

HVG-Mitteilung Nr. 2064

Langzeiterfahrungen mit dem SNCR-DeNO_x Prozess an einer
rekuperativ beheizten Behälterglaswanne

G. Lubitz, Vetropack, Bülach (Schweiz)

Vortrag im Fachausschuss VI der DGG am 10. März 2004 in Würzburg

1. Die Vetropack

Die Vetropack ist ein eigenständiges, börsennotiertes Familienunternehmen mit Gruppenmanagement in Bülach bei Zürich in der Schweiz. Für die Herstellung und den Vertrieb von Verpackungsglas verfügt die Vetropack über eigene Gesellschaften in der Schweiz, in Österreich, in Tschechien, in der Slowakei und in Kroatien. In diesen fünf Ländern ist die Vetropack Marktführer.

Die Vetropack Gruppe beschäftigt rund 2800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die sechs Glashütten verfügen mit insgesamt 13 Schmelzwannen über eine Produktionskapazität von 2950 Tagedestonnen Behälterglas.

Die Vetropack hatte in Bülach einen Produktionsstandort. Aufgrund der hohen Produktionskosten in der Schweiz war Bülach wirtschaftlich nicht mehr haltbar, so dass das Werk im März 2002 geschlossen wurde. Die Belieferung des Schweizer Heimmarktes mit Weiß- und Braunglas erfolgt seitdem von den Schwesterwerken in Österreich und Tschechien.

Der folgende Bericht über die Langzeiterfahrungen mit dem SNCR-Verfahren bezieht sich auf eine Anlage, die heute leider nicht mehr existiert.

2. Umwelanforderungen am Standort Bülach

1991 wurde im Werk Bülach eine Hauptreparatur des Vetropack Melters durchgeführt. Die Schmelzfläche wurde vergrößert. Da es sich um eine wesentliche Änderung der Anlage handelte, musste ein Genehmigungsantrag bei der Aufsichtsbehörde des Kantons Zürich gestellt werden.

Gemäß der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) in der Schweiz betrug der Grenzwert für Stickoxide bei der Schmelze von Hohlglas 2,5 kg pro Tonne produzierten Glases. Dies entspricht einem Wert von ca. 1000 mg NO₂ pro Nm³ trockenes Abgas bei 8 % O₂-Gehalt. Mittels verschiedener Primärmaßnahmen, speziell Sauerstoffmessung im Abgas, nach der die Verbrennungsluft geregelt wurde, konnte der Grenzwert von 1000 mg/Nm³ bei 8 Volumen % O₂ eingehalten werden. Effektiv wurden ca. 900 mg NO₂ pro Nm³ bei 8 % O₂ erreicht.

Wegen örtlicher Überschreitung der Immissionsgrenzwerte, der Flughafen Zürich-Kloten liegt ca. 10 km von Bülach entfernt, verlangte die Aufsichtsbehörde des Kantons Zürich in einem ersten Schritt die Halbierung des effektiven Stickoxidausstoßes mit später folgenden weiteren Absenkungen. Dies bedeutete ab sofort einen neuen Grenzwert für Stickoxide von 450 mg/Nm³ Abgas für die Glashütte Bülach.

3. Der Vetropack Melter

In der Glashütte Bülach war ein Vetropack Melter installiert. Bei dem Vetropack Melter handelt es sich um einen Herdofen vom Typ Unit Melter (Bild 1 und Bild 2).

