

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Die Wärmepumpen-Heisanlage im Etzelwerk in Altendorf  
**Autor:** Kornfehl, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060207>

### **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:** 16.01.2026

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

# SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

## ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 25 17 42  
Postcheck-Konto VIII 8481

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

XXXVI. Jahrgang

N° 6

Mittwoch, 21. März 1945

## Die Wärmepumpen-Heisanlage im Etzelwerk in Altendorf

Von A. Kornfehl, Zürich

621.577

Die in reichlichem Masse in der Abluft der Generatoren vorhandene Verlustwärme kann als Wärmequelle der Wärmepumpen-Heisanlage teilweise ausgenützt und zur Raumheizung verwendet werden. Die erste Anlage dieser Art wurde im Etzelwerk aufgestellt und steht seit Dezember 1944 im Betrieb. Die angeführten Messresultate geben einen guten Einblick in die Betriebsverhältnisse und die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage.

La chaleur perdue dans l'air d'échappement des génératrices peut être partiellement utilisée comme source de chaleur dans une installation de pompe thermique et servir au chauffage de locaux. La première installation de ce genre a été aménagée dans l'usine de l'Etzel, où elle fonctionne depuis décembre 1944. Les résultats des mesures indiqués par l'auteur permettent de se rendre bien compte des conditions d'exploitations et du rendement de cette installation.

### Grundlagen

Der immer grösser werdende Elektrizitätsbedarf und der zeitweise besonders während der Heizperiode geringe Energieanfall werden jeweils einschränkende Massnahmen für den Elektrizitätskonsum zur Folge haben. Diese Massnahmen erstrecken sich in erster Linie auf Bezug für Elektrokessel, Heisswasserspeicher und andere elektrische Wärmeapparate. Diese Einschränkung macht sich besonders fühlbar, wenn die nationale Elektrowärme als Ersatz für die mangelnden und teuren festen und flüssigen Brennstoffe einspringen soll.

Es ist daher von grösster Wichtigkeit, dass überall dort an elektrischer Energie für Heizzwecke eingespart wird, wo Abwärme auf einfache Weise durch die Wärmepumpe rationell aufgewertet werden kann.

Ein gutes Anwendungsgebiet hierfür sind die Kraftwerke selbst. Vielfach wird dort die Wärmeversorgung der Dienst-, Neben- und Verwaltungsgebäude vom Kraftwerk aus durch reine Elektrowärme gespiesen. Die hierfür nötige Energie lässt sich jedoch weitgehend einsparen, was bei weiteren Einschränkungen von Bedeutung ist. In Anbetracht dieser Entwicklung hat die Etzelwerk A.-G. in Altendorf eingehende Studien über die Ausnützung der Abwärme durch eine Wärmepumpen-Heisanlage durchgeführt.

Genaue Aufzeichnungen über die Abluft und die Heisswassertemperaturen in Funktion der Aussen-temperaturen während mehrerer Heizperioden der letzten Jahre an der bestehenden Heizanlage mit elektrischem Durchlauferhitzer von 300 kW Anschlusswert ermöglichten der Firma Escher Wyss A.-G., Zürich, eine Anlage vorzuschlagen und zu bauen<sup>1)</sup>, die den Betriebsverhältnissen angepasst ist und eine gute spezifische Heizleistung ergibt.

<sup>1)</sup> Patent angemeldet.

Als Wärmequelle für die Wärmepumpe steht Warmluft von den Generatoren, im Temperaturbereich von 20...40° C, je nach der Belastung der Generatoren, zur Verfügung. Bei deren Abkühlung um nur 1° C wird pro Generator eine Wärmemenge von ca. 30 000 kcal/h zur Aufwertung frei.

Die Warmwasser-Zentralheizanlage im Etzelwerk umfasst ausser den Diensträumen im Maschinenhaus das Bureaugebäude und 15 Dienstwohnungen. Aus Fig. 1 ist das kWh-Aequivalent des gesamten Wärmebedarfes in Funktion der «Grad-Tage» pro Monat ersichtlich. Die Wärmepumpe wurde für eine Heizleistung von 110 000 kcal/h bei einer Heizwasser-Vorlauftemperatur von + 40° C bestimmt, entspre-

