

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Band:** 56 (1964)  
**Heft:** 2-3

**Artikel:** Die Katastrophe von Vaiont in Oberitalien  
**Autor:** Töndury, G.A. / Schnitter, G. / Weber, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921801>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.11.2024

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

In der Nacht vom 9./10. Oktober 1963 ereignete sich im Gebiet des Staubeckens Vaiont und im angrenzenden Piavetal in Oberitalien eine furchtbare Bergrutsch- und Flutkatastrophe, der leider auch viele Menschen zum Opfer gefallen sind. In dieser Zeitschrift haben wir schon mehrfach über Projekt und Bau der kühnen Stau-mauer Vaiont, der höchsten Bogensperre der Welt, berichtet. Obwohl die Resultate der amtlichen italienischen Untersuchungen uns noch nicht zugänglich sind, möchten wir unsere Mitglieder und Abonnenten doch schon jetzt an Hand der nachfolgenden gedrängten Angaben kompeten-ter schweizerischer Fachleute und durch Illustrationen über den vermutlichen Hergang und die Ausmasse dieser Kata- strophe kurz orientieren.

Im November 1963 begaben sich schweizerische Fach- leute in das Katastrophengebiet, darunter auch Prof. G. Schnitter, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH und Präsident des Schweizeri- schen Nationalkomitees für grosse Talsperren. Im An- schluss an diese einleitenden Worte folgt der Bericht von Prof. G. Schnitter, dem wir auch die ausgezeichneten Illustrationen (Fig. 1 bis 17) verdanken; die übrigen Bilder (Fig. 18 bis 23) wurden in freundlicher Weise von den NOK zur Verfügung gestellt. Nach dem Bericht von Prof. Schnit- ter folgt als Ergänzung der Bericht des Geologen E. Weber.

Die kühne Bogenstaumauer hat der aussergewöhnlichen Ueberbeanspruchung standgehalten und ist ein Beweis mehr für die ausserordentliche Flexibilität einer dünnwan- digen Konstruktion. Zu Ehren ihres im Herbst 1961 verstor-

benen Erbauers Ing. Dr. h. c. C a r l o S e m e n z a (Venezia) zitieren wir gerne einen Passus aus seinem Artikel «Dighe ad arco e a cupola», erschienen 1956 im Sonderheft «Tal- sperren — Barrages — Dighe» dieser Zeitschrift. Es heisst dort in seinen Schlussfolgerungen:

«In sostanza possiamo concludere che la diga arcuata ha un'infinità di risorser in molte direzioni: la sua 'resistenza glo- bale' è grandissima e lo dimostrano la storia stessa delle dighe curve e le prove a oltranza sui modelli.

'L'arco non dorme mai' pare dicessero gli arabi con signifi- cato di sfiducia, per giustificare la loro scelta di grandi piat- tabande di pietra per costruzioni che essi pensavano destinate all'eternità; riservando invece agli archi, per la loro insonnia, che ritenevano pericolosa, i materiali meno nobili come i mat- toni. Per contro, noi possiamo ancora oggi constatare l'ottima resistenza e conservazione di archi in mattoni che contano de- cene di secoli. E vero anche per noi che l'arco non dorme mai, ma nel senso che esso è pronto in ogni momento a reagire ai carichi più gravi e violenti, utilizzando la plasticità e tendendo, mediante un interno e continuo adattamento, alla migliore distri- buzione delle sollecitazioni, alla loro centralizzazione. La nostra interpretazione è dunque diversa, e assai più fiduciosa: l'arco non dorme perchè tende a lavorare sempre in un modo più affi- nato.

A noi progettisti e costruttori, il secondare con intelligenza queste sue naturali risorser. Venezia, maggio 1956»

Diese Schlussfolgerungen haben sich auch bei der hier zur Sprache stehenden Katastrophe bewahrheitet.

G. A. T ö n d u r y

## EINLEITUNG

Angesichts der für den ganzen Talsperrenbau beachtlichen Bedeutung der Katastrophe vom 9. Oktober 1963 im Stau- gebiet des Vaiont (Provinz Belluno/Italien), möge den Le- sern der «Wasser- und Energiewirtschaft» ein vorläufiger, notgedrungen sehr unvollständiger, technischer Bericht vermittelt werden. Eine eingehendere, auf genaue Zahlen- angaben sich stützende Schilderung und eine Erklärung der näheren Umstände, die zu diesem Unglück führen konnten, werden erst viel später, wenn überhaupt, möglich sein. Im heutigen Zeitpunkt verstösst jegliche Anschuldigung dieser oder jener Instanz, gar dieser oder jener Per- son, nicht nur gegen den Sinn für Recht und Gerechtig- keit, sondern kann sich, vorläufig wenigstens, auf gar kein beweiskräftiges Material stützen. Wir können uns nur ver- weigen vor dem immensen Leid und der Trauer der so plötzlich und hart betroffenen Bevölkerung und helfen, mit unseren kleinen Möglichkeiten, das Leid zu lindern.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ANLAGE

Das Staubecken des Vaiont, eines Nebenflusses des Piave, der bei Longarone in denselben einmündet, bildet einen wesentlichen Bestandteil der Werkgruppe Piave—Boite—Maè—Vaiont. Diese wurde vor der Verstaatlichung der italie- nischen Elektrizitätsproduzenten durch die «Società Adria- tica di Elettricità» (SADE) mit Sitz in Venedig zum Zweck der Nutzung der Wasserkräfte des mittleren Piave und sei- ner Zuflüsse gebaut, praktisch seit Kriegsende bis 1960 (Fertigstellung der Vaiont-Mauer). In der italienischen tech-

nischen Zeitschrift «L'Energia Elettrica» wurde laufend dar- über berichtet, und die Interessenten mögen sich dort ge- nauer über die Bedeutung des Staubeckens Vaiont inner- halb dieser Werkgruppe und seiner führenden Rolle als Großspeicher informieren. Die allgemeine Anordnung der Sperre mit ihren Nebenbauwerken, Zu- und Ableitungen so- wie Zufahrtsstrasse und der Zusammenfluss Vaiont—Piave ist aus Fig. 2 ersichtlich. Man beachte insbesondere den By-Pass vom Zuleitungsstollen von Pieve di Cadore unter Umfahrung des Stausees über eine Rohrbrücke zum Stol- len nach dem Nachbartal Val Gallina und von dort zum Krafthaus in Soverzene am Piave auf Kote 390.00. Die Sperre ist eine dünne, leicht asymmetrische, doppelt ge- krümmte Bogenmauer (Schale). Ihre Hauptabmessungen (siehe auch Fig. 3 und 4) sind:

Mauerhöhe	261.60 m	Kronenkote	725.50	Kronenlänge	190.00 m
Maximale Staukote			722.42		
Scheitelstärke auf Kote 470.00 :			22,11 m		
Scheitelstärke auf Kote 724.50 :			2,92 m		
Aushubvolumen			417 000 m <sup>3</sup>		
Betonvolumen			353 000 m <sup>3</sup>		
Natürliches Einzugsgebiet			62 km <sup>2</sup>		
Stauinhalt: bei Vollstau			168 Mio m <sup>3</sup> ,		
Nutzhalt			150 Mio m <sup>3</sup>		
Länge des Stausees			ca. 6,5 km,	Oberfläche bei Vollstau	2,7 km <sup>2</sup>

Die Mauer ruht längs der beinahe senkrechten Wände der tief erodierten Schlucht (Fig. 1) nach dem von der SADE und ihrem technischen Direktor Ing. Carlo Semenza ent- wickelten Gedanken auf einer Betonschwelle, dem soge-

