



# Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

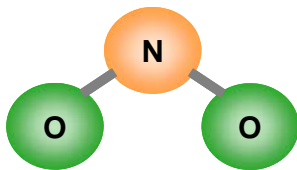
## Quellen – Emissionen – Auswirkungen auf Gesundheit und Ökosystem – Bewertungen – Immissionen

### Was ist Stickstoffdioxid?

Unter den in der Atmosphäre vorkommenden Stickstoffoxid-Verbindungen ist Stickstoffdioxid von erheblicher lufthygienischer Bedeutung. Stickstoffdioxid gehört zu den Luftschadstoffen, die die Qualität unserer Außenluft und die von Ökosystemen maßgeblich beeinflussen.

Stickstoffdioxid (chemische Formel NO<sub>2</sub>) ist ein nicht brennbares Gas, das sich in seiner Molekülstruktur aus einem Stickstoffatom und zwei Sauerstoffatomen zusammensetzt (siehe Abbildung 1).

Abb. 1: Stickstoffdioxid-Molekül (NO<sub>2</sub>)



Die Farbe des Gases ist rotbraun und verändert sich bei niedrigeren Temperaturen zu blaßgelb. Im Geruch wird das Gas als stechend empfunden. Es wirkt korrosiv und stark oxidierend. Mit Wasser reagiert es langsam zu Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>).

Stickstoffdioxid kann zu nachteiligen Wirkungen bei uns Menschen und an Ökosystemen führen. Für den Menschen ist die Aufnahme von Stickstoffdioxid über die Atmung und damit eine mögliche Schädigung der Atemwege von besonderer gesundheitlicher Relevanz. Schädigungen an Ökosystemen werden beispielhaft am Blattwerk von Pflanzen verursacht. Zudem trägt Stickstoffdioxid zu Versauerungen und Eutrophierungen (übermäßigen Nährstoffanreicherungen) von Böden und Gewässern bei. In der Atmosphäre ist Stickstoffdioxid als Vorläufersubstanz nicht nur an der Entstehung des Sommersmogs (Ozon- und Oxidantienentstehung) beteiligt, sondern auch an der Bildung von Feinstaubpartikeln. Stickstoffdioxid, in entsprechender Höhe emittiert, vermag

auch zum Abbau der als UV-Filter wirkenden Ozonschicht in der Atmosphäre beizutragen.

### Quellen für Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid wird in nur sehr geringen Mengen direkt freigesetzt bzw. primär emittiert. Zu unterscheiden ist zwischen natürlichen und anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Quellen.

**Natürliche Quellen:** Diese Quellen sind über die gesamte Erde verteilt und tragen zu einem nicht unerheblichen Anteil zur Hintergrundbelastung bei. Natürliche Emissionen von Stickstoffdioxid entstehen beispielhaft durch mikrobiologische Reaktionen in Böden, bei Gewitter oder infolge von Vulkanausbrüchen.

**Anthropogene Quellen:** Zu den stationären anthropogenen Quellen gehören insbesondere Industrieanlagen, Kraftwerke, Fernheizwerke sowie Gebäudeheizungen. Die wichtigste mobile Quelle ist der Kraftfahrzeugverkehr. Stickstoffdioxid wird aus den vorgenannten Quellen überwiegend in Form von Abgasemissionen aus Verbrennungsvorgängen freigesetzt. Dabei wird durch Oxidation des im Brennstoff und der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs zunächst gasförmiges Stickstoffmonoxid (NO) emittiert (freigesetzt). In der Atmosphäre reagiert (oxidiert) NO sehr schnell mit dem Luftsauerstoff zu Stickstoffdioxid (siehe unten).

**Bildung und Abbau von Stickstoffdioxid in der Atmosphäre:** In der Atmosphäre wird Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) durch drei wesentliche luftchemische Reaktionen gebildet:

- durch Oxidation von Stickstoffmonoxid (NO) mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>); siehe hierzu in Abbildung 2 Reaktionsgleichung (i);
- in der Atmosphäre vorliegendes Ozon (O<sub>3</sub>) vermag Stickstoffmonoxid (NO) durch Oxidation in NO<sub>2</sub> unter gleichzeitiger Sauerstoff-

bildung ( $O_2$ ) umzuwandeln; siehe in Abbildung 2 Reaktionsgleichung (ii);

- o als weitere Stoffe kommen in der Atmosphäre gasförmige Peroxidradikale (organische Verbindungen) vor, die sehr reaktiv sind. Sie vermögen Stickstoffmonoxid (NO) in  $NO_2$  umzusetzen, siehe in Abbildung 2 Reaktionsgleichung (iii). Peroxidradikale stammen aus komplex verlaufenden atmosphärischen Abbauprozessen von flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffverbindungen unter Beteiligung von Sonnenlicht. Quellen für diese flüchtigen organischen Verbindungen sind beispielhaft Emissionen von Waldbäumen (u. a. Terpene), Abgase aus dem Kraftfahrzeugverkehr oder Lösemittelanwendungen.

