

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 35 (1944)
Heft: 23

Artikel: Die Erfahrungen mit Transformatoren des EW Bern
Autor: Jäcklin, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061616>

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>

auch unser 500- und 380/220-V-Netz zum weitaus grössten Teil unterirdisch verlegt ist, haben wir auch an den Lufttransformatoren sehr wenig Defekte; so ist beispielsweise in den letzten 2 Jahren keine einzige Störung an solchen Lufttransformatoren aufgetreten, trotzdem wir zum Teil 25 und mehr Jahre alte Transformatoren im Betrieb haben.

Wir können uns deshalb, obwohl auch wir eine hohe Betriebssicherheit der Transformatoren sehr begrünnen, nicht damit befriedigen, dass die Prüfspannung für Trockentransformatoren, wie beabsichtigt werden soll, ganz wesentlich erhöht wird. Denn dies würde zwangsläufig zu einer grösseren Dimensionierung der Transformatoren führen, und damit brächten wir weniger an Transformatorleistung in unsern Kiosken unter. Bei der stetig steigenden Belastung, den beschränkten Platzverhältnissen in unserer Stadt und nicht zuletzt wegen den ständig sinkenden Einnahmen pro kWh, könnten wir einer Erhöhung der Prüfspannung für Trockentransformatoren, wie wir hörten, von 13,4 auf 48 kV, nicht zustimmen.

Die Erstellungskosten eines Kioskes, inbegriffen die betriebsfertige innere Ausrüstung, aber ohne Transformatoren, betrugen vor dem Krieg rund 6000 Fr. Bei den Kiosken, die als Plakatsäule benutzt werden, kostet die nötige Zementummantelung des drehbaren Eisenmantels ca. 250 Fr. Die

Plakatgesellschaft zahlt pro Kiosk und Jahr eine angemessene Entschädigung.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Rometsch verbindlich für sein Referat. Er hat beiläufig ein wichtiges Problem erwähnt, nämlich dasjenige der Prüfspannung von Trockentransformatoren. Er hat gesagt, dem Vernehmen nach solle die Prüfspannung von Trockentransformatoren wesentlich erhöht werden, was besonders auf das EW Basel, das einige hundert Trockentransformatoren im Betrieb hat, bedeutende Rückwirkungen zur Folge haben könnte. Hat das EW Basel Trockentransformatoren auch an Freileitungen angeschlossen oder nur an Kabelnetze?

E. Rometsch, Ingenieur für den Betrieb des EW Basel: Die meisten Trockentransformatoren des EW Basel stehen nur mit Kabelnetzen in Verbindung. An Freileitungen sind im wesentlichen nur Öltransformatoren angeschlossen. Im Netz von Riehen bei Basel, das vorwiegend aus Freileitungen besteht, haben wir auch einige Kioske mit Trockentransformatoren. Da aber die Leitungen sowohl primär wie sekundärseitig nur mit Kabel in die Kioske eingeführt werden können, sind da, wo diese Kabelstücke mindestens 100 m lang sind, trotz Verwendung von Trockentransformatoren, auch bei Gewittern keine Defekte aufgetreten. Dagegen hatten wir schon Durchschläge an solchen Transformatoren bei geringeren Kabellängen. Öltransformatoren werden normalerweise nur in gemauerten Stationen aufgestellt.

Vorsitzender: Nach den Erfahrungen des Herrn Rometsch brauchte also für Trockentransformatoren, die an Kabelnetze angeschlossen werden, keine Erhöhung der Prüfspannung vorgenommen zu werden. Es ist übrigens nicht bekannt, dass in der Schweiz Trockentransformatoren grösserer Leistung an Freileitungen angeschlossen sind.

Der Vorsitzende erteilt das Wort Herrn Jäcklin, Direktionsadjunkt des EW der Stadt Bern.

