Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 10

Artikel: Nutzung von Verlustwärme in EWZ-Unterwerken

Autor: Meier, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904615

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: 09.12.2025

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

Nutzung von Verlustwärme in EWZ-Unterwerken

R. Meier

Bei Transformatoren bestehen meist recht ungünstige Voraussetzungen für eine Nutzung der Verlustwärme: starke Schwankungen im Wärmeanfall und niedrige Temperaturen. Der Beitrag beschreibt einige ältere und neuere Anlagen, bei denen dennoch eine direkte Abwärmenutzung realisiert werden konnte. Durch Einsatz von Wärmepumpen lassen sich die Nutzungsmöglichkeiten noch erweitern.

En ce qui concerne les transformateurs, les conditions pour l'utilisation de la chaleur perdue sont la plupart du temps défavorables en raison des fortes variations de chaleur produite et des basses températures. Cet article décrit quelques installations anciennes et récentes, sur lesquelles il a cependant été possible d'utiliser directement la chaleur d'échappement. Grâce à l'utilisation de pompes à chaleur les possibilités d'utilisation peuvent encore être élargies.

Adresse des Autors

Ricco Meier, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ), Abt. Studien und Bau, Beatenplatz 2, 8023 Zürich

1. Die «Qualität» der Verlustwärme

Nennenswerte Übertragungsverluste entstehen in elektrischen Netzen u.a. in Kabeln, nutzbar sind sie jedoch meist nur bei Transformatoren. Diese Verluste sind weitgehend lastabhängig, gefährden, wenn die Temperatur zu hoch ansteigt, die angestrebte Lebensdauer der Betriebsmittel und müssen deshalb auch bei Vollast auf relativ tiefem Temperaturniveau abgeführt werden. Die notwendige aktive Reservehaltung bei den Betriebsmitteln bewirkt im Normalbetrieb eine Lastreduktion um 30–50%. Schwankungen der Netzbelastung im Tages-, Wochen- und Jahresrhythmus führen schliesslich auch in Netzen mit hoher und gleichmässiger Belastung zu Werten des Lastminimums von nur etwa 10% der Nennlast. Hinzu kommt, dass die Stromwärmeverluste quadratisch von der Last abhängen. Während eines Grossteils der Betriebsdauer fallen daher nur die Leerlaufverluste sicher an.

Grundsätzlich hat in Übertragungs- und Verteilnetzen die Betriebssicherheit Vorrang; daneben wird versucht, die Verluste ganz allgemein zu verringern. Damit kommt eine Anpassung der Betriebsart an Wünsche von Verlustwärmebezügern kaum in Frage.

Fast alle Transformatoren sind mit Luftkühlung ausgerüstet. Abwärmenutzung erfordert aber in aller Regel Wasser als Wärmeträger und den entsprechenden Bereitstellungsaufwand.

Die Wärmeverluste von Transformatoren sind im Vergleich zur Nennleistung mit 0,1% im Leerlauf und etwa 0,5% bei Vollast sehr gering. In einem Unterwerk mit 2 (+1) Transformatoren von 30 MVA kann mit 20 bis 260 kW gerechnet werden, davon können im Mittel etwa 50 kW in Wasser von 30–40 °C genutzt werden.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich die Kennzeichnung der Verlustwärme durch

- starke Schwankungen,
- fehlende Zuverlässigkeit,
- tiefe Temperatur.

Die Wärmequalität ist schlecht, der Aufwand zur Wärmenutzung erheblich und im Vergleich zu anderen Wärmequellen keinesfalls wirtschaftlich.

Trotz dieser ungünstigen Voraussetzungen bemüht sich das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich seit langem, in geeigneten Fällen die Verlustwärme zu nutzen oder abzugeben. Einige Beispiele sollen nachfolgend erläutert werden.

2. Kühlwassernutzung

Aus alten Umbauplänen für das Unterwerk Selnau geht hervor, dass man schon in den späten dreissiger Jahren eine sinnvolle Nutzung der Transformatorenabwärme anstrebte. Das zur Kühlung des Transformatoröles benötigte Wasser sollte erwärmt dem städtischen Hallenbad an der Sihlstrasse zur Verfügung gestellt werden.

