Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 2

Artikel: Hochdruck-Gasspeicheranlage im Gaswerk Aarau
Autor: Bremi, Th.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83022

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: 08.08.2025

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

INHALT: Hochdruck-Gasspeicheranlage im Gaswerk Aarau. — Wettbewerb für die Seeufer-Gestaltung der Stadt Zug. — Technische Gesichtspunkte zur Beurteilung schweizerischer Verkehrsfragen. — Der 12. Internationale Eisenbahn-Kongress, 1933. — Mitteilungen: Röntgenprüfung von Eisen und Stahl. Holzhauswettbewerb des SWB und der „Lignum". Die Vorhersage unmittelbar bevorstehender Erdbeben. Eisenbahn-Unfall bei Cartersville. Die Storström-Brücke in Dänemark. Verband der Schweizerischen Studentenschaften, Studienreisen ins Ausland. Graphische Sammlung der E. T. H. Schweizer. Wasserwirtschaftsverband. Rundfrage betr. Berufsbild des Ingenieurs und Architekten. — Nekrologe: Wilhelm Bracher. Emil Henzi. — Wettbewerbe: Seeufergestaltung Rorschach. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 102 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 2

Hochdruck-Gasspeicheranlage im Gaswerk Aarau.

Von TH. BREMI, Dipl. Ing., Winterthur.

1. ALLGEMEINES.

Das Gaswerk Aarau, das neben der Stadt selbst acht Aussengemeinden versorgt, hatte im Laufe der letzten Jahre eine Steigerung der Gasabgabe zu verzeichnen, die eine wesentliche Vergrösserung der Speicheranlage notwendig machte. Die vorhandenen Niederdruck-Gasbehälter von insgesamt 3300 m³ waren für eine mittlere Tagesabgabe von 6060 m³ im Jahre 1929 nicht mehr befriedigend (vergl. Abb. 1). Bei weiterer Steigerung des Verbrauches hätte sich in den Spitzenzeiten eine übermässige Schwankung in der Ofenausnützung ergeben müssen.

Nachdem nun die vom Gaswerk entfernt liegenden grössern Verbrauchszentren zur Erzielung gleichmässigen Druckes schon mit kleinern Niederdruckbehältern ausgerüstet waren, musste eine Vergrösserung der Akkumulier-Anlage im Gaswerk selbst ins Auge gefasst werden. Bei der Wahl des Systems waren neben der Frage der Wirtschaftlichkeit noch ganz verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

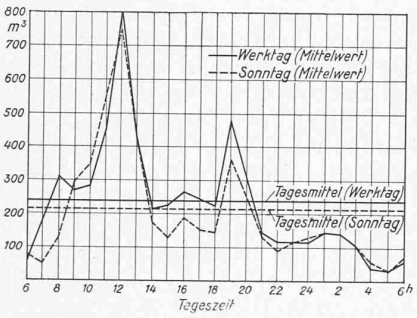


Abb. 1. Mittleres Tages-Belastungsdiagramm des Gaswerkes Aarau im Dezember 1931.

Einerseits stand auf dem Werkareal, das als schmaler Streifen zwischen Stadt und Aare eine beliebige Erweiterung erlaubt, wenig Bodenfläche zur Verfügung, anderseits war ein turmartiger Aufbau, wie er sich bei teleskopierten Niederdruckbehältern ergibt, mit Rücksicht auf die dahinterliegenden Wohnhäuser nicht angängig. Und schliesslich war bei der schwer zu überblickenden Entwicklung der Bevölkerungsdichte der Gegend darauf Bedacht zu nehmen, eine erweiterungsfähige Speicheranlage zu schaffen, die vorerst den derzeitigen Verhältnissen genügt, nach Bedarf aber ohne grosse Kosten und ohne Betriebstörung für die vorhandene Installation vergrössert werden kann. Mit Rücksicht auf alle diese Bedingungen entschied sich die Gaswerkleitung für Hochdruck-Speicherung als zweckmässigste Lösung und konnte im Mai 1930 die von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur erbaute Anlage in Betrieb nehmen.