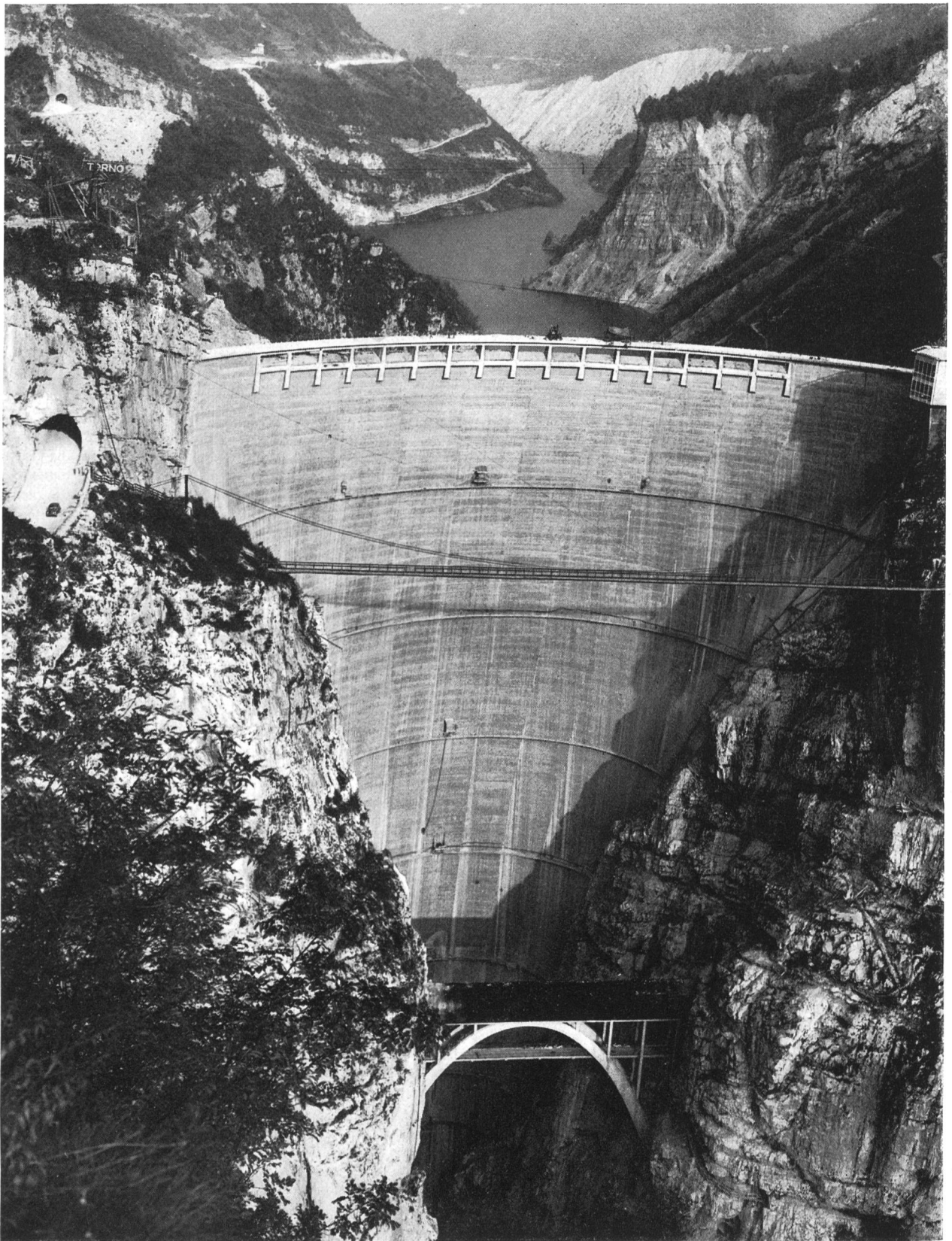


Fig. 1 Talsperre Vaiont; dahinter Stausee bei Teilstau, vor der Katastrophe (vgl. mit Fig. 12, ungefähr gleiche Aufnahme nach der Katastrophe)

nannten «pulvino», welcher eine gewisse Zentrierung des Kämpferdruckes ermöglicht und vor allem eine starke Verringerung der Felspressungen bewirkt (Fig. 3). Die statische Berechnung geschah mit der bei der SADE üblichen Sorgfalt und wurde in einem Grossmodell im Masstab 1:35

im Laboratorium des ISMES in Bergamo nachgeprüft. In die Sperre wurde ein ausgedehntes System von Mess- und Kontrollinstrumenten eingebaut und ausserdem ein geodätisches Beobachtungsnetz von Oberflächenpunkten angeordnet.

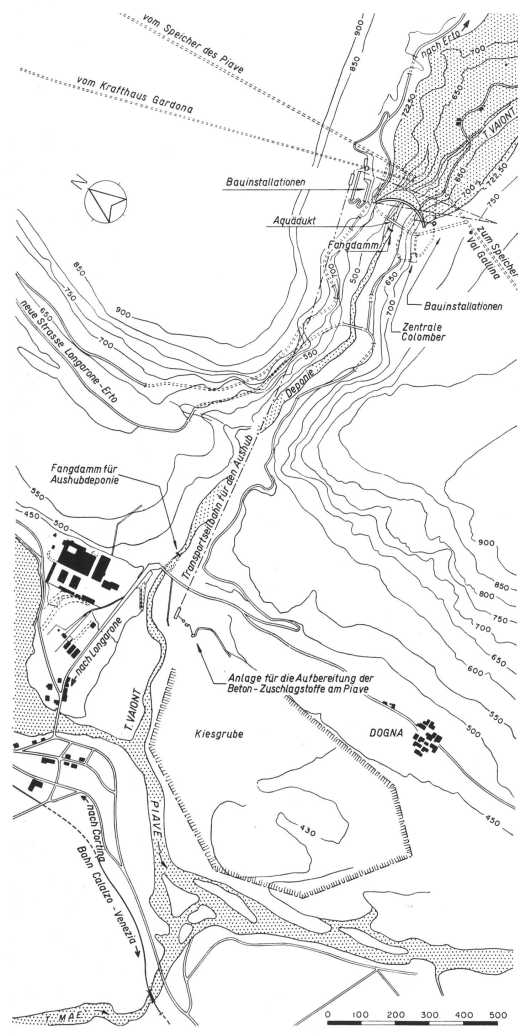


Fig. 2 Lageplan der Staumauer Vaiont und der Ortschaft Longarone im Piavetal. Man beachte die beim Bau angelegte Deponie des Staumaueraushubs unterhalb der Staumauer sowie die Kiesgrube zur Gewinnung der Zuschlagstoffe. Ebenfalls zu beachten sind die Zu- und Ableitungen zum Staubecken Vaiont.

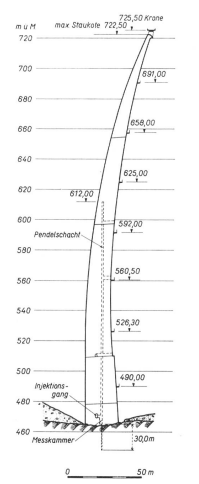


Fig. 3 Querschnitt der Staumauer

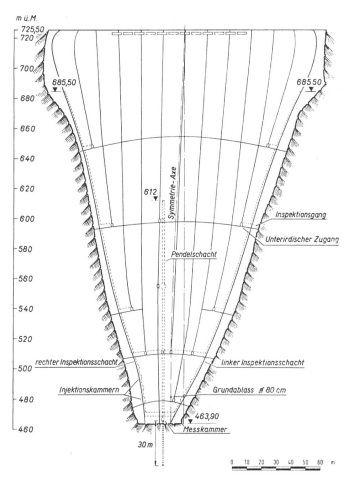


Fig. 4 Talseitige Ansicht der Staumauer

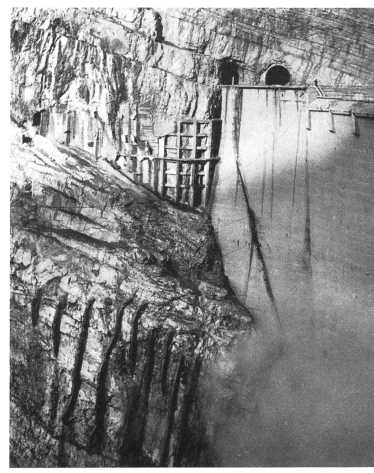


Fig. 5 Unterwasserseitige Ansicht des rechtsseitigen Widerlagers für Talsperre und Brücke, nach der Katastrophe; man beachte die Spannanker im Gebirge.

