Die maschinelle Reinigung von Rohrleitungen [Fortsetzung]

Autor(en): **Rüfenacht, F.G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **40 (1948)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921598

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die maschinelle Reinigung von Rohrleitungen (Fortsetzung)

Von *F. G. Rüfenacht*, Ingenieur, Zürich

In Abb. 1 sind die Druckverluste pro 100 m Leitungslänge für verschiedene Rohrdurchmesser in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung dargestellt. Die Verluste werden nach der allgemeinen Formel

$$H_v = \lambda \cdot \frac{100}{D} \cdot \frac{V^2}{2\,g}$$

berechnet, worin H_v den Druckabfall in m pro 100 m Leitungslänge, D den Durchmesser der Leitung in m, V die Geschwindigkeit des Wassers in der Leitung in m/s, g die Erdbeschleunigung, 9,81 m/s², und λ den Rauhigkeitskoeffizienten bedeutet.

Den Berechnungen werden die von Hoeck an geschweissten Rohrleitungen festgestellten Rauhigkeitskoeffizienten zugrunde gelegt, wobei eine neue, vollständig glatte, eine frisch revidierte und eine verrostete Leitung betrachtet wurden. Für diese ist der Druckabfall natürlich abhängig vom Grad der Verrostung. Für die Berechnungen wurde eine Rauhigkeit angenommen, wie sie von der Druckverlustkommission in der Leitung Cavaglia vor deren Revision festgestellt wurde. Es handelte sich dort um einen unregelmässig über die Wandungen verteilten Belag von Rostwarzen, die einzeln eine Höhe von 6 bis 8 mm erreichten und im Mittel eine Distanz von rund 2 bis 3 cm voneinander aufwiesen. Nach Hoecks Berechnungen hatten diese Warzen den gleichen Fliesswiderstand zur Folge wie eine zusammenhängende Rostschicht, Warze an Warze, von 3,2 mm Höhe. Diese Warzen stellen also einen starken, aber durchaus noch nicht extrem hohen Verrostungsgrad dar.

Aus Abb. 1 geht hervor, dass der Druckverlust infolge des Fliesswiderstandes speziell bei kleinen Rohrdurchmessern und bei starker Belastung der Turbinen wesentliche Beträge erreichen kann. Er ist bei dem betrachteten Grad der Verrostung annähernd dreimal so gross wie bei einer neuen glatten Leitung. Es ist weiter aus der Abbildung ersichtlich, dass eine sorgfältig durchgeführte Revision mit Neuanstrich der Leitung die Druckverluste so stark herabsetzt, dass sie nur noch unwesentlich höher sind (rund 20 %) als bei neuer Leitung.

Aus den Verlusten für die verrostete und die revidierte Leitung ergibt sich als Differenz der Druckrückgewinn, der durch eine Revision erzielt werden kann. Er ist in Abb. 2 für verschiedene Durchmesser zwischen 25 und 150 cm in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung dargestellt. Es ist nun einfach, den durch eine Revision erreichbaren Gewinn für eine Leitung mit entsprechend rauhen Wandungen aus diesen Zahlen zu berechnen. Wenn man voraussetzt, dass sich die durch Rohrkrümmer verursachten Verluste durch die Revision nicht verändern, ergibt sich der Gewinn für die ganze Leitung durch Multiplikation der aufgezeichneten Gewinne mit der abgewickelten Länge der Rohrleitung,

