

Unterschiedliche Stickoxid-Trends je nach Luftmassenherkunft

Unter Stickoxiden versteht man eine ganze "Familie" von oxidierten Stickstoffverbindungen: Primär wird Stickstoffmonoxid aus atmosphärischem Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2) bei Temperaturen $>1000^\circ C$ gebildet. Diese Temperaturen werden in Verbrennungsmotoren, aber auch in Blitzen erreicht. In dicht besiedelten Gebieten wie z.B. Deutschland stammt das NO zu über 90% aus anthropogenen Quellen. In bodennahen Luftschichten wird NO durch Ozon zu Stickstoffdioxid (NO_2) oxidiert, aber durch Strahlung auch wieder zurückgebildet, so dass sich in Abhängigkeit von der Ozonkonzentration und der Strahlung relativ rasch ein Gleichgewicht zwischen NO und NO_2 einstellt. Deshalb werden diese beiden Komponenten oft zu $NO_x (=NO + NO_2)$ zusammengefasst. Im Verlaufe der "luftchemischen Alterung" wird das NO_x zu höher oxidierten Verbindungen konvertiert (z.B. zur Salpetersäure (HNO_3)). Letztendlich werden die Stickoxide durch Auswaschprozesse wieder aus der Atmosphäre entfernt.

Stickoxide sind an vielen chemischen Reaktionen in der Troposphäre beteiligt. Sie bestimmen (neben Strahlung und Kohlenwasserstoffen (s. GAW-Brief Nr. 4)) die troposphärische Ozonproduktion ("Sommersmog"). Die Salpetersäure ist mittlerweile die Hauptkomponente, die den pH-Wert des Regens erniedrigt ("saurer Regen"). Die Verweilzeit der Stickoxide beträgt einige Stunden bis zu 2 Tagen.

Durch konsequenten Ausbau von Abgasreinigungstechniken sind die Stickoxidemissionen in Deutschland in den letzten Jahren zurückgegangen, z.B. bei den Kraftwerken in den letzten 30 Jahren um 90% (s. Ref.). Die Emissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr wurden seit Einführung des Katalysators ab Mitte der 80er Jahre um ca. 16% reduziert (s. Ref.).

Am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (MOHp) werden seit 1995 im Rahmen des GAW-Programms die atmosphärischen Mischungsverhältnisse der Stickoxidkomponenten NO , NO_2 , PAN und NO_y kontinuierlich erfasst. In Abb. 1 ist die NO_x -Zeitreihe (Jahresmittelwerte) sowie der sich daraus ergebende lineare Trend dargestellt.

Es ist ein leichter Abwärtstrend erkennbar, der jedoch nicht signifikant ist. Sinkende Emissionen sollten sich aber auch im Immissionsniveau an ländlichen Hintergrundstationen wie dem Hohenpeißenberg widerspiegeln.

Am MOHp gibt es eine ausgeprägte Windrichtungsverteilung (Abb.2) mit den zwei Hauptwindrichtungen WSW ($225-264^\circ$) und NE ($35-74^\circ$). Während aus WSW für mitteleuropäische Verhältnisse wenig beeinflusste Luftmassen antransportiert werden („Hintergrundsektor“), sind die Luftmassen aus NE wahrscheinlich durch die Emissionen aus dem Münchener Raum moderat belastet.

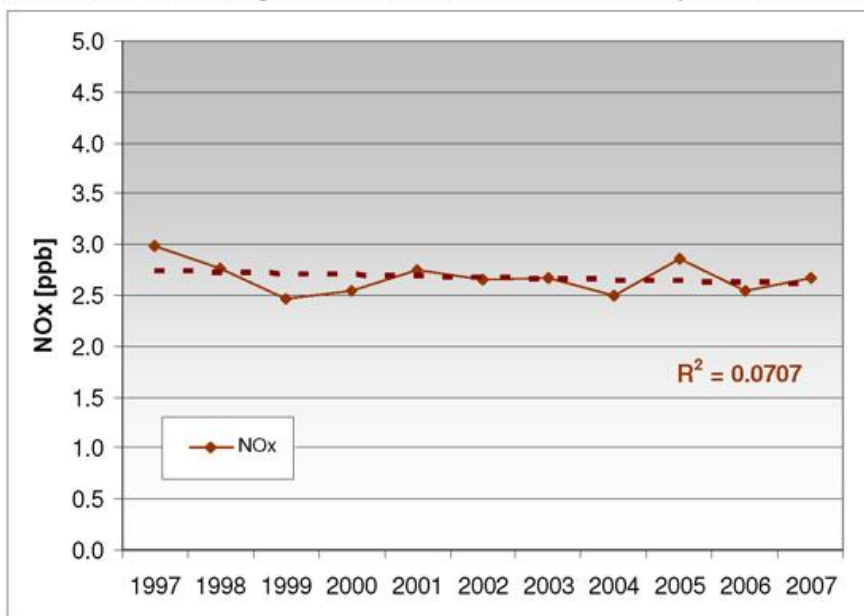


Abb. 1: Zeitreihe der NO_x -Mischungsverhältnisse am Met. Obs. Hohenpeißenberg (Jahresmittelwerte).

