

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 5 (1914)
Heft: 8

Artikel: Unverbrennliches Schalter- und Transformatorenöl
Autor: Grossmann, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059675>

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: 17.05.2025

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

Unverbrennliches Schalter- und Transformatorenöl.

Von Dr. *Hans Grossmann*, Ober-Urdorf bei Zürich.

Immer mehr werden die einzelnen Wissenschaften gezwungen, einander die Hand zu reichen, um den enorm gesteigerten Anforderungen der Technik gerecht zu werden. Interessant ist das Wechselspiel, das sich dabei zeigt. Die eine stellt die Forderung, oder wird durch die Entwicklung zur Forderung gezwungen; die andere muss sie lösen. Ein prächtiges Gebiet zu solchem Zusammenarbeiten zweier Wissenschaften bieten die Schalter- und Transformatorenöle. Die Elektrotechnik ist in diesem Falle die Fordernde; der Chemie fällt die Lösung zu.

Auf die Bedeutung der Schalter- und Transformatorenöle speziell einzutreten, ist wohl an dieser Stelle unnötig. Ihre Wichtigkeit ist allgemein anerkannt, ihre Qualität durch Normalien festgelegt. Den gestellten Anforderungen genügen mehr oder weniger die bisher gebrauchten Öle. Nun kommt aber die Technik in letzter Zeit mit einer gebieterischen Forderung, leider gezwungen durch eine Reihe schwerer Unfälle, die nicht mehr durch das bisherige Material erfüllt wird. Es ist dies die Unverbrennlichkeit. Bevor ich auf diese letzte Forderung und deren Lösung eintrete, möchte ich noch einige Bemerkungen über das bisher gebrauchte Schalter- und Transformatorenöl einflechten.

Schon seit mehreren Jahren befasse ich mich mit dem Studium dieser Fragen. Beim Durchlesen der verschiedenen Abhandlungen über Schalter und Transformatoren ist mir aufgefallen, dass dem Öl wohl immer eine grosse Bedeutung zugemessen wird, einige ganz wichtige Fragen aber ausser Acht gelassen werden. Heute wird allgemein Mineralöl als beste Füllung empfohlen und dabei durch eine Reihe physikalischer Normalien die Qualität in ziemlich engen Grenzen festgelegt. Diese Normalien sind aber rein physikalischer Natur und berühren die chemischen Eigenschaften des Öls nur in geringem Masse. Man glaubt vielleicht durch die Bezeichnung Mineralöl das Material in chemischer Beziehung genügend definiert zu haben und begeht damit einen grossen Irrtum. Die verschiedenen Mineralölsorten sind in chemischer Beziehung so verschieden von einander, dass unmöglich alle Sorten gleich gute Eigenschaften zeigen können. Zwischen amerikanischem, galizischem, russischem, rumänischem etc. Mineralöl bestehen in chemischer Beziehung bei sonst gleichen physikalischen Konstanten solche Verschiedenheiten, dass ihr Einfluss sich auch im Schalter und Transformator geltend machen muss, wo ja rein chemische Vorgänge mehr oder weniger schädlich einwirken. Siedegrenzen, Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen, die Frage, ob die Öle rein oder vermischt zur Verwendung gelangen, die Frage, ob die Öle durch die einfache Destillation aus Rohöl oder durch Crackingprozess gewonnen sind, Raffinationsprozesse etc.; alle diese Fragen werden durch die bekannten Normalien in keiner Weise berührt. Gerade diese Eigenschaften aber haben Einfluss auf die Zersetzungserscheinungen im Schalter und Transformator, seien sie nun elektrischer, physikalischer oder chemischer Natur. Ein klares Bild über diese Verhältnisse kann nur gewonnen werden durch eine vergleichende Untersuchung zwischen den verschiedenen Mineralölsorten bekannter reiner Provenienz. Als Resultat einer solchen Untersuchung wird sich eine bestimmte Mineralölqualität herauschälen, die den gestellten Anforderungen in jeder Beziehung am besten genügt. Vergleichende Untersuchungen zwischen den verschiedenen Mineralölsorten in elektrischer Beziehung einerseits, in chemischer Beziehung anderseits, sind natürlich schon längst ausgeführt. Eine vollständige Paralleluntersuchung der verschiedenen reinen Mineralölsorten des Handels in chemischer und elektrischer Beziehung existiert meines Wissens nicht. Die Aufgabe ist langwierig und schwierig, hauptsächlich in Bezug auf die gasanalytische Untersuchung der Zersetzungsgase bei Flammbogendurchschlägen; müsste aber für die Elektrotechnik unbedingt von grossem Nutzen sein. Eine Untersuchung im obigen Sinne habe ich begonnen, bin dann aber durch die letzte und meines Erachtens wichtigste Forderung der Technik, durch die Forderung der Unverbrennlichkeit, in eine andere Bahn

gelenkt worden. Will eine Arbeit über Schalter- und Transformatorenöle Anspruch auf Vollständigkeit machen, muss sie auch diese letzte Forderung berücksichtigen. Eine praktische Lösung müsste jeden Fachmann interessieren, der die Gefahren eines Schalterbrandes kennt und der um die Sicherheit seines Betriebes besorgt ist. Im folgenden unterbreite ich eine Lösung, wie sie sich als Produkt langer Untersuchungen herausgeschält hat.

