

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 32 (1941)
Heft: 15

Artikel: Die wirtschaftlichen Grundlagen der Wärmepumpenanlagen im neuen Hallenschwimmbad Zürich
Autor: Hasler, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060024>

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: 03.04.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXII. Jahrgang

N^o 15

Mittwoch, 30. Juli 1941

Die wirtschaftlichen Grundlagen der Wärmepumpenanlagen im neuen Hallenschwimmbad Zürich.

Von O. Hasler, Zürich.

621.577

Die Entwicklung der Projekte der Energieversorgung des am 12. 5. 41 eröffneten Zürcher Hallenschwimmbades und die schliesslich verwirklichte Lösung werden beschrieben. Der grosse Wärmebedarf dieser technisch und wirtschaftlich höchst interessanten Anlage wird folgendermassen vollständig elektrisch gedeckt:

- 980 · 10⁶ kcal/Jahr aus Transformatoren-Abwärme, für Wasserheizung,
- 1317 · 10⁶ kcal/Jahr aus zwei Wärmepumpen, für Wasserheizung,
- 1815 · 10⁶ kcal/Jahr aus drei Wärmepumpen für Raumheizung (Grossflächen-Niedertemperatur-Strahlungsheizung),
- 612 · 10⁶ kcal/Jahr aus einem Elektrokessel, für Raumheizung bei Aussentemperaturen unter -5° und für Bassin-Neufüllung.

Bei einem Kokspreis von 75 Fr./t errechnet sich für die Warmwasser- und Raumheizung (ohne die Transformatoren-Abwärme) ein Äquivalenzpreis der elektrischen Energie von 3,06 Rp./kWh; für die Warmwasserbereitung durch die Wärmepumpen allein ergibt sich ein Äquivalenzpreis von 6,7 Rp./kWh oder von 12,9 Rp./kWh bei einem Kokspreis von 145 Fr./t. Die fünf Wärmepumpen ergeben je nach den individuellen Arbeitstemperaturen eine Ausbeute von 2200 bis 6350 kcal/kWh. Der jährliche Gesamtaufwand an elektrischer Energie beträgt 1,8 Millionen kWh. Man sieht, dass eine gut projektierte Wärmepumpenheizung relativ hohe Energiepreise zulässt.

Die gegenüber Feuerungsanlagen erhöhten Anlagekosten wurden in grosszügiger Weise vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich übernommen. Das Werk hat damit diese erfreuliche Gross-Wärmepumpenanlage ermöglicht, wofür ihm nicht nur die Erstellerfirma, Escher Wyss, sondern alle, denen der technische Fortschritt und die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft im besondern am Herzen liegt, zu Dank verpflichtet sind. Mussten der Wärmepumpe im Zürcher Rathaus noch sehr ungünstige Verhältnisse zugrunde gelegt werden, so wurden im Hallenschwimmbad optimale technische Voraussetzungen geschaffen, indem der ganze Bau den Eigenschaften dieser Art der Wärmeerzeugung von Anfang an angepasst werden konnte.

Wir hoffen, später über Einzelheiten dieser wegleitenden Anlage berichten zu können. (Red.)

Das am 12. Mai dieses Jahres eröffnete Hallenschwimmbad in Zürich stellt in wärmetechnischer Beziehung einen Markstein in der Geschichte der schweizerischen Elektrizitätsverwertung dar, denn diese Grossanlage besitzt keine einzige Feuerungsstelle und kein Kamin. Fünf grosse Wärmepumpen zu je 92 kW decken den Hauptteil des Wärmebedarfs, wovon zwei denjenigen für die Warmwasser-

Description des projets successifs pour la fourniture d'énergie à la piscine municipale de Zurich et du projet définitif. La puissance thermique considérable de cette intéressante installation, inaugurée le 12 mai 1941, est assurée comme suit par l'électricité:

- 980 · 10⁶ kcal/an par la chaleur perdue des transformateurs, pour le chauffage de l'eau,
- 1317 · 10⁶ kcal/an par deux thermo-pompes, pour le chauffage de l'eau,
- 1815 · 10⁶ kcal/an par trois thermo-pompes, pour le chauffage des locaux (chauffage par rayonnement à basse température et à grande surface),
- 612 · 10⁶ kcal/an par une chaudière électrique pour le chauffage des locaux quand la température extérieure est inférieure à -5° C et pour le renouvellement mensuel complet de l'eau du bassin.

