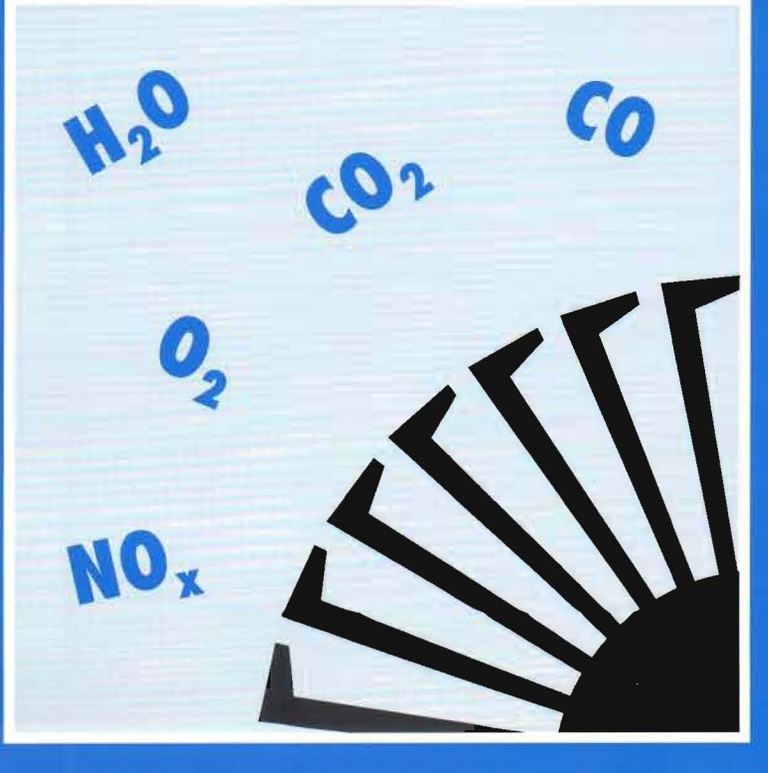
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Emissionsverhalten von Gasturbinen mit schadstoffarmen Brennkammern in der Praxis



Gasturbinen in der Praxis

Emissionsverhalten von Gasturbinen mit schadstoffarmen Brennkammern in der Praxis

Gasturbinen in der Kraft-Wärme-Kopplung

Das Angebot und der Einsatz von Gasturbinen in der Kraft-Wärme-Kopplung wurden in den letzten Jahren weiter ausgeweitet. Gründe dafür sind die hohen erreichbaren Gesamtnutzungsgrade, die zu niedrigen Verbräuchen von Primärenergie und damit auch zu niedrigen CO_2-Emissionen führen. Die hohe Effizienz von Gasturbinen ist u.a. auch auf das hohe Temperaturniveau in der Gasturbinenbrennkammer zurückzuführen. Hohe Temperaturen führen zu niedrigen CO-Emissionen, aber fördern auch die NO_x-Bildung. Um die positiven Eigenschaften zu erhalten, ist die Entwicklung von Brennkammern mit niedrigen NO_x-Emissionen von besonderer Bedeutung.

Emissionsmessungen an Gasturbinen

Erstmals 1990 wurden Emissionsmessungen an Gasturbinen von ASUE mit dem Ziel veröffentlicht, den Stand der Technik zu dokumentieren. Seitdem hat sich die Technik schadstoffarmer Brennkammern erheblich weiterentwickelt. Insbesondere Brennkammern ohne Wasser- oder Dampfeindüsung – sogenannte trockene Verfahren mit der Bezeichnung DLE, DLN oder LowNO_x – werden heute in Neuanlagen üblicherweise eingesetzt. Die Entwicklung hat sich nicht ohne technische Rückschläge vollzogen. Probleme z. B. mit Brennkammerschwingungen sind auch heute noch nicht ganz beseitigt.

Um den derzeitigen Stand des Emissionsverhaltens von Gasturbinen mit trockenen schadstoffarmen Brennkammern zu ermitteln, wurden erneut Emissionsmessungen an 14 Gasturbinenanlagen verschiedener Hersteller im Alltagsbetrieb durchgeführt. Die elektrischen Leistungen der Gasturbinen, die in der Zeit 1996 – 1998 in Betrieb gegangen sind, liegen etwa gleichverteilt im Bereich zwischen 1 und 10 MW.