Abb. 2: Bildung und Abbau von Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) in der Atmosphäre (chemische Reaktionsgleichungen vereinfacht dargestellt)

wichtige Bildungsreaktionen

(i)  $2 NO + O_2 \rightarrow 2 NO_2$

(ii)  $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

(iii)  $NO + \text{Peroxidradikale} \rightarrow NO_2 + \text{Radikale}$

wichtige Abbaureaktion (Ozonbildungsreaktion)

(iv)  $NO_2 + O_2 + \text{Sonnenlicht} \rightarrow NO + O_3$

Die Verweildauer von  $NO_2$  in der Atmosphäre beträgt etwa 2 bis 5 Tage. Ein wichtiger Abbauweg für Stickstoffdioxid in der Atmosphäre ist dessen Umsetzung mit Sauerstoff in Gegenwart von Sonnenlicht. Als Reaktionsprodukte entstehen Stickstoffmonoxid und Ozon; siehe Abbildung 2 Reaktionsgleichung (iv). Hierbei handelt es sich um eine der wichtigsten Bildungsreaktionen für Ozon in der bodennahen Luftschicht.  $NO_2$  wird daher als Ozon-Vorläufersubstanz bezeichnet.

In der Luft setzt sich  $NO_2$  auch zu Nitratsalzen ( $NO_3^-$ -Ion) und zu Salpetersäure ( $HNO_3$ ) um. Die gebildeten Nitratsalze werden als Partikel aus der Luft ausgetragen, und Salpetersäure führt zur Entstehung des so genannten sauren Regens (siehe unten). Regen vermag gasförmiges  $NO_2$  nur sehr bedingt aus der Luft auszuwaschen.

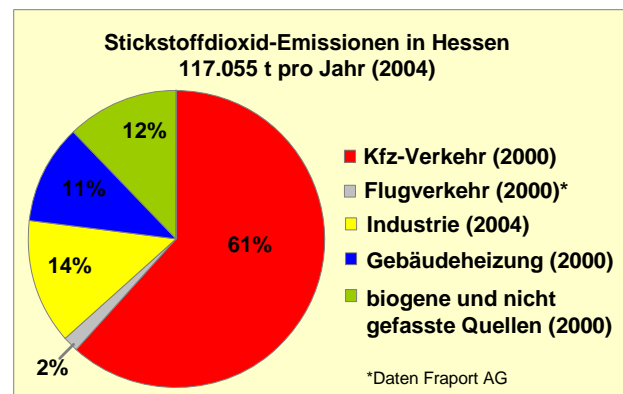
## Stickstoffdioxid-Emissionen nach Quellengruppen in Hessen

In Hessen werden seit Ende der siebziger Jahre

durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) anthropogene Quellen für  $NO_2$ -Emissionen erfasst. Auf den Grundlagen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) erfolgt seit 1990 eine landesweite Erfassung der Quellengruppen in einem Emissionskataster. Dieses Kataster dient als wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige Luftreinhalteplanung.

Für Hessen sind die anteiligen Jahresemissionsmengen für Stickstoffdioxid bedeutender Emittentengruppen in Abbildung 3 dargestellt. Dominierend hebt sich der Kraftfahrzeugverkehr (Kfz-Verkehr) ab. Im Zeitraum von 1990 bis zum Jahr 2000 konnten die durch diese Quellengruppe freigesetzten Stickstoffdioxid-Mengen doch deutlich um etwa 60 % verringert werden. Hauptursache hierfür war ab Mitte der 80iger Jahre die Einführung des 3-Wege-Katalysators. Im Jahr 2000 liegen die  $NO_2$ -Jahresemissionen (Kfz-Verkehr) bei etwa 72.131 t, davon entfallen über 40 % auf schwere Nutzfahrzeuge. Die durch den Straßenverkehr emittierten  $NO_2$ -Mengen werden überwiegend auf Autobahnen freigesetzt. Diese vermehrten Stickstoffdioxid-Emissionen werden durch hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten sowie durch schwere LKW verursacht.

Abb. 3: Relative Anteile an den Jahresemissionen für Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) aufgeschlüsselt nach verschiedenen Emittentengruppen



Die  $NO_2$ -Emissionsmengen durch den Flugverkehr belaufen sich im Jahr 2000 auf 2.077 t. Gegenüber 1996 ist dies eine Zunahme um etwa 25 % (nach veröffentlichten Daten der Fraport AG Frankfurt, 2003).

