

# Nachhermetisierung von Öltransformatoren mit der Atmungspuffer-Box G3B

## 1. Ausgangssituation

Neben dem Wasser zählt auch Sauerstoff zu den Alterungsbeschleunigern, die es gilt von thermisch/elektrisch belasteten Öl/Zellulose-Isolierungen fernzuhalten.

Der Sauerstoffeinfluss auf die Alterung des Öles kann durch Inhibitoren unterdrückt werden. Die Beschleunigung des Zelluloseabbaus tritt erst bei fortgeschrittenem thermischen Abbau ein und damit in Abhängigkeit von der Belastung mit zunehmendem Alter. Deshalb können Nachhermetisierungen bei Transformatoren der offenen Bauart auch in späteren Betriebsjahren substanzerhaltend wirken. Nachhermetisierungen sind auch dort interessant, wo undicht gewordene Hermetisierungen zu ersetzen bzw. zu sichern sind.

Bei Neubautransformatoren sind Hermetisierungstechniken schon lange bekannt, wie N<sub>2</sub>-Polster, Airbag und Dehnradiator. Dagegen sind Techniken der Nachhermetisierung aktuelle innovative Lösungen, wie Trafoseal und OxyBan. Diese Lösungen ersetzen die kurze Verbindung vom Kesseldeckel durch eine längere vom Kesselboden zum Ausdehner. Das ist die Basis für eine Diffusionssperre, die die Nachlieferung von Sauerstoff aus der Atmosphäre unterbindet bzw. verzögert. Kesselöle mit einem Sauerstoffdefizit können in Folge eine Sauerstoffabnahme bis zum völligen Verschwinden zeigen.

Trafoseal und OxyBan können preisgünstige Alternativen zur Airbag-Nachrüstung sein. Die Umbauten erfordern die Abschaltung des Transformators und verändern das sicherheitsrelevante Konzept der Buchholzrelais-Anordnung.

## 2. Prinzip der Atmungspuffer-Box

In Anlehnung an die Transformatoren mit N<sub>2</sub>-Polster lassen sich auch Transformatoren der offenen Bauart mit Ausdehnungsgefäß auf diese Betriebsart umstellen. Dazu zeigt Bild 1 das Prinzip der Atmungspuffer-Box (G3B der GATRON GmbH). Diese wird in die Atmungsleitung zwischen Ausdehner und Feuchtedsorber so eingebunden, dass ein äußerer Zylinder mit dem Ausdehner und ein bodenloser innerer Zylinder mit dem Feuchtedsorber verbunden sind. Die Box ist teilgefüllt mit Öl. Ein auf den Mantel des Innenzylinders vertikal aufgesetztes Rohr, welches oben in den Innenzylinder ragt und unten kürzer ist als der Mantel, übernimmt den Gastransport beim Erreichen der oberen (o) bzw. unteren (u) Endlage des inneren Ölspiegels. Veränderungen des Ölstandes im Ausdehner durch Änderungen der Kesselöltemperatur bewirken Druckänderungen im verbundenen Gasraum Ausdehner / äußerer Zylinder (Innenluft), was zu Verschiebungen der Ölspiegel im inneren und äußeren Zylinder zwischen den

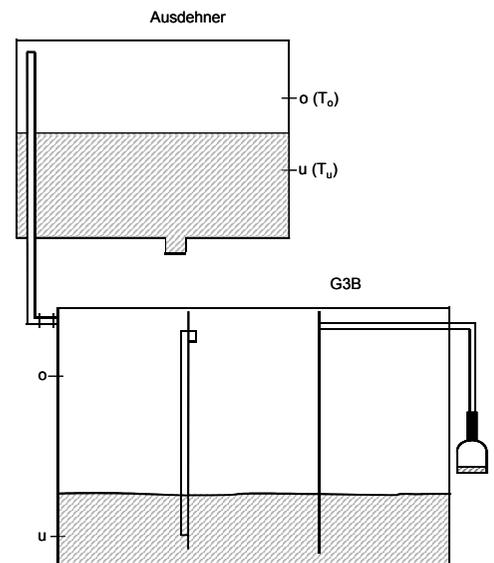


Bild 1 Prinzipskizze der  
Atmungspuffer-Box G3B

Endlagen führt. Die Konstruktionsmerkmale der G3B sind so ausgeführt, dass eine Einheit die thermischen Volumenänderungen von 5 m<sup>3</sup> Öl für eine Temperaturdifferenz (T<sub>o</sub>-T<sub>u</sub>) von 30 °C aufnehmen kann. Entsprechend dem Ölvolumen eines Transformators kann dies durch Parallelschaltung mehrerer G3B abgesichert werden.

Die Ölfüllung der G3B schafft das Speichervolumen bei minimalen Druckänderungen (bis 50 mbar) und ist gleichzeitig die Diffusionssperre für Gase, insbesondere Sauerstoff, und noch zusätzlich für Feuchte. Letzteres kann noch durch Schwimmkörper im inneren Zylinder unterstützt werden.