Pour un prix du coke de 75 fr./t, le prix d'équivalence de l'énergie électrique est de 3,06 ct./kWh pour le chauffage de l'eau et des locaux (sans compter la récupération de chaleur perdue des transformateurs). Pour la seule préparation d'eau chaude par les thermo-pompes, le prix d'équivalence est de 6,7 ct./kWh ou de 12,9 ct./kWh pour un prix du coke de 145 fr./t. Selon les températures auxquelles elles travaillent, les cinq thermo-pompes fournissent 2200 à 6350 kcal/kWh. La consommation annuelle totale d'énergie électrique atteint 1,8 million de kWh. Un chauffage par thermo-pompes bien conçu permet donc d'utiliser de l'énergie électrique à un tarif relativement élevé.

Le Service de l'électricité de la Ville de Zurich a pris à sa charge les frais d'installation qui dépassaient ceux d'une installation au combustible, permettant ainsi la réalisation de cette grande installation de thermo-pompage. La Maison Escher Wyss et tous ceux qui se réjouissent du développement de l'économie électrique lui en sont très reconnaissants. Tandis que la thermo-pompe de l'Hôtel-de-Ville de Zurich a dû être installée dans des conditions assez défavorables, celles-ci étaient au contraire excellentes dans le cas de la piscine municipale, car la construction a pu être adaptée dans son ensemble et dès le début à ce nouveau mode de chauffage.

Nous espérons pouvoir fournir ultérieurement de plus amples renseignements sur certains détails de cette remarquable installation. (Réd.)

bereitung und 3 denjenigen für die Raumheizung und Ventilation. Zur Spitzendeckung und als Reserve ist ein Elektrokessel von 2000 kW, 6000 V, eingebaut. Da das Gebäude neben dem Unterwerk Selnau des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich (EWZ) liegt und in der Nähe eine Grundwasseranlage für den Badebedarf nutzbar gemacht werden konnte, war die interessante Möglichkeit ge-

boten, das Grundwasser vorerst zur Kühlung der Grosstransformatoren von zusammen 30 000 kVA zu verwenden und das auf etwa 28° C erwärmte Wasser zur fortlaufenden Erneuerung des Wassers im Schwimmbassin zu benützen.

Viele Besucher des neuen Hallenbades, die sich für den wärmetechnischen Teil interessieren, sind meistens der Auffassung, dass diese so vorzüglich gelungene Anlage von Anfang an so projektiert worden sei. Dies war aber nicht der Fall. In dem vom Hochbauamt der Stadt Zürich ausgearbeiteten Projekt waren ursprünglich sechs Koksessel mit einer stündlichen Wärmeleistung von 6·440 000 = 2 640 000 kcal vorgesehen. Das städtische Heizamt berechnete den jährlichen Koksbedarf bei einer Besucherzahl von 250 000 auf 965 Tonnen im Werte von ca. 72 300 Fr., was einem mittleren Kokspreis von 75 Fr./t entsprach. Die Bauten für das Kesselhaus waren auf 105 000 Fr. veranschlagt. Da der Badebetrieb auch im Sommer ganz ansehnliche Wärmemengen für das zugeführte Frischwasser und für die Vorreinigung (Duschen) benötigt, schlug das EWZ vorerst den Einbau eines Elektrokessels von etwa 600...800 kW Leistung vor, um so die Verwertung von überschüssiger Sommerenergie zu ermöglichen. Während dieser Vorstudien kam die neue Wärmepumpen-Heizanlage System Escher Wyss im Rathaus in Zürich in Betrieb.¹⁾ Der mit dem neuen Kältemittel «Frilon» arbeitende Rotationskompressor erzeugte die theoretisch berechnete Wärmeleistung von der ersten Stunde an. Das technische Problem der Wärmepumpen-Heizung war also gelöst. Die bei dieser Erstausführung nachher in Erscheinung getretenen Mängel waren rein mechanischer, also sekundärer Natur, die sukzessive behoben werden konnten. Mit 1 kWh am Kompressormotor aufgewendeter Arbeit konnten hier 1800...2100 kcal, je nach der Temperatur des Limmatwassers, gewonnen werden. Da nun bekanntlich die spezifische Wärmeausbeute pro kWh mit zunehmender Wassertemperatur ansteigt, war es verlockend, die grossen Wärmemengen des Bassin-Ueberlaufs (ca. 22° C) und der Vorreinigung (Duschen ca. 30...35° C) mit der Wärmepumpe zurückzugewinnen. Bei diesen Temperaturverhältnissen können mit 1 kWh über rund 6000 kcal zurückgewonnen werden, während 1 kWh im Elektrokessel nur 860 kcal ergibt.

