

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

**Artikel:** Mischbarkeit von Isolierölen im Betrieb  
**Autor:** Erhart, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915885>

#### 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:** 13.01.2026

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

# Mischbarkeit von Isolierölen im Betrieb

Von L. Erhart, Oberentfelden

## 1. Allgemeines

Bei der Herstellung von Transformatoren und Wandlern, bei denen Mineralöle als Imprägnier- und Kühlmittel verwendet werden, ist die Mischbarkeit von Ölen verschiedener Herkunft und Zusammensetzung ohne Bedeutung. Es werden bei der Erstfüllung nur neue, sorgfältig aufbereitete und ungemischte Öle verwendet. Der Hersteller verlangt in der Regel auch, dass zur Nachfüllung neues Originalöl verwendet wird.

Der Betreiber solcher ölfüllter Geräte wird während 20...30 Jahren bei der Deckung von Ölverlusten während der Regenerierung der Öle oder beim Nachfüllen nach oftmaligen Probenentnahmen bei Wandlern vor die Tatsache gestellt, dass Originalöle weder vorhanden noch erhältlich sind. In diesem Fall hat die Möglichkeit, ein anderes Neuöl zuzumischen oder die ganze Ölfüllung zu erneuern, eine grosse wirtschaftliche Bedeutung.

Die ganze Frage der Mischbarkeit hat vor allem in den letzten 15 Jahren grössere Bedeutung erlangt, wo man dazu

621.315.615.2  
übergegangen ist, das Öl in Transformatoren elektrisch und thermisch höher zu beanspruchen und vorauszusetzen, dass ein hoher Isolationszustand während der Betriebszeit erhalten bleiben muss. Dies führt auch dazu, immer mehr die Isolieröle mit Alterungsinhibitoren zu verwenden.

Im weiteren muss auch vermerkt werden, dass die Frage der Mischbarkeit für Verteiltransformatoren eine weniger grosse Bedeutung hat als für Grosstransformatoren, werden doch bei ersteren wesentlich höhere Alterungszahlen zugelassen.

## 2. Untersuchungen

Das Alterungsverhalten eines Öles im Betrieb wird in erster Linie durch seine Zusammensetzung, Betriebsbedingungen (Temperatur) und seine Konservierung, d. h. Schutz vor Oxydation bestimmt. Der Einfluss der anderen Werkstoffe auf das Öl ist dabei nicht zu vernachlässigen. Neuere umfangreiche Zahlenwerte sind in der Arbeit von H. Hartmann [1]<sup>1)</sup> veröffentlicht.

Für die Bestimmung der Alterungsverhalten eines Öles sind nach wie vor die klassischen, in den Regeln für Isolieröle festgelegten Methoden anzuwenden. Eine gütemässige Beurteilung von Isolierölen nur aus ihrer chemischen Zusammensetzung ist für Einzelöle kaum möglich, noch viel komplexer wird diese für eine Ölmischung. Die künstliche Alterung im Sauerstoffstrom mit Kupferkatalysator sowie die Messung von Neutralisationszahl, Schlammgehalt und Verlustfaktor ist deshalb auch für Ölmischungen die wichtigste Beurteilungsmethode.

Grundsätzlich können sich zwei Isolieröle beim Zusammenmischen in ihren Qualitäten ebenso gut ergänzen wie verbessern als auch paralysern, d. h. in ihren Schutzwirkungen verschlechtern. Es wurden aus der Vielzahl von Mischungsmöglichkeiten qualitativer und quantitativer Art eine Reihe von Ölen ausgewählt, welche repräsentative Ergebnisse vermitteln sollen. Die Messungen wurden weitgehend an Ölmischungen neuer Öle vorgenommen. Die Ergebnisse von Mischungen mit Betriebsölen werden vermutlich geringfügig anders sein. Alle Versuche wurden ausschliesslich im Laboratorium ausgeführt. Praktische Vergleiche aus dem Betrieb von Ölmischungen in Transformatoren und Wandlern fehlen zur Zeit vollständig und bedürfen wie die natürlichen Alterungsvorgänge einer längeren Zeitspanne, um aussagefähige Vergleichsresultate zu erhalten.