Die untersuchten Gasturbinen werden überwiegend in industriellen und kommunalen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen eingesetzt. Bei den industriellen Anwendungen wird die Abwärme meistens zur Dampferzeugung genutzt. In einigen Fällen werden die Abgase nachgeschalteten Brennern als Verbrennungsluft zugeführt oder für Trocknungsprozesse verwendet. Die erzeugte elektrische Energie wird im Betrieb verbraucht. Alle Anlagen werden nahezu ausschließlich im Volllastpunkt betrieben.

Im kommunalen Bereich wird die Abwärme zur Heißwasser- und Dampferzeugung verwendet, oft kombiniert mit Wärmespeichern. Die thermische Energie wird in Nahwärmesysteme eingespeist. Bei geringem Wärmebedarf werden die Gasturbinen nur während der Spitzenzeiten des Strombedarfs betrieben. Teillastbetrieb wird im Allgemeinen nicht gefahren. Die elektrische Energie wird im Bereich des kommunalen Energieversorgers verbraucht.

Messtechnik und Messablauf

Alle Messungen waren gleichartig. Sie wurden grundsätzlich entsprechend dem DIN-Entwurf 4343 sowie den VDI-Richtlinien 2456 und 2459 durchgeführt.

Vor Beginn der Messwertaufnahme wurden an verschiedenen Stellen des Abgaskanalquerschnittes die NO_x- und CO-Konzentration ermittelt, um mögliche Inhomogenitäten der Abgaszusammensetzung zu erkennen. Signifikante Unterschiede konnten in keinem Fall festgestellt werden.

Die kontinuierlich arbeitenden Messgeräte bestimmten folgende Abgaskomponenten: Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO_2) und Sauerstoff (O_2). In der Tabelle sind die eingesetzten Messgeräte, Messbereiche und Genauigkeiten angegeben. Aus der Messtoleranz des verwendeten Gerätes ergibt sich für NO_x ein maximaler relativer (auf den Messwert bezogener) Messfehler von ± 6 %. Bei CO-Messungen im Bereich unter 20 vpm steigt der relative Messfehler auf über 25 %, daher wurden in diesem Bereich zusätzlich Proben im Labor ausgewertet (Messtoleranz ± 1,5 vpm).

NO_x- und CO-Emissionen bei Volllastbetrieb

In Bild 1 sind die NO_x- und CO-Emissionen der verschiedenen Gasturbinen bei Volllast dargestellt. Unter Volllast wird hier die zum Zeitpunkt der Messung maximal erreichbare elektrische Leistung verstanden; sie wich z. T. bis zu 10 % von der auf dem Typenschild angegebenen ISO-Leistung ab. Die Ansaugluft-temperaturen lagen während der Messungen zwischen 11 und 14 °C, die Umgebungsluftdrücke zwischen 965 und 1.010 mbar.

Das Niveau der NO_x-Emissionen war – abgesehen von wenigen Ausnahmen – recht einheitlich; die Werte lagen zwischen 40 und 90 mg/m³. Eine Abhängigkeit der Emissionen von der Leistungsgröße und dem elektrischen Wirkungsgrad der Anlagen ist nicht erkennbar.

Die CO-Emissionen bei Volllast waren meist kleiner als 15 mg/m³. Selbst der höchste gemessene Einzelwert von 40 mg/m³ liegt deutlich unterhalb des TA-Luft-Grenzwertes von 100 mg/m³.