Meine Untersuchungen wurden durch das freundliche Entgegenkommen eines grossen Elektrizitätswerks der Schweiz sehr erleichtert, indem mir ein Hochspannungsölschalter zur Verfügung gestellt wurde, wie ich auch in dessen Anlagen Gelegenheit fand, unter Beihilfe Versuche in grösserem Masstabe durchzuführen. Ich möchte an dieser Stelle den Herren meinen besten Dank für ihr Entgegenkommen aussprechen.

Meines Wissens gehen die bisherigen Versuche darauf aus, Löschvorrichtungen, die entweder automatisch wirken oder durch Menschenhand betätigt werden, im Falle eines Brandes wirken zu lassen. Mein Vorschlag geht nun dahin, der Frage direkt auf den Leib zu rücken und ein Schalteröl zu schaffen, das gar nicht brennen kann, trotzdem aber den hohen Anforderungen der Starkstromtechnik entspricht.

Allgemein gesprochen lassen sich zwei Lösungen voraussehen:

1. Man ersetzt das bisher gebrauchte Mineralöl durch eine andere Flüssigkeit, die den elektrischen Anforderungen genügt und unverbrennbar ist, oder
2. man sucht das bisher gebrauchte Mineralöl durch eine entsprechende chemische Behandlung oder durch einen Zusatz unverbrennlich zu machen.

Nach meiner Ansicht wäre die zweite Lösung vorzuziehen, da auf diese Weise das langjährig erprobte Öl beibehalten werden könnte. Als zweiter wichtiger Punkt wird die Preisfrage eine Rolle spielen. Isolierende Flüssigkeiten, die billiger sind als Mineralöl, dürften nicht so leicht gefunden werden. Mein erster Vorschlag geht also dahin, das alte Schalteröl so zu präparieren, dass es für die Praxis genügend unverbrennlich wird. Eine einwandfreie Lösung ist aber dadurch noch nicht gefunden. Chemische Substanzen, die sich im elektrischen Flammbogen nicht zersetzen, gibt es nur ganz wenige. Dass Schalteröl durch den Flammbogen zersetzt wird, ist ja eine bekannte Tatsache. Der gleichen Zersetzung werden auch allfällige Beimischungen ausgesetzt sein. Wie nun eine solche Zersetzung verläuft, kann man nie mit Genauigkeit bestimmen. Jedenfalls entstehen Dissociationsprodukte, die saurer Natur sein können. Solche Zersetzungen können auch im Schalter eintreten und dann ist die Gefahr vorhanden, dass die Metallteile des Schalters durch diese Zersetzungsprodukte angegriffen werden. Man muss also unbedingt dafür sorgen, dass solche Produkte gar nicht entstehen können oder wenn dies nicht möglich, sofort nach ihrem Entstehen unschädlich gemacht werden. Mein definitiver Vorschlag geht also dahin, das gewöhnliche Schalteröl durch entsprechende Behandlung unbrennbar zu machen und durch einen Zusatz dafür zu sorgen, dass allfällige Zersetzungsprodukte unschädlich gemacht werden. In diesem Sinne habe ich meinen Vorschlag zum Patent angemeldet und mit bestimmten Mischungen eingehende Versuche unter der Kontrolle der Betriebsingenieure des betreffenden Werkes ausgeführt.

Versuche.

Vorversuche:

A. 20—25% der nicht brennbaren Flüssigkeit gemischt mit 75% gewöhnlichem Schalteröl genügen, um eine praktisch unverbrennliche Mischung zu erzielen.

B. Obige Mischung kann bis auf 85° erwärmt werden, ohne dass ein Verlust durch direktes Verdampfen (Sieden) entsteht. Unter normalen Verhältnissen in einigermaßen geschlossenem Gefäss ist die Verdunstung gering.

C. Die Viscosität der Mischung wird durch den Zusatz vermindert, d. h. die Mischung ist leichter flüssig als gewöhnliches Schalteröl, löscht deshalb den Lichtboden besser aus. Es ist überhaupt durch diese Art der Unverbrennlichmachung die Möglichkeit geboten, leichter flüssige und reinere Mineralöle zu verwenden, weil der Flammpunkt des Öls durch

diese Behandlung an Bedeutung verloren hat. Spezifisch schwere, aber leicht flüssige Massen werden den Flammbogen am raschesten und sichersten löschen.

D. Der Erstarrungspunkt der Mischung wird herabgesetzt und die Mischung wird durch Abkühlen weniger dickflüssig, als gewöhnliches Schalteröl allein.

E. Ein prinzipieller Unterschied ist im Verhalten gegen Feuchtigkeit zu konstatieren. Wasser ist spezifisch schwerer als gewöhnliches Schalteröl und wenn es sich in Folge von Temperaturschwankungen ausscheidet, so sinkt es auf den Boden des Ölbehälters und bleibt dort in Kontakt mit dem Öl und kann auch jederzeit wieder aufgenommen werden.