kWh/Monat

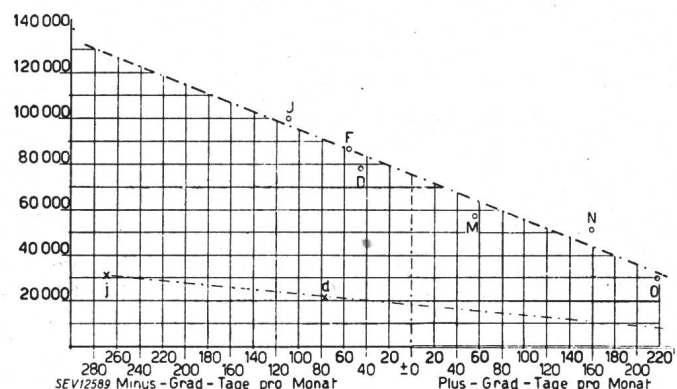


Fig. 1.

Durchschnittlicher Elektrizitätsverbrauch für Heizzwecke im Etzelwerk in Funktion der «Grad-Tage» pro Monat

Legende: Punkte O, N, D, J, F, M Monatswerte bei Heizbetrieb mit Durchfluss-Erhitzer allein,

Punkte d und j Monatswerte bei Heizbetrieb mit Wärmepumpe inkl. kWh-Verbrauch für Zusatzheizung mit Durchfluss-Erhitzer an Tagen mit extremen Tief-Temperaturen oder geringerem Anfall von Abluftwärme ab Generatoren.

chend dem durchschnittlichen Anfall von Maschinen-Abluft während des Winterhalbjahres.

Für die Wärmepumpe wurde die höchste Heizwasser-Vorlauftemperatur von  $48^{\circ}\text{C}$  gewählt; sie genügt bei der vorhandenen Heizfläche auch bei tiefen Aussentemperaturen. Bei dauernder Kälte unter  $-8^{\circ}\text{C}$  jedoch muss der bestehende elektrische Durchlauferhitzer zugeschaltet werden, wobei die Wärmepumpe solange Wärme zuspeisen kann, als die Rücklauftemperatur nicht höher als  $45^{\circ}\text{C}$  ist.

### Funktionsweise der Anlage

Die Anlage arbeitet mit Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) als Wärmeträger. Im Prinzip könnte auch ein anderes Medium, z. B. Freon, Chlormethyl, schweflige Säure, verwendet werden, wobei sich lediglich die Druckverhältnisse und die spezifischen Daten ändern.

Fig. 2 zeigt das Prinzipschema der Anlage.

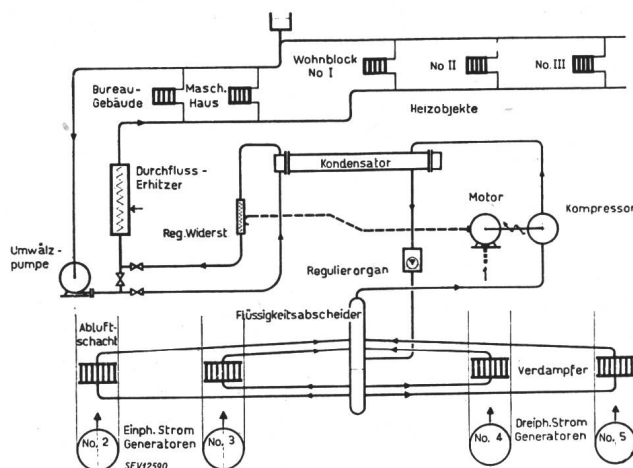


Fig. 2.

Schema der Wärmepumpen-Anlage

In den Verdampfern, von welchen jeder direkt im Abluftschacht einer Generatorgruppe eingebaut ist, verdampft das flüssige  $\text{NH}_3$  und entnimmt dabei der durchströmenden Luft Wärme, wobei diese gekühlt wird. Der  $\text{NH}_3$ -Dampf wird vom Rotations-Kompressor über den Flüssigkeitsabscheider angesogen und auf den Verflüssigungsdruck komprimiert. Der Dampf nimmt dabei die Kompressionswärme auf, wodurch er überhitzt wird. Im Ölabscheider (in Fig. 2 nicht dargestellt) wird das umlaufende Schmieröl abgeschieden und der Dampf gelangt von hier in den Kondensator. Die Verflüssigung des  $\text{NH}_3$ -Dampfes erfolgt bei einer Temperatur, die etwas höher liegt als die Heizwasser-Vorlauftemperatur. Das Heizwasser nimmt dabei die freiwerdende Verflüssigungswärme auf und erwärmt sich von der Rücklauftemperatur am Eintritt auf die Vorlauftemperatur am Austritt des Verflüssigers. Das flüssige  $\text{NH}_3$  fließt dem automatisch wirkenden Drosselorgan zu, wo es auf den Verdampferdruck entspannt wird. Im Verdampfer angelangt, beginnt der Kreislauf von neuem und hält solange an, als der Kompressor im Betrieb gehalten wird.

