



Application Note AN-PAN-1007

HPPO-Verfahren für Propylenoxid (PO): Analyse von Wasserstoffperoxid

Propylenoxid (PO) ist eine farblose, aber hochentzündliche Flüssigkeit, die aus Rohöl gewonnen und in diversen industriellen Anwendungen verwendet wird. Ein Großteil des PO findet in der Herstellung von Polyolen Verwendung. Beispielsweise dienen Polyole als Bausteine für Polyetherpolyole (z. B. Schäume, Beschichtungen, Klebstoffe) und Propylenglykol (z. B. PET-Flaschen, Fasern, Möbel).

Zur Herstellung von PO gibt es unterschiedliche Produktionsverfahren. Bei einigen dieser Prozesse entstehen Nebenprodukte (z. B. Chlorhydrin „CH-PO“, Styrol „SM-PO“ und Methyl-tert-Butylether «MTBE-PO») oder sind frei von Derivaten (z. B.

Wasserstoffperoxid «HP-PO» und Cumol «CU-PO»). Von diesen Prozessen wird angenommen, dass HPPO den geringsten ökologischen Fußabdruck hat.

Dieses Process Application Note behandelt die Online-Überwachung des HPPO-Prozesses von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) unter Verwendung eines explosionsgeschützten Prozessanalysators. Die Online-Analyse ermöglicht eine hohe Propylenoxid-Produktionsausbeute bei gleichzeitiger Kostenreduzierung durch geringen Rohstoffverbrauch und gewährleistet eine sichere Arbeitsumgebung für das, in diesem hochgefährlichen Prozess, tätige Personal.

EINFÜHRUNG

Aufgrund seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten vorwiegend in der Polyurethan- und Lösungsmittelindustrie, ist Propylenoxid ein bedeutendes Produkt für die chemische Industrie.

Die weltweite Produktion von PO beträgt mehr als 10 Millionen Tonnen pro Jahr [1]. Der PO-Markt ist im Wachstum, ebenso wie der Bedarf an

umweltfreundlichen und kostengünstigen Produktionsprozessen. PO kann mit Hilfe verschiedener Methoden produziert werden, die Nebenprodukte hervorbringen können (Tabelle 1). Abhängig vom Markt für die Nebenprodukte können eines oder mehrere der dargestellten Verfahren jederzeit weltweit in großem Umfang eingesetzt werden.

Tabelle 1. Liste der Propylenoxid-Produktionsprozesse, kategorisiert danach, ob sie Nebenprodukte erzeugen oder nicht.

| Prozesse mit Kuppelprodukten | Derivatfreie Prozesse |
|--|----------------------------|
| Chlorhydrin «CH-PO» | Cumol «CU-PO» |
| Styrol «SM-PO» | Wasserstoffperoxid «HP-PO» |
| Methyl ^{tert} -Butylether «MTBE-PO» | |

Mit der zurzeit führenden HPPO-Technologie (Umwandlung von Propylen (C_3H_6) zu Propylenoxid durch H_2O_2 (Hydrogen Peroxide to Propylene Oxide) wird Propylenoxid unter Verwendung eines Titansilikat-Katalysators aus Wasserstoffperoxid und Propen gewonnen. (Reaktion 1). Dieses Verfahren wird anderen vorgezogen, da es im Vergleich zu allen anderen bestehenden Technologien den geringsten ökologischen Fußabdruck hat. Darüber hinaus garantiert es nachweislich hohe PO-Ausbeuten, wobei nur Wasser als Nebenprodukt entsteht.

Wasserstoffperoxid, in Methanol gelöst, ist das *einzige Oxidationsmittel* und damit auch der ausschlaggebende Ausgangsstoff und gemessene Parameter zur Sicherstellung der vollständigen Umsetzung zu Propylenoxid (PO). Deshalb besteht eine große Nachfrage nach einer genauen und verlässlichen Verfahrensüberwachung während des



Reaktion 1. Gesamtreaktion der Epoxidierung von Propylen mit Wasserstoffperoxid (HPPO).

gesamten Reaktionsprozesses.

