

# Wasserkraftanlagen in den Ost- und West-Alpen und Massif Central

Autor(en): **Gut, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73 (1955)**

Heft 29

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61956>

## **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.

distanzierte. Man hatte den Eindruck, die schweren Prüfungen der letzten Dezennien hätten unsere Kollegen in Deutschland zu einer ernsthaften Auseinandersetzung mit dem Religiösen eher bereit gemacht als das vielleicht bei uns der Fall ist.

Abschliessend stellt sich für uns die Frage nach der Förderung der selben Arbeit in unserem Lande. Eigentlich wäre hier der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein zuständig. Er verfügt denn auch in den neu geschaffenen Arbeitsgruppen der Ingenieure der Industrie über ein Organ, das grundsätzlich hierfür gut geeignet wäre. Dass die Arbeit vorerst noch kaum über eine erste Begegnung mit dem Thema hinausgekommen ist, hat verschiedene Gründe, von denen hier auf folgende hingewiesen werden soll: Noch immer denken und leben wir zu einseitig in rein ingenieurmässigen und wirtschaftlichen Begriffen, als dass wir die menschliche Problematik erkennen könnten und bereit wären, den langen und beschwerlichen Rückweg zum Menschsein und zu den Urgründen, auf denen dieses sich aufbaut, anzutreten. Weiter fehlt uns im allgemeinen jene dynamische Art des Schauens, die es uns ermöglichen würde, verschiedene Standpunkte und Blickrichtungen in ein übergeordnetes Ganzes einzugliedern und so die Gespaltenheiten und einseitigen Verabsolutierungen, unter denen wir leiden, als solche zu erkennen und die höhere Ordnung wieder herzustellen, in der alles seinen richtigen Platz findet. Wir bedürfen ferner eines Angesprochen-Werdens durch Wesenskomponenten aus andern Seiten unseres Menschseins, etwa durch solche aus der Geschichte, oder aus der Kunst, oder aus der Philosophie, oder aus der Religion, aber in einer Weise, die unserem Erlebnisbereich entspricht

und in uns das wahre Bild des Menschen in seinen wesentlichen Aspekten erstehen lässt. Immer nur reden Spezialisten aus ihren Spezialwelten und in ihren Spezialsprachen auf uns ein, behaupten, nur das, was sie verkünden, sei wahre Bildung, und überlassen uns der Pein, die sich oft so sehr widersprechenden Aussagen zu einer zutreffenden eigenen Meinung zusammenzufügen. Schliesslich wäre hier auch an das zu erinnern, was bereits oben unter «Voraussetzungen» gestreift wurde.

Alle diese Schwierigkeiten dürfen uns nicht abhalten, das Gespräch zu pflegen und dafür stets neue, unserer Art und unseren Bedürfnissen entsprechende Möglichkeiten zu suchen. Es muss aber noch ein Weiteres geschehen. Was bisher getan werden konnte, ist Begegnung mit dem grossen Thema Mensch und Technik, Umschreibung der Probleme, Begründen und Aufstellen von Gesichtspunkten, Meinungen und Anschauungen über den Menschen in seinem Benehmen als technisch Schaffender. Jetzt aber geht es um eine eigentliche Grundlagenforschung, nämlich um das Abklären der Grundlagen, auf denen alles technische Benehmen des Menschen sich aufbaut, und damit um das Herausarbeiten von gültigen Kriterien über Sinn und Unsinn unserer Berufsarbeit. Diese Forschungsarbeit kann nicht einzelnen Fachleuten oder freien Vereinigungen allein überlassen werden. Vielmehr bedarf es dazu einer eigens für diesen Zweck zu schaffenden Stelle. Nun gehört Grundlagenforschung zum besonderen Aufgabenkreis der Hochschulen, und im vorliegenden Fall insbesondere zu dem der technischen Hochschulen. Es scheint mir, diese Anregung dürfte einer näheren Prüfung an den massgebenden Stellen wert sein.

A. Ostertag

## Wasserkraftanlagen in den Ost- und West-Alpen und im Massif Central

Von Ing. S. I. A. Walter Gut, Elektrowatt, Zürich

DK 621.29

Fortsetzung von Seite 433

### III. Italien

Die Elektrizitätsversorgung in Italien ist privatwirtschaftlich aufgebaut. Der Staat hat jedoch nach dem Kriege über eine Organisation zur Finanzierung des Wiederaufbaues Beteiligungen in einzelnen Gesellschaften erhalten. Die in allen Werken erzeugte elektrische Energie hat sich seit 1937 verändert gemäss Tabelle 5. Die für Italien charakteristische Konzentration der Wasserkräfte im Alpengebiet und an seinem Südfuss wird durch die Zahlen der Tabelle 6 gekennzeichnet.

Ueber die neuesten Kraftwerke in Norditalien ist 1950 in dieser Zeitschrift schon umfassend berichtet worden [16]. Die folgenden Ausführungen können sich deshalb auf das Wesentlichste, darin noch nicht Ausgesagte, beschränken.

#### a) Kraftwerke der Società Adriatica di Elettricità SADE in Venedig

Die SADE hat im Jahre 1952 insgesamt 2,808 Mia kWh, das sind über 9 % der Gesamterzeugung Italiens, in das Verteilnetz des Versorgungsgebietes zwischen Gardasee und

Tabelle 5. Italiens Quellen elektrischer Energie

	Erzeugung elektr. Energie in Mia kWh			Total
	Hydraul.	Thermisch	Geotherm.	
1937	14,861	0,444	0,125	15,430
1952	27,105	1,899	1,839	30,843
Zunahme abs.	12,244	1,455	1,714	15,413
Zunahme in %	82	328	1372	100

Tabelle 6. Verteilung der italienischen Wasserkräfte

	Erzeugung hydro-elekt. Energie 1952		Ausbauwürdige Wasserkräfte	
	Mia kWh	%	Mia kWh	%
Norditalien (Alpen und Po)	21,388	79	35,7	65
Uebrige Gebiete	5,717	21	19,2	35
Total	27,105	100	54,9	100

Triest einerseits und Bologna-Rimini und der österreichischen Grenze andererseits abgegeben. Ausser der Erzeugung der thermischen Zentrale Marghera bei Venedig (90 000 kW, im Ausbau auf 150 000 kW begriffen) wird ausschliesslich Energie aus 28 Wasserkraftanlagen verwertet. Diese liegen in Venetien, hauptsächlich an Tagliamento und Cellina, am Piave, seinen Zuflüssen aus den Dolomiten und an der Ueberleitung des Piave über den See von Sta. Croce in den Livenza. Ing. C. Semenza, Direktor der SADE, hat 1951 in dieser Zeitschrift [17] die wichtigsten Merkmale der Staumauern dieser Kraftwerke veröffentlicht. Wir möchten uns deshalb darauf beschränken, hier den allgemeinen Rahmen, in welchen diese beachtenswerten Bauwerke hineingestellt sind, kurz zu skizzieren.

