

Die Qualitätskontrolle von Gasanalysen im Öl mit dem natürlichen inneren Standard (NIS)

1. Grenzen des externen Standards

Nach DIN EN 60567 erfolgt die Qualitätskontrolle von Laboranalysen periodisch mit externen Gas-in-Öl-Standards. Die IEC-Forderungen halten die ausgewiesene Genauigkeit der Analysen von $\pm 15\%$ für ausreichend, um von einer zuverlässigen Diagnoseeignung ausgehen zu können. Die Norm verweist mehrfach darauf, dass das nur in Verbindung mit fehlerfreien Probenahmen gelten kann. Laborvergleiche in der Praxis mit Originalölproben bestätigen den großen Einfluss der Probenahme, deshalb muß diese in die Qualitätskontrolle einbezogen werden. Eine derartige Qualitätskontrolle ist dann auch einheitlich für probenahmeintegrierte Labortechniken bzw. Online-Techniken anwendbar.

2. Einführung des natürlichen inneren Standards (NIS)

NIS bedeutet, ohne künstliche Zusätze vom Originalöl selbst Analyseergebnisse für eine Qualitätskontrolle zu nutzen.

Folgende NIS-Ansätze haben sich bewährt:

- Vergleich berechneter/gemessener Lösungsdruck
- Luftstickstoffsättigung $66.000 \text{ ppm N}_2 \pm 8\%$ (analog DIN EN 60567, Anhang D)

Der messbare Lösungsdruck ist in Bild 1 durch das „Steigrohr-Experiment“ veranschaulicht. Tatsächlich kann der Lösungsdruck mit der neuen Technik des Online-Gleichgewichtsgases (Transformator-Gasmonitor TGM der GATRON GmbH) direkt, kontinuierlich und mit nur einem geringen Fehler gemessen werden. Die allgemeinen Probenahmeforderungen (Ölzirkulation, hermetische Bedingungen) werden erfüllt.

In der Praxis hat sich die Luftstickstoffsättigung des Kesselöls in Transformatoren der offenen Bauart mit dem TGM nachweisen lassen.

Abweichungen können technologische Ursachen haben (Entgasung/Rücksättigung, extremer Sauerstoffverbrauch).

Für die Bewertung einer Diagnoseeignung müssen Vollanalysen herangezogen werden (11 Einzelgase, Lösungsdruck). Aus dem Online-Gleichgewichtsgas lässt sich der umfassende NIS-Ansatz entwickeln, da dieses Alternativen zur Probenahme und Extraktion der bekannten Analysenverfahren anbietet. Damit lassen sich die Verfahren der Gasanalyse im Öl (manuell bzw. online) grundsätzlich nach der periodischen und kontinuierlichen Probenahme sowie nach 3 Extraktionstechniken (Bild 2) unterscheiden.

Das Grundproblem von Gasanalysen im Öl wird durch die potentiell fehleranfällige Probenahme sichtbar, die zwischen den Gaskonzentrationen im Originalöl (c_i) und den Konzentrationen im extrahierten Gleichgewichtsgas (x_i) liegt. Die Gasextraktion wird durch den Gasdruck (p) und die Löslichkeitskoeffizienten (k_i) beschreibbar.

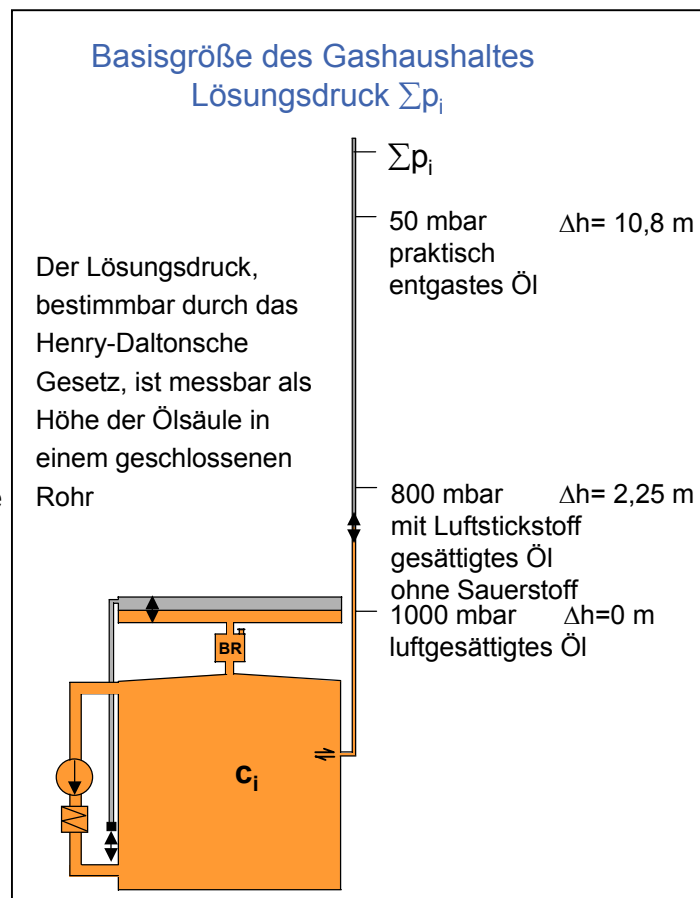


Bild 1 „Steigrohr-Experiment“

Das Unterscheidungsmerkmal zwischen den drei Extraktionstechniken ist das Verhältnis Gas- (v_G) zu Ölvolumen ($v_{\text{Öl}}$), das mit verschiedenen technischen Hilfsmitteln eingestellt wird. Die extrahierten Gase werden kalibriert analysiert, überwiegend gaschromatographisch.

