

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 71 (1979)
Heft: 1-2

Artikel: Der Neubau der Druck- und Verteilleitung Küblis
Autor: Zurfluh, Ernst
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941427>

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: 10.02.2026

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

Der Neubau der Druck- und Verteilleitung Küblis

Ernst Zurfluh¹

Zusammenfassung

Für das Kraftwerk Küblis im Bündnerland wurden drei Druckleitungen aus den Jahren 1921 und 1927 durch eine einzige, grössere Leitung ersetzt. Das beträchtliche Bauvolumen war innert weniger Monate abzuwickeln. Der Betrieb der Anlage durfte nicht unterbrochen werden. Die Baustellen waren nur sehr schwer zugänglich.

Résumé: Remplacement des conduites forcées et de la conduite de répartition pour l'aménagement de Küblis

Pour l'aménagement hydro-électrique de Küblis dans les Grisons on a remplacé trois conduites forcées datant de 1921 et de 1927 par une seule conduite. Le travail a dû être effectué en peu de temps. On était forcé de travailler à accès difficile et sans interrompre la production de la centrale.

Synopsis: New penstock for the Küblis power plant

For the water power plant of Küblis, Switzerland, three penstocks (two of the year 1921 and one dated 1927) have been replaced by one modern penstock. For this substitution only a few month construction time was permitted. The access to the sites was difficult. During construction the power output of the plant was not allowed to be interrupted.

Einleitung

Die Aufgabe der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), Baden, umfasste den Ersatz der drei 57 bzw. 51 Jahre alten Druckleitungen des Kraftwerkes Küblis (Bild 1) der AG Bündner Kraftwerke (BK), Klosters. Die zwei im Jahre 1921 von Escher Wyss, Zürich, erstellten Leitungsstränge von je 720 m Länge, mit Innendurchmessern von 1,30 bis 1,05 m und Blechstärken von 8 bis 26 mm wiesen wassergasgeschweisste Werkstatt-Längsnähte und Muffen/Nietverbindungen als Montagestösse auf. Die 1927 zugefügte dritte Leitung war im oberen Teil vollständig elektrisch geschweisst, besass jedoch im unteren Teil mit hohen Innendruck und entsprechend grossen Wandstärken ebenfalls Rohre mit wassergasgeschweissten Werkstatt-Längsnähten und elektrisch geschweissten Muffenverbindungen. Offensichtlich hatte man damals noch Hemmungen, die Längsnähte der dickwandigen Rohre mit der neu eingeführten elektrischen Schweissung auszuführen.

Umfassende Prüfungen an zwei Blechentnahmen (Trepanationen) zeigten die stark herabgesetzten Festigkeiten und die Häufung von Bindefehlern im Bereich der kritischen Längsnähte. Es wurde deshalb entschieden, alle drei Druckleitungen zu ersetzen. Die Ingenieurgemeinschaft Motor Columbus, Ingenieurunternehmung AG, Baden/Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden, untersuchte darauf folgende 6 Sanierungsvarianten:

1. 3 neue Druckleitungen mit gleichen Durchmessern

2. 1 neue Druckleitung mit entsprechend grösserem Durchmesser

3. Umfang-Vorspannung der alten Druckleitungen mittels Stahllitzen

4. Einbetonierung der 3 alten Druckleitungen

5. Einziehen neuer Rohre in die 3 alten Druckleitungen

6. Erstellung eines gepanzerten Druckschachtes

Zur Ausführung wurde Variante 1, d. h. der Ersatz der alten Druckleitungsrohre durch neue vorgeschlagen, ohne die bei den Fixpunkten und bei der Strassenunterquerung einbetonierten Rohre auszubauen. Bestimmend für diese Wahl waren die Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, möglichst kurzen Betriebsunterbrüchen und nach einer rationellen, raschen Baumethode.

Im Laufe der Projektierung wurden auch die drei Drosselklappen im Apparatehaus und die 3strängige Verteilleitung mit den 11 Abschlussschiebern sorgfältig geprüft. Die Ergebnisse führten zum Beschluss, auch diese Anlageteile zu ersetzen. Damit rückte die Variante 2 mit einer neuen Druckleitung bei entsprechend grösserem Durchmesser, einer neuen Drosselklappe oben, einer neuen einsträngigen Verteilleitung und 6 neuen Kugelschiebern mit Doppel-dichtung in den Vordergrund.

Bild 1. Blick talabwärts auf die alten Druckleitungen mit den Fixpunkten 4 im Vordergrund und 5 unterhalb der Strassenbrücke. Im Talgrund ist die Zentrale Küblis mit dem Unterwasserkanal zur Landquart sichtbar.



¹) An der Internationalen Fachtagung über Umbau und Erweiterung von Wasserkraftanlagen unterbreiteter Beitrag zum Thema c) Triebwasserleitungen: Kanäle, Stollen, Druckleitungen, Druckschächte, Wassertunnel. Diese Fachtagung wird vom 28. 2. bis 2. 3. 1979 in Zürich von der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETHZ (VAW) und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (SWV) durchgeführt.