Die Emissionsmengen an  $NO_2$ , die durch die Quellengruppe Industrie verursacht werden, verringerten sich in den vergangenen 20 Jahren auf etwa ein Viertel der Ausgangsmenge u. a. aufgrund gesetzlich eingeführter Maßnahmen zur Abgas-

reinigung (u. a. Rauchgasentstickungsanlagen). Im Jahr 2004 betragen die NO<sub>2</sub>-Jahresemissionen dieser Quellengruppe insgesamt 15.877 t. Erhebliche Emissionsanteile entfallen auf Großkraftwerke und Zementwerke.

Gleichfalls ist bei der Quellengruppe Gebäudeheizung eine deutliche Reduzierung der NO<sub>2</sub>-Emissionsmengen über den Verlauf der vergangenen Jahre zu verzeichnen. Wesentliche Gründe sind ein insgesamt gesunkener Energieeinsatz sowie Energiesparmaßnahmen. Im Jahr 2000 liegen die freigesetzten Stickstoffdioxid-Mengen bei etwa 12.523 t, wovon etwa 90 % auf die Verbrennung von Gas und Heizöl entfallen.

Ein nicht unerheblicher Anteil an den Stickstoffdioxid-Emissionsmengen mit insgesamt 14.447 t pro Jahr wird durch die Quellengruppe biogene (u. a. Vegetation, Nutztiere, Böden) und nicht gefasste Quellen (u. a. Kläranlagen, Mülldeponien) verursacht.

Relativ niedrig fällt mit einer Stickstoffdioxid-Menge von 1,74 t pro Jahr der Anteil für die Quellengruppe Kleingewerbe aus (in Abbildung 3 nicht aufgeführt).

## Gesundheitliche Wirkungen

Stickstoffdioxid ist ein Reizgas und wirkt als sehr reaktive Verbindung (Oxidationsmittel). Beim Menschen löst NO<sub>2</sub> bei Kontakt mit Geweben und Zellen insbesondere des Atemtrakts und auch der Augen Reizeffekte aus. Auch können Gewebe- und Zellschäden entstehen, die dann zu möglichen Funktionsstörungen, zellschädigenden Reaktionsprodukten und entzündlichen Prozessen führen.

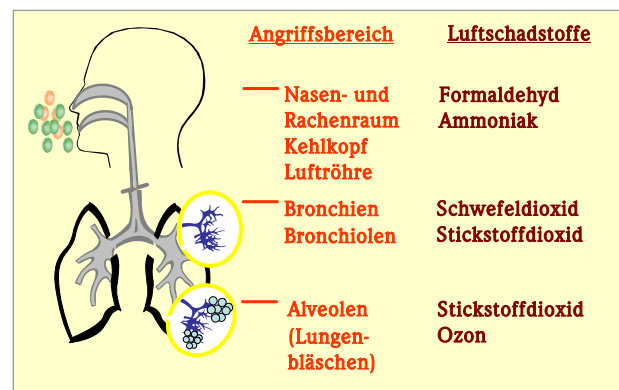
Für den Menschen stellt die Stickstoffdioxid-Aufnahme über die Atmung (Inhalation) den Hauptaufnahmeweg dar. Wirkungen auf die Atemwege können sowohl nach kurzfristiger als auch nach langfristiger NO<sub>2</sub>-Exposition auftreten. Wirkungen beim Menschen werden durch das Atemmuster, die Lungenanatomie und durch bestehende Atemwegserkrankungen sowie durch Expositionshöhe und -zeit bestimmt. Die individuelle Empfindlichkeit fällt recht unterschiedlich aus.

Aufgrund seiner geringen Wasserlöslichkeit dringt der überwiegende Anteil des eingeatmeten NO<sub>2</sub> bis in die Lungenperipherie (dem Gasaustauschbereich) vor (siehe Abbildung 4). Dort treffen die NO<sub>2</sub>-Moleküle auf die gut durchbluteten Lungen-

bläschen (Alveolen), die das Gas aufnehmen und chemisch umwandeln. Entstehende Reaktionsprodukte werden mit dem Blut abtransportiert. Jedoch kann NO<sub>2</sub> bei Kontakt mit Alveolengewebe Zellschäden auslösen und entzündliche Prozesse verursachen.

Stickstoffdioxid vermag zu einer Hyperreagibilität (Überempfindlichkeit) der Bronchien führen. Hyperreagibilität gilt als ein Risikofaktor für die Entwicklung allergischer Atemwegserkrankungen und steht in Zusammenhang mit Entzündungen und Schädigungen von Lungengewebe. Durch Wirkung von NO<sub>2</sub> mit Allergenen können sich Entzündungsprozesse bei allergischen Atemwegserkrankungen verstärken.

