

# Bestimmung der Fehlerart aus Buchholzgasanalysen

## 1. Umgang mit dem Buchholzgas

In der DIN EN 60599 wird das Buchholzgas ausführlich beschrieben. Die Bildungsbedingungen und der Gasaustausch bestimmen die Zusammensetzung des Buchholzgases. Sind bei der Bildung die Fehlerart und die Spontanität entscheidend, so wird der Gasaustausch durch den Ölweg und den Gassättigungsgrad des Öles bestimmt. Da das freie Originalgas an der Fehlerstelle keiner direkten Analyse zugänglich ist, nutzt das bekannte Quotientenkriterium für die Diagnosen aus, dass dessen Zusammensetzung identisch der Zusammensetzung bei vollständiger Auflösung im Öl ist.

Real liefert jedes Buchholzgas trotz Gasaustausch eine Information direkt von der Fehlerstelle, solange der Gleichgewichtszustand mit dem Öl noch weit genug entfernt ist. Entsprechend der Norm wird dies nach dem Gleichgewichtskriterium geprüft, indem mit Löslichkeitskoeffizienten aus der Buchholzgasanalyse die Ölkonzentrationen berechnet und mit einer gleichzeitigen Gas-in-Öl-Analyse (DGA) verglichen werden. Die Norm verweist darauf, dass die Entnahme des Buchholzgases unmittelbar nach der Signalisation erfolgen muss. Das ist in der Praxis nur selten zu erfüllen, da organisatorische und technische Maßnahmen bis zur Probenahme oft Stunden erfordern. Damit besteht die Gefahr, dass gutlösliche Gase für die Analyse verloren gehen. Die in der Norm beschriebene Bildung der Fehlergasquotienten zur Bestimmung der Fehlerart benutzt die aus dem Buchholzgas errechneten Ölkonzentrationen der Fehlergase, was für den Gleichgewichtszustand gilt. Damit werden die direkten Informationen des Buchholzgases von der Fehlerstelle ungenutzt gelassen.

## 2. Nutzung des Diagnosepotentials

Das Diagnosepotential von Buchholzgasen kann nur vollständig genutzt werden, wenn sowohl die Probenahme zeitnah als auch eine Korrektur auf die Originalzusammensetzung an der Fehlerstelle erfolgt. Die in der DIN EN 60567 beschriebenen Techniken der Probenahme von Buchholzgasen können die Standzeit von der Signalisation bis zur Probenahme nicht beeinflussen. Teilweise kann das mit dem Gasentnahmegesetz ZG 1.1 (EMB GmbH) erreicht werden, das am Transformator installiert, aber manuell bedient werden muss. Nur automatisch arbeitende Gassammler erfüllen diesen Zweck ganz. Bild 1 zeigt die in den TGM (GATRON GmbH) integrierte Lösung. Das Buchholzgas wird sofort nach der Signalisation vom Buchholzrelais in den Gassammler überführt und vom Öl getrennt für eine am Fuße des Transformators erfolgende Entnahme zur Analyse bereitgehalten. Dafür ist im TGM ein Buchholzgas-Sampler (BGS) stationiert.

Um den tatsächlichen Gasaustausch von Buchholzgasen mit dem Kesselöl für eine Korrektur zu berücksichtigen ist ein Modell für den Blasenanstieg von Fehlergasen in lufthaltigem Öl entwickelt worden. Als Grundgedanke liegt dem Modell zugrunde, dass die Luft aus dem Öl desorbiert wird mit dem gleichen Mechanismus wie die Fehlergase vom Öl absorbiert werden.



Bild 1 Gassammler für Buchholzgas im TGM

Umfangreiche Modellrechnungen berücksichtigen die Parameter Ausgangsblasengröße und –zusammensetzung sowie Ölmenge, Luftsättigung und Temperatur. Interessant ist dabei der Verlauf der Ab- und Desorptionsquotienten. Der Quotient der Fehlergase steigt logarithmisch mit der Ölmenge, dagegen fällt der  $O_2 / N_2$  – Quotient linear. Auf dieser Basis wurde ein Korrekturverfahren entwickelt (E. Bräsel u.a.; Neue Hilfsmittel zur Diagnoseeignung von Gasen aus dem Buchholzrelais; Elektrizitätswirtschaft 25/99, S. 16-24).

