

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 41 (1950)
Heft: 16

Artikel: Die Beurteilung gebrauchter Transformatorenöle
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061265>

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: 03.04.2025

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

Die Beurteilung gebrauchter Transformatorenöle

Mitgeteilt vom *Fachkollegium 10 des CES (Isolieröle)*, Schweizerischer Elektrotechnischer Verein

621.315.615.2

Bei Kontrolle und Revision von elektrischen Anlagen sieht sich der Betriebsleiter immer wieder vor die Aufgabe gestellt, zu entscheiden, ob ein Transformatorenöl noch weiter in Betrieb bleiben soll. Für solche Entscheidungen ist nicht nur der momentane Zustand des Öls allein massgebend, sondern es müssen noch weitere betriebstechnische Gesichtspunkte beachtet werden, so dass es nicht möglich ist, starre Regeln aufzustellen, welche für alle vorkommenden Fälle zweckmässig sind. Im folgenden seien die bei der Auswechslung von gebrauchten Transformatorenölen zu berücksichtigenden Gesichtspunkte diskutiert.

Die Alterung von Transformatorenölen ist die Folge einer Reihe von komplizierten chemischen Vorgängen, welche unter Einwirkung von Luft-sauerstoff und Metallsalzen als Beschleunigern verlaufen und im einzelnen nicht näher beschrieben werden können. Als Summe sämtlicher Alterungsreaktionen treten Erscheinungen auf, welche entweder

1. direkt als solche für den Betrieb des Transformators schädlich sind,

oder

2. dem Transformator nicht schaden, jedoch als Indikatoren für den Verlauf der Alterung gelten können.

1. Erscheinungen, welche sich direkt schädlich auswirken

sind

a) Die *Bildung von Schlamm*, welche sich auf den Wicklungen absetzt und dadurch den Temperaturausgleich zwischen Wicklung und Öl hemmt. Da sich der Schlamm auf den Wicklungen und am Boden des Gefässes absetzt, kann seine Menge nicht zahlenmässig erfasst, sondern nur durch eine vollständige Inspektion des Apparates beurteilt werden. Einer Schlammbestimmung an einer dem Transformator entnommenen Ölprobe ist daher in der Regel keine Bedeutung zuzumessen, da es nicht gelingt, eine homogene Probe zu erhalten.

b) *Angriff der Zellulose* (Isolation aus Papier oder Baumwolle) durch oxydierende Alterungsprodukte (Peroxyde), welche sich im Laufe der Alterung aus den Bestandteilen gewisser meist über-raffinierter Öle bilden. Da solche Peroxyde nicht beständig sind, sondern wieder mehr oder weniger rasch zerfallen, kann deren analytische Bestimmung kein zuverlässiges Bild geben. Auch hier muss auf eine Inspektion mit Kontrolle der Wicklungen zurückgegriffen werden. Dabei ist zu beachten, dass angegriffene Wicklungen durch Einfüllen von frischem Öl nicht mehr gerettet werden können, dass ferner solche Isolationen durch den Ausbau bei der Kontrolle allenfalls vollständig zerstört werden, während sie sonst ihren Zweck noch wei-

ter erfüllt hätten. In diesem Falle ist von einem Ölwechsel ohne zwingenden Grund abzuraten.

Öle, welche im Neuzustand den Regeln für Isolieröl (Publ. 124 des SEV) entsprechen, weisen keine schädliche Peroxydbildung auf.