Die Erfahrungen mit Transformatoren des EW Bern

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 13. Juli 1944 in Zürich,

von H. Jäcklin, Bern

621.314.21

Die Grundsätze, nach denen das EW der Stadt Bern die Verteiltransformatoren bestellt und abnimmt, werden beschrieben. Die Gesamtleistung dieser Transformatoren beträgt 47 850 kVA; es sind 317 Stück von 50...400 kVA im Betrieb. Die Betriebserfahrungen werden als ausserordentlich gut bezeichnet, sind doch seit 1929 nur zwei Defekte zu verzeichnen, die jedoch nur durch äussere Ursachen bedingt waren. Gleich gute Erfahrungen wurden mit den Grosstransformatoren, die mit Reguliereinrichtung und mit künstlicher Luftkühlung ausgerüstet sind, gemacht. Bei den Grosstransformatoren wurden seinerzeit verschiedene Neuerungen angewandt.

Le conférencier donne des indications sur la façon dont le Service de l'électricité de la Ville de Berne passe ses commandes de transformateurs de distribution et procède à leur essai de réception. Cette entreprise électrique possède actuellement 317 transformateurs de ce genre, de 50 à 400 kVA, totalisant 47 850 kVA. Ces transformateurs se sont extrêmement bien comportés, puisqu'il n'y a eu, depuis 1929, que deux avaries qui provenaient d'ailleurs de causes extérieures. On a également fait de très bonnes expériences avec les transformateurs de grande puissance, équipés d'un dispositif de réglage et refroidis par circulation d'air forcée. Ces grands transformateurs présentaient diverses innovations.

Nach der vom SEV herausgegebenen Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz waren auf Ende 1942 in den Energieverteilungsanlagen unseres Landes über 14 000 auf Niederspannung transformierende Transformatoren mit einer Gesamtleistung von nahezu 1,5 Millionen kVA in Betrieb.

Die konstruktive Entwicklung dieser sogenannten Netztransformatoren meist kleinerer Leistung — als Mittel aus der erwähnten Statistik ergibt sich ein Wert von rund 100 kVA — ist wohl zur Hauptsache als abgeschlossen zu betrachten und wesentliche Neuerungen und Verbesserungen sind hier, abgesehen vielleicht von einer noch weiteren kleinen Reduktion der Verluste, kaum mehr zu erwarten. Auch in bezug auf die Betriebssicherheit haben

diese Transformatoren einen Grad erreicht, der erlaubt, sie mit unter diejenigen Bestandteile unserer Erzeugungs- und Verteilungsanlagen einzureihen, welche dem Betriebsleiter im allgemeinen keine wesentlichen Sorgen mehr bereiten. Trotzdem ist es vielleicht von Interesse, einiges über Erfahrungen mit solchen Transformatoren in einem grösseren städtischen Werk zu berichten und dabei einige Gesichtspunkte einzuflechten, welche bei der Bestellung und Prüfung solcher Transformatoren massgebend sind.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Bern hat gegenwärtig in seinem Verteilnetz 317 Transformatoren mit einer Gesamtleistung von 47 850 kVA in Betrieb. Die kleinsten Einheiten weisen eine Leistung

von 50 kVA, die grössten eine solche von 400 kVA auf; die dazwischen liegenden Einheiten sind abgestuft auf 75, 100, 150, 200 und 300 kVA. Die weit-aus grösste Anzahl dieser Transformatoren sind in den das ganze Stadtgebiet umfassenden Normalspannungsnetzen eingebaut und transformieren die Hochspannung von rund 6200 V auf $3 \times 380/220$ V im Einheitsnetz und auf 3×380 V in dem im Gebiet der innern Stadt neben dem Einheitsnetz noch vorhandenen Kraftnetz. Eine kleinere Anzahl Drehstromtransformatoren sind noch in einigen wenigen 250- und 500-V-Anlagen im Betrieb. Die Zahl und auch die Gesamtleistung dieser 250- und 500-V-Transformatoren ist aber so unbedeutend, dass wir sie bei den nachfolgenden Ausführungen ausser Betracht lassen und uns ausschliesslich auf die Normalspannungstransformatoren beschränken.