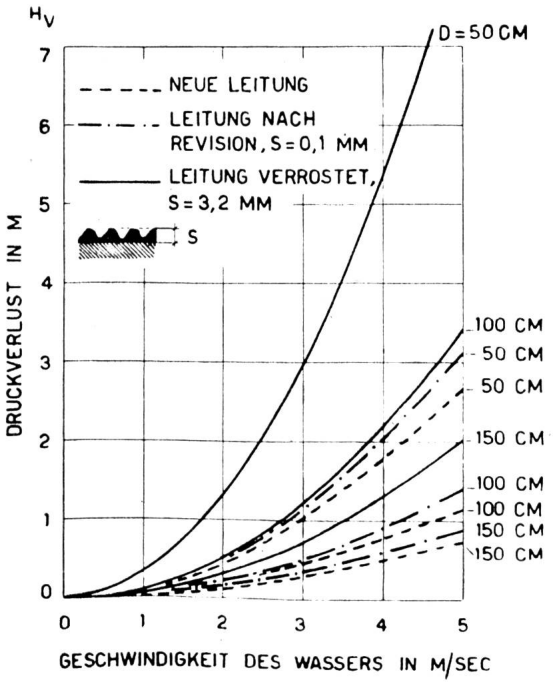

Abb. 1 Druckverlust in m pro 100 m Leitungslänge für neue, frischrevidierte und verrostete Leitungen verschiedener Durchmesser.

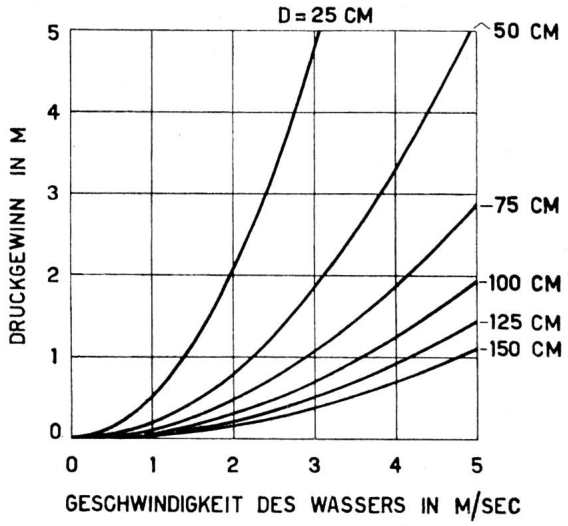

Abb. 2 Druckgewinn in m pro 100 m Leitungslänge durch Revision bei verrosteter Wandung (zusammenhängende Rostschicht von 3,2 mm Höhe).

diese gemessen in Hektometern. Bei verschiedenen Durchmessern der Teilstücke, wie er bei den Druckleitungen in der Praxis üblich ist, sind die Gewinne der einzelnen Abschnitte getrennt zu berechnen und dann zu addieren.

Die durch eine Revision erzielbaren Gewinne sind schon bei diesem Verrostungsgrad erstaunlich hoch. Die Berechnungen werden jedoch durch die Messungen der Druckverlustkommission bestätigt. Aus den von ihr publizierten Werten einiger Leitungen ergeben sich z. B. folgende Druckrückgewinne pro 100 m Leitungslänge:

Leitung Cavaglia:

(zusammenhängende Rostschicht von 3,2 mm Höhe, ∅ 1150 mm)
bei $v = 4$ m/s (max. Belastung bei nicht revidierter Leitung) ein Gewinn von . . . 1,11 m
bei $v = 2{,}1$ m/s (rund halbe Belastung) ein Gewinn von . . . . . 0,30 m

Leitung Ackersand:

(zusammenhängende Rostschicht von 1,2 mm Höhe, ∅ 800 mm)
bei $v = 6{,}0$ m/s (max. Belastung ein Gewinn von 2,52 mm
bei $v = 3{,}2$ m/s (rund halbe Belastung) ein Gewinn von . . . . . 0,65 m

Bei der Leitung Ackersand berechnete Hoeck für die ganze Leitung bei Maximalbelastung einen Druckgewinn von über 40 m. Der Erfolg einer Revision ist also besonders gross bei kleinen Durchmessern und steigt ausserdem mit der Zunahme der Wassergeschwindigkeit sehr stark, wie dies in Abb. 2 deutlich zum Ausdruck kommt.

Überraschend ist der grosse Gewinn, der sich bei der Leitung von Ackersand ergibt. Bei der Messung des Druckverlustes wies diese Leitung eine mittlere Rauhigkeit von nur 1,2 mm Höhe auf.

