

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91/92 (1928)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Betriebserfahrungen an der Dampfturbinen-Anlage von 90 at  
**Autor:** Koe.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-42475>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

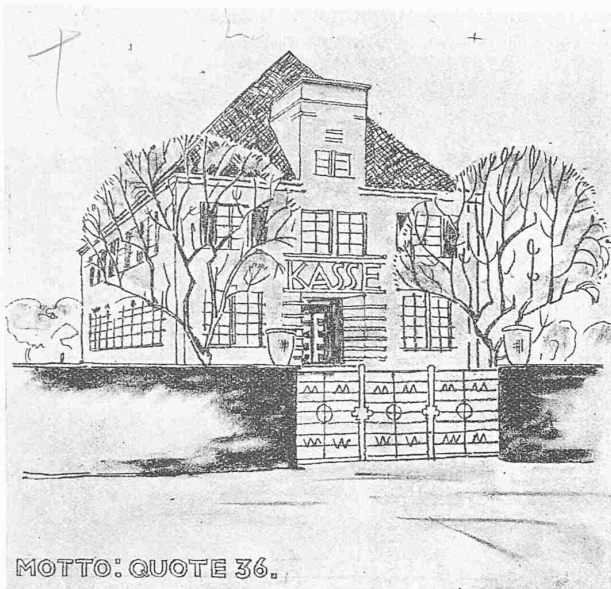
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 21.12.2024

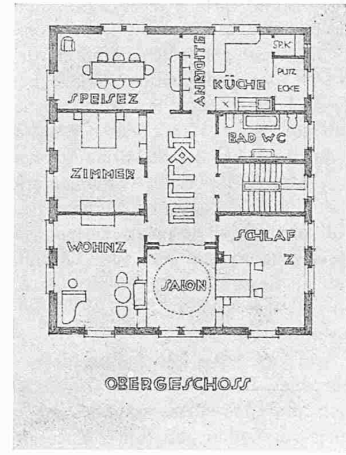
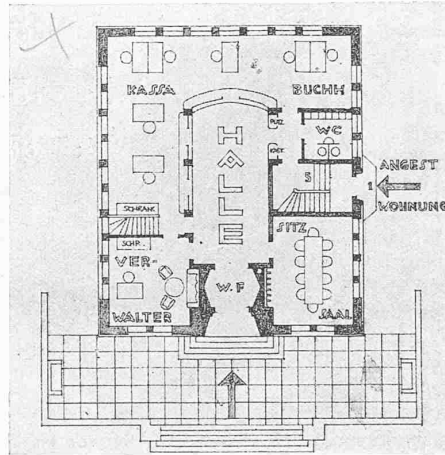
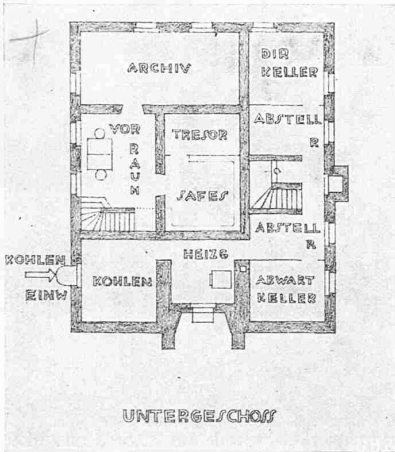
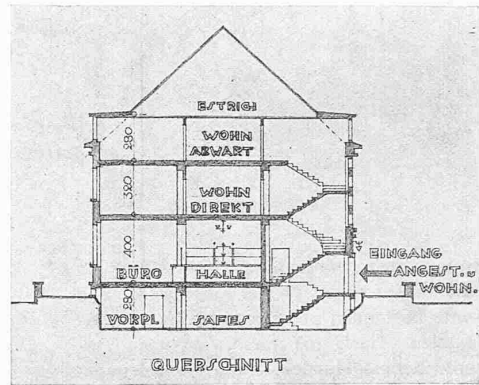
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



MOTTO: QUOTE 36.

WETTBEWERB FÜR EINEN NEUBAU DER  
ERSPARNISKASSE DER STADT BIEL.

II. Preis ex aequo (1200 Fr.). — Verfasser Walter Sommer,  
Architekt, Biel-Davos (mit Zustimmung des Prinzipals).  
Grundrisse und Schnitt. — 1 : 400.