2. AUFBAU DER SPEICHERANLAGE.

Abb. 2 zeigt die schematische Anordnung der gesamten Anlage, deren Behälter hinter dem bestehenden Niederdruck-Behälter aufgestellt sind, während die Maschinenanlage in das benachbarte Reglergebäude verlegt ist. Der zweistufige Rotations-Kompressor, System „S.L.M.-Winterthur" ist für eine stündliche Ansaugeleistung von 280 m³ bei einem max. Druck von 6 at und einer Drehzahl von 980 Uml/min gebaut. Diese Kompressor-Bauart, die zufolge der Anpassung der Drehzahl an die normalen Drehstrom-Drehzahlen eine direkte Kupplung mit den Antriebmotoren erlaubt, ergibt durch die Unterteilung der Kompression in viele einzelne Zellen einen ganz gleichmässigen Gasstrom, was besonders für die Leuchtgasindustrie als wesentlicher Vorteil gegenüber der Förderung mit Kolbenkompressoren hervorzuheben ist. Die beiden kurz gekuppelten, mit Spezial-Abdichtungen ausgerüsteten Kompressorstufen sind mit einer von der Welle aus angetriebenen Schmierpumpe zu einem auf kleinstem Raum unterzubringenden und wartungslos arbeitenden Aggregat vereinigt (vergl. Abb. 4).

Das Gas fliesst dem Kompressor aus einer an die Niederdruckbehälter-Ausgangsleitung angeschlossenen Zweigleitung zu, und wird in der ersten Stufe auf 1,7 at verdichtet. In einem Zwischenkühler wird es hierauf von 80° C auf Ansaugetemperatur rückgekühlt und darauf in der zweiten Stufe auf den Speicherdruck von max. 6 at komprimiert. Mit 80 bis 90° C verlässt das Gas die Maschine, durchströmt eine Rückschlagklappe und wird in einer rd. 30 m langen, zum Teil durch einen Rohrkeller (vergl. Abb. 3), zum Teil in festgestampftem Boden verlegten Rohrleitung den drei Hochdruckbehältern zugeführt. Auf diesem Wege kühlt sich das Gas schon annähernd auf Umgebungstemperatur ab, sodass die Hochdruckspeicher vom Gas nur unwesentlich erwärmt werden. Die Gasentnahme erfolgt durch die selbe Druckleitung und führt über einen Hochdruck- und einen Niederdruck-Membranregler zum Stadtnetz.

Der Antriebmotor des Kompressors, ein offener 6-poliger Drehstrom-Motor mit angebautem Zentrifugalanlasser, ist in einem getrennten Raum untergebracht und durch eine in einer Mauerstopfbüchse drehende Wellenverlängerung mit dem Kompressor verbunden. Im gleichen, nur von aussen und nicht vom Reglergebäude aus zugänglichen Raum sind auch die elektrischen Apparate zur Automatisierung eingebaut. Diese letzte (vergl. Abb. 5) ist so durchgebildet, dass der Kompressor bei Erreichen des maximalen Behälterdruckes sofort stillgesetzt wird. Umgekehrt kommt die Anlage automatisch wieder in

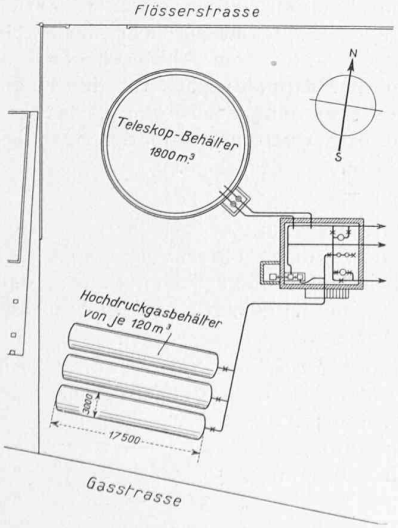


Abb. 2. Schema der Speicheranlage, 1 : 800.

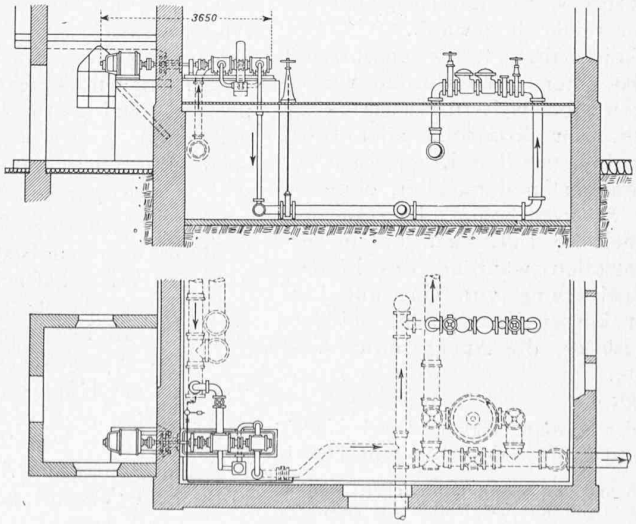


Abb. 3. Kompressoren- und Regleranlage; Grund- und Aufriss, 1 : 150.