Inzwischen hatten die Grundwasserbohrungen, nur wenige Meter vom Unterwerk Selnau entfernt, günstige Resultate ergeben. Es war naheliegend, dieses Grundwasser von 10...12° C zuerst zur Kühlung der Transformatoren im Unterwerk zu verwenden und das so auf 28° C erwärmte Wasser direkt dem Schwimmbassin zuzuführen, dessen mittlere Temperatur auf 22...23° C gehalten werden muss. Es ist vorgesehen, täglich 10 % des Wasserinhalts des Schwimmbassins zu erneuern.

Der jährliche Wärmebedarf bei 250 000 Bade Gästen ohne Raumheizung und 12maliger Bassin-neufüllung wurde wie folgt berechnet:

Tägliche Erneuerung von 10 % des Bassinwassers	10 ⁶ kcal
Bassindunstverluste	707
Wärmeaufwand für Bassin	1757
Warmwasser für Vorreinigung	540

Von den 1757·10⁶ kcal können 980·10⁶ mit der Transformatorenabwärme gedeckt werden. Der Rest von 777·10⁶ kcal kann aus dem erwärmten Badeabwasser und Vorreinigung, dessen mittlere Temperatur etwa 26° C beträgt, durch eine Wärmepumpe zurückgewonnen werden. Bei einem spezifischen Wärmegewinn von 6350 kcal/kWh sind an den Motorenklemmen hierfür nur $\frac{777 \cdot 10^6}{6350} =$

122 000 kWh aufzuwenden. Die weiteren 540·10⁶ kcal für die Vorreinigung müssen durch eine zweite Wärmepumpe dem Schanzengrabenwasser entzogen werden, dessen Temperatur zwischen + 3° und + 20° C schwankt. Die spezifische Wärmeleistung der Wärmepumpe sinkt dabei auf 3000 kcal/kWh im Jahresmittel. Dies entspricht also einem Energiebedarf von $\frac{540 \cdot 10^6}{3000} = 180\,000$ kWh. Der

aequivalente Energiepreis für diese beiden Wärmepumpen berechnete sich bei einem Kokspreis von 7,5 Rp./kg auf 6,7 Rp./kWh gegenüber 1,25 Rp./kWh beim Elektrokessel, wobei die Mehranlagekosten in beiden Fällen unberücksichtigt blieben, weil das EWZ diese zu übernehmen bereit war.

In diesem Stadium des Projektes waren für die eigentliche Raumheizung im Winter immer noch 4 Koksessel mit Hochkamin vorgesehen gewesen. Vom rein kaufmännischen Standpunkt aus betrachtet, wäre bei den dazumaligen Brennstoffpreisen dies die wirtschaftlichste Lösung gewesen.

Verschiedene Einsprachen von Anstössern des Hallenbades gegen die zu erwartende Rauch- und Russbelästigung durch die Heizanlage gaben den letzten Anstoss, die Anwendung der Wärmepumpe auch für die Raumheizung im Winter zu prüfen.

Als Wärmespender kam für diesen Zweck das Wasser des Schanzengrabens in Frage, der am Gebäude vorbeifliesst. Die technischen Voraussetzungen waren also auch hier günstig. Grössere Bedenken waren in bezug auf die Frage der Energieversorgung dieser Heizanlage zu überwinden, denn der Energieverbrauch dieser Wärmepumpen steigt einerseits mit abnehmender Aussentemperatur, andererseits sinkt die spezifische Wärmeleistung bis auf 2200...2000 kcal/kWh.