**Betriebserfahrungen  
an einer Dampfturbinen-Anlage von 90 at.**

Ueber die in elfmonatigem Betriebe an der bekannten Hochdruckanlage des Lakeside-Kraftwerkes (Milwaukee) gesammelten Erfahrungen berichtet J. Anderson im „Engineering“ vom 6. und 13. Januar 1928. Die 7000 kW bei 3000 Uml/min leistende Turbine ist für rd. 85 at (Ueberdruck) Admissionsspannung, eine Frischdampf-Temperatur von 380° C, und einen Gegendruck von 21 at berechnet und war 57% dieser elf Monate im Betrieb. Der maximale Dauerbetrieb betrug 50 Tage. Während dieser elf Monate wurden die Kessel elf mal und die Turbine vierzehn mal abgestellt, meistens für Inspektionen, zum Teil aber auch für Reparaturen. Eine Betriebs-einstellung von 42 Tagen wurde notwendig zur Auswechslung des Vorwärmers. Die 90 at Anlage ist älteren Kesseln von 21 at Ueberdruck vorgeschaltet; die Gesamtleistung des Werkes beläuft sich auf rd. 160000 kW. Während eines sechsjährigen Betriebes hatten sich in der 21 at Anlage keine nennenswerten Störungen gezeigt, was grossenteils auf die sorgfältige Speisewasser-Zubereitung in geschlossenem Kreislauf zurückgeführt wird.

**Störungen an der Kessel-Anlage.** Die 90 at Anlage wurde am 25. Oktober 1926 mit einer stündlichen Dampferzeugung von 109000 kg und 7000 kW Leistung in Betrieb genommen. Nach 880 Betriebstunden machte ein pfeifender Lärm auf Undichtheiten aufmerksam und die Inspektion ergab, dass einzelne der der Flammenwirkung am meisten ausgesetzten Rohre lokale Beulen von rd. 35 mm Durchmesser und 12 mm Tiefe aufwiesen. Das Innere dieser Rohre war auf der Feuerseite mit einer gleichmässigen, 0,8 mm dicken Kruste bedeckt, die aus einer durch eine harte Haut an das

Rohr zementierten Schicht weichen Niederschlag bestand. Kleine Löcher von rund 2 mm Durchmesser in diesen Blähungen liessen genügend kühlenden Wasserdampf austreten, um ein Weiterschreiten der Blähung zu verhindern. Dabei ging schätzungsweise 1/2% der Kesselleistung verloren; maximal wurde ein Verlust von 2,2% gemessen. Obschon aber einmal bis zu 50 solcher Blähungen gezählt wurden, war trotz der hohen Drücke keines der Rohre wirklich aufgerissen oder gar explodiert<sup>1)</sup>.

Abhilfe gegen lokale Ueberhitzung wurde versucht und zum Teil erreicht durch bessere Zuführung der Luft und durch Erhöhung der Wassergeschwindigkeit in den ersten Rohr-Reihen. Hand in Hand damit wurde die Beanspruchung der Frontröhre rechnerisch genauer verfolgt. Man fand, dass bei Berücksichtigung des Abfalles der Elastizitätsgrenze bei Dauerbeanspruchung und hohen Temperaturen der Sicherheitsfaktor je nach der Krustendicke von 5 auf 1 und darunter fiel. Diese Rechnungen wiesen darauf hin, dass eine Krustendicke von etwa 0,8 mm gerade noch geduldet werden kann, aber dass Krusten von doppelter Stärke, die Rohr-Aussentemperaturen von rd. 500° C bedingen, Rohrbrüche zur Folge haben müssen.

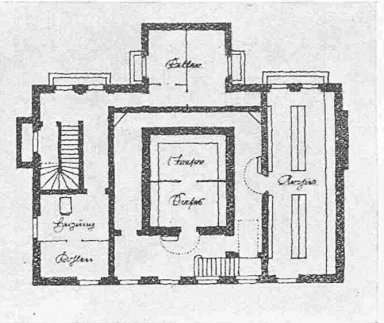
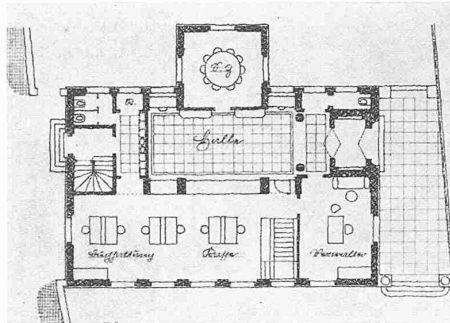
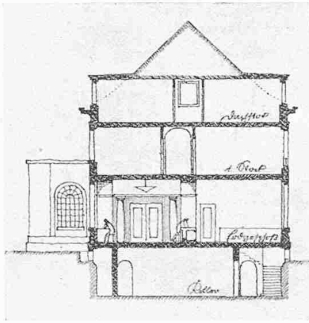
Die Zusammensetzung des Rohrmateriales des 91 at Kessels ist die folgende: C=0,16, Mn=0,43, P=0,009, S=0,036. Bruchfestigkeit rd. 4100 kg/cm<sup>2</sup>, Elastizitätsgrenze rd. 3200 kg/cm<sup>2</sup>.