#### 1. Kraftwerk Lumiei [18] (Hauptdaten in Tabelle 7)

Die Gebirgsbäche Lumiei und Novarza sowie der obere Tagliamento, die sich unterhalb Ampezzo vereinigen, werden in das Staubecken Lumiei eingeleitet und in der Zentrale Ampezzo genützt. In den beiden Einzugsgebieten, auf der Südseite der Karnischen Alpen, herrschen Formationen der mittleren Trias vor. Der Tagliamento unterhalb Ampezzo muss gewaltige Geschiebemengen abführen; sein Bett ist sehr breit und verwildert. Die mittlere jährliche Regenhöhe der Gegend, zwischen Kote 500 und 2700 gelegen, ist mit 2000 bis 2200 mm ziemlich gross.

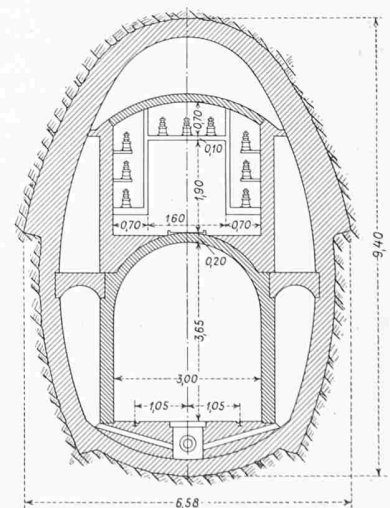


Bild 8. Querschnitt 1:150 durch den Zugangsstollen zur Zentrale Ampezzo

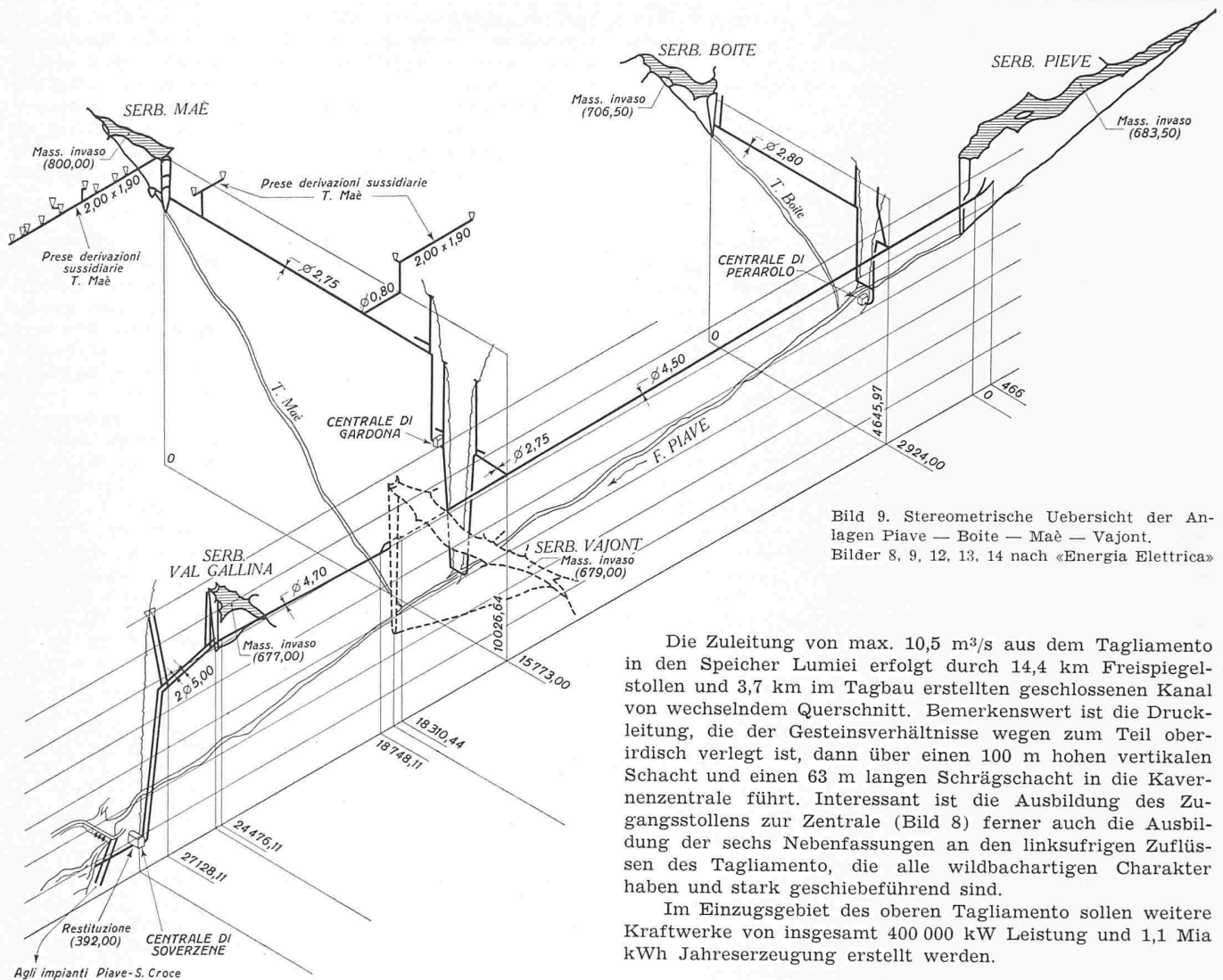


Bild 9. Stereometrische Uebersicht der Anlagen Piave — Boite — Maè — Vajont.  
 Bilder 8, 9, 12, 13, 14 nach «Energia Elettrica»

