

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91/92 (1928)
Heft: 15

Artikel: Gewölbe-Staumauern mit abgestuften Druckhöhen
Autor: Maillart, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-42482>

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](#)

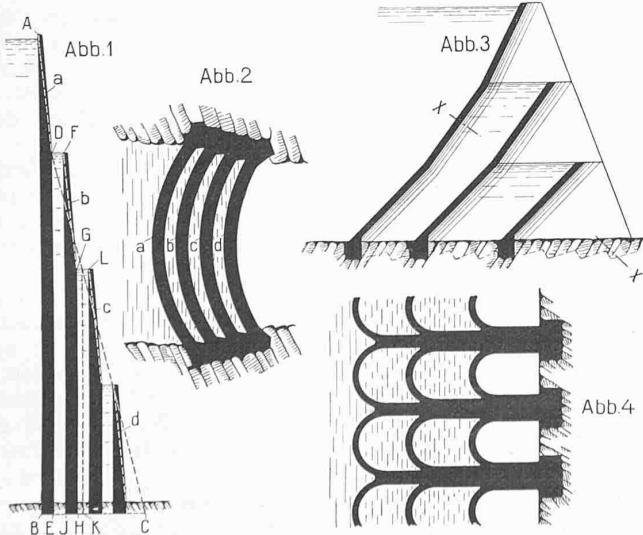
Download PDF: 22.02.2026

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

nachgeprüft. Die in der Tabelle aufgeführten Werte sind bestimmt aus den berechneten Verlusten. Die Zahl von 95,37 % bei Vollast und $\cos \varphi = 0,89$ scheint mir ziemlich hoch gegenüber wiederholt an modernen, ähnlichen Generatoren gemessenen Wirkungsgraden. Wahrscheinlich wird also die Turbine in der Tabelle etwas zu ungünstig beurteilt. (Meiner Schätzung nach bei Vollast um etwa 0,5 %)

Versuchsnr.	1	2	3
Belastung	1/1	3/4	1/2
Anfang	10h 17'	14h 35'	15h 56'
Ende	11h 17' 46"	15h 35' 19"	16h 52' 19"
Dauer	sek 3646	3619	3379
Gemessene Kondensatmenge	kg/h 52768	42542	28821
Kondensattemperatur	°C 30,3	28,6	26
Stopfbüchsen-Dampfverlust	kg/h 162	60	30
Dampfverbrauch	kg/h 52930	42602	28851
(1) Frischdampftemperatur	°C 382	367,8	356
(1) Frischdampfdruck	at a 20,1	20,1	20,3
(2) Druck vor dem ersten Leitrad	at a 18,45	14,66	9,73
Druck im Abdampfstutzen an der Stelle A	at a 0,054	0,0475	0,041
Zugehörige Sättigungstemperatur °C	33,9	31,65	29
Temperatur im Abdampfstutzen in A und B	°C 31,4	29,45	26,27
(3) Druck am Kondensatoreintritt	at a 0,0522	0,0455	0,041
Adiabatisches Gefälle von (1) auf (3)	kcal/kg 250,9	250,8	250,4
Desgl. von (2) auf (3)	kcal/kg 248,3	240,4	226,5
Abgelesene Leistung	kW 12156	9467	6111
Korrigierte Leistung	kW 12177	9491	6122
$\cos \varphi$	0,89	0,835	0,85
Wirkungsgrad der Generatoren %	95,37	95,08	94,3
Dampfverbrauch	kg/kWh 4,35	4,49	4,71
Thermodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf Gefälle (1) bis (3) %	82,6	80,4	77,3
Desgl. bez. auf (2) bis (3) %	83,45	83,8	85,4
Kühlwasser-Eintrittstemperatur °C	18,1	18,7	18,95
Kühlwasser-Austrittstemperatur °C	24,2	23,7	22,35
(4) Durchgehende Dampfmenge, umgerechnet auf 350 °C (1 % pro 7 °C)	kg/h 55340	43685	29100
Wert (4) dividiert durch Wert (2)	2995	2980	2990

Die Uebereinstimmung der in der Tabelle zusammengestellten Ergebnisse mit den Zahlen, die Stodola in Wehrden fand, unter Berücksichtigung der Austrittsverluste, sowie der Parsons'schen Kennziffern, ist sehr befriedigend. Das erzielte Resultat dürfte für eine eingehäusige Turbine dieser Leistung bei gutem Vakuum als sehr günstig bezeichnet werden. Der Quotient $\frac{\sum u^2 z}{\text{adiab. Gef.}}$, bezogen auf das Gesamtgefälle, ist 2400.



