

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Über den Bau einer "geräuscharmen" Transformatorstation  
**Autor:** Schaad, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058064>

### **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:** 25.12.2024

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

tion. L'heure tardive ne permit pas de prolonger la discussion générale.

En conclusion, l'assemblée se prononça à la majorité pour le maintien des assemblées de discussion en un même lieu pour les représentants de langues française et allemande, la discussion générale devant être précédée des exposés limi-

naires séparés. Une proposition de convoquer une seconde assemblée de discussion sur le même sujet des stations de transformation montrées ce jour fut retenue pour examen.

Adresse de l'auteur:

G. Gass, ingénieur au Service de l'électricité de la Ville de Bâle, Bâle.

## Communications d'entreprises électriques

### Über den Bau einer «geräuscharmen» Transformatorstation

Von E. Schaad, Interlaken

534.837 : 621.316.262

*Darstellung der beim Bau einer Transformatorstation an gegebenem Ort inmitten eines Wohn- und Geschäftsquartiers in Interlaken entstandenen rechtlichen Schwierigkeiten und der getroffenen technischen Massnahmen zur Bekämpfung von Geräuschen und Vibrationen.*

*Exposé des complications d'ordre juridique et des mesures techniques prises pour lutter contre les bruits et les vibrations, lors de l'aménagement d'un poste de transformation au centre d'un quartier résidentiel et commerçant, à Interlaken.*

#### Vorbemerkung

Der Autor schrieb den folgenden Bericht im Sinne einer Rundfrage vom Oktober 1951, die von vielen Seiten mit Zustimmung beantwortet wurde. Leider gingen seither nicht so zahlreiche Beiträge zur Veröffentlichung im Bulletin SEV ein, wie dies hätte angenommen werden können. Bestimmt befinden sich in den Erfahrungsschätzen der Elektrizitätswerke viele Themata, deren Veröffentlichung im Bulletin SEV weitere Werkkreise interessieren würden. Der Autor gibt der Hoffnung Ausdruck, sein Beitrag möchte diese Werkkreise zu häufigerer Mitarbeit ermuntern, als dies bisher der Fall war.

#### I. Einleitung

Am 6. März 1952 hielt der VSE in Bern eine von Elektrizitätswerkvertretern aus allen Landesteilen der Schweiz sehr gut besuchte Diskussionsversammlung über den Bau von Transformatorstationen ab<sup>1)</sup>. Bei diesem Anlasse zeigte und erläuterte der Verfasser dieser Ausführungen einige Lichtbilder von einer zu erstellenden Orts-Transformatorstation, bei welcher zur Vermeidung bzw. Verminderung störender Geräusch- und Vibrationsübertragungen auf das direkt angebaute Nachbargebäude verschiedene konstruktive und bauliche Massnahmen getroffen werden sollten. Diese Mitteilungen, speziell auch diejenigen rechtlicher Natur, hatten zur Folge, dass verschiedene Elektrizitätswerke sich näher für die Sache interessierten und nachträglich noch weitere Auskünfte und Unterlagen einholten, oder auch die im Bau befindliche Transformatorstation besichtigten. Es mag daher erwünscht sein, eine allgemeine Orientierung über die Besonderheiten zu geben, die sich vor, während und nach dem Bau dieser Anlage aufzeigten.

#### II. Beschreibung des Bauprojektes

Eine seit vielen Jahren bestehende, veraltete Transformatorstation in einem Wohn- und Geschäftsquartier, die bisher freistehend war, sollte abgebrochen und durch eine neue, erweiterte Anlage ersetzt werden. Für diese Erweiterung war der benötigte Platz bereits seit langem sichergestellt. Dessen fast vollständige Überbauung führte indessen zum direkten Anstossen des neu zu erstellenden Transformatorgebäudes an das benachbarte kleinere Wohn- und Geschäftshaus.

Von Anfang an war vorgesehen, im neuen Stationsgebäude 3 Transformatoren von je 500 kVA Lei-

stung aufzustellen. Für die weitere Entwicklung wurde in Aussicht genommen, diese 3 Transformatoren durch solche grösserer Leistung zu ersetzen und dazu, wenn erforderlich, noch eine vierte Einheit zu installieren.

#### III.

##### Baupublikation, Einsprachen, Baubewilligung

Auf die ordnungsgemäss erschienene Bauanschreibung gingen 5 Einsprachen ein, die materiell praktisch die nämlichen Einwände vorbrachten: Brummen, Surren, Vibration, Brandgefahr, Werteinbusse der Nachbargebäude, Störung des Geschäftslebens usw. Dazu kam noch der Einwand, welcher auf eine Beeinträchtigung der Berufsausübung eines staatlich konzessionierten Eichmeisters hinwies. Auf dem Verhandlungswege konnten vier dieser Einsprachen erledigt werden. Bestehen blieb indessen diejenige des Besitzers des an den Neubau direkt anstossenden Wohn- und Geschäftshauses. In der Folge wurde diese Einsprache vom Regierungsstatthalter abgewiesen und die Baubewilligung erteilt. Zur Begründung wurde angeführt, dass dem Bauvorhaben weder gesetzliche noch reglementarische Hindernisse im Wege ständen und die vorgebrachten Einwendungen zivilrechtlicher Natur seien.