Die Heizleistung der Anlage ist von der Verdampfungstemperatur abhängig und lässt sich durch Ver-

änderung des stündlich umlaufenden  $\text{NH}_3$ -Gewichtes regeln. Dazu ist der Antriebs-Elektromotor des Kompressors mit einer Drehzahlregulierung ausgestattet; um die Regulierung möglichst verlustarm zu gestalten, wurde der Rotorwiderstand des Motors als Wasserwiderstand ausgebildet, so dass die Verlust-

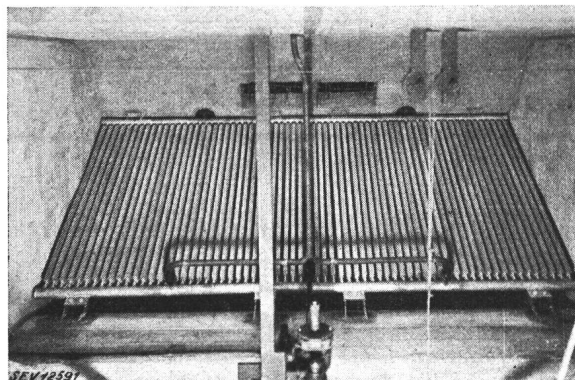


Fig. 3.

Verdampferelement im Abluftschacht

energie als Wärme dem Heizwasser zugeführt wird. Diese verhältnismässig kleine Energie wird somit wie beim bestehenden Durchlauferhitzer im günstigsten Fall eine Umwandlungszahl von 860 kcal/kWh ergeben. Dadurch lässt sich die Anlage dem Heizbedarf gut und rationell anpassen.

Fig. 3 zeigt ein im Abluftschacht einer Maschinengruppe eingebautes Verdampferelement. Die

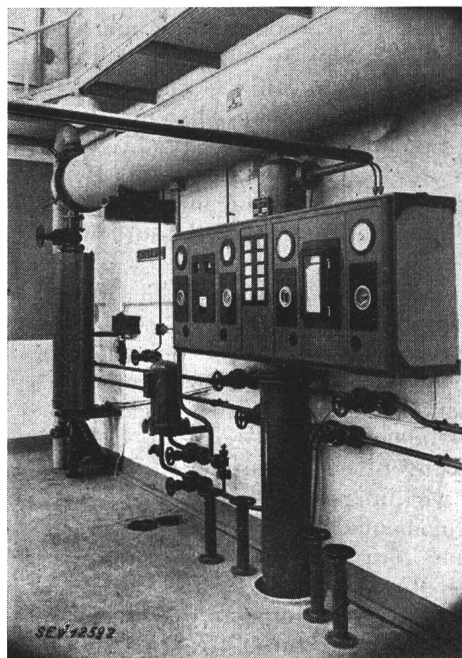


Fig. 4.

Apparate der Wärmepumpe

Hochleistungslamellenrohre ermöglichen, die von der Betriebsleitung des Werkes gestellte Bedingung bezüglich Platzbedarf und Druckverlust zu erreichen. Bei nur wenigen Millimetern Druckverlust im Abluftstrom wird die nötige Wärme mit kleinen

Temperaturdifferenzen und bei geringem  $\text{NH}_3$ -Inhalt entzogen und dem Heiznetz zugeführt. Der Einbau war möglich, ohne irgendeine bauliche Veränderung an der bestehenden Kanalführung oder deren

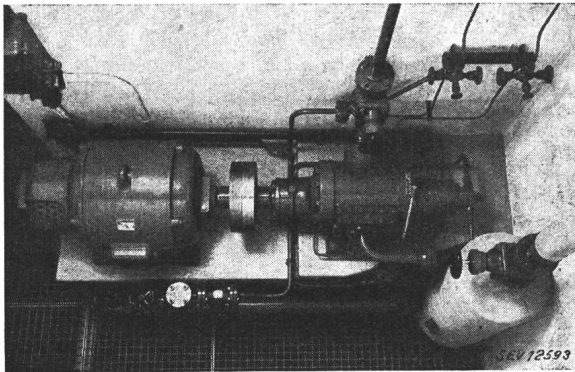


Fig. 5.  
Kompressor-Gruppe

Einrichtung vorzunehmen. Die 4 Verdampferelemente können einzeln oder miteinander im Betrieb stehen, wodurch jeweils die günstigsten Verhältnisse der Wärmequelle ausgenützt werden können.