Technische Beschreibung der neuen Druck- und Verteilleitung

Wie aus der Situation (Bild 2) und dem Längenprofil (Bild 3) ersichtlich, setzt sich die neue Druckleitung aus den Anschlussrohrleitungen und der Drosselklappe des Apparatehauses und den 6 Leitungssträngen zwischen den Fixpunkten 1 bis 7 zusammen. Die neue Verteilleitung zu den 6 Turbinen weist gemäss Bild 4 hintereinander 5 Hosenrohre mit Abzweigkrümmern und ein Krümmerrohr sowie 6 im Rohrhaus angeordnete Fixpunkte 8 bis 13 auf. Die Hauptabmessungen und technischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Lieferung der Druck- und Verteilleitung wurde der Firma Josef Bertsch, Bludenz, übertragen, die über leistungsfähige Rohrfertigungsanlagen verfügt. Durch eingehende Verfahrensprüfungen wurden die zu den trennbruchsicheren und alterungsbeständigen Stählen passenden Schweissdrahtmaterialien für die Unterpulver-Automatenschweissungen in der Werkstatt und die Elektrotypen für die Montage-Handscheissungen ermittelt. Alle Werkstatt- und Montagenähte wurden blechen abgearbeitet und hernach zu 100 % mit Ultraschall geprüft. Zudem wurden noch 20 % der Werkstatt- und Montagenähte der Druckleitung und 100 % der Werkstatt- und Montagenähte der Verteilleitung geröntgt. Das Hosenrohr im Apparatehaus und sämtliche Hosenrohre und Fixpunkte der Verteilleitung wurden nach Durchführung der Schweissnahtprüfungen noch spannungsarm gegläht.

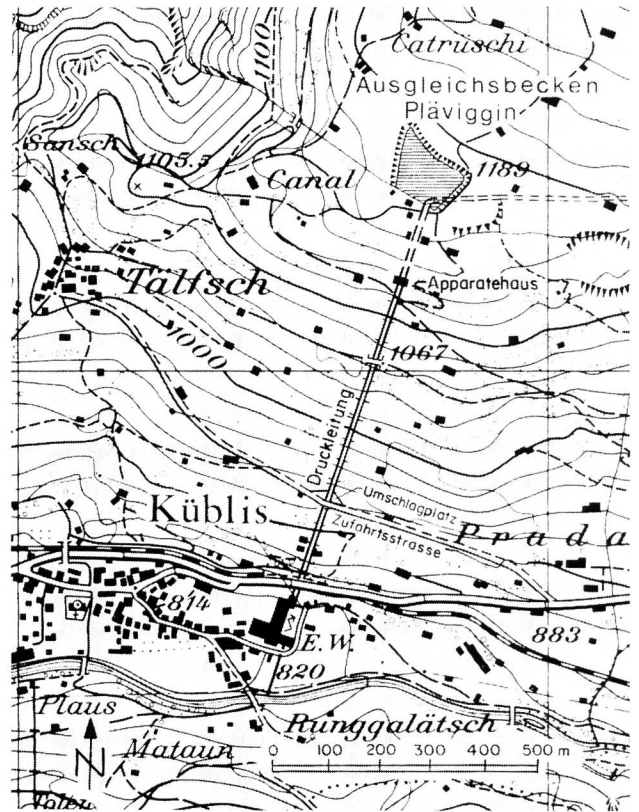


Bild 2. Lageplan des Kraftwerkes Küblis mit neuer Druckleitung, Apparatehaus und Umschlagplatz.