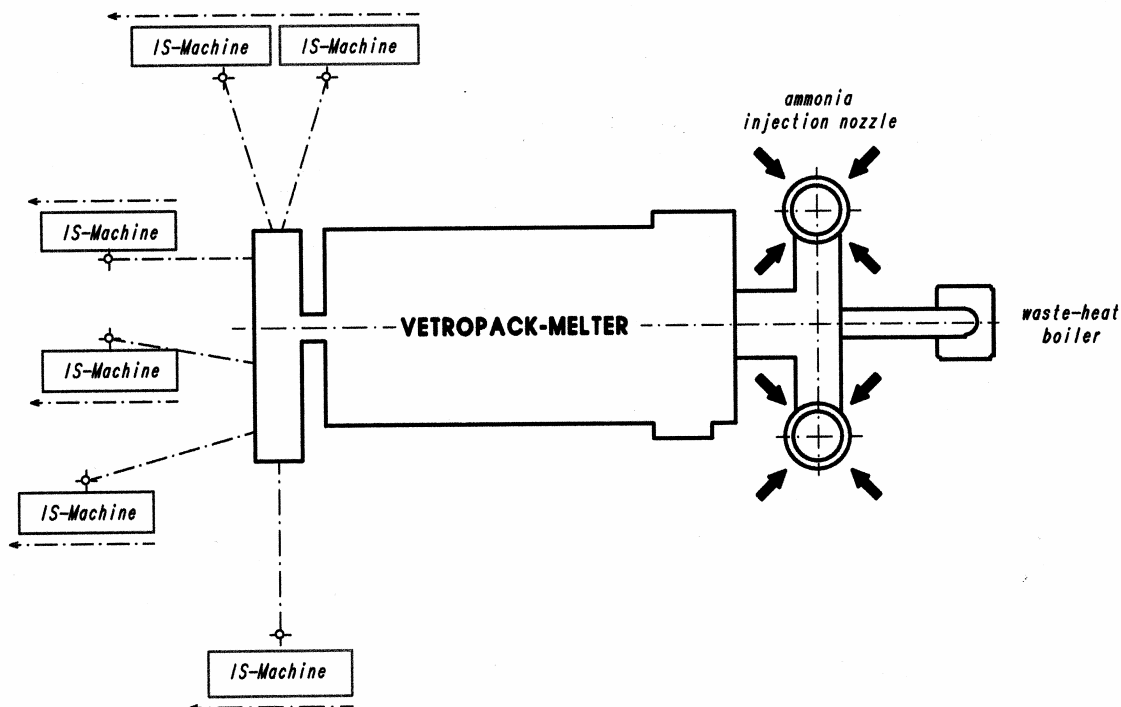


Bild 1: Wannenlayout

In Wannenlängsachse waren rechts und links 22 Heye-Vormischbrenner angeordnet, die eine Konstantbefeuerung des Melters ermöglichten. Als Brennstoff wurde Schweröl mit einem Schwefelgehalt von max. 1,0 % verwendet.

Das Gemenge wurde über zwei Doghäuser, rechts und links angeordnet, dem Ofenraum zugeführt. Ferner war zur Abdeckung von Spitzenschmelzleistungen eine Elektrozusatzheizung mit 12 Elektroden im Boden und einer Leistung von 2400 kW installiert.

Die Wanne hatte folgende Abmessungen:

Schmelzfläche: 136 m²

Länge: 17,4 m

Breite: 7,8 m

Glasbadtiefen: 1150/1350 mm

Wallhöhe: 600 mm

Glasfarben: Weiß- und Braunglas

Gesamtscherben: 60 % bei Weiß- und Braunglas

Schmelzleistung: ohne Boosting 300 t/d, mit Boosting 340 t/d

Spez. Belastung pro m²: 2,2 bzw. 2,5 t/m²

Die Rauchgase des Vetropack Melters wurden durch zwei kontinuierlich arbeitende Strahlungsrekuperatoren geleitet. Dabei handelte es sich um vertikal angeordnete

Gegenstrom-Rekuperatoren. Die Wärmeaustauschfläche betrug 127 m². Die Eintrittstemperatur in den Rekuperatoren betrug ca. 1300 °C und die Austrittstemperatur ca. 700 °C. Die Verbrennungsluft wurde auf ca. 700 °C vorgewärmt. Nach den Rekuperatoren war ein Abhitzeessel angeordnet, mit dem Sattedampf erzeugt wurde. Damit wurden alle Gebäude der Glashütte und das Bürogebäude der Vetropack-Verwaltung beheizt.

