

# Massnahmen zur Verhütung von Wildbachschäden in der Schweiz

Autor(en): **Lichtenhahn, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **59 (1961)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-216894>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Maßnahmen zur Verhütung von Wildbachschäden in der Schweiz

Von Dipl.-Ing. C. Lichtenhahn<sup>1</sup>

## Einleitung

Die herrliche Bergwelt, welche nicht nur die Ausländer, sondern auch uns Schweizer immer wieder begeistert und fesselt, bereitet uns neben den Freuden auch Sorgen.

Wie ein Sandhaufen unter der Einwirkung eines Wasserstrahles gefurcht wird und allmählich zusammenfällt, wobei sich seine Grundfläche ständig vergrößert, so bewirken die Verwitterung und die Erosionskraft der abfließenden Wassermengen eine Modellierung und allmähliche Verflachung des Gebirges und damit eine Erhöhung der Talsohlen. Es handelt sich um eine Materialumlagerung von oben nach unten, in Richtung der großen Ebenen, auf denen sich die Haupttätigkeit des Menschen abspielt.

In den letzten hundert Jahren hat sich die Bevölkerung der Schweiz mehr als verdoppelt. Die 5,4 Millionen Einwohner leben auf einer Fläche von 41 000 km<sup>2</sup>; es trifft also 130 Menschen auf 1 km<sup>2</sup>: eine ansehnliche Anzahl, wenn man bedenkt, daß zwei Drittel der Fläche unseres Landes auf das Alpengebiet entfallen, rund ein Viertel von Felsen, Gletschern, Flüssen und Seen bedeckt ist und deshalb für die Ansiedlung nicht in Frage kommt.

In früheren Zeiten konnten sich die Wildbäche ohne Beeinträchtigung der menschlichen Interessen frei austoben. Aber das ständige Anwachsen der Bevölkerungszahl zwang den Menschen, seinen Lebensraum immer mehr auszuweiten und die Besiedlung weiter voranzutreiben. Straßen und später Eisenbahnen erschlossen entlegene Gebiete. Dadurch wurden die Kontaktzonen zwischen den Naturkräften und dem Lebensraum des Menschen immer zahlreicher, so daß sie sich heute oft überschneiden. Der Mensch ist daher gezwungen, Abwehrmaßnahmen zu treffen.

Einst mußten sich die Anwohner gegen die Naturgewalt der Bäche und Flüsse selbst schützen; es entstanden vereinzelte Schutzwerke, welche aber keine durchgreifende Verbesserung der Verhältnisse zu bringen vermochten. Erst im Jahre 1805 setzte die eidgenössische Tagsatzung das erste große Gemeinschaftswerk in Gang: die Korrektion der Linth, welche bis dahin direkt in den Zürichsee floß. Die ungehemmten Geschiebeablagerungen hatten zu einer Verwüstung ausgedehnter Land-

---

<sup>1</sup> Sektionschef beim Eidgenössischen Amt für Straßen- und Flußbau, Bern; Dozent für Flußbau an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich. – Vortrag, gehalten an der 4. Tagung der Arbeitsgruppe «Landwirtschaft und Wasserhaushalt» der CEA (Confédération européenne de l'agriculture), 1. Juli 1960, in Sitten, Kanton Wallis (Schweiz).

flächen geführt, in denen die Malaria herrschte. Durch die Ableitung der Linth in den Walensee und den Bau eines neuen Kanals zwischen diesem und dem Zürichsee wurden die Voraussetzungen zur Melioration der Linthebene geschaffen.

Vor rund hundert Jahren sodann, als sich immer größere Wildwasserschäden bemerkbar machten, veranlaßte der Bundesrat eine eingehende Untersuchung über den Zustand der Hochgebirgswaldungen und der Hauptflußsysteme der Schweiz durch Herrn Prof. Culmann von der ETH. Bereits im Jahre 1871 wurde in einem Bundesbeschuß die Verbauung der Wildwasser und die Aufforstung ihrer Quellgebiete als Bestandteil eines die ganze Schweiz umfassenden Werkes bezeichnet.

Die Bundesverfassung von 1874 übertrug dem Bund die Oberaufsicht über die Wasserbau- und Forstpolizei. Es heißt wörtlich:

«Der Bund wird die Korrektion und die Verbauung der Wildwasser sowie die Aufforstung ihrer Quellgebiete unterstützen und die nötigen schützenden Bestimmungen zur Erhaltung dieser Werke und der schon vorhandenen Waldungen aufstellen.»

Dieser Verfassungsartikel bildete die Grundlage zum Bundesgesetz vom 24. März 1876 betreffend die Forstpolizei und vom 22. Juni 1877 betreffend die Wasserbaupolizei.

Durch diese gesetzgeberischen Maßnahmen bezeugte der Bund,

1. daß die Bekämpfung der Wildbachschäden eine Angelegenheit des ganzen Schweizer Volkes ist. Deshalb werden die Schutzwerke mit Beiträgen bis zu 40 und 50%, bei Katastrophenfällen in finanziell schwachen Landesteilen bis zu 70% subventioniert. Die Bundesversammlung kann in besonders gearteten Fällen noch höhere Bundesbeiträge bewilligen.

2. daß die baulichen Schutzmaßnahmen im Einzugsgebiet der Wildbäche und die forstlichen Arbeiten Hand in Hand durchgeführt werden müssen. Jedes Projekt einer Bachverbauung wird deshalb den forstlichen Organen zur Stellungnahme unterbreitet; in den Subventionsbeschlüssen über die Erstellung der Schutzwerke werden auch die zu erfüllenden forstlichen Bedingungen festgehalten.

Dem Bund gegenüber ist der Kanton verantwortlich. Die Projektvorlagen werden dem Bunde zur Beurteilung und Subventionierung unterbreitet. Als Bauherren können die 22 Kantone, mit den Halbkantonen 25, die politischen Gemeinden und auch die Anstößer auftreten. Diese letzteren sind öfters zu sogenannten Bach- oder Schwellenkorporationen zusammengeschlossen, welche zunächst wie die Gemeinden der kantonalen Wasserbaupolizei unterstehen.

Die Rechte und Pflichten der Kantone gehen aus dem oben genannten eidgenössischen Wasserbaupolizeigesetz vom 22. Juni 1877 hervor. Die zuständige Fachabteilung der Bundesverwaltung ist das Eidgenössische Amt für Straßen- und Flußbau, früher Oberbauinspektorat genannt.

Nach dieser Orientierung über die rechtlichen Grundlagen der Wildbachverbauungen in der Schweiz sollen nun die kranken Einzugsgebiete untersucht, die Diagnose gestellt und die Möglichkeiten der Therapie entwickelt werden.

Die Wildbachschäden sind bekanntlich auf das Zusammenwirken zweier Elemente, des Wassers und des Geschiebes, zurückzuführen. Das Niederschlagswasser sammelt sich in den Wildbächen; nicht selten erreicht der spezifische Abfluß, auf 1 km<sup>2</sup> bezogen, 20 m<sup>3</sup>/sec und mehr. Im Bereich des Wildbaches liegen gewaltige Geschiebemengen zum Abtransport bereit: es handelt sich um Moränen und Flußablagerungen, um Verwitterungsschutt des Gebirges, um Schiefermassen der Flyschformationen und anderes mehr.

Betrachten wir nun das Einzugsgebiet eines Wildbaches, so läßt sich das Längenprofil des letzteren meistens einteilen in: den sehr steilen Oberlauf, den Mittellauf und den flacheren Unterlauf. Wenn die Schleppkraft des Wassers, das heißt das Produkt aus Wassertiefe  $\times$  Gefälle, größer ist als der Widerstand der Gerinnewandungen, der im wesentlichen von den Korngrößen des Lockermaterials des Bachbettes abhängig ist, dann greift das Wasser das Bett an und schleppt Geschiebe mit. Dieses Geschiebe wird abgelagert, sobald die Schleppkraft nicht mehr für den Transport ausreicht.

