Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 11-12

Artikel: Das Kleinkraftwerk Plancanin
Autor: Bischof, Roland / Buff, Heinz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940594

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

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

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

Download PDF: 13.07.2025

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

Ein Kraftwerk kam geflogen

Das Kleinkraftwerk Plancanin
der Bergeller Kraftwerke

Roland Bischof und Heinz Buff

1. Einleitung

Praktisch jedes Kraftwerk und natürlich auch Kleinkraftwerk weist seine Besonderheiten auf. Beim Kleinkraftwerk Plancanin war es vor allem das Problem der Zugänglichkeit, welches dazu führte, dass sämtliche Transporte per Helikopter erfolgen mussten.

2. Die Bergeller Kraftwerke

Die Wasserkraft des nach Süden in Richtung Comersee entwässernden Bergells wird seit 30 Jahren durch das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) genutzt. Die Kraftwerksgruppe Bergell besteht aus fünf Anlagen, nämlich den drei Hauptstufen Albigna-Löbbia, Forno-Löbbia, Löbbia-Castasegna und den beiden Nebenkraftwerken Maroz und Bondasca. Die ganzen Anlagen wurden als zusammenhängende Kraftwerksgruppe in den Jahren 1955 bis 1961 erstellt (Bild 1).

3. Die vorhandenen Fassungen Plancanin und Muretto der Kraftwerksstufe Forno-Löbbia

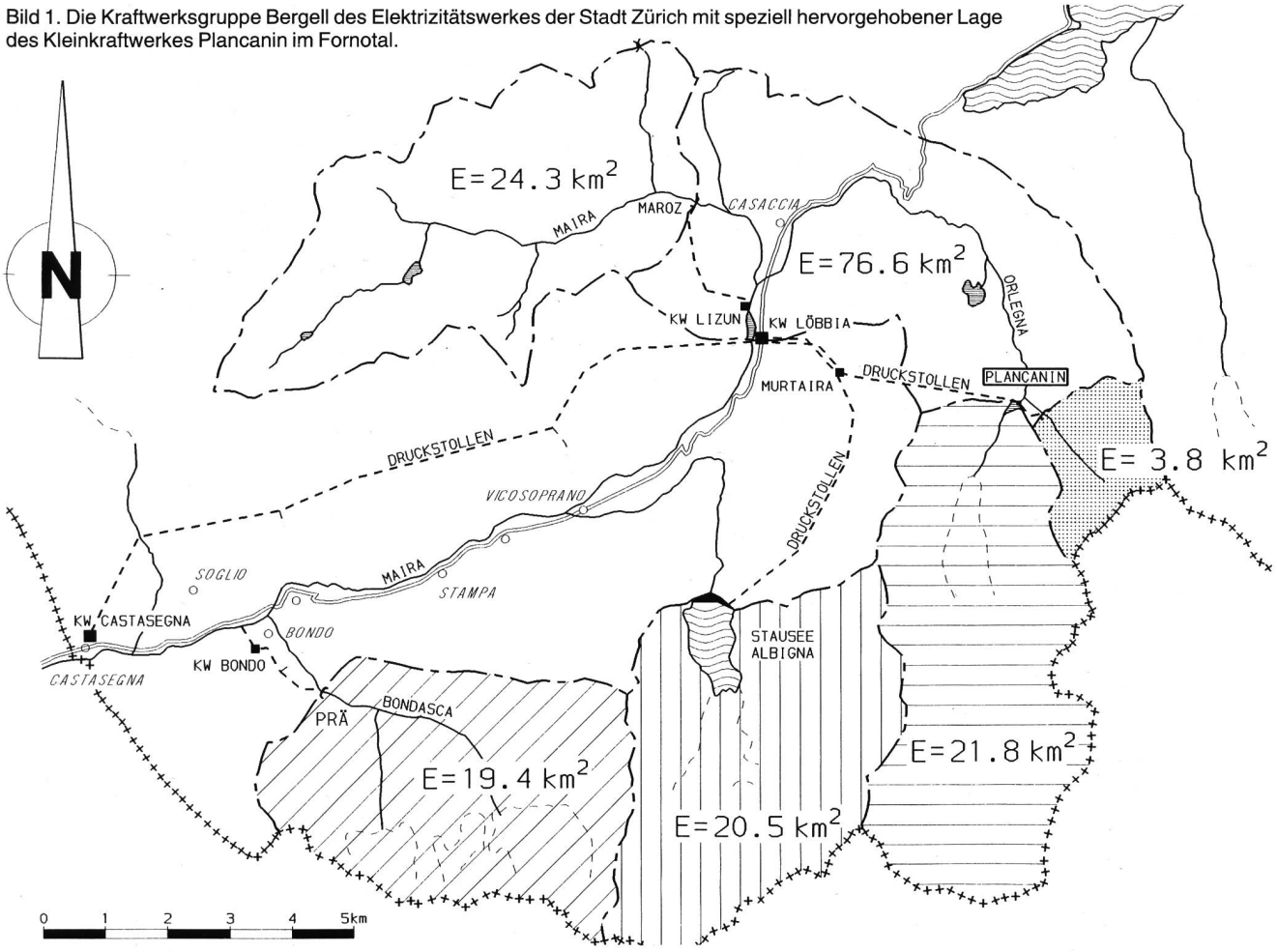
Auf Plancanin im Val Forno fliesst der Murettobach in die am Fornogletscher entspringende Orlegna (Bild 2). Das Wasser beider Bäche wird durch eine Haupt- und eine Nebenfassung kurz vor ihrem Zusammenfluss gefasst. Die Hauptfassung auf Kote 1987 besteht aus einer etwa 10 m hohen und 40 m langen Bogenmauer. Sie fasst das Wasser der Orlegna, deren Einzugsgebiet an dieser Stelle 21,8 km² beträgt, wovon etwa 57% vergletschert sind. Das Wasser aus dem 3,8 km² grossen Einzugsgebiet des Murettobaches wird auf Kote 2055 in einer Nebenfassung in Form eines Fallrechens gefasst und durch einen 380 m langen Freispiegelstollen ins Becken der Hauptfassung geführt. Von dort aus durchfliesst es zusammen mit dem Orlegnawasser die Entsanderanlage und wird anschliessend durch den Fornostollen der Nutzung zugeführt. Vom Ende des Fornostollens kann das Wasser entweder in den Stausee Albigna hochgepumpt oder zur direkten Energieerzeugung den Turbinen in Löbbia und anschliessend denjenigen in Castasegna zugeführt werden.