In Anbetracht der Gefährlichkeit dieses Prozesses sind Online-Messverfahren aus Sicherheitsgründen von entscheidender Bedeutung. H_2O_2 kann am Ablauf des **Primärreaktors** mithilfe einer Online-Analysenlösung, die für explosionsgefährdete Bereiche konzipiert wurde, genau überwacht werden (Abbildung 1).

EINFÜHRUNG

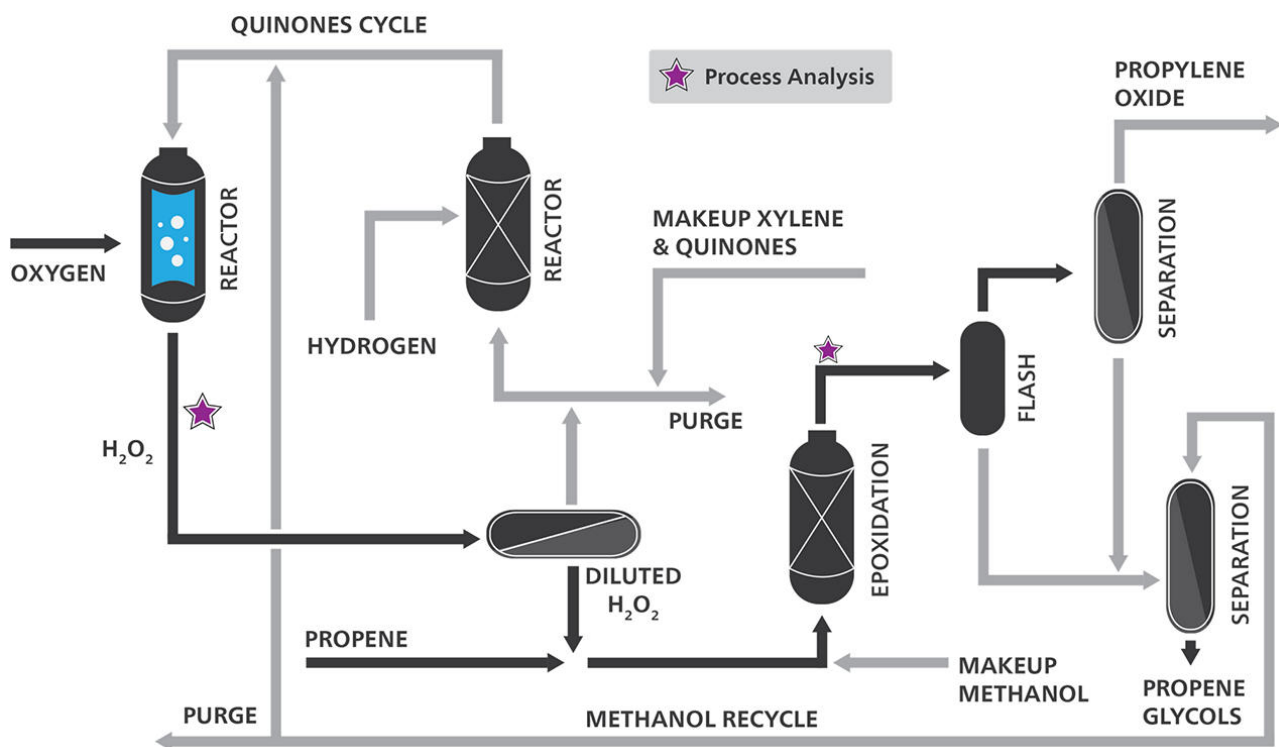


Abbildung 1. Schematisches Prozessdiagramm einer HPPO-Anlage für die nebenproduktfreie PO-Produktion. An den mit einem Stern gekennzeichneten Stellen kann eine Online Analytik für sicherere und effizientere Abläufe integriert werden.