Alle Netztransformatoren sind für natürliche Oelkühlung, in der grossen Mehrzahl zur Aufstellung in geschützten Räumen gebaut. Vereinzelt stehen auch Transformatoren als sogenannte Stangentransformatoren für Aufstellung im Freien im Betrieb.

Als Kasten für die Aufnahme der Oelfüllung wurden früher ausschliesslich die bekannten Wellblechkasten verwendet; in letzter Zeit werden aber auch Transformatoren mit den neueren Röhrenkesseln beschafft. Für die Ausrüstung von Transformatorstationen in Kellergeschossen von Wohn- und Fabrikgebäuden, die wir in grösserer Zahl besitzen, mit den häufig durch enge Korridore und Treppen führenden Zugängen, wird von unserm Personal der alten Ausführung mit Wellblechkasten der Vorzug gegeben. Es wird behauptet, der Transformator mit Wellblechkasten lasse sich unter den schwierigen Zugangsverhältnissen, die bei solchen in Untergeschossen liegenden Transformatorstationen fast die Regel bilden, leichter transportieren als der wegen seinen vielen Schweißstellen mehr Sorgfalt erfordernde Röhrenkessel.

Oberspannungsseitig sind die Wicklungen in Stern, niederspannungsseitig entsprechend der Schaltgruppe C3 der Regeln für Transformatoren des VDE in Stern-Zickzack geschaltet. Die Stern-Zickzack-Schaltung der Niederspannungswicklung hat bekanntlich den Vorteil, dass der Nulleiter voll belastet werden darf und dass auch bei stark voneinander abweichenden Phasenbelastungen zwischen den einzelnen Phasen minimale Spannungsungleichheiten auftreten. Die für 6200 V gewickelte Oberspannungswicklung besitzt bei Transformatoren älterer Provenienz 3 Anzapfungen, nämlich für die Spannungen 6400, 6000 und 5800 V. In neuerer Zeit wird die Anzapfung von 5800 V weggelassen und dafür eine Anzapfung bei 6300 V eingeschoben. Die neueren Transformatoren besitzen also 4 Hochspannungsanschlüsse, nämlich für 6400, 6300, 6200 und 6000 V. Alle diese Anschlüsse sind unter Benützung spezieller Durchführungsisolatoren über den Transformatorendeckel geführt, wo sie je nach Bedarf mittelst einer Schraubverbindung angeschlossen werden können. Früher mit unter dem Transformatorendeckel eingebauten Anzapfungs-

umschaltern gemachte Erfahrungen haben nicht restlos befriedigt. Es wurde deshalb auf den Einbau solcher Anzapfungsumschalter, mit Ausnahme der Stangentransformatoren, verzichtet. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass in unserem Falle das Wechseln von Anzapfungen an im Netz eingebauten Transformatoren verhältnismässig selten vorgenommen werden muss und wenn dies doch nötig ist, immer geeignetes Fachpersonal zur Verfügung steht. In ausgedehnten Ueberlandnetzen sind möglicherweise für die Beurteilung der Zweckmässigkeit von Anzapfungsumschaltern andere Gesichtspunkte massgebend. Zu beachten ist ferner, dass bei Transformatoren höherer Oberspannung die Ausbildung von geeigneten Isolatoren für die Ausführung der verschiedenen Wicklungsanzapfungen grössere Schwierigkeiten bereitet als bei unserer verhältnismässig niedrigen Verteilspannung von 6200 V.

Das Leerlauf-Uebersetzungsverhältnis der Transformatoren beträgt $6200/390/225$ V. Wir sind hier etwas unter den VDE-Normen geblieben, welche im Leerlauf eine sekundäre Spannung von $400/231$ V zulassen.

Die Kurzschlußspannungen bezogen auf Nennleistung, Anschluss an Nennspannung 50 Hz, $\cos \varphi = 1$, entsprechen den VDE-Normen; sie bewegen sich zwischen 3,5 und 3,8 %. Der untere Wert gilt für die grösseren, der obere für die kleineren Einheiten. Durch die Abstufung der Kurzschlußspannung wird bei Parallel-Schaltung von grösseren mit kleineren Einheiten die sonst zu befürchtende Ueberlastung des kleineren Transformators vermieden.