4. Veranlassung zum Umbau der Murettobacheinleitung

Das Wasser der Orlegna, die nur knapp 2 km weiter talaufwärts dem Fornogletscher entspringt, weist naturgemäss einen sehr hohen Gehalt an Gletscherschliff auf. Der hohe Quarzanteil und die bedeutende Fallhöhe von 564 m bedingen trotz der vorhandenen Entsanderanlage aufwendige Unterhaltsarbeiten an Turbinen, Pumpen und Abschlussorganen. Das Murettobachwasser ist im Gegensatz zum Orlegnawasser praktisch schwebstofffrei.

Die vorhandene Anordnung der beiden Fassungen wies folgende Nachteile auf:

Bild 1. Die Kraftwerksgruppe Bergell des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich mit speziell hervorgehobener Lage des Kleinkraftwerkes Plancanin im Fornotal.



- Das saubere Murettobachwasser wurde zuerst mit dem stark schwebstoffhaltigen Orlegnawasser vermischt, um nachher gemeinsam der Entsanderanlage zugeführt zu werden.
- Zu Zeiten hoher Wasserführung, wenn der Zufluss grösser war als die Ausbauwassermenge des Kraftwerkes, wurde das auf der rechten Seite ins Plancaninbekken einfliessende, saubere Murettobachwasser zum grossen Teil über das Wehr abgeführt, währenddem das feststoffführende Orlegnawasser auf der linken Seite des Wehres gefasst wurde.
- Bei noch höheren Wasserführungen der Orlegna (>9 m^3/s) muss die Fassung Plancanin infolge zu hoher Feststoffkonzentrationen vollständig ausgeleitet werden. Damit war bei der vorhandenen Anordnung aber nicht nur das Orlegnawasser, sondern auch das saubere Murettobachwasser für die Produktion verloren.

Erste Untersuchungen zeigten rasch auf, dass nur durch eine separate Einleitung des Murettobachwassers in den Fornostollen diese Nachteile beseitigt werden können. Gleichzeitig wurde in Betracht gezogen, die bisher ungenutzte Wasserkraft auf dem Gefälle von etwa 65 m zwischen der Murettobachfassung und Plancanin zu nutzen.

Ein ausführlicher Variantenvergleich zeigte, dass bei vertretbaren Mehrkosten der Einbau einer Kleinturbine anstelle eines Druckbrechschachtes gerechtfertigt war.

5. Die einzelnen Anlageteile des ausgeführten Projektes

5.1 Einlaufbauwerk

Das Wasser des Murettobaches gelangt durch den unverändert belassenen Fallrechen von 4,0 × 2,8 m in die Rechengrube. Von dort fliesst es in einen etwa 15 m langen unterirdischen Grobentsander, welcher durch Aufweiten des vorhandenen 85% geneigten Schrägschachtes geschaffen wurde. An den Entsander schliesst eine Einlaufkammer an, in welcher der sechseckige Einlauf in die