Das etwa 1950 realisierte Konzept ist einfach. Die vier Transformatoren (je 15 MVA, 50/11 kV) sind mit Öl/Wasser-Wärmetauschern ausgerüstet, welche das vom Hallenbad zur Verfügung gestellte Grundwasser von 10 °C auf etwa 30 °C erwärmen. Aus einem Warmwasserbecken wird nach Bedarf das Wasser auf 28 °C gemischt und ins Hallenbad-Schwimmbecken gepumpt. Diese einfache, wirkungsvolle Art der Wärmerückgewinnung ist seit über 30 Jahren unverändert in Betrieb.

Die positiven Erfahrungen erlaubten, für das 1974–1977 erstellte benachbarte Kavernen-Unterwerk Katz erneut die ausschliessliche Wasserkühlung der Transformatoren mit Wärmeabgabe ans Hallenbad vorzusehen. Die drei 30-MVA-Transformatoren (davon einer als Reserve) mit einer Verlustleistung von je 140 kW werden durch je zwei Wärmetauscher von 75

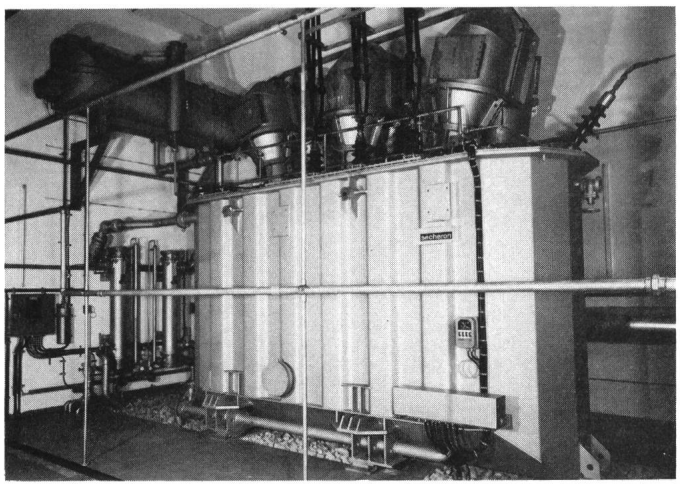

Fig. 1 Wärmetauscher zur Beheizung des Hallenbades im Unterwerk Katz

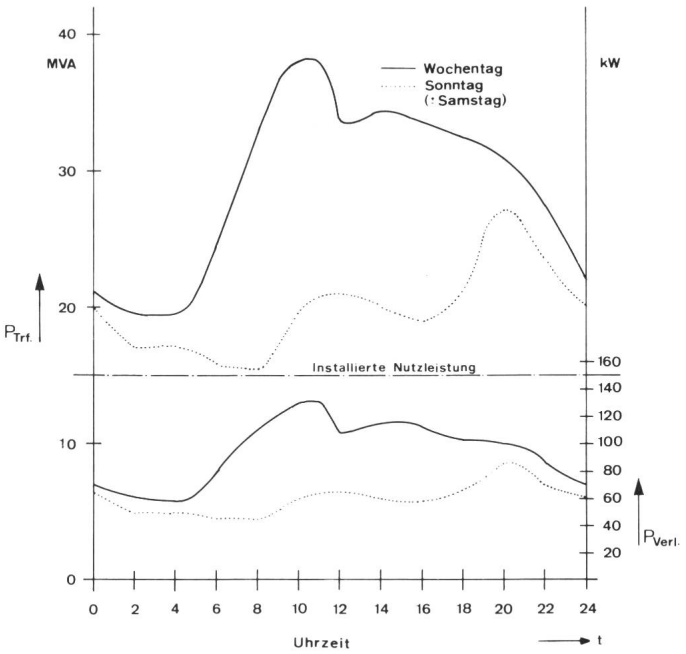

Fig. 3 Unterwerkbelastung (oben, linke Skala) und Brutto-Transformatorverluste (unten, rechte Skala) im Unterwerk Sihlfeld an einem normalen Wintertag

kW gekühlt (Fig. 1). Das Kühlwasser kann in zwei Becken gepuffert werden. Es zirkuliert mit konstanter Fördermenge zwischen Warmwasserbecken und Wärmetauscher. Sobald die Rücklauftemperatur 28 °C erreicht, wird Wasser aus dem Kaltwasserbecken (10 °C) zugemischt, wodurch der Warmwasserpegel steigt, bis das Wasser vom Hallenbad angefordert wird (Fig. 2).

