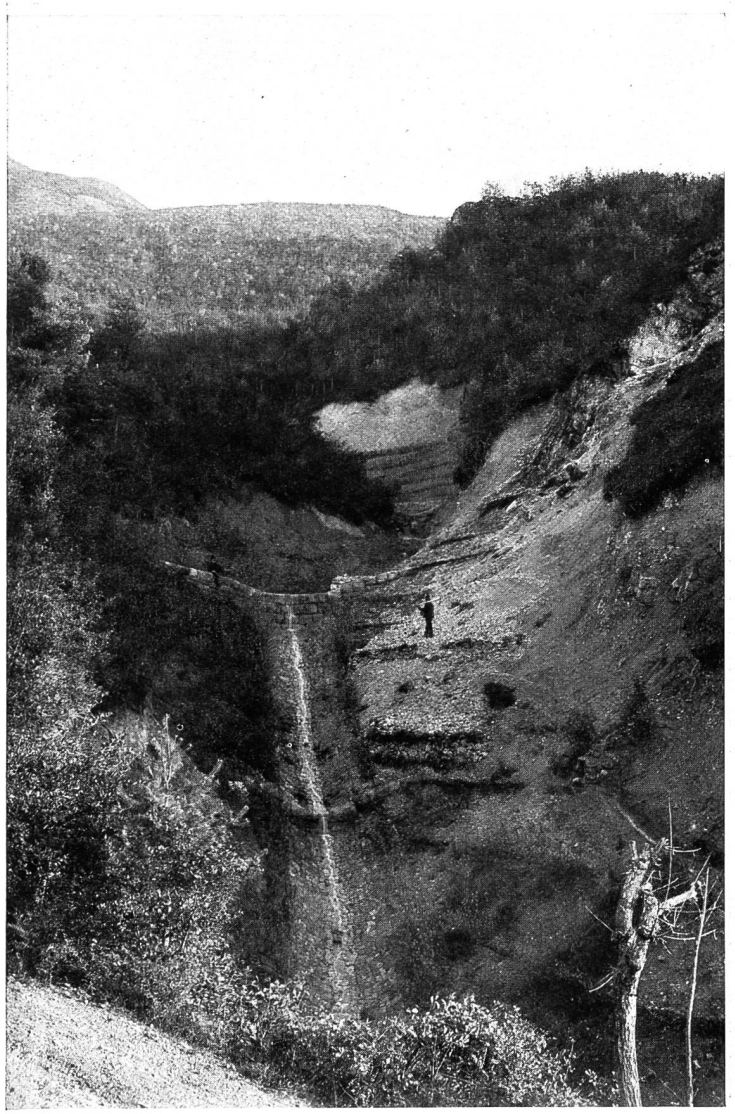

Abb. 17. Rivo Sornell bei Lavis, Südtirol — Schalenbau zur Sicherung einer steilen Grabenpartie gegen Erosion

Abb. 18. Rivo Majo, Fleimstal, Südtirol — Schale zur Abhaltung des Baches vom Bruchflächenfuße