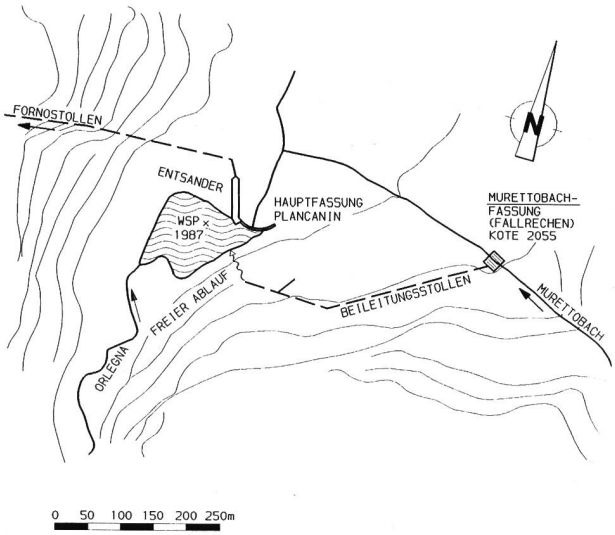
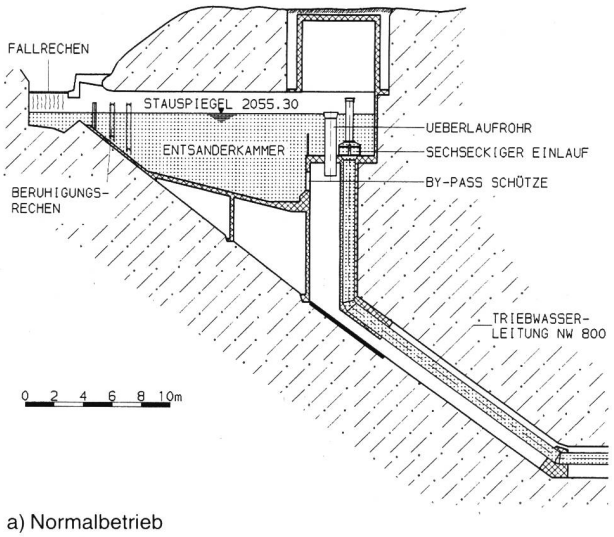
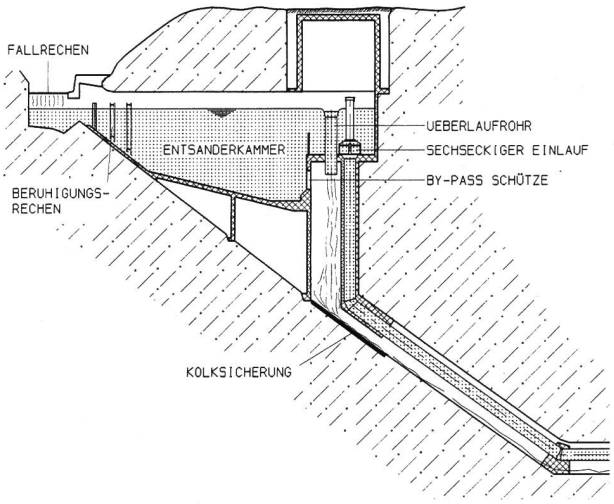


Bild 2. Ausgangszustand der Fassungen Plancanin und Muretto. Das praktisch schwebstofffreie Wasser des Murettobaches wird durch einen Beileitungsstollen ins Becken der Hauptfassung Plancanin geleitet. Durchmischt mit dem stark schwebstoffhaltigen Orlegnawasser durchfliesst es den Entsander und wird anschliessend via den Fornostollen der Nutzung in den Hauptstufen zugeführt.

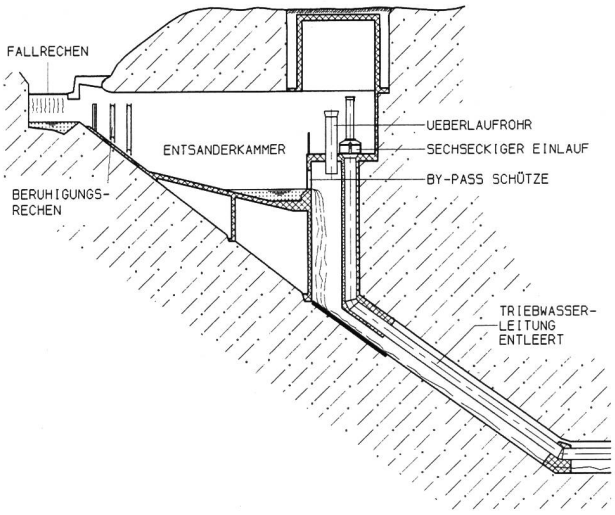
Bild 3. Fassung Murettobach, Längsschnitt.



a) Normalbetrieb



b) Tritt mehr Wasser in die Fassung ein, als durch die Turbine verarbeitet werden kann ($Q > Q_A$ bzw. Maschinenstillstand), so wird das Überschusswasser durch das Überlaufrohr und den Freispiegelstollen wie bis anhin ins Becken der Hauptfassung geleitet.



c) Winterbetrieb. Zufluss kleiner als minimale Turbinenwassermenge. Das Wasser fliesst via Bypass-Schütze und durch den Freispiegelstollen zur Hauptfassung. Die Druckleitung ist entleert.

Triebwasserleitung und ein Überlaufrohr angeordnet sind.

Im Normalbetrieb (Bild 3a) wird durch die Turbine der Wasserspiegel im Grobentsander/Einlaufbauwerk so geregelt, dass er etwa 10 cm unter der Überlaufkante des Überlaufrohres liegt.

Tritt mehr Wasser durch den Fallrechen ein (Bild 3b), als durch die Turbine verarbeitet wird, sei es dass die Ausbauwassermenge von 1 m^3/s überschritten ist oder die Turbine abgeschaltet ist, so wird Wasser durch das Überlaufrohr abgeführt und gelangt wie bis anhin durch den Freispiegelstollen ins Becken der Fassung Plancanin.

Im Winter (Bild 3c), wenn der Zufluss kleiner wird als die minimale Turbinenwassermenge, wird die Bypass-Schütze am Ende des Grobentsanders geöffnet und das Wasser wird wiederum via Freispiegelstollen dem Becken der Hauptfassung Plancanin zugeführt. Die Druckrohrleitung bleibt im Winter entleert.

Da das Einlaufbauwerk in einem Lawinenzug liegt, waren besondere Massnahmen für die Zugänglichkeit erforderlich. Zudem sind die Bypass-Schütze und die Spülschütze des Grobentsanders hydraulisch angetrieben und für Fernbedienung ausgerüstet. So kann zum Beispiel die Umstellung von Winter- auf Sommerbetrieb durch Fernsteuerung erfolgen.