#### IV. Rekurs

Gegen die Verfügung des Regierungsstatthalters liess der Einsprecher durch seinen Anwalt Rekurs einreichen mit dem Begehren:

1. Der angefochtene Entscheid des Regierungsstatthalters sei zu kassieren.
2. Eventuell: Die nachgesuchte Baubewilligung sei nicht zu erteilen.

In formeller Beziehung machte der Beschwerdeführer geltend, die Transformatorstation sei eine Anlage im Sinne von § 14 des kantonal-bernischen Gesetzes vom 7. November 1849 über das Gewerbe-

<sup>1)</sup> siehe Bull. SEV Bd. 44(1953), Nr. 3, S. 97...101, u. Nr. 5, S. 201...211.

wesen. Seine Ansicht stützte der Beschwerdeführer mit der Feststellung, dass Band I der amtlichen Sammlung der Gesetze, Dekrete und Verordnungen des Kantons Bern zu der zitierten Gesetzesbestimmung einen Hinweis auf das Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen enthalte. Wenn aber die Transformatorstation eine Anlage im Sinne des Gewerbegesetzes sei, genüge eine Baubewilligung im Sinne des Baudekretes nicht. Vielmehr sei das Bau- und Einrichtungsbewilligungsverfahren gemäss § 14 ff des Gewerbegesetzes durchzuführen. Aber auch wenn eine Bau- und Einrichtungsbewilligung nicht erforderlich wäre, sondern nur eine Baubewilligung, sei nach § 14, Abs. 2 des Baudekretes nicht der Regierungsstatthalter, sondern die Direktion der Volkswirtschaft des Kantons Bern zum erstinstanzlichen Entscheid zuständig. Aus diesen Gründen sei die Verfügung des Regierungsstatthalters aufzuheben.

In *materieller Beziehung* wurde Nichterteilung der nachgesuchten Baubewilligung beantragt. Das eidgenössische Starkstrominspektorat prüfe die projektierte Anlage nur unter dem Gesichtspunkt der Sicherheitsanforderungen, nicht aber hinsichtlich möglicher störender Einwirkungen auf die Nachbarschaft. Die erweiterte Transformatoranlage werde nunmehr an das Haus des Beschwerdeführers angebaut, der Lärm der neuen Transformatorstation werde für ihn und die übrigen Nachbarn unerträglich sein. Damit verletzte das Bauvorhaben Art. 4 der bundesrätlichen Verordnung vom 7. Juli 1933 über Erstellung, Betrieb und Unterhalt elektrischer Starkstromanlagen. Diese öffentliche Norm sei von der Baubewilligungsinstanz zu beachten.

#### V. Entscheid des Regierungsrates

Der Regierungsrat zog in *Erwägung*:

In *formeller Beziehung* sei festzuhalten, dass der Regierungsstatthalter zum Erlass der angefochtenen Verfügung nicht zuständig war. Zwar bedürfe es für die Errichtung einer Transformatorstation entgegen der Auffassung des Beschwerdeführers keiner Bau- und Einrichtungsbewilligung. Nach konstanter Praxis der Direktion der Volkswirtschaft und des Regierungsrates würden elektrische Anlagen durch das aus dem Jahre 1849 stammende Gewerbegesetz nicht erfasst. Daran vermöge auch der vom Beschwerdeführer erwähnte Hinweis auf das Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen nichts zu ändern. Dagegen werfe die Einsprache gewerbliche Fragen auf. Somit wäre zum erstinstanzlichen Entscheid in dieser Sache die Direktion der Volkswirtschaft zuständig gewesen (§ 11, Abs. 2 des Baudekretes). Die Verfügung des Regierungsstatthalters sei somit aufzuheben.

In *materieller Beziehung* gehe die Behauptung des Beschwerdeführers fehl, die kantonalen Behörden hätten beim Bau der geplanten Transformatorstation zu prüfen, ob Art. 4 der bundesrätlichen Verordnung vom 7. Juli 1933 verletzt werde. Diese Verordnung habe der Bundesrat in Ausfüh-

rung des Art. 3, lit. a des Bundesgesetzes vom 24. Juni 1902 betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen erlassen. In Art. 21 dieses Bundesgesetzes werden die mit der Kontrolle über die Ausführung der in Art. 3 des Bundesgesetzes enthaltenen Vorschriften beauftragten Instanzen näher bestimmt. Vollzugsaufgaben würden dort den Kantonen nicht überbunden (vgl. auch Bundesratsbeschluss vom 29. Dezember 1947 über die Bezeichnung des Starkstrominspektorates. A.-S. Band 63, S. 1492 f.).