Wir wissen nun aber, dass die Erschliessung jedes neuen Energieabsatzgebietes von Seiten der Werke einen gewissen Weitblick und Opfer erforderte. Es sei bei dieser Gelegenheit daran erinnert, dass das EWZ bei der Erstellung des ersten Grossbackofens von 50 kW, System Elektra, im Jahre 1911 einen Sondertarif von 3 Rp./kWh im Jahresmittel einführte, der damals bei vielen Fachleuten ganz ernsthafte Bedenken erweckte. Nach dem letzten Weltkrieg ist das EWZ noch weiter gegangen und hat an die Einrichtungen von elektrischen Backöfen und Heisswasserspeichern «Sub-

¹⁾ Bulletin SEV 1938, Nr. 11, S. 261; 1939, Nr. 2, S. 42.

ventionen» ausgerichtet. Auch hier wurden also zur Erschliessung neuer Energieabsatzgebiete Opfer gebracht.

Wie aus den weitem Darlegungen hervorgeht, konnte das Projekt der vollelektrischen Wärmeanlage des Hallenbades nur verwirklicht werden, indem das EWZ nicht nur einen niedrigen Sondertarif für die Wärmepumpen, sondern auch einen

penanlagen zu rechnen haben. Die einfachste Lösung, um dieses letzte und grösste Hemmnis zu überwinden, bestand darin, dass die Direktion des EWZ sich bereit erklärte, die gesamten Mehrkosten von 95 000 Fr. und 22 500 Fr. für die Pumpen und den Elektrokessel zu übernehmen. Ihr diesbezüglicher Antrag an den Vorstand der Industriellen Betriebe fand weitgehendes Verständnis und wurde

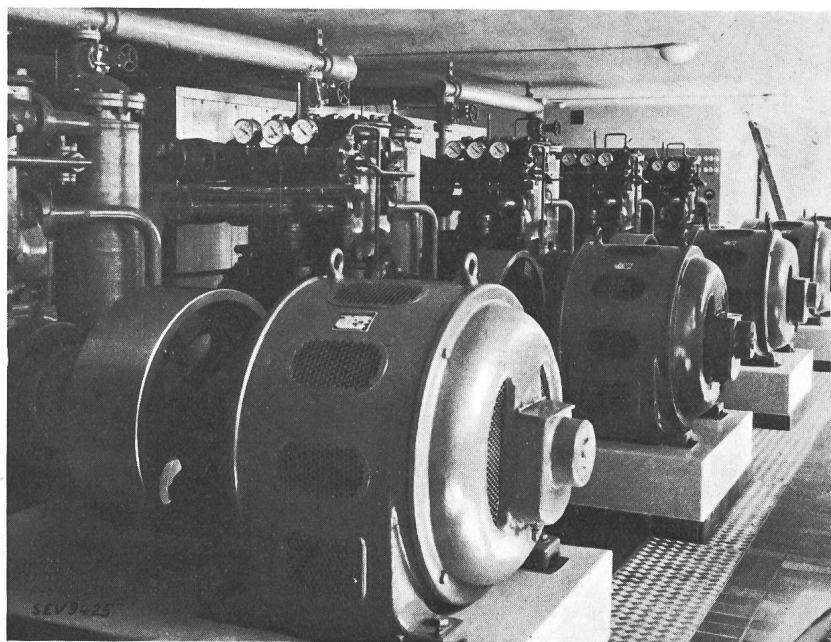


Fig. 1.
Die fünf Wärmepumpen im Zürcher Hallenschwimmbad.

namhaften Beitrag an die viel höhern Erstellungskosten gewähren konnte.