5.2 Triebwasserleitung

Eine etwa 600 m lange Druckrohrleitung von 600 bis 800 mm Durchmesser führt das Wasser von der Fassung zur Turbine. Auf dem grössten Teil der Strecke konnte die Leitung im vorhandenen Freispiegelstollen geführt werden.

Bei der Materialwahl wurden Rohre aus Stahl, Faserzement, Hartpolyäthylen und glasfaserverstärktem Polyester (GUP) in Betracht gezogen und aufgrund ihrer technischen Eigenschaften, der Transportmöglichkeiten per Helikopter, der Unterhaltsanforderungen (zum Beispiel Innenrostschutzerneuerung bei 600 bis 800 mm Durchmesser) und der Baukosten beurteilt. Der Entscheid fiel zugunsten des GUP-Rohres, welches in 6 m langen Rohrschüssen geliefert, durch normalverfügbare Helikopter transportiert und durch den Bauunternehmer montiert wurde.

Im Freispiegelstollenabschnitt wurde die Leitung auf Stahlkonsolen verlegt (Bilder 4 und 5). Die Befestigung auf Konsolen wurde nötig, weil im Winter resp. zu Zeiten extrem hoher Wasserführung oder bei Abschaltung der Turbine das Wasser weiterhin auf der Sohle des Freispiegelstollens fliesst und weil der Freispiegelstollen zudem als eine Zugangsmöglichkeit zur Fassung benutzt werden soll.

Im Abschnitt Fensterstollen, wo keine Wasserführung ausserhalb der Leitung auftritt, konnte die Leitung auf der Stollensohle verlegt werden. In diesem oberen Bereich (Abschnitt Freispiegel- und Fensterstollen) wurde ein Leitungsdurchmesser von NW 800 mm gewählt.

Die verbleibenden etwa 200 m wurden in NW 600 ausgeführt. Als eingegrabene und einbetonierte Steilleitung wird das rechte Ufer des Wehres Plancanin erreicht (Bild 6). In Form einer einbetonierten und zum Schutze vor Frost und Lawinen auf der Wasserseite des Wehres unterhalb des minimalen Wasserspiegels angehängten Konsolleitung wird die Orlegna überquert. Hier am Wehr befindet sich auch der Tiefpunkt der Leitung, welche eine Entleerung für den Winter gestattet. Für die restliche Strecke bis zur Turbine wurde die Leitung in der Erdüberschüttung über den vorhandenen Entsanderkammern geführt.

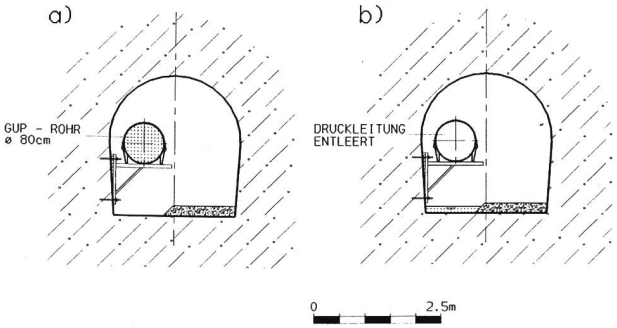


Bild 4. Triebwasserleitung im vorhandenen Freispiegelstollen.
a) Normalbetrieb im Sommer.
b) Betrieb im Winter, mit entleerter Triebwasserleitung. Zufluss Winterwasser auf der Sohle des Freispiegelstollens.

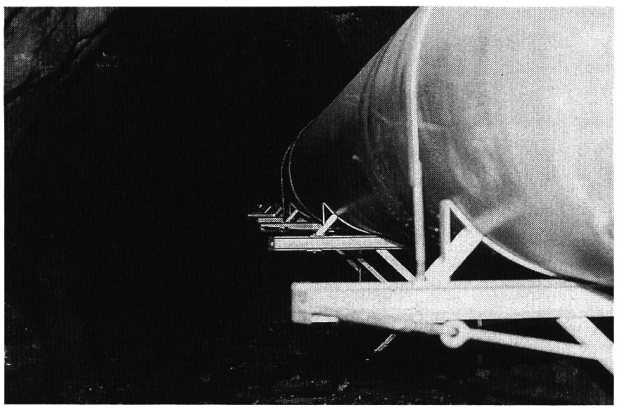


Bild 5. Triebwasserleitung im Freispiegelstollen, Durchmesser 800 mm GUP-Rohre auf Stahlkonsolen im Abstand von 3,0 m.

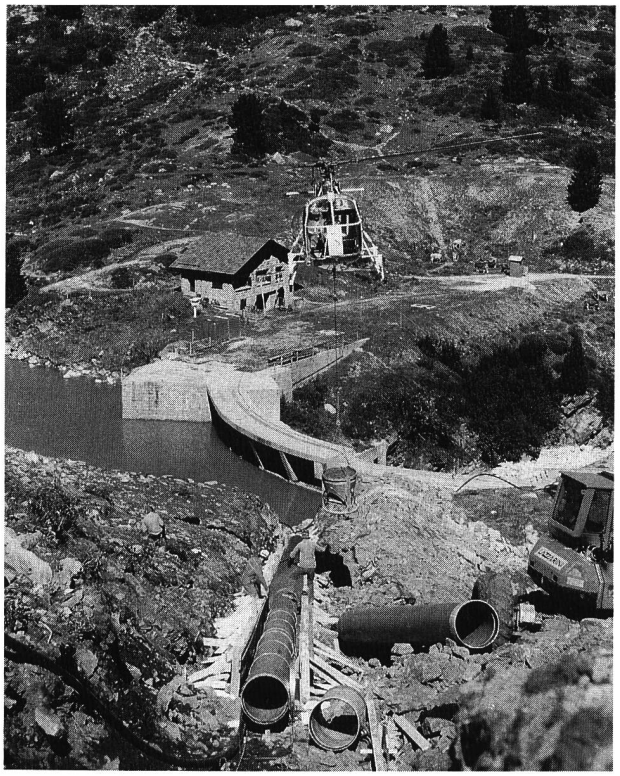


Bild 6. Einbetonieren der Triebwasserleitung aus 600 mm GUP-Rohren in der Steilstrecke. Der Beton wird durch Helikopter direkt in die Schalung eingebracht.

