

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 25

Artikel: Einführung in die Arbeiten über Isolieröle der Unterkommission für Isolieröle für Höchstspannungstransformatoren des Fachkollegium 10 des CES
Autor: Erhart, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915881>

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: 28.03.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

ISOLIERÖLE

Einführung in die Arbeiten über Isolieröle der Unterkommission für Isolieröle für Höchstspannungstransformatoren des Fachkollegium 10 des CES

Von L. Erhart, Oberentfelden

621.315.615.2

1. Zweck der UK-HT¹⁾

Den äusseren Anlass für die Gründung der UK-HT bildete die Revision der Regeln für Transformator- und Schalteröl 0124.1960 des SEV, zu denen eine Reihe von Mitgliedern, vor allem aber Elektrizitätswerke Einspruch erhoben haben, bzw. Ergänzungen für den Umgang mit Isolieröl verlangt hatten. Es wurde vor allem gewünscht, für die damals kommende höchste Betriebsspannung von 420 kV besondere Qualitätsforderungen festzulegen, ferner auch das Öl im Transformator oder Wandler und sein Verhalten im Betrieb besser zu berücksichtigen. Die Anwendung von inhibierten Ölen war ebenfalls von besonderem Interesse.

Das FK 10²⁾ hat diesen Wünschen entsprochen und im Jahre 1961 die UK-HT unter dem ersten Vorsitzenden, H. Lutz, gegründet. Es wurde Wert darauf gelegt, dass alle am Isolieröl interessierten Kreise, nämlich Ölhersteller bzw. deren Vertreter, Hersteller von Transformatoren und Wandlern sowie deren Benützer in repräsentativer Zusammensetzung an den Arbeiten beteiligt sind.

2. Aufgabenstellung

Aufgrund der vielen unbekannten Faktoren wurde zuerst im Jahre 1961 ein Problemkatalog über Isolieröle aufgestellt, und es wurde beschlossen, dass zuerst in einer Arbeitsgruppe unter Leitung von H. Hartmann der Istzustand der Isolieröle im Betrieb festzustellen ist. Man beschränkte sich auf Sammlung und Auswertung von Verlustwinkel- und Säurezahl-Messungen von Ölen in Transformatoren und Wandlern im Betrieb, bei denen sich in verdankenswerter Weise zahlreiche Elektrizitätsunternehmen beteiligt haben. Ein erster Abschluss dieser Arbeiten wurde 1963 erreicht. Zwei Erkenntnisse wurden aus den ersten Arbeiten gezogen, erstens muss das Verhalten der Öle im Betrieb während einer längeren Betriebsdauer kontrolliert werden, zweitens musste das Arbeitsprogramm

der UK-HT auf die Arbeiten der CEI ausgerichtet und koordiniert werden.

Das Arbeitsprogramm der UK-HT, mit Stand 1966, hatte dann folgenden Inhalt erhalten:

- a) Betriebserfahrungen und Versuchsergebnisse
 - aa) Sammlung und Auswertung von Verlustwinkel- und Säurezahl-Messungen aus dem Betrieb und aus Alterungsversuchen.
 - ab) Sammeln und Bewerten anderer Messwerte von Betriebsölen, wie z. B.:
 - IR Spektren.
 - Oberflächenspannung.
 - Wassergehalt.
 - Verschlämmung usw.
 - b) Inhibierung von Ölen
 - bb) Ausarbeiten von Richtlinien für die Inhibierung von neuen und gebrauchten Ölen.
 - Welche Inhibitoren werden empfohlen?
 - Wann und wo soll inhibiert werden?
 - Besonders zu beachtende Punkte beim Umgang mit inhibierten Ölen.
 - bc) Aufstellen von Anweisungen über die Mischbarkeit verschiedener Öle ohne und mit Inhibitoren.
 - c) Überwachung der Öle im Betrieb
 - ca) Ausarbeiten von Richtlinien für die Überwachung und die Beurteilung des Alterungszustandes von nicht inhibierten und inhibierten Ölen im Betrieb.
 - Empfehlung für die auszuwählenden Kriterien. (Verlustwinkel, Durchschlagfestigkeit, Wassergehalt, Oberflächenspannung, IR-Spektren u. a. m.)
 - Angaben über den Aussagewert der einzelnen Messungen.
 - Angaben über die zulässigen Grenzwerte, ab welchen eine genauere Beobachtung bzw. eine Behandlung der Öle notwendig wird.
 - cb) Abklärung der Wünschbarkeit eines «Ölbuches» und der dafür nötigen Aufwendungen.
 - cc) Ausarbeitung von Empfehlungen für die Behandlung und Prüfung von gebrauchten und aufbereiteten Ölen ohne und mit Inhibitoren.
 - d) Generelle Untersuchungen
 - da) Gasfestigkeit von Ölen bei hoher elektrischer Beanspruchung.
 - db) Verhalten der Öle unter der Einwirkung von Glimmladungen.