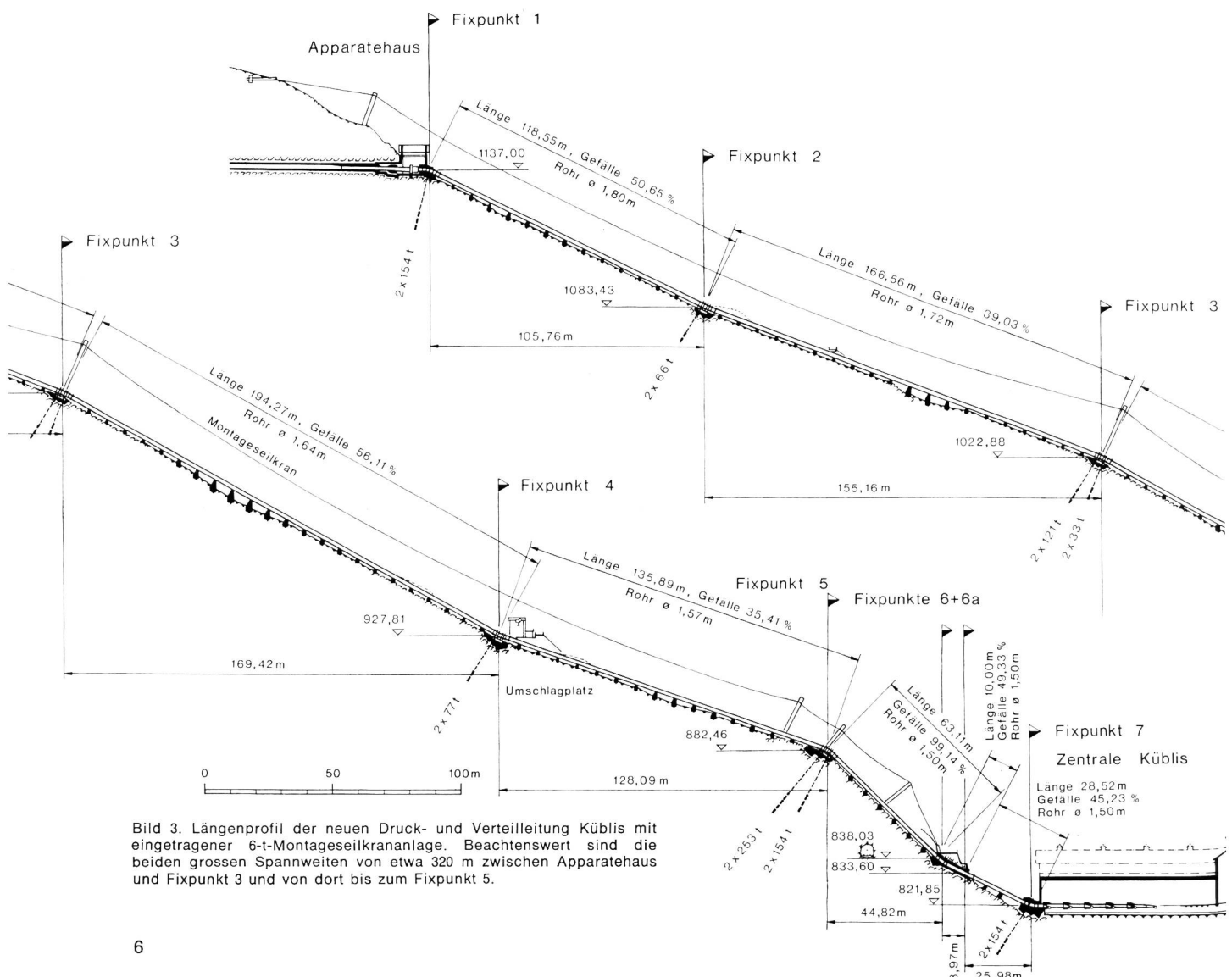


Bild 3. Längenprofil der neuen Druck- und Verteilleitung Küblis mit eingetragener 6-t-Montageseilkrananlage. Beachtenswert sind die beiden grossen Spannweiten von etwa 320 m zwischen Apparatehaus und Fixpunkt 3 und von dort bis zum Fixpunkt 5.

Grundsätzliches zur Planung des Umbaus

Die kurze Umbauzeit von nur sechs Monaten und die Auflage, dass während des Umbaus eine der drei alten Druckleitungen dauernd in Betrieb gehalten werden müsste, erforderten eine umfangreiche, bis ins Detail gehende Abstimmung der sich folgenden und der gleichzeitig ablaufenden Arbeitsprozesse.

Es waren in erster Linie leistungsfähige Installationen rechtzeitig bereitzustellen. Die Forderung, bis 5 Rohrmontage- bzw. Schweissergruppen gleichzeitig auf der Baustelle einzusetzen und dazu noch über genügende Heizleistung zu verfügen, ergab eine weit höher als üblich bemessene Baustromversorgung. Die Anschlussleistungen betrugen 250 kVA beim Apparatehaus, 100 kVA zwischen den Fixpunkten 2 und 3, 100 kVA beim Umschlagplatz Fixpunkt 4 und 250 kVA bei der Zentrale, was einer Gesamtleistung von 700 kVA entspricht.

Ebenso wichtig war die Bereitstellung hoher Transportleistungen. Die neben der Druckleitung geführte alte Standseilbahn mit 80 cm Spurweite, 60-PS-Antriebsmotor mit maximaler Umfangskraft von 7,6 t und Fahrgeschwindigkeiten von 0,50 und 0,83 m/s war für die Bewältigung des grossen Transportvolumens nicht geeignet. Ihr wurden die Personentransporte, die Beförderung der leichten Werkzeuge und Apparate und die Verteilung von Bau- und Gerüstmaterial längs des Leitungstrasses zugewiesen.

Für den Transport der schweren Installationen, den Abtransport der alten Rohrleitungen und des abgebrochenen Betons der Fixpunkte, für den Längstransport und das Verlegen der neuen Leitungsrohre und der Drosselklappe

im Apparatehaus und für das Einbringen des Betons wurde eine Schwerlast-Seilkrananlage mit hoher Transportleistung installiert. Mit ihr konnten Lasten bis 6 t Gewicht praktisch auf 90 % der Länge des Druckleitungstrasses vom Apparatehaus bis in die Steilstrecke unterhalb des Fixpunktes 5 mühelos und genau abgesetzt werden. Die mit 5 Fahrgeschwindigkeiten von minimal 0,4 bis maximal 5,4 m/s ausgerüstete Bahn wurde durch den Maschinisten an der Winde oberhalb des Apparatehauses bedient. Die Befehle für den Bahneinsatz wurden dabei ausschliesslich mit Sprechfunk übermittelt. Zur Aufstellung des Einsatzplanes wurde mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 3,0 m/s für Last- und Leerfahrten gerechnet.

Schwieriger waren die Transporte im angrenzenden Teilstück der Druckleitung bis zur Zentrale, da eine Verlängerung der Seilkrananlage wegen abgehender elektrischer Leitungen nicht möglich war. Es mussten deshalb Mobilkrane ab Strasse und ab Zentralenvorplatz eingesetzt werden.

Da während der Abbruch- und Montagearbeiten die hinterste der 3 alten Druckleitungen immer in Betrieb bleiben musste, wurde wegen der hohen Schlagempfindlichkeit der unter Druck stehenden alten Rohre verlangt, dass die Seilbahntransporte jeweils nur über stillgelegte und entleerte Leitungen durchzuführen sind. Dies führte zwangsläufig zur Aufhängung des Tragseiles an hohen punktgelagerten Schrägmasten (Bilder 7 bis 9), mit denen die Seillage in der ersten Bauphase genau in die Achse der neuen Druckleitung und zu Beginn der Phase des Restabbruchs in die Mittellage zwischen den Achsen der beiden anderen Leitungen gelegt werden konnte.