In Abb. 3 sind die Druckgewinne für eine Leitung von 800 mm Durchmesser bei verschiedenen Rauhigkeiten s und für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers dargestellt. Es geht daraus hervor, dass der durch eine Revision erzielbare Druckrückgewinn bei kleinen Rauhigkeiten mit wachsender Verrostung oder Verkalkung rascher ansteigt als bei stark entwickelter Rauhigkeit. Daraus ist zu schliessen, dass auch bei Leitungen, die weniger stark verrostet sind, als es die Leitung von Cavaglia vor ihrer Revision war, die Reinigung eine ins Gewicht fallende Abnahme des Druckverlustes zur Folge haben kann. Das Resultat zeigt aber auch, dass bei einer Revision nicht nur auf die gründliche Reinigung der Rohrleitung, sondern auch auf einen einwandfreien Anstrich der Wandungen geachtet werden muss, um das rasche Wiederansteigen der Verluste zu verhindern. Für die Leistung wirkt sich der Rückgewinn in zweifacher Hinsicht aus. Infolge der Revision steigt nicht nur der Wasserdruck an, sondern infolge dieses erhöhten Druckes auch die maximal mögliche Belastung. Bei der Berechnung der durch die Revision erzielbaren Leistungsgewinne ist diesem Umstand Rechnung zu tragen.

Die bisherigen Erfahrungen an frisch revidierten Leitungen sind noch nicht sehr gross. Die vorliegenden Resultate zeigen aber, dass die Druckverluste bei

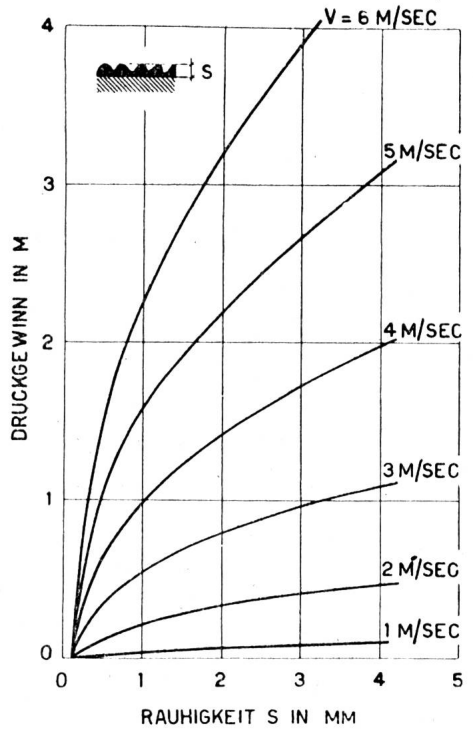

Abb. 3 Druckgewinn in m pro 100 m Leitungslänge durch Revision bei Leitungen von 80 cm Durchmesser mit verschiedenen Rauhigkeiten (s).

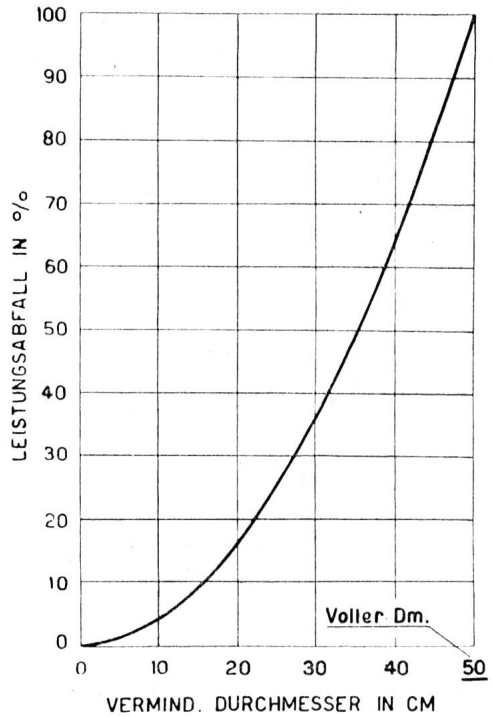

Abb. 4 Leistungsabfall in % in einer neuen Leitung von 50 cm Ø durch Verringerung des Querschnittes infolge Inkrustationen.

stark verrosteten Leitungen durch die Revision auf 40 bis 50 % ihres Wertes reduziert werden können. Bei den von der Druckverlustkommission des SIA untersuchten Leitungen erreichten die Gewinne bei maximaler Belastung 3 bis 7 % des Nettogefälles.