3. Stand und Kommentar zu den Arbeiten

Es war naheliegend, dass die UK-HT mit ihren begrenzten Möglichkeiten nicht alle Aufgaben mit gleicher Wichtigkeit

¹⁾ UK-HT = Unterkommission für Isolieröle für Höchstspannungstransformatoren.

²⁾ FK = Fachkollegium.

behandeln konnte. Es wurde eine Auswahl getroffen, deren Ergebnisse in den Artikeln dieses Heftes nun vorliegen.

Die Arbeiten wurden im allgemeinen von Arbeitsgruppen behandelt. Über verschiedene Einzelthemen liegen zusätzliche Veröffentlichungen vor; sie werden im folgenden Abschnitt zusammen mit neueren CEI-Dokumenten zitiert und sollen dem Leser über die vielfältigen Probleme eine weitere Übersicht geben.

3.1 Kommentar zu den Arbeiten gemäss Arbeitsprogramm Ziffer 2

Zu aa): Sammlung von Messungen von Betriebsölen.

Im Artikel von *H. Hartmann* [1]³⁾ liegen die entsprechenden Untersuchungen und Messungen von Ölen über mehr als 10jähriger Betriebszeit vor. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurde eine Reihe von Empfehlungen für Isolieröle in Transformatoren und Wandlern im Betrieb abgeleitet, welche in der Schlussfolgerung zusammengefasst sind.

Zu ab): Wassergehalt.

Spezielle Messwerte von Betriebsölen wurden im Rahmen der UK-HT nicht ausgewertet. *J. Schober* und *W. Strittmatter* [3] haben die Zusammenhänge von Wassergehalt und Durchschlagspannung in Ölen untersucht, wobei neue und künstlich verunreinigte Öle berücksichtigt wurden. Bei einem Wassergehalt ≥ 30 ppm sank in allen Fällen die Durchschlagfestigkeit der Öle erheblich ab.

Zu bb): Inhibierung von Mineralölen.

Den inhibierten Ölen wurde im Rahmen der UK-HT grosse Wichtigkeit beigemessen. Der Artikel von *J. Schober* [4] in dieser Publikation zeigt Zusammenhänge und gibt Empfehlungen über den Umgang mit inhibierten Mineralölen an.

Zu bc): Mischbarkeit von Mineralölen.

Den Fragen der Mischbarkeit von Isolierölen wurde ein weiterer Artikel vom Autor [5] in dieser Publikationsreihe gewidmet, wobei ebenfalls entsprechende Empfehlungen gemacht werden.

Zu ca): Richtlinien für Beurteilung der Öle im Betrieb.

Der Ausarbeitung von Richtlinien für die Überwachung und Beurteilung des Alterungszustandes von nichtinhibierten und inhibierten Ölen im Betrieb wurde in der UK-HT eine zentrale Bedeutung beigemessen. In 4 Artikeln dieses Heftes wurden jeweils entsprechende Empfehlungen über jedes Einzelthema zusammengefasst.

Die Bedeutung der Verlustfaktormessung von Isolierölen wurde von *J. Schober* [6] näher betrachtet. Die Arbeit von *B. Gänger* [2] begründet die grosse Wichtigkeit der Verlustfaktormessung, wobei wertvolle Hinweise für die Pflege der Öle in Transformatoren und Messwandlern angegeben werden.