Im Oberlauf der Flüsse haben wir infolge des größeren Gefälles einen Schleppkraftüberschuß. Das Sohlematerial wird angegriffen und abtransportiert: es entsteht die *Tiefenerosion* des Bachbettes. Wegen der natürlichen Krümmungen greift das Wasser in den Kurven die ungeschützten Bachufer an: es entsteht die *Seitenerosion*. Dadurch wird der Fuß der Hanglehnen weggespült, wodurch Nachrutschungen eintreten. Eine wichtige Erscheinung ist die *Rückwärtserosion*: Die aus irgendeinem Grund eintretende örtliche Vertiefung einer Bachstrecke erhöht flußaufwärts das Gefälle und somit auch die Schleppkraft. Die Erscheinung pflanzt sich aufwärts fort, die Sohle des Hauptbaches vertieft sich keilförmig. Diese Rückwärtserosion ergreift auch die Seitenbäche: ihre Sohle vertieft sich ebenfalls flußaufwärts. Die Tiefen-, Seiten- und Rückwärtserosion läßt im oberen Teil des Einzugsgebietes den bekannten verästelten Erosionskessel entstehen, in welchem die Bäche sich mit Geschiebe sättigen und es abtransportieren. Der Rand des Erosionskessels weitet sich immer mehr aus: Wiesen und Wald werden verschlungen und somit der Grundbesitz der Bergbauern geschmälert und ihre Existenz in Frage gestellt.

Im Mittellauf haben wir im wesentlichen einen Zustand, in welchem weder Erosion noch Auflandung stattfindet, das heißt, die Schleppkraft ist mit dem Bodenwiderstand und mit der zum Geschiebetransport benötigten Kraft im Gleichgewicht.

Im Unterlauf hingegen nimmt die Schleppkraft infolge der Bettverbreiterung und des schwächeren Gefälles ab; das transportierte Material wird abgelagert: es entsteht der Schwemmkegel. Die Materialablagerungen in der Abflußrinne erhöhen die Sohle immer mehr, so daß der Bach

bei einem Hochwasser überbordnet und sich eine neue Abflußrinne schafft. So nimmt der Bach in seinem Lauf über den Schwemmkegel von der Spitze aus alle möglichen Falllinien an.

Der Transport der Lockermassen geht aber selten regelmäßig vor sich. Lawinen, Wurzelstöcke, Baumstämme, Rutschmaterial aus den Seitenhängen, Bergsturzmaterial, sogar künstliche Deponien aus Stollenausbrüchen und anderes mehr versperren das Gerinne und bilden größere Wälle. Das zurückgestaute Wasser stößt diesen Wall talwärts, durchtränkt ihn: Die Lockermassen kommen ins «Fließen»; es entsteht ein sogenannter Murgang, dessen Erosionskraft eine weitere Unterwaschung der Talflanken, Nachrutschungen und damit wieder Sperrungen des Gerinnes bewirkt. Bei zunehmender Gewalt des Murgangs werden zimmergroße Blöcke mitgeschleppt; die Geschwindigkeit erreicht mehrere Kilometer in der Stunde! Auf dem Schwemmkegel geht der Murgang in die Breite, und seine Kraft nimmt allmählich ab; doch werden Felder, Wiesen, Wohnstätten, Verkehrswege übersart, und zuweilen sind auch Menschenleben zu beklagen.

Die Schädigungen bleiben aber nicht auf das engere Gebiet des Wildbaches beschränkt: Oft wird der Hauptfluß im Tal (Vorfluter) von den Geschiebeablagerungen des Wildbaches zur gegenüberliegenden Talseite gedrängt, so daß er sich einen neuen Lauf erkämpfen muß, mit weiteren Auswirkungen flußauf- und -abwärts:

*Flußaufwärts* ziehen die Ablagerungen der Wildbäche im Vorfluter eine allgemeine Erhöhung der Flußsohle nach sich, was zu einer allmählichen Verwilderung des Flusses und zur Versumpfung des Tales führen kann.

*Flußabwärts* kann der Fall eintreten, daß sich die dem Vorfluter zugeführten Geschiebemengen auf einer Strecke mit ungenügendem Transportvermögen ablagern; hiedurch wird das Durchflußprofil verkleinert und die Gefahr von Damnbrüchen und Überschwemmungen erhöht. Wird das Durchflußprofil nicht rechtzeitig vergrößert, so kann es zu katastrophalen Ausbrüchen kommen.

Es ergibt sich also klar, daß die Wildbachverbauungen nicht nur die örtlichen Schädigungen im Erosionskessel und im Schuttkegelgebiet verhindern müssen, sondern auch das Tal des Vorfluters vor möglichen Katastrophen zu schützen haben.

Die Wirtschaftlichkeit der Wildbachverbauungen kann daher kaum in Franken und Rappen berechnet werden. Diese Schutzarbeiten müssen so früh wie möglich in Angriff genommen werden, spätestens aber sobald sich verdächtige Bewegungen in der Natur bemerkbar machen. Es geht dann darum, noch größere Schäden zu vermeiden. Eine Statistik, welche die Erfolge, gemessen in Hektaren geretteten Wies- oder Ackerlandes, Waldes, Industriearials usw., den Aufwendungen gegenüberstellt, ergäbe unseres Erachtens ein falsches Bild. Auch ist es zum Beispiel müßig, zu berechnen, wieviel Material durch Wildbachverbauungen im Gebirge zu-

rückgehalten worden ist; es steht außer Zweifel, daß ohne die Verbauungen viel größere Geschiebemengen ins Tal heruntergeschleppt worden wären.

Unsere Aufgabe besteht somit darin, die allgemeine Gebirgsabtragung so zu zügeln, daß sie keine allzu schädlichen und lästigen Auswirkungen mehr hat.

Bevor die eigentlichen Maßnahmen der Wildbachverbauung besprochen werden, soll auf einige «Gebote» hingewiesen werden, deren Mißachtung leider immer wieder Schäden verursacht hat:

- Das Abflußprofil des Wildbaches soll weder durch Uferbauten und Brücken noch durch übertriebenen Strauch- und Baumwuchs geschmälert werden, da sonst gefährliche Stauungen von Hochwassern eintreten können.
- Künstliche Deponien aus Stollenausbrüchen, Holzlager usw. gehören nicht in den Bereich der Hochwasserfluten eines Wildbaches; denn sie können die Ursache unabsehbarer Schäden werden.
- Baumstämme, Wurzelstöcke, größere Einzelsteine und dergleichen sind aus dem Bachbett zu entfernen, da sie Querströmungen hervorrufen können, welche die Seitenerosion begünstigen und die Murgangefahr erhöhen.
- Bilden größere Steine die natürliche Pflasterung einer Bachsohle, so dürfen sie nicht herausgenommen und zum Beispiel für die Erstellung von Leitwerken verwendet werden; denn die natürliche Pflasterung schützt vor Tiefenerosion.
- Sind die Böschungen leicht verwundbar, so darf der Bach nicht als billiges Transportmittel für das Holz verwendet werden; die Baumstämme verletzen die Hänge und beschleunigen die Seitenerosion.
- Raubbau am Wald ist verhängnisvoll; denn der Wald saugt wie ein Schwamm die Niederschläge auf und wirkt als Armierung gegen Bodenabbrüche.
- Beim Holzfällen und -einbringen darf der Boden nicht zu stark aufgerissen werden. Jede Schürfung kann der Anfang einer größeren Verletzung sein.
- Schafe und Ziegen gehören nicht in den Jungwald; denn sie vernichten ihn.
- Bei rutschgefährdeten Böden darf das Brunnenwasser der Alp nicht frei auf die Weide abfließen, sondern es muß gesammelt und vom Rutschgebiet weggeleitet werden. Die durch den Weidgang des Viehs, die Verwendung spitziger eiserner Rechen beim Heuen sowie das Umackern von Wiesen bewirkten Bodenverletzungen können mit der Zeit Rutschungen verursachen.
- Nach Möglichkeit sollen in der Nähe der Wildbäche keine Bauten erstellt werden, da sie auf die Länge ohne teure Schutzmaßnahmen nicht zu halten sind.
- Die Wasserwehre dürfen nicht vernachlässigt werden; rechtzeitiges Eingreifen kann bedeutenden Schäden vorbeugen.

