Zwei Betonmauern:

Die Geschieberückhaltesperre am Illgraben (Wallis) und die Staumauer des Hochwasserschutzbeckens an der Orlegna im Bergell (Graubünden)

A) Die Geschieberückhaltesperre am Illgraben (Wallis)

1. Allgemeines

Der "Illgraben" mündet bei Leuk, unterhalb Susten, linksufrig in die Rhône. Sein Einzugsgebiet mißt ca. 12 km² und setzt sich zusammen aus einem 8 km² großen, durch den Gorwetschgrat, durch das Illhorn und Meschlerhorn umrandeten Erosionskessel und einem schmalen, durch die obere Böschungskante des Grabens abgegrenzten Landstreifen längs des Mittel- und Unterlaufes.

Geschieberückhaltesperre am Illgraben Solgesch Stauwehr Stauwehr Stauwehr Suste Rhore Printed d Solgesch Agam EW Stauwehr Suste Rhore Illhorn 2566 N Illhorn Z768 Neschlerhorn Z566 N Schwarzhorn Z788

Geologisch betrachtet, liegt der große Erosionskessel in der Stirnzone der Bernhardkette, die sich aus Triasformationen aufbaut. Der tiefeingeschnittene Illgraben bildet die Grenzlinie zwischen den Karbonatgesteinen des Gorwetschmassivs im NW (dolomitische Kalke und Dolomit sowie Rauwacke mit Gips- bzw. Anhydridlinsen) und den Quarziten des Illhornes im SE, welche von Kalkbändern durchzogen sind. Die spröden und stark zur Durchklüftung neigenden Quarzite können zu feinem Staub zerfallen, der, von lokalen Winden aufgewirbelt, das sog. "Rauchen" des Illgrabens hervorruft. Durch die außerordentlich starke Erosion der Quarzitmassen werden die im allgemeinen kompakten und wenig zerklüfteten Karbonatgesteine herausgeschält; ihres Fußes beraubt, sacken die Felsmassen in größeren oder kleineren Paketen ab. Mächtige Ablagerungen von grobem Block- oder Bergsturzmaterial und von weniger grobem Gehängeschutt bedecken die Flanken des Illhorns.

In den steilen NW-Hängen des Illgrabens ist eine Bestockung durch Wald nur auf kleinen, vereinzelten Flächen möglich. Zerrissene Waldstreifen an der Nordflanke des Illhorns reichen bis auf 2300 m Meereshöhe hinauf und stellen die Überreste eines früher bis weit hinauf geschlossenen Waldes dar. In den zahlreichen Runsen aber, in denen große Materialmengen zum Abtransport bereit liegen, schreitet die Erosion unaufhaltsam weiter, so daß der heutige Wald früher oder später vernichtet wird.

Im Illalpbach, zu dessen Einzugsgebiet früher der Illsee gehörte, ist seit der Erstellung des Illsee-Turtmannwerkes eine Abschwächung der Erosionstätigkeit infolge Wasserentzugs festzustellen, so daß hier mit einer längeren Dauer des Waldbestandes zu rechnen ist. Dennoch lassen auch hier die übersteilen Böschungen künftig Anrisse erwarten.

Die mit Wasser vermischte breiige Masse setzt sich murgangartig in Bewegung und transportiert größere Kalksteine und Quarzitblöcke zu Tale. Beim Ausgang aus der Schlucht breitet sich der große regelmäßige Schwemmkegel des Illgrabens mit einem Öffnungswinkel von rund 180° gegen die Rhône aus, ein Zeichen, daß hier in geologisch jüngerer Zeit wiederholt große Murgänge niedergegangen sein müssen. Der Verlauf des "Illgrabens" auf dem Schwemmkegel ist in der Tat alles andere als stabil. Ist der Graben nämlich durch einen früheren Murgang ganz oder nahezu aufgefüllt, so besteht beim nächstfolgenden die Gefahr eines Ausbruchs, besonders wenn große Blöcke und Baumstämme den freien Durchfluß behindern.