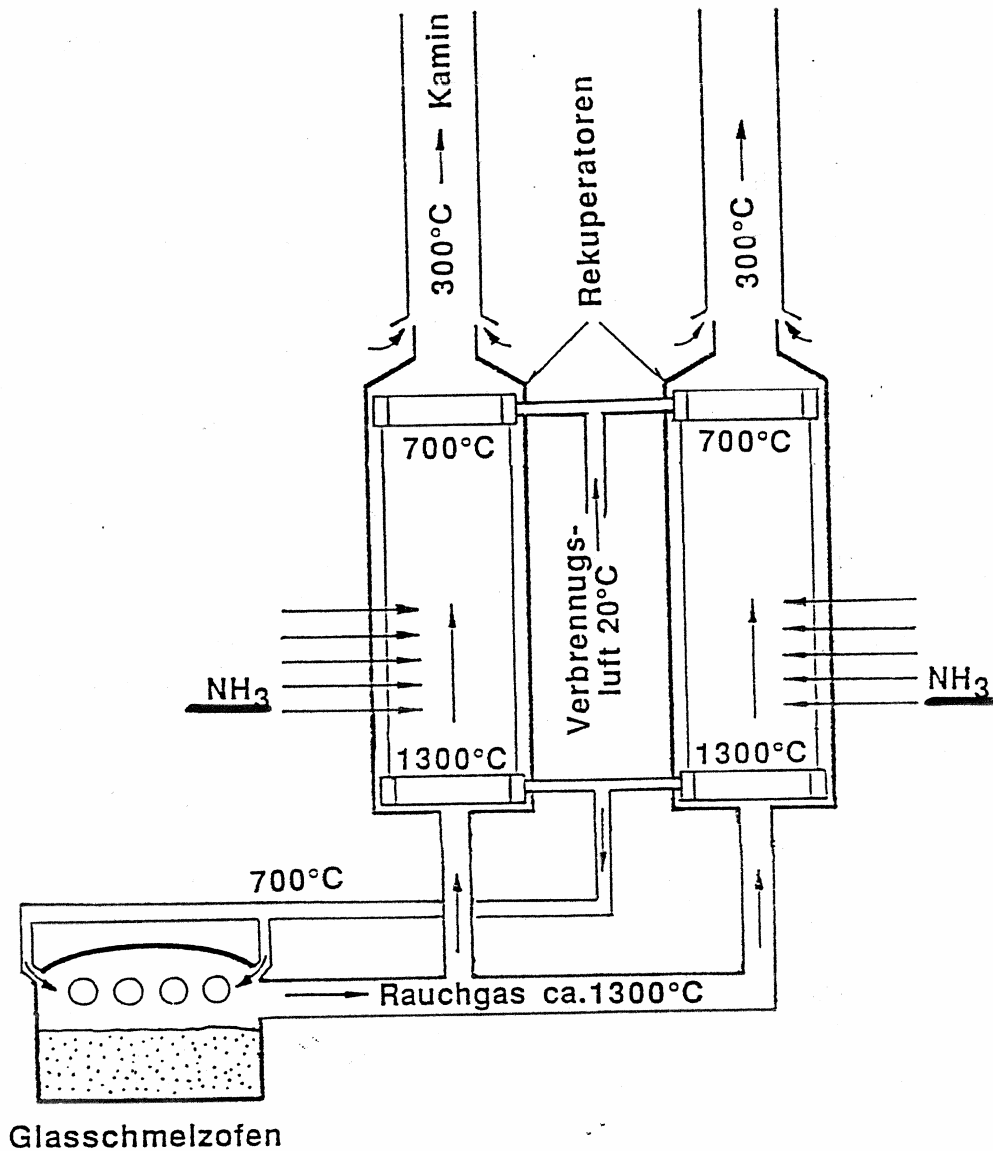


Bild 2: Wannenschema

Im Vergleich zu einem Regenerativsystem sind die Luftvorwärmtemperaturen bei einem Rekuperativsystem nicht so hoch. Als Folge ist der Stickoxidauswurf beim Rekuperativsystem geringer als beim Regenerativsystem. Der Anlagenaufbau ist einfacher und die Investitionskosten dementsprechend niedriger. Der spezifische Energieverbrauch ist aufgrund der nicht so effizienten Wärmerückgewinnung um ca. 20 % höher im Vergleich zu einer regenerativ beheizten U-Flammenwanne.

