

Machbarkeitsstudie

Zusammenfassung

Ausgangslage

Der Kunde ist ein Tensid-Hersteller, dessen Produktionsprozess VOC-Konzentrationen von 2,9–1800 mg/Nm³ TVOC sowie SO₂ (0,1–1850 mg/Nm³) und SO₃/H₂SO₄ (0,1–200 mg/Nm³) erzeugt. Der Abgasvolumenstrom variiert zwischen minimal 1800 kg/h und maximal 4000 kg/h bei Temperaturen von 10–40°C. Ziel ist die Einhaltung eines TVOC-Grenzwertes von <20 mg/Nm³ gemäß EU-Durchführungsbeschluss 2022/2427. Aktuell ist keine Abgasreinigung installiert.

Bewertung

Die Abgasreinigung ist mit einer Kombination aus alkalischem Nasswäscher (CWA) und UV/Ozon-Oxidation (CEA) mit nachgeschaltetem Katalysator (KAT) technisch machbar. Die Hauptrisiken – SO₂/SO₃-Interferenz, Schwefelsäure-Aerosolbildung und Korrosion – sind durch bewährte Engineering-Lösungen beherrschbar. Kritische Datenlücken (volumetrischer Durchfluss, Feuchte, SO_x-Speziation) müssen vor der Detailplanung geschlossen werden, um Auslegungsunsicherheiten zu minimieren.

Bewertung: 🟡 **MACHBAR**

VOC-Zusammensetzung und Eignung

Für die vorliegende Schadstoffmatrix ist eine Kombination aus alkalischem Nasswäscher (CWA) und UV/Ozon-Oxidation (CEA) mit katalytischer Nachbehandlung (KAT) die technisch optimale Lösung. Ein reines NTP-System ist aufgrund der hohen SO₂/SO₃-Konzentrationen nicht empfehlenswert, da Schwefelsäurebildung die Elektroden stark korrodieren würde. Die UV/Ozon-Technologie ist für die vorliegenden VOCs (Alkohole, Alkylbenzole, Alkane) grundsätzlich gut geeignet, jedoch müssen die anorganischen Säuregase zwingend vorab im Nasswäscher entfernt werden, da sie Ozon quenchen und die Oxidationseffizienz drastisch reduzieren würden. Das vorgeschlagene Hybridsystem erreicht >98% SO₂/SO₃-Abscheidung im CWA-Wäscher und anschließend 98,5–99% TVOC-Abbau durch UV/Ozon-Oxidation. Der nachgeschaltete Katalysator (KAT) zerstört Restaldehyde, Ozonschlupf und poliert langkettige Tensidrückstände auf <20 mg/Nm³ TVOC. Diese Konfiguration ist bewährt und entspricht Oxytec-Referenzanlagen im Textil- und Chemiesektor mit vergleichbaren Schadstoffprofilen.

Positive Faktoren

- Keine halogenierten VOCs vorhanden, wodurch HCl-Korrosion und PCDD/F-Bildungsrisiken entfallen
- Volumenstrom von 2800–3600 kg/h liegt im industriellen Standardbereich für modulare UV/Ozon- und Wäschersysteme
- Temperaturbereich 10–40°C ist günstig für UV/Ozon-Oxidation ohne zusätzliche Kühlung oder Vorheizung
- Kontinuierliche Produktion (angenommen) ermöglicht stabile Prozessführung und optimale Anlagenauslastung

- Zielwert $<20 \text{ mg/Nm}^3$ TVOC ist mit CWA+CEA+KAT-Konfiguration sicher erreichbar ($>99\%$ Gesamtwirkungsgrad)

Kritische Herausforderungen

- SO_2/SO_3 -Interferenz führt zu Ozonquenching und H_2SO_4 -Aerosolbildung, was UV/Ozon-Wirkungsgrad reduziert und Korrosion verursacht (HIGH, 70% Wahrscheinlichkeit)
- Nichteinhaltung des TVOC-Grenzwertes $<20 \text{ mg/Nm}^3$ bei einstufiger UV/Ozon-Behandlung aufgrund gemischter VOCs und SO_x -Konkurrenz (HIGH, 60% Wahrscheinlichkeit)
- Wäscherabwasser mit hohen Sulfat- und CSB-Werten kann lokale Einleitgrenzwerte überschreiten und Entsorgungskosten erhöhen (HIGH, 50% Wahrscheinlichkeit)
- Korrosion und Fouling im UV/Ozon-Reaktor durch Säurenebel und schwerflüchtige Tenside gefährdet Anlagenverfügbarkeit (HIGH, 45% Wahrscheinlichkeit)
- Fehlende volumetrische Durchflussdaten (Nm^3/h), Feuchte und detaillierte VOC/ SO_x -Speziation verursachen Auslegungsunsicherheit von $\pm 20\text{--}30\%$ bei CAPEX/OPEX (HIGH, 40% Wahrscheinlichkeit)

Handlungsempfehlungen

- Einwöchige Eingangsmesskampagne zur Erfassung von volumetrischem Durchfluss (Nm^3/h), Temperatur, relativer Feuchte, O_2 , TVOC (FID), SO_2 (EN 14791) und $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ (ISO 11632) sowie Tages-/Batch-Profile durchführen
- Hybridsystem CWA + CEA + KAT mit 15–20% Kapazitätsreserve auslegen; Nasswäscher für $>98\%$ SO_2/SO_3 -Abscheidung dimensionieren; Hochleistungs-Tropfenabscheider und leichte Nacherwärmung vor UV-Stufe vorsehen
- Materialauswahl: Mindestens 316L für benetztes Equipment, 904L für säureexponierte Bereiche; EPDM/FKM-Dichtungen; CIP-fähiger UV-Reaktor mit automatischer Reinigung bei Transmissionsverlust $>10\%$
- Abwasserbehandlung: Rückhaltebehälter ($\geq 1 \text{ m}^3$) mit pH- und CSB-Überwachung installieren; stöchiometrische NaOH-Dosierung optimieren; lokale Einleitgrenzwerte frühzeitig mit Behörde klären
- Intelligente Regelung implementieren: Lampendimmung, Gebläse-Frequenzumrichter, Verriegelungen bei SO_2 -Durchbruch, pH-Regelung des Wäschers (6,5–7,5) und tägliche CIP-Zyklen bei Verschmutzung
- CEMS-Installation: TVOC (FID), SO_2 , O_2 , T/P kontinuierlich; periodische H_2SO_4 - und HCHO-Messungen; Alarmierung bei 80% der internen Zielwerte