### 3. Praktische Anwendung

An den TGM Standorten wird bei einem Gasalarm über einen potentialfreien Kontakt die Zuführung des Buchholzgases in den Gassammler gestartet. Parallel wird Buchholzgas direkt in den Gasraum der Gleichgewichtssäule geleitet. Eine Schnellanalyse wird auf Basis einer Online-Wasserstoffdifferenzmessung zum Gleichgewichtsgas durchgeführt, daraus leitet sich das Ergebnis „Fehlergas oder Luft“ ab. Zur TGM-Funktion gehört auch die tägliche Prüfung des Buchholzrelais auf Gasansammlung bzw. die automatische Wasserstoffmessung. Bei Buchholzwarnungen wird bei der abschließenden automatischen Entlüftung auch das akkumulierte Gesamtgasvolumen bestimmt.

Zur Bestimmung der Fehlerart wird mit dem BGS aus dem Gassammler eine Probe entnommen und zusammen mit einer Ölprobe im Labor analysiert. Aus den Ergebnissen werden nach dem Gleichgewichtskriterium alle am Fehler beteiligten Fehlergase ermittelt, sowie nach dem Korrekturverfahren die Zahl der Ölkontaktierungen aus dem Luftquotienten im Buchholzgas und Öl bestimmt. Mit dieser Zahl können dann ausgehend vom Buchholzgas die Quotienten des Originalfehlergases berechnet werden.

In Bild 2 ist die Veränderung der in der DIN EN 60599 benutzten Fehlergasquotienten inkl. des Quotienten für die Kohlenoxide dargestellt. Die Quotienten aller Gase sind beim Blasenstart an der Fehlerstelle auf den Wert 1 normiert. Über die Zahl der Ölkontaktierungen (Modellparameter) bis zum Buchholzrelais ändern sich die Quotienten unterschiedlich, was durch die Unterschiede der Löslichkeitskoeffizienten bestimmt ist. Als Beispiel für eine Korrektur kann eine Zahl der Ölkontaktierungen von 40 repräsentativ für eine spontane Gasansammlung im Buchholzrelais angenommen werden. Über die Quotientengeraden sind dann die reziproken Korrekturfaktoren zu ermitteln. Durch diese werden die im Buchholzgas bestimmten Quotienten geteilt und man erhält die Quotienten an der Fehlerstelle. In diesem Fall würden sich die Fehlergasquotienten der Norm zwischen Fehlerstelle und Buchholzrelais um bis zu zwei Zehnerpotenzen unterscheiden. Das berücksichtigen die gesetzten Diagnosegrenzen nicht. Deshalb sind nur die Quotienten an der Fehlerstelle (Originalfehlergas) geeignet, nach Tab. 2 der Norm die Fehlerart zu bestimmen bzw. diese mit dem Fehlergas-Dreieck (GATRON GmbH) zu visualisieren.

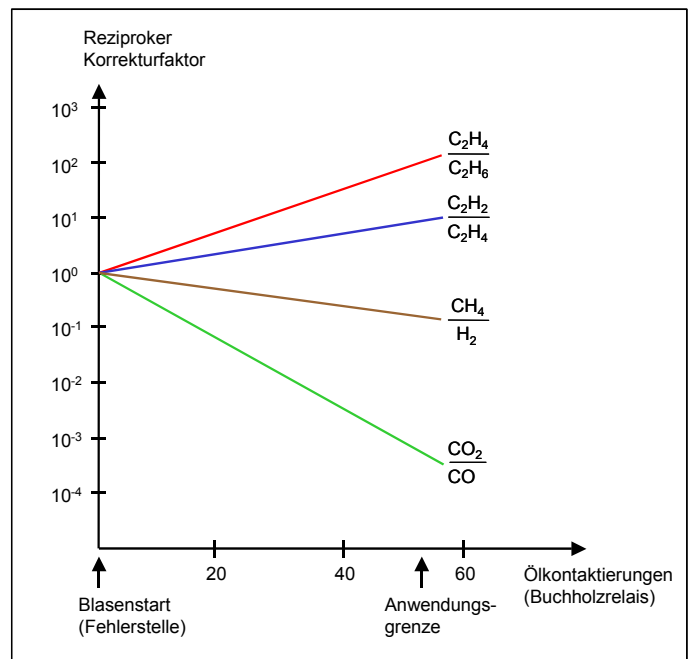


Bild 2 Reziproke Korrekturfaktoren für die Fehlergasquotienten nach DIN EN 60599