K Kontaktschalter für den Behälterdruck
H Handschalter
A Automatischer Oelschalter
T Transformator für den Steuerstrom
S Sicherungen

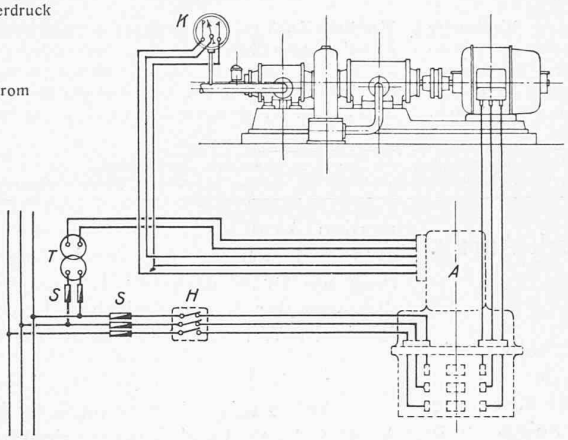


Abb. 5. Schema der elektrischen Schaltung.

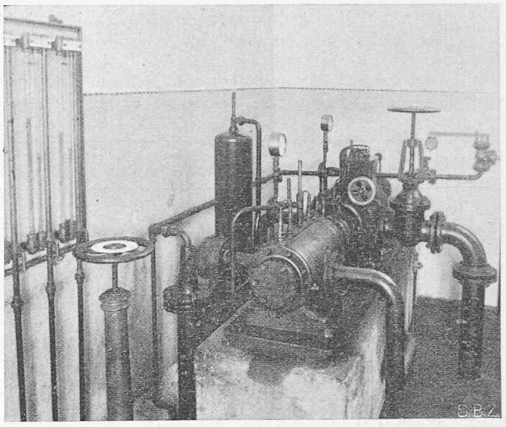


Abb. 4. Ansicht des Kompressors.

Gang, wenn der Behälterdruck auf ein beliebig einstellbares Minimum abgesunken ist. Von einer weitergehenden Automatisierung durch elektrische Apparate im Sinne der der Erstellerfirma für solche Anlagen geschützten Anordnung konnte ohne weiteres Umgang genommen werden, weil das Aggregat unter der ständigen Aufsicht des Werkpersonals steht. Abgesehen von der Bedienungserleichterung, wird durch diese Apparatur sowohl die Betriebsicherheit der Maschinenanlage selbst als auch jene des Speicherbetriebes überhaupt wesentlich erhöht. Die vollständige Trennung der elektrischen Apparate vom Gasraum ermöglicht die Verwendung normaler Modelle, ohne besondere Kapselung gegen allfällige Funkenbildung.

Die drei Hochdruckbehälter, liegende Zylinder von 17,5 m Länge und 3 m Durchmesser, sind vollständig elektrisch geschweisst und durch Höhn'sche Laschen verstärkt (Abb. 6). In einem der beiden in Korbbogenform ausgeführten und mit Mannlöchern versehenen Böden sind die Anschlüsse für die Druckleitung, für das Manometer und für das Sicherheitsventil angebracht. Dieses letzte ist zum Schutz gegen Witterungseinflüsse in den Kompressorenraum verlegt und durch eine geschweisste Stahlrohrleitung einerseits mit den drei Behältern, anderseits mit der Saugleitung verbunden. Es ist als gewichtbelastetes, stopfbüchsenloses und daher reibungsfreies Ueberdruckventil ausgebildet und ist der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik als Spezialkonstruktion geschützt. Am tiefsten Punkt der mit etwa 1 ‰ Neigung aufgestellten Behälter ist je ein Kondensatablass mit doppeltem Verschluss angebracht. Jeder Kessel ruht auf vier sattelförmigen Betonfundamenten, von denen jedes im Normalbetrieb nur 6 t auf den Boden zu übertragen hat. Diese Belastung erhöht sich aber bei der nach schweizerischer Vorschrift alle sieben Jahre durchzuführenden Wasserdruckprobe auf 36 t. Das den Rohranschlüssen zunächst liegende Fundament ist als Fixfundament ausgebildet, während die andern ein Gleiten des Kessels bei Temperaturschwankungen zulassen. Am hintersten Fundament können, je nach der Intensität der Sonnenbestrahlung, Verschiebungen bis zu 5 mm auftreten. Die Bemessung der Fundamente wurde mit Rücksicht auf die spätere Erweiterung sehr reichlich gewählt.

