

Druckrohrleitungen neuzeitlicher Wasserkraftwerke

Von

Walter E. Müller



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1968

WALTER E. MÜLLER

Dipl.-Ing. E. T. H., Dr. sc. tech. E. T. H.
Oberingenieur in Firma Gebrüder Sulzer AG
Winterthur (Schweiz)

ISBN-13:978-3-540-04285-3 e-ISBN-13:978-3-642-92967-0
DOI: 10.1007/978-3-642-92967-0

Alle Rechte vorbehalten

Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Springer-Verlages
übersetzt oder in irgendeiner Form vervielfältigt werden
© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1968

Library of Congress Catalog Card Number 68-54831

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem
Buche berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche
Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten
wären und daher von jedermann benutzt werden dürften

Titelnummer 1517

Geleitwort

Durch die Fortschritte in der Technik des Stollenbaues ist es heute möglich, Kraftwerkskonzeptionen zu wählen, die zu größeren Fallhöhen und zu größeren Betriebswassermengen führen. Mit der heute im Alpenraum hochentwickelten Verbundwirtschaft ist eine starke Steigerung der Maschinenleistungen verbunden. Die Druckrohrleitungen bilden nun das Verbindungsglied zwischen den vom Bauingenieur geschaffenen neuen Gegebenheiten und den großen hydraulischen Maschinen, Turbinen und Pumpen, in den Kraftwerken. Es ist deshalb keineswegs verwunderlich, daß auch auf dem Gebiete der Rohrleitungen aller Ausführungsarten eine starke und rasche Entwicklung zu größeren „Transportleistungen“ festzustellen ist.

Bücher über Rohrleitungen bestehen in großer Zahl. Viele sind theoretischer Natur, besonders für den Unterricht geeignet. Soweit sie sich eingehender mit Ausführungsfragen befassen, hören sie meistens bei Dimensionen auf, die im heutigen Kraftwerkbau nicht mehr von Interesse sind. Überdies ist der nichttheoretische Teil fast immer durch Auswerten der Unterlagen verschiedenster Herkunft entstanden, ist also nur aus zweiter Hand.

Es ist deshalb außerordentlich zu begrüßen, daß das vorliegende Buch unmittelbar aus einer langjährigen Praxis heraus entstanden ist, wobei der neueste Stand der Technik des Rohrleitungsbaues in umfassender Weise zur Darstellung gelangt. Daß bei der Ausarbeitung dieses Buches die vorliegenden Unterlagen und Erfahrungen uneingeschränkt verwendet werden konnten, verdient besondere Anerkennung.

Das Werk wird unzweifelhaft in der Fachwelt auf großes Interesse stoßen, denn es wird eine fühlbare Lücke in der einschlägigen technischen Literatur schließen.

Hans Gerber

Professor für Hydraulische Maschinen
und Anlagen an der E.T.H. Zürich

Vorwort

Verfasser und Verlag empfanden im Schrifttum über Druckrohrleitungen eine Lücke, die sich durch die rasche technische Entwicklung im Kraftwerksbau zu verbreitern anschickte. So entstand das vorliegende Buch, welches sich in erster Linie an den Fachmann richtet. Der Inhalt befaßt sich nicht mit Theorie und Berechnungen. Darüber wird auf die reichlich vorhandene Fachliteratur verwiesen. Dem Verfasser war es hingegen ein Anliegen, gegenwärtige Aufgaben des Druckleitungsbaues in das wirkliche Geschehen des Kraftwerkbaues hineinzutragen. Dazu möchten die Hinweise über die Planung und Auslegung von Druckrohrleitungen dienen, wie sie sich aus der Berufstätigkeit ergeben haben.

Die Entwicklung auch auf diesem Sondergebiet der Technik wäre ohne fruchtbare gegenseitige Beeinflussung von Anforderung und Fortschritt undenkbar gewesen. Die Wirtschaftlichkeit dieses werkstoffintensiven Zweiges der Bautechnik erscheint dem Verfasser von besonderer Bedeutung. Die Materialfragen, die Sicherheit, die Druckschachtpanzerungen sowie die Druckverluste sind deshalb etwas ausgiebiger behandelt worden.

Dort, wo es aus der Erfahrung heraus möglich war, sind konkrete Angaben und Meinungsäußerungen zum Ausdruck gebracht worden. Manche dargelegte Ansicht beruht jedoch auf dem persönlichen Erleben in der Berufstätigkeit.

Es wäre sicher verfrüht, dem Druckleitungsbau eine Zukunft abzusprechen. Dies kann höchstens für die Alpenländer gelten. Die riesigen Vorräte an Wasserkraft außerhalb Europas rechtfertigen aber die Weiterentwicklung in der begonnenen Richtung nach großen Anlagen. Dabei möchte das vorgelegte Buch mithelfen.