Einige Beispiele von Öluntersuchungen mit günstigem oder ungünstigem Mischverhalten sollen zeigen, wie sich verschiedene Öle verhalten (Tabelle I).

Fig. 1 zeigt die Resultate von zwei inhibierten Ölen. Öl «A» und «B» wurden im gemischten und ungemischten Zustand einer Alterungsprüfung nach CEI, aber über mehrere Wochen hinaus, unterzogen. Es ergibt sich, wie die Kurven

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

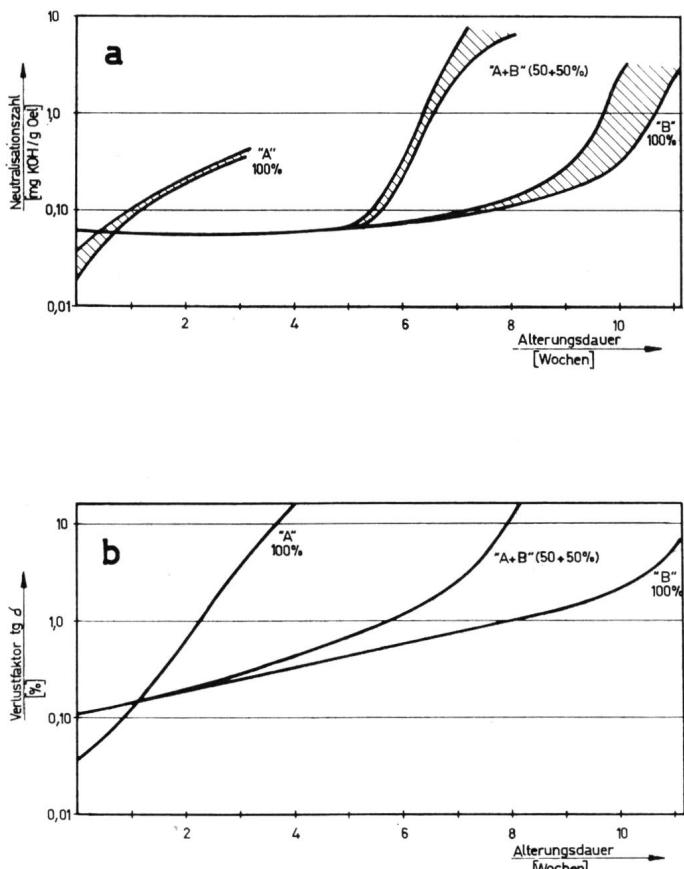


Fig. 1  
Öle des Typs A und B und Mischungen davon, künstlich gealtert nach  
CEI bis 11wöchige Dauer  
a Verlauf der Neutralisationszahl  
b Verlauf des Verlustfaktors

## Die charakteristischen Daten der Öle

Tabelle I

Öltyp	Dichte bei 20 °C g/cm³	Viskosität bei 20 °C cSt	Optimaler Brechungsindex $n_D^{20}$	Inhibition/Neuöl
A	0,873	32	1,481	inhibiert, Öl aus Betrieb
B	0,870	19	1,474	inhibiert, Neuöl
C	0,850	17,6	1,470	inhibiert, Neuöl
D	0,870	32	1,481	inhibiert, Neuöl
E	0,861	19	1,743	nichtinhibiert, Neuöl
F	0,862	18	1,476	nichtinhibiert, Neuöl

über die Neutralisationszahl und den Verlustfaktorverlauf zeigen, dass das Öl «B» durch die Zumischung von Öl «A» in seiner Alterungszeit, bei einem Mischungsverhältnis von je 50 %, erheblich verkürzt wird. Der Inhibitorgehalt von Öl «A» war sehr gering (kleiner 0,06 %), und es handelte sich um ein gebrauchtes Öl, so dass der Inhibitorgehalt des Öles «B» die Alterungszeit wirksamer bestimmte.