Als wesentliche Ursache der Krustenbildung wurde schliesslich Undichtigkeit des Kondensators gefunden. Nach deren Beseitigung und einer häufigeren gründlichen Reinigung wurden die Krusten-Schwierigkeiten behoben.

<sup>1)</sup> Diese relative Ungefährlichkeit der Undichtheit von lokal geblähten und undichten Rohren deckt sich mit meinen eigenen Erfahrungen an der ersten Benson-Anlage in Rugby, wo wir mit Spannungen von 100 und 220 at arbeiteten.

## WETTBEWERB FÜR EINEN NEUBAU DES KASSENGEBÄUDES DER ERSPARNISKASSE DER STADT BIEL.

III. Preis ex aequo (700 Fr.). Entwurf Nr. 10. — Verfasser Saager &amp; Frey, Architekten, Biel. — Grundrisse und Schnitt 1 : 400



Nun traten aber eigentliche Korrosionsstörungen auf. Die Blähungen waren viel enger begrenzt und die Sedimente bestanden grösstenteils aus schwarzen Eisenoxiden. Nach mancherlei tastenden Versuchen wurde herausgefunden, dass ein störungs-freier Betrieb gesichert ist, wenn 1. der Sauerstoffgehalt des Speisewassers des H. D.-Kessels weniger als  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> pro Liter Wasser beträgt (den 2l at Kesseln war auch ein 10-fach grösserer Sauerstoffgehalt nicht gefährlich), und 2. das Kesselspeisewasser eine genügende Alkalität besitzt.

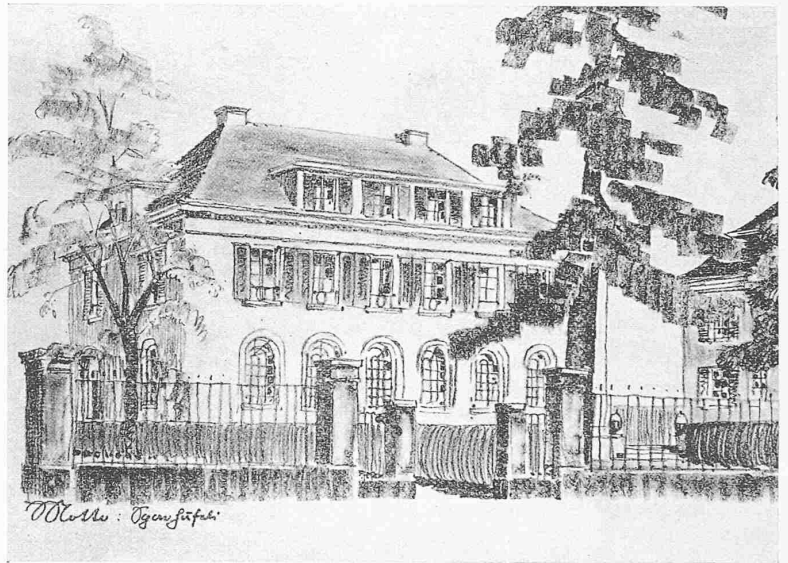
Um letztgenannte zu erreichen, wurde Tri-Natrium-Phosphat mit einer Zugabe von Natrium-Sulfat (um kaustische Brüchigkeit zu verhindern) zugesetzt. Eine erste Versuchsperiode mit 0,8‰ Chemikalien-Zusatz und genügend niedrigem Sauerstoffgehalt ergab Schwierigkeiten im Turbinenbetrieb, wie sie unten erläutert sind. Auch 0,6‰ erwiesen sich in dieser Hinsicht noch als zu hoch, und erst bei 0,3‰ war der Betrieb auch bezüglich der Turbine störungsfrei.

Im ganzen Rohrleitungsnetz sind keinerlei Störungen aufgetreten; im besonderen haben sich auch die Glas-Wasserstandszeiger mit Mika-Innenbelag vorzüglich gehalten; dieser Mikabelag wurde monatlich ausgewechselt.