Die Zuleitung von max. 10,5 m<sup>3</sup>/s aus dem Tagliamento in den Speicher Lumiei erfolgt durch 14,4 km Freispiegelstollen und 3,7 km im Tagbau erstellten geschlossenen Kanal von wechselndem Querschnitt. Bemerkenswert ist die Druckleitung, die der Gesteinsverhältnisse wegen zum Teil oberirdisch verlegt ist, dann über einen 100 m hohen vertikalen Schacht und einen 63 m langen Schrägschacht in die Kavernenzentrale führt. Interessant ist die Ausbildung des Zugangsstollens zur Zentrale (Bild 8) ferner auch die Ausbildung der sechs Nebenfassungen an den linksufrigen Zuflüssen des Tagliamento, die alle wildbachartigen Charakter haben und stark geschiebeführend sind.

Im Einzugsgebiet des oberen Tagliamento sollen weitere Kraftwerke von insgesamt 400 000 kW Leistung und 1,1 Mia kWh Jahreserzeugung erstellt werden.

## 2. Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont [19, 20, 21]

Die mittlere jährliche Regenhöhe des alpinen Einzugsgebietes des obren Piave (oberhalb der Kote 400) beträgt nur mehr rd. 1400 mm, trotzdem es an das Becken des Tagliamento anstösst, das über den Passo di Mauria (1295 m ü. M.) erreicht wird. Insgesamt sind bis heute am Piave und an seinen Zuflüssen Staubecken mit 270,3 Mio m<sup>3</sup> Nutzvolumen geschaffen worden, die in den nächsten Jahren durch weitere 167,6 Mio m<sup>3</sup> im Zuge des fortschreitenden Ausbaues des obren Piave, des Boite und des Cordevole ergänzt werden sollen. Bei Vollausbau wird in diesem Gebiet die Gewinnung von 3,3 Mia kWh elektrischer Energie möglich sein.

Die neueste und leistungsfähigste Anlage ist die Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont (Bild 9). Der Gedanke an eine Verschmelzung mehrerer kleiner, ohne Zusammenhang untereinander aufgestellter Projekte, in einem einzigen Kraftwerk ist 1939 gefasst worden. Seither wurde diese ausserordentliche Anlage Schritt um Schritt zu der komplexen Form entwickelt, die im heutigen Kraftwerkbau nicht ihresgleichen hat.

Die Bauwerke liegen durchwegs in den Dolomitenkalken der oberen Trias, die anfänglich hinsichtlich Wasserdichtheit zu schweren Bedenken Anlass gaben. Mühevollere Untersuchungen und Injektionsversuche haben dann die Bedenken zerstreut, und die gemachten Erfahrungen über die Standfestigkeit und die Dichtheit des Gebirges sind sehr günstig. Schwierig war auch die Aufgabe, die Staubecken in ganz verschiedener Höhenlage durch Druckstollen untereinander direkt in Verbindung zu bringen oder sie unter Zwischenschaltung von Nebenkraftwerken und Dükeranlagen aufeinander so abzustimmen, dass für den Betrieb möglichst wenig Einschränkungen vorgesehen werden mussten. Anhand von analytischen Untersuchungen und ergänzenden Modellversuchen wurden die optimalen Lösungen gefunden. Das gleiche gilt für die schönen

Die Stauwand Lumiei (Staukote 980 m ü. M.) ist eine Kuppelwand, doppelt gekrümmt, Perimetralfuge, leicht armiert, innerer Radius der Mauerkrone 74 m, Kronenlänge 145 m, Höhe 136 m, 104 221 m<sup>3</sup> Beton mit eisenhaltigem Portlandzement 270 kg/m<sup>3</sup> einschliesslich 25 % Puzzolanerde, die in der Zementfabrik beigegeben wurde.

Tabelle 7. Hauptdaten des Kraftwerkes Lumiei

Einzugsgebiete	
Lumiei und Novarza	81 km <sup>2</sup>
Tagliamento	59 km <sup>2</sup>
Total	140 km <sup>2</sup>
Mittlere jährliche Wasserspende	
Lumiei und Novarza (3,6 m <sup>3</sup> /s oder 1,39 m Abflusshöhe)	112,4 Mio m <sup>3</sup>
Tagliamento (3,0 m <sup>3</sup> /s oder 1,63 m Abflusshöhe)	96,2 Mio m <sup>3</sup>
Total	208,6 Mio m <sup>3</sup>
Nutzbarer Speicherinhalt	70 Mio m <sup>3</sup>
Ausgenützte Wassermenge	16,5 m <sup>3</sup> /s
Druckstollen; Länge	
Benetzter Querschnitt Ø 2,6 m (Max. Wassergeschw. 3,1 m/s)	4,168 km
	5,31 m <sup>2</sup>
Mittleres Nutzgefälle	450 m (400 ÷ 470 m)
Installierte Leistung	3 × 20 000 = 60 000 kW
Mittl. jährliche Energieerzeugung	
Sommer	55 Mio kWh (34 %)
Winter	105 Mio kWh (66 %)
Total	160 Mio kWh (100 %)