Abb. 4: Wesentliche Angriffsbereiche im Atemtrakt für unterschiedliche Luftschadstoffe



Gesundheitliche Effekte beim Menschen, die allein ursächlich auf Stickstoffdioxid-Belastungen der Außenluft beruhen, sind von Wirkungen anderer Luftschadstoffe schwerer abzugrenzen. Dennoch sind Zusammenhänge zwischen NO<sub>2</sub>-Expositionen gegenüber der Außenluft und gesundheitlichen Befunden belegt.

Kurzfristige Auswirkungen auf den Menschen infolge von NO<sub>2</sub>-Belastungen der Außenluft zeigen sich in einer Zunahme der Gesamtsterblichkeit aufgrund insbesondere von Herz- Kreislaufkrankungen. Hauptsächlich betroffen sind Menschen mit Asthma oder chronischer Bronchitis. Kurzfristig auftretende NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Tagesmittel von etwa 10 bis 100 Mikrogramm (µg) pro Kubikmeter (m<sup>3</sup>) vermögen Lungenfunktionsbeeinträchtigungen auszulösen. Ebenso sind vermehrt Krankenhauseinweisungen und Arztbe-

$$1 \text{ Mikrogramm} = 1 \mu\text{g} = 0,001 \text{ mg} = 0,000 \text{ 001 g}$$

suche aufgrund chronischer Bronchitis, asthmatischer Erkrankungen sowie als Folge von Herz-Kreislaufkrankheiten belegt.

Auch langfristige Expositionen gegenüber  $\text{NO}_2$ -Belastungen der Außenluft wirken sich auf die Gesamtsterblichkeit aus. Hiervon sind besonders Menschen betroffen, die an verkehrsreichen Straßen leben. Bei langfristiger Exposition gegenüber  $\text{NO}_2$ -Außenluftkonzentrationen mit 10 - 80  $\mu\text{g}$  pro  $\text{m}^3$  treten Atemwegserkrankungen wie Husten, Bronchitis und Lungenfunktionsverschlechterungen häufiger auf.

gesundheitliche Effekte gegenüber Stickstoffdioxid-Expositionen in der Außenluft
<b><i>Kurzzeitexposition</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschlechterung der Lungenfunktion</li> <li>▪ Bei Asthmatikern, Bronchitikern Erhöhung der bronchialen Reagibilität und Zunahme von Lungenfunktionsbeeinträchtigungen</li> <li>▪ Zunahme allergischer Atemwegsentszündungen</li> <li>▪ Anstiege von Arztbesuchen und Krankenhaus-einweisungen aufgrund asthmatischer Beschwerden und chronischer Bronchitis</li> <li>▪ Anstieg der Sterblichkeitsrate insbesondere bei Wohnen an verkehrsintensiven Straßen</li> </ul>
<b><i>Langzeitexposition</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschlechterung der Lungenfunktion</li> <li>▪ Zunahme von Atemwegssymptomen</li> <li>▪ Bei Kindern Beeinträchtigung der Lungenfunktionsentwicklung</li> </ul>

**Risikogruppen:** Menschen mit bereits bestehenden Atemwegserkrankungen wie Asthmatiker, Bronchitiker sowie Herzranke reagieren gegenüber einer  $\text{NO}_2$ -Exposition besonders empfindlich. Asthmatiker zeigen Atemwegssymptome bei kurzzeitiger Exposition gegenüber  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen von etwa 500  $\mu\text{g}$  pro  $\text{m}^3$ . Bei bestehenden Atemwegserkrankungen verursachen kalte Atemluft oder Allergene zusätzlich eine Verschlechterung der Lungenfunktion sowie eine Erhöhung der bronchialen Reaktionsbereitschaft.

Gleichermaßen zählen Kinder zur Risikogruppe. Bei ihnen können Lungenfunktionsverschlechterungen und Defizite in der Lungenfunktionsentwicklung auftreten. Vermehrt treten Atemwegssymptome wie Husten und Bronchitis sowie eine Erhöhung der bronchialen Reaktionsbereitschaft auf. Die derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisse lassen nicht ausschließen, dass im

Alter irreversible Lungenschädigungen vorkommen können.

## Gesundheitliche Bewertung

Für Stickstoffdioxid liegen keine Hinweise auf eine Wirkschwelle vor, unter welcher langfristige Auswirkungen auszuschließen sind. Mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch länger andauernde niedrige  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen lassen sich derzeit nicht benennen. In welchem Ausmaß weitere Luftschadstoffe, die vorwiegend vom Kraftfahrzeugverkehr stammen, an den beobachteten gesundheitlichen Effekten beteiligt sind, kann abschließend noch nicht festgelegt werden. Allerdings belegen Befunde, dass von Stickstoffdioxid selbst Wirkungen auf die menschliche Gesundheit ausgehen.