Die Eisenverluste betragen bei den neueren Transformatoren im Durchschnitt ca. $\frac{1}{2}$ % der Nennleistung. Die Wicklungsverluste, welche zum Teil durch die Kurzschlußspannungen festgelegt sind, bewegen sich zwischen 2,7 % für den 50-kVA-Typ und 1,5 % für den 400-kVA-Typ, bezogen auf Nennleistung und 80° C. Als Wirkungsgrade ergeben sich unter Berücksichtigung der erwähnten Einzelverluste ca. 96,8 % für die kleineren und 98 % für die grösseren Einheiten.

Die mit unseren Normalspannungstransformatoren gemachten Betriebserfahrungen dürfen als ausserordentlich gut bezeichnet werden. Es beweist dies die Tatsache, dass seit dem Jahre 1929 nur 2 Defekte zu verzeichnen sind, wobei diese Defekte noch nicht einmal auf eine mangelhafte Ausführung oder Konstruktionsfehler zurückzuführen sind. Der eine Defekt wurde verursacht durch einen äusseren Ueberschlag infolge Tropfwasser in einer undicht gewordenen Abdeckung einer unterirdischen Transformatorstation; der zweite Defekt war die Folge einer Ueberlastung des schadhaft gewordenen Transformators.

Mit der sukzessiven Erhöhung der Leistungen der einzelnen Einheiten machte sich beim Abschalten der leerlaufenden Transformatoren eine gewisse Schwierigkeit geltend. Wir haben, um in den Stationen Platz zu sparen, alle unsere Transformatoren hochspannungsseitig nicht über Schal-

ter, sondern über Hochleistungssicherungen an das Netz angeschlossen. Dies hat zur Folge, dass ein Abschalten auch hochspannungsseitig nur mit diesen Hochleistungssicherungen möglich ist. Beim Abschalten vom Netz wird dabei so vorgegangen, dass der Transformator zuerst sekundär entlastet wird. Die Abschaltung erfolgt alsdann ohne Belastung durch Herausnehmen der Sicherungen. Die Erfahrung hat nun gezeigt, dass ein Abschalten mit Sicherungen nur bis zu einer Leistung von etwa 200 kVA ohne Gefahr möglich ist. Bei grösseren Einheiten muss zu besonderen Hilfsmitteln gegriffen werden. Wir verwenden zu diesem Zweck einen einfachen Lastschalter, bei welchem der Ausschaltfunke durch eine magnetische Blasspule gefahrlos unterbrochen wird.

In bezug auf die Abnahmeprüfungen ist zu sagen, dass wir alle unsere Netztransformatoren in den Werkstätten der Lieferanten einer Abnahmeprüfung unterziehen, bei welcher ein Vertreter unseres Werks zugegen ist. Bei allen Transformatoren werden die Verluste gemessen, die Spannungsproben durchgeführt, die Schaltungen kontrolliert und stichprobeweise bei einzelnen Einheiten das Uebersehungsverhältnis nachgeprüft.

Ausser den eben beschriebenen Netztransformatoren besitzt das Elektrizitätswerk in seinem 150-kV-Unterwerk drei grosse, der Abtransformation des Energiebezuges aus den Kraftwerken im Oberhasli dienende Reguliertransformatoren. Zwei dieser im Jahre 1931 eingebauten Einheiten weisen eine Leistung von 10 000 kVA auf, die Leistung des dritten, im Jahre 1942 aufgestellten Transformators beträgt 20 000 kVA.

Bei den vor mehr als 12 Jahren beschafften und seither ununterbrochen im Betrieb stehenden 10 000-kVA-Transformatoren gelangten seinerzeit einige Neuerungen zur Anwendung, so dass es von Interesse sein dürfte, auch über die mit diesen Transformatoren gemachten Erfahrungen kurz zu berichten.