Es soll besonders betont werden, dass nach den bisherigen Erfahrungen für die Beurteilung von Ölen von Transformatoren und Messwandlern für Höchstspannungen nach der künstlichen oder natürlichen Alterung die Verlustfaktormessung neben anderen Kriterien herangezogen werden muss. Nachdem aber auch im CE 10 der CEI entsprechende Arbeiten für die Beurteilung der Öle im Betrieb aufgenommen worden sind, wurde versucht, die schweizerischen Arbeiten auf diesem Gebiet dort vorzuschlagen. Es liegt nun bereits die 3. Überarbeitung im Entwurf vor. Selbstverständlich konnte in einem solchen Kompromissdokument nicht auf alle Punkte eingegangen werden.

³⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Es besteht aber gemäss dem jetzigen Stand eine gute Übereinstimmung zu den Arbeiten der UK-HT. Entsprechend den sehr komplexen Zusammenhängen der Isolieröalterung im Betrieb muss in Zweifelsfällen auf die Erfahrungen und Kenntnisse des Geräteherstellers gegriffen werden.

Zu cb): Ölbuch.

Der vielseitige Wunsch, im Rahmen der FK 10 alle Erkenntnisse über Isolieröle in einem sog. Ölbuch zusammenzustellen, wurde zugunsten von Publikationen im Bulletin des SEV über ausgewählte Themen fallengelassen. Damit wird das bestehende Ölbuch [7] nicht konkurrenziert, andererseits aber der Notwendigkeit entsprochen, neue Erkenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiet der Isolieröle rasch bekanntzumachen.

Zu cc): Behandlung gebrauchter Öle.

Empfehlungen für die Behandlung und Prüfung von gebrauchtem und aufbereitetem Öl ohne und mit Inhibitoren wurden in den Publikationen von *J. Schober* [4] und *H. Hartmann* [1] berücksichtigt. Entsprechende Literaturangaben in diesen beiden Publikationen verweisen auf den heutigen Stand über dieses Thema.

Zu da) und db):

Über das Gasverhalten von Isolierölen, nämlich über die Eigenschaft des Öles, das bei Teilentladungen entstehende Gas abzuspalten oder aufzunehmen, wurde in mehreren Arbeiten untersucht [18; 19; 20]. Es wurden Öle entwickelt, die diesbezüglich günstige Eigenschaften aufweisen, dafür aber im Alterungsverhalten eher schlechter sind. Über die Messung des Gasverhaltens und ihre Interpretation liegen heute verschiedene Auffassungen vor. Eine Arbeitsgruppe im Rahmen des CIGRE SC 15.01 ist beauftragt, diese Probleme zu bearbeiten.

Die Gasbildung, ihre Anzeige und Messung zusammen mit dem Buchholz-Relais, wurde von *H. Hartmann* [1] behandelt.

Eine wertvolle Methode zur Früherkennung von elektrischen und thermischen Transformatorschäden ist die Analyse der in Ölen von solchen Geräten gelösten Gase. Zahlreiche Autoren [10...17] haben auf recht brauchbare Methoden und die Interpretation hingewiesen.

4. Neue Regeln für Isolieröle

Schon die bisherigen Regeln für Transformator- und Schalteröl haben hinsichtlich der künstlichen Alterung die CEI-Empfehlungen als Alternative-Methode berücksichtigt. Die breite und positive Erfahrung mit dieser Prüfmethode, die inzwischen neu geschaffenen CEI-Empfehlungen über Isolieröle sowie die Messung der Durchschlagspannung machten es möglich, unsere nationalen Regeln [8] durch die Regeln der CEI zu ersetzen. Lediglich eine kleine Anzahl von besonderen Anforderungen an Öle, welche international nicht angenommen wurden, mussten in die revidierten Regeln [9] besonders aufgenommen werden. Im einzelnen sind dies:

- Aufnahme eines Öles niedriger Viskosität (KI. III) für die Verwendung in Schaltern bei tiefen Temperaturen.
- Messmethode für die Bestimmung des korrodierenden Schwefels.
- Ergänzung zur Bestimmung der Durchschlagfestigkeit.
- Festlegung des dielektrischen Verlustfaktors nach der künstlichen Alterung.

Es ist zu hoffen, dass diese revidierten Regeln für Isolieröle, im einzelnen aber die einheitliche Messtechnik, dazu beitragen werden, über die Grenzen hinweg Ölmessungen besser vergleichen und beurteilen zu können.