Fig. 2 zeigt das Alterungsverhalten von zwei inhibierten Ölen «C» und «D». Der Verlauf der Kurven für die Neutralisationszahl und den Schlammgehalt zeigt deutlich, dass der

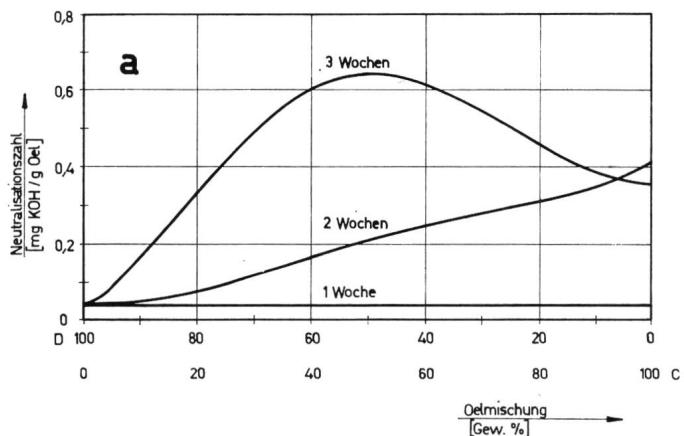
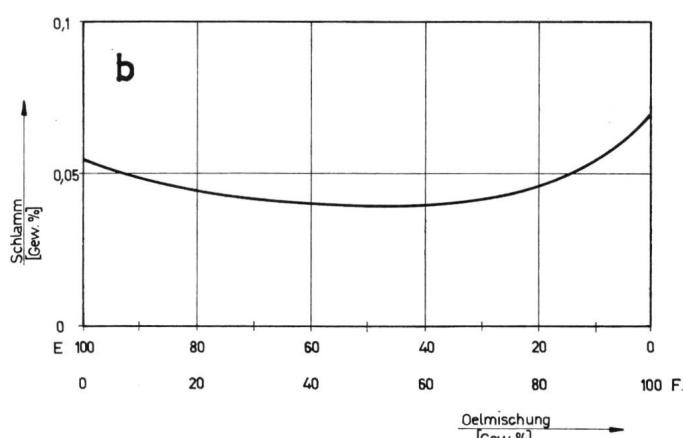
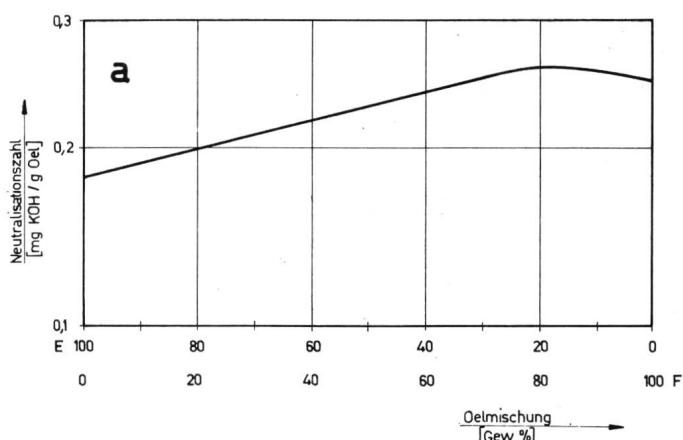


Fig. 2

**Öle des Typs C und D und Mischungen davon, künstlich gealtert nach CEI**  
 a Verlauf der Neutralisationszahl in Funktion des Mischungsverhältnisses bis zu 3wöchiger Alterung  
 b Verlauf des Schlammgehaltes in Funktion des Mischungsverhältnisses nach 1wöchiger Alterung



**Öle des Typs E und F und Mischungen davon, künstlich gealtert nach CEI während 1 Woche**

- a Verlauf der Neutralisationszahl in Funktion des Mischungsverhältnisses
- b Verlauf des Schlammgehaltes in Funktion des Mischungsverhältnisses

Inhibitor im Öl «C» zwischen 1 und 2 Wochen, beim Öl «D» aber erst nach über 3 Wochen abgebaut war. Der Zumischversuch der beiden Öle zeigt, dass bei einer 3wöchigen künstlichen Alterung eine erhebliche Alterungszunahme bei einem 50-%-Mischungsverhältnis auftritt, welches auf das ungünstige chemische Verhalten der Öle und Inhibitoren zurückzuführen ist.