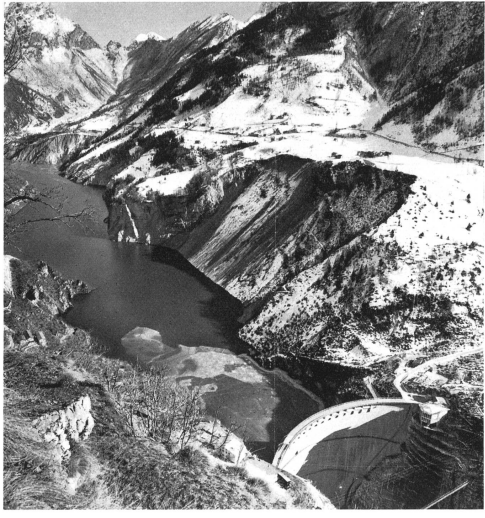


Fig. 6 Uebersicht über Staubecken und Talsperre Vaiont im Spätherbst 1960, nach dem ersten Rutsch auf der linken Talseite.



Fig. 7 Uebersicht über das Staubecken Vaiont, talwärts gesehen, während der letzten Bauphase. Auf der rechten Talseite erkennt man die Bauinstallationen; am oberen Bildrand das Dorf Casso, bis zu dessen ersten Häusern die Flutwelle hinaufgebrandet ist!





Fig. 8 (oben) Aufnahme nach der Katastrophe, vom rechten Seeufer aus. Die im Vordergrund sichtbaren grossen Felsmassen stellen die abschliessende Front der abgerutschten Massen dar, mit der Abrisslinie im Hintergrund. Rechts hinten liegt die Staumauer, links der abgetrennte hintere Teil des Stausees.

Fig. 9 (unten) Linke Flanke der Staumauerkrone von unterwasserseits gesehen; in Bildmitte die gewaltigen Rutschmassen. Man beachte besonders die grossen Trichter in der Rutschmasse, die wohl durch das Zurückfluten der Wassermassen entstanden sind (siehe auch Fig. 10, 12, 19).

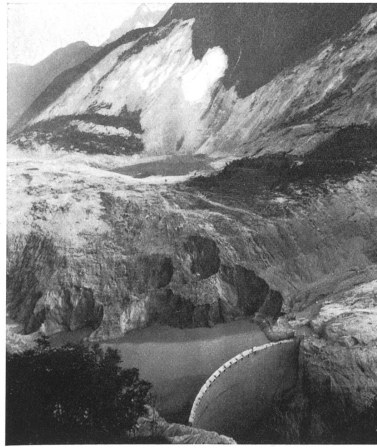
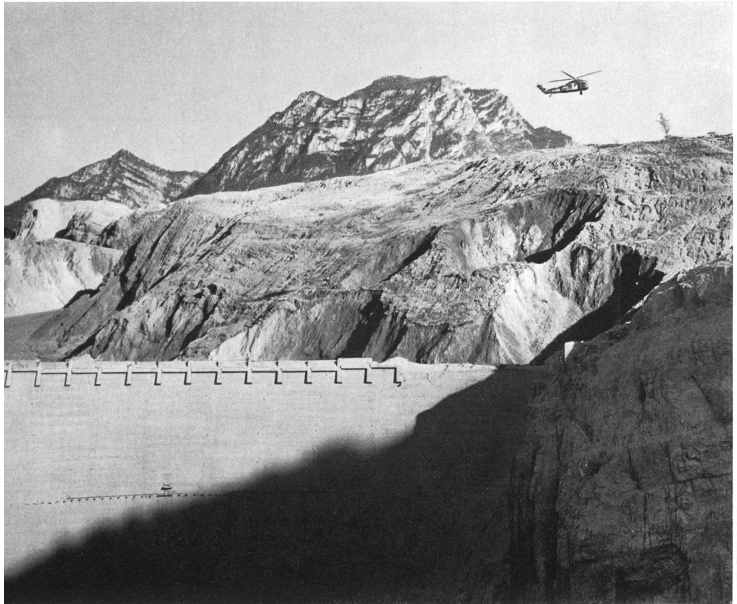


Fig. 10 Der unterste Teil des Staubeckens, von der rechten Tal-  
seite aus aufgenommen, mit dem kleinen vordern Teil des Stau-  
sees. Die ausgedehnte Abrisszone, die hier in ihrer Grösse er-  
kennbare Masse und der oberhalb liegende, inzwischen ausgelau-  
fene Tümpel geben einen Begriff vom Ausmass dieser die Kata-  
strophe auslösenden Rutschung.

Fig. 11 Das ehemalige Staubecken, im unteren Teil ausgefüllt mit  
Material. Die beleuchtete, von Bildmitte nach links sich erwei-  
ternde Zone liegt oberhalb und talwärts des linken Staumauer-  
widerlagers; sie zeigt deutlich die durch die Wasserflut kahlgewasene Felsfläche. Im Hintergrund das Piavetal.

#### GEOLOGISCHES

Von der Geologie an der Sperrstelle ist bekannt, dass der dem Jura (Lias und Dogger) zugehörige Kalkstein speziell im oberen Teil des Tales stark zerklüftet ist, sowohl nach vertikalen Ebenen parallel zur Talachse, als auch nach vertikalen Ebenen, die um 45° zu den vorhergehenden abgedreht sind. Gegen die Talsohle zu wird der Fels besser. Wie seinerzeit (1960) von Ing. Semenza beschrieben, führte diese von den Geologen in ihrer Tragweite erst nach Ausführung der Ausbrüche für die Widerlager erkannte Tatsache zu Mehrausbrüchen und Verstärkungen der Talkflanken durch Einlage von Metallankern während des Baues und von Spannankern unterhalb der Auflager nach dem Bau (siehe Fig. 5 und 13). Ueber die allgemeine Geologie des Gebietes spricht sich der inzwischen verstorbene Hauptgeologe der SADE, Prof. Da l P i a z., wie folgt aus (Zitat Seite 26 aus dem Sammelband «Impianto Idroelettrico Piave-Boite-Maè-Vajont», Venedig 1956):

«Non è questa la sede più adatta per entrare in dettagli sulla struttura geologica di quel complesso di monti che contornano il bacino del Vajont. Basti per ora ricordare che il motivo tettonico dominante consiste in una serie sovrapposta di lunghe pieghe rovesciate ed accompagnate da scorrimenti orizzontali nei quali i terreni del Giurese si trovano a ricoprire il biancone e la scaglia del Cretaceo superiore, e questa le marne e le arenarie dell'Eocene. Il colore rosso mattone della scaglia, che spicca su quello bianco-grigiastro delle stratificazioni che la accompagnano, la fa riconoscere con facilità permettendo di seguire le linee fondamentali degli avvenuti movimenti.

Nella parte mediana del fondo della valle del Vajont, circa un paio di chilometri a monte della località in cui dovrà impostarsi l'accennata diga, esiste un lembo di terreni eocenici riccamente argillosi o più o meno schiacciati e sconvolti, sui quali, tanto da un lato quanto sull'altro della valle, poggiano i materiali della scaglia del Cretaceo superiore, del Giurese e del Lias, costituenti un pacco di stratificazioni in ordine di successione invertita per l'avvenuto rovesciamento.»



Fig. 12 Talseitige Ansicht der Bogenstaumauer nach der Katastrophe. Der Aquädukt der Druckleitung Pieve di Cadore-Soverzene (Umfahrung des Speichers Vajont) ist weggelegt (vgl. Fig. 1).