Da die Behälter in Winterthur fertig geschweisst und der amtlichen Druckprobe unterworfen worden waren, konnte am Aufstellungsort von einer weitern Wasserfüllung Umgang genommen werden. Zur Kontrolle aller Dichtungen wurden die Kessel zuerst mit dem Kompressor auf 6 at Luftdruck abgepresst, entleert und nachher, ohne die Luft vorerst durch Wasser zu verdrängen, langsam mit Niederdruckgas gefüllt, wobei die Luft nach unten verdrängt wurde. Die Gaskontrollen während des Füllens ergaben, dass keine Durchwirbelung von Gas und Luft auftrat, sodass nach einem kurzen Nachspülen, bei dem das Gas zum Luftaustritt ausblies, die Anlage unter Gasdruck gesetzt werden konnte.

3. BETRIEBSERFAHRUNGEN.[1])

Im allgemeinen wird die Anlage während der Nacht bei kleinstem Gaskonsum und billigstem Strom auf Druck gebracht und am Tage über die Spitzenzeiten nach Bedarf entleert. Die durchschnittliche tägliche Umsetzung beträgt zurzeit rd. 900 m³ bei einem Energieverbrauch von 115 kWh. Das durch die Kompression ausfallende Wasser (sowie das Schmieröl) wird in einem hinter den drei Behältern liegenden Wassertopf zum grössten Teil aufgefangen, und zwar ergab sich eine durchschnittliche Menge von etwa 1,25 l pro 100 m³ Gas. Gleichzeitig erfolgt auch eine Ausscheidung von Naphthalin, das demzufolge nicht mehr in das Niederdrucknetz gelangt; im Gegenteil scheint sich das in den Spitzenzeiten eingesetzte naphthalinarme Gas aus den Hochdruckbehältern, im Stadtnetz mit dem durch das Oel gelösten Naphthalin anzureichern und damit das Leitungsnetz zu reinigen. Tatsächlich sind in den vergangenen drei Betriebsjahren weniger Naphthalinverstopfungen aufgetreten als früher. Im übrigen ist keine wesentliche Aenderung der Gaszusammensetzung durch die Kompression und nachfolgende Expansion festzustellen.

Die mechanische und elektrische Apparatur arbeitet störungslos. Die besondere Beobachtung der Druckleitungsdichtungen, die zufolge der ständigen Temperaturschwankungen ungünstigen Bedingungen unterliegen, hat ergeben, dass diese Pulsationen keinerlei nachteilige Folgen haben. Anfängliche störende Geräusche, die vom Kompressor durch die Leitungen bis auf die Behälter übertragen wurden, konnten durch Einbau von Blenden gedämpft werden (vergl. Bulletin der Schweiz. Gas- und Wasserfachmänner Nr. 4, 1932).

Das Wandern der Kessel unter dem Einfluss der ungleichmässigen Sonnenbestrahlung wird durch die oben erwähnte Fixierung vollständig beherrscht. Die durch die Erwärmung der Reservoirs hervorgerufene Erhöhung des Gasdruckes ist als Parallel-Erscheinung zum Ansteigen der Niederdruckbehälter bei hellem Wetter („Sonnengas") zu bewerten und wurde durch einen hellen, etwas reflektierenden Anstrich vermindert. Zweckmässig war auch die Einstellung eines um 0,5 at unter dem Abblasedruck des Sicherheitsventils liegenden Maximaldruckes für den Kompressor, weil sonst alles „Sonnengas" durch das Sicherheitsventil in die Saugleitung abströmen und der Speicherung verloren gehen würde.

4. WIRTSCHAFTLICHKEIT.

Die bisherigen Betriebsergebnisse erlauben in Verbindung mit den Erstellungskosten ein zuverlässiges Bild über die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu entwerfen, das durch Gegenüberstellung einer Niederdruckanlage gleicher Kapazität an Interesse gewinnt.