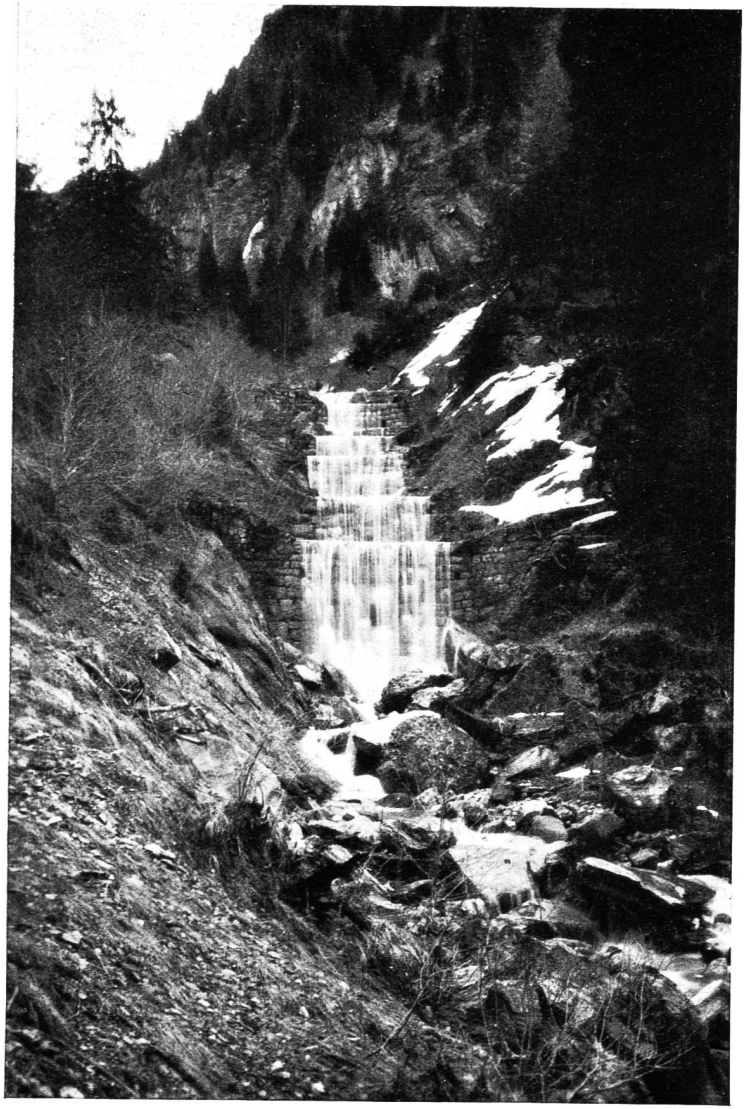

Abb. 19. Ratzbach bei Weiler, Vorarlberg — verbaute Grabenpartie im Oberlaufe

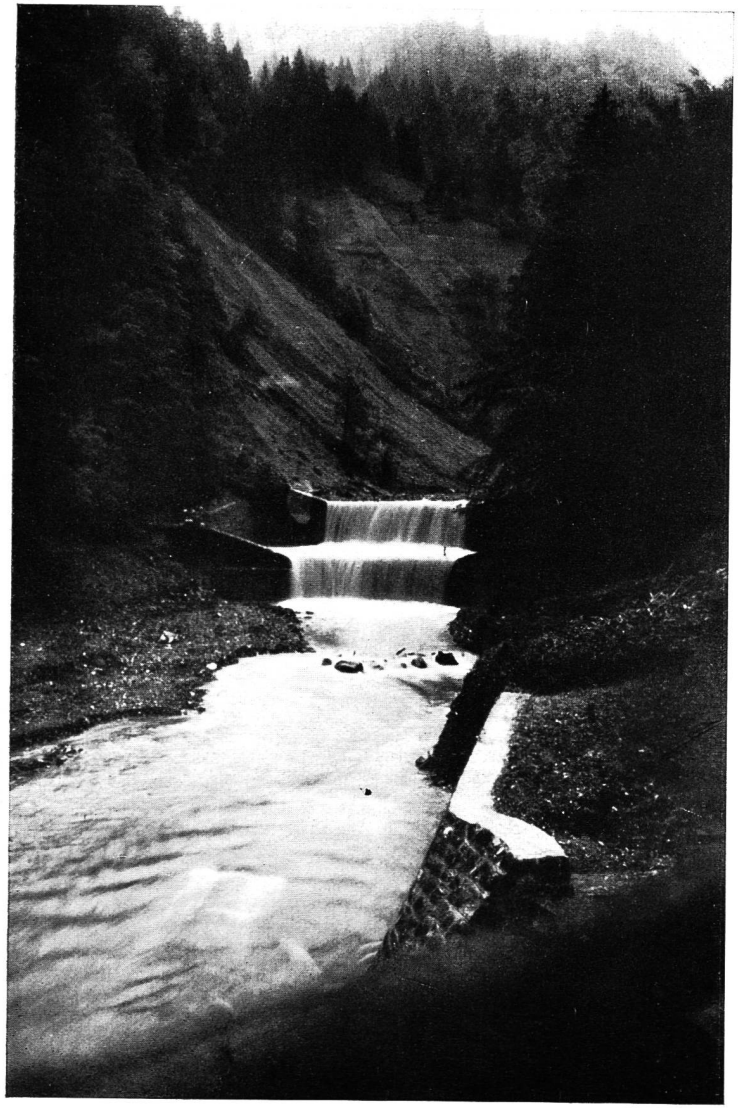

Abb. 20. Ebniterache bei Dornbirn, Vorarlberg — Sperre mit Vorsperre

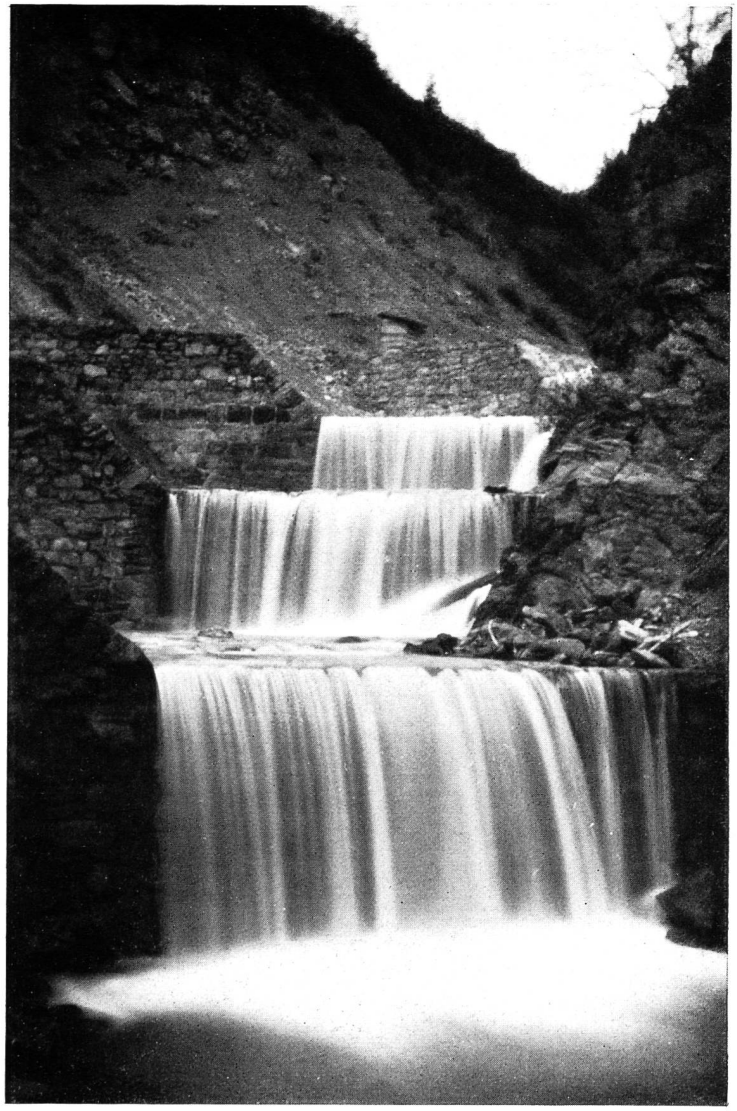