2. Erscheinungen, welche als Indikatoren für die Alterung gelten können, jedoch als solche dem Transformator nicht schaden

a) *Farbvertiefung und Trübung* können als visuelles Kriterium für die Alterung gelten, da sie jedoch nicht zahlenmässig bestimmt und bewertet werden und ausserdem durch belanglose Faktoren verursacht werden können, ist die Auswertung mit starken Fehlern behaftet.

b) *Anstieg der Säurezahl (Neutralisationszahl)*. Die Säurezahl steigt während der Alterung an und bietet, da ihre Bestimmung mit geringem Aufwand und zuverlässig auszuführen ist, ein geeignetes Mittel, die Alterung periodisch, z. B. durch jährliche Kontrollen, zu verfolgen. Ein direkter Angriff der Zellulose durch die entstandenen Säuren dürfte nur bei abnorm hohen Säurezahlen wahrscheinlich sein; doch deutet ein rascher Anstieg der Säurezahl und gleichzeitig geringe Schlamm-bildung darauf hin, dass das Öl zur Bildung von Peroxyden neigt, welche dann ihrerseits die Zellulose durch oxydativen Abbau zerstören. Allgemein steigt mit steigender Säurezahl auch der Schlammgehalt, jedoch lässt sich keine allgemein gültige Beziehung zwischen Säuregehalt und Schlammgehalt angeben. Als allgemeine Regel kann gelten, dass Öle mit Säurezahlen unter 0,5 mg KOH/g Öl noch ungefährlich sind, besonders wenn es sich um Öle handelt, welche im Neuzustand den Regeln für Isolieröl entsprochen haben. Bei einem weiteren Anstieg der Säurezahl ist dem Zustand des Öls vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

c) *Dielektrische Verluste*. Auch diese steigen im Verlauf der Alterung an und verlaufen im allgemeinen gleichsinnig mit dem Anstieg der Säurezahl, jedoch lassen sich auch hier keine allgemein gültigen Korrelationen angeben. Die Bestimmung der Verluste erfordert einen umfangreicheren experimentellen Apparat und kann verhältnismässig grosse Fehlerquellen in sich schliessen.

Elektrotechnisch dürfte dem Anstieg der Verluste des Öls bei normalen Transformatoren nur eine untergeordnete Rolle zukommen; der Anstieg der Verluste kann als Indikator der Alterung verwertet werden und dürfte sich nur bei Höchstspannungstransformatoren mit Masse-Isolation direkt schädlich auswirken.

d) *Oberflächenspannung*. In den ersten Perioden der Alterung sinkt die Grenzflächenspannung Öl/Wasser sehr rasch ab, um nachher angenähert konstant auf einem tiefen Wert zu bleiben. Die Abnahme der Grenzflächenspannung eilt dem Anstieg

der Säurezahl zeitlich stark voraus und hat nur in jenen Spezialfällen eine Bedeutung, wo es sich darum handelt, Alterungserscheinungen festzustellen, welche durch eine Säurezahlbestimmung noch nicht erfasst werden können, was praktisch selten von Bedeutung ist.

3. Eigenschaften, welche sich während der normalen Alterung nur unmerklich ändern

sind: Spezifisches Gewicht, Viskosität, Flammpunkt, Stockpunkt und dielektrische Festigkeit. Diese Eigenschaften sind nicht geeignet, über die Alterung eines Transformatorenöls Auskunft zu geben.

Die *künstliche Alterung von gebrauchten Ölen* hat nur in ganz besonderen Fällen einen Sinn, da für die Auswertung der Resultate keine Bezugswerte angegeben werden können; diese existieren nur für die Alterungen, welche von neuem Öl ausgehen.

Bei der *Probenahme* ist zu vermerken, ob das Öl dem Transformator direkt, und allenfalls im betriebswarmen Zustand, entnommen wurde, ferner ob die Probe oben, unten oder allenfalls nach Umwälzung oder Filtration entnommen wurde. Die Proben sollen 500...1000 cm³ betragen.