Die Anlagekosten der *Hochdruck-Speicheranlage* mit 3 × 120 m³ Hohlraum, also bei 6 at Betriebsdruck 6 × 360 = 2160 m³ Speichervolumen betragen:

a) Kompressor- und Regleranlage	Fr. 10 660.—	=	16,4 %
b) Behälteranlage mit Rohrleitungen	„ 51 390.—	=	79 %
c) Bauliche Veränderungen	„ 3 060.—	=	4,6 %
	Fr. 65 110.—	=	100 %

[1]) Die Unterlagen für diesen und den folgenden Abschnitt wurden mir zum Teil von den Herren Dir. Grob und Dr. Rösler des Gaswerks Aarau zur Verfügung gestellt, wofür ich ihnen meinen Dank ausspreche.

Abb. 6. Transport eines Hochdruck-Speicherkessels von 17,5 m Länge und 3 m ∅ durch die Stadt Aarau.

Die jährlichen Ausgaben seien in Kapitaldienst und Betriebskosten unterteilt. Bei erstgenannten wird mit einer Verzinsung zu 4 % gerechnet. Die Abschreibungen sind für Kompressor- und Regleranlage auf 15 Jahre, für Behälter, Rohrleitungen und für die Bauarbeiten auf 30 Jahre verteilt. Bei den Betriebskosten ist für a) und c) mit einem jährlichen Aufwand für Reparaturen von 2 % des Erstellungswertes gerechnet, während für die Behälteranlage der Unterhalt mit einem alle 5 Jahre zu erneuernden Anstrich zu 700 Fr. berücksichtigt ist. Die Energiekosten für die Kompression ergaben sich für 332 154 m³ Gas und einen Aufwand von 43 790 kWh (an dem vom EW Aarau eingebauten Kilowattstundenzähler gemessen), also 0,1315 kWh/m³, zu 0,566 Rp/m³. Dabei betrug der Preis für Nachtstrom (im Jahre 1931) 4,09 Rp/kWh, für Tagesstrom 8,43 Rp/kWh, wobei 95 % der Laufzeit auf Niedertarif, 5 % auf Hochtarif entfielen. Fügen wir schliesslich noch die Kosten für Schmieröl hinzu, die mit 1,5 gr/kWh oder 0,198 gr/m³ Gas mit einem Oelpreis von 70 Fr. pro 100 kg einen Betrag von 0,014 Rp/m³ ergeben, so erhalten wir als Kompressionskosten zusammen *0,58 Rp/m³* Gas. Setzen wir nun als maximale Tagesleistung einmaliges vollständiges Auffüllen und Entleeren der Behälter, also 2160 m³ fest, so ergibt sich für 365 Tage eine Gesamtleistung von 788 000 m³, die die folgenden Kostenanteile für die Speicherung zu tragen hat:

Kapitaldienst:	Verzinsung	Fr.	2600.—	55 % fester Anteil
	Abschreibungen	„	2528.—	
Betriebskosten:	Unterhalt	„	420.—	
	Kompressionskosten	„	4465.—	45 % Anteil bei max. jährl. Ausnützung
	Kosten für Oel	„	110.—	
		Fr.	10123.—	= 100 %

Aus den vorstehenden Werten ist das Diagramm Abb. 7 aufgebaut, das die einzelnen Kostenanteile in Funktion der Ausnützung über ein Jahr enthält.

Für eine gleich grosse *Niederdruckanlage,* bestehend aus einem einfach teleskopierten Behälter mit einem Durchmesser von 16 m und einer Gesamthöhe von 14 m, ergeben sich folgende Anlagekosten:

a) Behälter 2160 m³	Fr.	97 000.—	=	79,5 %
b) Fundamente	„	16 000.—	=	13 %
c) Rohrleitungen	„	5 500.—	=	4,5 %
d) Heizung	„	3 500.—	=	3 %
	Fr.	122 000.—	=	100 %