Durch Mischen mit einer schweren Beimischflüssigkeit kann das spez. Gewicht über 1 gebracht werden. Feuchtigkeit, die sich aus dem Öl ausscheidet, wird also aufsteigen und an der Oberfläche verdunsten und wird dadurch definitiv aus dem Öl ausgeschieden.

F. Poliertes Metall, das 6 Monate mit der Mischung in Berührung gelassen wurde, zeigte keinen Angriff.

Elektrische Versuche.

Die grösseren Versuche dieser Art wurden teilweise im Versuchsraum des betreffenden Elektrizitätswerkes, teilweise in einer Filiale unter Leitung der Herren Betriebsingenieure ausgeführt.

Um ein richtiges Bild zu erhalten, wurden immer Parallelversuche unter gleichen Bedingungen mit reinem Schalteröl gemacht.

Verhalten und Wirkungen eines Flamm bogens in der Flüssigkeit:

Beide Flüssigkeiten, Mischung und reines Schalteröl werden durch den Flammbogen unter Ausscheidung schwarzer Wolken zersetzt.

Nach längerem Funkendurchgang und starker Schwärzung wurden die elektrischen Eigenschaften der Mischung eher besser, d. h. die Spannung bis zum Funkendurchschlag musste erhöht werden.

Ferner konnte leicht bemerkt werden, wie der Flammbogen durch die Mischung besser gelöscht wurde als durch reines Schalteröl.

In der betreffenden Zentrale wurden in einem einpoligen Schalter mit zwei Unterbrechungen Schaltversuche gemacht mit einer Leistung von ca. 100 Kilowatt und einer Spannung von 5400 Volt.

Auch hier wurden Parallelversuche mit reinem Schalteröl gemacht.

Resultat:

Die Mischung löscht den Funken besser. Starke Verbrennung beeinträchtigt die Qualität nicht.

Löschversuche.

Um zu konstatieren, in welchem Grade eine solche Mischung von 25% Beimischflüssigkeit und 75% reinem Schalteröl unverbrennlich sei, wurden in einer im Freien aufgestellten Hütte mit Eisenwandungen folgende Versuche gemacht:

Auf eine glühende Metallplatte wurden verschiedene Flüssigkeiten gegossen.

Reines Schalteröl entzündet sich sofort.

Mischungen immer erst nach Verdunsten der Beimischung. Mit der Mischung von 25% Beimischflüssigkeit und 75% reinem Schalteröl wurden folgende Versuche gemacht, immer im Vergleich mit reinem Öl und unter gleichen Bedingungen.

Putzfäden wurden in beiden Flüssigkeiten getränkt und gleichzeitig auf die glühende Metallplatte geworfen.

Die Mischung brannte erst nach etwa $\frac{3}{4}$ Minuten nach den mit reinem Öl getränkten Putzfäden.

Zwei Büchsendeckel wurden mit Mischung und reinem Schalteröl gefüllt und auf der glühenden Platte erhitzt.

Die Mischung entzündet sich viel später und auch dann erst unter Zuhilfenahme eines brennenden Spans, der in die Flüssigkeit getaucht wurde.

Explosionsversuch.

Um eine Schalterexplosion unter möglichst ungünstigen Umständen zu imitieren, wurde folgender Versuch gemacht:

10 Liter reines Schalteröl wurden in einer Blechbüchse durch ein starkes Holzwolfeuer erhitzt. Nachdem die Holzwolle fast herunter gebrannt war, wurde eine starke Pulverladung, die im Öl in einer Flasche aufgehängt war, elektrisch zur Entzündung gebracht. Bei reinem Öl entstand eine Explosionsflamme, die mehrere Meter zum Gebäude herausschlug und Wandungen und Boden brannten lichterloh.

Bei der Mischung wurde das Öl an die Wandungen geschleudert ohne zu brennen. Trotz der äusserst ungünstigen Verhältnisse, vorheriges Erhitzen auf ca. 90°, Einstellen der Büchse in ein starkes Holzwolfeuer, Explosion durch starke Pulverladung, haben wir kein Brennen des Öls, sondern im Gegenteil Löschen des Holzfeuers.

Selbstverständlich ist man bei der Mischung nicht an ein Minimum von 25% gebunden. Je mehr man von der präparierten unverbrennlichen Mischung zugiebt, desto grösser wird die Sicherheit gegen Brand- und Explosionsgefahr. Das Extrem wäre die reine Verwendung einer solchen präparierten Flüssigkeit. Preisfrage und Konvenienzfrage sprechen aber für eine geringere Beimischung. Hauptsache ist, dass der Zweck, die Verhütung von Bränden gesichert ist.

Zum Schlusse meiner Ausführungen möchte ich noch mitteilen, dass das betreffende Elektrizitätswerk seit mehreren Monaten meine Mischung in seinen Betrieben praktisch in Schaltern verwertet.

Ein definitives Urteil wird erst die Kommission des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins für Brandschutz fällen können, der ich meinen Vorschlag ebenfalls unterbreitet habe und die es sich zur Aufgabe macht, durch eine systematische Untersuchung Klarheit in diese Fragen zu bringen.