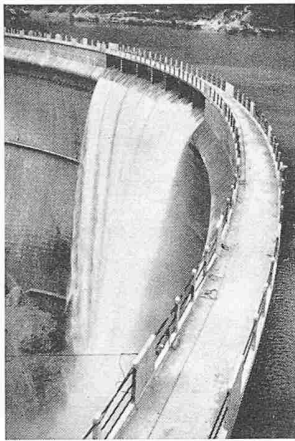


Bild 10. Staumauer Val Gallina

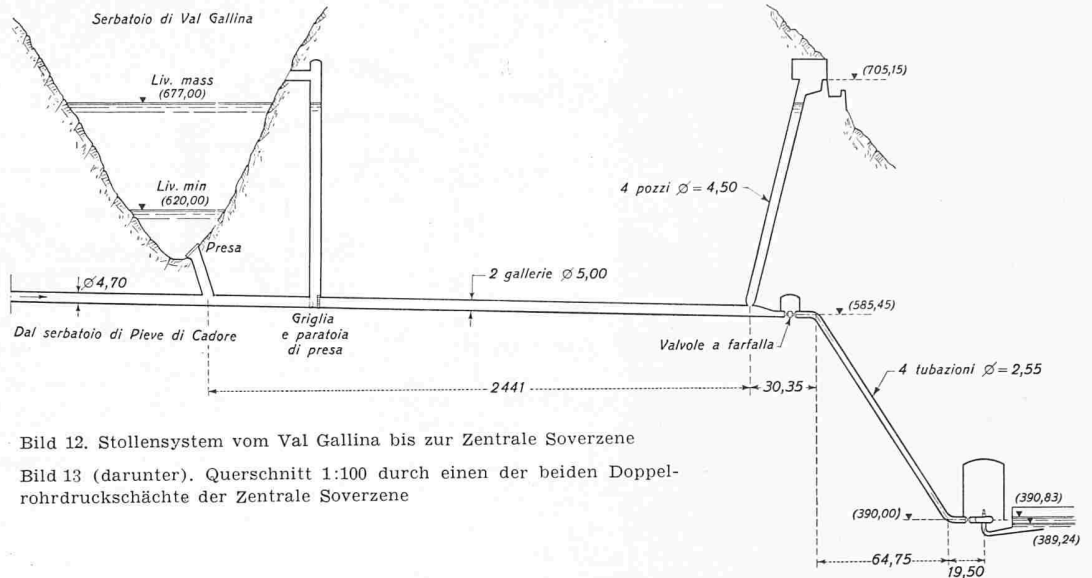
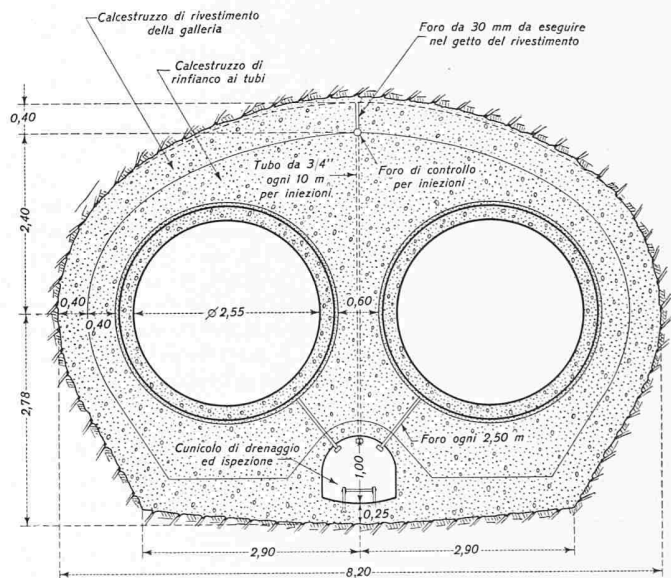


Bild 12. Stollensystem vom Val Gallina bis zur Zentrale Soverzene

Bild 13 (darunter). Querschnitt 1:100 durch einen der beiden Doppelrohrdruckschächte der Zentrale Soverzene

Tabelle 8. Hauptdaten der Kraftwerkgruppe am Piave

<b>Einzugsgebiete</b>	
Pieve di Cadore	818,5 km <sup>2</sup>
Valle (Boite)	380,0 km <sup>2</sup>
Maè	205,0 km <sup>2</sup>
Vajont	68,1 km <sup>2</sup>
Val Gallina	14,4 km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1486,0 km<sup>2</sup></b>
<b>Staukoten und nutzbarer Speichereinhalt</b>	
Pieve di Cadore	683,5 m ü. M. 64,0 Mio m <sup>3</sup>
Valle	706,5 m ü. M. 4,3 Mio m <sup>3</sup>
Maè	800,0 m ü. M. 9,1 Mio m <sup>3</sup>
Vajont I	679,0 m ü. M. 60,0 Mio m <sup>3</sup>
Val Gallina	677,0 m ü. M. 6,15 Mio m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>143,55 Mio m<sup>3</sup></b>
<b>Ausgenützte Wassermengen</b>	
von Pieve di Cadore bis Val Gallina	43,0 m <sup>3</sup> /s
von Val Gallina bis Zentrale Soverzene	88,0 m <sup>3</sup> /s
<b>Druckstollen (bis Val Gallina): Länge</b>	<b>24,117 km</b>
Benehter Querschnitt Ø 4,5 u. 4,7 m (Max. Wassergeschw. 2,7 m/s)	15,9 u. 17,35 m <sup>2</sup>
<b>Nutzgefälle</b>	<b>202 ÷ 284,0 m</b>
<b>Inst. Leistung 4 × 55 000 =</b>	<b>220 000 kW</b>
<b>Mittl. Jahreserzeugung (ohne die Speicher Maè und Vajont)</b>	
	300 Mio kWh in 1500 h
<b>Total</b>	<b>750 Mio kWh in 6500 h</b>



Staumauern, die unter gegenseitiger Beeinflussung der analytischen Behandlung und der Messungen an Modellen zu der heutigen Vollendung entwickelt worden sind.

Es war aber nicht allein der Gedanke, die abgeleiteten Wassermengen am Piave bestmöglich zu regulieren und in einem einzigen Kraftwerk zu nützen, der die Studien veranlasst hat, sondern ebenso sehr das Bedürfnis, die Energieerzeugung in den bestehenden Anlagen der Kraftwerkgruppe Piave-Sta. Croce-Livenza möglichst aufzuwerten. Dies unter Berücksichtigung der Interessen für Bewässerungen längs des Mittellaufes des Piave, hauptsächlich aber am Unterlauf in der venezianischen Ebene.

Die Vorarbeiten für die Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont wurden 1942 aufgenommen. Die eigentlichen Bauarbeiten begannen aber erst nach dem Krieg im Frühjahr 1947. Die erste Maschinengruppe wurde am 20. Januar 1951 in Betrieb genommen, die zweite etwas später und die dritte am 1. März 1952.