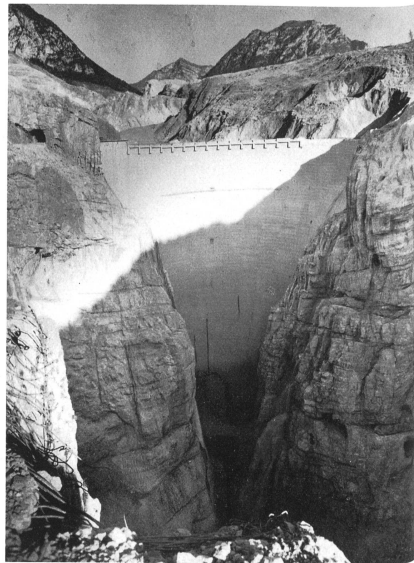
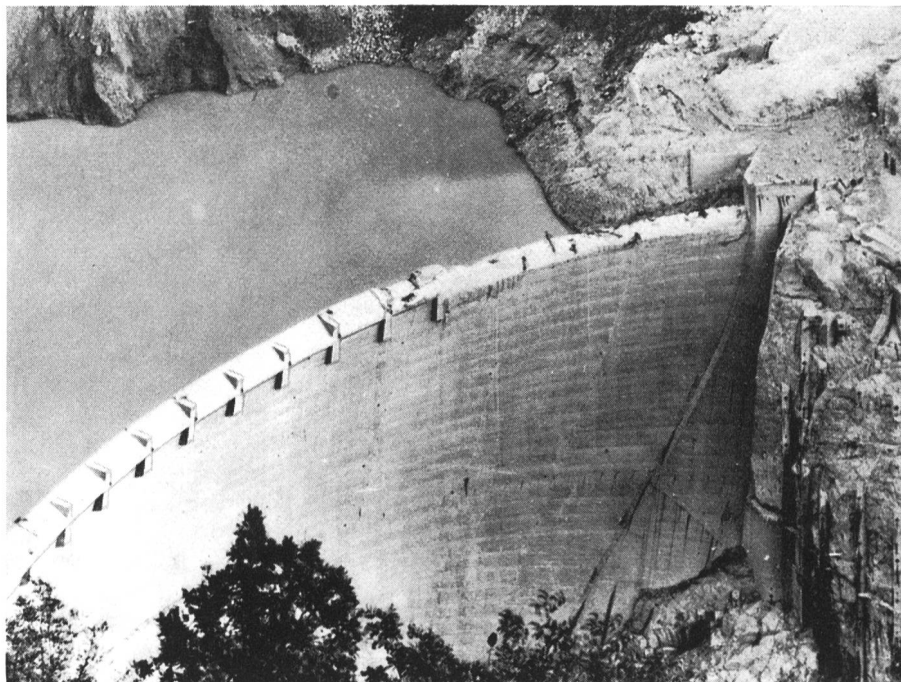


Fig. 13 Linke Seite der Stau-  
mauerkrone mit dem weggerissenen  
Ueberlauf, den Köpfen der  
Verankerungskabel und dem  
Auflager auf dem «Pulvino»



Der Geologe dürfte sich aus dieser wohl allgemeinen, aber doch sehr aufschlussreichen Darstellung ein ungefähres Bild der nicht günstigen allgemeinen geologischen Situation im Staugebiet des Vaiont machen können. Insbesondere würden natürlich nähere Ansichtsäusserungen über die Talbildung, z. B. ob glazialen, fluvialen oder tektonischen Ursprungs, interessieren und darüber, ob die am linken Talhange sichtbaren Gesteinsmassen wirklich anstehend waren oder nicht. Die Ergebnisse der durchgeführten Sondierungen, sofern tief genug abgeteuft, könnten darüber Aufschluss geben. Sichtbar ist die talwärts steil einfallende Lage der Felsschichten.

#### KATASTROPHE

Am 4. November 1960 erfolgte bei einem Einstau von ca. 130 m ein erster Rutsch von rund 700 000 m<sup>3</sup> Material auf der linken Talseite (siehe Fig. 6). Der Weiterstau geschah offenbar sehr langsam und unter ständiger Beobachtung des linksseitigen Hanges, wozu ein Beobachtungsnetz angelegt worden war. Ingenieure wohnten mit ihrer Mannschaft in der Nähe des rechten Ufers oberhalb des Stauzieles (Fig. 6 im Vordergrund und Fig. 7). Ein Abrutschen grösserer Gesteinsmassen wurde befürchtet. Im hydraulischen Modellversuch wurde die Wirkung einer im Ausmass und der Gleitgeschwindigkeit angenommenen Erdmasse auf den See und die Mauer untersucht, und es wurden dabei Resultate gefunden, die trotz der vermeintlich sehr ungünstig getroffenen Annahmen zu keinen Bedenken für die Sicherheit der Sperre oder der Unterlieger Veranlassung gaben. In der zweiten Hälfte September oder Anfangs Oktober 1963 erreichte der See eine maximale Kote 710.0, wurde aber wieder in ca. zehn Tagen auf 700.42 abgesenkt, entsprechend einem Seevolumen von ca. 110 Mio. m<sup>3</sup>.

Am 9. Oktober 1963, 22.39 Uhr, geschah dann das Furchtbare, dass sich eine gewaltige, zur Zeit auf ca. 300 Millionen m<sup>3</sup> geschätzte Stein- und Erdmasse am linken Seeufer auf einer Länge von ca. 2 km und einer Fläche von ca. 2 km<sup>2</sup> plötzlich in Bewegung setzte und in kürzester Zeit in den See stürzte. Das Gewaltige daran ist einerseits

das Ausmass der bewegten Masse und andererseits die Raschheit des zeitlichen Ablaufes, die bei etwa 5 Minuten liegen dürfte, wenn davon ausgegangen wird, dass in Longarone das ganze Unheil kaum acht Minuten gedauert hat. Vergleichsweise umfasste der Felssturz von Goldau am Hang des Rossberges vom 12. September 1806 ein Volumen von 35 bis 40 Millionen m<sup>3</sup> bei einer Länge von 1700 bis 2000 m, einer Breite von 300 m und einer Mächtigkeit von 60 bis 100 m.

Die abgestürzten resp. abgerutschten Massen schoben sich teilweise bis zum rechten Ufer hinüber und teilten den Stausee in einen direkt oberhalb der Sperre liegenden, kleinen, zum grösseren Teil mit Material ausgefüllten Teich von einigen 100 000 m<sup>3</sup> Inhalt und einen hinteren grossen See von ungefähr 80 bis 90 Millionen m<sup>3</sup> Inhalt (Fig. 8, 9, 10 und 11). Diese Erdmassen ragen bis 50 m über Kronenhöhe hinaus; ihre Form, der Waldbestand, die Gestalt der Einzelbäume (Fig. 14 und 15) weisen deutlich auf ein Abgleiten der ganzen Masse hin und zwar auf einer sehr tief liegenden, mindestens die ursprüngliche Talsohle erreichenden Gleitfläche.

