Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 78 (1960)
Heft: 6

Artikel: Beobachtungen beim erstmaligen Füllen von Druckstollen mit hohem Innendruck
Autor: Hautum, Fritz / Naber, Gert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64830

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: 02.10.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Beobachtungen beim erstmaligen Füllen von Druckstollen mit hohem Innendruck

Von Dipl.-Ing. **Fritz Hautum,** Regensburg, und Dipl.-Ing. **Gert Naber,** Regensburg

DK 627.842.001.41

Im Rahmen des Baues der Pumpspeichergruppe Jansen an der oberpfälzischen Pfreimd (Nordbayern) wurde von der Energieversorgung Ostbayern AG, Regensburg, im Jahre 1955 ein Druckstollen von 4,90 m lichtem Durchmesser, 1300 m Länge und 18 atü statischem Innendruck und im Jahre 1959 ein Druckstollen von 3,50 m lichtem Durchmesser, rund 1450 m Länge und 15 atü statischem Innendruck in Betrieb genommen. Beide Druckstollen erhalten beim Abschalten der Turbinen einen Druckstoss von rund 30 %, ihr maximaler dynamischer Innendruck beträgt daher 23 bzw. 18 atü. Sie sind beide als reine Betonstollen im Gneisgebirge von sehr wechselnder, streckenweise erheblich gestörter Beschaffenheit hergestellt und durch ein neues, von der Bauherrschaft (Energieversorgung Ostbayern AG in Regensburg) und der ausführenden Baufirma (Alfred Kunz & Co. in München) entwickeltes Injektionsverfahren vorgespannt; Bild 1 zeigt die allgemeine Anordnung. Die beiden Hochdruckstollen münden in den gleichen Vertikalschacht und weisen eine ungewöhnlich geringe Ueberlagerung auf. Während sich der Reisachstollen seit 1955 ununterbrochen in Betrieb befindet und dabei keinerlei Wasserverluste auch bei der hier möglichen exakten Messung im Schacht bemerkbar sind, wurde der Weinbergstollen erst im Februar 1959 mit Erfolg einer Probeabdrückung unterzogen. Nach Zusammenschluss wurde das ganze System Ende Mai 1959 gefüllt und in Betrieb genommen.

Die *Probeabdrückung des Weinbergstollens* ging unter so einmaligen Umständen vor sich, dass dabei sehr auf-

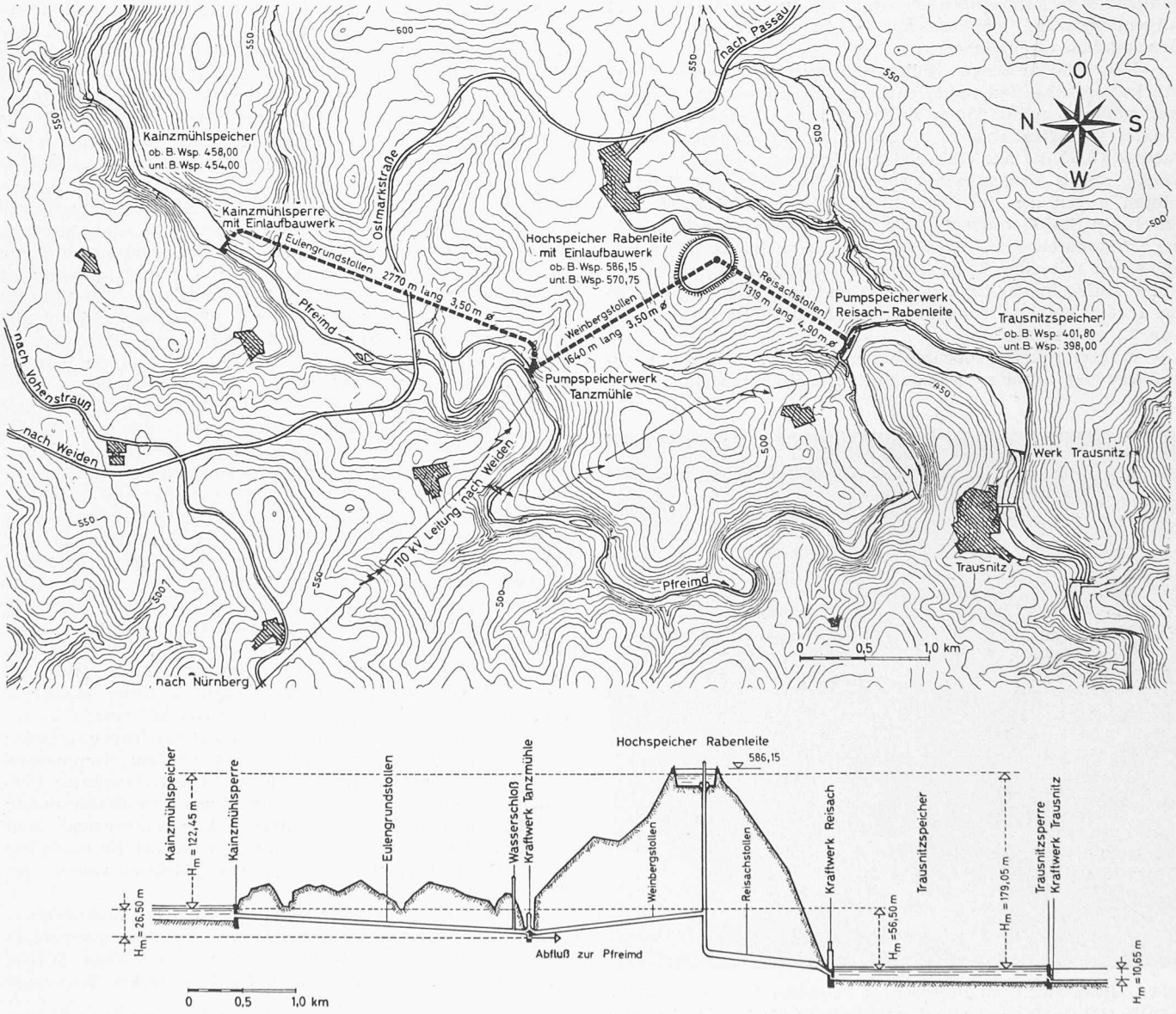


Bild 1. Pumpspeichergruppe Jansen an der Pfreimd in Ostbayern, Lageplan 1:50 000 und Längenprofil 1:60 000, zehnfach überhöht.