Die Verluste werden natürlich noch viel grösser, wenn der Rost- oder Kalkansatz so zunimmt, dass der Querschnitt der Leitung wesentlich verkleinert wird. Aus Abb. 4 ist ersichtlich, dass in einer ursprünglich sauberen Leitung von 50 cm Durchmesser ein Kalkbelag von 2,5 cm, entsprechend einer Durchmesserreduktion auf 45 cm, bereits eine Verminderung auf 82 %, ein Belag von 5 cm eine Verminderung auf 64 % der ursprünglichen Leistung bewirkt, wobei die Verluste infolge grösserer Rauhigkeit noch nicht berücksichtigt sind.

Aus den Arbeiten von Oertli und Hoeck geht eindeutig hervor, dass die meisten Druckleitungen nach gewisser Zeit Druckverluste aufweisen. Diese Druckverluste entstehen durch vergrösserte Rauhigkeit infolge von Rost- oder Kalkansatz und sind im allgemeinen viel grösser als angenommen wird. Untersuchungen an Leitungen mit kleineren Durchmessern ergeben bei fortgeschrittener Verrostung oder Verkalkung noch wesentlich grössere Verluste, in ernster Linie durch Querschnittverringerung sowie zusätzlich durch vergrösserte Rauhigkeit.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich praktisch in jeder Rohrleitung nach gewisser Betriebsdauer Verluste ergeben, bei denen, entsprechend den Umständen, die eine oder andere Komponente überwiegt. Diese Verluste erreichen fast immer eine derartige Höhe, dass sich eine periodische Reinigung der Leitung rechtfertigt. Reinigung und Neuanstrich sind erst von wenigen Werken durchgeführt worden. Nach Oertli wäre dies zweifellos in zahlreicheren Fällen geschehen, wenn die Grösse der Druckverluste allgemein bekannt wäre, und wenn die Druckleitungen dazu nicht für längere Zeit hätten ausser Betrieb gesetzt werden müssen. Es kommt hinzu, dass die bis heute allgemein üblichen Methoden des Sandstrahlens oder Reinigens von Hand im verlegten Rohr unter ungünstigen und gesundheitsschädlichen Arbeitsbedingungen auszuführen sind, da eine Demontage der Rohre meistens aus Zeitgründen nicht möglich ist. Bei Leitungen mit kleinerem Durchmesser (Wasser, Kanalisation, Industrieanlagen usw.) ist eine derartige Reinigung ausgeschlossen, da diese fast immer fest verlegt sind (in Beton, unter Strassen und Gebäuden) und eine Ausserbetriebsetzung für längere Zeit unmöglich ist.

Diese Verhältnisse führten die Firma P. von Arx, Maschinenfabrik in Sissach, Baselland, im Jahre 1945 dazu, spezielle Maschinen für die mechanische Reinigung von Rohrleitungen zu entwickeln. Diese gestatten eine Durchführung der Arbeit an Ort und Stelle und können für Rohre von 10 bis 200 cm Durchmesser verwendet werden. Abb. 5 zeigt eine solche Maschine mit Wasserantrieb, dazu bestimmt, Rohrleitungen zu reinigen, die einen starken inneren Belag aufweisen (Rost, Kalk, Gips, Sand usw.). Die Maschine hat ein zylindrisches Chassis, in dessen Innern sich eine Wasserturbine befindet. Sobald die Maschine im Rohr eingesetzt ist und Wasser erhält, öffnet sich hinten eine

Abb. 5 Entkalkungsmaschine TIGER TW/III/500 mit Wasserantrieb, zur Reinigung von Rohren aller Art mit starkem Kalk- und Rostbelag.