Abb. 21. Rellsbach in Montavon, Vorarlberg — Abtreppung mit Steinsperren

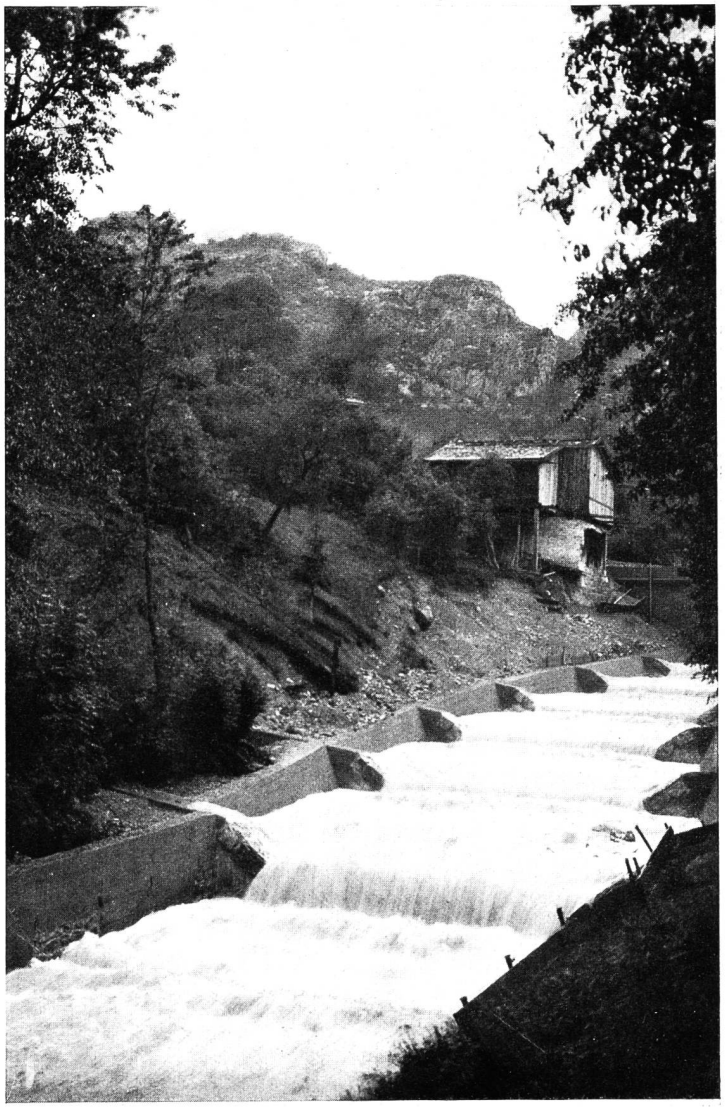

Abb. 22. Schloßbach bei Zirl, Nordtirol — Gerinne mit beidseitigen Betonschutzbauten und abgetreppter Sohle

Abb. 23. Märzenbach, Zillertal, Nordtirol — Konsolidierungssperre mit zwei Vorsperren