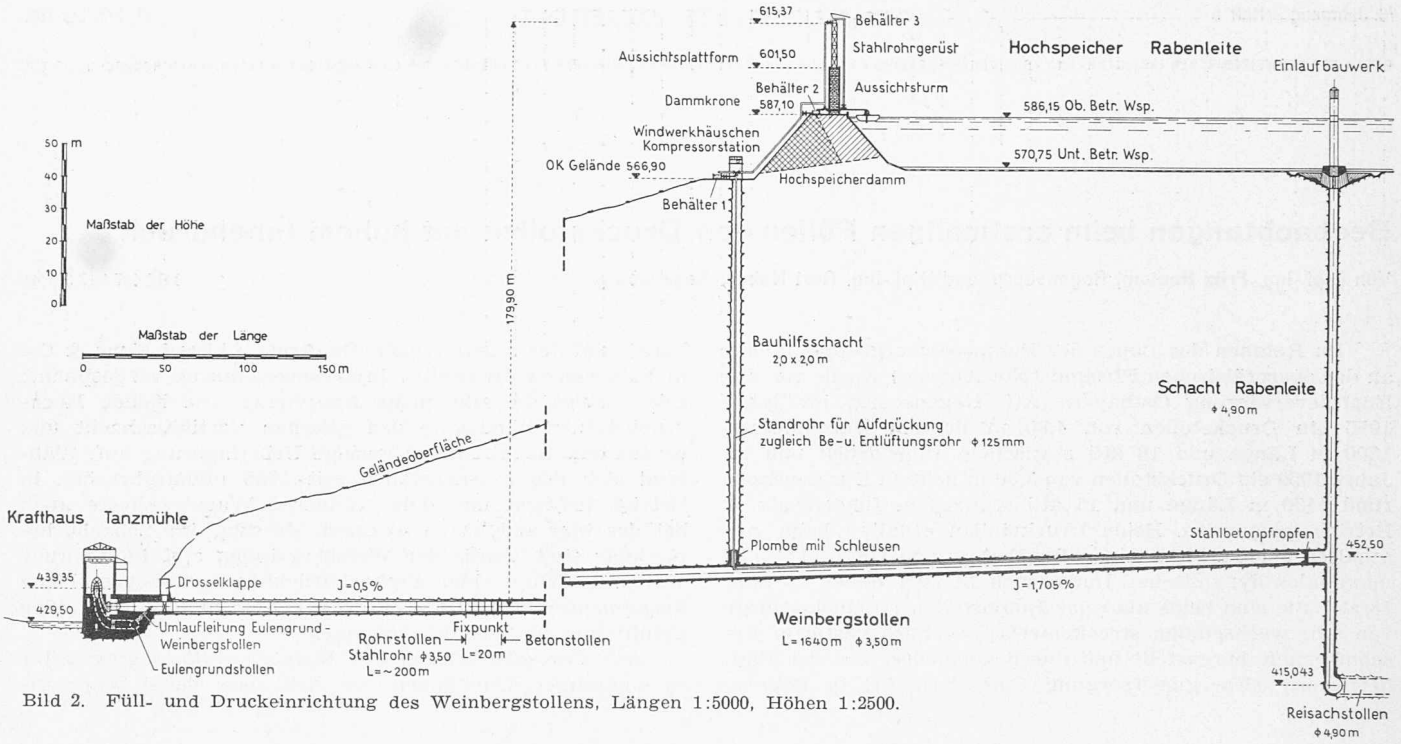


Bild 2. Füll- und Druckeinrichtung des Weinbergstollens, Längen 1:5000, Höhen 1:2500.

schlussreiche Beobachtungen angestellt werden konnten, die allgemeingültige Schlüsse auf das Verhalten von Betondruckstollen ermöglichen.

Der 1450 m lange Stollen, der durchwegs eine 40 cm starke einfache und unbewehrte Betonauskleidung erhalten hat, schliesst an ein 200 m langes, frei im sogenannten Rohrstollen verlegtes Druckrohr von gleichem lichtem Durchmesser (3,50 m) an. Während der Probeabdrückung war er vorne durch Kugelabschlussböden der Verteilrohrleitung, hinten gegen den im Betrieb befindlichen Reisachschacht durch ein Stahlbetonverschlusstück abgeschlossen. Beiläufig sei übrigens erwähnt, dass das Heranarbeiten an den schon seinerzeit mit dem Reisachstollen erbauten Anschlusstutzen unter Aufrechterhaltung des Betriebs im Reisachwerk, also bei einem Betriebsdruck an der Anschlusstelle im Schacht von 12 atü, erfolgt ist.

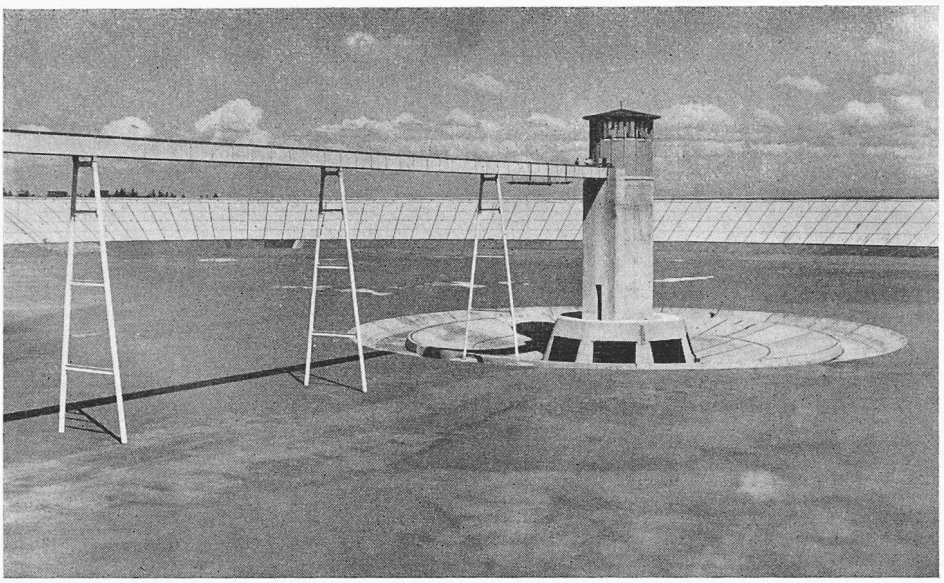
Während der Probeabdrückung stellte der Weinbergstollen einen allseits geschlossenen Behälter von etwas über 16 000 m³ Inhalt dar, dem bei Station 1314 ein verhältnismässig dünnes Standrohr von 125 mm lichtem Durchmesser aufgesetzt war, mittels dessen der Druck aufgebracht wurde. Die allgemeine Anordnung der Druckeinrichtung geht aus Bild 2 hervor. Da der Bauhilfsschacht, in dem das Standrohr bis zum Gelände hochgeführt wurde, nur 120 m tief war, musste es zur Erreichung eines statischen Druckes von 18 atü über Gelände bis zu einem benachbarten Aussichtsturm und über diesen noch 15 m hinaus auf die oberste Plattform eines eigens zu diesem Zweck errichteten Rohrgerüstes verlängert werden. Das Rohr diente nicht nur zur Wasserzugabe während des Aufdrückens, sondern auch zur Ent- und Belüftung während der Füllung und Leerung; es musste deshalb bis zum höchsten Firstpunkt des Stollens reichen. Die installierten Pumpen (elektrischer und notfalls Benzinbetrieb bei Stromausfall) entnahmen das Wasser dem Hochspeicher Rabenleite und füllten drei an wesentlichen Punkten der Rohrleitung aufgestellte Zwischenbehälter, die imstande waren, bis zu 10 l/s abzugeben. Ferner war eine mehrfach bestückte Kompressoranlage mit 6-atü-Windkessel vorgesehen, die genügend Luft nachpressen sollte, falls der Stollen bei etwa eingetretenem Schaden viel Wasser verlor. Die Kompressoranlage diente auch zum beschleunigten Entleeren des Stollens. Das Füllen der Hauptwassermenge konnte aus dem höher gelegenen Stausee an der Kainzmühle, die Entleerung in den Pfreimdfluss erfolgen.