Darüber hinaus wird durch die Analyse der H_2O_2 Restkonzentrationen in den Kopfbereichen der **Endreaktoren** vor der Propenrückgewinnung sichergestellt, dass das nicht umgesetzte Wasserstoffperoxid nach dem Epoxidationsreaktor genau überwacht und kontrolliert wird (**Abbildung 1**). Aufgrund der gefährlichen Umgebung in diesen Produktionsanlagen müssen bei allen Produktions-

und Prozessanlagen strenge Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Der **ADI 2045TI EX (ATEX) Prozessanalysator** von Metrohm Process Analytics (**Abbildung 2**) erfüllt alle elektrischen Sicherheitsanforderungen und ist speziell für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen konzipiert.

ANWENDUNG

Wasserstoffperoxid wird mithilfe eines Komplexbildners analysiert, gefolgt von einer kolorimetrischen Messung mit einer Tauchsonde.



Abbildung 2. Der Ex-geschützte (ATEX) Prozessanalysator ADI 2045TI von Metrohm Process Analytics.

Tabelle 2. Wichtige Parameter zur Überwachung in HP-PO-Abwasserströmen.

| Analyt | Abfluss des Primärreaktors (%) | Abfluss des Endreaktors (%) |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| H ₂ O ₂ | 0–2 | 0–0.25 |

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

[White Paper: Nutzung chemischer Online-Analysen zur Optimierung der Propylenoxidproduktion](#)
[Bestimmung von Schwefelsäure in Aceton und Phenol](#)
[Überwachung von 4-tert-Butylcatechol in Styrol](#)

[gemäß ASTM D4590](#)
[Inline-Prozessüberwachung des Feuchtigkeitsgehalts in Propylenoxid](#)

VORTEILE FÜR DIE ONLINE-ANALYSE IM PROZESS

- Schutz von Unternehmenswerten durch integrierte Alarme bei definierten Warngrenzen
- Genaue Feuchtigkeitsanalyse in der hygroskopischen Probenmatrix
- Sichere Arbeitsumgebung für Mitarbeiter (hohe Temperaturen und Drücke, Autopolymerisation, ATEX)
- Erhöhte Produktausbeute bei optimiertem Produktionsprozess: mehr Rentabilität



REFERENZEN

1. Kawabata, T.; Yamamoto, J.; Koike, H.; Yoshida, S. *Trends und Ansichten in der Entwicklung von Technologien für die Propylenoxidproduktion*; Sumitomo Kagaku, 2019; S. 4–11.

CONTACT

Metrohm Inula
Shuttleworthstraße 25
1210 Wien

office@metrohm.at

KONFIGURATION



ADI 2045TI Ex proof Analyzer

Der ADI 2045TI Ex proof Process Analyzer wird in gefährlichen Umgebungen eingesetzt, in denen der Explosionsschutz eine entscheidende Sicherheitsanforderung darstellt. Er erfüllt die EU-Richtlinie 94/9/EG (ATEX95) und ist für die explosionsgefährdeten Zonen I und II zugelassen. Seine Konstruktion kombiniert ein Spülluft-/Überdrucksystem mit dazugehörigen elektronischen Sicherheitsgeräten. Die Luftspülphase und der permanente Überdruck verhindern, dass in einer explosionsfähigen Atmosphäre Luft in das Gehäuse des Analysengeräts eindringt. Die intelligente Bauweise des Analysengeräts macht das Spülen grosser Analysengerät-Schutzvorrichtungen unnötig und ermöglicht dessen Positionierung an der im gefährdeten Bereich befindlichen Produktionslinie. Neben Titration, Karl-Fischer-Titration, Photometrie und Messungen mit ionenselektiven Elektroden sind auch Direktmessungen mit dieser Ex-p-Version möglich.