Gewölbe-Staumauern mit abgestuften Druckhöhen.

Im Gegensatz zur primitiven Ausführungsart von Staumauern, wonach lediglich das Gewicht der Mauerwerkmasse benutzt wird, um den Wasserdruk auf den Baugrund zu übertragen, ist es heute mehr und mehr üblich, liegende Gewölbe anzuwenden, die je nach den örtlichen Verhältnissen sich entweder auf die Talhänge oder aber auf Zwischenpfeiler stützen. Solche Mauern benötigen weniger Baumaterial und unterliegen keinen nennenswerten Auftriebserscheinungen, die sonst bei Staumauern einen nicht genau zu bemessenden Umstand bedeuten.

Wenn jedoch infolge grosser Stauhöhe mit bedeutendem Wasserdruk zu rechnen ist, so ergeben sich auch für Gewölbe-Staumauern Schwierigkeiten in statischer Beziehung, sowie bezüglich der Dichtigkeit. Bei ausgeführten Gewölbe-Staumauern wurde etwa angenommen, es genüge, bei gegebenem Radius die Gewölbestärke in linearem Verhältnis zum Wasserdruk nach unten zu vergrössern, um einen Körper mit überall gleicher Druckbeanspruchung zu erhalten. Eine richtige Würdigung der statischen Verhältnisse zeigt aber, dass dies nicht der Fall ist.

Auf einen Querschnitt eines gleichmässigem Wasserdruk unterworfenen und gleichmässig dicken Gewölbes von Kreisbogenform wirkt bekanntlich außer der zentrisch wirkenden Ringkraft noch eine aus dem elastischen Verhalten des Gewölbes bedingte Zusatzkraft in der Richtung der Gewölbesehne, mit dem Schwerpunkt der Gewölbemittellinie als Angriffspunkt. Die Ringkraft ist dem Wasserdruk genau proportional und es bleiben somit die Ringspannungen die selben, wenn man die Gewölbestärke proportional zum Wasserdruk steigert. Die Zusatzkraft dagegen wächst nicht nur direkt proportional zum Wasserdruk, sondern auch annähernd proportional zum Quadrat der Gewölbestärke. Da die Zusatzkraft verhältnismässig klein, ihr Hebelarm aber bezüglich des Scheitel- und Kämpfer-Querschnittes bedeutend ist, ruft sie in diesen für die Beurteilung der Gewölbefestigkeit massgebenden Schnitten hauptsächlich Biegungsspannungen hervor, die bekanntlich umgekehrt proportional zum Quadrat der Gewölbestärke sind. Daraus folgt, dass die Zusatzspannungen angenähert proportional sind zum Wasserdruk und fast ganz unabhängig von der Gewölbestärke. Somit reicht es zur Innenhaltung einer gegebenen zulässigen Druckspannung nicht aus, wenn die Gewölbestärke nach unten linear zunimmt, sondern sie muss progressiv wachsen, also bei hohen Mauern viel Baumaterial erfordern. Eine nachteilige Nebenerscheinung bei wachsender Gewölbestärke ist dabei noch das Auftreten immer grösserer Zugspannungen aus der Zusatzkraft. Sie überwiegen in einzelnen Gebieten bald die aus der Ringkraft entstehenden Druckspannungen. In gleich ungünstigem Sinne wirken abnehmende Temperatur und Schwinden, und zwar wachsen hier die Spannungen in praktischen Verhältnissen fast proportional zur Gewölbestärke. Je dicker die Mauer, umso grösser kann auch der Temperaturunterschied zwischen den von Wasser und Luft berührten Mauerteilen werden, woraus ebenfalls zusätzliche Druck- und Zugspannungen entstehen. Im untern Teil der Staumauer wird die Gewölbewirkung durch das Anhaften am Baugrund gestört, und zwar je dicker die Mauer, umso weiterreichend. Die Gesamtzugspannungen werden aus alledem so gross, dass Risse zu erwarten sind. Wenn diese auch nicht unter allen Umständen die Standfestigkeit des Bauwerkes in Frage stellen, so geht doch die Klarheit der statischen Verhältnisse verloren und auch die Dichtigkeit wird eine Beeinträchtigung erfahren, sofern nicht der ganze Mauerwerkskörper durch und durch dicht ist. Durch zweckentsprechende Armierung können diese Uebelstände zwar verringert werden, aber die Armierungen bedeuten Mehrkosten, und es kann dieses Mittel, wenn Mauerwerk als Baumaterial gegeben ist, nicht zur Anwendung kommen.