Bild 3. Reisachwerk mit Hochspeicher Rabenleite H, Pumpspeicher-Krafthaus Reisach-Rabenleite P, Krafthaus Tanzmühle T und Kainz-Mühlsperre K.

Der geringe Durchmesser des völlig luft- und wasserdichten Standrohres von nur 125 mm gestattete ungemein exakte Wasserstandsbeobachtungen, wenngleich damit auch gewisse Gefahren rascher Druckänderungen verbunden waren. Am Tage und während der Nacht laufende Beobachtungen hielten jedoch den Wasserspiegel unter ständiger Kontrolle; Telefonanlagen aus dem Schacht, vom Windenschuppen am Schachtmund, von der oberen Turmplattform und von den Schaltwarten der Kraftwerke zur Kommandostelle im Aussichtsturm sorgten für ununterbrochene Verständigung aller Beteiligten. Die Wasserstandsablesungen erfolgten in einem durchsichtigen, kommunizierend zum Standrohr verlegten Plastikschlauch, wobei die Beobachtung durch Grünfärbung (Uranin) des Stollenwassers erleichtert war.

In Station 300 und 370 (diese an einer bis Geländeoberfläche reichenden Störungsstelle) war ein Messquerschnitt mit je zwölf Gebern, Bauart Dipl.-Ing. F. Glötzl, Karlsruhe [1]), eingebaut (Bild 6), die auf hydraulischer Grundlage

[1]) *G. Franz,* Unmittelbare Spannungsmessung in Beton und Baugrund, in «Der Bauingenieur», Heft 5/1958, 33. Jahrgang.



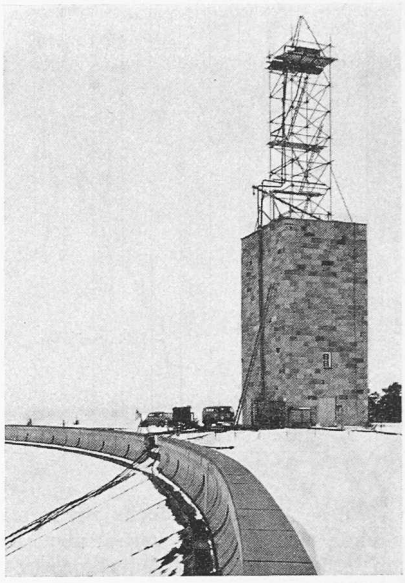


Bild 4. Hochspeicher Rabenleite mit Einlaufbauwerk. Bild 5 (rechts). Rohrgerüst auf dem Aussichtsturm während Druckprobe Weinbergstollen.

beruhen und unmittelbar ablesbare Angaben über die tatsächlichen Druckspannungen, also auch über die Zwängungsspannungen des Betons, liefern. Bild 7a zeigt die Geberwerte vor Beginn der Probeabdrückung und lässt die ansehnliche Vorspannung der Stollenröhre an der Stelle des Messquerschnittes erkennen, die mit überraschender Gleichförmigkeit mittels des erwähnten, bei der Arbeit im Weinbergstollen erst vollentwickelten Injektionsverfahrens erzielt worden ist.

Der Zeitpunkt der Probeabdrückung war durch das Bauprogramm des Pumpspeicherwerkes Tanzmühle bestimmt und an sich wegen der niedrigen Temperatur des Füllwassers recht unglücklich. Gemessen in nächster Nähe der Leibung betrugen die Lufttemperaturen vor der Füllung:

Station	300	800	1300	1650
Temperatur °C	4	9	11	15

Die Temperatur des Füllwassers lag bei 2° C. Im Durchschnitt musste infolgedessen eine Abkühlung des Auskleidungsbetons um 10° eintreten, dementsprechend ein Abbau der tangentialen Druckvorspannung um mehr als 30 kg/cm². In der Tat zeigten die Geber diesen Abbau deutlich an und liessen ausserdem das Tempo des Eindringens der Kälte durch den Beton nach rückwärts beobachten. Das Diagramm eines beliebigen Gebers, dessen Anordnung im Stollenquerschnitt aus Bild 6 hervorgeht, ist in Bild 8 über den ganzen Ablauf der Füllung und Leerung wiedergegeben.

Die Wassertemperatur konnte nur am Ende des Druckrohres = Beginn des Betonstollens durch Tastthermometer verfolgt werden; sie entwickelte sich wie in Bild 9 dargestellt. Es ist anzunehmen, dass im hinteren Teil des Stollens eine Temperatur von 6 ÷ 7° C erreicht wurde, wobei zu beachten ist, dass bis 4° C das erwärmte Wasser infolge seiner grösseren Dichte nach abwärts sinkt und erst von 4° C ab nach oben, d. i. im Stollen bergwärts steigt.

Die Volumenänderung durch gleichmässige Temperaturerhöhung des Wassers im gesamten Stollen und Druckrohr beträgt etwa

von 2° bis 4°	Celsius	—	500	Liter
4° bis 6°	«	+	500	«
6° bis 8°	«	+	1200	«
8° bis 10°	«	+	1900	« usw.

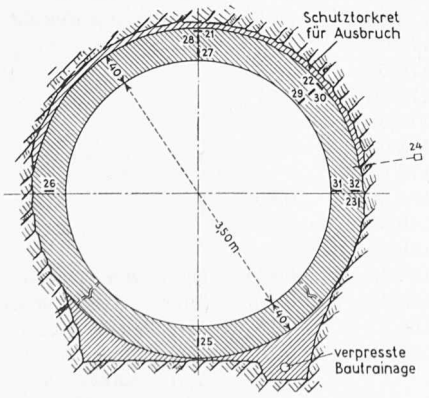


Bild 6. Messquerschnitt des Weinbergstollens mit Druckgebern.