Gestützt auf die — hier nicht vollständig wiedergegebenen — Erwägungen hat der Regierungsrat die Erteilung der Baubewilligung verfügt unter ausdrücklichem Vorbehalt von Drittmansrechten.

Nach diesem Entscheid legte der Beschwerdeführer *Rechtsverwahrung* gegen die geplante Transformatoranlage ein. Dabei wurde angedroht, dass die Entfernung der Station auf dem Zivilprozesswege verlangt werde, falls der Bau doch in Angriff genommen werden sollte. Vorbehalten wurde auch im Rahmen vorsorglicher Massnahmen gegen den Baubeginn richterliche Verfügungen zu veranlassen.

#### VI. Bauausführung und Massnahmen zur Reduktion der Geräusche und Vibrationen

Bei der Planung der Transformatorstation wurden gleich von Anfang an alle Massnahmen in Erwägung gezogen, die geeignet sein sollten, störende Einwirkungen auf das Nachbargebäude und die nähere Umgebung zu verhindern.

Deren erste bestand in der Weisung an die Konstruktionsfirma, die zur Aufstellung gelangenden Transformatoren möglichst «geräuscharm» zu fabrizieren. Durch die Auswahl besonders geeigneter Eisenkerne und durch einwandfreien Zusam-

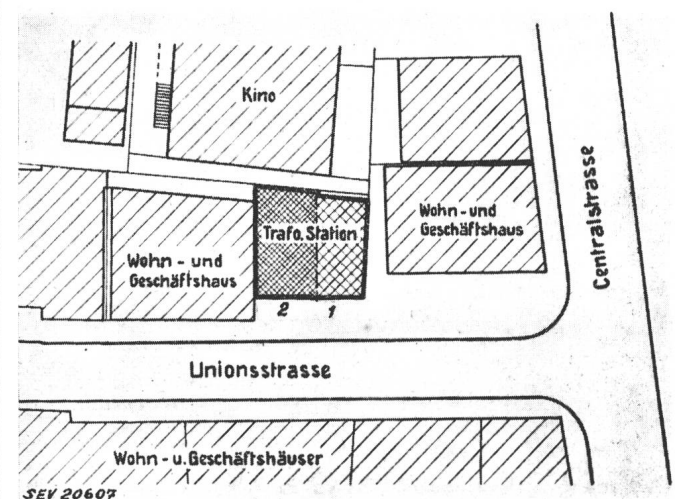


Fig. 1  
Situation der Transformatorstation  
1 bisherige Überbauung; 2 Erweiterungsbau

menbau der Bestandteile sollte dieser Forderung in erster Linie Rechnung getragen werden. Die an den fertiggestellten Transformatoren vorgenommenen Geräuschmessungen ergaben denn auch recht gute Werte, auf die noch zurückzukommen ist.

Zur Aufnahme der direkten, von den Transformatoren an die Umgebungsluft ausgehenden Schallwellen wurde das Gebäude mit schallschluckenden Platten ausgekleidet. Diese Platten wurden mit einem Flammenschutzpräparat behandelt, dessen feuerhemmende Wirkung durch Versuche der EMPA festgestellt worden ist. Die beiden Decken im Unter- und im Obergeschoss erhielten gerillte Aku-