Die erwähnten Nachteile können dadurch vermieden werden, dass statt einer einzigen Gewölbemauer deren

mehrere hintereinander ausgeführt werden, von verschiedener, nach der Luftseite hin abnehmender Höhe, wobei die Zwischenräume mit Wasser gefüllt werden. Diese Idee sei hier in zwei Varianten (Abb. 1 bis 4, Seite 183) in schematischer Art dargestellt.

Es sei AB (Abb. 1) die hier vertikal angenommene Fläche, auf die der Wasserdruk wirkt. Die punktierte gekrümmte Linie ADC ist die luftseitige theoretische Umrisslinie einer Gewölbemauer, in der die als zulässig erachtete Druckspannung in allen Höhenlagen gerade erreicht wird. (Die Dicke wächst gemäss den vorangehenden Darlegungen nicht proportional zum Wasserdruk, sondern progressiv.) Die wirkliche Umrisslinie wird diese theoretische Linie gemäss praktischen Erwägungen umschreiben. Unsere erste Mauer a ordnen wir nun so an, dass ihre luftseitige Fläche diese theoretische Linie nur in ihrem obersten Teile AD umschreibt, von einem gewissen Punkte D an aber parallel zu AB gemäss DE verläuft. Der Punkt D wird dabei zweckmässig so gewählt, dass die Dicke BE so klein bleibt, dass keine oder doch nur ganz geringe Zugspannungen aus Zusatzkraft und Temperatur auftreten. In beliebigem Abstand der Mauer a wird eine zweite Mauer b errichtet, die in ihrem obersten Teile FG wiederum gemäss dem obersten Teile der Kurve ADC zu formen ist und wiederum eine durch die vorgenannten Erwägungen begrenzte Dicke JH erhält. In gleicher Weise werden weitere Mauern c, d . . . soweit nötig angeordnet.

Der Gesamtquerschnitt und damit der Kubikinhalt aller dieser Mauern ist kleiner als der Querschnitt und damit der Kubikinhalt der Einzelmauer. Denn die Kurve ADC verläuft nach früher Gesagtem unten weniger steil als oben. Nun wird der obere Teil der zweiten Mauer b als Umhüllung der Kurve FG ausgeführt, die genau gleich geformt und gerichtet ist, wie das Kurvenstück AD. Die Mauer b wird also dünner ausfallen und damit einen geringeren Inhalt besitzen, als das durch sie ersetzte Stück DEKL einer Einzelmauer, das oben durch die flachere Kurve DL begrenzt ist. Diese Materialersparnis wird bei den folgenden Mauern c, d . . . verhältnismässig noch grösser. Daraus erhellt ein grosser wirtschaftlicher Vorzug; die zum grössten Teil gleich bleibende Dicke der Gewölbe gestattet zudem eine einfache und damit billige Ausführung. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nun die Mauerwerkskörper nicht mehr aus durch und durch wasserdichtem Material zu bestehen brauchen, da die Rissbildung infolge Ausschaltung der Zugspannungen vermieden ist und somit wasserseitig angebrachte Dichtungsschichten genügen. Solche müssen nun allerdings auf dem Rücken aller Einzelgewölbe angebracht werden, aber sie haben dafür nicht dem ganzen, sondern nur dem der Höhendifferenz zweier benachbarter Mauern entsprechenden Wasserdruk zu genügen. Daraus erhellt, dass die Anordnung auch eine wesentlich grössere Gewähr für Dichtigkeit darbietet als Staumauern nach bisheriger Ausführungsart, deren Abdichtung dem durch die gesamte Stauhöhe bedingten Wasserdruk zu genügen hat. Da die einzelnen Gewölbe keine grosse Dicke erreichen, und überdies zum grossen Teile beidseitig von Wasser bepräst sind, wird die Gefahr der ungleichen Erwärmung