5. Zukünftige Aufgaben

Aufgrund der bisher gewonnen Erkenntnisse und Gesetzmässigkeiten im Umgang mit Isolierölen, muss der nächste Arbeitsschritt in einer Verfeinerung und Vertiefung der Gesetzmässigkeiten über Isolieröle für Höchstspannungstransformatoren und Messwandler erfolgen. Die wichtigsten Arbeiten der UK-HT können etwa wie folgt angegeben werden:

- Aktive Mitarbeit in internationalen Gremien.
- Sammlung weiterer spezifischer Daten von Ölen im Betrieb und ihre Interpretation unter Berücksichtigung inhibierter Öle, Feuchtigkeit im Öl und Ölabschluss.
- Aufklärung der Zusammenhänge zwischen dem praktischen Verhalten der Öle im Betrieb zu den Untersuchungen im Laboratorium, unter besonderer Berücksichtigung gelöster Gase in Ölen.

Es ist zu hoffen, dass die bisherigen Arbeiten der UK-HT von allgemeinem Nutzen sein werden.

Literatur

- [1] H. Hartmann: Betriebserfahrungen mit Isolierölen in Transformatoren und Messwandlern. Bull. SEV 62(1971)25.
- [2] B. Gänger: Kontrolle der Isolierölalterung und Pflege des Öles von Hochspannungstransformatoren und Messwandlern. ETZ-A 84(1963)24, S. 800...803.
- [3] J. Schober und W. Strittmatter: Über den Einfluss geringer Wassergehalte auf die Durchschlagfestigkeit von Isolierflüssigkeiten. Bull. SEV 59(1968)1, S. 13...18.
- [4] J. Schober: Inhibierte Isolieröle. Bull. SEV 62(1971)25.
- [5] L. Erhart: Mischbarkeit von Isolierölen im Betrieb. Bull. SEV 62(1971)25.

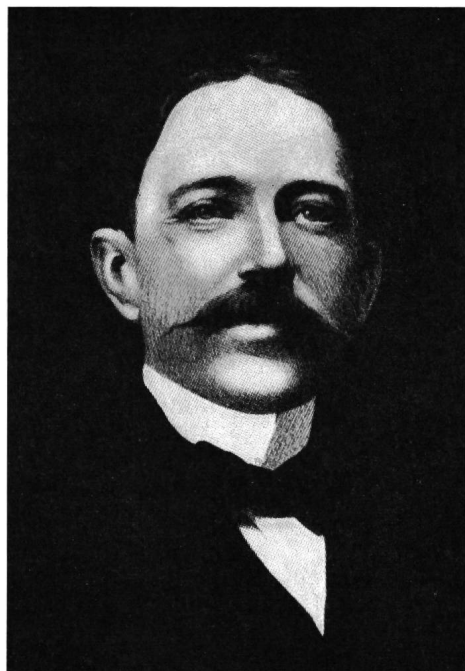
- [6] J. Schober: Die dielektrischen Verluste als zusätzliches Alterungskriterium künstlich gealterter Isolieröle. Bull. SEV 62(1971)25.
- [7] Ölbuch. Herausgegeben von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V. 4. Auflage. Frankfurt, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH., 1963.
- [8] Regeln für Transformator- und Schalteröl. 5. Auflage. Publ. des SEV 0124.1960.
- [9] Regeln für neue Isolieröle für Transformatoren und Schalter. Publ. des SEV 3163.1971.
- [10] L. C. Aicher und J. P. Vora: Gas analysis... a transformer diagnostic tool. Allis-Chalmers Electrical Review 28(1963)1, p. 22...24.
- [11] P. L. Arlett: An improved method of incipient transformer fault detection. Electrical Review 176(1965)19, p. 712...714.
- [12] H. Seiler: Gasprüfgerät zum Erkennen von Transformaterschäden. ETZ-B 19(1967)5, S. 113...116.
- [13] K. Potthoff und H. Uhrig: Betriebsverhalten von Grosstransformatoren; Fehlerdiagnose durch Gasanalyse. AEG-Mitt. 57(1967)6, S. 320...322.
- [14] H. R. Sheppard: Transformer gas analysis as a diagnostic tool. Westinghouse Engr. 28(1968)2, p. 58...60.
- [15] E. Dörnenburg und O. E. Gerber: Die Analyse gelöster und abgeschiedener Gase als Hilfsmittel für die Betriebsüberwachung von Öltransformatoren. Brown Boveri Mitt 54(1967)2/3, S. 104...111.
- [16] B. Fallou e. a.: Application des méthodes d'analyse physico-chimiques à l'étude des dégradations dans l'isolation des matériels électriques, Rapport CIGRE No. 15-07, 1970.
- [17] R. Müller, K. Potthoff et K. Soldner: Analyse des gaz dissous dans l'huile en tant que moyen de surveillance des transformateurs et de détection des défauts naissants. Rapport CIGRE No. 12-02, 1970.
- [18] T. Wörner: Über die Gasfestigkeit von Isolierölen im elektrischen Feld. ETZ 72(1951)22, S. 656...658.
- [19] B. Pedersen: Gasabgabe und Gasaufnahme von Isolierölen unter dem Einfluss elektrischer Entladungen. Brown Boveri Mitt. 55(1968)4/5, S. 222...228.
- [20] E. Rey und L. Erhart: Die Beurteilung von inhibierten und nichtinhibierten Isolierölen für Hochspannungs-Transformatoren und Messwandler. Bull. SEV 52(1961)11, S. 401...413.