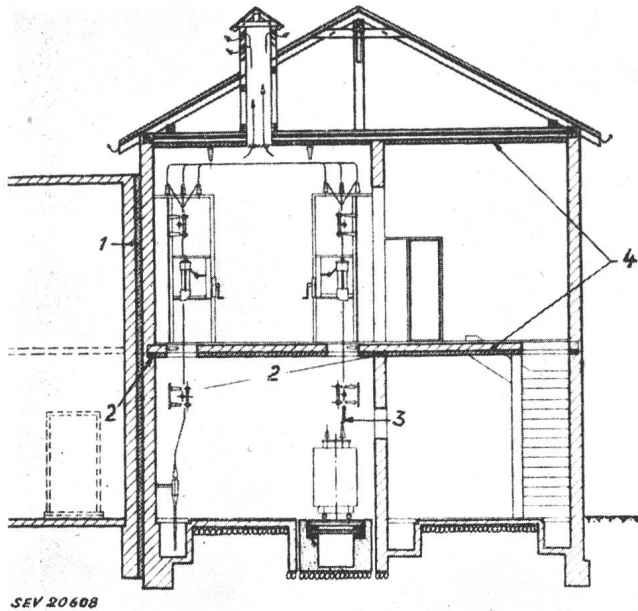


Fig. 2

Querschnitt durch das Transformatoren-Gebäude

1 Pavatex 5 cm; 2 Pavatex, Bitumen-Platte mit Alfolzwischenlage 2×8 mm; 3 flexible Verbindung; 4 Pavatex 24 mm gerillt

stik-Pavatexplatten von 24 mm Stärke. An den Auflagern der armierten Decke im Untergeschoss wurden Pavatex-Bitumen-Platten mit Alfolzwischenlage 2×8 mm eingebaut. Die östliche Mauer des Transformatorengebäudes wurde in einem Abstand von 5 cm vom Nachbargebäude aufgeführt und der Zwischenraum mit Pavatexplatten isoliert. Es mag in diesem Zusammenhange interessieren oder vielleicht eigenartig anmuten, dass der Beschwerdeführer sofort bei Beginn dieser Arbeiten das Anheften der Pavatexplatten an die Brandmauer des Nachbargebäudes beanstandet bzw. für deren Benützung eine Entschädigung von Fr. 33.15 per m<sup>2</sup> verlangt hat. Auf diese vermeintliche «Benützung» der Brandmauer wurde deshalb in der Folge verzichtet, in der Weise, dass die Isolierplatten beim Aufführen der neuen Mauer des Transformatorengebäudes einfach in den vorgesehenen Zwischenraum eingelegt wurden. Die auf der Vorderfront im Obergeschoss eingesetzte Fensterreihe erhielt Doppel-Verglasung. In der gegenüberliegenden Brandmauer sind Glasbetonfenster eingebaut worden.

Die beiden gut abschliessenden Zugangstore bestehen aus schwerem Eichenholz. Der vom Vorplatz her in das Gebäudeinnere führende Luftkanal kann mit einem — ebenfalls mit Pavatex bekleideten — Schieber abgeschlossen werden. Der Luftaustritt aus der Station erfolgt über Dach durch ein mit regulierbarer Jalousie versehenes Kamin.

Zur bestmöglichen Verminderung der Erschütterungs- bzw. Vibrationsübertragungen und des indirekten Geräusches wurde der Aufstellung der Transformatoren ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt. So wurde der unter den Transformatoren in der ganzen Länge der Station durchlaufende, betonierete Luftkanal als Bauelement für sich so ausgebildet, dass keinerlei Berührung mit den übrigen Gebäudeteilen stattfindet. Durchwegs ist ein gegenseitiger Abstand von 5 cm eingehalten worden. Auch bei der Anordnung und Verlegung des Steinbettes wurde auf diese Trennung Bedacht genommen.

Ganz spezielle Bedeutung kommt indessen den isolierenden Transformator-Unterlagen zu. Diese bestehen, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, aus sogenannten «Trichopièse-Streifen», die zwischen Betonplatten, auf welchen das Transformatorengewicht ruht, verlegt sind. Die Stärke und Anordnung dieser Trichopièse-Unterlagen und Betonplatten — die obere Ankersockel, die untere Trägheitssockel genannt — sind vom Transformatorengewicht abhängig und müssen für jeden einzelnen Fall vom Spezialisten berechnet bzw. festgelegt werden. Die Trichopièse besteht aus Tierhaaren, die nach einem patentierten Verfahren in ein teppichförmiges Gebilde verwandelt werden. Wichtig ist, dass es seine Elastizität dauernd beibehält und durch keinerlei Einwirkungen an Güte abnimmt. Um die Wirkungsweise der Trichopièse anzudeuten, sei gesagt, dass sie die in verschiedenen Richtungen und in verschiedenen Stärken auftretenden Kräfte in einen

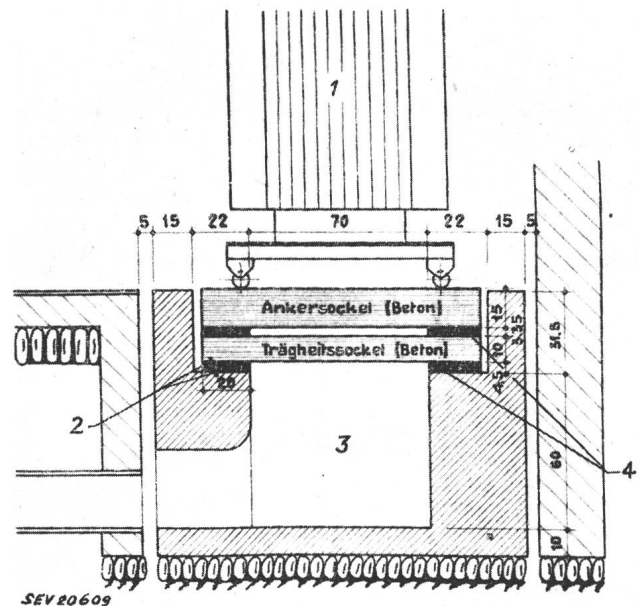


Fig. 3

Auflager der Transformatoren

1 Transformator 2000 kg; 2 Dachpappen-Zwischenlage; 3 Luftkanal; 4 Trichopièse-Streifen, obere Streifen 3,35 cm, untere Streifen 4,50 cm dick

gleichmässigen Druck verwandelt und sich den durch diese Kräfte erzeugten Schwingungen widersetzt. Demzufolge sollen die durch Erschütterungsübertragung indirekt entstehenden Geräusche redu-

ziert werden. Im konkreten Fall wurde die in Fig. 3 aufgezeichnete Disposition getroffen.