Hauptabmessungen und technische Daten der neuen Druck- und Verteilleitung Küblis

Tabelle 1

Anlageteile	Längen	Durchmesser innen	Blechstärken		Kragenstärken		Stahlqualitäten Z-Bleche für Hufeisen und Ringkragen
	m	mm	Normal- rohre mm	Sattel- rohre mm	Hufeisen mm	Ringkragen mm	
Apparatehaus							
Anschlussrohre	4,47	1300	12				TT St E 36
Einstiegsrohr mit Abschlussdeckel	2,65	1300	12				TT St E 36
Hosenrohr	6,83	1300 1300	12	12	70		TT St E 29/36 TT St E 36—Z3
Drosselklappe	4,35	1800	15				TT St E 36
Ausbaurohr - FP 1	4,45	1800	15				TT St E 36
Druckleitung							
Strang FP 1 — 2	118,55	1800	12	25		20	TT St E 29
Strang FP 2 — 3	166,56	1720	12	25/20		20	TT St E 29
Strang FP 3 — 4	194,27	1640	12/13	20		20	TT St E 36
Strang FP 4 — 5	135,89	1570	13/14 15/16	20		20	TT St E 36
Strang FP 5 — 6	63,11	1500	17	20		20	TT St E 36
Strang FP 6 — 7	38,52	1500	17	20		20	TT St E 36
Verteilleitung							
Hosenrohr A	6,69	1500 1500 800	20	20	90	70	TT St E 36 TT St E 36—Z3
Hosenrohr B	8,22	1500 1400 800	20	20	90	70	TT St E 36 TT St E 36—Z3
Hosenrohr 3	8,60	1400 1200 800	20/16	20/16	90	70	TT St E 36 TT St E 36—Z3
Hosenrohr 2	7,99	1200 1000 800	16	16	90	70	TT St E 36 TT St E 36—Z3
Hosenrohr 1	7,66	1000 800 800	16/14	16/14	70	50	TT St E 36 TT St E 36—Z3
Krümmerrrohr T	8,29	800	14	14			TT St E 36

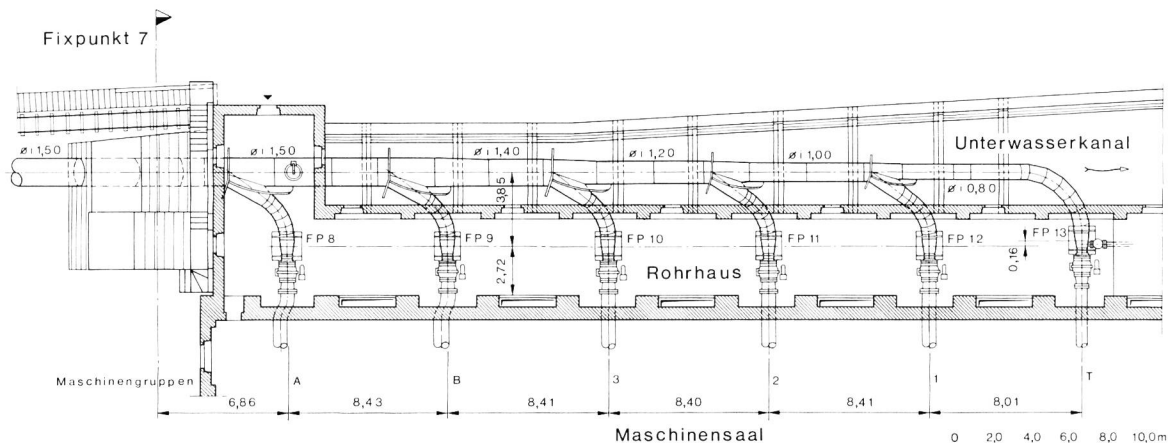


Bild 4. Lageplan der neuen Verteilung mit den Abgängen zu den Gruppen A und B der SBB, 1, 2 und 3 der BK und T der RhB.

Konstruktive Gestaltung der neuen Druckleitung

Wie aus dem Längenprofil (Bild 3) ersichtlich ist, wurden anstelle der bisherigen Betonfixpunkte 2, 3, 4 und 5 freiliegende Fixpunktrohre mit Bodenchassis und Vorspannverankerungen in den Fels angeordnet. Diese Bauart ergibt eine durchgehend sauber gestaltete Druckleitungsführung und ist auch wirtschaftlich günstig.

Vergleicht man bei Fixpunkt 5, in Längs- und Querschnitt auf Bild 5 dargestellt, die Umrisse des ursprünglichen Betonbauwerkes von rund 340 m³ Inhalt für die 3strängige Leitung mit einer um 40 % reduzierten Ersatzkubatur für die neue 1strängige Leitung, so ist ersichtlich, dass im Bereich von 2,50 m Breite der neuen Druckleitung sämtlicher Beton bis auf den Fels hätte ausgehoben werden müssen. Dazu wäre zur Unterbringung der Kubatur noch ein zusätzlicher Felsaushub von 2,00 m Tiefe erforderlich gewesen. Das Ausheben dieses Schlitzes zwischen der Standseilbahn und der noch in Betrieb stehenden 3. Leitung hätte bedeutende Kosten verursacht.

Bei Anwendung der mit Seitenscheiben und vier Rundspanten kräftig versteiften, freiliegenden Fixpunktrohre musste zuerst der Fixpunktbeton auf die planmässige Höhe abgetragen werden. Mit der Schwerlast-Seilkrananlage konnten leistungsfähige Menzi-Muck-Allzweckbagger mit Hydraulik-Abbauhammer (Bild 6) ohne Schwierigkeiten an jeden Einsatzort gebracht werden. Bild 7 zeigt den Menzi Muck in exponierter Lage beim Abbruch des Fixpunktes 5.