Solche «Sünden» kommen leider immer wieder vor; eine Reihe von hochwasserfreien Jahren läßt die Menschen leider oft leichtsinnig werden, so daß dann Schäden entstehen, die bei genügender Aufmerksamkeit zu vermeiden gewesen wären. Die Einhaltung der soeben aufgezählten «Gebote» genügt jedoch nicht, der Entfesselung der Elemente zu steuern; es sind hierfür tiefergreifende Maßnahmen nötig.

Nach dem bisher Gesagten haben wir grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Maßnahmen

- I. im Erosionskessel zur Verminderung des Materialabtrages und
- II. im untern Teil des Wildbachgebietes, auf dem Schwemmkegel, damit das aus dem Erosionskessel stammende Material sich schadlos ablagern oder aber gefahrlos dem Vorfluter zugeführt werden kann.

### *I. Maßnahmen im Erosionskessel*

Die Maßnahmen zur Verminderung des Materialabtrages im *Erosionskessel* müssen sich unter Umständen auf das ganze obere Einzugsgebiet erstrecken. Sie gliedern sich in drei Hauptgruppen:

1. Bauliche Vorkehrungen im Bachbett selbst;
2. Entwässerung der zum Bachbett abfallenden Hänge zur Verhinderung von Rutschungen;
3. forstliche Arbeiten, nämlich Festigung der Wildbachhänge durch Begrünung und Bebuschung einerseits sowie eigentliche Aufforstungen anderseits.

Je nach den Verhältnissen kommen Maßnahmen einer einzigen, zweier oder aller drei Gruppen in Frage.

#### *1. Bauliche Vorkehrungen im Bachbett selbst*

Der Materialtransport läßt sich vermindern

a) durch *Fixierung* der Höhen- und Seitenlage des *Bachbettes*, das heißt durch Unterbindung der Tiefen- und Seitenerosion. Hiefür kommen in Frage: Querbauten, nämlich Sperren beziehungsweise Grundschwellen, und gemauerte Gerinne. Bei ausreichend widerstandsfähiger Bachsohle genügen zur Ausschaltung der Seitenerosion Leitwerke beziehungsweise Sporen.

b) durch Geschieberückhalt in sogenannten *Geschieberückhalte-sperren*.

c) durch Herabsetzung der Hochwasserspitzen mittels *Hochwasser-schutzbecken*.

a) Fixierung des Bachbettes

*Sperren* (siehe Abb. 1 bis 3)

Durch die Anordnung von Sperren, das heißt von quer zum Bachbett eingebauten Stützwerken, wird einmal die Höhenlage der Bachsohle fixiert. Das Längenprofil wird stufenförmig gestaltet: ein großer