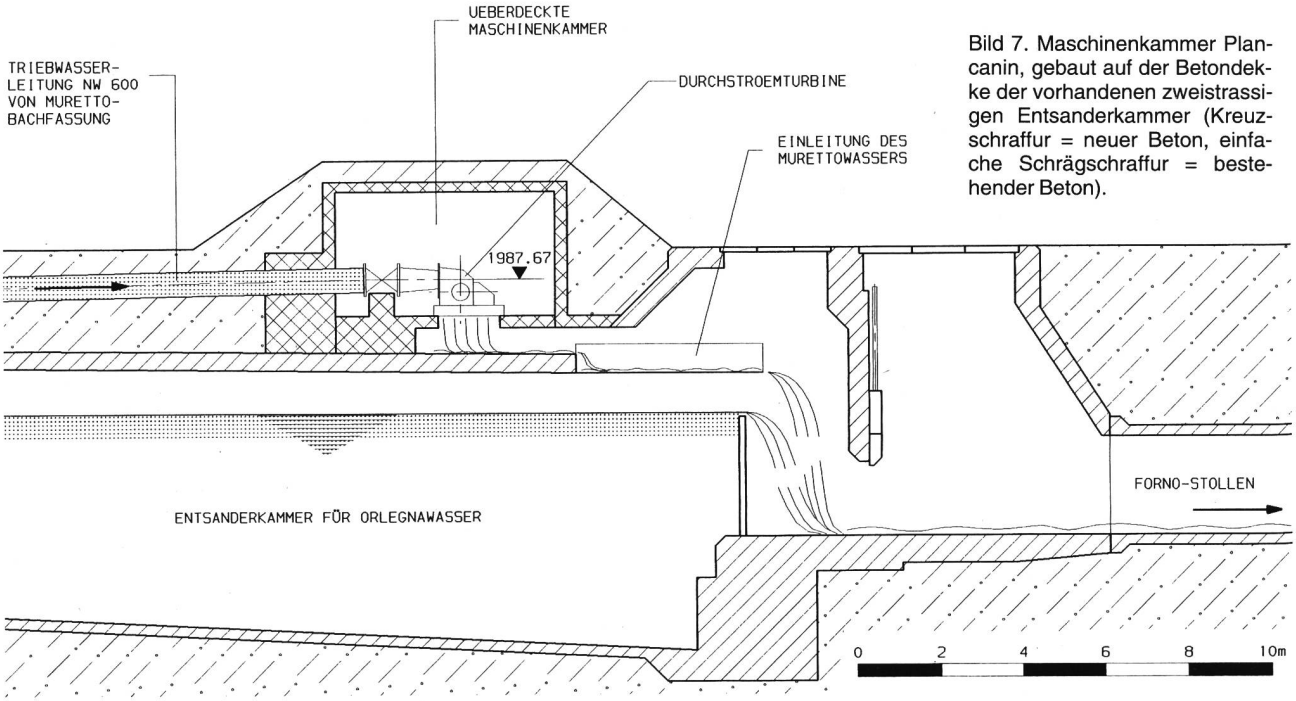


Bild 7. Maschinenkammer Plancanin, gebaut auf der Betondekke der vorhandenen zweistrassigen Entsanderkammer (Kreuzschraffur = neuer Beton, einfache Schrägschraffur = bestehender Beton).

5.3 Anordnung der Maschinenkammer

Aus hydraulischer Sicht wäre eine Anordnung der Maschinenkammer auf der rechten Seite des Wehres am günstigsten. Aus betrieblichen Gründen war jedoch eine Lösung auf der linken Seite der Orlegna in der Nähe des Wärterhauses vorzuziehen (Bilder 7 und 8). Da ohnehin nur ein Laufbetrieb ohne jegliche abrupte Durchflussänderung vorgesehen ist, wurde die betrieblich günstigere Lösung gewählt. Die massive Betondecke über dem bestehenden Entsander Plancanin bildete zudem eine ideale Fundation für die Maschinenkammer. Beim gewählten Standort am Ende der Entsanderkammer kann das turbinierte Murettobachwasser von der Turbine auf kürzestem Weg in den Fornostollen abgegeben werden.

6. Elektromechanische Ausrüstung

6.1 Turbinentyp

Das anfallende Wasser muss als Laufwasser verarbeitet werden. Ein Ausgleichsbecken bei der Murettobachfassung hätte unterirdisch angeordnet werden müssen und hätte zu unverhältnismässigen Kosten geführt. Die gesuchte Turbine muss deshalb vor allem in der Lage sein, sehr stark variierende Wassermengen zu verarbeiten.