Der mächtige Schwemmkegel des Illgrabens hat den Rhônelauf maßgebend beeinflußt. Das feinere Material, das zur Rhône gelangt, wird in der Regel vom Talfluß weggeführt, das gröbere bleibt liegen und erhöht seit Jahrzehnten die Sohle des Rhônebettes. Oberhalb Susten beträgt dessen Gefälle 1,9 Promille, unterhalb der Illgrabenmündung 15,5 Promille, um sich bei Siders auf 5,5 Promille zu verringern. Bei der Rhôneverbauung berücksichtigte man die gewaltigen und plötzlichen Geschiebeschübe des Illgrabens, indem das Flußbett unterhalb dessen Mündung auf ein Mehrfaches der Normalbreite verbreitert wurde; dadurch entstand ein erstklassiges Auffangbecken. Wenn der Geschiebeanfall zu groß ist, kann allerdings die Rhône gestaut werden. Ein besonderes Reglement wurde für das Kraftwerkwehr

Susten aufgestellt, damit während eines Murganges im Illgraben die volle Wassermenge der Rhône zu Spülzwecken verbleibt.

Die in jüngster Zeit beobachteten kleineren Ausbrüche des Illgrabens erfolgten in den Jahren 1920, 1928 und 1934. Am 26. März 1961 stürzten vom Gorwetschgraben etwa 3,5 Millionen m³ ab, die sich im oberen Erosionskessel ablagerten. Diese zermalmten Felsmassen bildeten seither die Hauptgeschiebequelle des Illgrabens. Seither waren die Geschiebeschübe teilweise derart groß, daß die Rhône selbst das feinere Material nicht mehr abzutransportieren vermochte. Das Durchflußprofil der Brücke der Kantonsstraße, die das Oberwallis mit dem Unterwallis verbindet, wurde immer kleiner. Im Kessel selbst bildete sich hinter den Bergsturzmassen ein kleiner See, der am 6. Juni 1961 durchbrach. Ein riesiger Murgang fegte die Kantonsstraßenbrücke weg und bedeckte das Rhônebett unterhalb des Kraftwerkwehres von Susten. Um künftige Murgänge nach Möglichkeit zu vermeiden oder wenigstens in ihrem Ausmaß einzuschränken, begann der Kanton Wallis im Einvernehmen mit dem Bund hiefür geeignet erscheinende bauliche Maßnahmen zu projektieren.

2. Verbauungsmaßnahmen

Das vom Baudepartement des Kantons Wallis im Jahre 1962 vorgeschlagene Verbauungsprojekt sah den Bau einer Hauptsperre am Fuße der abgestürzten Felsmassen und talwärts desselben eine Treppe von 21 Wildbachsperren bis zur Rhône vor. Der Zweck der ungefähr 50 m hohen Sperre bestand in erster Linie darin, die Erosionsbasis entsprechend zu erhöhen und die Rückwärtserosion in das lockere Bergsturzmaterial zu verhindern. Durch die Schaffung eines Auffangbeckens für etwa 2 Millionen m³ Material und dessen Auffüllung erwartete man ferner eine Stabilisierung der oberen Illgrabenstrecke und somit die Verhinderung von Murgängen in nächster Zukunft. Man war sich dabei bewußt, daß die Hinterfüllung des Riegels bald erfolgen werde und daß die weitere Erosion im Kessel selbst nicht verhindert werden konnte. Infolge des temporären Geschieberückhaltes hinter dem Riegel ist eine Vertiefung der Illgrabensohle talwärts desselben zu erwarten. Hat die Sohlenlage die gewünschte Tiefe erreicht, soll der Bachlauf durch die vorgesehene Sperrentreppe bis zur Rhône stabilisiert werden. Dadurch werden die bisherigen starken Erosionserscheinungen im Graben selbst ganz dahinfallen.