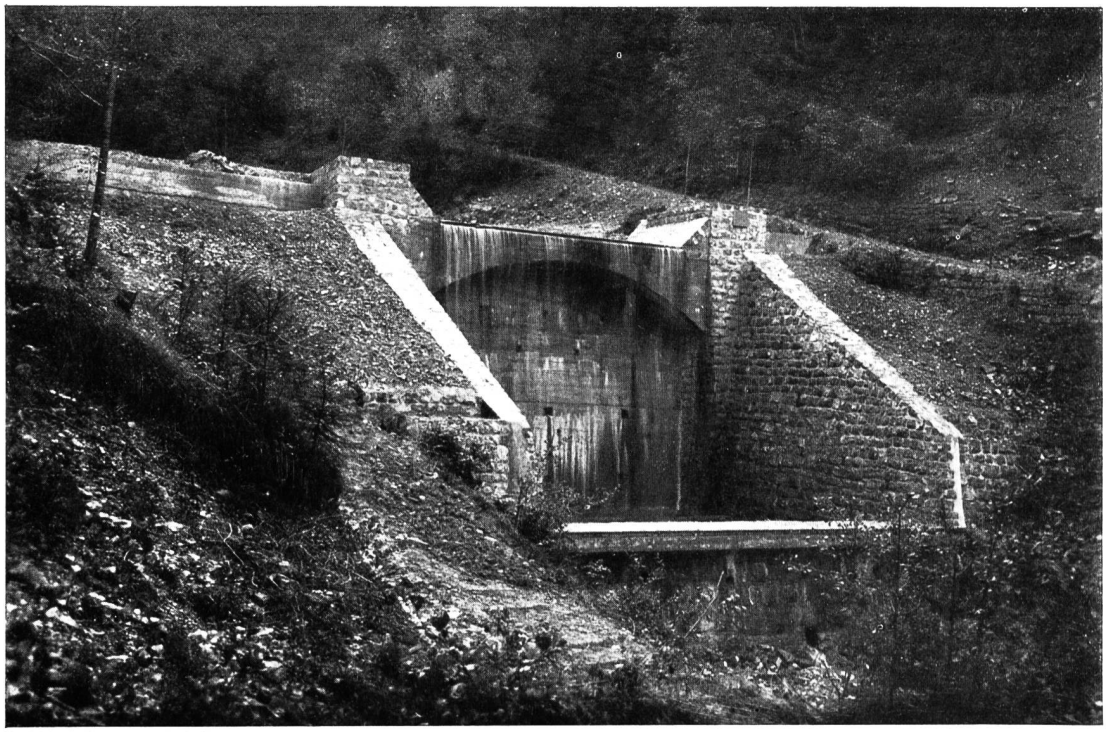

Abb. 24. Steinebach bei Dornbirn, Vorarlberg. — Eisenbetonsperre mit Gegensperre und gewölbter Schußtenne. Widerlager in Zementmörtel-Mauerung. Überfallskanten mit Eisenbahnschienen armiert. (Vorbau vor einer alten, baufälligen Holzsperre.)

