



Doctoral Thesis

## Ueber das Gasverhalten von Isolierölen

**Author(s):**

Büchler, Hugo

**Publication Date:**

1956

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088908> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# Über das Gasverhalten von Isolierölen

VON DER  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH  
ZUR ERLANGUNG DER  
WÜRDE EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE  
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

**Hugo Büchler**

Dipl. Ing. Chem.

von Wetzikon

Referent: Herr Prof. Dr. G. Trümpler

Korreferent: Herr P.-D. Dr. F. Held



Zürich 1956

Dissertationsdruckerei Leemann AG

Bei der Verwendung von Metallelektroden unter Luft erreicht die Druckänderung durch das Aussetzen der Entladungen (Bildung von Gasen höherer Zündfeldstärke) einen Endwert; Perioden der Gasabspaltung können nicht mehr beobachtet werden, so daß das Gasverhalten nur teilweise erfaßt wird. Bei Verwendung von Glaselektroden tritt das Aussetzen der Entladungen bei den praktisch gewählten Prüf-Feldstärken nicht in Erscheinung; man mißt hier das richtige Gasverhalten der Öle. Zur Prüfung von Isolierölen unter Luft in der Pirelli-Apparatur ist deshalb die Verwendung von Glaselektroden angezeigt.

Das Gasverhalten von Ölen ist an die Ausbildung von Glimmentladungen gebunden. Vollständig entgaste Öle bilden im elektrischen Feld (bei Abwesenheit von Glimmentladungen) unterhalb der Durchschlags-Feldstärke kein Gas.

### G. Zusammenfassung

1. Die Ergebnisse der Literatur über das Gasverhalten von Isolierölen, sowohl unter dem Einfluß von Glimmentladungen wie unter dem Einfluß elektrischer Felder, werden diskutiert und die zur praktischen Prüfung von Kabelölen verwendeten Apparaturen beschrieben.
2. Mit einer abgeänderten Pirelli-Apparatur werden verschiedene Kabelöle unter Wasserstoff, Stickstoff und Luft bezüglich Gasverhalten geprüft. Unter Wasserstoff und Stickstoff können die Daten der Literatur bestätigt werden, dagegen tritt unter Luft ein vorzeitiges Aussetzen der Glimmentladungen ein.
3. Auf Grund systematischer Untersuchungen (Variation des Elektrodenmaterials, der Isolierflüssigkeit, des Gasraumes, der Feldstärke) kann gezeigt werden, daß das Aussetzen der Glimmentladungen bei der Pirelli-Apparatur unter Luft mit der Bildung von Gasen hoher Zündfeldstärke zusammenhängt. Für das Aussetzen ist die Anwesenheit von Stickstoff und Sauerstoff im Gasraum Bedingung.
4. In einer weiteren Versuchsreihe wurde mit einer speziellen Apparatur der Einfluß des Gasraumes auf das Gasverhalten untersucht. Die beobachteten Druckänderungen sind abhängig von der chemischen Konstitution der im Gasraum enthaltenen Moleküle des Isolieröles sowie von der Art des Gases selbst. Bei der Glimmentladung treten beide Substanzen in Reaktion, wobei folgende Fälle unterschieden werden können:

Bei inerten Gasen (Stickstoff und Argon) spalten alle geprüften Substanzen nicht oder nur wenig Gas ab.

Bei Wasserstoff, Sauerstoff und Luft reagieren die Gase mit der im Gasraum enthaltenen Isolierflüssigkeit und es resultieren charakteristische Kurven des Gasverhaltens.

5. Mit Hilfe einer besonderen Entladungsapparatur wird das Gasverhalten von Modellsubstanzen (n-Heptan, Cyclohexan und Benzol) unter Luft bestimmt. Die Analyse des Gasraumes gestattet, quantitative Angaben über die chemischen Veränderungen im Entladungsraum zu machen. Bei allen 3 Modellsubstanzen überwiegt primär die Gasaufnahme durch Oxydation. Die gesättigten Kohlenwasserstoffe zeigen den charakteristischen Umkehrpunkt mit anschließender Gasabgabe. Die abgespaltenen Gase bestehen aus Wasserstoff und wenig niederen Kohlenwasserstoffen. Aromatische Kohlenwasserstoffe zeigen keinen Umkehrpunkt; der sog. „gassing-factor“ bleibt über die ganze Prüfdauer negativ. Der Stickstoff nimmt nur in Gegenwart von Sauerstoff an der Reaktion teil (Nitrierung), besonders ausgeprägt bei den aromatischen Verbindungen (Bildung fester Produkte an der Elektrode, sog. X-Wachs).
6. Die Hypothese von *Wörner* (Gasabgabe teilweise bedingt durch Spaltung von gebildeten Ozoniden) ist auf Grund der Analysendaten bei den untersuchten Modellsubstanzen wenig wahrscheinlich.
7. Die Sonderstellung aromatischer Kohlenwasserstoffe ist offenbar bedingt durch ihre größere Stabilität im Elektronenbombardement. Die Zugabe von aromatischen Kohlenwasserstoffen zu Kabelölen zur Verbesserung des Gasverhaltens ist dann am wirkungsvollsten, wenn ihre Konzentration in vorhandenen Gasblasen möglichst groß ist, d. h. wenn ihr Dampfdruck im Vergleich zum Dampfdruck der Basisflüssigkeit groß ist.
8. Energetische Überlegungen, unter Berücksichtigung der Analysendaten, ergeben, daß der Sauerstoff bei der Glimmentladung nur zu einem geringen Teil ionisiert wird. Die Oxydation verläuft zum überwiegenden Teil über atomaren Sauerstoff.
9. Versuche in absolut entgasten Ölen im Hochvakuum zeigen, daß durch das elektrische Feld allein (Verschiebungsströme) bis zum Durchschlag kein Gas gebildet wird. Gasaufnahme und Gasabgabe ist somit an Glimmentladungen (Hohlraumbildung) gebunden.
10. Zur Prüfung des Gasverhaltens ist die *Pirelli*-Apparatur in ihrer jetzigen Ausführung nur bedingt verwendbar. Anstelle der Metallelektroden (V 2 A) ist die Verwendung von Glaselektroden, vor allem bei Messungen unter Luft, vorzuziehen. Bei halogenhaltigen Substanzen ergibt die *Pirelli*-Apparatur unter Umständen falsche Werte (Beispiel: Perfluorkohlenstoff), weil die Zersetzungsprodukte mit dem Gefäßmaterial (Glas) reagieren.