Es galt zunächst abzuklären, ob eine Mauer, etwa wie das Baudepartement des Kantons Wallis sie vorgeschlagen hatte, oder ob ein Erddamm zweckmäßiger sei. Eine erste Analyse des bei der Sperrstelle vorhandenen Materials durch die Erdbauabteilung der ETH Zürich ergab, daß sich dieses für einen Dammbau eignen würde. Mit der Aufstellung des Vorprojektes wurde die Elektrowatt AG, Zürich, beauftragt. In neun Sondierungen erkannte man im Talweg einen rund 75 m tiefen Cañon, welcher in das ursprüngliche U-Tal eingetieft ist. Bei den Durchlässigkeitsversuchen traten im Lockergestein

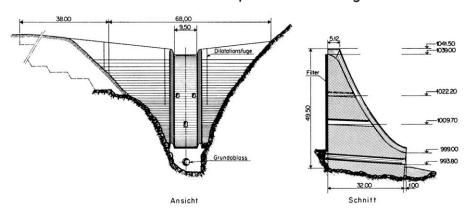
und im Felsen häufig Wasserverluste ein, so daß mit Injektionsversuchen abgeklärt werden mußte, wie Auswaschungen verhindert werden konnten. Der Kostenvoranschlag für einen Erddamm von 40 m Höhe (Krone auf 910 m) belief sich auf total 7,5 Millionen Franken (u. a. für die Dammschüttung 3,9 Millionen Franken, für Injektionen 1,4 Millionen Franken, für den Umleitungsstollen 0,3 Millionen Franken und für die Hochwasserentlastung 0,7 Millionen Franken).

Diese Kosten waren für ein einziges Objekt, bei dem gewisse Überraschungen möglich sind, zu hoch. Man beschloß daher, statt des Dammes am Fuße des Bergsturzmaterials beim Felsriegel doch eine Betonmauer zu bauen (siehe Abbildung). Die Projektierung und Bauleitung für die Mauer wurde dem Ingenieurbüro G. de Kalbermatten und F. Burri, Sitten, die Ausführung einem Konsortium unter der Leitung der Firma Ed. Züblin AG, Sitten, anvertraut.

3. Die Geschieberückhaltesperre

Der Felsriegel, in dem die Mauer errichtet wurde, besteht aus standfestem grauem Kalk, der nur in einer örtlich begrenzten Partie der rechten Flanke stark aufgelockert ist. Da die Bachsohle oberhalb der Mauer rasch ansteigt, war vorgesehen, mit dem Fortschreiten der Betonierung die Mauer sofort mit Material zu hinterfüllen und dieses zu verdichten. Die Hinterfüllung

Geschieberückhaltesperre am Illgraben



erfolgte jedoch während des Baues auf natürliche Weise. Dadurch, daß die hintere Wandabgrenzung mit einer Schicht Porenbeton zur Drainage der Hinterfüllung ausgebildet wurde, konnten günstigere Annahmen für die statische Berechnung der Betonmauer geschaffen werden.

Folgende Belastungsfälle sind untersucht worden:

- 1. Erddruck nach Coulomb
- 2. Erddruck als Ruhedruck
- 3. Wie Fall 2, jedoch mit Strömungsdruck
- Wie Fall 2, jedoch mit wassergesättigtem Boden und Auftrieb in der Fundamentfläche
- Konsolidierte Auffüllung, bis Kote 1028 m, darüber wassergesättigter Murgang von 12 m Höhe
- 6. Wie Fall 5, jedoch mit Strömungsdruck in der Auffüllung

Die Kennziffern für die Berechnung des Erddruckes sind im Laboratorium der EPFL in Lausanne bestimmt worden. Für die ungünstigste Belastungsannahme, nämlich Fall 3 (Emax = 1020 t/m), bleibt die Resultierende noch im Kern. Für höher gelegene Schnitte ist die Belastung 5 die ungünstigste. Durch eine zweckmäßige Bauausführung, bei der die Hinterfüllung mit der Betonierung Schritt hielt — der Abstand zwischen der jeweiligen Sperrenkrone und der Hinterfüllung überschritt nie 5—6 m —, konnten aber auch da Zugspannungen vermieden werden.