Fig. 4 zeigt die Apparate der Wärmepumpe, welche in einem Nebenraum zum Maschinenaal aufgestellt sind. An der Wand auf zwei Konsolen befindet sich der Bündelkondensator, dessen Innenrohre vom Heizwasser durchströmt werden, welches während der Verflüssigung des  $\text{NH}_3$ -Dampfes die freiwerdende Wärme aufnimmt. Links sind die Heizwasserleitungen am Umlenkdeckel angeschlossen. In der einen Leitung ist der zylindrische, regulierbare Wasserwiderstand eingebaut.

Die  $\text{NH}_3$ -Flüssigkeitsleitungen mit der automatischen Regulierstation sowie der Flüssigkeitsabscheider sind unter dem Kondensator disponiert. Auf der Schalttafel sind alle wichtigen Betriebsinstrumente sowie die elektrischen Ueberwachungs- und Sicherheitsapparate und das Temperatur-Registrier-Instru-

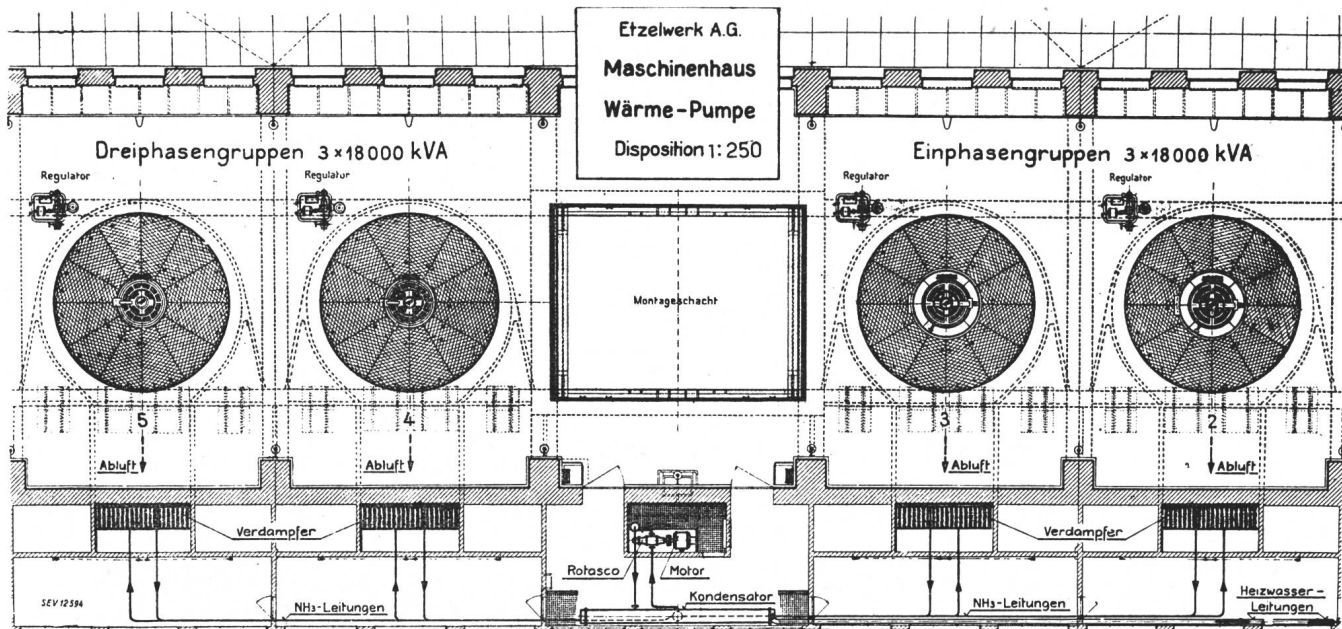


Fig. 6.  
Wärmepumpen-Anlage  
Maßstab 1 : 250

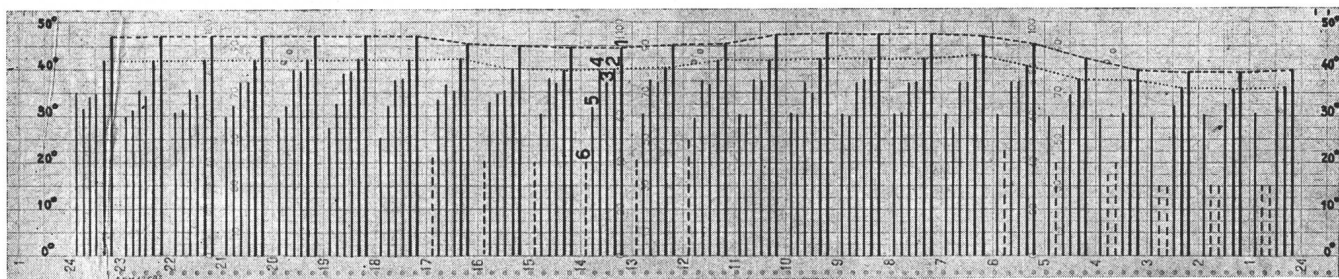


Fig. 7.  
Temperatur-Registrierstreifen vom 27. Januar 1945

Legende:

Ordinaten 1 Vorlauf-Temperatur } des Heizwassers  
2 Rücklauf-Temperatur }  
3 Abluft-Temperatur am Verdampfer I  
4 Abluft-Temperatur am Verdampfer II  
5 Abluft-Temperatur am Verdampfer III  
6 Abluft-Temperatur am Verdampfer IV.