Masstab 1:100

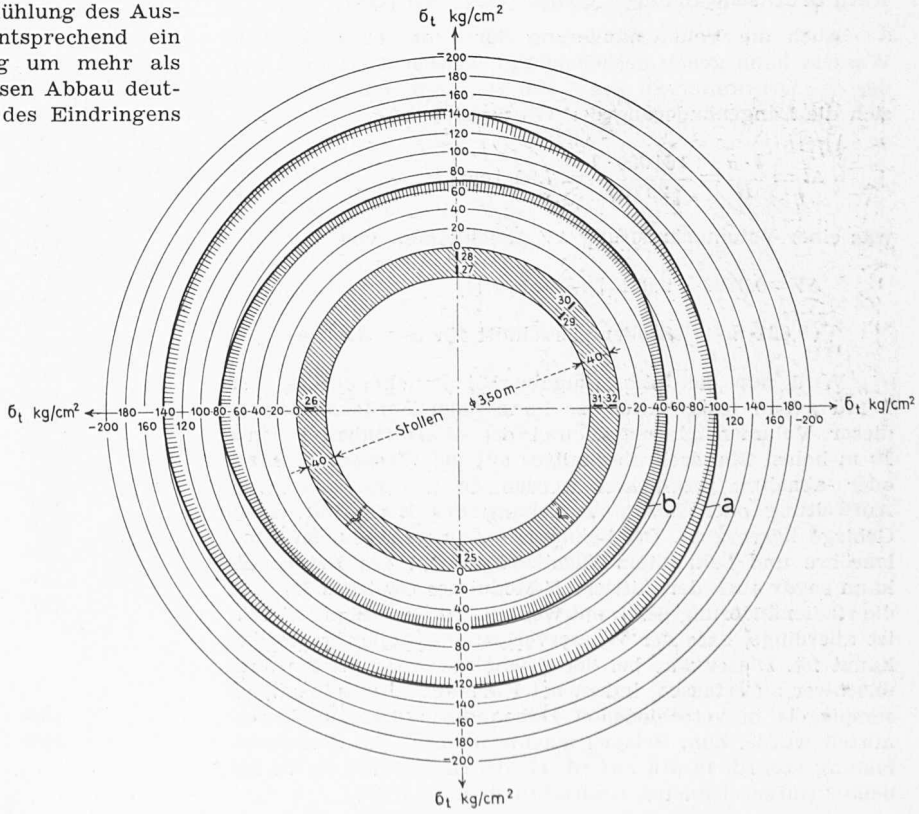


Bild 7 (rechts). Spannungsdiagramm im Messquerschnitt Bild 6, a) vor der Druckprobe, b) bei maximalem Innendruck.

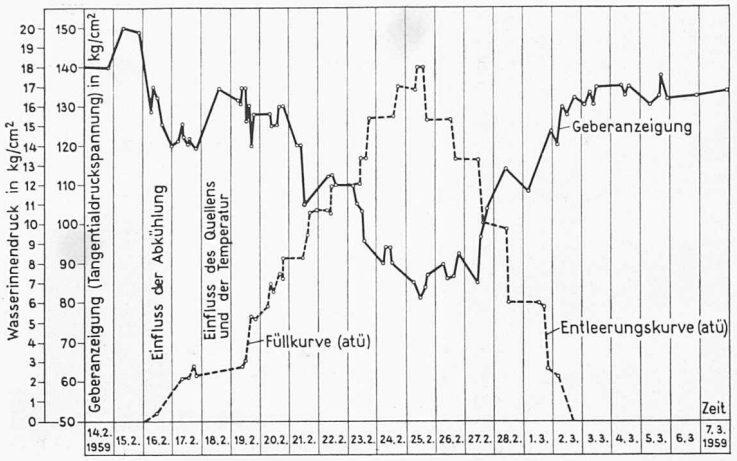


Bild 8 (links). Spannungsverlauf im Geber Nr. 26 während der Druckprobe.

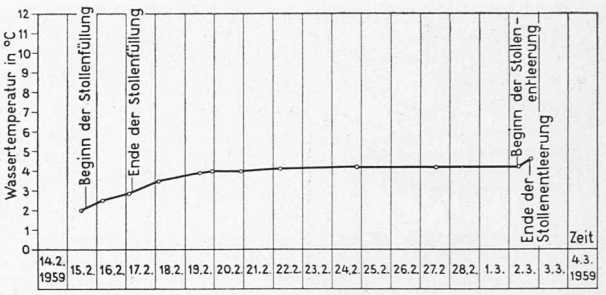


Bild 9. Verlauf der Wassertemperatur während der Druckprobe.

Diese Volumenänderungen infolge Temperaturänderung machen sich bei dem verhältnismässig dünnen Aufgeberohr von 125 mm lichtem Durchmesser nach längerem Stehen deutlich bemerkbar; sie werden überlagert und gedämpft von Volumenänderungen, die von der Elastizität des Wassers einerseits und den elastischen Dehnungen des freien Stahlrohrs und der im Gebirge eingebetteten Betonröhre anderseits herrühren, wobei letztere schon bei kurzem Beobachtungszeitraum eintreten und daher unabhängig von den Temperatureinflüssen gewertet werden können.

Die Volumenänderung durch wechselnden Innendruck kann für das freiliegende Stahlrohr exakt berechnet werden; für Innendruckschwankungen $\Delta p_i = 1$ atü ergibt sich bei dem rd. 200 m langen Rohr mit einem lichten Durchmesser $d = 3{,}50$ m und einer Wandstärke $\delta = 20$ mm nach einfacher geometrischer Beziehung die Querschnittsaufweitung genügend genau zu:

$$\Delta F = \frac{\pi}{2} \frac{\Delta\sigma}{E} d^2 \text{ oder auch, da } \Delta\sigma = \frac{p_i \cdot d}{2 \cdot \delta}$$

$$\Delta F = \frac{\pi}{4} \frac{p_i\, d^3}{E\, \delta} = \frac{\pi \cdot 1 \cdot 350^3}{4 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 2{,}0} = 8{,}00 \text{ [cm²]}$$

Gesamte Volumenänderung im Druckrohr bei 1 atü Druckschwankung: 20 000 [cm] · 8,0 [cm²] = 160 [l]

Auch die Volumenänderung durch die Elastizität des Wassers kann genau berücksichtigt werden. Legt man wieder das Druckintervall von 1 atü zugrunde, dann errechnet sich die Längenänderung der Wassersäule zu:

$$\Delta l = \frac{l \cdot \sigma}{E} = \frac{164\,000 \cdot 1}{20\,700} = 7{,}93 \text{ [cm]}$$

was einer Volumenänderung ΔV gleichkommt von

$$\Delta V = 0{,}0793 \cdot 9{,}621 \text{ [m³]} = 760 \text{ [l]}$$

(9,621 m² = Stollenquerschnitt für $d = 3{,}50$ m)

Wird nun die Wasserzugabe bei Druckänderung von 1 atü genau festgehalten, so kann nach Berücksichtigung dieser Volumenänderungen und des Wasserinhaltes eines 10 m hohen Standrohrabschnittes auf die Wassermengenzu- oder -abnahme geschlossen werden, die aus der elastischen Aufweitung oder Zusammenziehung des Betonstollens im Gebirge hervorgeht. Bei bekannten Abmessungen der Stollenröhre und bekanntem Elastizitätsmodul des Betons E_B kann sogar auch der mittlere E-Modul des Gebirges E_G über die Radienänderung bestimmt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Wasserverlust im Stollen genau bekannt ist. Dieser war bei der gewählten Anordnung jedoch unschwer zu erfassen, indem bei Konstanthaltung des Wasserspiegels in verschiedenen Höhen die Wasserzugabe ermittelt wurde. Zum Beispiel machte man bei der Stollenentlastung von rd. 18 atü auf rd. 17 atü Innendruck die in Tabelle 1 aufgezeichneten Beobachtungen.