Bemerkenswert ist, dass die dickere Betonplatte (Gewicht 430 kg) oben, die dünnere (290 kg) unten angeordnet wurde. Bei den Trichopiëse-Streifen ist es gerade umgekehrt und damit wird dem unteren dickeren Streifen die grössere Last zugebracht. Mit Berücksichtigung des Gewichtes der Betonplatten ergibt sich für den oberen Trichopiëse-Streifen eine spezifische Flächenpressung von ca. 580 g/cm<sup>2</sup>, für den unteren eine solche von ca. 650 g/cm<sup>2</sup>.

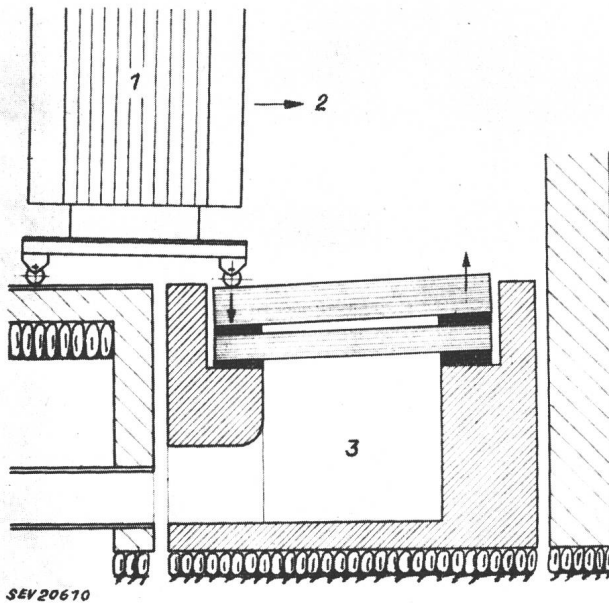


Fig. 4

Unrichtige Art des Antransportes der Transformatoren  
1 Transformator 2000 kg; 2 Transformator nicht anrollen;  
3 Luftkanal

Damit die Trichopiëse-Unterlagen beim Aufstellen der Transformatoren nicht vorübergehend ganz einseitig belastet werden, sollten dieselben nicht in der gewohnten Art und Weise angerollt werden. Beim Auffahren des Transformators auf die Betonplatten wäre es nicht zu vermeiden, dass die erste Trichopiëse-Unterlage für einen Moment stark zusammengedrückt würde (Fig. 4). Das ist aber aus Gründen der dauernden Erhaltung der Elastizität zu vermeiden. Es ist daher zu empfehlen, den Transformator mit einem Hebezeug anzuheben und ihn alsdann am endgültigen Standort auf die Betonplatte senkrecht und gleichmässig abzusetzen.

Um die Vibrationen der Transformatoren nicht auf die Leitungen und Sammelschienen zu übertragen und um deren Mitschwingen zu vermeiden, sind die Anschlüsse auf die Transformator клемmen durch Verwendung von Kupferlitzen flexibel ausgeführt worden.

## VII. Geräusch- und Vibrationsmessungen

Die vorerst wichtigste Feststellung ist wohl die, dass der Einsprecher im Nachbarhaus überhaupt nicht bemerkte, als die Transformatorstation eingeschaltet und in Betrieb genommen wurde. Angesichts der obwaltenden Umstände und um all-

fälligen neuerlichen Einwendungen begegnen zu können, wollten wir es damit jedoch nicht bewenden lassen, sondern wir hielten es vielmehr als gegeben, noch Geräusch- und Vibrationsmessungen innerhalb und ausserhalb der Station zu veranlassen.

Gemäss amerikanischen Normen (NEMA-Standards) ist für Geräuschmessungen an Transformatoren dieser Grösse ein zulässiger Höchstwert von 58 db (Phon) festgelegt.

Von den drei in der Station installierten Transformatoren wurden deren zwei bereits in der Fabrik «speziell geräuscharm» gebaut und nach deren Fertigstellung auf Geräuschwirkung untersucht. Eine Kontrollmessung an ihrem Betriebsstandort ergab gute Übereinstimmung mit den in der Konstruktionswerkstätte ermittelten Werten. Diese betragen für den einen Transformator 49,3 db und für den zweiten 49,6 db, was als sehr günstiges Resultat bezeichnet werden darf. Es konnte also durch sorgfältige Auswahl der Transformator-Kerne das Brummen dieser Einheiten um fast 9 db unter den NEMA-Höchstwert gesenkt werden. Der dritte, von früher her vorhandene Transformator ergab ebenfalls einen sehr befriedigenden Durchschnittswert von 52,6 db.

