

## Grundlagen NOx – Entstehung und Messung

Stickoxide oder Stickstoffoxide sind Sammelbezeichnungen für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs, dem Stickstoffmonoxid NO und dem Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>. Da es aufgrund der vielen Oxidationsstufen des Stickstoffs mehrere Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen gibt, werden sie auch mit NO<sub>x</sub> abgekürzt.

Stickoxide sind Reaktionsprodukte bei allen Verbrennungsvorgängen, bei denen fossile oder regenerative Brennstoffe verbrannt werden. Die chemische Reaktion erfolgt bei höheren Temperaturen, bei denen außer NO auch viele weitere Verbindungsformen entstehen. Unter normalen Umgebungstemperaturen bleiben jedoch nur das Stickstoffmonoxid und das Stickstoffdioxid stabil und damit von Bedeutung.

### NO<sub>x</sub> Entstehung

- thermisches NO<sub>x</sub>
- Brennstoff NO<sub>x</sub>
- promptes NO<sub>x</sub>

Bei typischen Feuerungsanlagen mit Kesseln und Brennern sind ausschließlich thermisches NO<sub>x</sub> und Brennstoff NO<sub>x</sub> von Bedeutung. **Promptes NO<sub>x</sub>** entsteht in der Reaktionszone der Flamme durch den freien Sauerstoff (Luftüberschuss) während der Verbrennung.

### Thermisches NO<sub>x</sub>

Thermisches NO<sub>x</sub> entsteht aus dem molekularen Stickstoff N<sub>2</sub> der Verbrennungsluft in der Flamme durch Oxidation bei Temperaturen > 1000 °C, weitere Reaktionspartner sind die Radikale OH und HO<sub>2</sub>, die Reaktionszone der Flammenfront und die Nachreaktionszone in den Zügen des Kessels bzw. in der Abgasanlage.

Höhere Temperaturen in der Flamme erhöhen die Bildung des thermischen NO<sub>x</sub>, bis 1200°C eher gering, ab 1400°C starke Zunahme, bei 1800°C Maximum.

### Brennstoff NO<sub>x</sub>

Gebundene Anteile an Stickstoff im flüssigen oder festen Brennstoff.

Die Oxidation von Brennstoffstickstoff erfolgt bereits bei niedrigeren Temperaturen ab etwa 800 °C. Es wird nur ein Teil des im Brennstoff gebundenen Stickstoffes oxidiert. Je mehr gebundener Stickstoff im Brennstoff vorhanden ist, umso höher ist die tatsächliche NO<sub>x</sub>-Emission.

Bei dieser Reaktion wird Wärme gebunden.

Bei der Verfeuerung von Erdgas entsteht kein brennstoffbezogenes NO<sub>x</sub>, da im Erdgas kein Stickstoff gebunden ist.

Der Stickstoffgehalt im Heizöl EL bewirkt einen Anteil von 5–25 % an der Gesamt-NO<sub>x</sub>-Emission eines Ölbrenners.

## Messung von NO<sub>x</sub>-Emissionen

### Konzentrationsmessung und Umrechnung

Konzentrationsmessung des Volumenanteils von NO bzw. NO<sub>2</sub> im realen Abgasvolumenstrom. [ppm]

Dieser Wert wird dann auf trockenes Abgasvolumen bei Normbedingungen, 0°C und 1013 mbar, bezogen. [mg/m<sup>3</sup>]

Mit Hilfe einer Kondensatfalle oder eines Messgaskühlers wird das Abgas getrocknet. Die Masseangabe mg/m<sup>3</sup> wird **brennstoffabhängig** auf das Abgasvolumen mit einer Verdünnung von **3/6/11 Vol% O<sub>2</sub>** bezogen.

NO und NO<sub>2</sub> wird als NO<sub>x</sub> mit der Dichte des NO<sub>2</sub> umgerechnet, da alle Bestandteile des NO im weiteren Verlauf zu NO<sub>2</sub> oxidieren, auch nach dem Austritt der Abgase aus dem Rauchfang.

$$\text{NO}_x[\text{mg}/\text{m}^3] = (\text{NO}[\text{ppm}] + \text{NO}_2[\text{ppm}]) \times 2,05 \times \left( \frac{21 - \text{O}_2 \text{Bezug}}{21 - \text{O}_2 \text{ gemessen}} \right)$$

Bei 3-Zellen Messgeräten wird nur der NO-Anteil gemessen und der NO<sub>2</sub> Anteil messtechnisch vernachlässigt, kann aber rechnerisch dem NO-Anteil mit bis zu 5% zugeschlagen werden. Da einige NO<sub>x</sub>-Grenzwert in Österreich niedrig angesetzt sind und der genaue Anteil des NO<sub>2</sub> in der Verbrennung nicht ermittelt werden kann wird bei Auslieferung dieser Messgeräte der NO<sub>2</sub>-Zuschlag auf 0% gesetzt.

#### testo 330/330i

NO-Messung

Messbereich: 0 ... 3000 ppm

Toleranz: ±5 ppm (0 ... 100 ppm), ±5% v.Mw. (101 ... 2000 ppm),  
±10% v. Mw. (2001 ... 3000 ppm)

Bei 4 und 6-Zellen Messgeräten wird sowohl der NO als auch er NO<sub>2</sub> Anteil gemessen, dies ist besonders bei der Messung von BHKW`s wichtig, da dort NO<sub>2</sub>-Anteile bis zu 30% möglich sind. Eine vereinfachte Überprüfung von BHKW`s gemäß ÖNORM 7510-6 erlaubt auch eine alleinige Messung des NO-Gehalts.

#### testo 340/350

NO-Messung

Messbereich: 0 ... 4000 ppm

Toleranz: ±5 ppm (0 ... 100 ppm), ±5% v.Mw. (101 ... 2000 ppm),  
±10% v.Mw. (2001 ... 4000 ppm)

NO<sub>2</sub>-Messung

Messbereich: 0 ... 500 ppm

Toleranz: ±10 ppm (0 ... 199 ppm), ±5% v. Mw. (200 ... 500 ppm)

Bei Messergebnissen bis 1000mg/m<sup>3</sup> (alle Grenzwerte liegen in Österreich darunter) kann somit 5% als Toleranzwert abgezogen werden.