Nach planmässig erstelltem Aushub wurde ein starres Bodenchassis als Auflager für das Fixpunktrohr versetzt und in eine stark armierte Fundamentverteiplate eingegossen. Das provisorisch versetzte und durch Seilzug gegen Abgleiten gesicherte Bodenchassis des Fixpunktes 5 ist in Bild 8 zu erkennen.

Das für die Standfestigkeit, die Gleit- und die Kippsicherheit des alten Fixpunktes erforderliche Betongewicht musste für das freiliegende Fixpunktrohr durch die Summe der Gebrauchslasten der Vorspannfelsanker ersetzt werden. Da der Angriffspunkt der Druckleitungskräfte mit 1,80 m recht hoch über der Ebene des Bodenchassis liegt, musste mit schweren Ankertypen gerechnet werden. Bei dem stark exponierten Fixpunkt 5 mit maximalen Angriffskräften von rund 350 t kamen bergseits 2 VSL-Litzendaueranker von 253 t Gebrauchslast, 354 t Prüflast und 30 m Gesamtlänge zum Einsatz. Dabei betragen die Verankerungslängen je 9 m und die freien Ankerlängen je 21 m. Die beiden talseitigen Anker des gleichen Typs sind je für 154 t Gebrauchslast und 216 t Prüflast bemessen und weisen bei 25 m Gesamtlänge 7 m Verankerungslänge und 18 m freie Ankerlänge auf. Der Fixpunkt 5 wird demzufolge mit total 814 t Vorspannkraft in die aus standfestem Bündner Schiefer bestehende Felsunterlage verankert.

Das Inkrafttreten auf Ende Dezember 1977 der neuen SIA-Norm 191 «Anker» verpflichtete den Projektverfasser, für jeden der 4 Felsanker nachträglich einen gleich kräftigen Ersatzanker einzuplanen, der ohne Betriebsunterbruch und

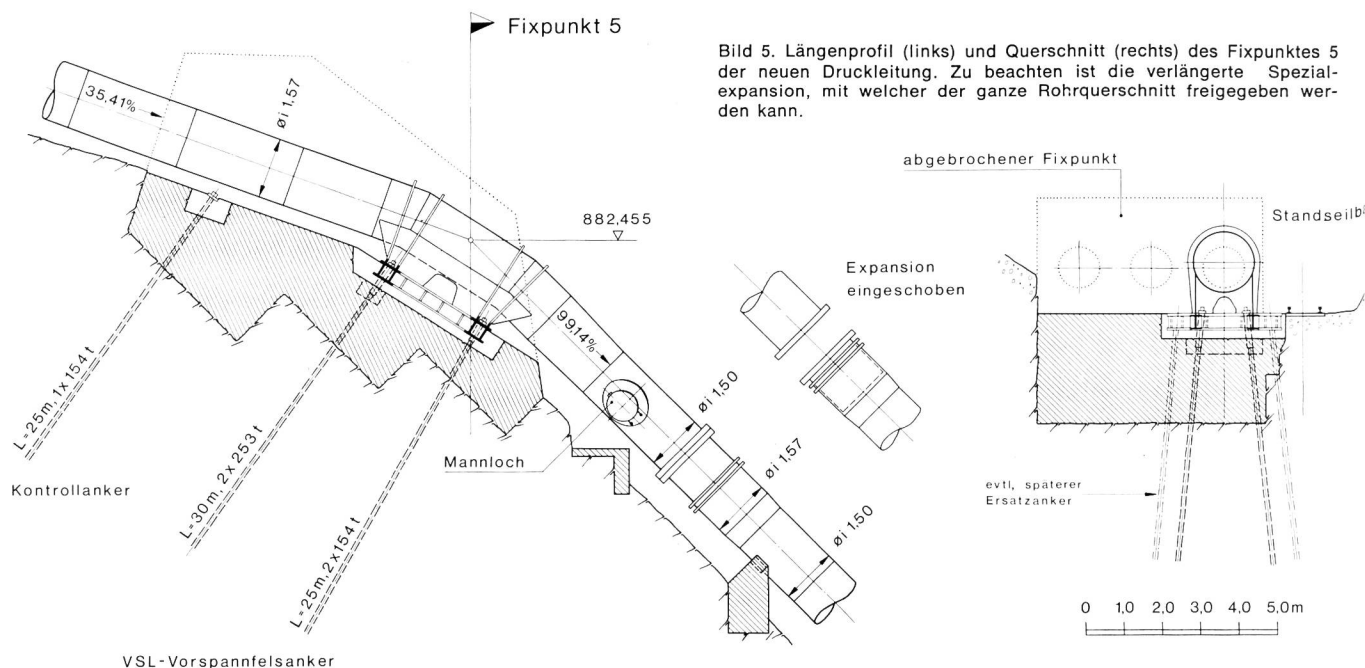


Bild 5. Längenprofil (links) und Querschnitt (rechts) des Fixpunktes 5 der neuen Druckleitung. Zu beachten ist die verlängerte Spezial-expansion, mit welcher der ganze Rohrquerschnitt freigegeben werden kann.