Die Einleitung des Maè, die vorläufig als Freispiegel-Anlage betrieben wird, ist beinahe fertiggestellt. Die Staumauer von Pontesei wurde diesen Frühling angefangen und soll 1957 vollendet werden. Die Entscheidung über die Höhe der Staumauer Vajont (208 oder 260 m) wird nächstens fallen, so dass dieses letzte Glied, das die Anlage vollendet, in einigen Jahren auch erstellt sein wird.

Die Staumauer Pieve di Cadore ist eine doppelt gekrümmte Bogenmauer mit Perimetralfuge, innerer Radius der Mauerkrone 169,808 + 2 × 127,518 m, Kronenlänge 406 m, Höhe 55 m (mit Pfropfen 112 m). 377 741 m<sup>3</sup> Beton mit eisenhaltigem Portlandzement, 25 % Puzzolanerde und 1 % Plasti-

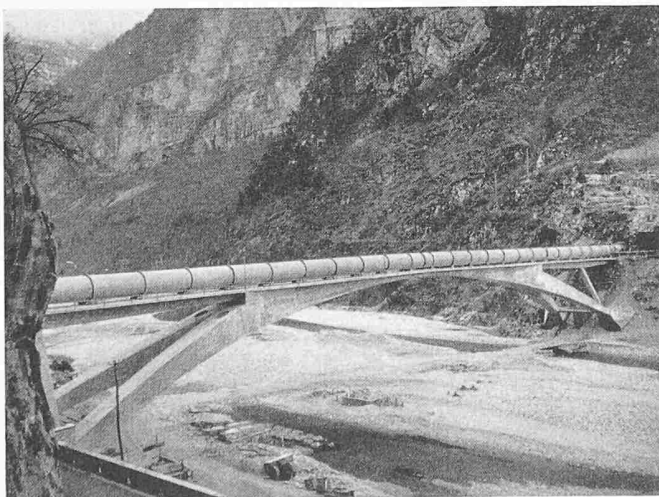
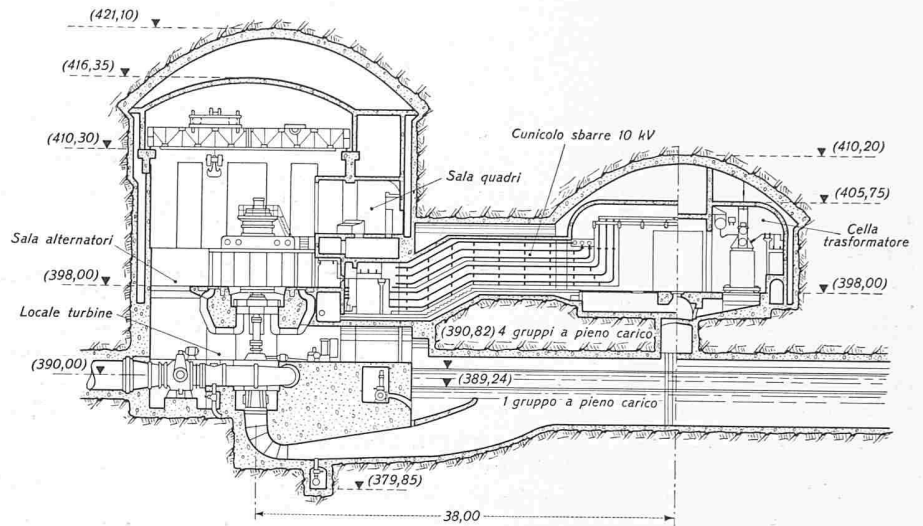


Bild 11. Druckrohrüberquerung des Piave durch die Zuleitung des Maè, Spannweite 104 m



Bild 15. Deckenmalerei der Zentrale Soverzene



Turbinen: Escher Wyss

Bild 14. Schnitt durch die Zentrale Soverzene 1:650

mentbeigabe. Der Mauerbeton erhielt  $200 \text{ kg/m}^3$  Bindemittel, der 2,5 m dicke wasserseitige Vorsatzbeton  $250 \text{ kg/m}^3$ . Maximalkorn 120 mm, für Vorsatzbeton 75 mm. Die Hochwasserentlastungen sind für  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ , d. h.  $1,46 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  ausgebaut, wovon  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  durch den Grundablass (Kote 584,85) und die Entleerung auf mittlerer Höhe (Kote 613,50), die andere  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  durch den mittels zwei Schützen von  $9,0 \times 6,5$  Meter regulierbaren Hochwasserüberlauf (Kote 677,0) abgeführt werden. In 66 634 m Injektionsbohrungen wurden 6 199 000 kg Zement eingepresst, d. h. 93 kg pro m Bohrloch.

Die *Staumauer Valle* (Boite) ist eine Bogenmauer mit Perimetralfuge, innerer Radius der Mauerkrone 14,25 m, Kronenlänge 37,5 m, Höhe 61,25 m,  $4605 \text{ m}^3$  Beton mit 50 cm Verkleidung in Betonformsteinen auf der Wasser- und Luftseite. Mauerkrone als Hochwasserüberfall ausgebildet, dazu seitlich eine Entlastungsanlage mit automatischen Schützen für insgesamt  $1115 \text{ m}^3/\text{s}$  oder  $2,94 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Der Fluss Boite sollte ursprünglich direkt in den Stausee von Pieve di Cadore eingeleitet werden. Die geologischen Verhältnisse für den Stollen waren aber so schlecht, dass man eine Zuleitung über den Hauptstollen vorzog, unter Verwendung der Anlagen des Hilfskraftwerkes Perarolo, das während zwei Jahren mittels des ausgebrochenen Hauptstollens als Laufwerk betrieben worden ist. Die gesamte Länge der Zuleitung  $\varnothing 2,8$  m ist 4,646 km, den Düker durch das Tal des Piave eingerechnet. Vor und nach dem Düker sind Steigschächte angeordnet, die bis über die Staukote des Speichers Valle (706,5 m ü. M.) gehen.