Die in der Tabelle 1 festgehaltenen Werte sind in Bild 10 graphisch aufgetragen; die Auswertung wird durch Gebrauch des Diagrammes sehr erleichtert. Wenn man zur Sicherheit die Anfangs- und Endwerte ausscheidet, so ergibt sich zum Beispiel für den Zeitraum von 13^{54} bis 14^{38} Uhr ein Gesamtwasserverlust im Stollen von 2314,2 [l]
die effektive Wasserzugabe beträgt aber nur 1469,7 [l]

Differenz = 844,5 [l]

Diese Differenz entsteht:

a) aus dem Einfluss der Stahlrohr-Zusammenziehung bei der festgestellten Druckabnahme von 178,65 auf 171,65 = 0,7 atü
$0{,}7 \cdot 160 = +\,112$ [l]

b) aus dem Einfluss der elastischen Volumenaufweitung des Wassers
$0{,}7 \cdot 760 = +\,532$ [l]

c) aus der Entleerung des Standrohres auf eine Höhe von 7 m
$7 \cdot 12{,}3 = +\,86{,}1$ [l]

Zwischensumme 730,1 [l]

Restwassermenge = 114,4 [l]

Tabelle 1. Probeabdrückung des Weinbergstollens

Datum	Uhrzeit	Wasserstandablesung m über tiefster Betonstollenaxe	Wasserzugabe l/s	Bemerkungen
25. 2. 1959	12^{00}	179,90	0,93	Konstanthaltung der Wasserspiegelkote
	13^{45}	179,90	0,93	
	13^{47}	179,90	0,93	
	13^{48}	179,65	—	Beginn der Entlastung durch Drosselung des Zulaufes
	13^{50}	179,55	—	
	13^{54}	178,65	0,67	
	14^{00}	177,65	—	
	14^{07}	176,65	—	
	14^{13}	175,65	0,57	
	14^{20}	174,65	—	
	14^{26}	173,65	0,50	
	14^{32}	172,65	—	
	14^{38}	171,65	0,46	
	14^{44}	170,65	—	
	14^{51}	169,65	—	
	14^{57}	168,65	(0,85)	Ende der Drosselung, Auspendeln der Wassersäule auf Höhe 168,65 und exakte Messung der Wasserzugabe
	15^{08}	168,65	0,78	
	15^{14}	168,37	0,78	
	15^{17}	168,65	0,78	
	15^{22}	167,65	—	weitere Entlastung durch erneute Drosselung des Wasserzulaufes
	15^{30}	166,65	—	

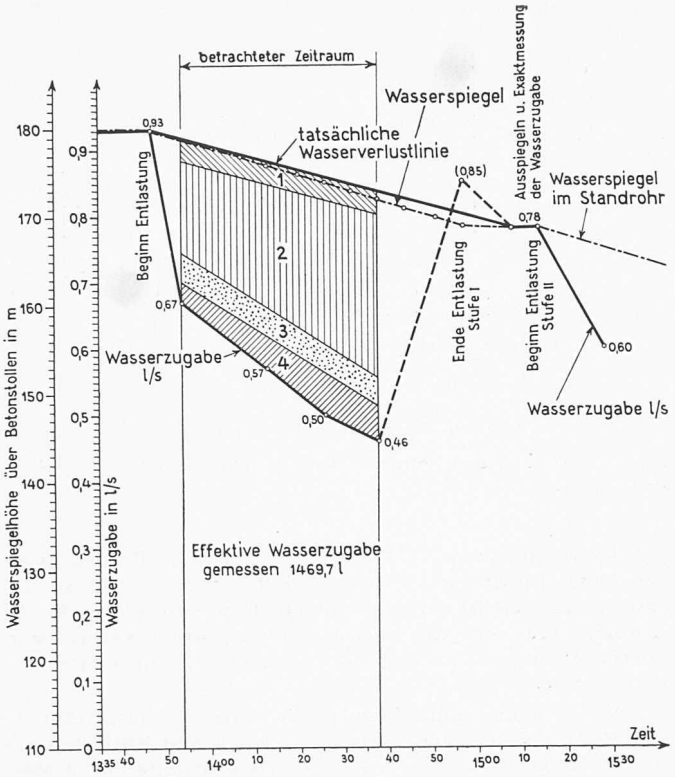


Bild 10. Volumenänderung des Stollens infolge Teilentlastung. 1 Auslauf des Standrohres 86,1 l; 2 Ausweitung des Wassers 532,0 l; 3 Zusammenziehung des Stahlrohrs 112,0 l; 4 Zusammenziehung des Betonstollens 114,4 l.

d) Die Restwassermenge ergibt die Volumenverminderung durch elastische Zusammenziehung des Betonstollens bei Druckminderung von 0,7 atü, nämlich 114,4 [l] oder, da diese linear von der Druckdifferenz abhängt,

$$\Delta V_i = \frac{114{,}4}{0{,}7} = 163 \text{ [l/atü]}$$

Die Wassermengenzunahme von 163 [l/atü] entspricht einer Querschnittsänderung im Betonstollen von

$$\Delta F = \frac{\Delta V}{L} = \frac{-\,163\,000}{144\,000} = -1{,}13 \text{ [cm}^2\text{]}$$

und einer Radienänderung von

$$-U = \pm\sqrt{\frac{\Delta F}{\pi} + r^2} - r = \pm\sqrt{\frac{1{,}13}{\pi} + 175^2} - 175$$

$$= 0{,}001\,028 \text{ [cm]}$$

Die Radienänderung U an der Innenleibung des Betonstollens beim Zusammenwirken des dickwandigen Betonrohres und der Gebirgsscheibe bei Innendruck beträgt aber [2])

$$U = \frac{p_i}{E_B}\, r\, \frac{G\,b^2\,\frac{m_B+1}{m_B} + F\,r^2\,\frac{m_B-1}{m_B}}{G\,b^2 - F\,r^2}$$

Hierin bedeuten:

U	=	Radienänderung =	0,001028 [cm]
p_i	=	Druckunterschied =	1 [kg/cm²]
E_B	=	E-Modul des Betons =	225 000—300 000 [kg/cm²]
r	=	Stollenradius =	175 [cm]
b	=	$r + d = 175 + 40$ =	215 [cm]
d	=	Sollbetonstärke =	40 [cm]

Tabelle 2. Werte für den Gebirgs-E-Modul in kg/cm² bei verschiedenen Querdehnungszahlen für das Gebirge und veränderliche Werte des Beton-E-Moduls

	$m_G = 4$	$m_G = 5$	$m_G = 6$
$E_B = 225\,000$ kg/cm²	200 000	193 000	187 000
$E_B = 250\,000$ „	189 000	182 000	177 000
$E_B = 275\,000$ „	180 000	173 000	168 000
$E_B = 300\,000$ „	169 000	163 000	158 000

[2]) Das Pumpspeicherwerk Reisach-Rabenleite, im Selbstverlag herausgegeben von der Energieversorgung Ostbayern AG — Regensburg, 1957.

$$G = \frac{1 + \frac{1}{m_G}}{1 + \frac{1}{m_B}}\,\frac{E_B}{E_G} + \frac{m_B - 1}{m_B + 1} = \frac{E_B}{E_G} + \frac{5}{7};$$

$$F = \frac{1 + \frac{1}{m_G}}{1 + \frac{1}{m_B}}\,\frac{E_B}{E_G} - 1 = \frac{E_B}{E_G} - 1$$

da m_B = Querdehnungszahl des Betons = 6
$\approx m_G$ = Querdehnungszahl des Gebirges
E_G = der gesuchte E-Modul des Gebirges.

