

Sanierungsprojekt für einen Schweizer Farbhersteller

VOC-Emissionen: Abluftreinigungskonzept

Die Reduktion der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen bleibt weiterhin ein aktuelles Thema. Einerseits gelten strengere Anforderungen an Betriebe mit Befreiung von der VOC-Lenkungsabgabe. Andererseits, weil die Energieeffizienz der (alten) Abluftreinigungsanlage nicht mehr dem Stand der Technik entspricht.

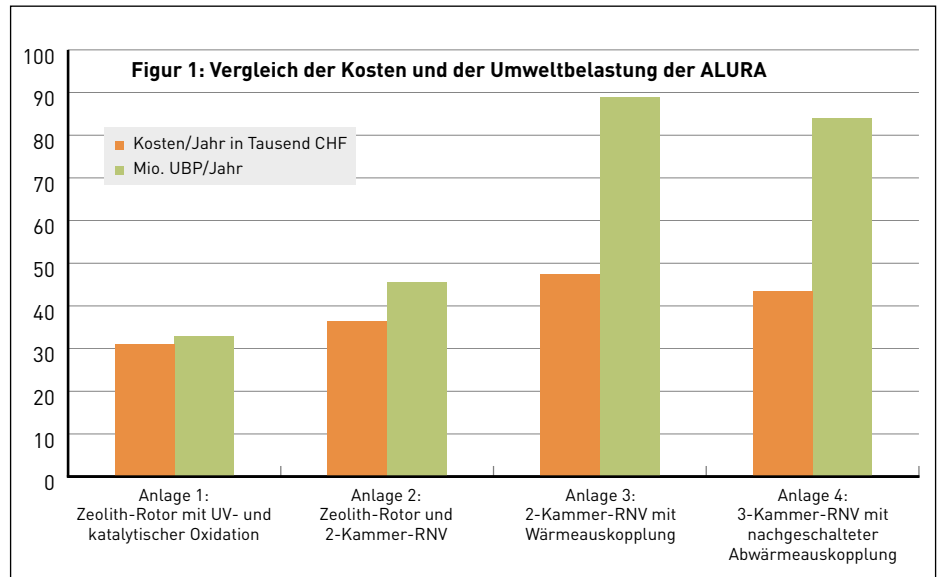
Von Rolf Gerber

Die Änderungen der Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOCV, volatile organic compounds) ist seit 1. Januar 2013 in Kraft. Damit wurden die Anforderungen an die Betriebe, von der VOC-Lenkungsabgabe befreit zu werden, verschärft. Bis dahin galt, dass ein Betrieb seine VOC-Emissionen durch eine Abluftreinigungsanlage (ALURA) so weit reduzieren musste, dass die Restemission weniger als 50% dessen betrug, was gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV) zulässig wäre. Zusätzlich musste die Verfügbarkeit der Anlage im Bilanzjahr mindestens 95% erreichen.

Durch die Verordnungsänderung wurden diese Anforderungen durch die Auflage ergänzt, dass die diffusen (d.h. nicht erfassten und somit nicht über die ALURA geführten) VOC-Emissionen nach dem Stand der Technik minimiert sein müssen. Wo dies noch nicht der Fall ist, muss in einem Massnahmenplan aufgezeigt werden, wie der im neuen Anhang 3 der VOC-Verordnung umschriebene Stand der Technik erreicht werden soll. Der Massnahmenplan muss von der zuständigen Vollzugsbehörde genehmigt werden.

ROLF GERBER

Dipl. Masch.-Ing. ETH, Bereichsleiter
Technik/Umwelt, Neosys AG, Gerlafingen.



Die beiden Anlagen 1 und 2 mit Zeolith-Rotor zur VOC-Aufkonzentration weisen gegenüber den Anlagen 3 und 4 kosten- und umweltmässig klare Vorteile auf.

Sanierungsanforderungen anhand eines Praxisbeispiels

Nachfolgend wird das Vorgehen bei der Erarbeitung eines VOC-Sanierungsprojektes für einen Farbproduktionsbetrieb vorgestellt. Messungen hatten gezeigt, dass die Emissionen des Betriebes über dem LRV-Grenzwert liegen und somit Sanierungsbedarf besteht. Nebst der Gesetzeskonformität (Einhaltung der LRV-Grenzwerte) sollen durch die Sanierung auch die verschärften Anforderungen der VOC-Verordnung erfüllt werden, sodass der Betrieb zukünftig (nach Inbetriebnahme der Abluftreinigung) von der VOC-Lenkungsabgabe befreit sein wird.