Die *Staumauer Val Gallina* (Bild 10) ist ausgebildet als symmetrische Kuppelmauer mit Perimetralfuge, Radius der Mauerkrone 116,143 m, Kronenlänge 228,0 m, Höhe 92,4 m.  $99 164 \text{ m}^3$  Beton. Grundablass und Mauerkrone als Hochwasser- und Entlastungsüberfall für insgesamt  $270 \text{ m}^3/\text{s}$  ausgebildet. Die strenge Symmetrie der Fuge wurde am linken Ufer durch einen tiefen Felseinschnitt hergestellt.

Die *Staumauer Pontesei* (Maè) wird eine Bogenkuppelmauer mit doppelter Krümmung sein. Symmetrische Perimetralfuge, innerer Radius der Mauerkrone 86,28 m, Sehnlänge 127,2 m, Höhe 90 m mit  $54 960 \text{ m}^3$  Beton. Die Hochwasserentlastungen sind für  $986 \text{ m}^3/\text{s}$  ausgelegt, also für  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ;  $494 \text{ m}^3/\text{s}$  werden von einem Ueberfalltrichter am rechten Ufer,  $175 \text{ m}^3/\text{s}$  durch den Grundablass am linken Ufer,  $203 \text{ m}^3/\text{s}$  durch den Ueberfall auf der Staumauer und  $114 \text{ m}^3/\text{s}$  durch eine Entleerung auf mittlerer Höhe abgeführt.

Die Ueberleitung in den Hauptstollen ist nach dem Prinzip, das sich am Boite bewährt hat, ausgebildet. Ein Druckstollen von 8,062 km Länge und 2,75 m Durchmesser bringt das Wasser an den Rand des Piavetales zu einem Steigschacht. Ein Druckschacht mit vorgespannten armierten Betonröhren und einer Blecheinlage ausgekleidet führt zur Kavernenzentrale Gardona, die mit einer horizontalachsigen Gegendruck-Maschinengruppe von  $16 000 \text{ kW}$  ( $14 \text{ m}^3/\text{s}$  bei 150 m Gefälle) ausgerüstet ist. Ein By-Pass gestattet, die Zentrale zu umgehen. Nach dem Kraftwerk ist, um plötzliche

Entlastungen der Maschine auszugleichen, ein Wasserschloss angeordnet, nach welchem erst der eigentliche, 1,995 km lange Düker durch das Haupttal beginnt. Die beiden Flanken sind, wie das Stück oberhalb der Zentrale Gardona, als Schrägschächte ausgeführt, während der horizontale Teil als Stahlrohrleitung unter einem max. Wasserdruck von 276 m mittels einer Eisenbetonbrücke von 104 m Spannweite (Bild 11) über den Piave geführt ist. Ein dritter Steigschacht ist vor der Einmündung in den Hauptstollen angeordnet.

Der Druckstollen überquert heute noch die enge tiefe Schlucht des *Vajont*, die sich von Longarone aus als mächtige Kerbe im steilen linken Talrand abzeichnet, mittels einer Kanalbrücke. Die geplante Staumauer wird etwas oberhalb gebaut werden. Eine symmetrische Bogen-Kuppelmauer von 208 m Höhe, 118 m Kronenlänge, einem Radius der Mauerkrone von 64,25 m und  $190 000 \text{ m}^3$  Beton, die einen Stauraum von 60 Mio  $\text{m}^3$  schafft, würde den Bedürfnissen der Anlage eigentlich genügen. Andererseits sind die Verhältnisse für ein Staubecken am *Vajont* jedoch so günstig, dass ohne Schwierigkeiten ein Stauraum für etwa 175 Mio  $\text{m}^3$  geschaffen werden könnte. Es müsste dann aber *Vajont* (Staukote 727 m ü. M.) und *Maè* (Staukote 800 m ü. M.) vom Hauptkraftwerk zeitweise abgetrennt und ferner noch Wasser aus anderen Einzugsgebieten wie des benachbarten *Cellina* eingeleitet werden.

Bemerkenswert ist an dieser Kraftwerkgruppe neben den Staumauern der 24,117 km lange *Druckstollen* von 4,5 m innerem Durchmesser bis zur Einleitung des *Maè* und 4,7 m bis *Val Gallina*. Das Gefälle ist 1 ‰. Der Ausbruch bot im allgemeinen keine Schwierigkeiten mit Ausnahme von drei Partien, wo schwere bis sehr schwere Verhältnisse zu meistern waren. Auf dem weitaus grössten Teile des Druckstollens hat eine von Hand eingebrachte Betonauskleidung mit geglättetem Zementverputz genügt. Auf 3,373 km Länge wurde ein innerer, ebenfalls geglätteter Gunitring mit Armierung und Drahtgewebe (45 mm Maschen) eingezo-gen, weitere 1,885 km sind mit einem handgeglätteten Gunitverputz auf Drahtgewebe (4,5 mm Draht) gedichtet worden. Gemessen wurde ein mittleres  $k$  (Strickler) von 84. Die Wasserverluste auf der gesamten Stollenstrecke von etwa 30 km belaufen sich, bei vollem Staubecken *Pieve di Cadore*, auf etwa 250 l/s oder 8,3 l/s/km.

Ferner ist die Ausbildung der hydraulischen Anlagen talaufwärts der beiden Druckschächte der Zentrale *Soverzene* von Interesse, bestehend aus einem *Wasserschloss* von vier Steigschächten mit Ueberfällen, aus zwei Verbindungsstollen von 5,0 m innerem Durchmesser nach dem 2,55 km entfernten Staubecken *Val Gallina*, das mit einem Entlastungsüberfall ausgerüstet ist (Bild 12). Das Zusammenwirken dieser drei Teile erlaubt, extremsten Ansprüchen hinsichtlich Leistungsänderung auch bei ungünstigstem Wasserspiegel im Becken *Val Gallina* sofort genügen zu können. Dadurch entstand ein leistungsfähiges Spitzenkraftwerk, das für die Frequenzregulierung im Netz der *SADE* eingesetzt ist.