Bemerkenswert war damals in erster Linie die einstufige Abtransformation von 150 auf 6 kV im selben Transformator, wobei dieser erst noch mit einem auf der 6-kV-Seite eingebauten unter Last schaltbaren Stufenschalter als Reguliertransformator ausgebildet war. Der durch einen Kraftspeicherantrieb betätigte Stufenschalter weist ± 10 Schaltstufen auf, von welchen jede, auf die Unterspannungsseite bezogen, einer Spannung von 85,5 V oder rund 1,4 % der Nennspannung entspricht. Der Stufenschalter wurde nicht, wie damals zur Erleichterung von Revisionen und Reparaturen auch üblich, in einem separaten Gefäss an den Transformator angebaut, sondern im Transformatorenkessel selbst untergebracht. Ueber dem Deckel sind nur die Funkenschalter angeordnet, wo die dem Abbrand unterworfenen Teile leicht kontrolliert und wenn nötig ersetzt werden können.

Als weitere Neuerung galt vor 12 Jahren die Anwendung der künstlichen Luftkühlung an Stelle der bis zu jenem Zeitpunkt für Transformatoren grosser Leistung allgemein üblichen Wasserkühlung.

Man gab dieser Lösung, trotzdem das erforderliche Kühlwasser ohne weiteres der direkt an der Anlage vorbeifliessenden Aare hätte entnommen werden können, den Vorzug. Die für die Luftkühlung erforderlichen Installationen erwiesen sich nämlich im Vergleich zu den für eine Wasserkühlung benötigten Einrichtungen als wesentlich einfacher. Jeder der beiden Transformatoren besitzt eine einfache Gebläsegruppe, bestehend aus einem Ventilator für eine Luftfördermenge von 150 m³/min und einen direkt damit gekuppelten Motor von 5½ kW. Die von diesem Gebläse geförderte Luft bestreicht ein auf einer Längsseite des Transformators angebautes System von Röhrenradiatoren.

Die mit den beiden Transformatoren während der bald 13jährigen Benützungsdauer gemachten Erfahrungen dürfen als sehr gut bezeichnet werden. Bis jetzt ist nur an einem Transformator eine bemerkenswerte Unregelmässigkeit aufgetreten, indem sich am betreffenden Stufenschalter im 8. Betriebsjahr Funktionsstörungen geltend gemacht haben. Die durchgeführte Untersuchung ergab als Ursache eine lose Schraubenmutter, deren mangelhafte Sicherung der Werkstattkontrolle entgangen sein muss. Mit dem Festziehen der Mutter war der kleine Schaden, der immerhin ein Ausziehen des aktiven Teils aus dem Kessel nötig machte, behoben.

Bis zum Eintritt der Störung hatte der Stufenschalter 69 000 Schaltungen einwandfrei ausgeführt. Seither ist der Schalter weitere 35 000mal betätigt worden, so dass er bis heute die respektable Zahl von rd. 104 000 durch ein Zählwerk registrierten Schaltungen ausführte.

Ausser der periodischen Egalisierung und gelegentlichen Auswechslung der Löschkontakte der Funkenschalter mussten an beiden Transformatoren keine andern Teile nachgearbeitet oder gar ersetzt werden.

Bewährt hat sich auch die Kühlung. Geschätzt werden vor allem die äusserst einfache Bedienung und Wartung. Die Wartung beschränkt sich auf eine gelegentliche Kontrolle der Lager der Gebläse, während bekanntlich bei Wasserkühlungen, besonders bei Verwendung von Flusswasser, die Wartung der Wasserfassung mit ihren Reinigungseinrichtungen und der Pumpen einen beträchtlichen Arbeitsaufwand erfordert. Als weiterer Vorteil der künstlichen Luftkühlung ist zu erwähnen, dass die Transformatoren dauernd mit etwa 60 % ihrer Leistung ohne diese betrieben werden können. Bei den Verhältnissen, unter denen die Transformatoren normalerweise zu arbeiten haben, ermöglicht dies, den Betrieb während eines grossen Teils des Jahres ohne Benützung der Gebläse zu führen.