Nach einer Aufnahme des Ist-Zustands zeigte sich, was das für den Farbherstellbetrieb konkret bedeutet:

Auflagen gemäss geänderter VOC-Verordnung:

- Neue, formangepasste Abdeckungen an vier Anlagen
- Bessere Kapselung zur verbesserten VOC-Erfassung durch die Quellabsaugung an einer Anlage

- Vier Anlagen müssen zusätzlich an die Quellabsaugung angeschlossen werden (bisher ohne Absaugung).

Auflagen gemäss LRV:

- Anschluss von drei Abluftströmen des Betriebs (zwei Quellabsaugungen, eine Hallenabluft) an die Abluftreinigungsanlage
- Die Restemission nach ALURA darf im Mittel maximal 75 mg/Nm^3 VOC betragen. Umgerechnet auf Gesamt-C sind das für den im Betrieb üblichen VOC-Mix maximal 30 mg C/Nm^3 .

Pflichtenheft für die Abluftreinigungsanlage

Empfohlen wird, die Anforderungen an die benötigte Abluftreinigungsanlage in einem Pflichtenheft möglichst klar zu dokumentieren. Nur so ist sichergestellt, dass die angebotenen Anlagen aus technischer Sicht zur Lösung der Problemstellung geeignet sind und dass der Betrieb bei Nichterfüllung von Garantiewerten eine Nachbesserung durch den Lieferanten durchsetzen kann. Eine unverzichtbare Grundlage für die Erstellung des Pflichtenhefts sind aktu-

elle und repräsentative VOC-Emissionsmessungen.

Folgende Angaben sollten im Pflichtenheft enthalten sein:

- Zur Festlegung der Betriebsbedingungen: Beschreibung der Abluftherkunft und -führung, Gesamtvolumenstrom (Minimum, Maximum, Normalbetrieb), Ablufttemperatur, -druck und -feuchte, VOC-Konzentration (Minimum, Maximum, Normalbetrieb), Dauer und Höhe der VOC-Spitzen, Zusammensetzung der VOC im Jahresmittel (Einzelstoffe gemäss Verbrauch), Aussage über mögliche Störstoffe in der Abluft wie Hochsieder, organische Si-Verbindungen und Feinstaub, Betriebszeiten, vorgesehener Aufstellungsort der ALURA (innen, aussen, Zugänglichkeit), Ex-Zonen-Zuteilung, betriebliche Möglichkeiten zur Abwärmenutzung (benötigte Wärmeleistung, Temperaturniveau)
- Definition der Liefergrenzen/Schnittstellen: Ort der Abluftübernahme, Abluftabgabe (Kamin), Abgrenzung zu auffälligen baulichen Massnahmen wie Fundament, Podest etc., Abgrenzung zu bauseitigem Abluftrohrleitungsbau
- Definition der vom Lieferanten einzuhaltenden Garantiewerte: VOC-Konzentration in der Abluft nach ALURA (ev. auch für NO_x), je nach Umgebungssituation Lärmemissionsvorgaben als maximaler Schallleistungspegel oder Schalldruckpegel in 1 m Abstand für die Hauptlärmquellen (i.d.R. Ventilatoren, Kaminaustritt), eventuell maximaler Energieverbrauch unter definierten Betriebsbedingungen
- Deklaration der Betriebskosten: Vom Anbieter ist eine auf den angegebenen Betriebszeiten basierende Betriebskostenrechnung unter Berücksichtigung der

Primärenergiekosten (Energiepreise angeben!) und der Wartungskosten (periodischer Austausch von Verschleissmaterial wie Katalysator- oder Adsorptionsmaterial) zu verlangen.

- Sicherheitstechnik: Im Pflichtenheft sollte eine (realistische) Angabe der unter Worst-Case-Bedingungen möglichen VOC-Konzentrationspitzen in der Abluft erfolgen, auf welcher der Anbieter das Sicherheitskonzept der Anlage aufbauen kann.
- Abwärmenutzung: Eine möglichst hohe Energieeffizienz der Abluftreinigungsanlage ist auf jeden Fall anzustreben. Abwärmenutzung darf jedoch nicht zu einer Erhöhung des Primärenergieverbrauchs der ALURA führen. Im Pflichtenheft sollte deshalb der Wärmebedarf deklariert werden, sodass der Anbieter das Potenzial zur Abwärmenutzung der ALURA und die Mehrkosten aufzeigen kann.