Das Bauwerk ist eine Schwergewichtsmauer, die mit einer maximalen Höhe von 49,5 m, einer Kronenlänge von 64,5 m, einer Kronenbreite von 5,12 m und einer Basisbreite von 32,0 m sowie einer Betonkubatur von rund 30.000 m³ der Talsperrenverordnung untersteht.

Da sich der Bachschotter des Illgrabens nicht für die Herstellung von frostsicherem Beton eignete, mußten alle Betonzuschlagsstoffe aus dem Rhônetal herauftransportiert werden.

Die Entwässerung des Hinterfüllungsmaterials erfolgt durch einen Filterbeton, einen Grundablaß sowie durch drei weitere Öffnungen. Die Hochwasserentlastung wird durch eine in der Krone angeordnete Rinne gewährleistet; sie zieht sich über die ganze talseitige Mauerfläche hin und hat einen Querschnitt von 9,5 m x 2,5 m. Die Rinne wurde gegen Abrieb und Steinschlag mit 10 cm starkem Basaltbeton verstärkt, der jedoch von den herunterstürzenden Blöcken teilweise zertrümmert wurde. Die einzelnen Blöcke einer Betonierphase mußten so angeordnet werden, daß in der aufgehenden Mauer immer eine Abflußsektion für die Ableitung möglicher Murgänge frei blieb. Solche bildeten sich in der Tat nach jedem heftigen Niederschlag und behinderten die Bauausführung sehr. Noch bevor die Mauer fertig erstellt war, waren bereits der Grundablaß und die Entlastungsbarbakanen mit Illgeschiebe nahezu verstopft. Die Mauer ist heute schon kroneneben hinterfüllt. Der Verlandungswinkel von 6°-10° ist noch nicht erreicht. Zur Konsolidierung der Sohle unterhalb des Mauerfußes wurden zwei massive Wildbachsperren erstellt; sie dienten während des Baues als Pfeiler der Brücken der Zufahrtsstraße.

Der Kostenvoranschlag für die erste Etappe betrug einschließlich Sondierungen 3,920.000 Franken. Für die Sperrentreppe bis zur Rhône ist mit einem

weiteren Aufwand von rund 2,5 Millionen Franken zu rechnen. In Anbetracht des Umstandes, daß einerseits der Illgraben eines der schwierigsten Verbauungsprobleme im Rhônetal darstellt, dessen endgültige Lösung noch nicht abzusehen ist, und anderseits die Rhône selbst im Bereich des Illgrabens korrigiert werden mußte, wurde vom Bund an diese Verbauungen der gesetzlich höchstmögliche Beitragssatz von 50 Prozent zugesprochen.

4. Literaturangaben

Dieser Bericht wurde aus folgenden Studien zusammengestellt:

- 1. Geologischer Bericht von Dr. W. Fisch, 1933.
- 2. Bericht, Voruntersuchungen Vorprojekt, Elektro-Watt AG, Zürich, 1964.
- 3. Projekt, G. de Kalbermatten u. F. Burri, Sitten, 1966.
- 4. Antrag an den Bundesrat, 1966.

B) Die Staumauer "Orden" des Hochwasserschutzbeckens an der Orlegna im Bergell

1. Allgemeines

Die Maira, der Talfluß des Bergells, nimmt nacheinander — um nur die wichtigsten Zuflüsse zu nennen — die Orlegna (vom Fornogletscher herkommend), den Valun dal Largh und die Albigna bei Vicosoprano auf (siehe Abbildung). Diese steilen Seitenflüsse schleppen bei Hochwasser gewaltige Mengen grobblockigen Geschiebes mit sich, die im Talboden abgelagert werden und zu großen Verheerungen in den Dörfern (besonders in Casaccia und Vicosoprano), an der Malojastraße und an Kulturland führen (siehe Abbildung).

Von 1659 bis 1956 wurde das Bergell von 21 Hochwasserkatastrophen heimgesucht. Wohl die größten Verwüstungen brachte das Hochwasser vom 25. September 1927. Die entstandenen Schäden an Häusern, Gütern, Straßen und Brücken wurden damals vom Kanton Graubünden für das ganze Bergell auf 1,912.000 Franken geschätzt. Die Albigna (E = 20,5 km²) allein schwoll auf rund 130 m³/s (\cong 6,2 m³/s km²) an; Vicosoprano wurde verwüstet.