Der G3B-Anschluss an Transformatoren der offenen Bauart im Zustand der Luftsättigung führt in Abhängigkeit vom Sauerstoffdefizit zur Absenkung der O<sub>2</sub>-Konzentration im Kesselöl, worin auch die Innenluft einbezogen ist. Die Innenluft hat großflächigen Kontakt mit dem Öl im Ausdehner, welches durch Konvektion sich mit dem Kesselöl austauscht. So wirkt das O<sub>2</sub>-Defizit im Kesselöl zurück auf die Innenluft. Die Hermetisierung ist erreicht, wenn die O<sub>2</sub>-Konzentration < 2000 ppm beträgt und die Innenluft praktisch Stickstoff darstellt.

### 3. Praktische Anwendung

An einem Ofentransformator (20 MVA) wurde aus Platzgründen eine 4xG3B-Anordnung als Säule installiert (Bild 2), ausgerichtet auf die 18,7 m<sup>3</sup> Öl. Wegen des Gesamtgewichtes von ca. 800 kg wurde eine Bodengitterverstärkung eingebracht. Weiterhin erfolgte eine Isolierung als Wetterschutz. Alles ist ohne Abschaltung möglich.

Bild 3 zeigt das Betriebsdiagramm der TGM-Überwachung seit der G3B-Installation am 18.09.08. Der Transformator befand sich nach einer Entgasung bis Mitte Januar 2009 noch in der Rücksättigung (N<sub>2</sub> ≈ 70.000 ppm) bei Ausprägung eines O<sub>2</sub>-Defizits bei ca. 18.000 ppm. Diese Phase bis zur N<sub>2</sub>-Sättigung ist gekennzeichnet dadurch, dass der Ölspiegel im Innenzylinder der G3B in die untere Endlage gelangt, da das Kesselöl ständig Luft aufnimmt, was einen Unterdruck erzeugt und die Zuführung von Außenluft bedeutet. Das ist näherungsweise vergleichbar mit dem Betrieb ohne G3B. Mit der N<sub>2</sub>-Sättigung nimmt das Kesselöl nur noch Sauerstoff auf, was die Zuführung von Außenluft deutlich verringert.



Bild 2 G3B-Installation am Industrietransformator

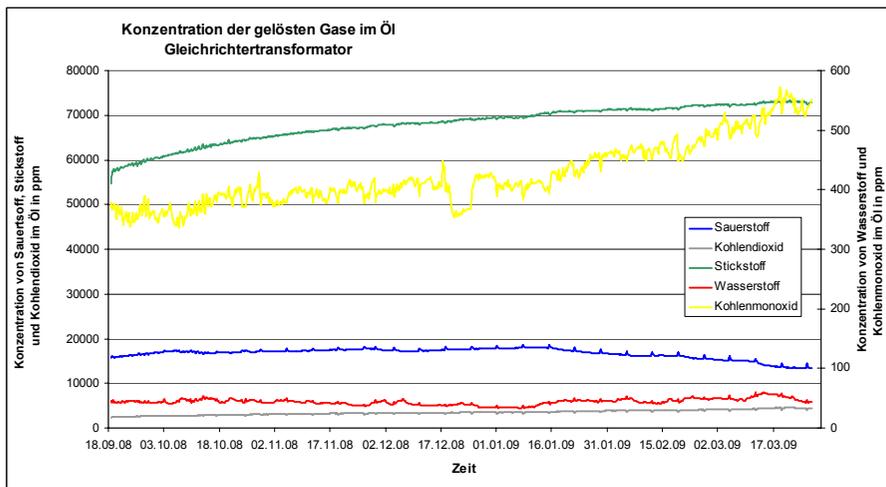


Bild 3 Rücksättigungsverlauf mit G3B

Jetzt beginnt die sichtbare O<sub>2</sub>-Abnahme im Öl, die bei entsprechenden Einsatzzeiten bis <2.000 ppm führt. Gegenläufig steigt der N<sub>2</sub>-Partialdruck in der Innenluft, was zu steigenden N<sub>2</sub>-Ölkonzentrationen führt, bis zum Sättigungswert für Stickstoff bei Atmosphärendruck. Ab hier beginnt die eigentliche Hermetisierung.

Die G3B-Technik ist koppelbar über eine Höhenstandsmessung im Innenzylinder mit einer N<sub>2</sub>-Druckgasflasche. In der unteren Endlage kann dann trockenes N<sub>2</sub>-Gas statt der eindringenden Außenluft eingespeist werden.

Mit dieser Kombination lässt sich die G3B-Anzahl bei vorgegebenen Transformatoren minimieren sowie die Hermetisierung von Neubautransformatoren von Anfang an gewährleisten.