Vergleich der möglichen Anlagentechnologien

Die Eignungsprüfung der infrage kommenden Abluftreinigungstechnologien zeigte bald, dass im vorliegenden Fall nebst der Betriebssicherheit (Verfügbarkeit, Grenzwert-Einhaltung) der Platzbedarf ein Hauptkriterium darstellt. Weil der für eine solche Anlage erforderliche Platz (Fläche und Höhe) nicht vorhanden war, schied die Biofiltertechnologie aus. Folgende Verfahren wurden weiterverfolgt und verglichen:

- Anlage 1: Aufkonzentrierung der VOC in der Abluft auf einem Zeolith-Rotor, VOC-Oxidation in der Desorptionsluft mittels UV-Oxidation und einem Katalysator
- Anlage 2: Aufkonzentrierung der VOC in der Abluft auf einem Zeolith-Rotor, VOC-Oxidation in der Desorptionsluft mittels einer kleinen 2-Kammer-RNV



Beispiel einer VOC-Abluftreinigungsanlage.

- Anlage 3: Abluft direkt auf 2-Kammer-RNV zur VOC-Oxidation, Wärmeauskopplung aus RNV zur betrieblichen Nutzung
- Anlage 4: Abluft direkt auf konventionelle 3-Kammer-RNV zur VOC-Oxidation, Abwärmenutzung durch nachgeschalteten Wärmetauscher

Kostenvergleich

Tabelle 1 zeigt einen Kostenvergleich dieser Anlagen. In den Investitionskosten sind nebst der Abluftreinigungsanlage auch Rohrleitungsanpassungen, Medienzuführungen und erforderliche bauliche Vorkehrungen enthalten. Die Kosten liegen zwischen 736 000 und 888 000 Franken.

Bei den Betriebskosten ergeben sich mit minimal 16 000 Fr./Jahr und maximal 47 500 Fr./Jahr beträchtliche Unterschiede. Dabei wurde der positive Beitrag einer Wärmerückgewinnung bereits berücksichtigt. Die geringsten Betriebskosten sind für die Anlage 1 mit UV-Oxidation und Katalysator zu erwarten.

Wenn die Investition innerhalb von 15 Jahren linear abgeschrieben wird, ergeben sich für die UV-Oxidationsanlage Jahreskosten von rund 31 000 Franken. Die anderen Anlagen sind vergleichsweise um 18% bis 53% teurer. Bei dieser Jahreskostenrechnung

Dem hier vorgestellten Praxisbeispiel eines Farbherstellers liegen folgende Betriebsdaten zugrunde:

- Volumenstrom:	13 000–19 000 Nm ³ /h, Normalbetrieb 17 000 Nm ³ /h
- Ablufttemperatur:	Umgebungs- bis Raumtemperatur
- VOC:	Ethylacetat, Ethanol, Isopropylacetat
- VOC-Fracht:	9 kg/h, entspricht 480 mg/Nm ³
- VOC-Spitzen:	bis ca. 4,2 g/Nm ³
- VOC-Garantiewert:	30 mg C/Nm ³
- Betriebszeit ALURA:	10 Std./Tag, 220 Tage/Jahr, 0,5 Std./Tag Nachlaufzeit
- Abwärmenutzungspotenzial:	40 kW im Sommer, 250 kW im Winter

wurde berücksichtigt, dass die jährliche VOC-Lenkungsabgabe sowie Primärenergie durch Abwärmenutzung eingespart werden können.

Umweltperformance

Der Vergleich der Umweltperformance der vier Abluftreinigungstechnologien basiert auf einer Bewertung der VOC-, CO₂- und NO_x-Emissionen mit Umweltbelastungspunkten nach der Methode der ökologischen Knappheit. Die Vergleichsdaten zeigt Tabelle 2. Der grösste Unterschied ergibt sich aus der CO₂- und NO_x-Emission, welche bei den Anlagen 3 und 4 (beides regenerative Nachverbrennungssysteme für die ganze Abluftmenge, d.h. ohne Aufkonzentrierung) wegen des hohen Primär-

energiebedarfs besonders hoch ausfallen (256% resp. 270% im Vergleich zur UV-Oxidationsanlage mit der geringsten Umweltbelastung (100%).

Sanierungsempfehlung

In Figur 1 sind die Kosten und die Umweltbelastung der vier Anlagen dargestellt. Die beiden Anlagen 1 und 2 mit Zeolith-Rotor zur VOC-Aufkonzentration weisen gegenüber den Anlagen 3 und 4 kosten- und umweltmässig klare Vorteile auf, wobei die UV-Fotooxidationsanlage (Anlage 1) bezüglich beider Kriterien am besten abschneidet.