Um das gesundheitliche Risiko nachhaltig zu verringern, ist eine Minderung und Minimierung der  $\text{NO}_2$ -Belastung der Außenluft anzustreben.

## Wirkungen auf Ökosysteme

Nur in unmittelbarer Nähe eines  $\text{NO}_2$ -Emittenten werden durch Stickstoffdioxid direkt Schäden an der Vegetation verursacht. So vermag  $\text{NO}_2$  bei Kontakt mit Blattoberflächen von Pflanzen zu unterschiedlichen Störungen an den Blattorganen führen, wobei  $\text{NO}_2$  über die Blattöffnungen in das Blattinnere eindringt. Schäden zeigen sich in einer vorzeitigen Alterung der Blattorgane oder durch Farbänderungen des Blattes (Zerstörung von Chlorophyll). Ebenso werden Veränderungen an Pollenoberflächen beobachtet.

Durch weiträumige Transportprozesse wirkt Stickstoffdioxid auch auf emittentenferne Ökosysteme. Die in der Atmosphäre aus  $\text{NO}_2$  gebildeten Reaktionsprodukte Salpetersäure und Nitrat-Salze werden nach Austragung aus der Luft auf Oberflächen von Pflanzen, Böden sowie Gewässern abgelagert. Hieraus können Veränderungen unterschiedlicher natürlicher Stoffkreisläufe resultieren. Diese Vorgänge spielen für Wälder aufgrund ihrer insgesamt großen Blatt- und Nadeloberfläche eine wichtige Rolle. Vermehrte Stickstoffeinträge wirken auf Nährstoffkreisläufe der Vegetation, verändern das Pflanzenwachstum (etwa durch Überdüngungen) oder erhöhen die Anfälligkeit der Vegetation gegenüber Insekten und Pilzen.

$\text{NO}_2$  als eine Vorläufersubstanz für den sauren Regen trägt zur Säurebelastung von Böden und

Gewässern indirekt bei. Saurer Regen ist eine der Ursachen für Korrosionsschäden etwa an Gesteinsmaterialien.

## Rechtliche Grundlagen

In Zusammenhang der europäischen Luftqualitätsrahmenrichtlinie zur Kontrolle und Bewertung der Luftqualität wurden durch die Europäische Gemeinschaft mit der ersten Luftqualitätstochterrichtlinie des Rates vom 22. April 1999 (1999/30/EG) u. a. auch Grenzwerte für Stickstoffdioxid erlassen. Die Übernahme in deutsches Recht erfolgte mit der 22. Bundes-Immissionschutz-Verordnung (BImSchV) vom 11. September 2002.

Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) und Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> ) (22. BImSchV)		
Schutzgut	Mittelungszeitraum	Grenzwert für NO <sub>2</sub>
menschliche Gesundheit	1 Stunde	200 [µg/m <sup>3</sup> ] * 18 Überschreitungen im Jahr
menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 [µg/m <sup>3</sup> ] *
Alarmschwelle für die menschliche Gesundheit: 400 [µg/m <sup>3</sup> ] für NO <sub>2</sub> über eine Stunde gemittelt und gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden über eine vorgegebene Fläche.		
Vegetation**	Kalenderjahr	30 [µg/m <sup>3</sup> ] für NO <sub>x</sub> (NO <sub>x</sub> = Summe NO+NO <sub>2</sub> )

\* einzuhalten ab 01. Januar 2010

\*\* Standortkriterien für Messstationen: 20 km entfernt von Ballungsräumen oder 5 km von bebauten Gebieten, Industrieanlagen, Bundesautobahnen oder -fernstraßen

Die NO<sub>2</sub>-Immissionen werden über die Massenkonzentration des Gases in Mikrogramm pro Kubikmeter Luft (µg/m<sup>3</sup>) erfasst und beurteilt. In die gesundheitsbezogene Beurteilung gehen Langzeitwirkungen mit einem Jahresmittelwert und Kurzzeiteffekte mit einem Ein-Stundenwert ein. Bis zum 1. Januar 2010 ist der Grenzwert über eine Toleranzmarge, die von Jahr zu Jahr abgesenkt wird, geregelt. Überschreitungen des Jahresmittelwerts unter Berücksichtigung der Toleranzmarge führen nach der 22. BImSchV zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans, der die Einhaltung der Grenzwerte ab 1. Januar 2010 sicherstellen soll. Im Jahr 2006 liegt der zulässige

Ein-Stunden-Mittelwert für NO<sub>2</sub> bei 240 µg/m<sup>3</sup> und vermindert sich um jährlich 10 µg/m<sup>3</sup>. Im Jahr 2006 liegt der zulässige NO<sub>2</sub>-Grenzwert für den Jahresmittelwert bei 48 µg/m<sup>3</sup> und vermindert sich um jährlich 2 µg/m<sup>3</sup>.