Die gestrichelten Ordinaten bedeuten, dass die dem betreffenden Verdampfer zugeordnete Maschinen-Gruppe vollständig entlastet war.

Aussen-Temperaturen  
um 0 h: minus 12°  
um 6 h: minus 12°  
um 12 h: minus 8°  
um 18 h: minus 6°  
um 24 h: minus 5°

mittlere Belastung des Werkes: 55 000 kVA  
Verbrauch für den Antrieb der Wärmepumpe inkl. zeitweisem Einsatz des Durchflusserhitzers für Zusatz-Heizung 815 kWh



ment untergebracht. Die zentrale Anordnung aller Bedienungselemente erlaubt eine gute Uebersicht über den Betrieb und eine rasche Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse des Heizbedarfes und der Wärmequelle.

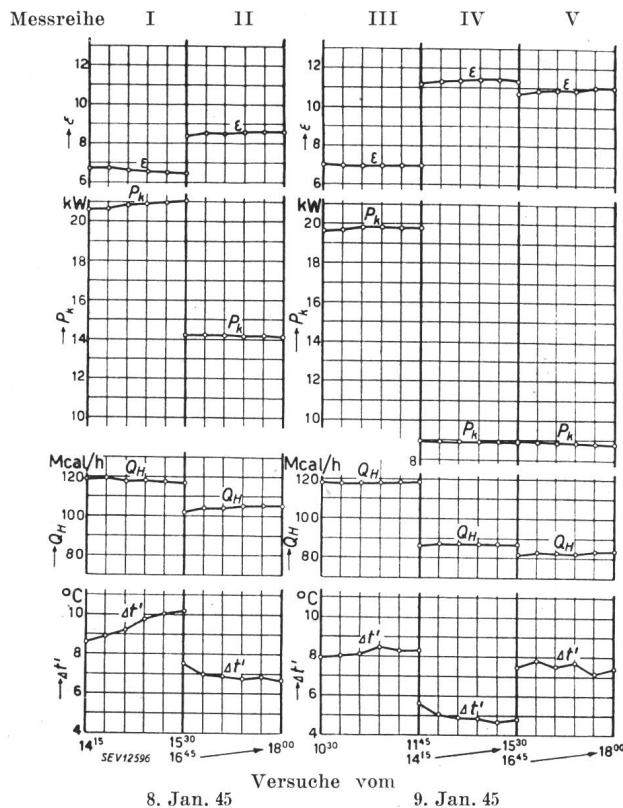


Fig. 8.  
Messergebnisse vom 8. und 9. Januar 1945  
an der Wärmepumpe Etzelwerk

$\Delta t'$  Vorlauftemperatur — mittlere Ablufttemperatur  
 $Q_H$  Heizleistung (netto) Mcal/h  
 $P_k$  Motorleistung an der Kompressor-Kupplung  
 $\epsilon$  Leistungsziffer =  $\frac{Q_H}{860 P_k}$

Die Kompressorgruppe ist im Ventilationsschacht für die allgemeine Maschinenhausbelüftung untergebracht (Fig. 5). Sie besteht aus dem Rotationskompressor System Rotasco mit dem direkt gekuppelten Drehstrommotor, dem Oelabscheider, Oelkühler und den Rohrleitungen.