Die sofort in Angriff genommenen Schutzarbeiten kosteten 400.000 Franken, wovon der Bund die Hälfte übernahm. In den Jahren 1930—1932 wurde an der Albigna ein Hochwasserschutzbecken gebaut; eine rund 16 m hohe Mauer mit einer Kronenlänge von annähernd 130 m schloß den breiten Talboden oberhalb Vicosoprano ab. Dem zeitlichen Verlauf des Katastrophenhochwassers von 1927 entsprechend, mußte ein Staubecken mit einem Retentionsvermögen von rund 2,9 Millionen m³ geschaffen werden, um mit Ausnahme des zulässigen Abflusses von 11 m³/s die gesamte Hochwasserwelle zurückhalten zu können. Die Krone der Staumauer wurde überströmbar ausgebildet und der Grundablaß ohne bewegliche Regulierorgane so angeordnet, daß eine Verstopfung durch Eis oder Geschiebe verunmöglicht

wurde. Die Kosten betrugen 650.000 Franken. Ferner wurde die Mauer so konzipiert, daß sie später in eine größere, bereits geplante Staumauer eines Kraftwerkakkumulierbeckens eingegliedert werden konnte.

In die Konzession der dann im Jahre 1957—1959 gebauten neuen Talsperre wurde die Bedingung aufgenommen, daß ein Hochwasserschutzraum reserviert werden müsse, der dem bestehenden entsprach. Durch die Verminderung der Hochwasserspitze der Albigna wurde auch die Geschiebeführung stark reduziert und damit die Gefährdung von Vicosoprano durch Geröllüberschüttungen weitgehend gebannt.

Hochwasserschutzbecken Orden an der Orlegna 28,9 km² 1800

Die Hochwasser der fünfziger Jahre haben indessen gezeigt, daß das Mairatal weiterhin bedroht ist, es drängten sich zusätzliche Schutzmaßnahmen auf. Beim Valun dal Largh, welches gerade unterhalb der im Talboden gelegenen Kraftwerkzentrale und des Ausgleichbeckens Löbbia in die Maira einmündet, war es notwendig, die großen Geschiebemengen, welche aus den Moränen der weit oben liegenden Gletscher stammen, durch Dämme abzulenken, um sie auf dem Schwemmkegel aufzufangen, bevor sie in die Maira selbst gelangen. Außerdem ist die Korrektion der Maira selbst und einiger ihrer Zuflüsse unumgänglich. (Betr. Kosten siehe Abschnitt 4.) Als weitere

Möglichkeit, die Hochwasserspitzen und somit die Geschiebeführung im Mairatal zu reduzieren, wurden von der Stadt Zürich, unserem Amt, dem Kanton Graubünden sowie der Frima Gregori und Hitz in Chur die Erstellung eines Hochwasserschutzbeckens im Orlegnatal geprüft.

2. Die Hochwasserverhältnisse im Mairatal

Nach dem Hochwasser vom September 1927 konnten die Abflußganglinien der Maira und der Albigna in Vicosoprano trotz Zerstörung der Limnigraphenstationen einigermaßen rekonstruiert werden. Daraus wurden die möglichen Ganglinien des Hochwassers im Orlegnatal abgeleitet. Je nach der angenommenen Verteilung der Niederschläge in den Einzugsgebieten der Orlegna und der Maira oberhalb Casaccia ergab sich in der Orlegna ein größeres (Fall A) oder kleineres (Fall B) Hochwasser (siehe Abbildung). Für die Dimensionierung des Fassungsvermögens des Rückhaltebeckens von Orden (E = 36,1 km²) wurden eine Spitze von 170 m³/s und eine Zuflußwasserfracht von 4,5 Millionen m³ als maßgebend angenommen. Die beiden Rückhaltemöglichkeiten in Orden (E = 36,1 km²) und in der Albigna (E = 20,5 km²), vermindern die Hochwasserspitzen eines den Verhältnissen von 1927 entsprechenden Hochwassers im Mairatal (300 m³/s in Vicosoprano, 450 m³/s in Castasegna) je nach der Niederschlagsverteilung (Fall A und B) wie folgt:

	E (km²)	Q Fall A	Red. Q Fall A*	Q Fall B	Red. Q Fall B*
Orlegna in Orden	36,1	170	52 (30,6 º/o)	92	40 (43,5 º/o)
Orlegna in Casaccia	43,3	185	67 (36,2 º/o)	109	57 (52 º/o)
Maira in Vicosoprano	90,2	300	182 (60,8 º/o)	300	248 (82,5 º/o)
Maira in Castasegna	190,4	450	287 (63,7 º/₀)	450	353 (78,5 %)

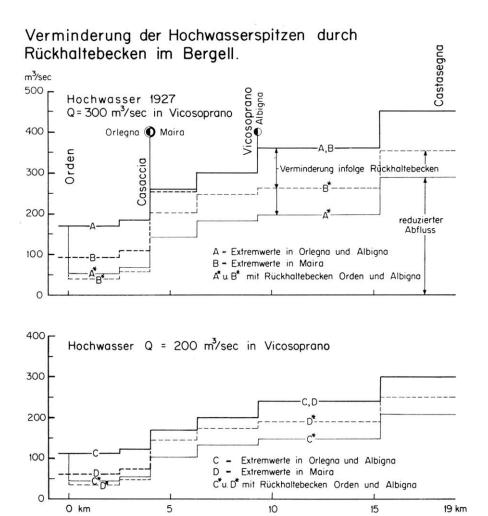
Fall A: Extreme Regenfälle im Orlegna- und Albignatal

B: Extremregen im Mairatal oberhalb Casaccia

A*: Reduzierte Wassermenge infolge Retention in Orden und Albigna entsprechend Fall A

B*: Dito (entsprechend Fall B)

Auf Grund dieser Hochwasserreduktion im Mairatal wurde vom Kanton Graubünden im Einvernehmen mit dem Bund der Bau des Hochwasserschutzbeckens bei Orden beschlossen.



3. Das Hochwasserschutzbecken Orden

Das Ingenieurbüro Maggia AG, Locarno, wurde vom Kanton Graubünden beauftragt, das Ausführungsprojekt aufzustellen. Zunächst wurden ausgedehnte Modellversuche im Maßstab 1:40 durchgeführt. Im Modell nachgebildet waren die Einlaufstrecke oberhalb des Beckens auf 250 m, das Becken selbst (Länge ca. 600 m, $J=4\,^{\circ}/_{\circ}$) sowie eine weitere 300 m lange Flußpartie unterhalb des Beckens. Die Versuche dienten zur Abklärung des Verlandungsvorgangs im Becken, der Abflußverhältnisse beim Überfall und Grundablaß der Staumauer sowie im anschließenden Tosbecken.

3.1 Der Verlandungsvorgang im Modell

Mit der analysierten Granulometrie des Geschiebes ($d_{max} = 70$ cm, $d_{90} =$ 53 cm und d $_{\rm m}$ = 22,3 cm) wurde bei der angenommenen Hochwasserwelle von $Q_{max} = 170 \text{ m}^3\text{/s}$ ein Transportvermögen der einlaufenden Strecke von ca. 12.800 m³, bei Q = 113 m³/s ein solches von 9600 m³ und bei 57 m³/s ein solches von 2560 m³/s festgestellt. Bei aufsteigendem Wasserspiegel im Becken erfolgte eine deltaförmige Ablagerung von Geschiebe an der jeweiligen Stauwurzel, wobei aber infolge der fast gänzlich fehlenden Schleppkraft praktisch kein Geschiebe bis zur Mauer befördert wurde. Bei absinkendem Hochwasserspiegel grub sich der Fluß oberhalb der jeweiligen Stauwurzel langsam in sein eigenes Delta ein, bis sich nach der vollständigen Entleerung des Beckens ein neues Gleichgewichtsgefälle bildete. Nach je acht Versuchen mit 12.800 m³, 9600 m³ und 2560 m³ (total 24 Versuche) betrug die Gesamtmenge des in das Becken eintretenden Geschiebes rd. 250.000 m³, wovon der Abtrieb ca. 90.000 m³ und die Verlandung des Beckens ca. 160.000 m³ ausmachte. Wie aus diesen Zahlen hervorgeht, ist die Verlandung des Beckens belanglos, weil nur selten größere Hochwasser eintreten.