## Luftmessstationen in Hessen

Zur Überwachung der Immissionsituation in Hessen betreibt das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) ein landesweit ausgerichtetes Messnetz mit kontinuierlich arbeitenden Luftmessstationen. Die Verpflichtung zur landesweiten Immissionsüberwachung ergibt sich aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz und seinen Verordnungen (z. B. 22. BImSchV). Die Standorte der Luftmessstationen (siehe Abbildung 5) sind so gewählt, dass eine flächendeckende Immissionsüberwachung gewährleistet werden kann. Im Jahr 2006 wurden insgesamt 31 Messstationen unterhalten, davon 13 in Städten, 10 im ländlichen Raum und 8 Stationen an Verkehrsschwerpunkten. Die Stationen sind bei unterschiedlicher Bestückung mit Geräten zur Erfassung folgender Komponenten ausgerüstet: Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO), **Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)**, Benzol, Toluol und m-/p-Xylol (BTX), Ozon (O<sub>3</sub>), Feinstaub (PM10) und meteorologische Einflussgrößen.

Abb. 5: Luftmessstationen in Hessen

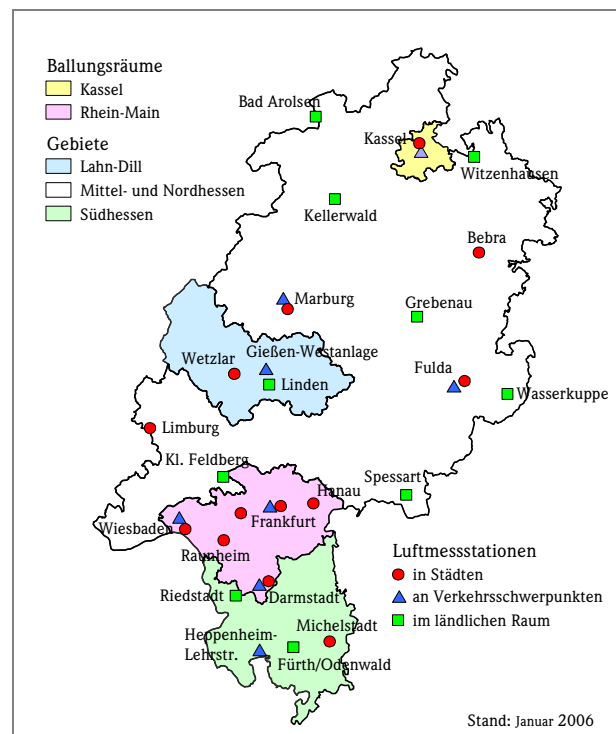
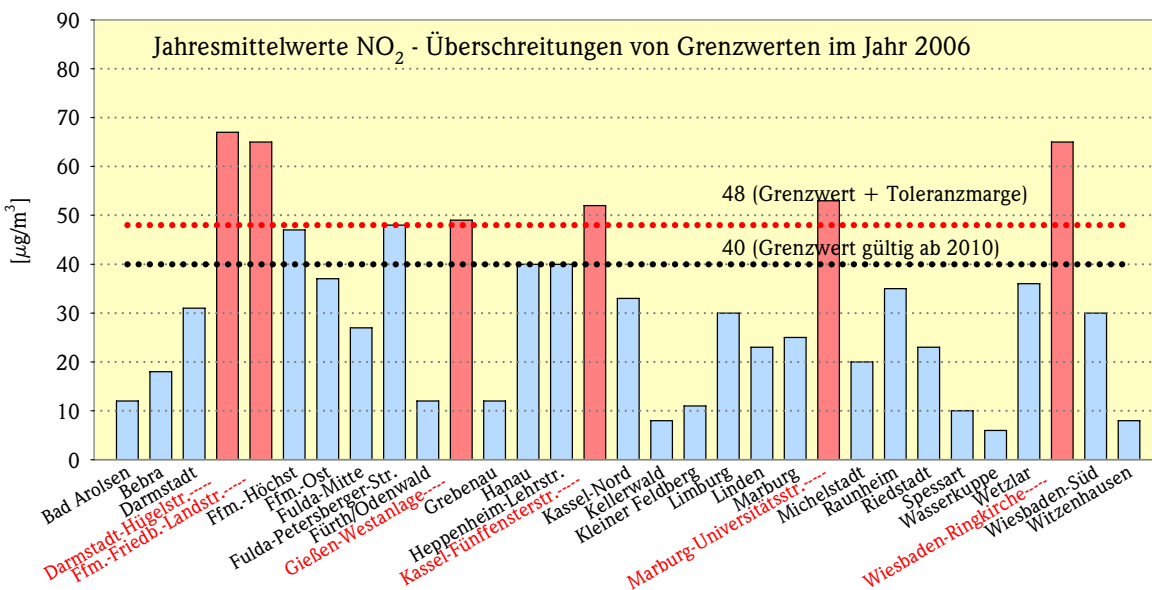
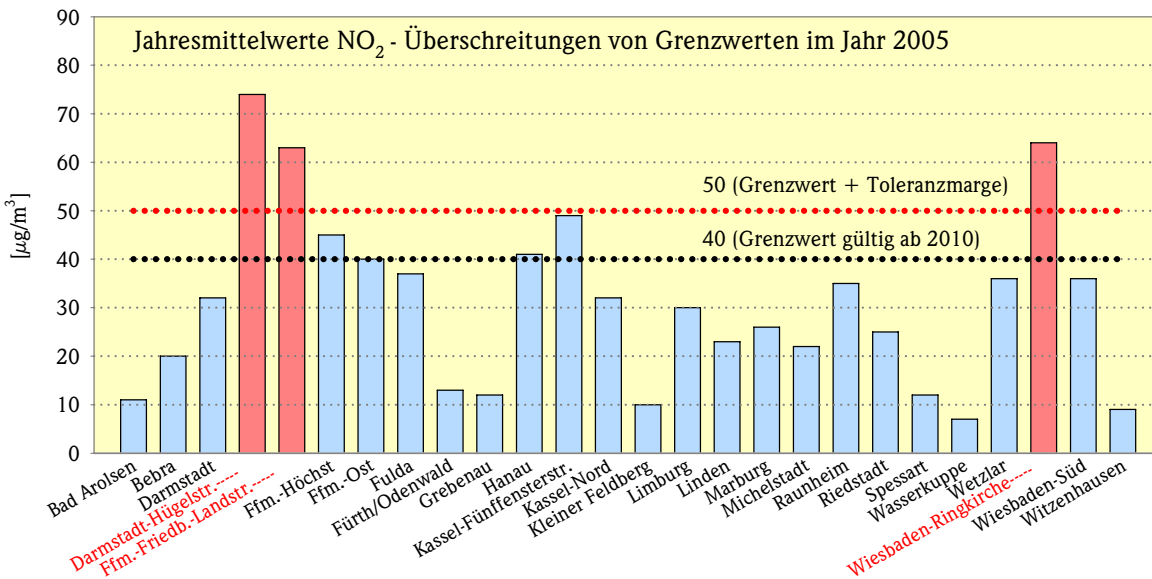
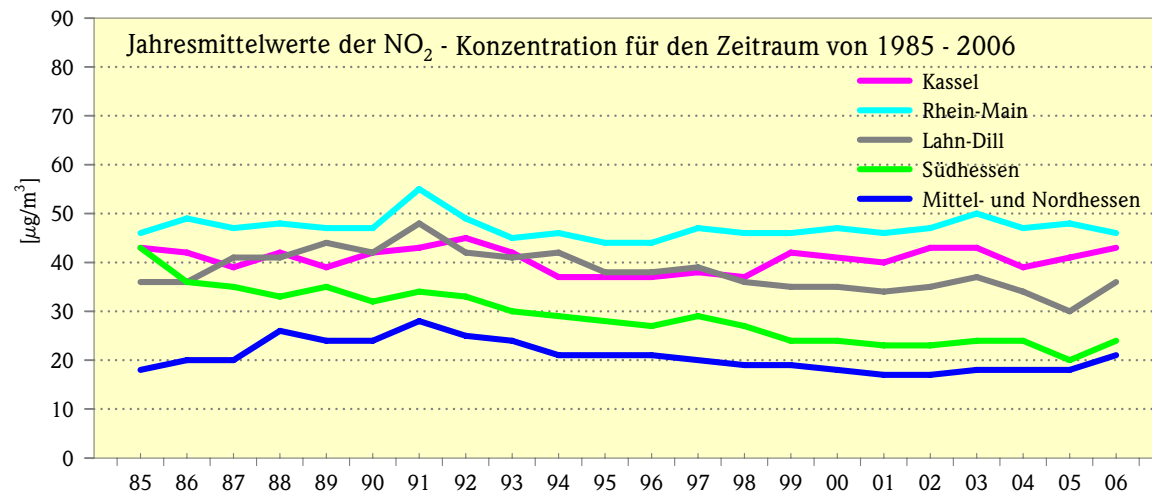


Abbildung 6: Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration in Hessen für den Zeitraum von 1985 – 2006 und für die Jahre 2005 und 2006 aufgeschlüsselt nach den NO<sub>2</sub>-Messstationen



Die im hessischen Luftmessnetz erhobenen Messergebnisse werden über unterschiedliche Informationsdienste des HLUG (siehe unten) regelmäßig veröffentlicht. Darüber hinaus erstellt das HLUG lufthygienische Tages-, Monats- und Jahresberichte, die die Messdaten dokumentieren und Bewertungen beinhalten.