Für die jährlichen Ausgaben sei wieder mit einer Verzinsung des Anlagekapitals zu 4 % und mit einer Abschreibung des Behälters, der Fundamente und der Rohrleitungen in 30 Jahren, der Heizung in 15 Jahren gerechnet. Der Unterhalt sei einschliesslich des Behälterstreichens (alle 5 Jahre ein ganzer Anstrich, jährlich ein Imonolanstrich) mit 600 Fr. angesetzt, während sich die eigentlichen Betriebskosten auf die Behälterheizung im Winter beschränken. Hier, wie bei der Hochdruck-Speicherung, konnte von Einbezug von Arbeitslöhnen in die Berechnung abgesehen werden, da sich die Anlage im Gaswerk selbst befindet und deren Ueberwachung und Bedienung durch die vorhandene Belegschaft übernommen wird. Es ergibt sich somit folgende Zusammenstellung:

Kapitaldienst:	Verzinsung	Fr.	4880.—	89 %
	Abschreibung	„	4194.—	
Betriebskosten:	Unterhalt	„	600.—	11 %
	Heizung	„	500.—	
		Fr.	10174.—	= 100 %

Die Unabhängigkeit der jährlichen Ausgaben von der Ausnützung wird in Abb. 8 veranschaulicht. Daneben ist die starke Verschiebung des Kapitaldienst-Anteiles gegenüber Abb. 7 auffallend. Aus beiden Diagrammen ergeben sich die Kosten pro m³ Gas für beide Speichersysteme (vergl. Abb. 9). Die Kurve für Hochdruck-Speicherung liegt auf dem ganzen Gebiet tiefer und wird von jener für Niederdruck-Speicherung erst bei 100 % annähernd berührt. Damit ist die Gleichwertigkeit beider Systeme für volle Ausnützung, die ausgesprochene Ueberlegenheit der Hochdruck-Speicherung bei geringerer Ausnützung veranschaulicht. Da betriebstechnisch eine 100 %ige Ausnützung einer Speicheranlage nie befriedigt, sondern nach Möglichkeit auf max. 70 % gehalten wird, gewinnt die Hochdruck-Speicherung volles wirtschaftliches Interesse. Die Anlage Aarau, die z. Z. zu 42 % ausgenützt wird, hat somit pro m³ Gas mit 2,28 Rp. Speicherkosten zu rechnen gegenüber 3,02 Rp. bei Niederdruck-Speicherung, was einer jährlichen Ersparnis von 2460 Fr. gleichkommt. Nach Abb. 7 sind dies 33 % der jährlichen Speicherkosten, die, kapitalisiert, in etwa vier Jahren eine 20 %ige Vergrösserung der

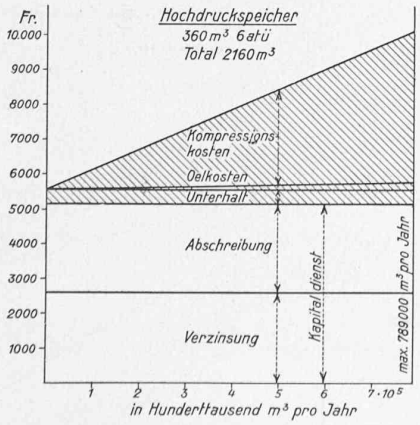


Abb. 7. Jährliche Kosten bei Hochdruckspeicherung.

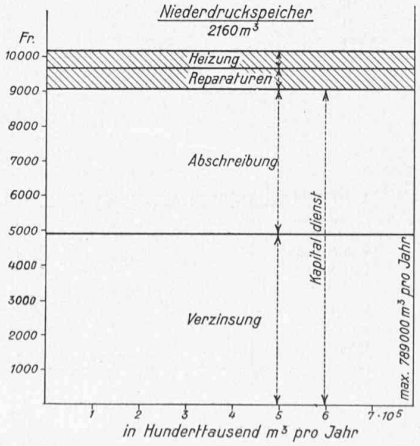


Abb. 8. Jährliche Kosten bei Niederdruckspeicherung.

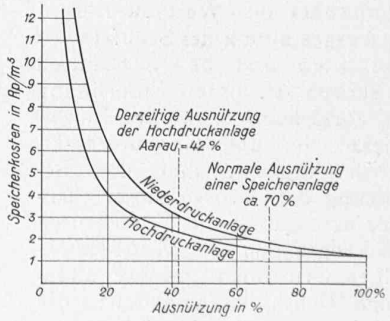
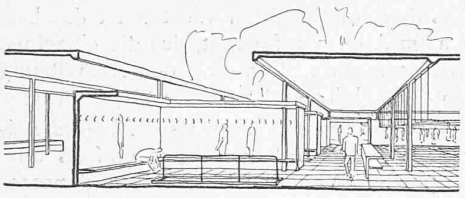


Abb. 9. Kostenvergleich für Hoch- und Niederdruck-Speicheranlagen.



innenansicht garderobe

Anlage ohne Bereitstellung anderer Mittel ermöglichen.