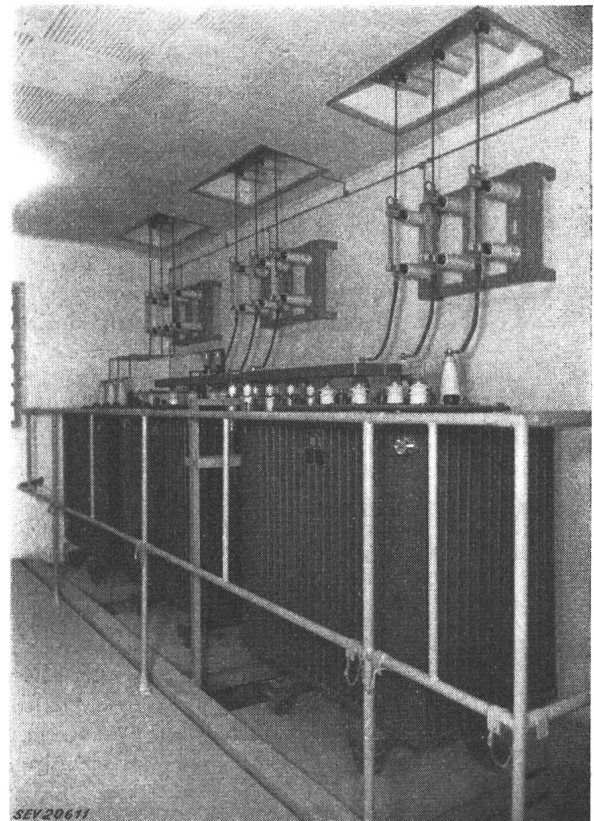


Fig. 5

Transformatorraum mit 3 Einheiten zu 500 kVA

Im Innern des Transformator-Raumes wurde beim Betrieb aller Einheiten im Mittel ein Geräusch von 52 db festgestellt.

In einem Schlafzimmer des Nachbarhauses, das direkt an das Stationsgebäude anstösst, konnte das Brummen der Transformatoren vom Gehör nur mit

grösster Mühe wahrgenommen werden. Die Messung in diesem Zimmer ergab nur noch 27...28 db.

Ein Schaltvorgang eines ölarmlen Schalters im 1. Stock des Transformatorenraumes äusserte sich im nebenliegenden Treppenhaus des Nachbargebäudes als sehr dumpfer Knall mit einer Geräuschspitze von 46 db, die bei Tage im Geräuschpegel fast untergeht.

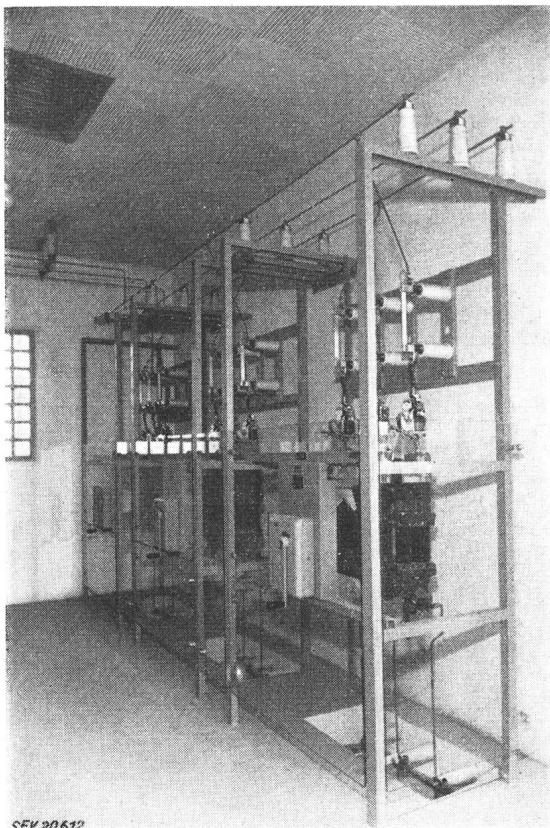


Fig. 6

16-kV-Anlage im 1. Stock, mit ölarmlen Schaltern ausgerüstet

Im Freien, d. h. in nächster Umgebung der Transformatorenstation wurde noch ein Brummgeräusch im Bereich des Störpegelwertes festgestellt, der nachts mit 26 db gemessen wurde. Tagsüber verschwindet die Störung vollständig darin. Es zeigte sich, dass die Dämmung der Wände und der Eichentüren rund 20 db und diejenige des Ventilationschiebers im Zuluftkanal rund 15 db beträgt.