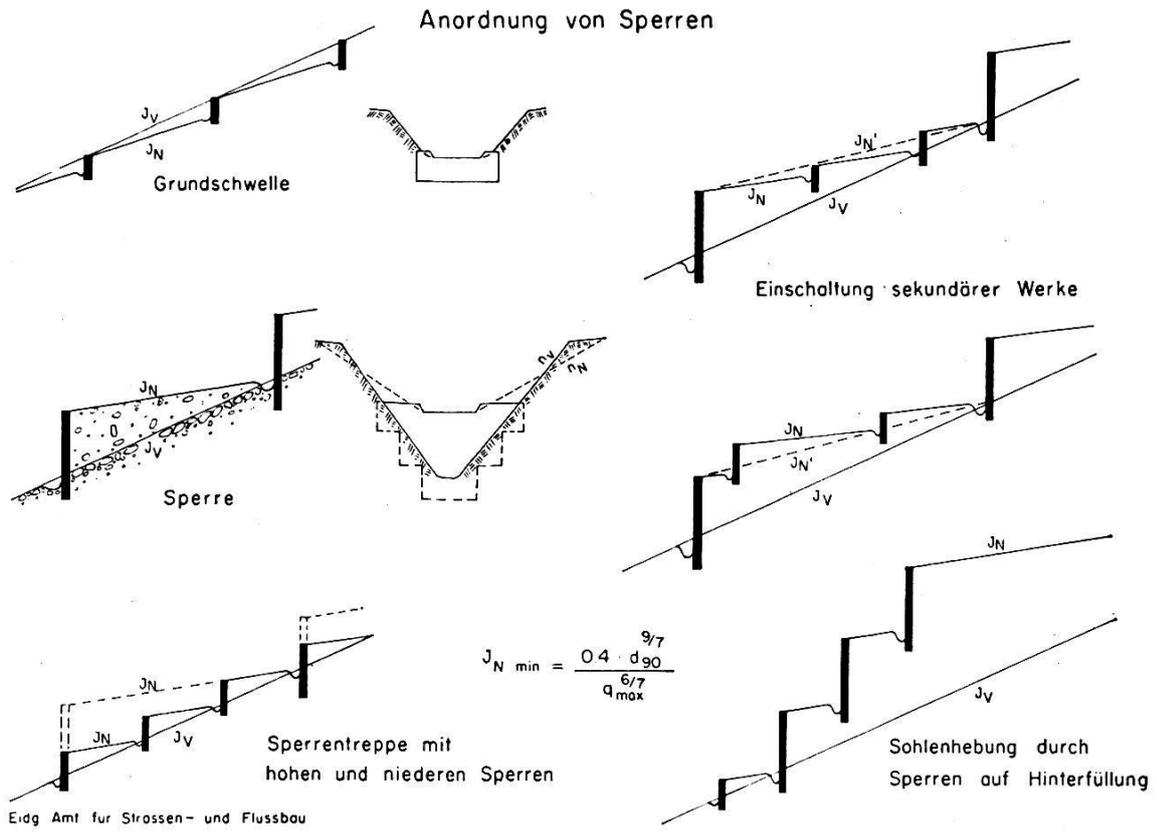


Abb. 1

### Sperrentreppe Durnagelbach (Kt. Glarus)

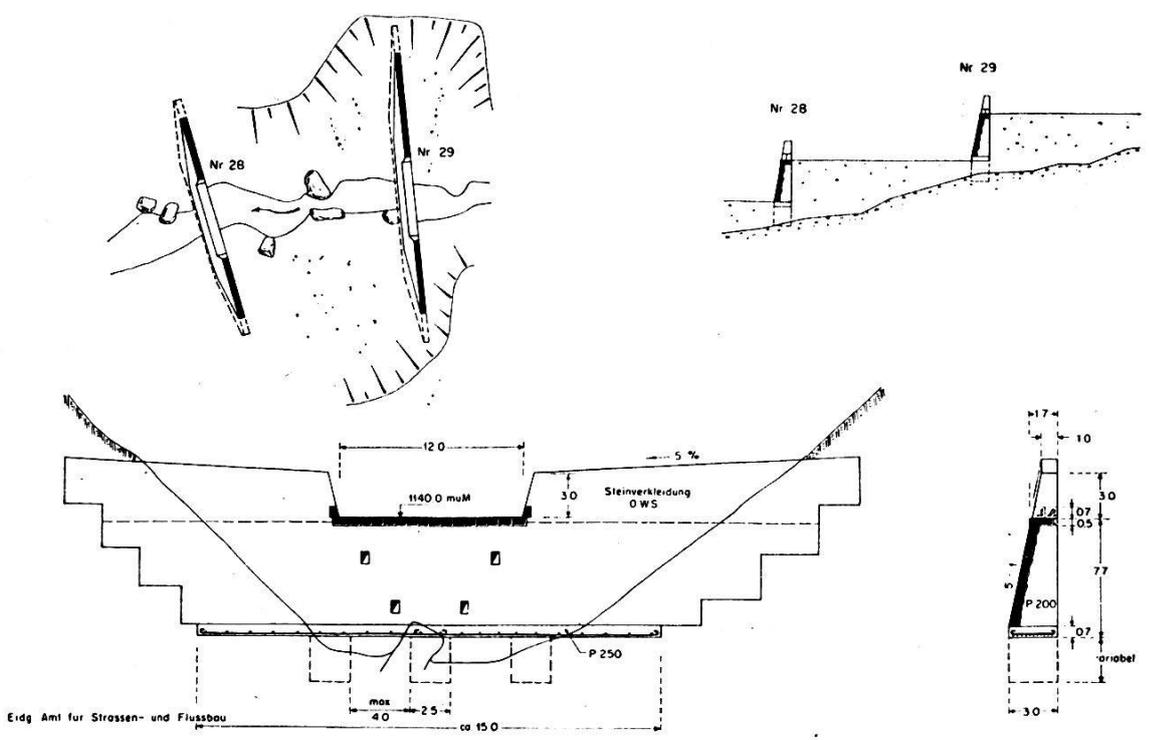


Abb. 2

# Sperre 24 (Elastischer Typ)

Nolla 1946

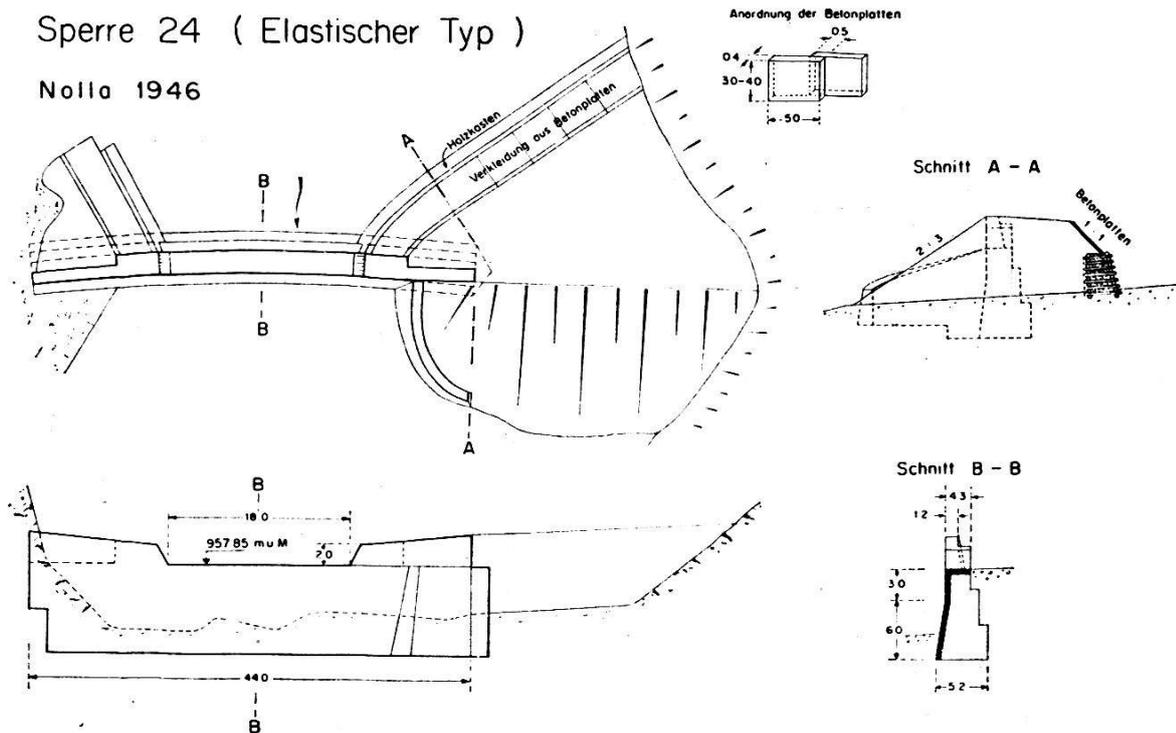


Abb. 3

Teil des Gefälles konzentriert sich an den Sperrstellen, wo jeweilen die nahezu vollständige Vernichtung der kinetischen Energie des Wassers stattfindet.

Die Sperrenhinterfüllung hebt die tief eingeschnittene Bachsohle und verbreitert sie, so daß die Wassertiefe abnimmt. Es ergibt sich ein schwächeres Sohlengefälle, und somit vermindert sich die vorher übergroße Schleppkraft des Wasserlaufes. Die erhöhte Bachsohle gibt den unterspülten Halden festen Halt durch einen neuen Fuß, der nicht mehr angegriffen wird, da die Sperrenflügel den verflachten Bachlauf in die gewollte Richtung bringen. Die vorher übersteilen Ufer erhalten so allmählich den natürlichen Böschungswinkel und stabilisieren sich.

Welche Anforderungen sind nun an die Sperren zu stellen?

aa) Der Sperrenkörper soll den auftretenden Drücken standhalten können. Über die Kräfte, die in die statische Berechnung einzusetzen sind, streiten sich die Fachleute, wobei zwei extreme Richtungen festzustellen sind. Die eine will den Wasserdruck, den Erddruck der Hinterfüllung und den Auftrieb berücksichtigt wissen; dies ergibt beträchtliche Sperrendimensionen. Die andere ist der Ansicht, daß die Sperre mit der Zeit die Rolle einer Futtermauer zu übernehmen habe und deshalb nur der Erddruck der Hinterfüllung in Rechnung zu setzen sei. Es wird dabei angenommen, daß die Sperren verhältnismäßig langsam hinterfüllt werden und daß sich das Bachbett gegen Wasserinfiltration abdichtet.

Eine Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse ist unumgänglich. In letzter Zeit erhielten in der Lorze zum Beispiel Betonsperren von rund 4 bis 5 m Höhe eine Kronenstärke von 0,8 m, bei einem Anzug der

Vorderfläche von 1:5. In der Kleinen Schliere hingegen, wo mit Seitendruck gerechnet werden muß, ist eine Kronenstärke von 2 m gewählt worden.

bb) Die Abflußsektion zwischen den Sperrenflügeln muß für die größte zu erwartende Wassermenge einschließlich des mitgeführten Geschiebes dimensioniert werden. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Flügel nicht unter Wasser kommen, damit die Sperren an der Einbindungsstelle in den gewachsenen Boden nicht umgangen werden. Die Breite der Abflußsektion ist so groß wie möglich zu wählen, um den Kolk am Sperrenfuß tunlichst zu reduzieren, doch so, daß der Hangfuß unterhalb der Sperre nicht angegriffen werden kann. Die Sperrenkrone muß der abschleifenden Wirkung des Geschiebes standhalten. Dies kann erreicht werden durch besondere Zusätze zum Mörtel, Granitabdeckungen, auswechselbare Prügelböden bei Holzschwellen und anderes mehr.

cc) Die Sperren sind kolksicher anzuordnen. Da in den seltensten Fällen die Fundierung auf Felsen möglich ist, muß eine genügende Fundationstiefe die Kolksicherheit gewährleisten, wobei die obere Sperre durch die Hinterfüllung der unteren Sperre – wie man sich auszudrücken pflegt – eingedeckt werden soll. Diese Eindeckung wird nach den bisherigen Erfahrungen dann erreicht, wenn die Unterkante der Fundation der oberen Sperre 0,5 bis 1 m tiefer liegt als die Krone der vorderen Sperre. Der Böschungswinkel der Hinterfüllung kann im Laufe der Zeit abnehmen; dies ist dann der Fall, wenn infolge der fortgeschrittenen Wildbachverbauung der Geschiebeanfall zurückgeht.

Das Grenzgefälle kann, wenn die Geschiebezufuhr von oben her aufhört, nach der Formel

$$J_{\min} = \frac{0.4 \cdot d_{90}^{\frac{9}{7}}}{q_{\max}^{\frac{6}{7}}}$$

geschätzt werden, wobei  $d_{90}$  den Durchmesser der größten vom Bach mitgeschleppten Steine in Metern,  $q_{\max}$  den Abfluß in Kubikmetern pro Sekunde und Meter Breite bei Hochwasser bedeutet. Sollte die vorgesehene Eindeckung durch die vordere Sperre nicht ausreichen, so wäre zu gegebener Zeit ein besonderer Kolkschutz aus großen Blöcken oder eine Zwischensperre zu erstellen.