Bild 6



Bild 7

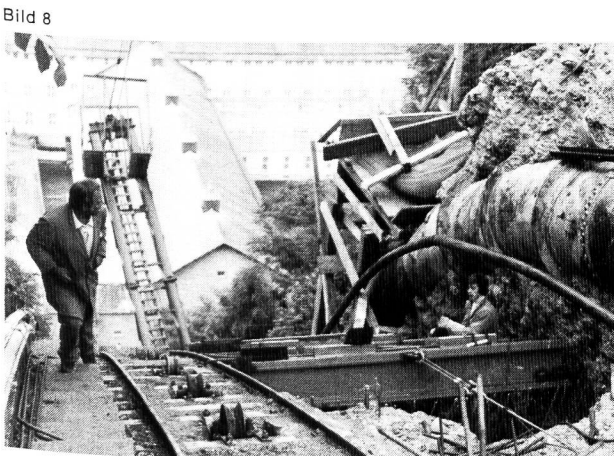


Bild 8

ohne jede Behinderung gebohrt, eingebaut, einbetoniert und vorgespannt werden kann. Die gemäss Querschnitt auf Bild 5 seitlich des Druckleitungsrohres angeordneten Angriffspunkte für die Ersatzanker hatten eine beidseitige Verlängerung und wegen zusätzlicher hoher Biegebeanspruchung eine massive Verstärkung der oberen und unteren Horizontalträger des Bodenchassis zur Folge. Die Anordnung eines zusätzlichen Kontrollankers von 154 t Gebrauchslast und 216 t Prüflast entspricht den besonderen Anforderungen der Norm an permanente Anker. Im Bereich des Fixpunktes 5 konnten somit je ein Anker von 253 t und 154 t Gebrauchslast mit der ausführlichen und die restlichen 3 Anker mit der einfachen Spannprobe geprüft werden.

Nach Abschluss der Spannarbeiten und Abdichtung der Ankerköpfe konnte das 6,53 t schwere Fixpunktrohr des Fixpunktes 5 dank spezieller Vorkehrungen für Überlastbetrieb mit der Seilkrananlage direkt auf das Bodenchassis aufgesetzt und angeschweisst werden (Bild 9). Alsdann konnte mit der Montage der 8,0 m langen Rohre in Richtung Fixpunkt 4 begonnen werden.

Von unten her wurde die Rohrmontage mit dem Einbau des Expansionsrohres, das noch zusätzlich ein Mannloch aufweist, abgeschlossen. Die vier Mannlöcher mit je 0,60 m Durchmesser, eines oben bei der Drosselklappe, zwei im Bereich der Druckleitung und das vierte bei der Verteilleitung, dienen hauptsächlich dem Zugang für Kontrollen. Für allfällig notwendige Reparaturarbeiten am Korrosionsschutz wurde bei jedem Fixpunkt eine verlängerte Spezial-expansion gemäss Bild 5 eingebaut, welche die Freigabe des vollen Rohrquerschnittes ermöglicht, wenn das Anschlussflanschrohr ganz in die Expansion eingeschoben wird. Nur so können auf zweckmässige Art neben dem Platz für den Einstieg der Leute auch die Seileinführung mit Umlenkrolle der Reparaturseilbahn und die Einführungen der Druckluft-, Gas-, Elektro- und Telefonleitungen gut disponiert werden.

Bild 10 gibt einen Überblick über die Montage der neuen Leitung oberhalb des Umschlagplatzes. Links erkennt man den restlichen Fixpunkt 4 mit der noch in Betrieb stehenden alten Druckleitung. Von der bereits abgebrochenen mittleren Leitung sind noch die Rohrsättel vorhanden. Der Zustand der alten Rohrsättel war zum Teil derart schlecht (Bild 11), dass die obere Partie aller Sattelblöcke mit den alten Gleitblechen abgetragen werden musste. Da die Gleitbleche, wie ersichtlich, nicht in die Sattelblöcke verankert waren, wurde damals offenbar der Abbindeprozess des Vergussbetons durch die thermisch bedingten Längsverschiebungen der Rohre derart gestört, dass Risse in den Anschlussfugen und im Vergussbeton nicht zu vermeiden waren.

Die neue Rohrauf Lagerung wurde deshalb sorgfältig an die bestehenden Verhältnisse angepasst. Wie bei den alten Leitungen wurden auch für die neuen Lagerstellen

Bild 6. Blick auf den Umschlagplatz beim Fixpunkt 4 mit Bockkran, Verschiebebühne und Baustrom-Trafostation. Am Tragsseil der Seilkrananlage hängt der fast 6 t schwere Menzi-Muck-Allzweckbagger mit Hydraulik-Abbauhammer.

Bild 7. Teil-Abbruch des Fixpunktes 5. Der Menzi-Muck-Allzweckbagger ist mit einem Hydraulik-Abbauhammer ausgerüstet. Der Fixpunkt ist praktisch zur Hälfte abgebaut und die mittlere Rohrleitung grösstenteils freigelegt.

Bild 8. Provisorisch versetztes und durch Seilzug gegen Abgleiten gesichertes Bodenchassis des Fixpunktes 5 vor der Einbetonierung. Zu beachten ist der schräggestellte untere Endmast der Seilkrananlage.

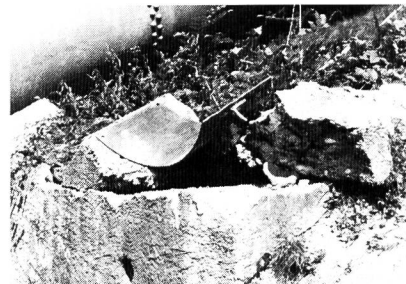
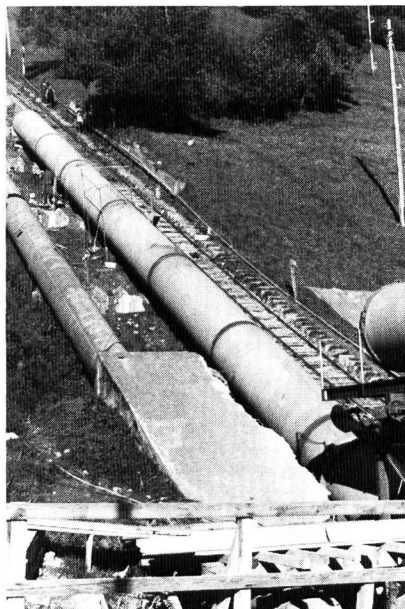


Bild 9, links. Antransport des 6,53 t schweren Fixpunktrohres zur Einbaustelle des Fixpunktes 5.