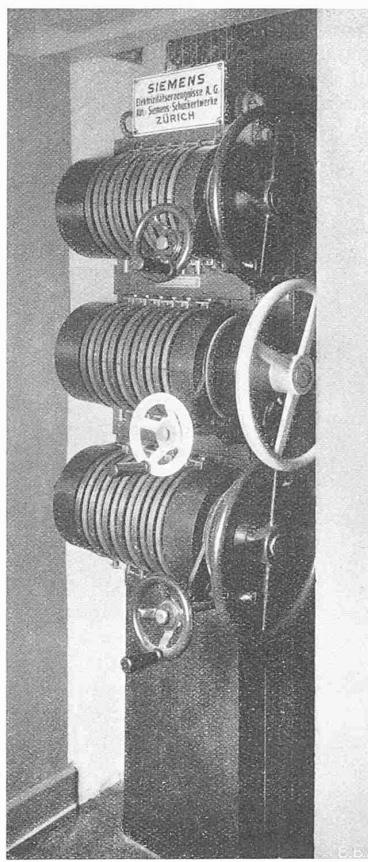


Abb. 26. Stellwerk für die Saalbeleuchtung.

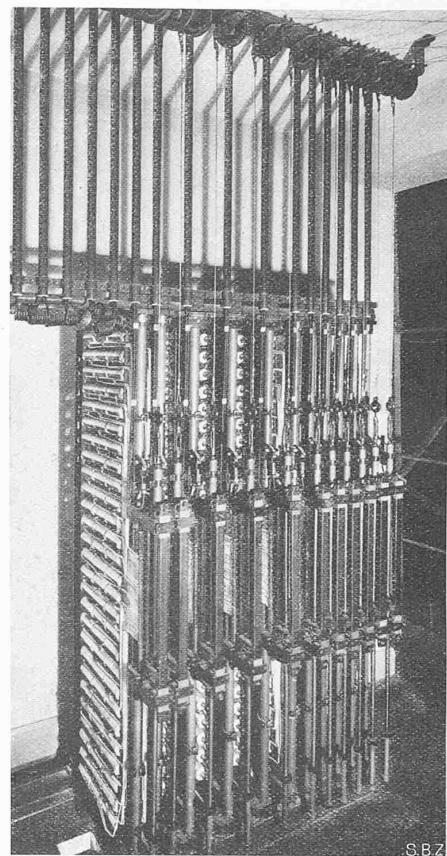


Abb. 27. Regulierwiderstände zum Stellwerk.

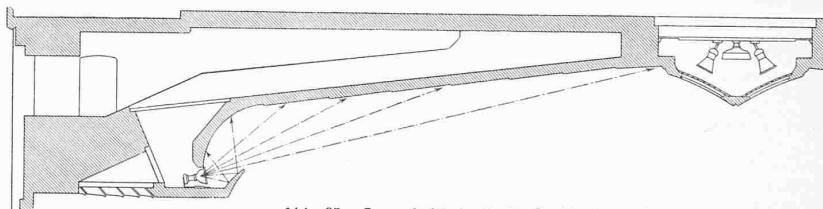


Abb. 25. Querschnitt durch die Saaldecke. — Masstab 1:100.

beider Seiten auf ein Mindestmass gebracht. Dann wird auch vermöge der Schlankheit der Mauern die Einspannung an der Sohle die statischen Verhältnisse weniger stören, als es bei einer dicken Einzelmauer der Fall ist. Endlich wird der Druck der Widerlager auf den Baugrund bei Anordnung mehrerer Mauern besser verteilt und zwar ganz besonders dann, wenn die Fundamente zu einem einzigen Körper zusammengefasst werden (Horizontalschnitt Abb. 2). Die Abb. 3 und 4 zeigen eine Variante mit Zwischenpfeilern, wobei die Gewölbe in einer für die Beanspruchung der Pfeiler günstigen Weise schräg gestellt sind.

Es ist nicht zu verkennen, dass in der Meinung hervorragender Ingenieure sich eine Wendung zu Gunsten der Bogen-Staumauern vollzieht. Deshalb dürfte diese, im Jahre 1924 verfasste kurze Darlegung heute ein gewisses Interesse bieten.

Die Abstufung der Druckhöhen ist schon 1894 vom französischen Ingenieur Boulé für Gewicht-Staumauern und 1912 vom italienischen Ingenieur Rutenberg für auf Pfeiler gestützte Eisenbetonplatten vorgeschlagen worden.¹⁾ Dabei sind aber konstruktive Vorteile nicht ersichtlich, sondern es ergibt sich im Gegenteil ein Mehraufwand an Material, während die Ersparnisse bei Gewölbe-Staumauern bedeutend sind. Laut „Génie Civil“ vom 17. März d. J. wird die Idee der abgestuften Staumauern von Mesnager

¹⁾ Vergl. Band 69, Seite 115*. Vergl. ferner auch die Staumauer „Le Sautet“ in „S. B. Z.“ Seite 60* lfd. Bds. (4. Februar 1928). Red.