Werden Schieber und Fenster im 1. Stock geöffnet, so steigt das Geräusch ausserhalb der Station um etwa 7 db; tagsüber bleibt es indessen unter dem Geräuschpegel. Wenn nachts das Geräusch in den nächstliegenden Wohnräumen bei ebenfalls geöffneten Fenstern 30 db nicht überschreiten soll, so müssen wohl einige Fenster der Station geschlossen bleiben.

Auf die Resultate der Vibrationsmessungen hier im einzelnen einzutreten ist nicht unbedingt notwendig. Es genügt wohl die Angabe, dass am Transformatoren-Untergestell  $0,8 \mu\text{m}$ , am Transformatoren-Fundament, das vom Gebäude getrennt aufgestellt und als Teil des Luftkanals ausgebildet ist,

noch ca.  $0,2 \mu\text{m}$  gemessen wurde. Am eigentlichen Gebäude-Fundament konnten Vibrationen nicht mehr genau gemessen werden; sie betragen weniger als  $0,1 \mu\text{m}$ .

Es ist damit die Wirksamkeit der schallisolierenden Transformatoren-Aufstellung erwiesen, die tatsächlich eine wesentliche Reduktion der Körperschall-Leitfähigkeit bewirkt. Ob indessen die in unserem Falle gewählte Anordnung und Dimensionierung der Trichopiëse-Unterlagen und Betonzwischenplatten die günstigsten Verhältnisse ergeben, können wir nicht mit Bestimmtheit sagen.

Für die Betriebsleute, für welche diese Ausführungen geschrieben sind, ziehen wir aus unserm Fall die nachstehenden Schlussfolgerungen:

a) Durch sorgfältige Auswahl des Kernmaterials und exakten Zusammenbau kann das Brummgeräusch eines Transformators in gewissem Masse reduziert werden.

b) Die drei installierten Transformatoren von 500 kVA Einzelleistung erzeugen zusammen nicht soviel Geräusch wie ein einziger Transformator mit derselben Gesamtleistung von 1500 kVA.

c) Ob im Transformatorengelände nur 1, 2 oder alle 3 Transformatoren im Betrieb stehen, hat auf die Geräuschbildung keinen ausschlaggebenden Einfluss.

d) Die Transformatorengeräusche blieben bei voller und teilweiser Belastung der Transformatoren praktisch gleich.

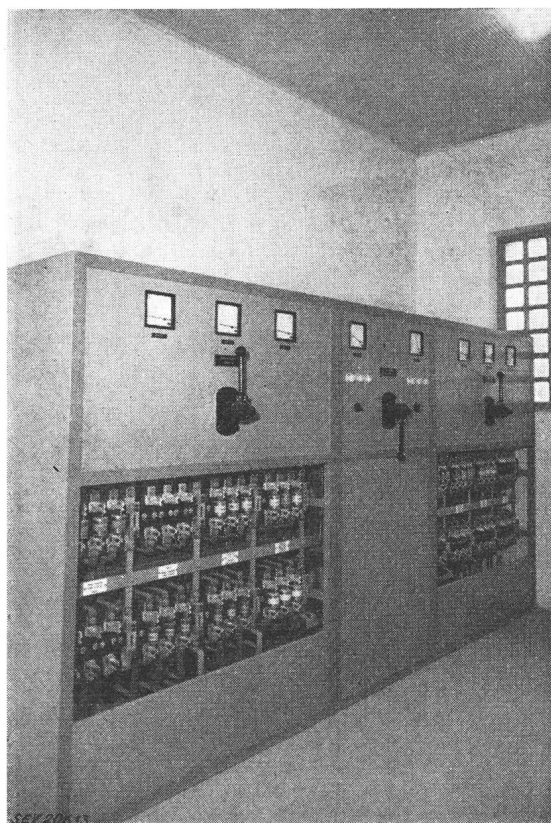


Fig. 7

380/220-V-Verteilsschrank im 1. Stock

e) Oeffnungen (offene Türen, Fenster, Ventilationen) lassen die Geräusche ohne grosse Behinderung ins Freie austreten.

f) Bei Überspannung steigt, bei Unterspannung sinkt das Transformatorengeräusch.

g) Schallschluckende Verkleidungen (Akustikplatten) erweisen sich als wirksam.

### VIII. Ästhetik und Zweckbau

Um das Transformatorenhaus in seinem Äussern möglichst wenig als Gebäude mit technischer Zweckbestimmung erscheinen zu lassen und es harmonisch in die bestehende Häusergruppe einzuglie-



Fig. 8  
Aussenansicht der Transformatorenstation

dern, wurde der Gestaltung der Hauptfassade besondere Beachtung geschenkt.

Als Detail ist beispielsweise der Einbau der zwei in Fig. 8 ersichtlichen Schaukasten anzuführen. Die

in die Hauptfassade eingebaute Vitrine ist ausgerüstet mit einer Anzahl Fluoreszenzlampen, auf welchen mit aufsteckbaren, verschiedenfarbigen Buchstaben beliebige Texte, die sich gegebenermassen auf die Elektrizitätsversorgung und -anwendung beziehen, zur Darstellung gebracht werden können.