Einfluss des Brennstoffs

An einer Anlage konnten NO_x- und CO-Emissionen sowohl bei Erdgas- als auch bei Heizölbetrieb (jeweils bei Volllast) gemessen werden (s. Bild 2). Bei Erdgasbetrieb wurden 38 mg/m³ NO_x und 15 mg/m³ CO emittiert. Während die CO-Emissionen mit 20 mg/m³ bei Heizölbetrieb ein ähnlich niedriges Niveau wie bei Erdgas-

Abgaskomponente	NO/NO_2	O_2	CO/CO_2
Hersteller	Beckmann Inst.	Rosemount	Rosemount
Typ	951 A	Oxynos 1	Binos 1000
Messprinzip	Chemolumineszenz	Paramagnetismus	IR-Absorption
Messbereiche	0-10, 25, 100, 250, 1000, 2500, 10000 vpm	0-5, 10, 25, 100 Vol.-%	CO: 0-200, 2000 vpm CO_2: 0-5, 50 Vol.-%
Genauigkeit[1]	± 2 %	± 2 %	± 2 %

[1] bezogen auf den jeweiligen Messbereichsendwert

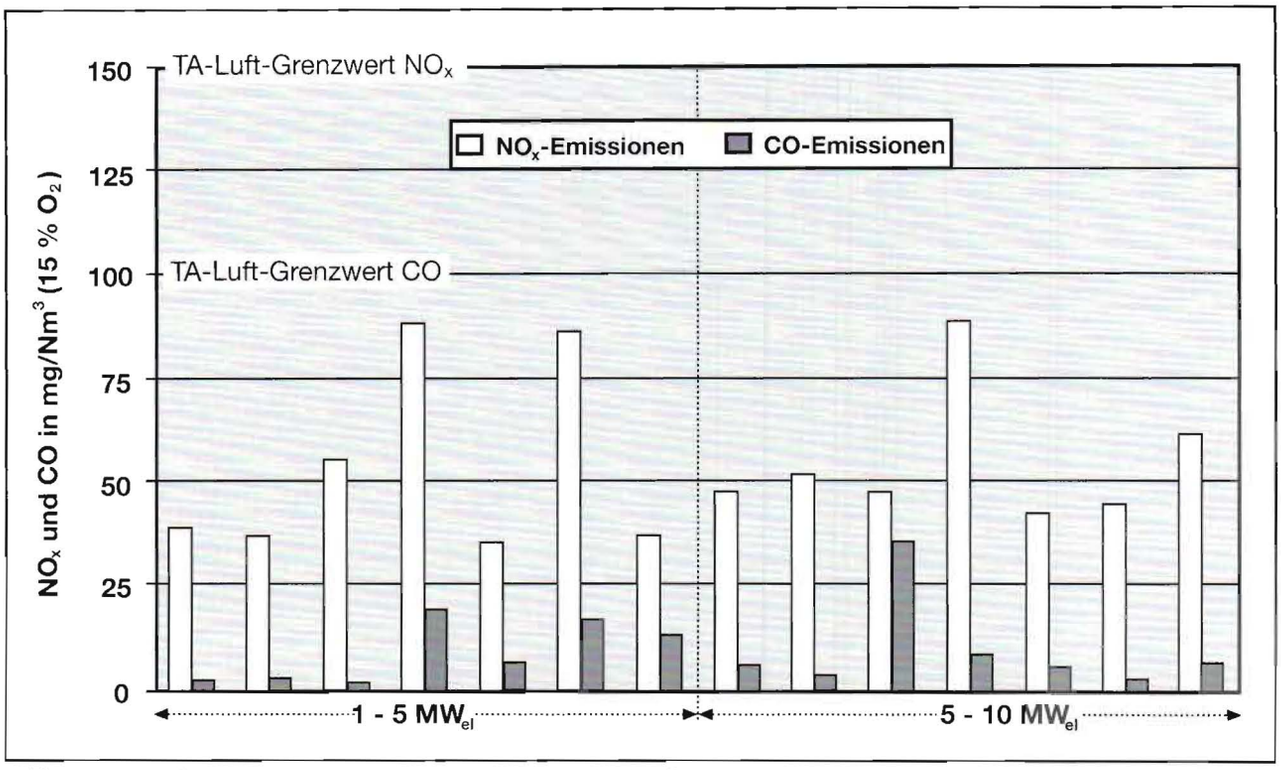


Bild 1: NO_x- und CO-Emissionen von Gasturbinen mit schadstoffarmen Brennkammern – Stand: 2000

betrieb aufweisen, liegen die NO_x-Emissionen erwartungsgemäß höher. Mit 115 mg/m³ NO_x liegt der Wert um den Faktor 3 höher als bei Erdgasbetrieb.