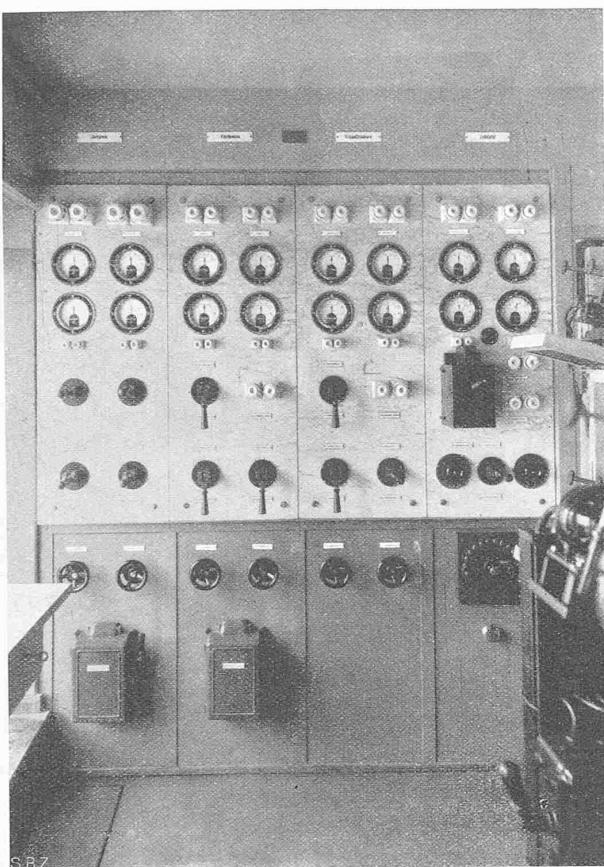


Abb. 28. Schalttafel der Kino-Operateur-Kabine.

und Veyrier aufgegriffen mit Rücksicht auf die Möglichkeit starker Ueberflutung, die bei ungebrochenem Gefälle die Gefahr der Unterwaschung des luftseitigen Fusses der Mauern in sich birgt.

Bei dieser Bauart ist natürlich im Betriebe darauf zu achten, dass die Zwischenbecken stets entsprechend dem Wasserstand des Staubeckens gefüllt oder entleert sind. Angesichts der langsamen Variation des Wasserstandes des Staubeckens erscheint eine auf Nachlässigkeit zurückzuführende Gefahr in dieser Beziehung kaum möglich. Immerhin wären automatische Vorrichtungen zur Regulierung der gegenseitigen Wasserstände ratsam und auch leicht auszuführen.

R. Maillart, Ing.

Das Kino-Theater SCALA in Zürich.

(Schluss von Seite 150).

Die elektrische Licht- und Kraft-Anlage¹⁾. Schon frühzeitig wurde bei der Projektierung dieses Theaterbaues auch der Beleuchtung besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die zu lösende Aufgabe bestand darin, die übliche schreiende Lichtreklame in eine geschmackvolle Form zu kleiden und in den Innenräumen, hauptsächlich im Theatersaal, an Stelle der bis anhin gebräuchlichen, unzweckmässigen und unwirtschaftlichen Beleuchtungen mit offenen blendenden Lampen an Leuchterz, eine Beleuchtung zu schaffen, die die Architektur des Raumes im Sinne der neuzeitlichen Bestrebungen der Lichtwirtschaft zur vollen Geltung bringt. Ausserdem soll durch Farbentonung beim Besucher eine warme, wohltuende Stimmung ausgelöst werden. Ferner war vorausgesetzt, dass alle Vorkehrungen getroffen werden, die die Vorschriften und die Technik, sowohl für die Sicherheit der Besucher, als auch für den Schutz des Bedienungs- Personals, für notwendig erachten. Für die Ausführung der

Anlage war der Aufbau des Geschäftshauses über den Theaterräumen noch besonders zu berücksichtigen.