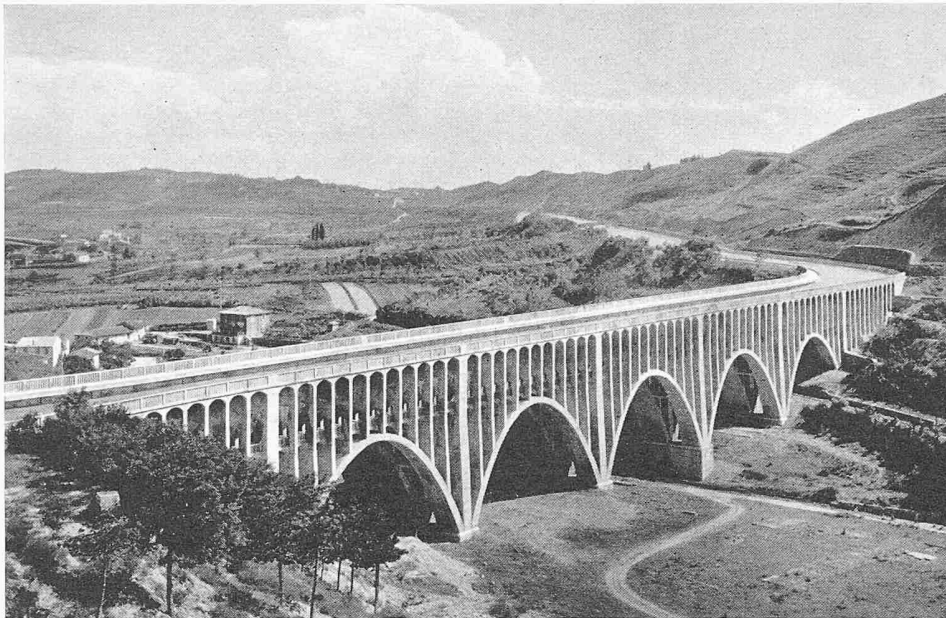


Bild 16. Ansicht und Bild 17 (rechts) Zeichnung 1:1000 der Kanalbrücke für 135 m³/s über den Tasso

Tabelle 9. Daten der Kraftwerke Bussolengo und Chievo

	Bussolengo	Chievo
Ausgenützte Wassermenge	135 m³/s	135 m³/s
Wehr in der Etsch bei Ala Staukote 137,50		
4 Öffnungen mit Schützen 25,0 × 4,5 m		
Entsandungsanlage		
Oberwasserkanal	38,7 km	7,6 km
Davon: offener Kanal		
( $v_{max}$ 1,6 m/s)	30,8 km	7,0 km
Tunnel ( $v_{max}$ 3,0 m/s)	7,9 km	0,6 km
Kanalbrücken	5 Stück	
Strassenüberführungen	52 Stück	
Mittleres Nutzgefälle	39,4 m	24,75 m
Installierte Leistungen	3 × 16 500 = 49 500 kW	3 × 10 500 = 31 500 kW
Mittl. jährl. Energieerzeugung		
Sommer	275 Mio kWh (61 %)	
Winter	175 Mio kWh (39 %)	
Total	450 Mio kWh (100 %)	

Die 8,2 × 5,6 m messenden Schrägschächte sind mit je zwei hinterbetonierten vorgespannten Eisenbetonröhren von 2,55 m Durchmesser und von 4,5 m Länge der Rohrelemente ausgekleidet (Bild 13). Ein Drainage- und Inspektionsgang wurde auf der ganzen Länge im Beton ausgespart.

Die *Kavernenzentrale* (Bild 14) wie auch der 500 m lange Zufahrtsstollen sind für unsere Begriffe mit überraschendem Aufwand gestaltet worden (Bild 15). Auch die Transformatoren wurden in einer Kaverne neben der Zentrale aufgestellt. Diese Lösung soll, gegenüber der Freiluftanordnung, wesentlich wirtschaftlicher sein. Der Unterwasserstollen von 6,4 m innerem Durchmesser und 950 m Länge mit freiem Wasserspiegel mündet in die beiden Zulaufstollen der Ueberleitung des Piave in den Lago Sta. Croce. Durch einen By-pass kann das Wasser direkt in den Piave geleitet werden.

3. Kraftwerkgruppe Piave - Sta. Croce - Livenza

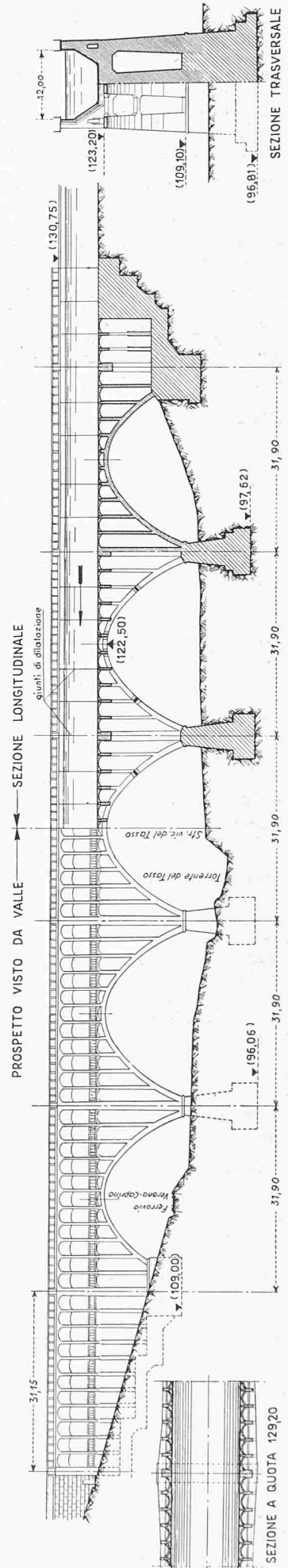
Unterhalb Soverzene fließt der Piave in einem 70 km langen Bogen weit nach Westen über Belluno und Feltre, mündet oberhalb Nervesa in die Ebene und erreicht das Adriatische Meer etwa 5 km östlich der Lagune von Venedig. Früher floss der Strom über den vom Piavegletscher modellierten Sattel, der heute den Lago Sta. Croce bildet, nach Vittorio-Veneto. In den Jahren 1919 bis 1930 hat die SADE, dem alten Tallauf folgend, den Piave abgeleitet und in acht

Wasserkraftanlagen das Gefälle von 373 m bis in den Küstenfluss Livenza, auf Kote 13 ausgenützt. Die Fassung bei Soverzene hat ein Einzugsgebiet von 1690 km². Im Lago Sta. Croce, dessen nutzbarer Speicherinhalt durch einen 2 km langen, 10 m hohen Erddamm auf 120 Mio m³ vergrößert worden ist, werden die stark schwankenden Abflüsse des Piave reguliert; die fünf Stufen mit 220 000 kW installierter Leistung erzeugen 650 Mio kWh jährlich. Mit der Regulierung durch die neuen Staubecken am Oberlauf des Piave werden, bei Vollausbau, zusätzlich mindestens 150 Mio kWh in diesen Kraftwerken anfallen.