Als Ausbauwassermenge wurde 1000 l/s gewählt. Diese Wassermenge ist gemäss der mit Hilfe von Daten aus dem benachbarten Albignaeinzugsgebiet konstruierten Dauerkurve an etwa 40 Tagen erreicht resp. überschritten. Der hohe Ausbau entspricht dem Wunsche, zu Zeiten von hoher Wasserführung, wenn die Orlegnafassung infolge zu hohen Feststoffgehaltes ausgeleitet werden muss, möglichst viel Murettobachwasser einleiten zu können.

Es wurden standardisierte Kleinturbinen folgender Typen in Betracht gezogen (Bild 9):

- Francis; infolge des raschen Abfalles der Wirkungsgradkurve im Teillastbereich wurden auch «Zwei-Maschinen-Lösungen» untersucht. Zum Beispiel 2 × 500 l/s und
  1 × 750 l/s + l × 250 l/s.
- Pelton; standardisierte Ein-Maschinen-Lösungen, welche beim vorhandenen Gefälle 1000 l/s verarbeiten können, wurden nicht gefunden.
- Durchströmturbine (Typ Ossberger).

Unter der Voraussetzung, dass nur eine Maschinengruppe eingebaut werden soll, ergaben sich die günstigsten Bedingungen für die Durchströmturbine. Die Zweizellenbauweise dieser Maschine gestattet den Betrieb bis in extrem tiefe Teillastbereiche ohne wesentlichen Abfall des Wirkungsgrades; ein Vorteil, dem beim vorhandenen stark unterschiedlichen Zufluss grosse Bedeutung zukommt. Eine detaillierte Beschreibung dieses Turbinentypes gibt [2].

Die eingebaute Turbine erbringt bei 1000 l/s und einer Nettofallhöhe von 60 m eine Leistung von 494 kW. Die Drehzahl beträgt 505 U/min.

6.2 Generator

Hier wird eine luftgekühlte, asynchrone Käfigläufermaschine der Bauart B3 eingesetzt. Die Anlage kann also nicht im Inselbetrieb gefahren werden. Sie kann nur Leistung in ein starres Netz abgeben. Die Nenndaten des Generators lauten wie folgt:

– Leistung	550 kW
– Spannung	400 V
– Strom	880 A
– Leistungsfaktor	0,82
– Polzahl	6
– Drehzahl	1010 UPM

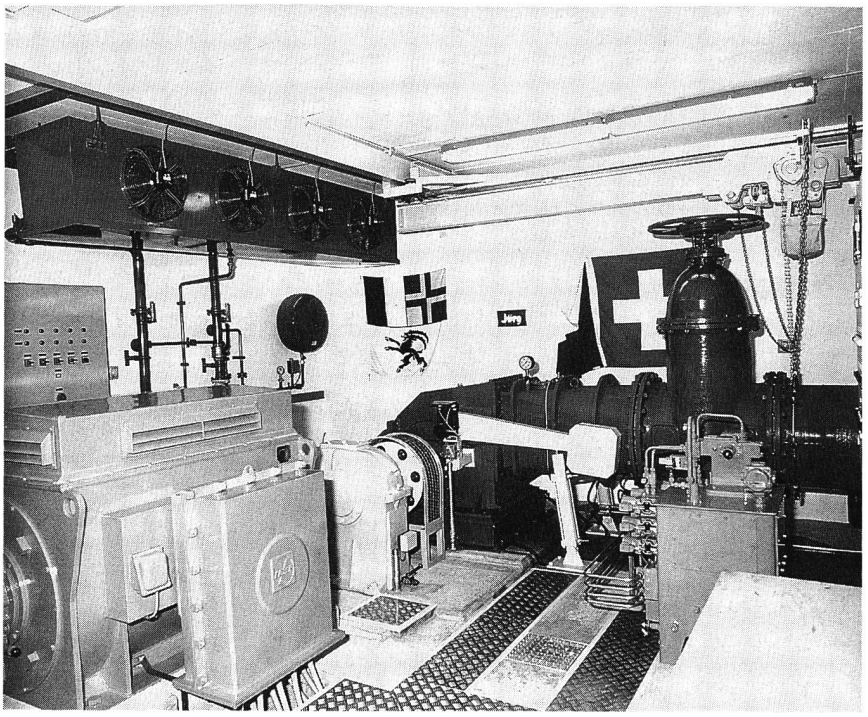
Der Blindleistungsbedarf zur Magnetisierung des Generators muss aus dem Netz bezogen werden und beträgt rund 50% der Wirkleistung. Eine parallel geschaltete Kondensatorenbatterie sorgt jedoch für eine fast 100%ige Kompensation dieser Blindleistung, so dass auf dem 11-kV-Energieabtransportkabel praktisch nur noch Wirkleistung übertragen wird.

Die unterschiedliche Drehzahl von Turbine und Generator wird durch ein einstufiges Stirnradgetriebe mit einer Übersetzung von 1:2 überbrückt.

6.3 Abtransport der elektrischen Energie

Über einen 630-kVA-Transformator wird die Generatorspannung von 400 V auf 11 000 V transformiert. Der Abtransport erfolgt mit Hilfe eines 3 km langen Stollenkabels

Bild 8. Blick in die Maschinenkammer Plancanin. Im Hintergrund: Ossberger-Durchströmturbine. Vorne links: Generator. Dazwischen: Übersetzungsgetriebe. An der Decke: Kühlaggregate. (Foto Engadin Press)



nach Murtaira und von dort über die bestehende Freileitung zum Kraftwerk Löbbia, wo die Energie ins Netz abgegeben wird.