Zusammenfassung

Als Fazit ergibt sich:

- Im Vergleich zum Stand von 1990 hat sich das Niveau der NO_x-Emissionen bei Neuanlagen mehr als halbiert. Damit werden das innovationsfreundliche Dynamisierungskonzept der TA Luft und die Anstrengungen der Hersteller eindrucksvoll bestätigt.
- Die NO_x-Emissionen bei Volllast liegen in allen Fällen unter 100 mg/m³ (15 % O_2).
- Die CO-Emissionen bei Volllast sind bei der überwiegenden Anzahl der Anlagen vernachlässigbar gering.
- Beim Betrieb mit Heizöl ergeben sich höhere NO_x-Emissionen als beim Erdgasbetrieb.

Eine angemessene Dynamisierung der Grenzwerte der TA Luft für Neuanlagen führt einerseits zum Ziel der Emissionsminderung und stellt andererseits einen kalkulierbaren Rahmen für Hersteller und Betreiber von Gasturbinenanlagen dar. Ökologie und Ökonomie können sich so parallel weiterentwickeln. Dabei muss berücksichtigt werden, dass diese Entwicklung von vielen technischen Problemen begleitet war und zum Teil noch wird, sowie hohe finanzielle Aufwendungen erforderte.

Die schadstoffarmen Brennkammerkonzepte werden bei Neuanlagen für jeden Maschinentyp gezielt entwickelt. Sie sind nicht oder nur mit unverhältnismäßigem finanziellem Aufwand und betrieblichem Risiko auf bestehende Anlagen übertragbar, d. h. nicht für alle Altanlagen bestehen Nachrüstungsmöglichkeiten. Bei der zukünftigen Festsetzung neuer Emissionsgrenzwerte für Gasturbinenanlagen sollte deshalb zwischen Neuanlagen und bestehenden Anlagen unterschieden werden.

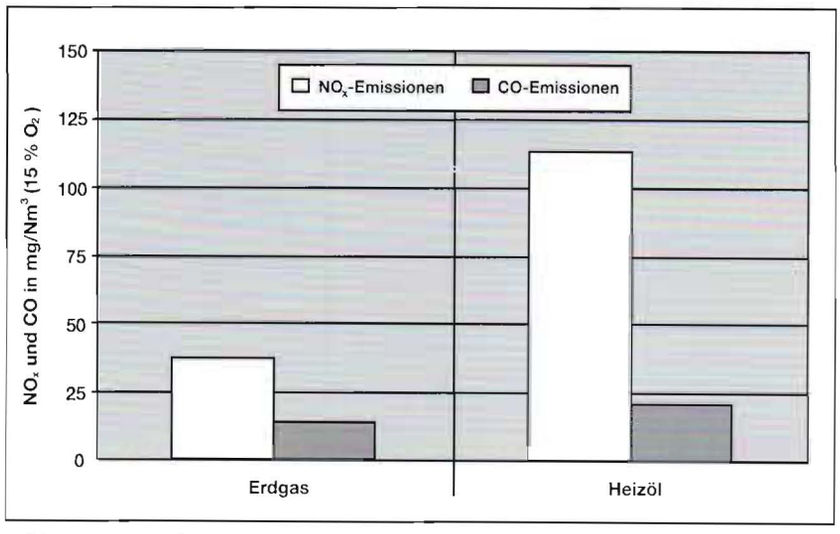


Bild 2: NO_x- und CO-Emissionen von Gasturbinen bei Erdgas- und Heizölbetrieb

Herausgeber:

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Bismarckstraße 16 · 67655 Kaiserslautern
Telefon (06 31) 360 90 70
e-mail asue@compuserve.com
Internet www.asue.de

Vertrieb:

Verlag
Rationeller Erdgaseinsatz
Postfach 2547 · 67613 Kaiserslautern
Telefax (06 31) 360 90 71

Gasturbinen-Emissionsverhalten
Bestell.-Nr. 11 10 00
Schutzgebühr 0,50 €

Das Papier dieser Broschüre ist nicht mit Chlor gebleicht.