Folgende Voraussetzungen müssen jedoch erfüllt sein, dass eine UV-Fotooxidations-

anlage mit Katalysator eingesetzt werden kann:

- Die Abluft darf keine Hochsieder enthalten, da diese zu einer schleichenden Verschlechterung des Adsorptionsvermögens des Aufkonzentrators führen würden.
- Die Abluft muss staubfrei sein und darf keine (oder höchstens Spuren) an organischen Silizium-Verbindungen enthalten.
- Die eingesetzten VOC müssen in der UV-Stufe ausreichend oxidiert oder an-geregt werden können.

Zur Absicherung empfiehlt es sich, mit einer Pilotanlage einen Vorversuch durchzuführen. ■

Kostenvergleich ALURA				
Basis:	Anlage für 19'000 Nm ³ /h (Normalbetrieb: 17'000 Nm ³ /h)			
	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4
Technik, Beschreibung	Adsorption auf Zeolith-Rotor, Regenerationsabluft über UV- und katalytische Oxidation. Abluft Gebindereinigung mit Zeolith-Glättungselement	Adsorption auf Zeolith-Rotor, Regenerationsabluft über 2-Kammer-RNV	Abluft direk über 2-Kammer-RNV mit Wärmeauskopplung	Abluft direkt über 3-Kammer-RNV, Glättungselement für Gebindereinigung, nachgeschaltete Abwärmenutzung
Ex-Schutz	UEG-Überwachung mit IR in Abluft- und Desorptionsluftstrom, Bypassschaltung	UEG-Überwachung mit IR in Abluft- und Desorptionsluftstrom, Bypassschaltung	UEG-Überwachung mit IR in einzelnen Zuluftsträngen und in Zusammenführung, Bypassschaltung	UEG-Überwachung mit IR in Abluft, Bypassschaltung
Platzbedarf	6,7 x 10,2 m	5,5 x 15 m	13,4 x 4,7 m	13,9 x 5 m
Gewicht	14 t	16 t	30 t	50 t
Reingas-Garantie VOC	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³
Investitionskosten [CHF]	865'000	741'000	736'000	888'000
Elektrische Energie	7'800	9'000	20'300	13'200
Fossile Energie	-	5'800	44'000	56'000
Druckluft	100	200	200	300
Verbrauchsmaterial	10'300	10'300	1'100	-
Wartungskosten	4'000	7'000	4'000	4'000
Energierückgewinnung	-6'200	nicht sinnvoll	-26'000	-26'000
Betriebskosten [CHF/a]	16'000	32'300	43'600	47'500
Befreiung von VOC-Lenkungsabgabe [CHF/a]	-60'000	-60'000	-60'000	-60'000
Kosten/a mit Amortisation in 15 a; in [CHF]	30'967	36'520	47'387	43'360
Relativer Kostenvergleich	100%	118%	153%	140%

Tabelle 1: Kostenvergleich der vier Abluftreinigungsanlagen.

Tabelle 2: Vergleich der Umweltperformance der Anlage.

	Einheit	Anlage 1: Zeolith-Rotor mit UV- und katalytischer Oxidation	Anlage 2: Zeolith-Rotor und 2-Kammer-RNV	Anlage 3: 2-Kammer-RNV mit Wärmeauskopplung	Anlage 4: 3-Kammer-RNV mit nachgeschalteter Abwärmenutzung
Emissionen					
VOC-Emission	[kg/a]	1'139	1'139	785	393
CO ₂ -Emission aus VOC	[kg/a]	37'865	37'865	38'573	39'360
CO ₂ -Emission aus Brennstoff	[kg/a]	-	10'130	98'164	108'504
CO ₂ -Emission aus Strom	[kg/a]	17'862	20'610	46'487	30'228
CO ₂ -Emissionseinsparung durch Abwärmenutzung	[kg/a]	-15'926	-	-61'048	-61'048
NO _x -Emission	[kg/a]	-	84	818	904
Umweltbelastung					
VOC	Mio. UBP/a	20.5	20.5	14.1	7.1
CO ₂	Mio. UBP/a	12.3	21.3	37.9	36.3
NO _x	Mio. UBP/a	0.0	3.8	36.8	40.7
Total	Mio. UBP/a	32.8	45.6	88.8	84.0
		100%	139%	270%	256%