6.4 Fernsteuerung und -überwachung

Die gesamte Anlage, einschliesslich der Wasserfassung Muretto, wird vom Kraftwerk Löbbia aus überwacht und ferngesteuert. Alle wichtigen Messwerte, wie Leistung, Strom, Wasserzufluss usw., werden im Kommandoraum auf Instrumenten angezeigt oder können auf dem Bildschirm der Fernwirkanlage ausgegeben werden. Je nach vorhandenem Betriebswasser wird die grosse und die kleine Zelle der Turbine automatisch ein- bzw. ausgeschaltet.

Die Übertragung der Steuersignale und der Telefongespräche zwischen Murtaira und Plancanin erfolgt über einen Lichtwellenleiter (LWL). Die Glasfasern dieses Leiters sind im 11 000-V-Kabel, welches zum Abtransport der elektrischen Energie eingesetzt wird, integriert.

7. Bauausführung

Die Bauarbeiten wurden im Juli 1989 nach der Schneeschmelze begonnen und im wesentlichen Ende der Bausaison 1990 abgeschlossen. Die Inbetriebsetzung erfolgte im Juli 1991.

Die bestehenden Anlagen im Val Forno waren vor 30 Jahren ohne Zufahrtsstrasse erstellt worden, sämtliche Transporte waren damals via Seilbahn zum Fenster Murtaira und durch den Fornostollen abgewickelt worden. Aus diesem Grund stand für den Umbau keine Strasse zur Verfügung. Ein Zugang via Stollen hätte zu grossen Produktionsausfällen geführt, die Erstellung eines Fahrweges kam aus Umwelt- und Kostengründen nicht in Frage. Deshalb mussten alle Transporte von Orden (beim Malojapass) aus per Helikopter durchgeführt werden. Abgesehen von wenigen schweren Lasten (Turbine, Generator, Trafo sowie gewisse Baustelleneinrichtungen), welche mit dem Grosshelikopter Super-Puma eingeflogen wurden, erfolgten alle übrigen Transporte mit normalverfügbaren Helikoptern (Lama, Ecureuil) mit Anhängelasten von etwa 750 kg. Insgesamt wurden etwa 2500 Transportflüge durchgeführt. Dank guter Organisation der Baustelle und meist günstigen Flugwetterbedingungen brachte der Lufttransport keine wesentlichen technischen Nachteile für die Baustelle mit sich. Kostenseits waren die Auswirkungen dieser besonderen Transportart natürlich spürbar. Der Preis für den fertig eingebrachten Beton verdoppelte sich etwa. Auf die Gesamtausgaben (Bau, Elektromechanik inkl. Projekt und Bauleitung) ergibt sich hingegen nur eine Verteuerung von etwa 15%.

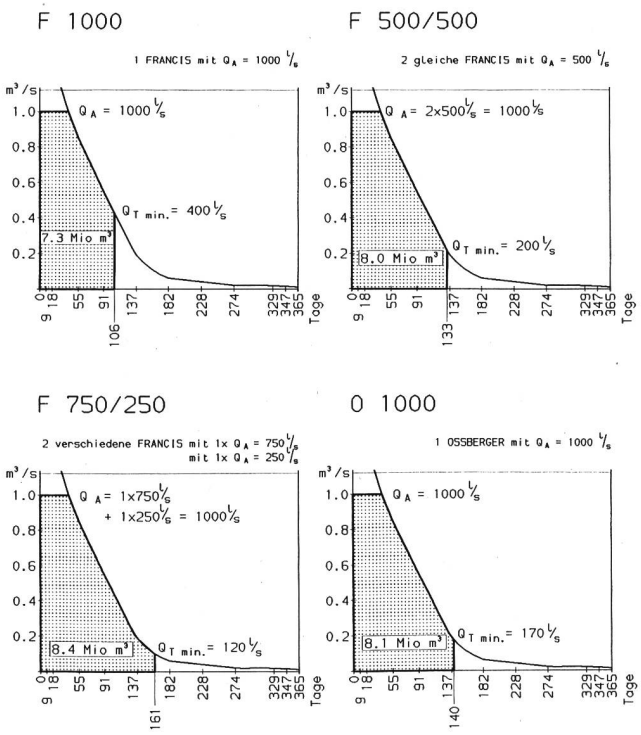


Bild 9. Maschinenwahl. Die schraffierte Fläche der Dauerkurve stellt das verarbeitbare Nutzwasservolumen bei verschiedenen Maschinenauslegungen dar.

Folgende wichtigsten Bauleistungen wurden erbracht:

Aushub Lockergestein	820 m^3
Felsausbruch	1180 m^3
Beton	500 m^3
Schalung	1670 m^2
Armierungsstahl	23,5 t
Verlegung GUP-Rohrleitung Durchmesser 800 mm	344 m
Verlegung GUP-Rohrleitung Durchmesser 600 mm	204 m
Helitransporte, Anzahl Rotationen	2493

8. Kosten / Nutzen

Für Bau, elektromechanische Ausrüstung einschliesslich Projekt und Bauleitung, inklusive Teuerung, haben sich Gesamtkosten von 3 Mio Fr. ergeben.