Adresse des Autors:

L. Erhart, Leiter der Konstruktionsabteilung der Sprecher & Schuh AG, Hochspannungsfabrik, 5036 Oberentfelden.

PETER COOPER HEWITT

1861–1921



Library of Congress, Washington

Den Sinn für das Technische, das Erfindergenie, geschickte Hände und seine beiden Vornamen hat Hewitt von seinem Grossvater «geerbt», von Peter Cooper (1791–1883), Fabrikant, Erfinder und Philanthrop. Der zum Vornamen gemachte Geschlechtsname hatte zur Folge, dass Hewitt da und dort Cooper-Hewitt genannt wird, was aber falsch ist. P. C. Hewitt war der Sohn von Abraham Hewitt und der Sarah Amelia Cooper, der Tochter des erwähnten Peter Cooper.

P. C. Hewitt wurde am 5. Mai 1861 in New York City geboren und starb am 25. August 1921 im amerikanischen Spital in Paris. Er besuchte das Stevens Institute of Technology und später das Columbia College; wirkte dann lange Zeit als Professor und später als Direktor der Columbia Universität (N.Y.).

Um die Jahrhundertwende experimentierte Hewitt mit der seit etwa 8 Jahren bekannten Quecksilberdampf Lampe, die jedoch nur mit Gleichstrom betrieben werden konnte. Er sann darauf, sie auch für den damals aufkommenden Wechselstrom verwendbar zu machen und kam auf die Idee, das evakuierte Glasrohr mit zwei Anoden und einer von Quecksilber gebildeten Kathode zu versehen. Die Kathode verband er mit dem Mittelpunkt der Transformatorenwicklung. Bei dieser Schaltung sprang der Lichtbogen bei jeder Halbwelle zur anderen Anode; dieses Ziel war 1903 erreicht. Hewitt erkannte die Gleichrichterwirkung der so gebauten Quecksilberdampf Lampe und verwendete sie zum Laden von Akkumulatoren. Auf diese Erfindung nahm er sich in vielen Ländern Patente und hatte damit grossen Erfolg. Später baute er auch noch den mit 3 Anoden versehenen Gleichrichter, mit dem die Gleichrichtung von Drehstrom möglich wurde. Die Hewittschen Glasgleichrichter, die mit wesentlich besserem Wirkungsgrad als Motor-Generatorengruppen und Einankerumformer arbeiteten, eroberten daher einen wesentlichen Teil des Feldes in der Traction. Zu einer allgemeinen Anwendung der Quecksilberdampfgleichrichter kam es allerdings erst, als es gelang, die leicht zerbrechlichen Glaskolben durch Eisengefässe zu ersetzen.

Hewitt machte seine Versuchsanordnungen meist selber, die, wenn sie auch recht primitiv gebaut waren, Meisterwerke darstellten. Michael Pupin, einer seiner Freunde, meinte, bei Hewitt sässe ein Teil des Denkapparates in den geschickten Fingern.

Hewitt betätigte sich auch als Pionier der Luftfahrt, konstruierte einen Hydroplan und einen Senkrecht-Starter. Er stand aber mit beiden Füßen im Geschäftsleben, leitete neben seinem eigenen elektrischen Unternehmen eine Eisenbahngesellschaft und beherrschte einen grossen Teil des Kupferhandels.

H. Wüger