Wartet man jeweils, bis die untere Sperre hinterfüllt ist, und wird auf der Hinterfüllung selbst die nächste Sperre gebaut, so kann die Bachsohle beträchtlich gehoben werden. Dies erweist sich bei tiefeingeschnittenen Tobeln, deren Halden ohne Höherlegung des Böschungsfußes nicht zur Ruhe kommen können, als nützlich.

Es sei erwähnt, daß eine Sperrentreppe beträchtliche Materialmengen eines Murganges temporär aufspeichern kann, die dann vom Wasser allmählich abgetragen werden.

Je nach den Verhältnissen werden die Sperren aus Holz, Mauerwerk, Drahtschotterwalzen, Beton und Eisenbeton gebaut. Der jeweilige Entscheid hängt von den besonderen Anforderungen, vom örtlichen Material-

anfall sowie von den Zufahrten zu den Baustellen ab. Zuletzt werden die Kosten maßgebend sein. Holz ist nur in gewissen schattigen Tobeln, wo es ständig unter Wasser bleibt, und in Rutschböden, die eine elastische Bauweise erfordern, zu verwenden. Dabei kommen zwei- oder dreiwandige Holzkasten zur Anwendung. Mit den Holzsperrern wird eine erste Beruhigung des Geländes erzielt; die endgültige Verbauung soll dann folgen.

Beim Fehlen größerer Steine führt man besonders kleinere Sperrenobjekte aus Drahtschotterbehältern aus, die mit feinerem Steinmaterial ausgefüllt werden. Metallene Elemente und vorgefabrizierte Betonkonstruktionen verdrängen das Holz teilweise. Mit diesen Fertigelementen werden Kastenbauten erstellt, während die Füllung aus Stein- und Aushubmaterial besteht.

Was ist zu tun, falls mit Seitendruck gerechnet werden muß? Neben den bereits erwähnten Holz- oder Eisenkastensperren, die dem Druck etwas nachgeben können, ohne Schäden zu erleiden, werden auch Betonsperren mit gegen den Hang hin keilförmig abnehmendem Querschnitt erstellt. Eine solche Sperre wirkt wie eine Schneide: Die Rutschmassen werden von ihr entzweigeschnitten und gleiten an der Sperre vorbei, so daß der Seitendruck auf das Bauwerk zum größten Teil ausgeschaltet wird. Ein Erfolg ist allerdings nur dann zu erwarten, wenn der Seitendruck genau auf die Sperre gerichtet ist; sie kann zu diesem Zweck etwas schräg zum Bachbett angeordnet werden.

In der Nolla wurden die Sperren zweiteilig ausgebaut (Abb. 3): Ein mittlerer, starrer, beidseitig gespitzter Betonkörper ist in einen elastischen Damm aus Erdmaterial eingespannt. Dieser ist flußaufwärts durch dachziegelförmig angeordnete Betonplatten vor der Zerstörung durch das Wasser geschützt und gibt nötigenfalls einem Seitendruck etwas nach, da die Schutzplatten übereinandergleiten können.

#### *Schalen, Leitwerke, Sporen, Grundschwellen*

Das Bachbett kann auch durch eine durchgehende Schale gegen Tiefen- und Seitenerosion widerstandsfähig gemacht werden. Ihr Querschnitt hat die sichere Abführung aller Wasser- und Geschiebemengen zu gewährleisten. Die Schalensteine müssen härter sein als das vom Bach mitgeschleppte Geschiebe. Damit sich die Mörtelfugen so wenig wie möglich abnutzen, werden sie schmal und versetzt angeordnet. Schon verhältnismäßig kleine Unebenheiten in der Schale können nämlich Ansatzpunkte beträchtlicher Zerstörungen sein.

Ist die natürliche Sohle grobblockig, so daß keine Tiefen-, wohl aber eine Seitenerosion zu befürchten ist, werden die gefährdeten Stellen durch Leitwerke längs des Bachbettes oder aber durch einzelne Sporen geschützt. Bedarf die grobblockige Sohle eines Haltes, so werden Grundschwellen eingelassen, deren Flügel die Seitenerosion verhindern. Diese Grundschwellen sind nichts anderes als niedrige Sperren, deren Krone ungefähr auf der Höhe der Bachsohle liegt. Schalen im oberen Einzugsgebiet kommen vor allem für kleine Seitenbäche in Frage. Für die Wahl

des Verbauungssystems sind auch hier zuletzt die Kosten ausschlaggebend.

b) Geschieberückhaltesperren (Abb. 4 und 5)

Rückhaltesperren (Abb. 4) sollen nur gebaut werden, wenn der Wildbach ein breites Bett aufweist und flach verläuft, so daß sich mit verhältnismäßig kleinen Kosten große Geschiebemengen zurückhalten lassen. Rückhaltesperren vermindern den Geschiebeanfall im Bereich der Verlandungsstrecke erheblich, und zwar mit sofortiger Wirkung; sie

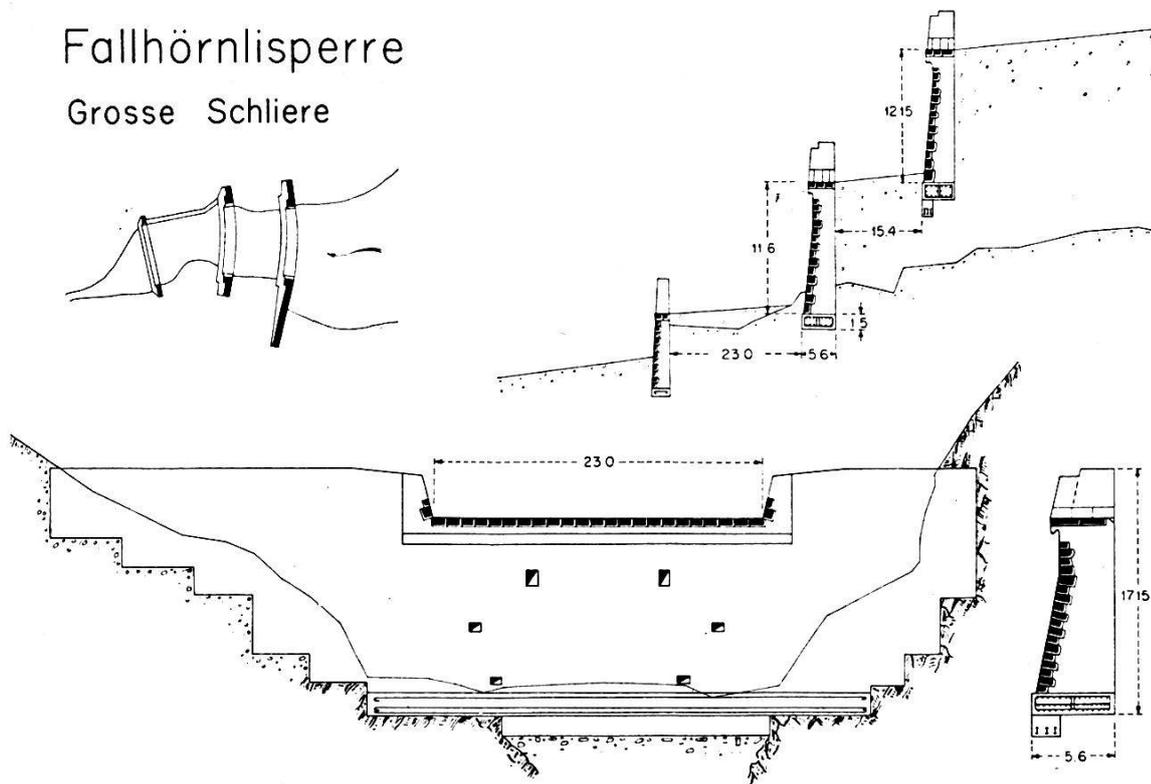


Abb. 4

können aber den normalen Sperrenbau nicht ersetzen, da sie die Abtragung im weiteren Erosionskessel nicht zu verhindern vermögen. Immerhin haben sie eine doppelte Wirkung:

Eine *definitive*, indem sie das Geschiebe – entsprechend der Aufnahmefähigkeit des Verlandungsraumes – unter dem Grenzgefälle zurückhalten, und

eine *provisorische*, indem sie die Murgänge teilweise aufspeichern, bei zunächst erhöhtem Verlandungsgefälle. Nach und nach wird das Material vom Wasser abgetragen, bis sich wieder das normale Verlandungsgefälle ergibt.