Werden diese Werte in die Formel für die Radienänderung eingesetzt, so erhält man bei Zugrundelegung eines E-Moduls für den Beton von 225 000 kg/cm² folgenden Wert für den mittleren Gebirgs-E-Modul:

Radialdehnung $U = 1{,}028 \cdot 10^{-3}$ [cm] =

$$= \frac{1 \cdot 1{,}75 \cdot 10^2}{2{,}25 \cdot 10^5}\,\frac{G \cdot 5{,}40 \cdot 10^4 + F \cdot 2{,}55 \cdot 10^4}{4{,}62 \cdot G \cdot 10^4 - 3{,}06 \cdot F \cdot 10^4}$$

daraus $G = 9{,}45 \cdot F$

Nach Einsetzen der Werte für G und F ergibt die Gleichung

$$0{,}715 + \frac{E_B}{E_G} = 9{,}45 \cdot \frac{E_B}{E_G} - 9{,}45;$$

$$E_G = 0{,}832 \cdot E_B = 187\,000 \text{ [kg / cm}^2\text{]}$$

Bei Einführung höherer Werte für den Elastizitätsmodul des Betons gehen aus der Rechnung niedrigere Zahlen für den Gebirgs-Elastizitätsmodul hervor. Eine Auswertung erfolgte noch in gleicher Weise für $E_B = 250\,000$ kg/cm², 275 000 kg/cm² und schliesslich 300 000 kg/cm² (s. Tabelle 2). Im Zeitpunkt der Belastung dürfte der Beton E_B-*Werte* zwischen 275 000 und 300 000 kg/cm² aufgewiesen haben.

Bei obiger Rechnung wurde eine Querdehnungszahl von 6 sowohl für den Beton als auch für das Gebirge angenommen. Stellt man diesen Wert für den Beton nicht zur Diskussion, so ist hinsichtlich der Annahme für das Gebirge doch zu sagen, dass nach Meinung erfahrener Geologen m_G von 4 bis 6 schwanken kann. Um nun den Einfluss der Querdehnungszahl zu zeigen, wurde auch diese Möglichkeit bei der Auswertung mitberücksichtigt; die errechneten Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Beobachtungen bei der Aufdrückung und Entlastung des Weinbergstollens über längere Zeiträume hinweg könnten irreführen, weil — wie schon erwähnt — die daraus gewonnenen Messwerte durch den Einfluss der Wassererwärmung verwischt werden; im vorliegenden verhältnis-

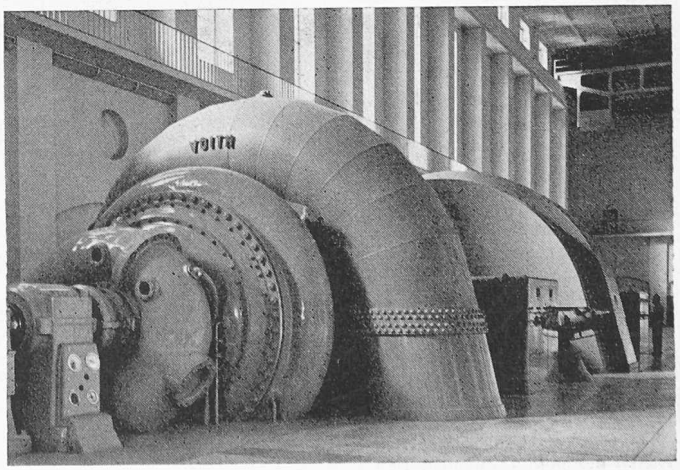


Bild 11. Pumpspeicherwerk Reisach, Maschinenhalle.

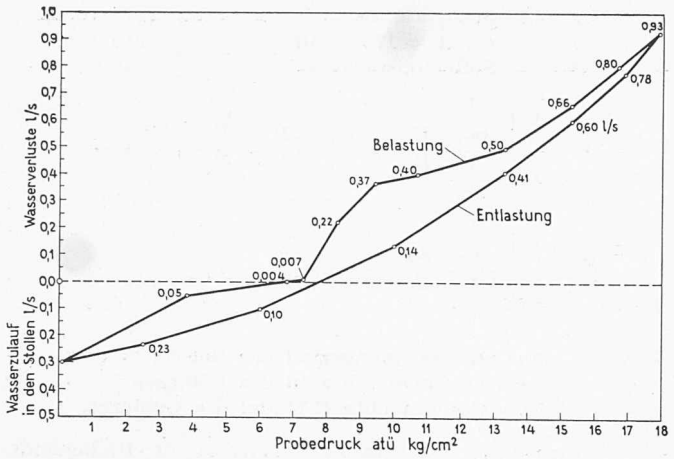


Bild 12 (links). Wasserverlustkurven in Abhängigkeit vom Stolleninnendruck.

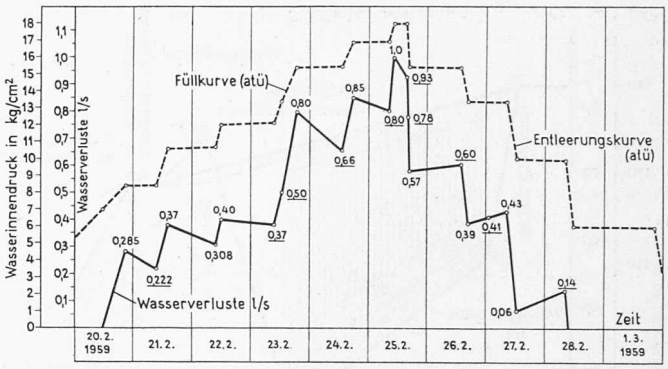


Bild 13. Ganglinie der Wasserverluste während der Druckprobe.

mässig kurzen Beobachtungszeitraum spielt diese jedoch keine Rolle.

Messwerte aus anderen Be- und Entlastungsstufen weichen nur unwesentlich von den der Berechnung zugrundeliegenden Grössen ab. Allerdings ist auffallend, dass die Werte für den Gebirgs-*E*-Modul beim Aufdrücken etwas niedriger liegen als beim Entspannen. Diese Erscheinung könnte allenfalls durch ein geringfügiges plastisches Nachgeben des Gebirges geklärt werden, das im übrigen durch die nach der Probeabdrückung durchgeführte Nachinjektion ausgeglichen wurde.