3.2 Die Mauer

Diese ist als Bogen ausgebildet, luft- und wasserseitig durch quadratische Parabeln mit nach unten abnehmenden Parametern begrenzt; der rechte Flügel geht stetig in eine Gewichtsmauer über.

Für die statische Berechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Horizontaler Wasserdruck für Stauziel Kote 1788
- Erdbebeneinwirkung
- Gleichmäßige Temperaturänderung im Sommer und Winter
- Temperaturgefälle zwischen der vorderen und hinteren Wand im Sommer und Winter

Die größte Mauerhöhe beträgt 40 m über dem Fundament, die abgewickelte Kronenlänge 180 m, das Betonvolumen ca. 17.000 m³; die kleinste Mauerstärke mißt 2 m an der Krone und ca. 10 m am Fuß. Die Mauer untersteht der Talsperrenverordnung.

Sondierbohrungen gaben Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Felsuntergrundes und die Stärke der Schuttüberdeckung (max. 6 m auf dem rechten Ufer). Die Mauer wurde im Malojafels fundiert; die Aushubkubaturen betrugen im Schutt 7000 m³ (Festmaß), im Fels 4000 m³.

Die Wasserhaltung wurde mit einem Fangdamm und einem 110 m langen Umleitstollen mit 2 Prozent Gefälle ($F=5,7\,$ m², $Q=27\,$ m³/s) bewerkstelligt; nach Abschluß der Arbeiten Ende 1971 wird der Stollen mit einem Schieber geschlossen.

Plan vom Ing. büro Maggia A.G. Hochwasserschutzbecken Orden 9 t = Grobrechen 2 = Grundablass 3 = Hochwasserentlastung 4 = Tosbecken 5 = Schützenkammer 6 = Umleitstollen 9 1770

Der ca. 14,6 Prozent geneigte Grundablass besteht aus einem Rohr von 160 cm Durchmesser, das sich bergwärts zu einer hydraulisch möglichst günstig geformten Einlauftrompete ausweitet. Er arbeitet bis $Q=19~m^3/s$ mit freiem Wasserspiegel; bei $Q>19~m^3/s$ stellt sich Ausfluß unter Druck ein, mit entsprechendem Aufstau im Becken. Eine Regulierung der Durchflußwassermenge ist nicht vorgesehen. Der Grundablaß kann jedoch wasserseitig durch eine Gleitschütze abgeschlossen werden. Diese Vorrichtung ermöglicht einerseits eine Probefüllung des Beckens zur Beobachtung des Verhaltens der Sperre bei großer Belastung und anderseits Inspektionen und die Ausführung möglicher Reparaturen.

Bei der angenommenen Hochwasserwelle füllt sich der Stauraum von 1,7 Millionen m³ um 1,50 m über die vorgesehene Höhe des Entlastungsüberfalles. In diesem Fall fließen 51 m³/s durch den kreisrunden Grundablaß und 35 m³/s über die Überfallkante. Wird die Dauer des aufsteigenden Hochwasserastes um eine Stunde verkürzt, so vermindert sich die aufzuspeichernde Wassermenge derart, daß es nicht zum Überlaufen kommt. Durch einen unterhalb der Mauerkrone beginnenden und bis 1,50 m über den Boden reichenden, durchlaufenden Rechen wird einerseits ein Verstopfen des Grundablasses durch Geschwemmsel verhindert und anderseits die Geschiebeabfuhr ermöglicht.