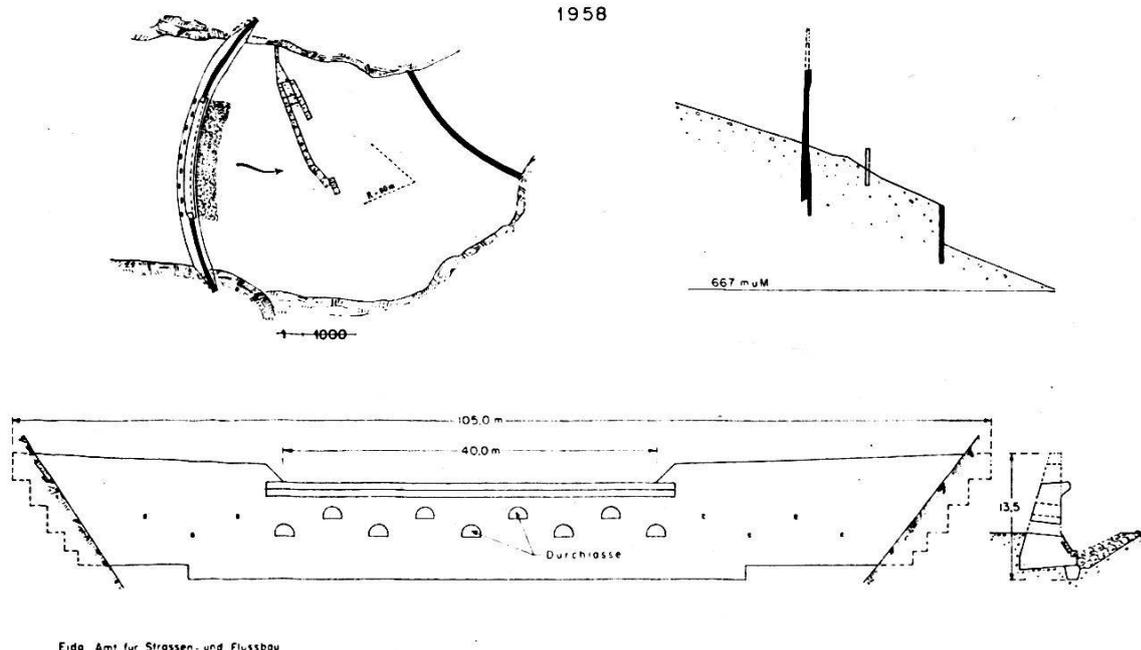
Die Rückhaltesperren müssen einwandfrei berechnet und konstruiert werden. Die Folgen eines Sperrenbruches wären für die Unterlieger unabsehbar. Wegen der großen Sperrenhöhe und des geschiefbefreien Wasserüberfalles muß die Kolksicherung besonders sorgfältig studiert werden.

Das plötzliche Aufhören der Geschiebezufuhr unterhalb der Sperrstelle bewirkt, daß sich das Wasser dort mit Material aus der Sohle zu sättigen versucht und daß sich das Bachbett vertieft. Die Stabilität der Sperre muß daher durch eine oder mehrere Vorsperren, die die Unterkolkung verhindern, gesichert werden. Man ist deshalb geneigt, Rückhaltesperren nicht sogleich auf der vollen projektierten Höhe zu bauen, damit die Geschiebezufuhr aus dem Erosionskessel nicht plötzlich aufhört und die Tiefenerosion in der untenliegenden Bachstrecke nicht zu stark wird.

## Geschieberückhaltesperre bei Schiers

### Schraubach

1958



Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau

Abb. 5

Retentionssperren von besonderer Art (Abb. 5) werden dort gebaut, wo im Oberlauf eine akute Rutschgefahr herrscht und beträchtliche Materialmengen den Siedlungen am Unterlauf gefährlich werden können. In diesem Fall hat man dafür zu sorgen, daß der Verlandungsraum möglichst bis zum Eintreten des erwarteten Murganges leer bleibt. Hiezu dienen Durchlässe im Sperrkörper, die auch in zwei Stockwerken angeordnet werden können, oder senkrechte Schlitze. Diese Öffnungen sollen die normale Geschiebeabfuhr ermöglichen und müssen daher unverstopft bleiben.

### c) Hochwasserschutzbecken (Abb. 6)

Je kleiner die Wassermenge ist, desto geringer wird die Schleppekraft. Somit kann die Erosion des Bachbettes auch durch Wasserretention verlangsamt werden. Schutzbecken lassen sich nur in flachem, weitem Gelände anlegen. Mit der Wasserspeicherung wird übrigens Geschiebe zu-

rückbehalten; und es ist deshalb sorgfältig zu prüfen, ob noch eine genügende Geschiebeabfuhr möglich ist oder ob die Wirkung des Beckens durch die Ablagerungen schon bald verringert wird.

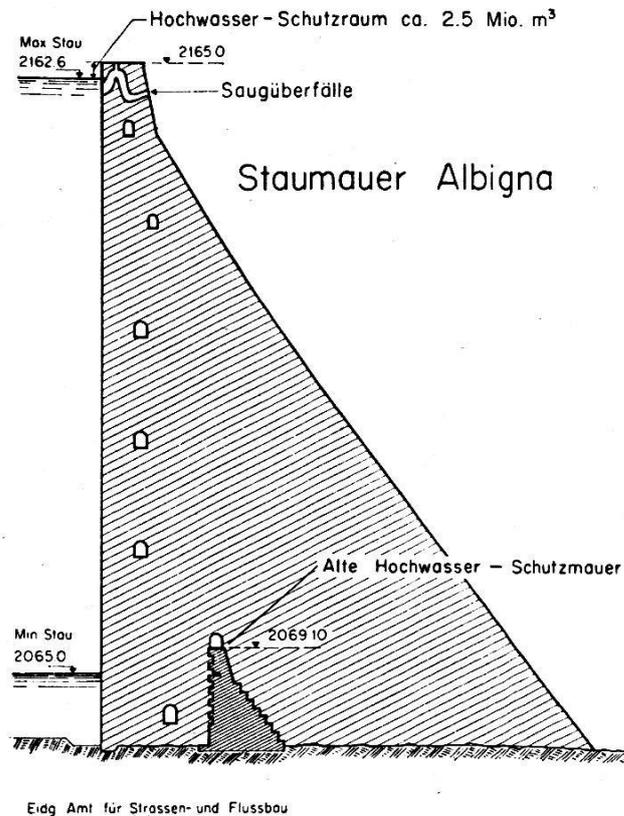


Abb. 6

Die zur Anlage solcher Wasserretentionsbecken geeigneten Stellen sind nur selten zu finden. An der Albigna (Abb. 6) wurde auf Grund des im Jahre 1927 beobachteten Hochwasserablaufes mit einer Spitze von rund  $130 \text{ m}^3/\text{sec}$  ein Hochwasserschutzbecken mit einem Fassungsvermögen von rund  $2,9 \text{ Mio m}^3$  erstellt. Die Hochwasserspitzen konnten damit auf rund  $15 \text{ m}^3/\text{sec}$  reduziert werden. Das Einzugsgebiet an der Sperrstelle mißt  $21 \text{ km}^2$ . Die Mauer erhielt eine Höhe von  $18,5 \text{ m}$  und kostete mit dem Grundablaß  $625000$  Franken. Heute ist die Mauer in den Körper einer noch größeren, für die Elektrizitätserzeugung hergestellten Staumauer einbezogen worden. Die Kraftwerkunternehmung mußte aber die Beibehaltung des vorherigen Hochwasserschutzraumes garantieren.