Der grosse Wärmebedarf des Hallenbades erlaubt, die gesamte Verlustwärme der Unterwerke Selnau und Katz trotz tiefer Wassertemperatur direkt zu nutzen.

3. Nutzwärmetauscher in Freiluftanlagen

Die oben genannten Anlagen entsprechen eher günstigen Fällen. In den meisten Unterwerken besteht aber keine Gewähr für die Wärmeabgabe in einen Wasserkreislauf. Auch aus Sicherheitsgründen ist dort eine Luftkühlung für 100% Wärmelast erforderlich. Trotzdem wurden auch in solchen Anlagen verschiedentlich Nutzwärmetauscher installiert.

In den Jahren 1955 bzw. 1960 wurden in den Unterwerken Binz und Fällanden bei ONAF-gekühlten Transformatoren zusätzliche Wasserkühler eingebaut. Mit dem anfallenden Warmwasser werden die Betriebsgebäude monovalent beheizt.

Die geringe, vom Schaltzustand abhängige Nutzwärmeabgabe dieser im Freien aufgestellten Transformatoren führte trotz erheblichem Aufwand zu einer ungenügenden Beheizung der Betriebsräume für das örtliche Personal. Diese Nutzungsart wurde später nicht mehr angewandt.

4. Wärmenutzung in unterirdischen Stationen

Im Jahre 1981 wurde das Unterwerk Sihlfeld in Betrieb genommen. Das Gebäude befindet sich unterhalb einer Spielwiese. Für die Grundkühlung der 2 (+1) 31,5-MVA-Transformatoren stehen drei separate Öl/Wasser-Wärmetauscher à 75 kW in Doppelrohrausführung im Einsatz. Nur bei erhöhtem Kühlbedarf wird die Abwärme über die Öl/Luft-Wärmetauscher mit voller, regelbarer Kühlleistung abgeführt. Figur 3 zeigt die Belastung des Unterwerkes sowie die anfallende Verlustleistung an einem Werktag und einem Sonntag im Winter.

Problemlos kann im Winter das Unterwerk beheizt werden. Im Sommer wird über einen sekundären Kreislauf das (eher aggressive) Wasser eines Planschbeckens erwärmt (Fig. 4), und überschüssige Wärme wird versuchsweise im Winter durch ein erdverlegtes Rohrsystem an einen Spielplatz abgegeben, der teilweise mit Hartbelag versehen ist.

Auch der Neubau, welcher ab 1986 das bestehende Unterwerk Drahtzug ersetzen wird, erhält eine technisch vergleichbare Ausrüstung und ein gleichartiges Wärmenutzungssystem. Als externer Verbraucher ist die Brauchwarmwasser-Aufbereitung einer benachbarten Wohnsiedlung vorgesehen. Allerdings wird dort eine Wärmepumpe erforderlich.

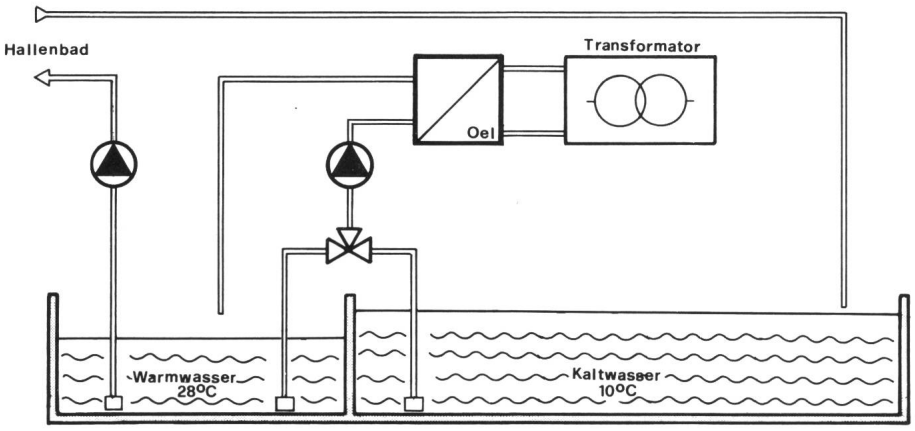

Fig. 2 Prinzip der Wärmerückgabe bei konstanter Temperatur

Die Funktionsweise der Wärmeübertragung ist aus dem Prinzipschema (Fig. 5) erkennbar. Sobald die Öltemperatur 40 °C erreicht hat und von den Verbrauchern Wärme verlangt wird, öffnet das Motorventil MV, und die Pumpe P beginnt zu fördern. Über ein Sammelrohr gelangt das erwärmte Wasser mit etwa 40 °C in den drucklosen Verteiler.