Die unmittelbare Folge dieser gewaltigen Bewegungsenergie bildeten riesige Flutwellen, die sich nach allen Richtungen ausbreiteten. Die Wellen fluteten flussaufwärts bis in die vielen kleinen Verästelungen der Nebenflüsse des Vaiont und richteten starke Zerstörungen in Erto an. Am direkt gegenüberliegenden rechten Ufer brandete die Welle hinauf bis knapp an den Fuss des hoch (Kote 900) liegenden Dorfes Casso (Fig. 7 ganz oben!), riss die Mannschaftsbaracken weg und mit ihnen die 40 Leute in den Tod. Am linken Ufer schlug die Welle weit hinauf oberhalb des linken Widerlagers der Sperre, floss dann teilweise zurück und stürzte hernach ins Tal, der Hauptwelle folgend, die mit schätzungsweise 70 m Höhe sich über die Staumauerkrone ergoss. Das Totalvolumen der durch die Vaiontschlucht in das Piavetal sich ergiessenden Wassermassen kann auf Grund der Limnigraphenablesungen an den Messstationen im Piave auf ca. 25 Millionen m<sup>3</sup> geschätzt werden. Dabei wurde der über die Hochwasserentlastung hinwegführende Eisenbetonsteg weggerissen (Fig. 9 und 13); im übrigen aber wurde die Mauer nicht nennenswert be-



Fig. 14 und 15 Nach der Katastrophe: linke Talseite mit Abrutschflächen und Rutschmassen mit dem mehr oder weniger intakten Baumbestand



schädigt; oberflächlich können keine Risse festgestellt werden, die Mauer hat der ganz aussergewöhnlichen Belastung widerstanden. Ob die den Auflagern naheliegenden Partien des Gebirgs nicht gelitten haben, bleibt einer näheren Untersuchung vorbehalten. Die unterhalb der Mauer gelegene Rohrbrücke wurde weggerissen (Fig. 12), wie auch die alte Strasse, die steilen Felswände sind ab- und ausgewaschen (vergleiche Fig. 1 und 12). Die Fluten aus Wasser und Feststoffen drangen rechtsufrig in die Tunnelstrecke der Zufahrtsstrasse ein und durchbrachen einen Teil des Tunnels, linksufrig zerstörten sie das Kommandogebäude mit der zentralen Messanlage, drangen in den Liftschacht ein und von dort in das kleine Kraftwerk und in die Gänge, nichts als Verwüstung zurücklassend. Versucht man sich ein Bild zu machen über die sekundlichen Wasserfluten, so wird man grössenordnungsmässig mit ca. 200 000 bis 300 000 m<sup>3</sup>/sec. rechnen müssen. Die riesigen sekundlichen Wassermengen stürzten mit grosser Geschwindigkeit die Schlucht hinunter und hinaus wie aus einer Düse, um die in ca. 1,8 km von der Sperre am Piave gelegenen Ortschaften, Longarone und von dort noch die teils flussaufwärts, teils aber vor allem flussabwärts gelegenen Siedlungen im Gebiete von Longarone (Rivalta, Pirago, Faè) zu vernichten. (Vergleiche die Fig. 16 und 17, welche einen Ausschnitt aus dem Kern der Siedlung Longarone wiedergeben, vor und nach der Katastrophe; zur Orientierung dienen die terrassenförmigen Anlagen in der oberen Bildhälfte.) Die Schadenwirkung setzt sich dabei aus drei Teilen zusammen. Einmal dürfte der durch die Flutwelle erzeugte starke Luftdruck manches Leben erstickt haben, dann erfolgte der Einbruch der Wasser- und Bodenmassen ähnlich einem riesigen Murgang, alles zerstörend und unter sich begrabend, und schliesslich folgte das Zurücklaufen der aufgeklautenen Brandung. Erschwerend hat dabei sicher die Ausbruchdeponie mitgewirkt, die im Laufe des alten Bettes des Vaiont angelegt (siehe Fig. 2), von den Wassermassen total weggefegt wurde. Die Flutgrenze liegt auf der Höhe von Longarone am rechten Piave-Ufer ca. auf Kote 500 bis 520 (die Höhenlage von Longarone wird mit 472 angegeben, das Staumauerfundament liegt auf Kote 463.90). Die Wasserflut, rechtwinklig abgedreht, folgte dann dem Piave, der dank seiner aussergewöhnlichen Breite dazu beitrug, dass die Wasserhöhe ziemlich rasch abnahm und der sekundliche Abfluss ebenfalls und damit auch die Schadenwirkung. Immerhin ist das Wehr in Soverzene, 10 km unterhalb Longarone in seinen beweglichen Wehrverschlüssen und den an das Flusswehr anschliessenden Erddämmen stark zerstört worden.

Aus einigen der im Piavetal durch die zuständigen Stellen errichteten Limnigraphenstationen ergibt sich folgendes Bild bezüglich Wasserstand bezw. Durchfluss und Wellengeschwindigkeit:

in Ponte nelle Alpi, 15 km talwärts Longarone, Wasserstand ca. 12,5 m über Normalstand (weit über Höchsthochwasser) Durchfluss noch ca. 4000 m<sup>3</sup>/sec., Geschwindigkeit der Welle auf der Strecke Longarone—Ponte nelle Alpi schätzungsweise 7—8 m/sec.

in Busche, ca. 47 km talwärts Longarone, Durchfluss noch ca. 2700 bis 3000 m<sup>3</sup>/sec.

in Segusino, ca. 64 km talwärts Longarone, Durchfluss noch ca. 2200 m<sup>3</sup>/sec. und eine Geschwindigkeit von ca. 2 m/sec. zwischen Busche und Segusino

in Nevesa della Battaglia, ca. 92 km talwärts Longarone, Wasserstand nur noch 2,30 und damit 0,70 m tiefer als Höchstwasserstand 1953.



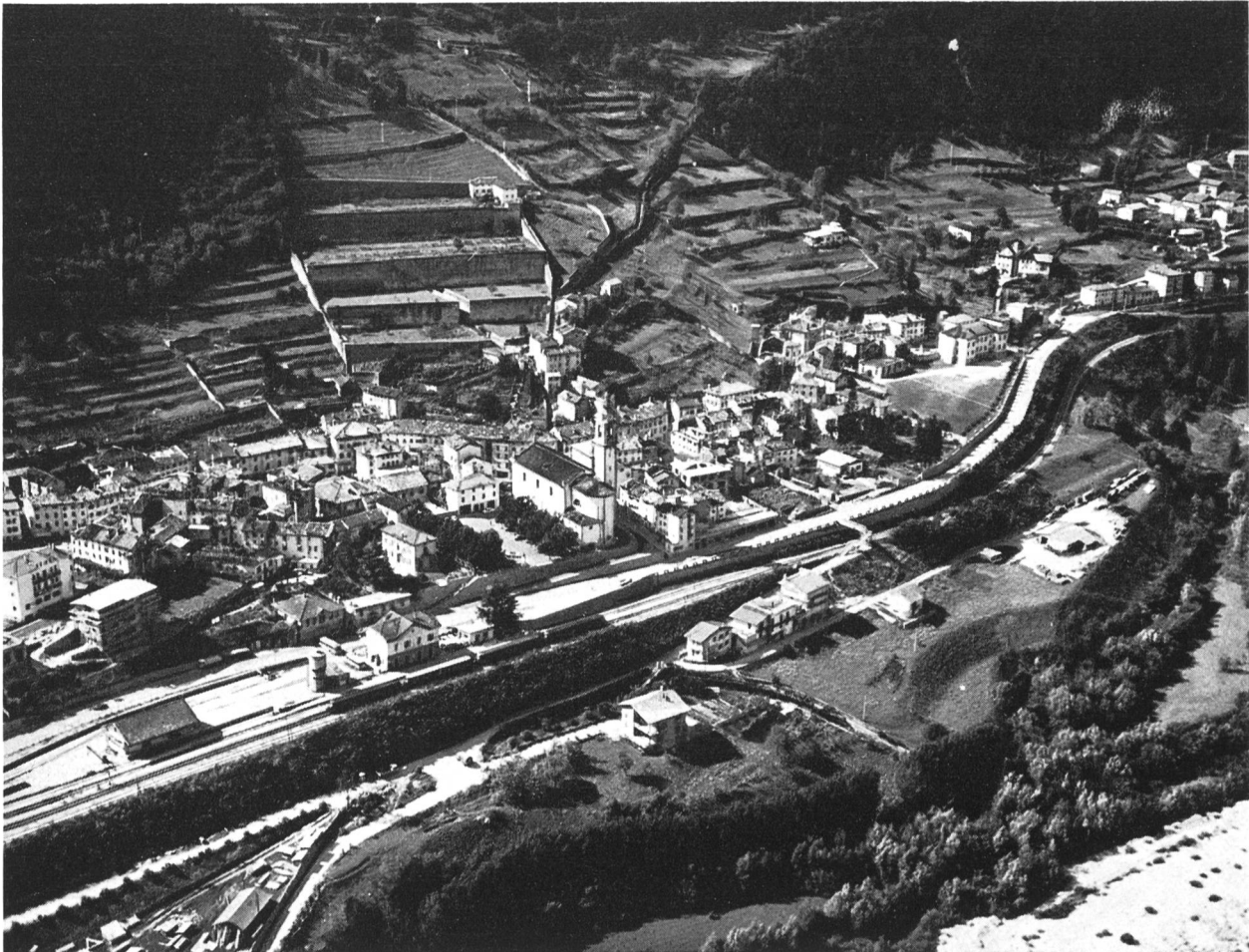


Fig. 16 Kern der Ortschaft Longarone im Piavetal, vor der Katastrophe

Fig. 17 Longarone nach der Katastrophe, aufgenommen vom gleichen Standort wie Fig. 16