Winterthur, im August 1968

Walter E. Müller

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Gesichtspunkte	1
1.1 Übersicht	1
1.2 Planung	7
1.3 Bauarten von Druckrohrleitungen	10
1.31 Offen verlegte Druckleitungen	11
1.32 Im Stollen verlegte Druckleitungen	13
1.33 Eingedeckte Druckrohrleitungen	14
1.34 Druckschachtpanzerungen	15
1.35 Verteilrohrleitungen	18
1.36 Wasserschlösser	20
1.4 Auslegung von Druckrohrleitungen	21
2. Konstruktion	25
2.1 Werkstoffe	25
2.11 Eigenschaften der Stahlbleche	25
2.12 Bruchverhalten der Werkstoffe	28
2.13 Schweißbarkeit der Werkstoffe	29
2.14 Oberflächenbeschaffenheit und Gleichmäßigkeit der Stahlbleche	29
2.15 Prüfung der Werkstoffe	30
2.16 Werkstoffabnahmen	35
2.17 Zusatzwerkstoffe (Elektroden)	36
2.18 Werkstoffe für Zubehörteile	36
2.2 Werkstoffforschung	37
2.21 Prüfung der Kerbzähigkeit	37
2.22 Metallkundliche Untersuchungen	39
2.23 Aufschweißbiegeprobe	40
2.24 Alterungsanfälligkeit	42
2.25 Untersuchungen nach PELLINI	43
2.26 Explosionsversuche	47
2.27 Hochfeste und vergütete Stähle	49
2.28 Schweißbarkeit und Wärmebehandlung	51
2.29 Werkstoffbeurteilung	52
2.3 Werkstoffe und Verbindungen älterer Druckleitungen	53
2.4 Herstellung der Rohre	57
2.41 Fertigung	57
2.42 Schweißungen	60
2.43 Prüfungen und Kontrollen	62
2.44 Toleranzen	63

2.5	Kräfte und Spannungen	64
2.51	Begriff der Sicherheit	66
2.52	Zulässige Beanspruchung	68
2.53	Sicherheitsfaktoren.	70
2.54	Rechnungsbeispiel	75
2.6	Statische Berechnung von Druckleitungen	76
2.61	Glattwandige Rohre	76
2.611	Tangentialspannung (Ringspannung)	76
2.612	Radialspannungen	77
2.613	Längsspannungen	77
2.614	Vergleichsspannung	78
2.62	Bandagierte Rohre	79
2.63	Außendruckbelastung	81
2.64	Einfluß von Unrundheiten	82
2.65	Berechnung von Flanschen und Schrauben	83
2.66	Berechnung von Mannlöchern und Stützen	84
2.67	Berechnung der Auflagerung und Abstützung	85
2.68	Berechnung der Festpunkte	87
2.7	Statische Berechnung von Druckschichtpanzerungen	89
2.71	Berechnung auf Innendruck	89
2.72	Berechnung von Doppelpanzerungen auf Innendruck	95
2.73	Berechnung auf Außendruck	98
2.74	Berechnung von Doppelpanzerungen auf Außendruck	104
2.8	Berechnung von Verteilrohrleitungen	106
2.81	Verteileitungssysteme	107
2.82	Berechnung von Abzweigrohren	110
2.9	Ausbildung der Konstruktionsteile	112
2.91	Längenprofil	113
2.92	Verankerung.	115
2.93	Expansionsrohre und Mannlöcher	116
2.94	Rohrabstützungen	117
2.95	Verteileitungsplan	119
2.96	Abzweigrohre	123
2.97	Wasserschlosser	129
2.98	Schweißverbindungen	130
3.	Strömungsverhältnisse und Druckverluste	132
3.1	Hydraulische Grundlagen und Beziehungen	132
3.2	Begriff der Rauigkeit	135
3.3	Druckverlustmessungen an Druckleitungen und Druckschächten	137
3.4	Druckverluste in Krümmern	141
3.5	Druckverluste in Hosenrohren, Abzweigrohren und Verteilrohrleitungen	145
3.51	Übersicht	145
3.52	Druckverluste im Hosenrohr	147
3.53	Druckverluste in Abzweigrohren	148
3.54	Druckverluste in ganzen Verteilrohrleitungen	153

4. Montage von Druckrohrleitungen	155
4.1 Transporte	156
4.2 Montagetarbeiten	159
4.3 Prüfung und Überwachung.	160
5. Rostschutz	161
5.1 Allgemeines	161
5.2 Rostschutzmaßnahmen	162
5.3 Reinigung und Entrostung.	163
5.4 Grundanstrich	164
5.5 Deckanstrich.	166
5.6 Ausführungsarbeiten	166
6. Beschreibung bedeutender Anlagen	167
6.1 Offen verlegte Druckleitung	167
6.2 Druckschachtpanzerung	173
6.3 Großkalibrige, offen verlegte Druckrohrleitung	179
6.4 Verteilleitung	183
Literaturverzeichnis	187
Sachverzeichnis	190