Der Vollständigkeit halber ist noch beizufügen, dass bei der in Aussicht genommenen Erweiterung der Anlage durch Zuschalten neuer Behälter, der das Aufsetzen eines weitern Teleskopteiles bei der Niederdruckanlage entsprechen würde, keine Verschiebung der gegenseitigen Lage der Kurven der Abb. 9 eintritt, die wirtschaftliche Ueberlegenheit der Hochdruck-Speicherung also erhalten bleibt.

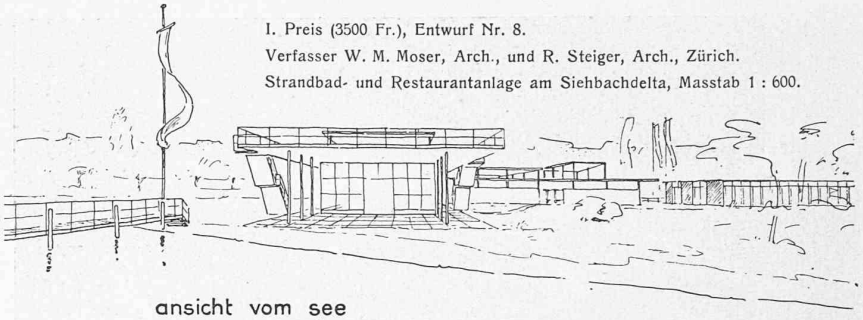
Wettbewerb für die Seeufer-Gestaltung der Stadt Zug.

Die Einwohnergemeinde beschäftigt sich schon seit längerer Zeit mit der Erstellung einer neuen Strandbadanlage, nachdem sich die bestehende als ganz ungenügend erwiesen hat. Da die Gemeinde in der glücklichen Lage ist, am See noch viel öffentliches, zum vorwiegenden Teil unbebautes Land zu besitzen, so hat sie sich entschlossen, an die Frage der Ausgestaltung des ganzen Seeufergebietes im Bereiche der eigentlichen Bebauungszone heranzutreten und die Disposition des vorgesehenen Strandbades nur als Teilaufgabe zu betrachten.

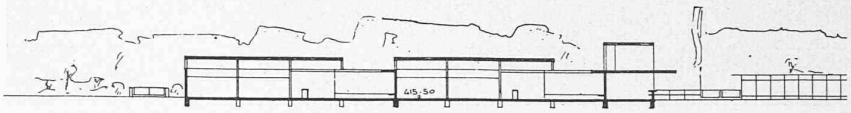
Dieser Auffassung musste umso eher stattgegeben werden, als auch noch andere Einzelbauten, die im Laufe der nächsten Jahre zur Ausführung gelangen sollen, entweder ihrer Natur nach oder aus Zweckmässigkeitsgründen im Seeufergelände angeordnet werden müssen. Es handelt sich dabei um folgende Objekte: Eine städtische Schiffshütte für Motor-, Ruder- und Faltboote; eine Bootshütte für den Seeklub; ein öffentliches Freibad für die Schulen; eine neue Frauenbadanstalt (auf dem Terrain der bestehenden Anlage); eine neue Turnhalle für das Neustadtschulhaus und schliesslich zwei Tennisplätze und ein Sportplatz.

Die vom Preisgericht bereinigten Programmbestimmungen besagen, dass der Hauptzweck des Wettbewerbes in der Ausgestaltung des Seeufers vor dem alten und neuen Stadtteil zu suchen ist, unter Einordnung der vorstehend erwähnten Einzelobjekte in das Gesamtprojekt. Neben Angaben über die Bemessung der Grösse dieser Einzelobjekte gaben die Vorschriften des Programms den Wettbewerbteilnehmern noch gewisse allgemeine Richtlinien, von denen die wichtigsten nachstehend kurz angeführt seien:

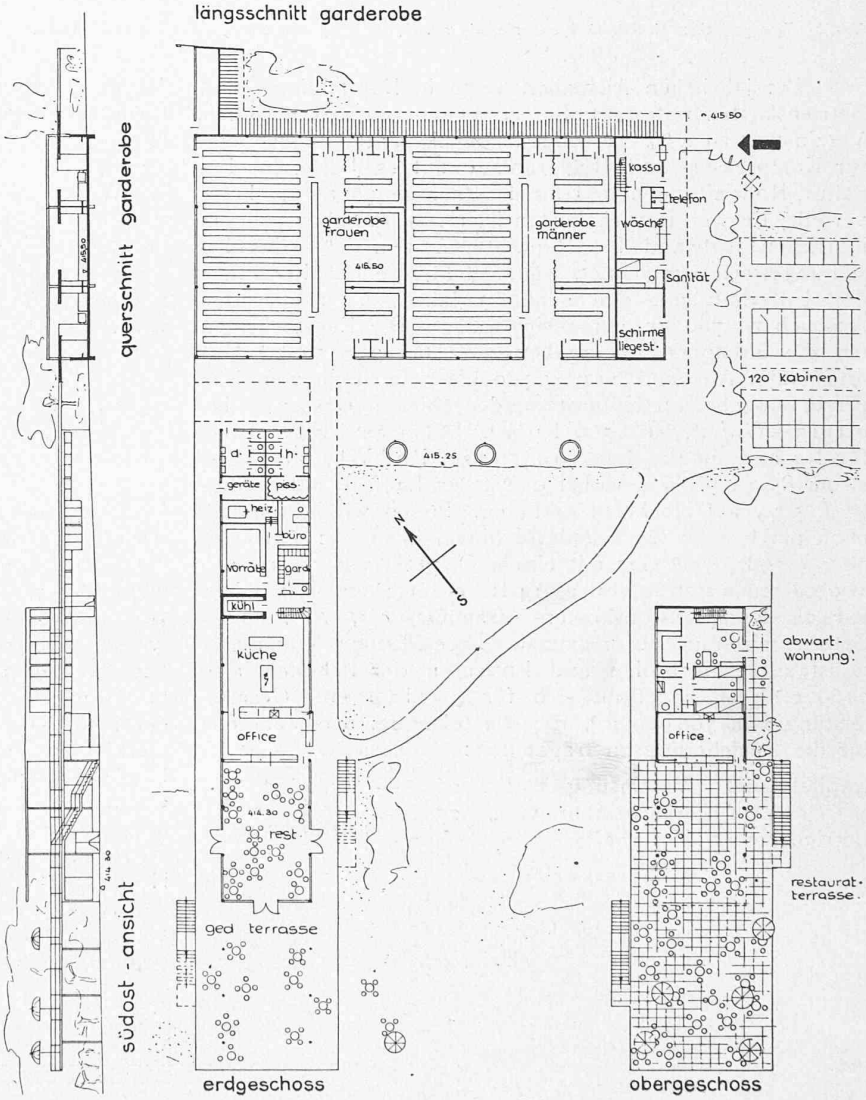
I. Preis (3500 Fr.), Entwurf Nr. 8.
Verfasser W. M. Moser, Arch., und R. Steiger, Arch., Zürich.
Strandbad- und Restaurantanlage am Siehbachdelta, Masstab 1 : 600.

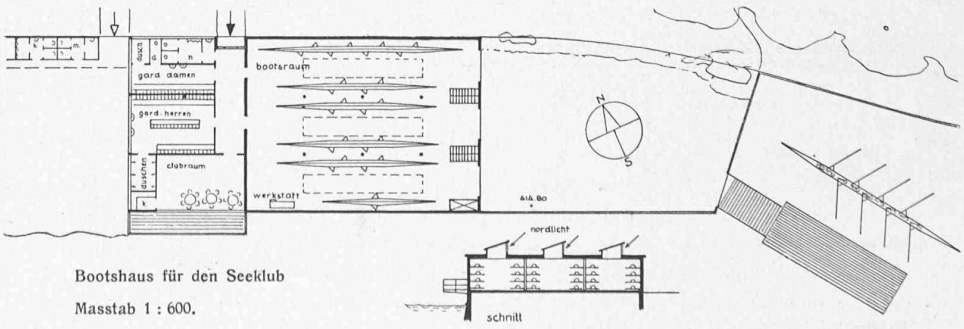


ansicht vom see



längsschnitt garderobe





Bootshaus für den Seeklub

Masstab 1 : 600.