## URSACHEN UND NÄCHSTE MASSNAHMEN

Es ist verfrüht, über die näheren Ursachen, die zu dieser Katastrophe führten, vorgängig der Bekanntgabe der Ergebnisse der Untersuchungen der eingesetzten Kommissionen, sich eingehender zu äussern. Es wurde von der Möglichkeit eines lokalen Erdbebens als bewegungsauslösende Ursache gesprochen, doch scheint diese Hypothese bald wieder fallen gelassen worden zu sein. Tektonische Bewegungen, die ebenfalls angeführt wurden, hätten sich kaum nur lokal ereignet und hätten zum mindesten in der Umgebung ebenfalls bemerkt werden müssen. Nach Ansicht des Schreibenden handelt es sich eher um einen eigentlichen Fels- und Erdrutsch im Sinne der Bodenmechanik mit sehr tief gelegener Gleitfläche, bei welcher die liegenden Schichten durch die Durchnässung bei steigendem Stauspiegel um rund 250 m an Widerstand gegen das Abgleiten wesentlich verloren haben (Porenwasserspannungen), wodurch die festen Gesteine des Hangenden fortgetragen wurden, d. h. ihren Fuss verloren und abrissen. Erleichtert wurde diese Bewegungstendenz durch die abfallenden, abgewinkelten Schichten des Hangenden und, wie der Berichtverfasser glaubt, durch den Umstand, dass es sich dabei nicht um eine anstehende, sondern nur um eine alte, versackte Gesteinsmasse handelt (Vermutung!).

Um weiteres Unheil zu verhüten ist in erster Linie dafür zu sorgen, den hinteren, übrig gebliebenen Seeteil abzusenken. Während der vordere kleine Restsee Ende Novem-

ber noch auf Kote 686.00 stand und sich durch Undichtigkeiten im Grundablass weiter entleeren wird, zeigt der hintere See ansteigende Tendenz und lag Ende November bereits auf Kote 720.00, da er durch die Zuflüsse des natürlichen Einzugsgebietes ständig gespeist wird. Um der offensichtlichen Gefahr eines Durchbruches oder eines Ueberflutens des durch den Rutsch gebildeten Riegels zu begegnen, hat die ENEL, Rechtsnachfolgerin der SADE, sofort mit allen Kräften Gegenmassnahmen ergriffen. Diese bestehen in folgenden parallel vorzunehmenden Eingriffen:

1. Abpumpen des Sees, wozu aber erst die zerstörten elektrischen Leitungen erstellt und die Pumpen herbeigeschafft werden müssen;

2. Erstellen eines Ableitungsstollens von ca. 2 km Länge vom hinteren See-Ende aus in das benachbarte Val Cellina; dieser Stollen muss vor dem Beginn der Frühjahrsschneeschmelze bereit sein;

3. Verkleinerung des natürlichen Einzugsgebietes durch Ableitung in Fremdtäler;

4. Versuch, den bestehenden zweiten und längeren Grundablassstollen zur Mithilfe herbeizuziehen, wozu aber dieser Stollen zuerst wieder im Stande sein muss, da er stark gelitten hat.

## FOLGERUNGEN

Es darf festgehalten werden, dass die doppeltgekrümmte, relativ dünne Bogenmauer Vaiont den unerhörten Ueberbe-

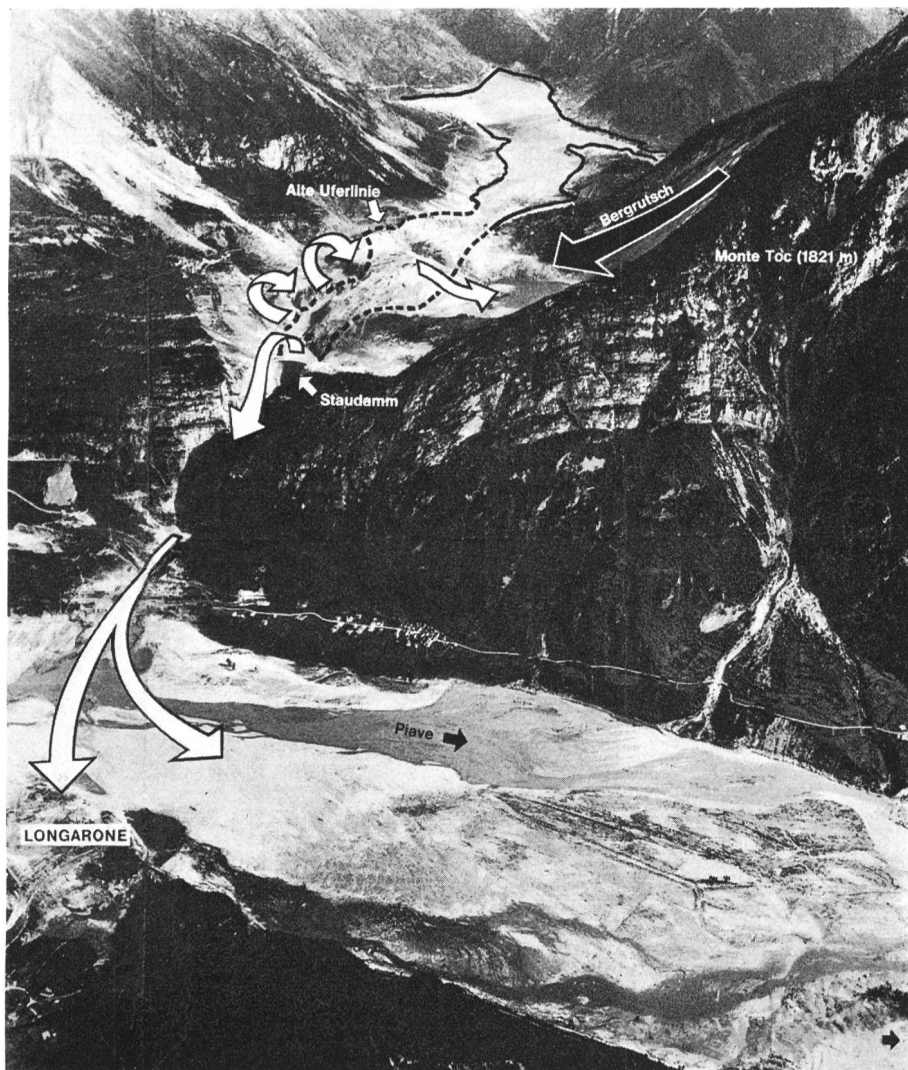


Fig. 18 Flugaufnahme des am stärksten heimgesuchten Gebietes, aufgenommen von einem «Quick»-Reporter, 36 Stunden nach der Katastrophe



Fig. 19 Staumauer Vaiont und Blick in Richtung des ehemaligen grossen Speichersees; die abgerutschten Fels- und Erdmassen überragen bei weitem die Staumauerkrone und werden im ersten Expertenbericht auf etwa 300 Millionen Kubikmeter geschätzt.

anspruchungen standgehalten hat. Es kann daraus auf die grosse Sicherheitsreserve eines solchen Bauwerkes geschlossen werden, unter der Voraussetzung, dass die Felswiderlager die ihnen übertragenen Beanspruchungen aufnehmen können. Dies steht in Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von Modellversuchen, die bis zum Bruch belastet wurden und deren Drucklast das 5- bis 7-fache des einfachen Wasserdruckes betrug.