Die Verbraucher sind nach Prioritäten geordnet und werden getrennt geregelt. Das Durchflussvolumen ist konstant. So wird im Winter eine maximale Wassertemperatur von etwa 45 °C erreicht. Damit die Transformatoren nicht zu stark abkühlen, ist eine Rücklaufbegrenzung auf 25 °C fixiert.

Bei fehlender Nutzung setzt ab 60 °C Öltemperatur automatisch die Luftkühlung ein.

5. Nutzungsaufwand

Der Aufwand für die Nutzwärmezusatzeinrichtung ist beachtlich (etwa Fr. 170 000.- für ein neueres Unterwerk). Die Eigennutzung für Heizung erlaubt keinesfalls die Abschreibung der hohen Investitionskosten. Ein geringer sekundärer Vorteil besteht dennoch: Die betriebliche Kühlluftmenge kann reduziert werden, was einen niedrigeren Geräuschpegel zur Folge hat.

Auch für externe Nutzung ist der zusätzliche Aufwand relativ gross, da die schlechte Wärmequalität Wärmepumpen und Speicher erfordert. Trotzdem kann die vom EWZ - übrigens unentgeltlich - abgegebene Wärme für den Grundbedarf z.B. einer Heizanlage interessant werden.

In diesen, leider seltenen Fällen kann somit auch das allgemeine Postulat erfüllt werden, Verluste nutzbar zu machen und die verfügbare Wärmeenergie möglichst sinnvoll zu verwenden.

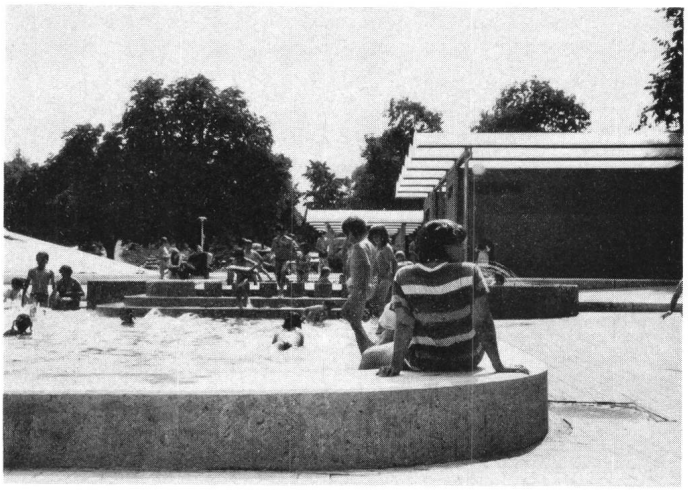

Fig. 4 Durch Transformatoren-Verlustwärme beheiztes Planschbecken

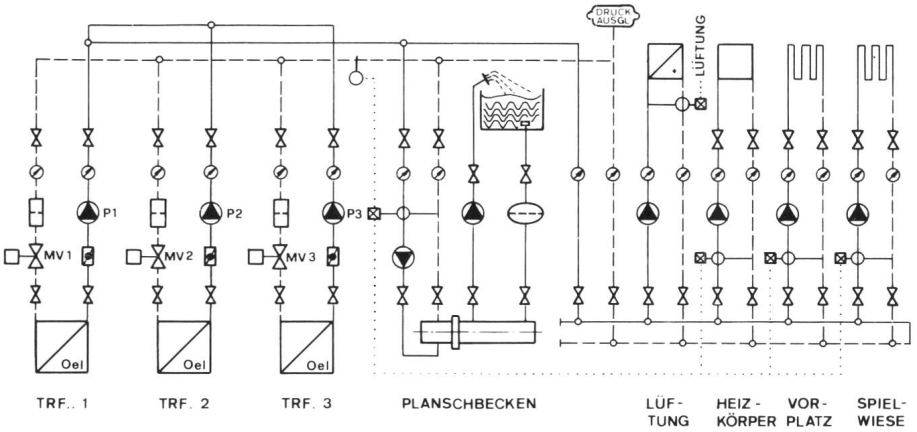

Fig. 5 Prinzipschema der Verlustwärmeheizung im Unterwerk Sihlfeld