**Störungen an der Turbine.** Beim Alkali-Gehalt von 8‰ des H. D.-Kesselwassers fiel die Leistung der Turbine in 1½ Tagen von 6600 kW auf 4200 kW, obschon nur 10‰ weniger Dampf durchströmte, d. h. der Turbinenwirkungsgrad verminderte sich um rund 30‰! Das Oeffnen der Turbine zeigte, dass im N. D.-Teil die Schaufeln z. T. mit einem dicken weissen Ueberzug bedeckt waren, dessen Analyse die folgende Zusammensetzung ergab: Kieselerde 56‰, Na OH 23,8‰, Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> 16,3‰, Fe O 3,6‰. (Na<sub>2</sub> PO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, Ca und Mg nicht vorhanden.)

Diese Ablagerung konnte auf das Verhalten des Natriumhydrates zurückgeführt werden, dessen Schmelzpunkt bei rd. 320° C liegt und das bei tieferliegenden Temperaturen zu einer klebrigen Masse wird. Die Beschauflung der ersten zehn Stufen, in der die Temperatur über 320° C liegt, war denn auch frei von Niederschlag, und nur die folgenden Stufen waren verschmutzt. (Dieser Vorgang tritt wahrscheinlich bei allen Turbinen ein, wo Dampf mit hoher kaustischer Alkalität verwendet wird, nur verhindern bei grössern Druckverhältnissen die hohen Dampfgeschwindigkeiten die Ablagerung des vollen Niederschlags und der entsprechende Verlust dürfte rd. 3‰ nicht übersteigen.) Die Turbine wurde dann bei einer Drehzahl von 400 Uml/min ausgewaschen, indem man eine Mischung von 7000 kg Dampf pro Stunde mit rd. 4500 kg Wasser pro Stunde durchströmen liess. An den Entwässerungstellen entstand sofort ein scharfer kaustischer Geruch, aber nachher war die Turbine rein und gab beim Anfahren wieder Vollast. Diese Operation musste in der besprochenen Betriebsperiode noch einige Male durchgeführt werden.

Nach zweimonatigem Betriebe wurde die Turbine genau gemessen und ergab einen thermodynamischen Wirkungsgrad an den Generator-Klemmen von 75½‰. Der Stoffbüchsen-Verlust betrug



9‰. Seither ist der Turbinenwirkungsgrad auf 73,5‰ gesunken. Die Nickelstahl-Beschauflung ist aber, abgesehen von etwas erodierten Eintritts-Kanten, vollkommen intakt. Immerhin wird erwogen, ob in Zukunft nicht Chrom-Stähle verwendet werden sollen.

**Feuchtigkeitsgehalt des Frischdampfes.** Da kalorimetrische Methoden versagten, wurde eine Untersuchungsart entwickelt, die sich auf die Veränderlichkeit des elektrischen Leitungsvermögens des Dampfes bei verschiedenem Wassergehalt stützt. Die Untersuchungen ergaben, dass der Kessel Dampf von nur 0,3‰ Feuchtigkeit zur Turbine liefert; die entsprechenden Werte schwankten zwischen 0,2 und 0,5‰. Dieses überraschend günstige Ergebnis wird begründet mit der Kleinheit der Bläschen des hochgespannten Dampfes, die entsprechend wenig Wasser mit sich reissen.

**Thermischer Wirkungsgrad.** Die Vorschaltung der 9l at Anlage hat den thermischen Wirkungsgrad des ganzen Lakeside-Werkes um 4‰ verbessert; die neue Anlage wird heute nach Ueberwindung der angeführten Kinderkrankheiten als ein wertvolles und betrieb-sicheres Glied der Gesamtanlage betrachtet. Koe.

## Mitteilungen.

**Neue italienische Vorschriften über die hydraulischen Bindemittel und die Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton.** Diese im Oktober 1927 in Kraft getretenen neuen Bestimmungen zeigen gegenüber den frühern mehrere Abänderungen, auf deren wichtigste im Folgenden hingewiesen sei. Wie Ingenieur G. Escher (Mailand) in „Beton und Eisen“ vom 5. März 1928 berichtet, beginnt die Einflussnahme der Behörde mit der Kontrolle der Zementfabrikation, durch das Recht von Inspektionen in den Zementfabriken und der Vornahme von Proben aus dem zum Verkauf bereitliegenden Zement. Probefehler können mit Geldbussen