## 2. Entwässerungen der zum Bachbett abfallenden Hänge

Nachdem wir die Maßnahmen zur Verhinderung des Materialabtrages im Bachbett selbst behandelt haben, befassen wir uns mit der zweiten Gruppe, nämlich mit den Entwässerungen der an das Bachbett angrenzenden rutschgefährdeten oder bereits in Rutschung befindlichen Gebiete. Durch Wasserentzug wird die Belastung der Erdmassen vermindert, die Kohäsion des Rutschmaterials vermehrt, die Schmierung von

Gleitflächen erschwert. Dadurch kann eine Bodenbewegung verhindert beziehungsweise verlangsamt und sogar zum Stillstand gebracht werden; die Speisung und Verstopfung des Bachbettes mit Geschiebe hört auf. Ein entwässerter Boden kann auch viel mehr Niederschlagswasser aufsaugen, was eine Verzögerung des Abflusses bewirkt.

Wir müssen in erster Linie die Ursache der Rutschungen festzustellen versuchen. Zur Beurteilung von Bodenbewegungen kann die periodische Messung von Fixpunkten und die laufende Beobachtung von Anrissen, Senkungen, Rutschungen, Sackungen usw. notwendig sein. Ein Entwässerungsplan läßt sich erst aufstellen, wenn alle natürlichen und künstlichen Wasserläufe, die Quellen und ihre Ergiebigkeit, allenfalls im Zusammenhang mit den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen, die Abläufe aus Häusern und die unterirdischen Leitungen sowie allfällige Versickerungsstellen bekannt sind. Durch Bodensondierungen ist die Zweckmäßigkeit der Entwässerungsanlage zu überprüfen.

Oberhalb der eigentlichen Rutschzone, das heißt in den rutschgefährdeten Gebieten, sind vernäbte Mulden und Hänge zu entwässern; Quellen und Durchsickerungen sind möglichst weit oben zu fassen und schadlos abzuleiten.

Überschreitet nämlich die Durchnässung von rutschgefährdeten Böden, wie Moränen, Schuttablagerungen, Flysch und anderem mehr, infolge von Regenfällen oder wegen der Schneeschmelze ein kritisches Maß, so braucht es unter Umständen nur einen kleinen Wasserzuschuß, um eine Bewegung auszulösen. Das durchnäßte Gebiet kann auf einmal murgangartig ausbrechen. Besonders bei Flysch – bestehend aus übereinandergelagerten dünnen Schichten von Kalk und Sandsteinen, Ton-schiefer und Mergel – werden die tonig-mergeligen Bestandteile bei Wasseraufnahme seifig und schmierig; es bilden sich unendlich viele kleine Gleitflächen, auf welchen kleine Bodenbewegungen entstehen. Dadurch verändern auch die kleinsten Wasseradern ihren Lauf, die tiefgründige Vernässung nimmt zu, die gesamte schmierige Masse gerät in Bewegung. Sackungen und ausgedehnte Gehängerutschungen können Stauungen im Bachbett verursachen und zudem einen solchen seitlichen – und in besonders gearteten Fällen einen von unten nach oben gerichteten – Druck auf die im Bachbett gebauten Sperren ausüben, daß diese zertrümmert werden.

Mit der Entwässerung der obenliegenden Gebiete wird das Eindringen des Wassers in die Zone der akuten Rutschung vermindert. Eventuell kann ein oberhalb des Abrisses angelegter Hangkanal zur Fassung des oberflächlich abfließenden Niederschlagswassers gute Dienste leisten.

Bei der Ableitung der in der Rutschzone selbst vorkommenden Quellen- und Oberflächenwasser ist zu bedenken, daß kleinste Bodenbewegungen die Entwässerungsstränge zerreißen: Die Anlage wird bald wirkungslos, wenn nicht ein sorgfältiger Unterhalt gewährleistet ist. Hangentwässerungen in Verbindung mit Bodenbefestigungsarbeiten haben in besonderen Fällen schon zu schönen Erfolgen geführt.

Die Wahl des Entwässerungssystems wird durch die im einzelnen Fall zu stellenden Anforderungen bestimmt. Es sei lediglich erwähnt, daß hierfür in Frage kommen:

- offene Gräben mit oder ohne Sohlensicherung;
- undurchlässige Schalen;
- Sickerschlitze und -dolen;
- Drainierungen mit Ton- und Zementröhren;
- Entwässerungsleitungen aus Holz-, Eisen-, Eternit-, Zement- und neuerdings aus Plastikröhren;
- Stollen zur Fassung des Wassers, das tiefliegende Gleitflächen schmiert.

Wenn auch die Entwässerungen eine Beruhigung der Hänge bewirken, ist doch nicht zu übersehen, daß die Unterbindung der Tiefen- und Seitenerosion im Bachbett selbst die wichtigste Voraussetzung eines Erfolges ist.

### *3. Forstliche Arbeiten*

Als dritte Hauptgruppe der Maßnahmen zur Verminderung des Materialabtrages im Erosionskessel sind nun die forstlichen Arbeiten zu erwähnen.

Es ist bekannt, daß durch die Grünverbauung zwei Zwecke erreicht werden: einerseits die Herabsetzung der Hochwasserspitzen, indem ein Teil des Niederschlagswassers temporär im lockeren Waldboden gespeichert wird, und andererseits die Bindung des Geschiebes durch das Wurzelwerk.

Die forstlichen Arbeiten umfassen folgende Vorkehrungen:

- a) die Begrünung und Bebuschung der Hänge, allenfalls in Verbindung mit Konsolidierungsarbeiten, zur Verhinderung der Flächenerosion;
- b) die eigentliche Aufforstung des weiteren Einzugsgebietes.

zu a: Haben sich die Hänge infolge der im Bachbett selbst getroffenen baulichen Maßnahmen und dank allfälligen Entwässerungen beruhigt, so müssen sie vor der Abspülung geschützt werden. Es gibt Fälle, in welchen es gegeben ist, die übersteilen Hänge sich von selbst abböschern zu lassen; mit der Zeit wird sich der natürliche Böschungswinkel einstellen. Bis dahin muß ein Land- und Waldverlust in der oberen Abbruchzone in Kauf genommen werden. Ist dies nicht der Fall, so ist es notwendig, die übersteilen Böschungen durch besondere Maßnahmen zu festigen; es kommen Reisiglagen, Flechtwerke, Faschinenbauten, Verpfählungen, kleine und größere Stützmauern und verschiedene Kombinationen der genannten Systeme in Frage.

Die Reisiglagen vermehren die Hangrauhigkeit; Flechtwerke, Faschinen, Stützmauern verflachen die Böschung und verfestigen den Hang.

Sobald zwischen diesen Konsolidierungswerken der natürliche Böschungswinkel erreicht ist, können Büsche angepflanzt werden. Hierzu eignen sich insbesondere genügsame, zähe Pflanzenarten mit geringem Gewicht und langen Wurzeln, wie zum Beispiel Weiden, Erlen usw. Auf den Seitenhängen ist eine eigentliche Aufforstung mit Baumarten nicht zu empfehlen; große Bäume belasten nämlich den Hang zu sehr, so daß Rutschungen eintreten können. Oberhalb der Baumgrenze erfolgt die Begrünung durch die Saat von Rasen oder mit Rasenziegeln.

zu b: Die eigentlichen forstlichen Arbeiten umfassen:

- die Erhaltung und Förderung der Gebirgswälder einschließlich des Kampfzonenwaldes zum Schutz gegen Lawinen, Verrüfungen, Stein-  
schlag und zur Regelung des Wasserhaushaltes;
- die Wiederherstellung der durch Übernutzung und Nebennutzung  
dezimierten Wälder;
- die Waldneugründungen. Hier werden sich Forstmann und Agrom  
verständigen müssen. In erster Linie sind ertragsarme Böden  
aufzuforsten. Man wird versuchen, den Landverlust durch Steige-  
rung des Ertrages der verbleibenden Parzellen zu kompensieren.