Abb. 25. Gödnacherbach in Osttirol — Mittelst trockengemauerten Sperren abgetreppte Grabenpartie.

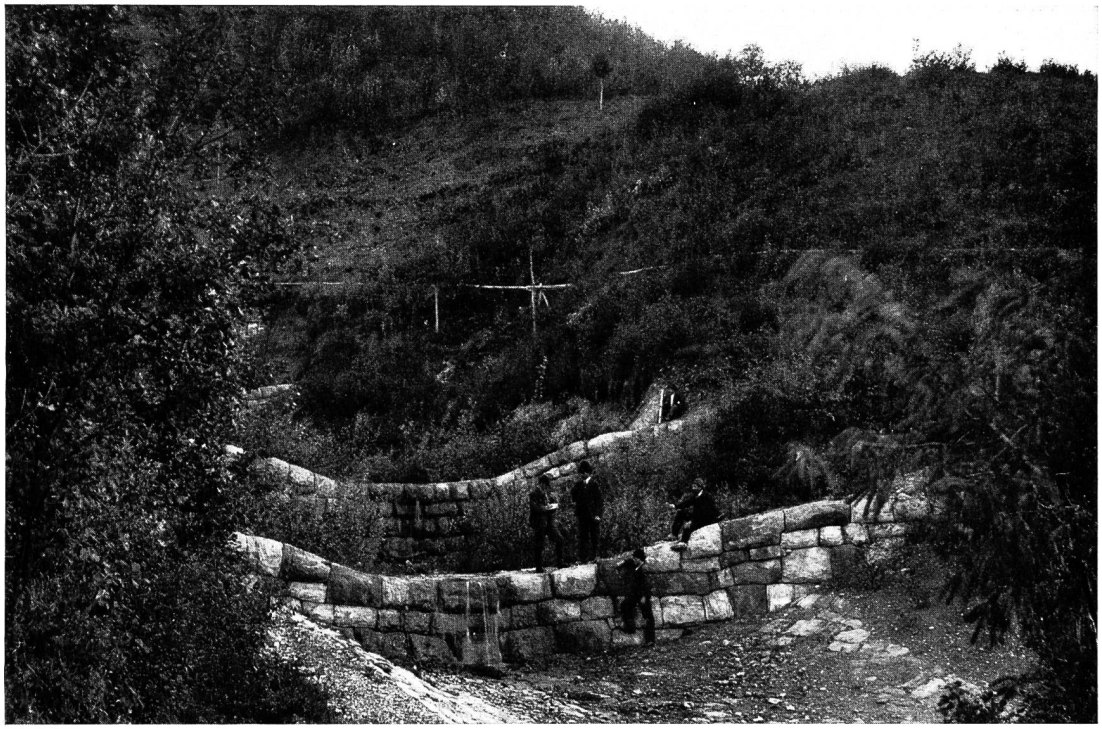

Abb. 26. Rivo Sornell bei Lavis, Südtirol — Mittelst Sperren verbaute Grabenpartie Bruchflächen bereits bewachsen

Abb. 27. Siflitzgraben in Oberkärnten — Durch Grundschwellen gesicherte Lehnenfußversicherung, im Bau begriffen

Abb. 28. Langbathbach bei Ebensee, Oberösterreich — Durch Quer- und Längsbauten gesicherte Bachstrecke, Bruchfläche bepflanzt

Abb. 29. Schesatobel bei Bludenz, Vorarlberg — Blick in die große Bruchfläche bei Beginn der Verbauungsarbeiten

Abb. 30. Schesatobel bei Bludenz, Vorarlberg — Blick auf die oberste Sperrenserie, letzte Sperre noch unvollendet

Abb. 31. Schmittenbach bei Zell am See, Salzburg — Verbaute Bruchfläche im Finsterbach im Jahre 1888

Abb. 32. Dieselbe Bruchfläche im Jahre 1896