Die elektrische Installation zerfällt in die Lichtanlage, die an das städtische Wechselstromnetz von 2×220 V, und die Kraftanlage, die an das Drehstromnetz von 500 V angeschlossen ist. Ausser je einer Licht- und einer Kraftleitung für die beiden Geschäftshäuser und je zwei Leitungen für die Beleuchtungen in den zwei Treppenhäusern sind für die Lichtversorgung des Theaters zehn Hauptleitungen abgezweigt. Durch diese etwas grosse Aufteilung der Hauptleitungen konnten einerseits deren Querschnitte in mässigen Grenzen gehalten werden, während anderseits die Unterbruchgefahr bei Störungen auf kleine Anlageteile beschränkt wird. Vor der Hauptsicherung der Kinobeleuchtung, also unabhängig von allen Hauptleitungen, ist ausserdem die sogenannte Panikbeleuchtung abgezweigt, die im mittlern Leuchtbau (Raupe) angeordnet ist und mit einem am Saaleingang befindlichen Schalter jederzeit und von jedermann bedient werden kann.

Die Hauptverteiltafel im II. Untergeschoss, sowie alle weiteren zehn Verteiltafeln für Reklame, im Parterre, Balkon, Galerie, Schnürboden und die Saalbeleuchtung sind Fabrikate der Firma Carl Maier in Schaffhausen; sie sind so angeordnet, dass die Zugänglichkeit sehr gut gewahrt und auch die Rückseite der Tafeln von dem üblichen Wirrwarr von Drähten befreit ist.

Während für die Mehrzahl der Räume die halb-indirekte oder direkte Beleuchtung in eigens der Architektonik angepassten Leuchtkörpern zur Anwendung gelangte, wurde für den Saal die ganz indirekte Beleuchtung gewählt. So wohl vom architektonischen als auch vom lichttechnischen Standpunkt aus war es ratsam, die Scheitellinie der Saaldecke durch eine Verzierung zu unterbrechen und durch direkte Beleuchtung dieses Doppelband (Raupe) aufzuhellen (Abb. 25). Ebenso war es notwendig, dem unter der Galerie liegenden hintern Teil des Parketts durch Einbau von ähnlichen Beleuchtungskörpern an der Galerieuntersicht so aufzuhellen, dass ein Helligkeits-Unterschied gegenüber dem vordern Teil nicht wahrnehmbar ist (vergl. auch die Abbildungen in Nr. 10).

Für die indirekte Deckenbeleuchtung haben umfassende Versuche ergeben, dass gewöhnliche Lampen in Emailreflektoren oder Leuchtrinnen für die gegebenen Abmessungen nicht ausreichen, und eine weitere Unterteilung der Decke in zwei Leuchtfelder architektonisch störend und für den Betrieb unwirtschaftlich sich gestalten. Die Verwendung von Spiegelreflektoren verschiedener Fabrikate an einer Musterdecke zeitigte Resultate, die die errechneten Beleuchtungstärken übertrafen und eine einwandfreie indirekte Beleuchtung auch in wirtschaftlicher Beziehung erwarten liessen. Eine besondere Anordnung der Reflektoren in der Voute ermöglichte, den Abstand der Leuchtfstellen auf 86 cm zu bemessen und dazwischen noch zwei Reflektoren für farbige Beleuchtung einzubauen. Die ganze Länge des Leuchtgessimses wurde mit Reflektoren besetzt (Abb. 25) und zwar mit je 64 Stück für die weisse, für die rote und für die blaue Beleuchtung. Die Wahl der Spiegelreflektoren entfiel auf das Fabrikat der Firma Siemens-Schuckert, der ebenfalls die Lieferung der Verdunklungswiderstände für die Saalbeleuchtung und die gesamte Bühnenbeleuchtungseinrichtung übertragen wurde.

Alle Spiegelreflektoren sind mit Cellonfiltern weiss, rot oder blau abgedeckt, um beim weissen Licht eine störende Schlierenbildung zu verhindern und beim farbigen Licht eine gleichmässige und in den Nuancen ausgeglichene Farbwirkung zu erzielen. Für die weisse Beleuchtung sind Osram-Nitra-Lampen von 150 Watt, also total $64 \times 150 = 9600$ Watt, und für jede der Farben 200 Watt, insgesamt pro Farbe 12800 Watt eingeschraubt. In der sogenannten Raupe sind pro Farbe 23 Lampen eingebaut, und zwar von je 100 Watt für die weisse, 150 Watt für die rote und 200 Watt für die blaue Farbe. Auch in den Beleuchtungskörpern unter der Galerie ist das Dreifarben- system durchgeführt; es sind dort 50 Lampen zu 25 Watt

¹⁾ Nach Mitteilungen von C. Schedler, Assistent des E.-W. Zürich.