Bei den Ölen «E» und «F» handelt es sich um nichtinhibierte Öle. Die Resultate der Alterungsprüfung sind in Fig. 3 dargestellt. Beide Öle zeigen über den ganzen Mischungsbereich ein günstiges Verhalten.

Die Analyse der chemischen Zusammenhänge, die für das Mischungsverhalten verantwortlich sind, wurde unseres Wissens noch nicht erforscht. Grundsätzlich sollten sich aber Isolieröle entwickeln lassen, welche in bezug auf ihr Verhalten im gemischten und ungemischten Zustand sich während der Alterung etwa gleich verhalten.

### 3. Schlussfolgerungen

Aus den bisher durchgeföhrten Untersuchungen lassen sich doch eine Reihe von praktischen Schlussfolgerungen ableiten, welche helfen sollten, grobe Fehler im Umgang mit Ölen zu vermeiden. Muss zu einem Betriebsöl in Transformatoren und

Wandlern ein anderes als das Originalöl zugemischt werden, so sollen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

a) Das für die Zumischung verwendete Öl soll ein Neuöl sein; es hat den einschlägigen Spezifikationen [3] zu entsprechen und soll aufbereitet sein. Eine Aufbereitung des Öles beinhaltet in der Regel Filtrierung, Trocknung und Entgasung.

b) Das Gebrauchsöl soll keinen zu hohen Alterungsgrad aufweisen, wenn Neuöl zugemischt werden soll, ansonsten ist es aufzubereiten. Ein üblicher Grenzwert der Neutralisationszahl, bei der eine Aufbereitung von Ölen noch sinnvoll ist, liegt bei etwa 0,3 mgKOH/g. Für Öle von Grosstransformatoren liegt dieser Wert tiefer.

c) Bei Transformatoren und Wandlern mit Spannungen  $> 100 \text{ kV}$  ist zu empfehlen, vom Gebrauchstöhl und dem zuzumischenden Öl im ungefähren Mischungsverhältnis eine Alterungsprüfung nach den Vorschriften [3] durchzuführen. Dabei dürfen nach einer 7tägigen künstlichen Alterung für nicht inhibierte Öle die Alterungswerte nicht höher sein als diejenigen Ergebnisse des gebrauchten und künstlich gealterten Öles allein. Im Maximum sollen aber die nach den Vorschriften zulässigen Werte nicht überschritten werden.

d) Bei Mischungen von inhibierten Ölen muss zumindest der gleiche Inhibitor im Gebraucht- und Neuöl nachgewiesen werden können. Zudem ist eine Alterungsprüfung nach den Gesichtspunkten für inhibierte Öle [4] durchzuführen.

e) Für Transformatoren unter 72,5 kV, welche in der Regel auch kleinere Einheitsleistungen haben sowie für Wandler unter 72,5 kV kann in der Regel auf die Mischbarkeitsuntersuchung verzichtet werden, da die Anforderungen an die Öle in der Regel kleiner sind und auch grösse Alterungszahlen des Öles zulässig sind.

f) In Zweifelsfällen ist eine Kontaktnahme zur Herstellerfirma der Transformatoren und Wandler zu empfehlen.

## Literatur

- [1] *H. Hartmann*: Betriebserfahrungen mit Isolierölen in Transformatoren und Messwandlern. Bull. SEV 62(1971)25.
- [2] *L. Erhart, E. Rey et H. Sutter*: Recherches nouvelles concernant les huiles isolants à l'aide de méthodes chromatographiques modernes. Rapport CIGRE No. 119, 1966.
- [3] *M. B. Rohde*: Rapport de discussion au groupe 14. CIGRE 1966, compte rendu, tome I. p. 486...488.
- [4] Regeln für neue Isolieröle für Transformatoren und Schalter. Publ. des SEV 3163.1971.
- [5] *J. Schober*: Inhibierte Isolieröle. Bull. SEV 62(1971)25.

## Adresse des Autors:

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