Und nun zur Wirkung des Waldes selbst. Normalerweise ist in einem bewaldeten Gebiet der Abfluß kleiner als in einem unbewaldeten. Dies gilt allerdings nur so lange, als die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens nicht ausgeschöpft ist. Daß der Wald allein die Wildbachgefahr nicht bannen kann, haben auch die letzten Hochwasser in Österreich gezeigt.

Eine vollständige Heilung der wunden Stellen unserer Wildbachgebiete ist allein durch biologische Maßnahmen normalerweise nicht zu erzielen. Es geht eben zu lange, bis die Wildbachhänge dadurch konsolidiert werden. Immer wieder zerstören die Hochwasser das angefangene Werk.

Es ist deshalb die Erkenntnis durchgedrungen, daß zur Sanierung der Wildbachgebiete in erster Linie die baulichen Werke zu erstellen sind, welche die Tiefen- und Seitenerosion verhindern sollen. Die Aufforstungen müssen gleichzeitig an die Hand genommen werden. Für die Anwendung des eingangs erwähnten Forstgesetzes ist die Eidgenössische Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei zuständig.

## *II. Maßnahmen auf dem Schwemmkegel*

Früher schützte man sich vor Wildbachschäden durch den Bau örtlicher Dämme auf dem Schwemmkegel, welche das Wasser und das Geschiebe in bestimmte Bahnen ablenken sollten. Mit der Zeit kam die Einsicht, daß diese Schutzdämme auf die Dauer wirkungslos waren, ja gefährlich werden konnten, solange die Abtragung im Erosionskessel nicht unterbunden war. Durch die Dämme eingengt, kommen die Geschiebeablagerungen höher zu liegen als der übrige Schwemmkegel; dies hat bei Damnbrüchen unabsehbare Folgen. Neben den Wällen war es im üb-

rigen der sogenannte Schutzwald, der die Unterlieger vor Katastrophen schützen sollte.

Obwohl heute die Auffassung durchgedrungen ist, daß normalerweise in erster Linie der Erosionskessel behandelt werden muß, kommt man nicht darum herum, auch auf dem Schwemmkegel bedeutende Maßnahmen zu ergreifen, welche dem ersten Schutz dienen, solange die zeitraubenden Verbauungen im Gebirge noch nicht beendet sind. Die wichtigsten auf dem Schwemmkegel durchzuführenden Maßnahmen sind:

### *1. Ablaufrinne*

Wasser und Geschiebe sind auf dem Schwemmkegel so zu zügeln, daß Ausbrüche ausgeschlossen sind. Ist der Bach im Gelände eingeschnitten, können Sperrentreppen oder Schalen erstellt werden.

Meistens befindet sich aber der Bach zur Zeit der Inangriffnahme der Korrektionsarbeiten auf der höchstliegenden Fallinie des Schwemmkegels, in einer Lage also, die als bedrohlich gelten muß. In einem solchen Fall ist ein mit Schutzwällen versehenes glattes Gerinne anzulegen, welches imstande sein muß, Wasser und Murgänge abzuführen.

Bei der Anlage der Ablaufrinne sind besonders folgende Punkte zu beachten: Beim Austritt aus der Schlucht, das heißt an der Kegelspitze, muß die Zuleitung des Wassers und des Geschiebes in die Abflußrinne gewährleistet sein. Ablagerungen an dieser Stelle können eine unerwünschte Änderung des Laufes bewirken und müssen daher verhindert werden. Bei zu großer Breite der Ablaufrinne besteht die Gefahr, daß sich darin bei Hochwasser Ablagerungen ansammeln, welche Ausbrüche und Damnbrüche verursachen können. Eine Sperrentreppe in eingeschnittenem Gelände ist imstande, bei Hochwasser beträchtliche Geschiebemengen vorläufig zurückzuhalten; glatte Schalen hingegen lassen sämtliches Geschiebe in der kurzen Hochwasserdauer dem Vorfluter zugehen.

Von Fall zu Fall ist deshalb zu prüfen, ob die Einschaltung von Ablagerungsplätzen nötig ist, um eine unzulässige Geschiebezufuhr in den Vorfluter zu verhindern.

### *2. Geschiebesammler*

Die Geschiebesammler sind den Geländeverhältnissen anzupassen. Grundsätzlich sollen sie die Form einer umgekehrten Birne haben, oben breit, unten schmal, damit sich das anfallende Geschiebe, das am Ende der Ablaufrinne über einen Absturz fallen soll, ausbreiten kann. Die größten Steine werden liegen bleiben, während das feinere Material mit dem Wasser ohne weiteres den Vorfluter erreicht, der für den Abtransport zu sorgen hat.

Infolge der Ablagerungen im Geschiebesammler unterhalb des Absturzes wird der Bach dann aber seinen Lauf einmal links, einmal rechts nehmen und die Dämme des Ablagerungsbeckens unterkolken, sofern nicht die geeigneten Abwehrmaßnahmen getroffen werden. Diese bestehen in der Anlage von Sporen, welche die Strömung von den Längs-

dämmen fernhalten, oder in der zackigen Ausbildung der Dämme selbst, so daß der Angriff der Strömung unterbleibt.

Die Ablagerungsbecken müssen von Zeit zu Zeit ausgeräumt werden; deshalb ist es wichtig, daß eine Zufahrtsmöglichkeit vorhanden ist. In den meisten Fällen ist schon bei der Anlage des Sammlers eine spätere Vergrößerung zu projektieren, sei es durch Erhöhung der Schutzdämme, sei es durch Erweiterung der Ablagerungsfläche mittels eines weiteren Sammlers. Das nötige Terrain soll hierfür von Anfang an reserviert bleiben.

Unterhalb des Geschiebesammlers besteht der Ablaufkanal bis zum Vorfluter normalerweise aus einem gepflästerten Gerinne.

### *3. Mündung in den Hauptfluß*

Hier sind verschiedene Fälle zu unterscheiden:

a) Geschiebe- und Wasserführung des Wildbaches sind so klein, daß das der Mündung gegenüberliegende Ufer des Hauptflusses (Vorfluters) nicht beschädigt werden kann. Die direkte Zuleitung weist in diesem Falle keine Nachteile auf.

Um die Höhenlage der Mündungsstelle von derjenigen des Vorfluters unabhängig zu machen, ist unter Umständen eine Querschwelle angezeigt.

b) Geschiebe- und Wasserführung des Wildbaches sind derart, daß die Energie des Wassers vernichtet werden muß, bevor es in den Vorfluter gelangt. Dazu ist zum Beispiel die Anlage eines besonderen treppenförmigen Auslaufbauwerkes notwendig.

c) Ist der Hauptfluß eingedämmt, so muß der Ablaufkanal im Bereich des Rückstaus ebenfalls eingedämmt werden. Eine eingehende Prüfung der Verhältnisse ist sehr ratsam, denn infolge allfälliger Geschiebeablagerungen im Rückstaugebiet kann das Wasser die Dämme der Ablaufrinne überfluten und sie zerstören. Diese Dämme durchschneiden die Talebene, erschweren deren Bewirtschaftung und verteuern die Entwässerung. Beispiele von Entwässerungskanälen, welche unter den Ablaufkanälen der Wildbäche geführt werden müssen, sind in der Rhoneebene an verschiedenen Orten zu sehen.

Will man diesen Nachteil vermeiden, so muß das Wasser der Wildbäche in einem Binnenkanal gesammelt werden, welcher an einer geeigneten Stelle in den Hauptfluß einmündet; dabei wird das Geschiebe zunächst in Sammlern zurückgehalten. Dieses Prinzip wurde zum Beispiel in der Linthebene, im Rheintal oberhalb des Bodensees und auch in der Rhoneebene befolgt.

Damit sind die hauptsächlichsten Maßnahmen, die der Bekämpfung der Wildbachschäden dienen, dargelegt. Unsere ständigen und zähen Bemühungen zur Erfüllung dieser schönen Aufgabe dürfen nicht nachlassen; die Folgen wären in Anbetracht unseres knappen Siedlungsraumes unabsehbar.