4. Entstickung nach dem SNCR-Verfahren

Beim SNCR-Verfahren wird bei Temperaturen von 900 – 1000 °C Ammoniakgas oder Ammoniakwasser in die heißen Rauchgase eingedüst. Dabei handelt es sich um eine selektive nicht katalytische Reduktion. Bei Ammoniakwasser verdampft das Wasser der Lösung und das freiwerdende Reduktionsmittel Ammoniak reagiert mit den Stickoxiden zu Wasserdampf und Stickstoff. Entscheidend für den Prozess sind das richtige Temperaturfenster und die gleichmäßige Verteilung des Reduktionsmittels im Rauchgas. Die qualitative Darstellung der Ammoniakumsetzung ist aus Bild 3 ersichtlich.

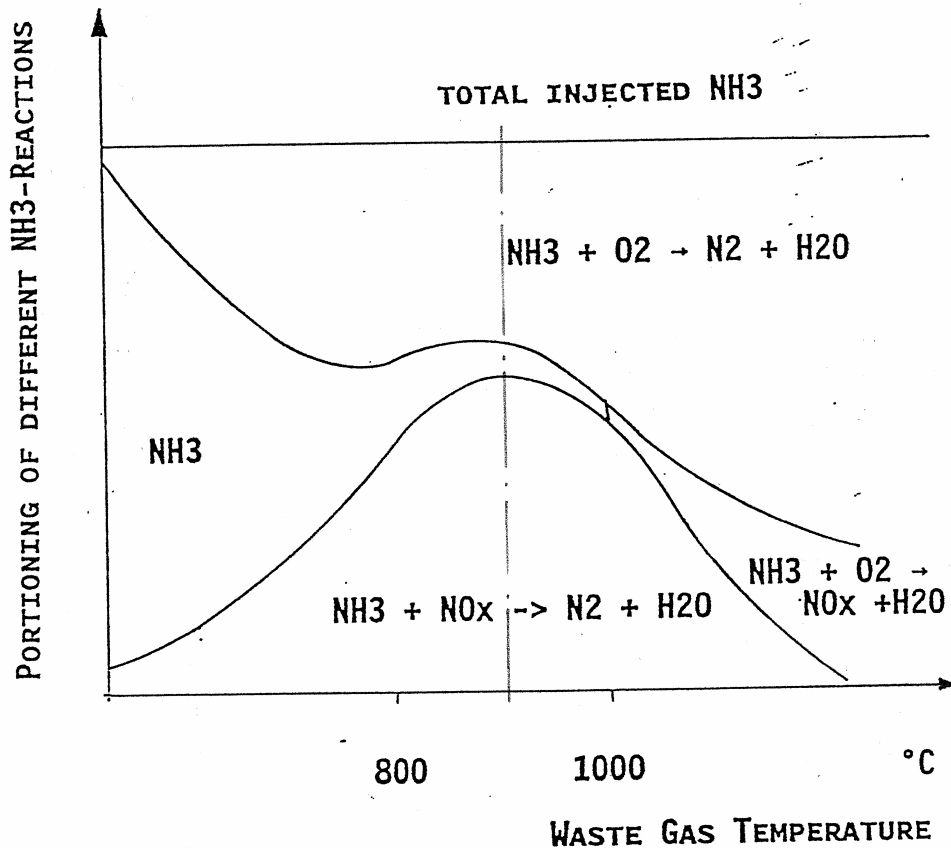


Bild 3: Ammoniakumsetzung

Bezogen auf die Unit-Melter sind die Rekuperatoren ideale Reaktionsräume mit ausreichenden Verweilzeiten und idealem Temperaturfenster für die Anwendung des SNCR-Verfahrens zur Entstickung der Rauchgase.