Der sehr genau protokollierte Ablauf der Füllung und Leerung ist aus Bild 8 ersichtlich. Man erkennt, dass nach dem Füllen des Stollens und vor Aufbringen der ersten wesentlichen Druckstufen einige Tage zugewartet wurde bis sich der Beton von dem ersten Schock der plötzlichen Abkühlung erholt hatte oder mit anderen Worten, bis das Quellen des Betons und eine gewisse Aufwärmung des Füllwassers vom Berg her zu Hilfe kamen und insbesondere die Hilfestellung des umgebenden Gebirges aktiviert war. Ueberdies lassen es auch die jüngsten betontechnischen Ergebnisse geraten erscheinen, den Beton allmählich, das heisst in kleinen Druckstufen, zu belasten, weil die Spannungen im Querschnitt bei allmählicher Lastaufgabe bei weitem nicht die Werte erreichen, wie sie bei verhältnismässig plötzlicher Belastung auftreten, die Rissegefahr im Betonstollen also durch die stufenweise Belastung verkleinert wird [3]).

Nach diesen drei Wartetagen war die tiefe Temperatur bereits über die Betonauskleidung in den Berg vorgedrungen und eingangs entstandene Zwängspannungen zwischen Beton und Gebirge im Abbau; das geht deutlich aus dem typischen Geberdiagramm Bild 8 hervor. Der weitere Verlauf des Diagrammes zeigt dann über den Geber Nr. 26 den Einfluss der aufgebrachten Drücke und den allmählichen Abbau während der Entlastung. Man erkennt, dass immer noch erhebliche Reserven an Druckvorspannung vorhanden waren.

Es darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dass die beiden Messquerschnitte nur eben zwei einzelne Stollenquerschnitte wiedergeben, in denen sich infolge der Gebirgsbeschaffenheit die Injektionsvorspannung voll auswirken konnte. Besonders in der bergseitigen Hälfte des Weinbergstollens war so gesunder und dichter Felsen angetroffen worden, dass die Aufnahmefähigkeit für die Zementsuspension gering war, allerdings eine so weitgehende Vorspannung auch nicht benötigt ist.

Wie schon erwähnt, konnten die Wasserverluste während der Stillstandsperioden beim Aufdrücken und Entlasten am Standrohr genau ermittelt werden. Dies erfolgte durch Messung der Wasserzugabe bei gleichbleibender Druckhöhe. Man kann nun diese Ergebnisse einmal lediglich als Funktion der Zeit bei gleichzeitiger Eintragung des Druckverlaufes auswerten, zum anderen aber auch die Verluste direkt in Abhängigkeit von der Druckhöhe auftragen (siehe Bilder 12 und 13). Schon bei der Füllung des Reisachstollens im Jahre 1955 haben wir einen nicht linearen Verlauf der Verlustwerte in Abhängigkeit von der Druckhöhe festgestellt. Man kann auch immer wieder erkennen, dass in den Erholungspausen zwischen den Druckstufen ein deutlicher Rückgang (Sättigung des Bodens um die Sickerstellen) eintritt. Der Rückgang hat im Reisachstollen nach einigen Monaten bis zum völligen Versiegen der Wasseraustritte geführt, mithin eine absolute Dichtigkeit des Bauwerkes ergeben, die durch laufende exakte Messungen über drei Betriebsjahre erwiesen ist. Es ist anzunehmen, dass diese absolute Dichtigkeit erst recht im Weinbergstollen eintritt, der unter Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse bei

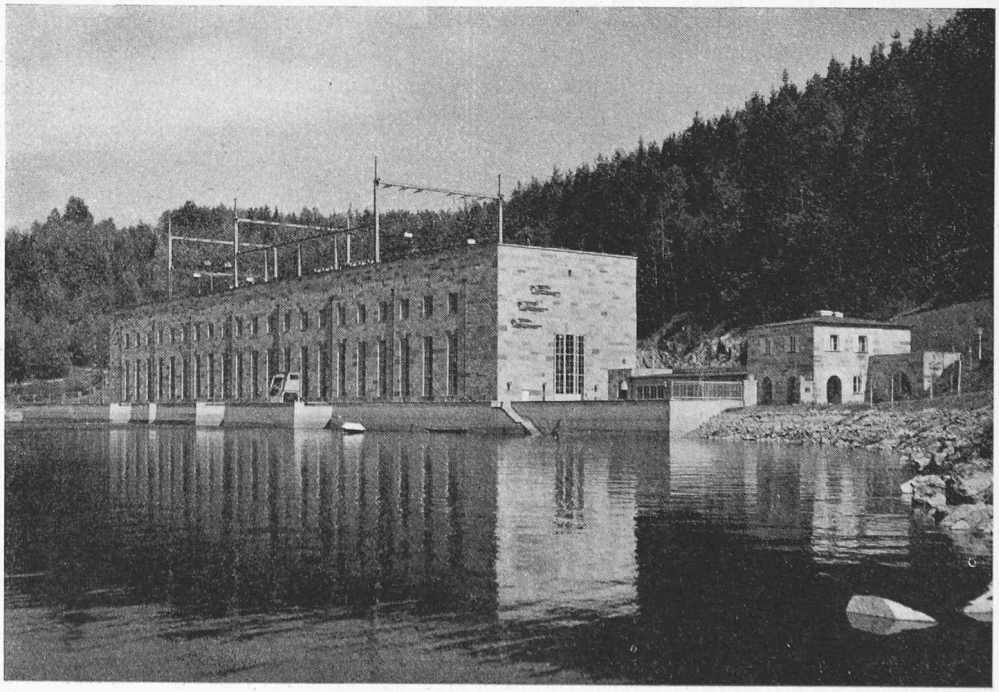


Bild 14. Das Krafthaus Reisach.

[3]) Vortrag von Prof. Dr. *H. Rüsch* auf dem Deutschen Betontag 1959 in München

der Probeabdrückung praktisch auf 20 bis 21 atü beansprucht war. Der Rückgang zeigt sich deutlich in der Verlustkurve, die während der Entlastung beobachtet wurde.

Der Verlauf der Verlustkurve zeigt, dass die Verlustzunahme nicht etwa durch eine Erweiterung der Austrittsundichtigkeiten, sondern gesetzmässig durch die Durchlässigkeitseigenschaften der Gebirgsumgebung bedingt ist. Wesentliche Erweiterungen der Austrittsöffnungen (Risse usw.) würden sich durch Unstetigkeiten der Kurve bemerkbar machen. Die bei Beginn des Füllens vorhandenen Undichtigkeiten sind übrigens gekennzeichnet durch einen Gesamtzufluss von 0,3 l/s bei einem Gebirgswasserdruck von rund 3 atü am wasserseitigen und 10 atü am bergseitigen Ende des Stollens.

Die Energieversorgung Ostbayern AG hat seinerzeit in einem umfangreichen Werk über die Bauanlagen des Reisachwerkes berichtet und darin auch den Bau des Reisachstollens eingehend beschrieben. Sie wird in einem zweiten Band auch den Bau des Pumpspeicherwerkes Tanzmühle schildern und dabei auf den Weinbergstollen hinsichtlich der Bauweise, der Baudurchführung und der laufenden, wohl zum erstenmal so streng ausgeführten Betonkontrolle eingehen. Nicht zuletzt aber werden das Vorspanninjektionsverfahren und alle dabei im Weinbergstollen gemachten Messungen und Beobachtungen ausführlich dargelegt werden.