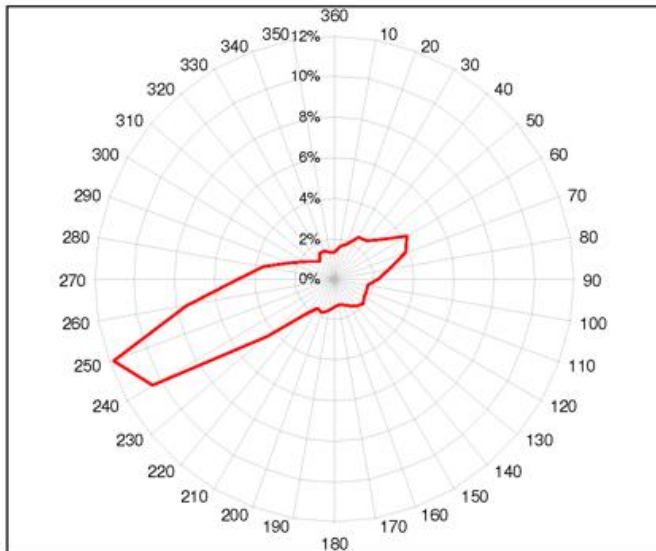


Abb. 2: Windrichtungshäufigkeitsverteilung (%) am Met. Obs. Hohenpeißenberg 1995-2007

Während Luftmassen aus dem WSW-Sektor auf hohem Signifikanzniveau abnehmend mit NO_x belastet sind, steigen die Konzentrationen bei Luft aus dem NE-Sektor (nicht signifikant) an.

Betrachtet man nun die NO_x-Zeitreihen getrennt für beide Hauptwindrichtungen, so zeigt sich ein anderes Bild (Abb.3) als in Abb.1: Während Luftmassen aus dem WSW-Sektor auf hohem Signifikanzniveau abnehmend mit NO_x belastet sind, steigen die Konzentrationen bei Luft aus dem NE-Sektor (nicht signifikant) an.

Abnehmende Konzentrationen aus dem „Hintergrundwindsektor“ deuten auf eine großräumige Abnahme der NO_x-Belastung hin; allerdings können auch meteorologische Faktoren wie z.B. eine bessere Durchmischung der bodennahen Luftschichten oder stärker werdende Absinkbewegungen diesen Trend verursachen.

Die Stagnation oder sogar leichte Zunahme aus dem moderat belasteten Windsektor überrascht zunächst, da hier mit einer deutlichen Abnahme (infolge der Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen) gerechnet wurde. Wirft man einen Blick auf die Stickoxidkonzentrationen an verkehrsnahen Messstellen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (s. Ref.) in München, z.B. Stachus und Luise-Kisselbach-Platz, so zeigen diese zwischen 1997 und 2007 zwar eine Abnahme der NO-Konzentrationen um etwa 20-30 µg/m³ (≅ 15 – 22 ppb), aber einen mindestens ebenso großen Anstieg der NO₂-Konzentrationen, so dass die NO_x-Belastung insgesamt in diesem Zeitraum keinesfalls abgenommen hat.

Das deutet darauf hin, dass die Emissionsminderung bei jedem einzelnen Fahrzeug durch eine steigende Anzahl an Fahrzeugen, steigende Fahrleistung pro Fahrzeug, höhere Motorisierung und einen stärkeren Anteil von Dieselfahrzeugen an der gesamten Fahrzeugflotte zum Teil wieder kompensiert wird.

Für die Bewertung der Luftmassen, die zum MOHp antransportiert werden, könnte das bedeuten, dass die Stickoxide bei Windrichtung NE hauptsächlich aus Verkehrsemissionen stammen, während sich die Stickoxidbelastung bei Luftmassen aus WSW aus dem üblichen Quellmix (Verkehr, Industrie, Hausbrand usw.) zusammensetzt. Diese Quellzusammensetzung kann mit Hilfe verschiedener Kohlenwasserstoffe, die am MOHp ebenfalls gemessen werden, und deren Verhältnis zueinander noch genauer überprüft werden.

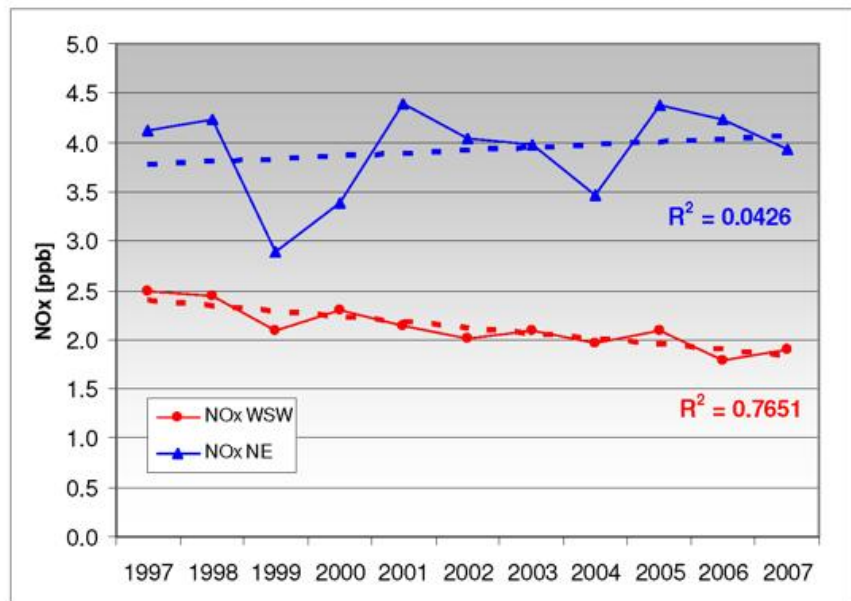


Abb. 3: Zeitreihe der NO_x-Mischungsverhältnisse am Hohenpeißenberg, aufgeschlüsselt nach den Hauptwindrichtungen WSW (225-264°) und NE (35-74°), Jahresmittelwerte.

Referenz:
Lufthygienischer Jahresbericht 2007, Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de, April 2008.