5. Die SNCR-Anlage nach dem Exxon-Verfahren

Die Projektierung der SNCR-Anlage erfolgte im Zusammenhang mit der Sulzer Thermotec. Sulzer Thermotec hatte sich unter anderem auf die Entstickung nach dem Exxon-Verfahren spezialisiert. Es bestanden bereits Erfahrungen bei Müllverbrennungsanlagen.

Die SNCR-Anlage hatte einen relativ einfachen Aufbau und bestand aus den Ammoniak-Tanks, der Verdampfungseinheit, der Ammoniak-Mengen-Regelung, der Luft-

vormischstation, dem Leitungssystem, den Eindüslanzen und der permanenten NO₂ Messung. Das Fließschema der Anlage ist in Bild 4 dargestellt.

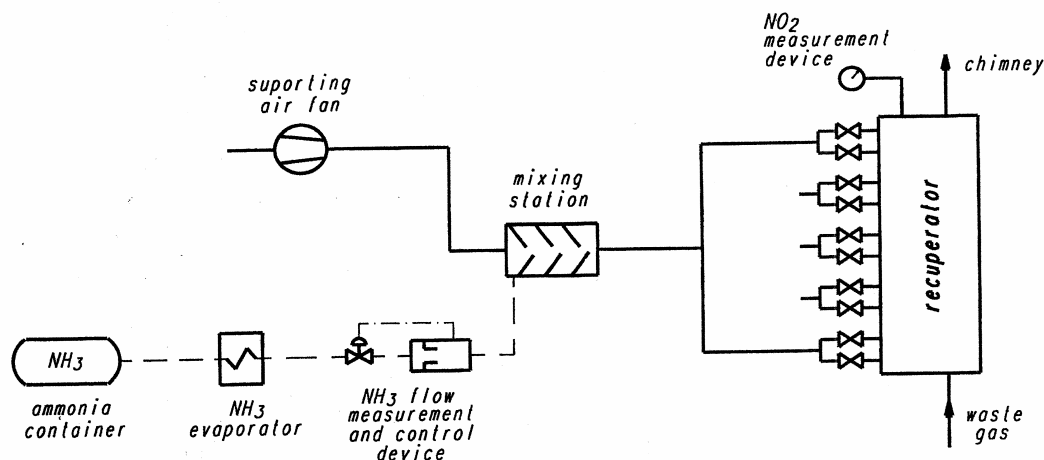


Bild 4: Fließschema der SNCR-Anlage

- Es wurden jeweils 4 Transportbehälter als Lagertanks für reines Ammoniak verwendet. Dadurch wurde das Vorortumfüllen in Lagertanks vermieden. Die Transportbehälter hatten ein Fassungsvermögen von 490 kg. Die Tanklagergröße wurde so gewählt, dass das Ammoniaklager nicht unter die Störfallverordnung fiel. Um die Sicherheitsauflagen an die Ammoniak-Lagerung zu erfüllen, wurde ein Sprinkler-System, ein Wasservorhang vor dem Lager und Ammoniakgasdetektoren installiert. Für Notfälle musste ein Evakuierungsplan der direkt umliegenden Gebäude erstellt werden.
- Mit der elektrischen Verdampfereinheit wurde das flüssige Ammoniak bei einer Temperatur unterhalb 60 °C in ein Gas umgewandelt.
- Die Ammoniak-Mengen-Regelung für den SNCR-Prozess erfolgte über eine Druckregelung.
- Da die verwendete Ammoniakgasmenge relativ klein war, wurde das Ammoniak mit Luft vorgemischt, um eine gute und gleichmäßige Verteilung in den Rauchgasen zu erreichen.
- Das Leitungssystem bestand aus Edelstahl. Das Ammoniak-Luftgemisch wurde von der Mischstation zu den Eindüslanzen geleitet.
- Das Ammoniak-Gas wurde in 2 von jeweils 5 übereinander liegenden Ebenen in den Rekuperator eingedüst. Pro Ebene waren 2 Eindüslanzen installiert. Die Eindüsebenen mussten nach dem optimalen Temperaturfenster von Hand ausgewählt werden. Die Verteilung des Ammoniak-Gases war sehr gut. Der Innenraum des Rekuperators musste somit nicht umgebaut werden.
- Am Rauchgasaustritt aus den Rekuperatoren wurde an einem Rekuperator eine permanent arbeitende NO₂-Messung installiert. Da die Rekuperatoren