Das gewiss sehr befriedigende Ergebnis der Probeabdrückung darf wohl in erster Linie diesem Verfahren zugutegeschrieben werden. Unabhängig davon aber schienen die bei der erstmaligen Füllung des Stollens durchgeführten Beobachtungen doch von so allgemeiner Bedeutung, dass sie hier für sich besprochen werden durften.

Adresse des erstgenannten Verfassers: Dipl.-Ing. *F. Hautum*, Prebrunnstr. 3, Regensburg, Bayern

Rückzug der Nationalpark-Initiative

DK 621.29:32

Durch die Eidgenössische Volksabstimmung vom 7. Dezember 1958 ist die Nationalpark-Initiative gegenstandslos geworden, die das Komitee zur Erhaltung des Nationalparkes im Schweizerischen Naturschutzbund eingereicht hat [1]). Erst ein gutes Jahr später, am 16. Dezember 1959, hat nun dieses Komitee die Initiative zurückgezogen. Mit diesem Rückzug hat es zwei Wünsche verbunden, die eine der guten Sache des Naturschutzes wenig dienliche Gesinnung erkennen lassen.

Der erste Wunsch geht dahin, der Bundesrat möchte bei den betreffenden Gemeinde- und Kantonsinstanzen in Graubünden darauf hinwirken, dass die Frage de Restwasserführung des Inns noch einmal durch eine neutrale Instanz geprüft werde. Hierzu bemerkt Dir. *F. Wanner*, Zürich, im «Bulletin SEV» 1960, Nr. 1, S. 31, dass diese Instanz die Behörden des Kantons Graubünden seien, die für die Entscheidungen über die kantonale Staustufe mit der Wasserfühung im Inntal allein zuständig sind. Sie haben die das Innkraftwerk betreffenden Entscheidungen längst derart gefällt, wie es dem Gesamtinteresse des Kantons entspricht. Ein Eingreifen des Bundes in ihre Kompetenzen ist rechtlich nicht zulässig.

Nach dem zweiten Wunsch soll das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft durch einen Bundesbeschluss beauftragt werden, sich in vermehrtem Masse der Sicherung und Gesunderhaltung des ganzen schweizerischen Wasserhaushaltes anzunehmen. Auch dieser Ruf rennt offene Türen ein. Denn um die Sicherung des Wasserhaushaltes bemüht sich das dem Post- und Eisenbahndepartement zugehörige Wasserwirtschaftsamt seit jeher im Rahmen seiner Zuständigkeit, und für die Gesunderhaltung sorgen die dem Departement des Innern unterstehenden Dienststellen. Diese Unterteilung ist sinnvoll, indem sie eine allzu grosse Machtzusammenballung verhindert, zu gegenseitiger Rücksichtnahme zwingt und so Fehlentscheide eher vermeidet. Wenn die Aufgaben der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes noch weitgehend ungelöst sind, so liegt das nicht an den Eidgenössischen Aemtern, sondern an den für die Ausführung zuständigen Instanzen der Gemeinden und Kantone.

[1]) vgl. hiezu «Nach der Abstimmung über den Spölvertrag» in SBZ 1958, Heft 52, S. 789.

Dieselelektrische Lokomotiven von 2100 PS für die Rumänischen Staatsbahnen

Schluss von Seite 70

DK 625.28—833.6

Elektrische Ausrüstung

Hauptstromkreise

Die Leistungsübertragung auf die sechs Achsen der Lokomotive erfolgt durch den starr mit dem Dieselmotor gekuppelten Hauptgenerator und durch sechs Tatzenlager-Triebmotoren. Das Prinzip der Schaltung geht aus dem Schema der Hauptstromkreise (Bild 20) hervor. Von der Sammelschiene des Hauptgenerators zweigen die drei parallelen Kreise der je zwei in Serie geschalteten Triebmotoren über ein Leistungstrennschütz 4, ein Maximalstromrelais 5 und den Wendeschalter 6 ab. Um die Dimensionierungsleistung des Hauptgenerators möglichst klein zu halten und gleichzeitig die Dieselmotorleistung bis zu hoher Geschwindigkeit voll umsetzen zu können, werden die Felder der Triebmotoren in zwei Stufen geschwächt. Die dafür installierte Automatik ist eingehend unter dem Abschnitt «Automatische Feldschwächung» beschrieben.

Der Hauptgenerator wird zum Anwerfen des Dieselmotors als Reihenschlussmotor betrieben. Als Energiequelle dient dazu eine Bleibatterie mit 72 Zellen und einer Kapazität von 320 Ah bei zehnstündiger Entladung.

Um der Schleudertendenz in Serie geschalteter Motoren durch Achsentlastung eines Motors bei der Anfahrt vorzubeugen, wurden die in den Drehgestellen den gleichen Verhältnissen unterworfenen Motoren, d. h. Motor I und IV, II und V, III und VI, jeweils in Reihe geschaltet. Zusätzlich kontrolliert je ein Relais die Spannungsverteilung der in Serie geschalteten Motorgruppen, indem die Mittelpunkte eines Spannungsteilers und der zu überwachenden Triebmotoren miteinander verglichen werden. Beim Ueberschreiten des maximal zulässigen Verhältnisses werden automatisch die Schleuderschutzbremse und ein Elektromagnet in Funktion gesetzt. Dieser Magnet verhindert eine entsprechende Reduktion der Generatorspannung und damit der Zugkraft. Sobald die schleudernde Achse abgefangen ist, arbeitet die Servo-Feldregulierung wieder normal, und die mit einem Druck von 0,8 atü im Bremszylinder angelegten Bremsbacken heben sich wieder ab.

Wenn der Lokomotivführer bei schweren Anfahrten eine Neigung zum Schleudern durch Beobachtung der Ampèremeter der Triebmotoren erkennt, kann er die Schleuderschutzbremse auch von Hand betätigen. Der Vorteil der Schleuderschutzeinrichtung liegt neben dem Schutz der Triebmotoren gegen Ueberdrehzahlen in der Vermeidung einer Zugkraftunterbrechung und der Reinigung der Bandagen bei schlechtem Schienenzustand, so dass schwerste Anfahrten auch bei ungünstigen Verhältnissen sicher durchgeführt werden können.

Generatorgruppe

Die Generatorgruppe besteht aus einem zehnpoligen Gleichstrom-Hauptgenerator und einem achtpoligen Gleichstrom-Hilfsgenerator. Die Daten sind bei Bild 21 angegeben.

Die Generatorgruppe weist nur ein Lager auf. Das freie Wellenende stützt sich über den Kupplungsflansch auf das Getriebelager am Dieselmotor ab. Die Ausbildung des Rotors trägt mit ihrer besonders hohen Torsions- und Biegesteifheit den besondern Verhältnissen eines Dieselaggregats Rechnung. Das Blechpaket mit der Rotorwicklung des