Diesen Kosten steht folgender Nutzen gegenüber:

- Geringerer Verschleiss an Turbinen, Pumpen und Abschlussorganen. Dieser Nutzen ist nicht direkt quantifizierbar.
- Zu Zeiten von sehr hoher Wasserführung, wenn die Fassung Plancanin infolge zu hoher Schwebstoffführung ausgeleitet werden muss, kann das Murettobachwasser unabhängig davon trotzdem genutzt werden. Daraus wird eine jährliche Mehrproduktion in den bestehenden Zentralen Löbbia und Castasegna vom 1,4 bis 1,7 Mio kWh erwartet.
- Das Kleinkraftwerk Plancanin dürfte eine Neuproduktion von etwa 1 Mio kWh erbringen.

Sieht man vom Nutzen des geringeren Verschleisses an den hydraulischen Maschinen ab und belastet man die gesamten Jahreskosten der Mehrproduktion, so ergeben sich hiefür Gestehungskosten von etwa 12 Rp./kWh. Dabei muss allerdings festgehalten werden, dass es sich bei dieser Mehrproduktion zu fast 100% um Sommerenergie handelt.

9. Umweltbeeinflussung

Rund 2500 Helikopterflüge während der Bauzeit mussten als vorübergehende Beeinträchtigung in Kauf genommen werden.

Die bleibenden Umweltbeeinflussungen durch das Kleinkraftwerk Plancanin sind jedoch sehr gering. So bringt es vor allem keine weiteren Beeinträchtigungen von Gewässern. Das den Bächen wie bisher entnommene Wasser wird einfach besser genutzt.

Sichtbare Veränderungen haben sich, abgesehen von einem kleinen Erdhügel zur Aufnahme der Maschinenkammer und des Wegfalles des bisherigen künstlichen «Wasserfalles» zwischen Auslauf Freispiegelstollen und Becken Plancanin, nicht ergeben.

Besonders Wert gelegt wurde auf die Vermeidung von Schallemissionen im ruhigen Fornotal. Zu diesem Zweck wurde die Maschinenkammer vollständig gekapselt ausgebildet, was seinerseits wieder den Einbau einer speziellen Kühlung zur Ableitung der Abwärme von Getriebe, Generator und Trafo erforderlich machte.

10. Erste Betriebserfahrung

Die Anlage ist noch sehr jung. Sie wurde erst vor einem Jahr dem Betrieb übergeben [3]. Entsprechend sind auch die Betriebserfahrungen noch gering. Es kann jedoch festgestellt werden, dass das gewählte Lösungskonzept richtig ist.

Der Zugang zur Anlage ist lang, und ein grosser Teil muss zu Fuss zurückgelegt werden. Demzufolge kommt einer ausgereiften Fernüberwachung und Fernsteuerung eine besondere Bedeutung zu.

Während der Winterperiode sind das Betriebswasser- und das Kühlwassersystem entleert. Im Frühling, wenn das erste Schmelzwasser auf der Zuflussmessung beobachtet werden kann, wird die Bypass-Schütze in der Wasserfassung über die Fernsteuerung geschlossen. Zutritt ist nur zur Turbinenanlage notwendig. Ein «ski-tüchtiger» Maschinist schliesst dort den Entleerungsschieber der Triebwasserleitung und füllt den Wärmetauscher, der zum Abtransport der Verlustwärme eingesetzt wird, mit Kühlwasser. Danach kann der Betrieb bereits aufgenommen werden.

Ein gut durchdachtes Erdungskonzept, zusammen mit den entsprechenden Überspannungsableitern, gewährleistet einen wirksamen Schutz gegen Blitzeinschläge und statische Entladungen. Die Erfahrung zeigt auch hier, dass mit richtiger Auslegung ein hoher Grad an Sicherheit erreicht werden kann.

Tabelle 1. Am Bau wirkten mit.

Bauherr:	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ)
Projekt und Bauleitung:	Baulicher Teil: Ingenieurbüro für bauliche Anlagen (IBA) Abteilung der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich
	Mechanischer und elektrischer Teil: Bergeller Kraftwerke (EWZ)
Bauunternehmer:	G. Lazzarini & Co. AG, Samedan
Helitransporte:	Heli Bernina, Samedan
Turbine, Getriebe und Generator:	Ossberger Turbinenfabrik GmbH & Co., Weissenburg in Bayern, Deutschland
Druckleitungsrohre:	Hobas Armaver AG, Gunzgen
Stahlwasserbau:	Ingenieurbüro Erhard Lutz & Co., Zürich
11-kV-Stollenkabel:	Kabelfabrik Dätwyler AG, Altdorf
Schalttafel:	Gruber & Co. AG, Chur
11-kV-Transformator:	Moser Glaser & Co. AG, Muttenz
Kompensationsanlage:	Micafil AG, Zürich
Batterie und Ladegerät:	Accumulatoren Fabrik Oerlikon, Zürich
Fernwirkanlage:	Landis & Gyr Zug AG, Zug
Lichtwellenleiter Endgeräte:	Câbles Cortaillod, Cortaillod

Literatur:

[1] Die Bergeller Kraftwerke der Stadt Zürich. Separatdruck aus der «Terra Grischuna», September 1961.

[2] *F. Egli:* Durchströmturbine, Patent Ossberger. «wasser, energie, luft» 1989, Heft 10, S. 272–274.

[3] Zürich hat ein neues Kleinkraftwerklein. «Neue Zürcher Zeitung» Nr. 203, 3. September 1991.

Adressen der Verfasser: *Roland Bischof,* Ingenieurbüro für bauliche Anlagen, Abteilung der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, Hardhof 9, Postfach 6936, CH-8023 Zürich, und *Heinz Buff,* Betriebsleiter, Bergeller Kraftwerke, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, CH-7603 Vicosoprano.