Inwieweit bei der Wahl des Talsperrentyps und der anzunehmenden Belastungen in der statischen Berechnung ausser den heute normalerweise berücksichtigten Wirkungen von Eigengewicht, Wasserdruck und Erdbeben noch zusätzliche Beanspruchungen aus Flutwellen usw. zu berücksichtigen sind, muss im Lichte der neuesten Ereignisse überprüft werden.

Sicher ist, dass die Felsverhältnisse bei der Sperre selbst und die Untergrundverhältnisse im Staubecken und an seinen Hängen mit den wachsenden Sperrhöhen noch eingehender untersucht werden müssen als dies bis anhin

schon der Fall war. Dazu genügt die nur geologische, auf das Beschreibende beschränkte Darstellung nicht. Sie ist wohl eine notwendige, aber wie der Mathematiker sagen würde, nicht hinreichende Bedingung. Boden- und felsmechanische Berechnungen unter Berücksichtigung des zukünftigen Zustandes, Staugebiet unter Wasser, bilden die notwendige Ergänzung. In den alpinen Stauseen treten hinzu die möglichen Auswirkungen von Gletscherabbrüchen und Lawenniedergängen.

Die Eigentümer von Talsperren in der Schweiz und das Eidgenössische Amt für Strassen- und Flussbau haben dementsprechend auch sofort die sich aus dem Unheil von Vaiont aufdrängenden Untersuchungen angeordnet. Gleichzeitig wird geprüft, wie durch die Organisation eines Wasseralarmes die Unterlieger, rechtzeitig gewarnt, sich in Schutz begeben könnten, wenn trotz aller menschlichen Voraussicht eine Katastrophe selbst zu Friedenszeiten eintreten würde; für den Kriegsfall ist der Warndienst bekanntlich bereits angeordnet.

Prof. G. Schnitter



Fig. 20 Blick von der Rutschmasse im ehemaligen Stausee zur Bogenstaumauer; oberhalb des linken Widerlagers ist die ausgedehnte, von Wald entblösste, von der Flutwelle kahlgefegte Felsfläche gut sichtbar. Diese Vernichtung des Waldes reicht bis 120 m über Stauziel in 350 m horizontaler Entfernung.

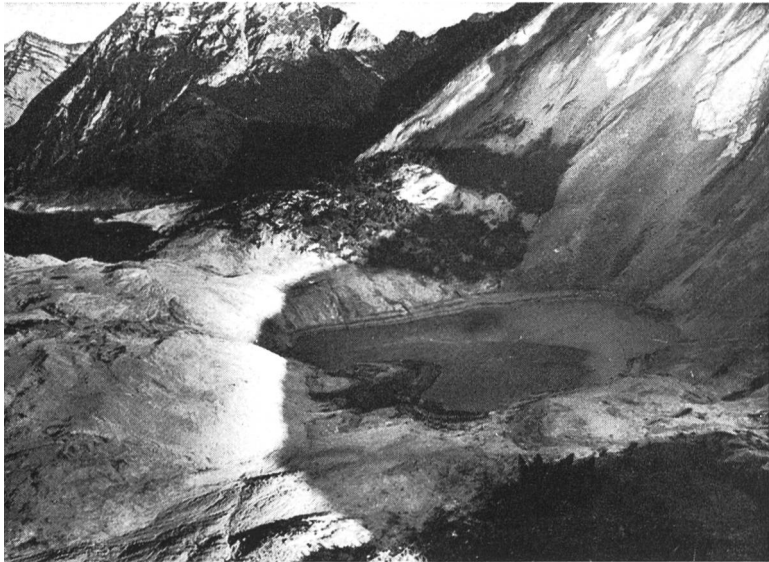


Fig. 21 Blick auf das ehemalige Staugebiet mit Rutschmassen, hinterem Stauseerest (links) und temporärem Tümpel (im Vordergrund), der inzwischen leergelaufen ist; an den Ufern sind bereits Spuren verschiedener Stauhöhen ersichtlich.



Fig. 22 Ueberblick über die gewaltigen Massen, die den Stausee ausgefüllt haben (vgl. Fig. 8). Man beachte das 200 m über Stauziel am rechten Talhang gelegene Dorf Casso.

Fig. 23 Detailaufnahme des 200 m über dem Stauziel Vaiont gelegenen Dorfes Casso, bis zu dessen unterem Dorfrand die Flutwelle reichte und deutlich sichtbare Erosionsspuren hinterliess.



## GEOLOGIE VAIONT

Die Gesteine, welche die Gebirge beidseits des Vaionttales aufbauen, reichen vom Lias bis in das Eozän. Es handelt sich um Lias, Dogger und Malm, meist kompakte Kalke von kieseliger, dolomitischer und oolitischer Ausbildung, untergeordnet selten Mergelkalke. Die Kreide zeigt an der Basis und im mittleren Teil kompakte Kalke, die getrennt sind von Mergelkalken, und als oberen Abschluss die backsteinrote «scaglia» (oberste Kreide). Das Tertiär ist durch das Eozän vertreten mit Tonschiefern, Mergeln, Sandsteinen und Nummulitenkalken.

Der Gebirgsbau zeigt eine typische Gleitbrett-Tektonik, d. h. es sind mächtige Schichtpakete, die längs flachen Schubflächen übereinandergeschoben wurden. Jedes Gleitbrett für sich weist eine andere mechanische Deformierung (Tektonik) auf.

Am Schluchtausgang des Vaiont in das Piavetal erhebt sich eine mächtige Basisserie von Kalken, die dem Lias, Dogger und Malm angehören und verkehrt gelagert sind. Die Schichten streichen in dieser rund 300 m mächtigen Serie mehr oder weniger parallel zum Piavetal und fallen schwach in das Vaionttal ab. Diese massigen, ungestört gelagerten Kalke haben für die Staumauer von Vaiont und ihre Nebenanlagen als ausgezeichnetes Fundations- und Baugrundgebirge gedient.

Ueber der Basisserie folgt als höhere Gleitdecke diejenige des M. Toc. Es ist eine vom Lias bis in das Eozän reichende Schichtserie. Sie schwingt sich aus flacher Lagerung im Süden am M. Toc zu einer die ganze Schichtmächtigkeit umfassende Falte auf, die am linken Talhang von Vaiont in einer stirnähnlichen Umbiegung in verkehrte Lagerung zu liegen kommt. Auf der rechten Talseite setzt sich die M. Toc-Serie mit schwachem NNE-Fallen in ungestörter Lagerung fort. Die tektonische Verschiedenheit der beiden Talflanken ist augenfällig, sie erklärt die Anlage des Vaionttales und weist auf die stark gestörten Gesteinslagerungen auf der linken Talseite hin.

Die Erosion des Talflusses hatte einen Teil der Stirn-umbiegung durchsägt und sich tief in die Basisserie eingeschnitten. Dadurch wurden die tektonisch stark beanspruchten und gestörten Stirnelemente unterschritten und in ein labiles Gleichgewicht gebracht. Wie aus Photos, die vor dem Sturz der Felsmassen aufgenommen wurden, deutlich zu sehen ist, erfolgte bereits in früherer Zeit, vermutlich im Diluvium ein erster Abrutsch, dessen Ablösung entlang eines Längsbruches erfolgte. Die alten Photos zeigen eine deutlich abgegrenzte alte Rutschmasse, die im oberen Teil (Nackental) wieder Alpweiden und Wald erkennen lassen. Eine glaziale Ueberarbeitung kann nicht festgestellt werden, so dass die altersmässige Einweisung dieses ersten Rutsches ungefähr in das spätere Diluvium fällt.

Nachdem der Talfluss die durch den Rutsch geschlossene Schlucht wieder freierodiert hatte, war der alte labile Zustand der Felsmassen wieder erreicht. Im Jahre 1960 erfolgte ein kleinerer Sturz aus dem alten Abrutsch, ein Vorsturz, der das nahende Unheil ankündete. Der See, welcher sich talaufwärts der abgelagerten Sturzmassen bildete, wurde durch einen in der rechten Talflanke vorgetriebenen Stollen um- und abgeleitet.