Zur endgültigen Entscheidung über einen Ölwechsel müssen neben den analytischen Daten, von denen die Bestimmung der Säurezahl die erste Beurteilung ermöglicht, unbedingt noch folgende *betriebstechnische Daten* berücksichtigt werden: Resultat der Inspektion, Schlamm auf den Wicklungen, Schlamm oder sogar Wasser und Rostansammlungen am Boden, mechanische Festigkeit der Wicklungen, Qualität und Alterungsergebnisse der Öle im Neuzustand. Besonders wichtig ist, ob das Öl im Neuzustand den Regeln des SEV ent-

sprochen hat, oder ob es sich um eines der minderwertigen Öle handelt, die man z. B. während des Krieges verwenden musste; Betriebsalter des Öls, Betriebstemperatur und Betriebszeit des Transformators, voraussichtliche zukünftige Belastung, Wert und Betriebswert des Transformators, Kosten des Neuöls und Unkosten des Ölwechsels, Verwendungsmöglichkeiten des alten Öls, z. B. als Schalteröl oder zum Decken von Ölverlusten bei anderen gebrauchten Ölen (Öle, welche der Publ. Nr. 124 des SEV entsprechen, können im allgemeinen gemischt werden, wobei zu beachten ist, dass ein altes Öl durch Zugabe von Neuöl nicht verbessert werden kann); Möglichkeiten des Ölwechsels gleichzeitig mit Reparaturen und Revisionen, die aus anderen Gründen ausgeführt werden müssen.

Die vorstehenden Überlegungen zeigen, dass die Frage der Beurteilung von gebrauchten Ölen aufs engste mit den lokalen betriebstechnischen Verhältnissen verknüpft ist, welche unbedingt voll berücksichtigt werden müssen, und dass es daher keinen Sinn hat und nicht möglich ist, allgemein gültige Vorschriften über die Auswechslung von Ölen aufzustellen.

Das FK 10 des CES beschränkt sich auf die **Empfehlung**, dass als Kriterium für die Alterung von Ölen der Verlauf der Kennzahlen, im besonderen derjenige der Säurezahl, zu verfolgen ist. Ihr Anstieg über 0,5 soll den Anlass bilden, weitere Untersuchungen einzuleiten, um unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse, allenfalls unter Herbeiziehung von Fachleuten, darüber zu entscheiden, ob das Auswechseln des Öls ratsam ist, und wenn ja, den rationellen Zeitpunkt dafür zu bestimmen.

Adresse der Autoren:

Korrespondenzen sind an Herrn Dr. M. Zürcher, Materialprüfanstalt des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zu richten.

Die Bedeutung der Spannungsprüfungen für die Beurteilung von Isolierölen

Mitgeteilt vom *Fachkollegium 10 des CES* (Isolieröle), Schweizerischer Elektrotechnischer Verein

621.315.615.2

Zur Kontrolle der Verwendbarkeit der Isolieröle in der Starkstromtechnik, besonders bei der Verwendung in Transformatoren, sind heute neben verschiedenen chemischen und physikalischen Prüfungen auch Spannungsprüfungen nach verschiedenen voneinander abweichenden Methoden im Gebrauch. Während über die Bedeutung der in den «Regeln für Isolieröle» (Publ. Nr. 124 des SEV) festgelegten physikalischen und chemischen Kennzahlen, vor allem in Verbindung mit der beschleunigten Alterung, weitgehend Klarheit herrscht, kommt es immer wieder vor, dass den Resultaten der Spannungsprüfungen eine Bedeutung zugemessen wird, welche diesen Grössen nicht zukommt, was oft Anlass zu Missverständnissen und falschen Interpretationen gibt.

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Durchschlagspannung von Mineralölproben, welche frei sind von ungelösten Verunreinigungen, weitgehend unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Öls ist und in der Grössenordnung von 300 kV/cm liegt. Diese Zahl wird wesentlich erniedrigt, wenn das Öl kleinste Fremdkörper enthält, z. B. feine Fasern, suspendierte Wassertropfchen, Ölschlamm usw. Je nach ihrer Art verhalten sich diese Verunreinigungen verschieden bei kurzzeitigen oder lange dauernden Spannungsprüfungen. Einem Spezialisten ist es möglich, aus diesem Verhalten wichtige Schlüsse, besonders über den Reinheitszustand eines Öls, zu ziehen, weshalb solche elektrische Prüfungen wertvolle Dienste leisten können. Doch ist dabei grösste Vorsicht am Platze,