Bild 10, Mitte. Montage der neuen Druckleitung oberhalb des Umschlagplatzes. Links erkennt man den restlichen Fixpunkt 4 mit der noch in Betrieb stehenden alten Druckleitung. Von der mittleren Leitung sind nur noch die alten Rohrsättel vorhanden.

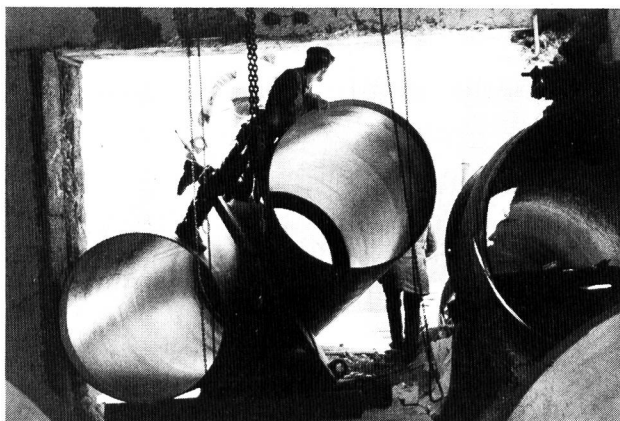
Bild 11, rechts. Durch die Abbrucharbeiten der Rohrleitung stark beschädigter alter Rohrsattel mit freigelegtem Gleitblech.

aussenliegende Versteifungsringe weggelassen. Wegen der höheren Materialbeanspruchung infolge des grösseren Durchmessers mussten bei jedem Rohrsattel ein 1,50 bis 2,00 m langes Sattelrohr mit auf 20 bzw. 25 mm erhöhter Blechstärke in die Rohrleitung eingefügt werden. Als Auflagerpartner wurden 25 mm starke, mit Rippen versteifte Sattelbleche gewählt, die zur Verhinderung der obgenannten Schäden mit kräftigen Armierungseisen in die Sattelblöcke verankert werden konnten.

Um die Gebrauchslasten der Vorspannfelsanker bei den Fixpunkten nicht unnötig zu erhöhen, war man gezwungen, die Reibungskräfte bei den Rohrauflagerungen so klein als möglich zu halten. Mit einer 5 mm starken, aufgeklebten Teflonbeschichtung des Sattelbleches und einem 3 mm starken rostfreien Gleitblech an der Leitung sollten nach Angaben des Teflonlieferanten Reibungskoeffizienten auf Stahl von 0,06 für den statisch/dynamisch-trockenen Zustand und 0,04 für den dynamisch/statisch-geschmierten Zustand erreicht werden. Um Alterung, Verschmutzung und Abnutzung zu berücksichtigen, wurde der Druckleistungsrechnung ein Reibungskoeffizient von 0,2 zugrunde gelegt.

Die drei Rohrstränge der alten Druck- und Verteilleitungen hatten ein Gesamtgewicht von 1211 t. Die neue Druck- und

Bild 12. Einschieben des Hosenrohres durch die Montageöffnung ins Apparatehaus. Das sperrige, schwere Spezialstück konnte bei den sehr engen Platzverhältnissen nur in ganz bestimmter Schräglage eingeschoben werden.



Abbruch der alten Rohrleitungen

Tabelle 2

Gas für die Heizflamme	Acetylen Wegen des Dickschichtanstriches war das Brennen mit Propan zu wenig wirtschaftlich
Mittlere Länge der abgetrennten Rohre	4,0 bis 4,5 m
Gesamtschnittlänge für die 3 Druckleitungen	6600 m
Mittlere Schnittgeschwindigkeit	ca. 150 mm/min
Mittlere Schnittzeit	7 min/m Schnittlänge
Tagesabbruchleistungen	maximal 85 m minimal 36 m
Sauerstoffverbrauch	0,45 m³/m Schnittlänge
Acetylenverbrauch	0,1 kg/m Schnittlänge

Abbruch des Betons der Fixpunkte

Tabelle 3

Abbaugeräte	Allzweckbagger Menzi Muck Typ 3000 EH mit hydraulisch verstellbarem Teleskopausleger und verstellbaren Stützfüßen und Rädern, Gesamtgewicht je nach Ausrüstung 5 bis 6 t
Hydraulische Abbauhämmer	Typ BRH 250 Montabert
Abbauleistungen Beton	2,5 bis 3 m³/h
Fels	1 m³/h (Bei Einsatz von schweren Geräten können bis 18 m³ Beton und 3 bis 4 m³ Fels pro Stunde abgebaut werden)

Arbeiten am Fixpunkt 5

Tabelle 5

Betonabbruch unter schwierigen Verhältnissen	115 m³ in 17 Arbeitsschichten
Montage des Bodenchassis	1 Tag
Vormontage des Fixpunktrohres	1 Tag
Armierung der Fundamentverteilplatte	1 Tag
Einbringen des Betons der Fundamentverteilplatte	1 Tag
Bereitstellen der Bohrplattform für 2 Anker	3 Tage
Bohrarbeiten für die zwei 253-t-Anker, 30 m lang	5 Tage
Umstellen der Bohrplattform	1 Tag
Bohrarbeiten für die drei 154-t-Anker, 25 m lang	7 Tage
Versetzen der 5 Anker und Injektionsarbeiten	1 Tag
Spannen der 5 Felsanker	1 Tag
Definitive Montage des Fixpunktrohres	1 Tag