Der Grundriss Fig. 6 zeigt die gesamte systematische Eingliederung der Anlage in das Maschinenhaus des Kraftwerkes. Von der bestehenden Zentralheizanlage mussten nur die Vor- und Rücklaufleitungen bis zum Verflüssiger der Wärmepumpe erstellt werden. Der zusätzliche Druckabfall im Heizwassernetz ist ganz unbedeutend, so dass auch die bestehende Umwälzpumpe belassen werden konnte.

In Fig. 7 ist der Temperatur-Registrierstreifen für einen normalen Heiztag wiedergegeben. Aus diesem Diagramm ist die Anpassungsfähigkeit der Wärmepumpe an die variierende Temperatur der Maschinen-Abluft ersichtlich.

Der Energieverbrauch für den Antrieb der Wärmepumpe inkl. demjenigen für den von Fall zu Fall zugeschalteten Durchflusserhitzer ist im Diagramm Fig. 1 durch die mit  $d$  und  $j$  bezeichneten Punkte zunächst für die beiden ersten Betriebsmonate Dezember 1944 und Januar 1945 nachgetragen. Bei normalem Anfall von Generatoren-Abluftwärme, jedoch extremer Anzahl Minus-Grad-Tage wurden mit der Wärmepumpe ca. 75 % des früheren kWh-Verbrauches eingespart.

Nach einem Monat Betrieb wurden genaue Messungen zusammen mit der Werkleitung ausgeführt. Die hauptsächlichsten Resultate sind in Fig. 8 graphisch zusammengefasst. Die Leistungsziffer, welche über die Güte der Anlage Aufschluss gibt, liegt durchweg über 6 und ist auch bei reduzierter Leistung sehr gut. Die Messreihe IV ergab Leistungsziffern von mehr als 11.

Diese erste Anlage hat nicht nur die gestellten Bedingungen erfüllt, sondern die Erwartungen in Leistung und Leistungsziffer sogar übertroffen.

Da es in der Schweiz viele Kraftwerke gibt, bei welchen ähnliche Verhältnisse vorliegen, ist zu erwarten, dass eine Reihe solcher Anlagen erstellt werden. Die dadurch an der Quelle freiwerdende elektrische Energie kann der Industrie oder für den Antrieb weiterer Wärmepumpenanlagen, bei denen der Ersatz von flüssigen oder festen Brennstoffen in Frage kommt, zugeführt werden.

Adresse des Autors:

A. Kornfehl, Ingenieur der Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich.

## Ein einschaltssicheres Prozent-Differentialrelais für Transformatoren

Von H. Hoel und J. Stoecklin, Baden

621.316.925.2

Es wird ein neues Brown-Boveri-Relais beschrieben, bei dem die bisher üblichen Einrichtungen gegen den Einschaltstromstoss und deren Mängel beseitigt sind.

Les relais différentiels pour la protection de transformateurs, réalisés jusqu'ici, nécessitaient des dispositifs auxiliaires pour compenser l'effet du courant d'enclenchement. Le nouveau relais Brown Boveri décrit permet de se passer de ces dispositifs et d'éviter ainsi leurs inconvénients.

Der Differentialschutz von Transformatoren vergleicht die ein- und ausfliessenden Ströme und spricht an, wenn der Differenz- oder Fehlerstrom einen bestimmten Wert überschreitet. Der Magnetisierungsstrom wird von der speisenden Transformatorseite geliefert und spielt im Relais die Rolle eines Fehlerstromes. Damit das Relais nicht schon im ungestörten Betrieb auslöst, stellt man den klein-

sten Arbeitsstrom über den Magnetisierungsstrom ein, in der Regel auf etwa 20 % des Nennstromes.

Etwas anders liegen die Verhältnisse beim Zuschalten des Transformators. Im ersten Augenblick kann der Magnetisierungsstrom den späteren stationären Wert um das hundertfache überschreiten, je nach dem zufälligen Augenblickswert der Spannung im Einschaltmoment und je nach der remanenten