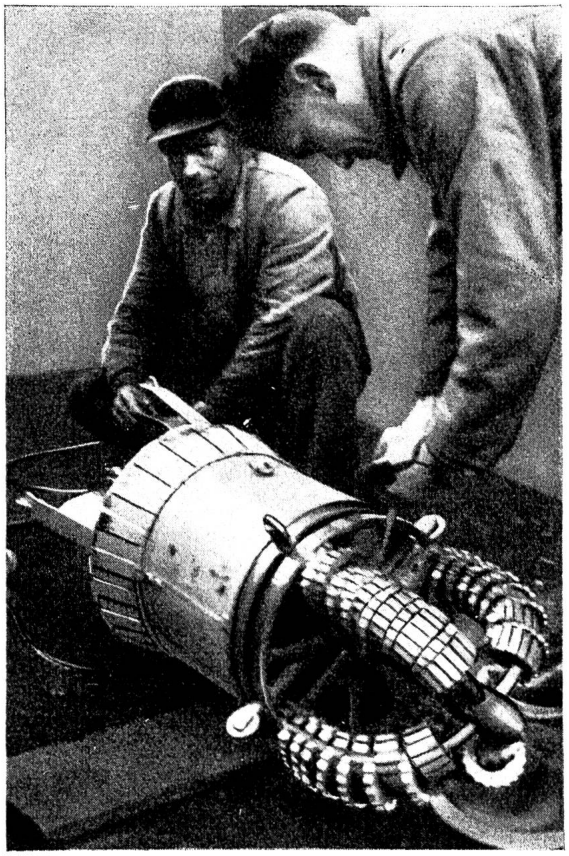

Abb. 6 Vor dem Einsetzen im Wasserschloss wird die Maschine zentriert und die Fräsvorrichtung auf den Durchmesser der Leitung eingestellt.

Jalousie gegen die Rohrwand. Hierdurch erhält das Leitrad sofort den gesamten Wasserdruck. Der Antrieb der Turbine erfolgt wahlweise durch zwei bis vier Düsen. Auf der nach vorn verlängerten Hauptwelle ist ein Stahlkranz aufgesetzt. Auf diesem befinden sich zwei gebogene Träger, die mit starren und beweglichen Fräsern versehen sind. Diese Fräser wirken durch die Rotation sowohl nach vorn als auch seitlich und fräsen den Belag ab. Durch die genaue Einstellungsmöglichkeit der Fräsvorrichtung wird eine Verletzung der Rohrwand vermieden. Die Maschine läuft auf abgefederten Rollen, die gleichzeitig zur Zentrierung dienen (Abb. 6). Der Vorschub des an einem Stahlseil aufgehängten Aggregates erfolgt durch den Druck des Betriebswassers und wird durch eine Spezialabwindvorrichtung selbsttätig reguliert. Automatische Kupplungen verhindern das Festfressen der Fräser.

(Schluss folgt)

Um die Konzessionierung des Spölwerkes

Das *Konsortium für Engadiner Kraftwerkprojekte* teilt mit:

Nachdem das Konzessionsgesuch für das schweizerisch-italienische Grenzkraftwerk am Spöl seit über vier Jahren bei den Bundesbehörden anhängig ist, befasste sich der Bundesrat am 30. Dezember 1947 damit, um festzustellen, dass noch einige Fragen abgeklärt werden müssten. An das Konsortium erging darüber keine Mitteilung. Statt seiner beantworteten die zehn beteiligten Engadiner Gemeinden die aufgeworfenen Fragen durch ihre Bekanntmachung vom 6. Januar 1948, die der Presse zugestellt wurde. Am 8. Januar überraschte der Bundesrat das Konsortium, die Beteiligten und die Öffentlichkeit mit der Erklärung, dass von seiner Seite weitere Verhandlungen mit dem Konsortium, weil es aus zwei Juristen bestehe und weil keine Bauinteressenten und Kraftwerke hinter dem Projekt ständen, nicht am Platze seien. Damit hat die für ein Grenzkraftwerk zur Konzessionierung zuständige oberste Landesbehörde einen seit langen Monaten fälligen Sachentscheid in letzter Stunde anscheinend vertagt mit einer Begründung, die das Konsortium zu den folgenden Feststellungen veranlasst:

1. Gemäss dem Eidg. Wasserrechtsgesetz werden Verleihungen (Konzessionen) einer bestimmten natürlichen oder juristischen Person oder einer Personengemeinschaft erteilt. Die Bewerber müssen Schweizer Bürger sein und ihren Wohnsitz in der Schweiz haben. Diese Voraussetzungen sind beim Konsortium erfüllt. Es gehörten ihm an: die Herren Dr. H. E. Gruner vom gleichnamigen Ingenieurbureau in Basel, Dr. K. H. Brunner (nicht Rechtsanwalt) in Zürich und Dr. Fr. Brügger in Chur, denen Herr Ingenieur M. Passet in Chur/Thusis (mit eigenem Ingenieurbureau) als Oberingenieur des Konsortiums zur Verfügung steht. Herr Dr. Gruner ist Ende November 1947 gestorben. Er hinterliess seinem Bureau zwei Söhne als erfahrene Ingenieure. Bewährte technische Mitarbeit steht dem Konsortium daher zur Verfügung. Andere Erfordernisse für die Konzessionsbewerbung als die obengenannten sind dem Gesetz und der bisherigen Praxis fremd. Das Konsortium hat denn auch seit Jahren mit den zuständigen Behörden von Gemeinden, Kanton und Bund dauernd und unbeanstandet über sein Projekt verhandelt.

2. Das Konsortium bewirbt sich um die Konzession zuhanden zweier Grossinteressenten, mit denen die Errichtung einer schweizerischen Bau- und Betriebsgesellschaft in Aussicht genommen ist. Es sind dies die Azienda Elettrica Municipale di Milano, d.h. das Städtische Elektrizitätswerk von Mailand, sowie ein führendes schweizerisches Elektrizitätsunternehmen der allgemeinen Versorgung. Dies ist den zuständigen Behörden von Bund, Kanton und Gemeinden seit längerer Zeit bekannt. Auch die Öffentlichkeit wurde darüber wiederholt orientiert. Die Finanzierung und Ausführung des Baues durch die beiden Interessenten, die darüber sowohl unter sich wie mit dem Konsortium seit längerer Zeit verhandeln, wird infolge der vorliegenden Umstände keine Schwierigkeiten bieten.

3. Als Verleihungsbehörde, die bei Grenzkraftwerken an Stelle und für Rechnung des beteiligten Kantons bzw. der Gemeinden für die Konzessionierung zuständig ist, hat der Bundesrat es völlig in der Hand, im Einvernehmen mit Italien die Bedingungen für die Verwendung der Energie usw. in der Konzession festzusetzen und eine spätere Übertragung der Konzession auf ungeeignete Dritte zu verhindern. Die Lähmung der Privatinitiative bei der Aufstellung von Wasserkraftprojekten und beim Erwerb von entsprechenden Ausnützungsrechten ist dagegen aus den angeführten Gründen nicht am Platze.

4. Die Bundesbehörden besitzen nach eigener Äusserung des zuständigen Amtes alle Unterlagen, die für die Beurteilung und Gutheissung des Bauvorhabens nötig waren. Gestützt hierauf sowie auf wiederholte Besichtigungen im Engadin und im anschliessenden italienischen Gebiet konnten sie sich davon überzeugen, dass alle materiellen Voraussetzungen (Transportmittel, Bauinstallationen, Arbeiter, Baumaterial usw.) für die rascheste Inangriffnahme des grossen Speichers im Livigno in nächster Nähe gegeben sind.

Die Behörden von Bund und Kanton wissen, was für die Schweiz auf dem Spiele steht, wenn Konzessionsverhandlungen mit Italien über das Spölwerk abgelehnt würden. In der festen Überzeugung, dass der Bau des grossen Winterspeicherwerkes im Engadin (Livigno) dem Landesinteresse in hohem Masse dient und durchaus im Einklang steht mit der vom Bundesrat inaugurierten aktiveren Elektrizitätspolitik, sieht das Konsortium keinen Anlass, sein Konzessionsgesuch zurückzuziehen, sondern wird die Verwirklichung seines Projektes tatkräftig weiter verfolgen.

«Der Bundesrat zum Spölwerk»

Antwort der zehn Unterengadiner Gemeinden vom 6. Januar 1948.

In seiner Sitzung vom 30. Dezember 1947 befasste sich der Bundesrat, wie einer Mitteilung der Presse zu entnehmen war, mit dem Konzessionsgesuch für das Spölwerk, ohne jedoch einen Beschluss zu fassen, da er durch das zu-