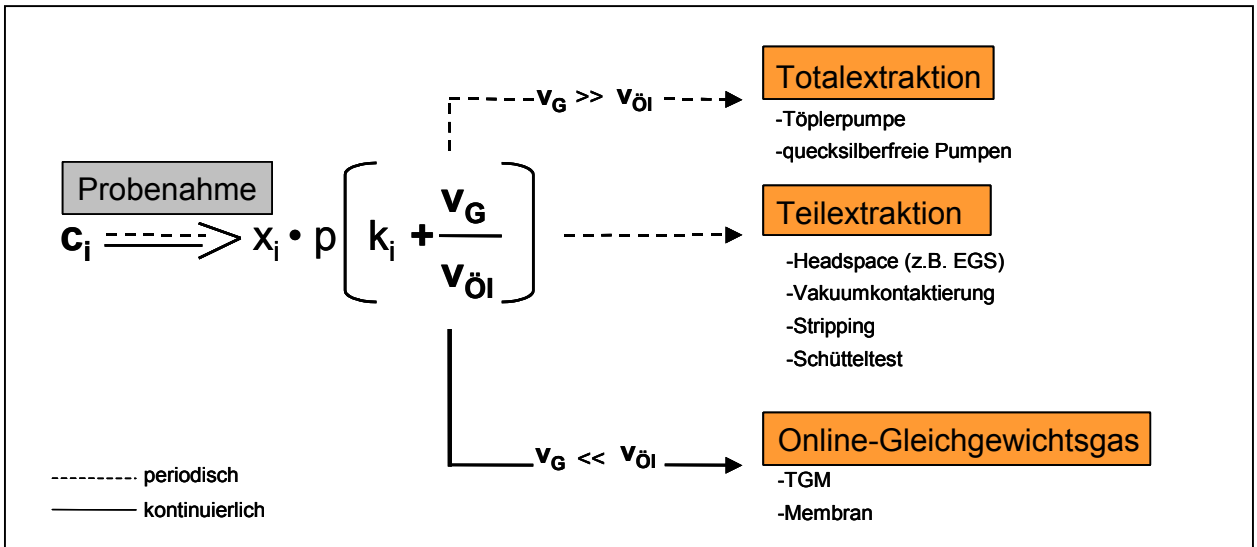


Bild 2 Probenahme- und Extraktionstechniken der Gasanalyse im Öl

Für die Qualitätskontrolle lässt sich als umfassendes NIS-Kriterium formulieren:

Vollanalysen nach unterschiedlichen Probenahme- und Extraktionstechniken zeigen nur dann vollzählig übereinstimmende Ergebnisse, wenn diese gleichzeitig auch den tatsächlichen Werten im Originalöl entsprechen.

Genauigkeitsgrenzen für Vollanalysen (ohne Probenahme):

Stickstoff, Sauerstoff, Lösungsdruck $\pm 8\%$ (gemessener Lösungsdruck $\pm 1\%$)
 Fehlergase $\pm 15\%$ (nach DIN EN 60567)

3. Praktische Anwendung

Die Diagnoseeignung der Ergebnisse von Vollanalysen kann durch den Vergleich eines Verfahrens der Total- bzw. Teilextraktion mit einem Verfahren des Online-Gleichgewichtsgases nachgewiesen werden. Die Überwachung muss innerhalb der doppelten Genauigkeitsgrenzen für Vollanalysen liegen. Dafür müssen mindestens zwei diesbezügliche Verfahren gefunden werden, die frei von Probenahme Fehlern sind. Die erfolgreiche Suche ist mit den Verfahren TGM und EGS (Extraktionsgas-Sampler der GATRON GmbH) ausführlich dokumentiert in dem GATRON-Bericht „Vergleichende Darstellung der Genauigkeit von realen Gasanalysen im Öl (TGM/EGS). Damit ist der Start für die NIS-Anwendung vollzogen.

Für die Überwachungspraxis werden folgende Vorteile erwartet:

- qualitätsgerechte Überwachung mit NIS-geprüften Analysenverfahren
- jederzeit Nachweis der Diagnoseeignung durch Parallelanwendung zum Online-Gleichgewichtsgas
- Deklaration von Originalölfüllungen für Ringversuche
- Kennzeichnung geeigneter Analysenverfahren (manuell, online) mit dem Markenzeichen

N₂IS based !

® So gekennzeichnete Analysenverfahren garantieren bei sachgerechter Anwendung die für eine zuverlässige Diagnostik erforderliche Genauigkeit der Gaskonzentrationen im Originalöl. Der Nachweis kann auf Anforderung erbracht werden.