

4.1.11 Stickoxide

J. DRÖGE UND D. A. GRONEBERG

Zusammenfassung

Stickoxide werden sowohl durch natürliche als auch durch anthropogene Prozesse in die Atmosphäre emittiert. Der dominierende anthropogene Anteil entsteht vor allem bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas zwecks Energieerzeugung. Bei Verbrennungsprozessen entsteht hauptsächlich Stickstoffmonoxid (NO), welches aber in der Umgebungsluft zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert werden kann. Lachgas (N₂O) wird hauptsächlich bei starker Düngung in der Landwirtschaft in die Atmosphäre eingetragen. Umgekehrt können Stickoxide aber auch zur Herstellung von bestimmten Produkten wie etwa Nitriten oder als Treibmittel verwendet werden. Hohe Stickoxidkonzentrationen in der Atmosphäre haben weitreichende Folgen für die Umwelt, das Klima und die Gesundheit. Neben direkten Schädigungen des menschlichen Körpers sind die Zerstörung der Ozonschicht, die Bildung von Smog oder die Verstärkung des Treibhauseffektes nur einige Beispiele. Bergleute, Landwirte und Bedienstete in der chemischen Industrie sind hierbei besonders hohen Belastungen ausgesetzt. Die verschiedenen Stickoxide unterscheiden sich teilweise stark in ihren physiologischen Wirkungen. Bei NO₂-Belastung stehen Reizungen und Verätzungen des Respirationstraktes im Vordergrund. Husten, Kopfschmerzen und Übelkeit sind die Folgen. Bei hohen Belastungen kann es zu einem toxischen Lungenödem oder komplettem Herz-Kreislaufversagen kommen. NO reagiert nur zu einem geringen Anteil direkt mit dem Lungengewebe. Der weitaus größere Teil geht in die Blutbahn und führt zu systemischen Reaktionen wie Vasodilatation oder Methämoglobinbildung. Darüber hinaus konnten bei erhöhter Exposition eine ZNS-Toxizität sowie chromosomale Veränderungen in den Lymphozyten nachgewiesen werden. NO kann auch endogen gebildet werden und übernimmt viele regulatorische Funktionen im Körper. So steuert es etwa den Tonus der glatten Muskulatur der Gefäße. Aufgrund dieser Wirkung wird es auch medikamentös zur Behandlung von Angina pectoris genutzt. Eine erhöhte Konzentration von N₂O führt häufig zu axialer Polyneuropathie und Störungen des autonomen Nervensystems. Eine langfristige starke Exposition verursacht schwere neurologische Defizite. Aufgrund der folgenschweren Konsequenzen einer erhöhten Stickoxidbelastung gibt es Grenzwerte für die Luftkonzentration der unteren Atmosphäre in Innenräumen und an Arbeitsplätzen. Konzentrationsmessungen erfolgen hierbei primär über Chemolumineszenz. Um die Grenzwerte einhalten zu können, gibt es von Seiten des Gesetzgebers unter anderem Auflagen für die Abgaswerte von Kraftfahrzeugen. Durch den Einsatz emissionsärmerer Brennstoffe konnte in den letzten Jahren ein deutlicher Rückgang der Stickoxidemissionen registriert werden. Trotzdem kommt es noch häufig zu Grenzwertüberschreitungen an verkehrsnahen Messstationen.

Tab. 4.18: Verschiedene Verbindungen aus der Gruppe der Stickoxide (Dahmann 2010)

Oxidationsstufe des Stickstoffs	Stickoxide Summenformel	Bezeichnung
+1	N ₂ O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
+2	NO	Stickstoffmonoxid
+3	N ₂ O ₃	Distickstofftrioxid
+4	NO ₂	Stickstoffdioxid
+4	N ₂ O ₄	Distickstofftetroxid
+5	N ₂ O ₅	Distickstoffpentoxid
	NO+NO ₂	NO _x

Einleitung und Quellen

Stickstoff ist mit einem Anteil von ca. 78 % das häufigste Element in der Atmosphäre, die wiederum auch das größte Reservoir für dieses Element darstellt. Stickstoff unterliegt auf der Erde einem ständigen Kreislauf, in dem er durch verschiedene Prozesse sowohl in die Atmosphäre eingebracht als auch wieder aus ihr entfernt wird. Neben natürlichen Prozessen, wie beispielsweise bakterienbedingtem Umbau, tragen auch anthropogene Emissionen zu diesem Kreislauf bei. Neben der molekularen Form (N₂) kann Stickstoff noch eine ganze Reihe an anderen chemischen Verbindungen eingehen. Seit Beginn der Industrialisierung kommt hier insbesondere den Stickoxiden, die in großen Mengen in die Atmosphäre emittiert werden, eine große Bedeutung in umweltmedizinischen Fragestellungen zu. Stickoxide sind reaktive Verbindungen aus Stickstoff und Sauerstoff. Aufgrund der verschiedenen Oxidationsstufen des Stickstoffs können verschiedene Verbindungen entstehen. Die einzelnen Stickoxide sind in *Tabelle 4.18* aufgeführt.

Diese Stickoxidverbindungen unterliegen ständigen Umwandlungsprozessen und haben verschiedene Verweilzeiten in der Atmosphäre. So kann beispielsweise NO zu NO₂ oxidiert werden oder aus NO₂ entsteht durch Dimerisierung N₂O₄. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung eines Stickoxidgasgemisches ändern sich auch dessen Eigenschaften. Wo NO₂ beispielsweise eine rotbraune Färbung und einen stechenden Geruch aufweist, ist das aus ihm gebildete Dimer farblos (Englert 1998). So vielfältig die Verbindungen sind, so vielfältig sind auch deren Entstehungsprozesse, Verwendungen und Auswirkungen auf den Menschen, die Ökosysteme und das Klima.

Stickoxidemissionen setzen sich aus natürlichen und anthropogenen Quellen zusammen. Natürliche Emissionen gehen hier hauptsächlich auf Waldbrände, Vulkaneruptionen und den Bakterienstoffwechsel zurück. In der heutigen Zeit sind die Haupteintrittspfade für diese Stoffgruppe jedoch anthropogen bedingt. Insbesondere