Die Bauart des, wie schon erwähnt, im Jahre 1942 aufgestellten 20 000-kVA-Transformators entspricht in allen Teilen derjenigen der vor bald 13 Jahren eingebauten 10 000-kVA-Einheiten. Selbstverständlich wurden bei der Ausführung die in der Zwischenzeit erzielten Fortschritte weitest möglich berücksichtigt.

Am augenfälligsten treten diese Fortschritte in den äussern Abmessungen und im Gewicht in Er-

scheinung. Trotz doppelter Leistung sind die Abmessungen des Kessels nur unwesentlich grösser als bei den alten 10 000-kVA-Transformatoren. Das Gesamtgewicht ist von 70 Tonnen auf nur 78,5 Tonnen angestiegen, was einer Zunahme von nur rd. 12 % entspricht. Dabei wurde diese auffallend grosse Material- und Gewichtseinsparung nicht etwa auf Kosten der Qualität des Transformators erreicht, denn der Wirkungsgrad ist, auf die Nennleistung bezogen, sogar noch etwas höher ausgefallen.

An Stelle der ölgefüllten Durchführungen auf der 150-kV-Seite sind beim neuen Transformator öllöse Kondensator-Durchführungen getreten, eine Neuerung, für welche jeder Betriebsleiter dankbar sein wird.

Die Verluste sind von rd. 120 auf 192 kW gestiegen und es musste die Kühlung der vermehrt abzuführenden Verlustwärme entsprechend vergrössert werden. Dies wurde durch Anbau eines weiteren Systems von Röhrenradiatoren auf der zweiten Längsseite des Transformators und durch Einbau von 2 verstärkten Gebläsen mit Motoren zu je 8 kW Leistung erreicht. Auch dieser Transformator kann dauernd mit 60 % Nennlast ohne künstliche Kühlung betrieben werden.

Zu Versuchszwecken wurde von der Lieferfirma unseres Wissens erstmals eine neue Spannungsmesseinrichtung zur Messung der überspannungsseitigen Klemmenspannung eingebaut. Diese Messeinrichtung benützt den aktiven Teil des Transformators als magnetischen Kreis, ohne dessen Gewicht oder die Abmessungen zu beeinflussen. Die Messeinrichtung ist für eine Messleistung von 3×100 VA und eine Grenzleistung von 3×3000 VA bemessen.

Die von der Eichstätte des SEV an einer Phase vorgenommene Genauigkeitsprüfung hat ergeben, dass die Fehler unter den für Wandler der Klasse

0,5 zulässigen Werten liegen. Die Messeinrichtung kann also ohne weiteres auch für den Anschluss von Zählern benützt werden.

Unter Umständen kann bei Einbau einer derartigen Messeinrichtung in die Transformatoren auf die Aufstellung der in Höchstspannungsanlagen bekanntlich viel Platz beanspruchenden und eine bedeutende Summe Geld kostenden Spannungswandler verzichtet werden.

Als weitere Neuerung ist schliesslich noch der Einbau einer Messeinrichtung zur Bestimmung der Kupfertemperatur der Wicklungen mit Hilfe eines sog. thermischen Abbildes zu erwähnen. Bei den alten Transformatoren waren zu diesem Zwecke Widerstandselemente in die Unterspannungswicklung eingesetzt. Diese empfindlichen Messelemente sind schon bei den Montagearbeiten, besonders aber bei spätern Revisionen leicht der Gefahr einer Beschädigung unterworfen und geben erfahrungsgemäss häufig Anlass zu einem Versagen der Temperaturmesseinrichtung.

Beim neuen Transformator wurden diese empfindlichen Messorgane durch ein mechanisch viel robusteres Widerstandsthermometer mit Heizwicklung ersetzt. Der Apparat ist im Transformatoren-deckel leicht zugänglich, von den Wicklungen vollständig unabhängig eingebaut. Trotzdem gestattet er, die Temperaturschwankungen der Wicklungen mit genügender Genauigkeit an einem Anzeigementrument sichtbar zu machen.