Die Grundlagen für das endgültige, zur Ausführung gelangende Projekt, waren folgende:

	Fr.
Kostenvoranschlag für Koksheizzentrale	105 000
Kostenvoranschlag für Wärmepumpen- zentrale	200 000
Mehrkosten	95 000
Kosten für den Elektrokessel	22 500

Hätte die Verwaltungsabteilung, der das Hallenbad unterstellt ist, diese Mehrkosten für die elektrischen Wärmeanlagen übernommen, so wären die Aequivalenzpreise für die Wärmepumpen und für den Elektrokessel entsprechend niedriger ausgefallen. Ueberdies war eine Einigung über die jährliche Abschreibung nicht zustande gekommen. Mit Rücksicht auf die Neuheit der Wärmepumpenanlage wollte die massgebende Verwaltungsabteilung vorsorglicherweise einen ziemlich hohen Prozentsatz in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einsetzen, was den Aequivalenzpreis für die Winterenergie von 3,35 Rp./kWh noch ungünstiger gestaltete. Mit Schwierigkeiten dieser Art wird jedes Werk bei der Verfolgung von Projekten über Wärmepum-

penanlagen in weitsichtiger Weise von der Behörde genehmigt. Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, um dieses interessante und in der Raumheizfrage bahnbrechende Projekt zu verwirklichen.

Die weitem Projektstudien durch das Hochbauamt ergaben Schwierigkeiten in der Plazierung der zahlreichen Radiatoren für die Raumheizung. Die Anwendung der «Strahlungsheizung» oder, besser ausgedrückt, einer GROSSOBERFLÄCHENHEIZUNG mit in Wänden und Decken verdeckt eingebauten Heizröhren, brachte nicht nur in ästhetischer, sondern auch in wirtschaftlicher Hinsicht grosse Vorteile, indem die spezifische Wärmeleistung der Wärmepumpe bei niedriger Heizwassertemperatur von 2200 auf 2700 kcal/kWh ansteigt. Unter der Voraussetzung, dass das EWZ die Mehrkosten für die Oberflächenheizung im Betrage von 21 000 Fr. übernahm, war die städtische Behörde bereit, den Aequivalenzpreis von 3,35 Rp. im Verhältnis von $\frac{2700}{2200}$ auf 4,10 Rp./kWh zu erhöhen.

Schlussendlich ergaben sich bei einer jährlichen Besucherzahl von 250 000 Badegästen folgende Zahlen für den Wärmebedarf, die Kosten pro Jahr, die benötigten Energiemengen für Wärmezwecke und die Aequivalenzpreise, berechnet auf den Kokspreis von 75 Fr./t.

Aequivalenzpreise, bezogen auf einen Kokspreis von 75 Fr./t.

Kosten pro Jahr Fr.	Energie- menge kWh/Jahr	Aequiva- lenzpreis Rp./kWh
a) Vorwärmen des Grundwassers durch Abwärme im Selnau $980 \cdot 10^6 \cdot 75$ $4900 \cdot 1000$ 1) = 14 900		pro 1000 kcal
b) Warmwasserbereitung durch zwei Wärmepumpen $1317 \cdot 10^6 \cdot 75$ $4900 \cdot 1000$ = 20 200	302 000	6,7
c) Gebäudeheizung bis -5° C durch drei Wärmepumpen $1815 \cdot 10^6 \cdot 75$ $4900 \cdot 1000$ = 27 800	683 000	4,1
d) Gebäudeheizung unter -5° C und Bassin-Neufüllung durch Elektrokessel $612 \cdot 10^6 \cdot 75$ $4900 \cdot 1000$ = 9 400	739 000	1,27
Total 72 300	1 871 000	

1) Die erste Zahl der Formeln stellt den errechneten Wärmebedarf in 10^6 kcal dar. Als nutzbare Wärmemenge bei Koksfeuerung sind 4900 kcal/kg Koks angenommen, was einem Wirkungsgrad von $\frac{490}{700} = 70\%$ entspricht.

Der mittlere Jahresenergiepreis errechnete sich zu:

$$\frac{72\,300 - 14\,900}{1\,871\,000} = 3,06 \text{ Rp./kWh}$$

Hätte man zur Deckung des Wärmebedarfs für die Raumheizung unter -5° C und die monatlich einmal vorgesehene Bassin-Neufüllung an Stelle des Elektrokessels eine Koksfeuerung eingerichtet, so ergäbe sich für die beiden Wärmepumpenanlagen unter b) und c) ein Mittelpreis von

$$\frac{48\,000}{985\,000} = 4,87 \text{ Rp./kWh, also ein}$$

Energiepreis, der sich bei einem Jahresumsatz von rd. 1 Million kWh sehen lassen kann.