Der Entlastungsüberfall auf der Mauerkrone erhält vier 9 m breite Öffnungen; er ist so geformt, daß auf dem Überfallrücken keine Unterdrücke entstehen. Die Abflußkapazität beträgt ca. 120 m³/s. Im Modell konnten die hydraulischen Kennwerte hinsichtlich horizontaler Krümmung und Seitenkontraktion bestimmt werden. Die Strahlaufreißer ermöglichen eine gute Belüftung und damit eine wirksame Energievernichtung der überfallenden Wassermenge.

3.3 Energievernichtung talwärts der Mauer

Die Energie des über die Mauer stürzenden Wassers wird in einem Tosbecken vernichtet. Das Tosbecken seinerseits wird durch eine 2 m hohe Schwelle abgeschlossen. Vertikale Eisenbahnschienen und grobe Blöcke teilen den aus dem Grundablaß herausschießenden Strahl (v $_{\rm max} \stackrel{\simeq}{=} 25$ m/s) auf. In das Tosbecken wird auch das Luft-Wasser-Gemisch aus dem Entlastungsüberfall zugeführt. Unterhalb des Beckens stellt sich bei jeder Wassermenge strömender Abfluß ein.

4. Die Kosten der Verbauungsarbeiten im Mairatal

Bis 1966 beliefen sich die Kosten für die bis anhin ausgeführten Korrektionsarbeiten der Maira und Orlegna auf rund 5,750.000 Franken, wovon 2,2 Millionen für die Verbauung der Seitenbäche aufgewendet wurden. Mit dem Beschluß vom Jahre 1967 wurden für weitere Schutzmaßnahmen der Betrag von 17,125.000 Franken bereitgestellt, es sind dies:

Staubecken Orden	2,84 Millionen Franken
Schutzbauten an der Orlegna und Maira in den Ebenen von Cavril und Casaccia	1,06 Millionen Franken
Schutzbauten Valun dal Largh	1,39 Millionen Franken
Eindämmung der Maira oberhalb Vicosoprano	7,67 Millionen Franken
Schutzbauten Val Torta und Val Franchiccio	0,70 Millionen Franken
Schutzbauten an der Maira zwischen Borgonovo und Castasegna	3,46 Millionen Franken

Mit dem Hochwasserschutzbecken von Orden wurde ein weiterer wichtiger Schritt zur Bekämpfung der Hochwasserschäden im Mairatal unternommen.

Résumé

Après un éboulement d'un volume de 3 millions de m³ dans le bassin versant supérieur, on a construit dans l'III g r a b e n une digue de retenue des alluvions, haute de 49,5 m; la longueur du couronnement est de 64,5 m et le volume de béton de 30.000 m³. Cette digue, dont le coût s'est monté à 3,5 millions de francs suisses, a été construite en vue de limiter la profondeur de l'érosion, d'empêcher l'érosion rétrograde et de retenir quelque 2 millions de m³ de dangereuses coulées de boue.

Les violentes chutes de pluie qui se produisent souvent dans la vallée de la Maira occasionnent des crues importantes et un transport de matériaux dévastateur. Pour réduire les pointes de crue, on a créé un ouvrage de retenue des hautes eaux. Ce barrage-voûte a une hauteur de 40 m, une longueur de couronnement de 180 m et un volume de béton de 17.000 m³; quant à son coût, il se monte à 3 millions de francs suisses; le lac ainsi formé permet de retenir 2 millions de m³ d'eau.

5. Literaturangaben

Dieser Bericht wurde aus folgenden Studien zusammengestellt:

- Bericht des Eidg. Amtes für Straßen- und Flußbau über die Wirkung eines Hochwasserschutzbeckens auf die Hochwasser im Mairatal, 1961.
- 2. Bericht des Ing.-Büros B. Gregori & H. Hitz, Chur, 1964.
- 3. Detailprojekt und Modellversuche des Ing.-Büros Maggia, Locarno, 1968 und 1970.
- 4. Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung vom Jahr 1966.
- 5. Kantonale Projekte 1956 und 1968.