Verteilung wiegt dank der Verwendung von hochwertigen Feinkornstählen nur die Hälfte, nämlich 607 t. Obwohl leistungsfähige Installationen zur Verfügung standen, waren doch in vielen Fällen, speziell bei der Durchführung schwieriger Transporte, die guten beruflichen Fähigkeiten und die persönliche Einsatzfreudigkeit vieler Mitarbeiter für den erfolgreichen Abschluss der Arbeiten massgebend. Als typisches Beispiel sei das zentimetergenaue Einführen des sperrigen, schweren Hosenrohres in das Apparatehaus erwähnt (Bild 12), das bei den sehr engen Platzverhältnissen nur in ganz bestimmter Schräglage eingeschoben werden konnte.

Leistungswerte der einzelnen Arbeitskategorien

Zur Planung von Umbauarbeiten und zur Aufstellung der massgeblichen Bauprogramme müssen die wichtigsten Leistungswerte der verschiedenen Arbeitskategorien bekannt sein. Da sie von Fall zu Fall leicht verschieden sein können, sollen die in Küblis erreichten Werte bekanntgegeben werden (Tabellen 2 bis 5).

Adresse des Verfassers: Ernst Zurfluh, dipl. Ing. ETH, Oberingenieur, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, NOK, Postfach, 5401 Baden.

Bessere Ausnützung von hydraulischen Kraftwerken durch Umbau, Erweiterung und Erneuerung aus der Sicht des Turbinenherstellers

Dr. Ernst H. Mühlemann¹⁾

Zusammenfassung

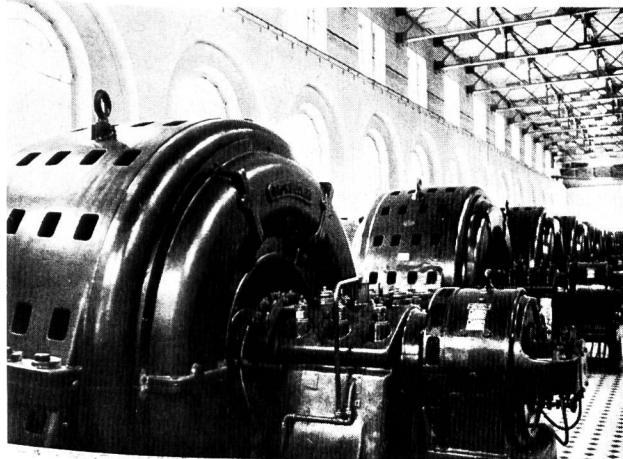
Der Anteil der Verbesserung des Wirkungsgrades und der Schluckfähigkeit der Turbinen zur Erzielung erhöhter Leistung wird aufgrund praktischer Ergebnisse dargestellt. Diagramme geben technische Richtwerte als Beitrag für Wirtschaftlichkeitsrechnungen von Umbauten und Erneuerungen.

Résumé: Une meilleure utilisation d'aménagements hydro-électriques par transformation, par aggrandissement ou par renovation du point de vue du fabricant des turbines hydrauliques.

La part de l'amélioration du rendement et du débit des turbines, afin d'obtenir une puissance majorée, se présente par des résultats pratiques. Des diagrammes indiquent des valeurs techniques approximatifs comme contribution concernant les calculs de rentabilité pour des transformations et des renovations.

¹⁾ An der Internationalen Fachtagung über Umbau und Erweiterung von Wasserkraftanlagen unterbreiteter Beitrag zum Thema e/f) Einbau neuer Einheiten. Diese Fachtagung wird vom 28.2. bis zum 2.3. 1979 in Zürich von der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETHZ (VAW) und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (SWV) durchgeführt.

Bild 1. Maschinensaal des 1904 bis 1906 erbauten Kraftwerks Campocologno der Kraftwerke Brusio AG. 6 Druckleitungen, Durchmesser = 870 mm; 12 Peltonturbinen mit einer Gesamtleistung von rund 34 000 kW. Nettofallhöhe 400 m [1].



Synopsis: Improved utilisation of hydro-electric power plants by reconstruction, by extension, or by renewal described by a manufacturer of hydraulic turbines.

The amount of improvement of the efficiency and the capacity of turbines to obtain a higher output is described by practical results. Diagrams show approximate technical figures as contribution to the feasibility investigations for reconstructions and renewals.

1. Bedeutung von Umbauten und Erweiterung bestehender Anlagen

In der Studie Nr. 13 «Ausmass und Bedeutung der noch ungenutzten Schweizer Wasserkräfte», ausgearbeitet durch den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband für die Schriftreihe der Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption [1], wird gezeigt, dass in der Schweiz durch Umbauten und Erweiterungen bestehender Wasserkraftanlagen das Produktionspotential bei gezielter Förderung um 2,0 TWh/Jahr erhöht werden kann. Dieser Produktionszuwachs entspricht etwa einem Viertel des Produktionsvermögens eines 1000-MW-Kernkraftwerkes.

Bild 2. Der neue Maschinensaal des 1969/70 erneuerten Kraftwerks Campocologno. Die mittlere jährliche Erzeugungsmöglichkeit konnte von 112 Mio kWh auf 174 Mio kWh gesteigert werden. 1 Druckleitung, Durchmesser 1800/1700/1600 mm; 2 x 23 950-kW-Francis-turbinen; Nettofallhöhe 416 m; nach späterem Aufstau wäre eine Leistung von 2 x 24 800 kW möglich [1].