Bei den Kokspreisen von 145 Fr./t, die im Frühjahr 1941 in Zürich Gültigkeit hatten, ergeben sich folgende theoretische Aequivalenzpreise:

b) Warmwasserbereitung: $\frac{6,7}{7,5} \cdot 14,5 = 12,9 \text{ Rp./kWh}$

c) Gebäudeheizung: $\frac{4,1}{7,5} \cdot 14,5 = 7,9 \text{ Rp./kWh}$

Der normale Tarifpreis für Motoren beträgt aber nur 7,5 Rp./kWh, der gegenwärtig zur Anrechnung gelangt. Hieraus resultieren für das EWZ erhebliche Mehreinnahmen, während die Betriebsauslagen für das Hallenbad gegenwärtig wesentlich niedrigere sind als bei Koksfeuerung. Die Verteuerung der Brennstoffpreise hat die Wirtschaftlichkeit für den Energielieferanten, aber auch für den Bezüger erhöht. Die Uebernahme des Risikos, das mit jeder technischen Neuerung verbunden ist, hat sich in vorliegendem Fall in erfreulicher Weise gelohnt.

Der Erstellerfirma Escher Wyss in Zürich ist es überdies gelungen, die spezifischen Wärmeleistungen über die vertraglichen Minimalwerte hinaus zu erhöhen, was bei der Projektierung von neuen Anlagen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Bei dieser Anlage wurden an Stelle der ursprünglich vorgesehenen Rotasco-Kompressoren 2-stufige Kolbenkompressoren mit direkt gekuppelten Drehstrommotoren von 720 U/min verwendet.

In elektrischer Beziehung wurde auch eine interessante Neuerung verwirklicht, indem anstelle der Zentrifugalanlasser Doppelnut-Käfiganker Verwendung fanden, deren Anlaufstrom nur etwa das 3,5fache des Nennstromes ausmacht. Da der Anschlusswert aller Motoren des Hallenbades über 600 kW beträgt, musste eine besondere Transformatoranlage von etwa 800 kVA bereitgestellt werden, die die Anlaufströme der automatisch mit Zeitverzögerung anlaufenden Pumpenmotoren ohne Bedenken aushalten kann. Auch diese Neuerung hat sich im praktischen Betrieb vorzüglich bewährt. Es ist zu hoffen, dass dadurch das Anwendungsgebiet des einfach gebauten Doppelnut-Motors auch auf grössere Leistungen ausgedehnt wird.

In einem spätern Zeitpunkt sollen an dieser Stelle die im praktischen Betrieb erzielten Ergebnisse der spezifischen Wärmeleistungen der beiden Wärmepumpengruppen veröffentlicht werden. Die in dieser Beziehung erzielten Fortschritte gegenüber der ersten Wärmepumpen-Heizanlage im Rathaus Zürich sind erfreulich und erhöhen die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen, was zu deren weiteren Verbreitung beitragen wird.

Korrosionsschutz durch Anstrich.

Von A. V. Blom, Zürich.

(Mitteilung der Eidg. Materialprüfungsanstalt EMPA.)

667.624.6.

Im Anschluss an den frühern, hier erschienenen Bericht über die Versuche der Eidg. Materialprüfungsanstalt mit Anstrichen an Eisenbauwerken der Wasserkraftwerke (Bull. SEV 1934, Nr. 14) wird zusammenfassend über den Korrosionsschutz durch Anstrich berichtet. Grundlage hiefür sind die weiteren Versuche, die die EMPA im Auftrage des VSE ausführte. Es wird die Reinigung des Eisens, die Wahl des Grund- und Deck-Anstriches und die Durchführung der Anstricharbeit besprochen. Zum Schluss werden 7 Regeln für den Anstrich gegeben.

Ce rapport résume les essais de protection au moyen d'enduits antirouille entrepris par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (EMPA) sur des constructions métalliques d'usines hydroélectriques. Il fait suite au rapport publié dans le Bulletin ASE 1934, No. 14. Ces essais complémentaires ont été exécutés à la demande de l'UCS. Le rapport décrit les travaux de décapage du fer, le choix de la couche de fond et de l'enduit de couverture, ainsi que leur application. Pour terminer, l'auteur indique sept règles à observer pour l'application des enduits antirouille.