Bis jetzt hat sich auch dieser Transformator in jeder Beziehung bewährt.

Der Vorsitzende dankt Herrn Jäcklin für sein Referat und gratuliert dem EW Bern zu seinen günstigen Betriebserfahrungen; er geht hierauf über zur allgemeinen Diskussion.

Allgemeine Diskussion

A. Meyerhans, Obergeringenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: Gestatten Sie mir noch kurz einige Bemerkungen zum Problem der künstlichen Luftkühlung. Herr Jäcklin hat zuletzt auch davon gesprochen, und speziell betonte Herr Dr. Goldstein die Aktualität dieser Kühlungsart.

Bei den grossen Wandlertransformatoren von 140 MVA Typenleistung kann man tatsächlich alle Verluste in einem Kühler, der im oberen Teil des Transformators untergebracht ist, wegblasen. Dies ist auch bei der heute morgen gezeigten Brown-Boveri-Ausführung der Fall. Ich möchte aber doch erwähnen, dass dieses Wegblasen einen Leistungsaufwand in den Ventilatormotoren von 70...80 kW erfordert. Wenn man diesen Leistungsaufwand kapitalisiert, so ergibt dies ein ganz schönes Sümmchen Geld, das ausreicht, um die Oberfläche der Kühler kräftig zu vergrössern. Ich würde heute einer Konstruktion mit mässiger Bebläsung und grösserer Oberfläche, die, wie Herr Jäcklin erwähnte, den Vorteil hat, dass man während einem grossen Teil des Jahres mit abgestellten Ventilatormotoren arbeiten kann, den Vorzug geben. Die Geräuschfrage ist dabei nicht ausser acht zu lassen.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Meyerhans. Wir sind erneut zum Problem der Kühlung gekommen, bei dem Herr Schiller der Wasserkühlung den Vorzug gibt. Es scheint, dass andere Fachleute der Luftkühlung mit künstlicher Bebläsung den Vorzug geben. Wahrscheinlich kann dieses Problem nicht eindeutig gelöst werden, denn es spielen in jedem einzelnen Fall verschiedene Voraussetzungen mit; immer ist das Wo und das Wie zu untersuchen.

M. Preiswerk, Vizedirektor der Aluminium-Industrie A.-G., Lausanne: Darf ich zu dem Problem der Lärmdämpfung der Transformatoren an die Adresse der Konstrukteure noch eine Frage stellen? Es wurde heute wiederholt davon gesprochen. Ich denke also hier nur an den Lärm durch das Brummen der Transformatoren und möchte die Frage stellen, ob nicht durch geeignete Konstruktionen dieses Brummen wesentlich eingeschränkt werden kann. Ich habe die Beobachtung gemacht, dass gewisse Transformatoren stark lärmten, andere aber, auch bei Volllast und hoher Spannung, beinahe lautlos arbeiten.

Genau so, wie man das Problem der leise arbeitenden Motoren studiert und gelöst hat, sollte meines Erachtens das gleiche Problem bei Transformatoren behandelt werden.

Ich möchte noch auf eine Beobachtung aufmerksam machen. Wir haben vor etwa 15 Jahren in einem Kraftwerk zwei Transformatoren von 10 000 kVA aufgestellt. Der eine, als er in Betrieb kam, hat fast lautlos gearbeitet, der andere hat stark gebrummt. Ich habe damals verlangt, dass dieser zweite Transformator noch einmal geöffnet und alle Schrauben fest nachgezogen werden. Hierauf hat er tatsächlich ebenso leise gearbeitet wie der erste Transformator.

Dann wird auch jeder Betriebsmann schon beobachtet haben, dass gewisse Teile an den Transformatoren Resonanzschwingungen ausführen, dass die Blechwände stark vibrieren, dass Röhren und Abstützungen am Transformator schwingen, dass sogar Thermometer so stark vibrieren, dass man die Kontakteinrichtung nicht benützen kann, weil der