Am 9. Oktober 1963, kurz nach 22.30 Uhr ereignete sich der Absturz der gesamten Rutschmasse von rund 300 Millionen m<sup>3</sup> in den schon stark abgesenkten Vaiont-Stausee. Das Ereignis, das sich bereits im späteren Diluvium abspielte, hatte sich wiederholt, allerdings diesmal mit einem weit grösseren Sturzgefälle. Die Hauptmasse prallte frontal, ohne sich zu überwerfen (stehend) gegen den rechten Talhang. Rollende oder sich überstürzende



Gesteinsmassen können nicht beobachtet werden. Für einen richtigen Bergsturz fehlt der typische Streu- und Wurfkegel aus Blöcken und auch die Oberfläche zeigt keine grösseren Auflösungen. Dies lässt die Vermutung zu, dass der Sturz ohne auf grössere Hindernisse zu stossen in direkter Linie den Talgrund erreichte. Die hintere glatte Gleitbahn hat eine Neigung von ca. 60° und zeigt eine blanke Felsfläche (Bruchfläche). Der lückenlose Zusammenhang der rund 1,8 km<sup>2</sup> grossen Bergsturzoberfläche lässt vermuten, dass die gesamte Gesteinsmasse plötzlich losgebrochen ist.

Unmittelbar nach dem Abrutsch der Hauptmassen eignete sich direkt hinter der Mauer ein Nachsturz mit Fels und viel Lockermaterial. Dadurch wurde die Staumauer bis 25 m unter die Krone mit Schutt hinterfüllt. Ob die Erschütterung durch den Niedergang des Hauptsturzes, oder die Wasserüberflutung diesen Nachsturz auslösten ist schwer festzustellen. Die Durchnässung des Lockermaterials war sicher ausserordentlich stark, wie aus den mächtigen Versickerungstrichtern am Kontakt zum grossen Felssturz vermutet werden kann. Auch hier zeigt sich eine glatte hintere Gleitbahn im Abrissgebiet mit einer Neigung von 45°, die nach Osten in die Abbruchfläche des grossen Anrisses einmündet.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass der Fuss der absturzbereiten Felsmassen auf seiner ganzen Länge bei hohem Wasserstand im Stausee eingestaut war. Inwieweit dieser

Einstau einen direkten Einfluss auf die Auslösung des Rutsches bewirkt haben mag, ist schwer abzuschätzen. Vermutlich hat er nur zeitlich beschleunigend gewirkt wie auch die sehr ergiebigen Niederschläge im Sommer und Frühherbst in ganz Oberitalien.

Die Höhen der obersten Anrissstellen am M. Toc können nur schätzungsweise angegeben werden, da uns keine genauere topographische Karte zur Verfügung stand. Sie betragen über der Talsohle ca.: für den Vorsturz (1960) 330 m; für den Hauptsturz 900 m; für den Nachsturz 700 m. Die ungeheure Gesteinsmasse von 300 Millionen m<sup>3</sup>, die in raschem Lauf auf steiler Unterlage abrutschte, hat ihre ganze kinetische Energie in Sekundenschnelle an der rechten Talflanke und im Beckengrund vernichtet. Es ist deshalb verständlich, dass in weiter Umgebung die Seismographen ein Erdbeben registrierten und daher der Verdacht aufkam, die Auslösung des Rutsches müsste einem Erdbeben zugeschrieben werden.

Abschliessend bleibt noch festzuhalten, dass die Katastrophe von Vaiont ihre Ursache nicht in einem eigentlichen Bergsturz hatte, sondern in einer gewaltigen Felsrutschung, die als Gesamtmasse von 300 Millionen m<sup>3</sup> zu Tale fuhr.

E. Weber, Geologe

#### BILDER:

Fig. 5, 14, 15 Photos C. Schum

Fig. 21, 22, 23 Photos Comet Zürich

Fig. 19, 20 und weitere Photos Ghedina, Cortina-Riva

## ENERGIEWIRTSCHAFT IM UMBRUCH

### Lehren aus der VI. Volltagung der Weltkraftkonferenz 1962

Dipl.-Ing. Arnold Th. Gross VDI (Essen)

DK 061.3 (100) 93 : 620.9

Am 28. Januar 1964 hielt Dipl.-Ing. A. Th. Gross (Essen), Schriftleiter der bekannten deutschen Fachzeitschrift «Brennstoff-Wärme-Kraft» (BWK), auf Einladung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes und des Linth-Limmatverbandes, in Zürich einen sehr aufschlussreichen, hervorragenden Vortrag über die Plenartagung der Weltkraftkonferenz 1962 in Melbourne/Australien und orientierte anschliessend anhand ausgezeichneter Farbenlichtbilder über eine mit der WPC-Tagung verbundene Weltreise, die den Referenten in vier Kontinenten und kurz durch zwölf Länder der Erde führte. Wenige Tage nach seinem Vortrag konnte Oberingenieur Gross am 2. Februar 1964 im Freundes- und Kollegenkreis in Zürich die Vollendung seines 60. Lebensjahres feiern. Auch an dieser Stelle möchten wir unsere herzlichsten Glückwünsche entbieten und freuen uns, anschliessend den Vortrag z. T. im Wortlaut veröffentlichen zu können.

G. A. T ö n d u r y

Seit mehreren Monaten wird in der Schweiz die 14. Teiltagung der Weltkraftkonferenz vorbereitet, die im September in Lausanne stattfinden soll. In diesem Zusammenhang dürfte es interessieren, einiges über die Aufgaben und Ziele der Weltkraftkonferenz im allgemeinen und über die VI. Volltagung im besonderen zu erfahren, die im Oktober 1962 – gerade zur Zeit des wundervollen australischen Frühlings – in Melbourne stattgefunden hat.

1500 Teilnehmer waren in Melbourne aus allen Gebieten der Erde zusammengekommen, um sich über den derzeitigen Stand sämtlicher Bereiche der Energiewirtschaft zu unterrichten. Es lohnt sich, die Ergebnisse dieser eindrucksvollen Tagung zusammenfassend darzustellen. Sie sind auch jetzt noch in allen Einzelheiten massgebend, und nur in einigen Punkten brauche ich sie heute zu ergänzen.

Zunächst möchte ich einiges über den Gedanken der Weltkraftkonferenz und ihre Organisation sagen, dann als zweiten Punkt die energiewirtschaftlichen Entwicklungslinien behandeln, die auf der Tagung in Melbourne sichtbar wurden, und schliesslich anhand von Farbaufnahmen einige Eindrücke von der Reise vermitteln, die

eine Gruppe der 26 deutschen Teilnehmer über Amerika und Neuseeland nach Australien führte.

#### A. Das Wesen der Weltkraftkonferenz

##### 1. AUFGABE DER WELTKRAFTKONFERENZ

Die Weltkraftkonferenz ist vor genau 40 Jahren gegründet worden. Sie hat sich die Aufgabe gestellt, die Energiequellen der Welt unter dem Gesichtspunkt des optimalen Nutzens in nationaler und internationaler Hinsicht zu entwickeln. Diese Zielsetzung hat in den vier Jahrzehnten ihres Bestehens nichts von ihrer Aktualität eingebüsst. Die Erkenntnis von dem internationalen Charakter der energiewirtschaftlichen Betätigung und ihrer engen Verflechtung mit den Aufgaben der staatlichen und überstaatlichen Wirtschaftspolitik war das grosse Verdienst ihres Gründers Daniel Nicol Dunlop zu einer Zeit, wo man in Europa eben die ersten Schritte zu einer Verbundwirtschaft tat und der Begriff «Lastverteiler» noch kaum bekannt war.

Es ist mir noch in lebhafter Erinnerung, wie gerade im Gründungsjahr der Weltkraftkonferenz – 1924 – ein deut-