parallel gleichmäßig arbeiteten, wurde durch die Behörde die Messung an nur einem Rekuperator akzeptiert.

- Die Investitionskosten für die Anlage beliefen sich auf ca. 600.000 Euro.

6. Langzeitbetriebserfahrungen

Die SNCR-Anlage wurde 1992 installiert und in Betrieb genommen. Größere Schwierigkeiten beim Anlauf gab es nicht. Hauptproblem, das sich schon bald nach der Inbetriebnahme zeigte, war die Korrosion der Eindüslanzen. Direkt nach dem Anlagenanlauf mussten die Düsen ca. alle 3 Monate wegen starker Korrosion ausgetauscht werden. Es wurden verschiedene Materialien ausprobiert. Schließlich bewährten sich Düsen aus einem speziellen korrosionsbeständigen Stahl. Mit den Düsen wurden ausreichende Standzeiten erzielt. Sie mussten aber alle 4 Monate gereinigt werden.

Bis zum Stillstand des Werkes im Jahre 2002 war die SNCR-Anlage 10 Jahre zur vollen Zufriedenheit in Betrieb. Die Anlage lief störungsfrei und die Verfügbarkeit betrug nahezu 100 %. Lediglich die Messgasleitung zwischen der Gasentnahme am Rekuperatoraustritt und dem Messgerät in der Leitwarte musste einmal pro Woche durchgespült werden.

Die NO_x-Emissionen konnten mittels der SNCR-Anlage von ca. 900 auf 450 mg/Nm³ reduziert werden, ohne dass der Grenzwert für den Ammoniak schlupf von 30 mg/Nm³ erreicht wurde. Die Betriebsdaten waren:

NO ₂ -Gehalt vor der Entstickung:	900 mg/Nm ³
NO ₂ -Gehalt nach der Entstickung	450 mg/Nm ³

Ammoniak-Verbrauch: 2,0 kg/h

Ammoniak-Schlupf: 5,0 mg/Nm³

Stromverbrauch für Luftmischung und Ammoniakverdampfung: 20 kW

Betriebskosten inkl. Abschreibungen: ca. 1,4 €/to geschmolzenen Glases

7. Zusammenfassung

Das SNCR-Verfahren ist ein geeignetes, erfolgreiches Verfahren zur NO_x-Minderung bei rekuperativ beheizten Glasschmelzwannen. Die NO_x-Emissionen können wesentlich unter 500 mg/Nm³ reduziert werden ohne Erreichen des Grenzwertes für den Ammoniak schlupf. Entscheidende Kriterien für den Erfolg sind:

- Das im Rekuperator zur Verfügung stehende Temperaturfenster von 900 – 1000 °C und der große Reaktionsraum erlauben eine optimale Entstickung bei sehr kleinem Ammoniak-Schlupf.
- Es sind keine aufwendigen Umbauten des Rekuperators notwendig, um eine gute Verteilung des Ammoniak-Gases zwecks Entstickung zu erreichen.
- Das SNCR-Verfahren ist ein relativ einfaches Verfahren, welches mit großer Betriebsstabilität störungsfrei läuft.