Am Nachbarhaus, also demjenigen des Einsprechers, hat dieser das im Bilde ebenfalls erkennbare Fresko eines Schützen anbringen lassen, das gewiss eine gute Reklame für die von ihm betriebene Waffenhandlung darstellt.

### IX. Schlussbetrachtung

Die beschriebene Transformatorenstation steht in einem vollständig überbauten Quartier und im Schwerpunkt der in diesem auftretenden Belastungen. Eine Verlegung der Anlage an einen andern Ort kam aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage. So mussten denn die über das übliche Mass hinausgehenden Massnahmen zur Verminderung von Vibrations- und Geräuschübertragungen in Kauf genommen werden. Auf der andern Seite aber ist mit dieser Anlage der Beweis dafür erbracht worden, dass auch in einem bewohnten Quartier eine Transformatorenstation ohne Nachteile für die Nachbarschaft an ein dauernd bewohntes Haus angebaut und betrieben werden kann.

Diese Tatsache dürfte die Verhandlungen mit allfälligen Einsprechern in weiteren Fällen gewiss erleichtern. Ebenso kann die Abklärung der rechtlichen Belange nur erwünscht sein.

Adresse des Autors:

E. Schaad, Direktor der Licht- und Wasserwerke Interlaken (BE).

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Der Nachstrom in Leistungsschaltern

621.316.3.064.2

[Nach A. Hochrainer: Der Nachstrom in Leistungsschaltern. Elektrotechn. Z. Ausg. A, Bd. 73(1952), Nr. 19, S. 627...629]

Der Nachstrom bei Leistungsschaltern ist der Strom, der u. U. unmittelbar nach dem letzten Nulldurchgang des gelöschten Hauptstromes noch für eine kurz begrenzte Zeit fließen kann. (Grössenordnung 1...100 A, Zeitdauer einige  $\mu$ s bis ms). Der Autor betrachtet ihn als Analogon zum Rückstrom bei Stromrichtern, was sich besonders in der weiter unten folgenden Berechnung des Verlaufes des Nachstromes zeigt. Physikalisch kann das Auftreten dieses Stromes folgendermassen erklärt werden:

Während des Hauptstromes entsteht die Leitfähigkeit durch Thermoionisation. Im Gleichgewicht ist die durch die Ionisation erzeugte Leitfähigkeit gerade so gross, dass die im Lichtbogen entstehende Leistung zur Deckung der Wärmeabgabe durch Strahlung, Wärmeleitung und Ionisation ausreicht. Bei schnellem Abfall des Stromes passt sich aber die Temperatur und der Ionisierungsgrad diesem nicht ganz an, so dass im Moment des Stromnulldurchganges eine Restionisation bestehen bleibt. Diese restlichen Ionen verschwinden durch Rekombination, durch die Strömung des Löschmittels, durch Wanderung an die Elektroden usw.

In der folgenden Berechnung des Verlaufes des Nachstromes wird angenommen, dass die Entionisation nur durch Wanderung der Ionen an die Elektroden stattfindet. (Das eigentliche Löschmittel hätte darnach somit nur einen Einfluss auf die zur Zeit des Stromnulldurchganges anfänglich vorhandene Zahl der Ionen).

Weiter wurden folgende Annahmen und Ansätze gemacht:

a) Der Bogen sei zylindrisch mit konstantem Querschnitt, und die Ionen  $N_0^-$  und  $N_0^+$  zur Zeit des Nulldurchganges gleichmässig über die ganze Säule verteilt.

b) Die Feldstärke  $E$  sei an allen Punkten der Bogensäule gleich gross (die Raumladung wurde also vernachlässigt).

c) Es werde eine konstant ansteigende Spannung  $U$  angelegt, also  $U = Ct$  und  $E = At$ ;  $C$  und  $A$  sind Proportionalitätsfaktoren.

d) Die Beweglichkeiten ( $b^+$  und  $b^-$ ) der Ionen unter dem Einfluss des angelegten Feldes sei orts- und zeitunabhängig, d. h. die resultierende mittlere Geschwindigkeit proportional zur Feldstärke.

$$v^+ = b^+ E$$

$$v^- = b^- E$$

e) Alle Elektronen eines Vorzeichens bewegen sich gleich schnell gegen die Elektrode. Die Anzahl der Restionen zur Zeit  $t$  beträgt darnach:

$$N = N_0 - \int_0^t dN(t) = N_0 - \frac{1}{a} N_0 \int_0^t v dt =$$

$$= N_0 - \frac{1}{a} N_0 b \int_0^t E dt =$$

$$= N_0 - \frac{1}{a} N_0 b \int_0^t A t dt = N_0 - \frac{1}{a} N_0 b A \frac{t^2}{2}$$

( $a$  ist der Elektrodenabstand)