Nach bester italienischer Gewohnheit nützt man die gefassten und abgeleiteten Wassermengen noch in der Ebene zur Bewässerung weiter Gebiete links und rechts des Piave.

b) Kraftwerke an der mittleren Etsch

Die beiden Kraftwerke *Bussolengo* und *Chievo* der Società Idroelettrica Medio Adige SIMA in Verona [22] sind während des Krieges (1939 bis 1944) gebaut, dann teilweise zerstört und 1945/46 wieder aufgebaut worden. Die gesamte Anlage ist eine bemerkenswerte Verwirklichung der integralen Nutzung des Was-



sers, einerseits für die Gewinnung von elektrischer Energie, andererseits für Bewässerungszwecke. Vom 15. April bis 30. September jedes Jahres werden bis 25 m<sup>3</sup>/s aus dem Oberwasser für die Berieselung eines Gebietes von etwa 300 km<sup>2</sup> zwischen Valpolicella und Gardasee abgezweigt. 4,2 m<sup>3</sup>/s gehen über einen Siphon auf das linke Ufer der Etsch, während 21 m<sup>3</sup>/s den Oberwasserkanal von Chievo in einem Bauwerk besonderer Prägung und von beträchtlicher Grösse «à niveau» kreuzen, um dann verteilt zu werden. Eine überaus fruchtbare

und beglückende Landschaft ist dadurch entstanden (Bilder 16 und 17).

Die grosse Schaltanlage von Bussolengo gestattet, die Netze der verschiedenen Produktionsgesellschaften elektr. Energie im östlichen Teil von Norditalien untereinander zu verkoppeln und stellt Verbindungen mit den Absatzgebieten her. Der Knotenpunkt wird durch acht Abgänge 120—150 kV und fünf Abgänge 220 kV gebildet, wovon der eine nach Mittelitalien und Sizilien führt.

Fortsetzung folgt

## Umbau Geschäftshaus Schuster & Co., St. Gallen

Von Arch. E. Brantschen, St. Gallen

DK 725.21

Das Geschäftshaus Schuster & Co. liegt im Zentrum der Altstadt an einer schmalen aber wichtigen Geschäftsstrasse, der Multergasse.

### Die Bauaufgabe:

Abgesehen von dem Bedürfnis nach einer neuen internen Organisation der Räumlichkeiten sollte in erster Linie die viel

zu knappe Schaufensteranlage wesentlich vergrössert werden. Die Verkaufsräume, im Zusammenhang mit der Organisation der verschiedenen Abteilungen und dem Umbau der Büros, waren neu zu gestalten, ebenso die senkrechten Verbindungen (Aufzüge) zu modernisieren und zu erweitern.

### Die generelle Lösung:

Das Wettbewerbsergebnis stellte den Bauherrn vor einen schwierigen Entscheid, indem er sich zwischen einer Lösung ohne und einer ändern mit Durchgang Multergasse-Hinterlauben zu entschliessen hatte. Trotz grossem Verlust an Ladenraum gab dann der Bauherr der grosszügigeren Lösung mit einem Durchgang den Vorzug. Dadurch gewann er ein Mehrfaches der früheren Schaufensterfront (von 8,5 auf 45,00 m'). Der Durchgang gehört in die Fortsetzung der Quer-Verbindung Poststrasse/Neugasse/Multergasse/Schmidgasse.

Da der Geschäftsbetrieb während dem Umbau nicht unterbrochen werden durfte und die Ausweichmöglichkeiten sehr beschränkt waren, mussten die Arbeiten in fünf Etappen ausgeführt werden. Dadurch wurde eine wesentlich längere Bauzeit beansprucht, was oft auch unangenehme Zustände für Kundschaft und Personal mit sich brachte. Zu diesen Bautappen gehörten auch die zeitraubenden Vorarbeiten für die Verstärkung der Fundamente im zweiten Keller infolge der Lasten des Unterfangungsträgers der Fassade Multergasse.

### Gestaltung des Erdgeschosses (Empfang, Kassa und Stoffabteilung):

Durch eine durchgehende, stützenfreie, längs der Multergasse zurückgesetzte Schaufensterfront und durch die Erstel-

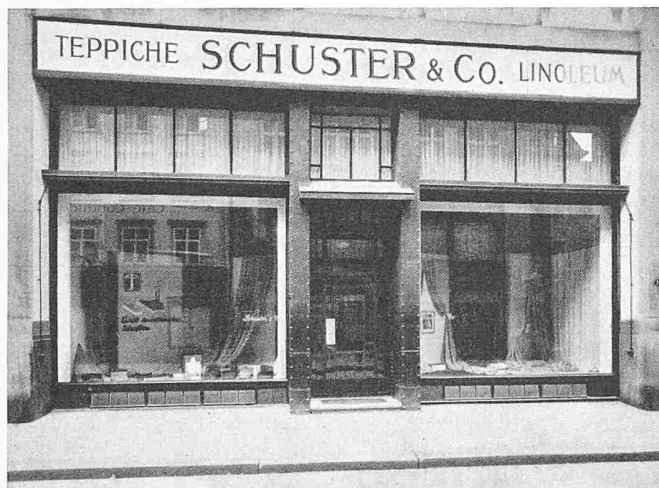


Bild 1. Fassade Multergasse vor dem Umbau



Bild 2. Passage mit Ladeneingang nach dem Umbau



Bild 3. Bureau-Vorraum