## Stickstoffdioxid-Immissionen in Hessen

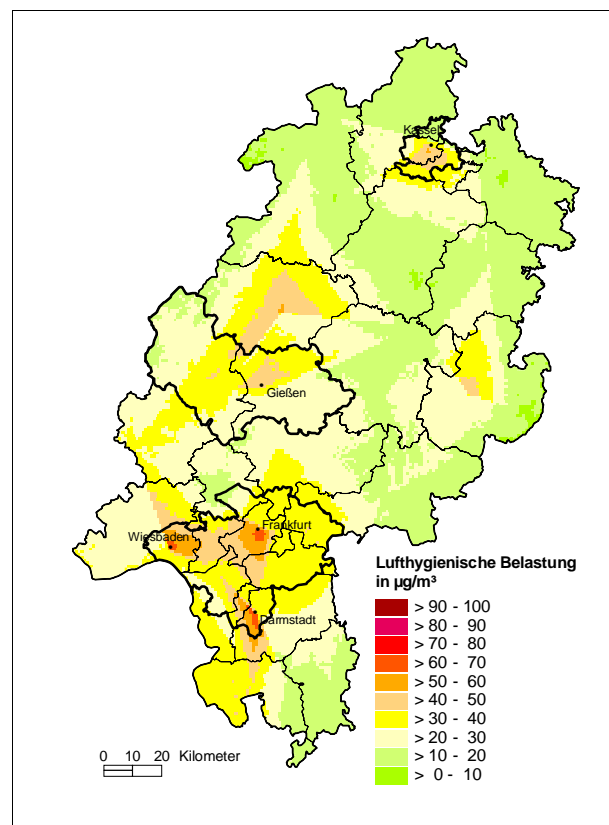
Auf den in der 22. BImSchV enthaltenen  $\text{NO}_x$ -Grenzwert zum Schutz der Vegetation wird hier nicht eingegangen, da die Voraussetzungen für die rechtlichen Vorgaben (Messung mehr als 20 km von Ballungsräumen oder mehr als 5 km entfernt von bebauten Gebieten oder Bundesfernstraßen) in Hessen nicht vorkommen.

**Ein-Stundenwert für  $\text{NO}_2$ :** Die rechtlichen Vorgaben für den Ein-Stundenmittelwert für  $\text{NO}_2$  wurden sowohl in dem Jahr 2005 als auch in 2006 ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) an allen hessischen Messstationen eingehalten. Höhere  $\text{NO}_2$ -Belastungen treten in Emittentennähe und allgemein an verkehrsnahen Messstationen sowie an städtischen Stationen auf. Überschreitungen des zulässigen Ein-Stundenmittelwerts von  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Jahr 2005 bzw. von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Jahr 2006 traten an den zwei Verkehrsmessstationen Frankfurt-Friedberger-Landstraße und Darmstadt-Hügelstraße auf. Zwar wurde die zulässige Anzahl der Überschreitungshäufigkeit von 18mal im Jahr überall eingehalten, jedoch kam es in Darmstadt in der Hügelstraße in den Jahren 2005 und 2006 zu 12 bzw. 16 einzelnen Überschreitungen.

**$\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert:** Im Zeitraum von 1985 bis 2006 sind in Hessen die Jahresmittelwerte für die  $\text{NO}_2$ -Immissionskonzentration nur bedingt zurückgegangen oder auf etwa gleichem Niveau verblieben (siehe Abbildung 6). In dem betrachteten Zeitraum liegen die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in den Gebieten von Mittel- und Nordhessen etwa 2- bis 2,5-fach unterhalb der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte der Ballungsräume Rhein-Main und Kassel, die auf stagnierendem Niveau mit über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die höchsten Belastungen jährlich verzeichnen. Das Gebiet Südhessen weist eine geringfügig abnehmende  $\text{NO}_2$ -Belastung über die Jahre auf und erreicht im Jahr 2006 Konzentrationen von etwa  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hingegen liegen im Gebiet Lahn-Dill die jährlichen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen mit über  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich höher.

Für das Jahr 2006 zeigt Abbildung 7 die an den einzelnen hessischen Luftmessstationen punktuell erhobenen  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte, die mittels des Computerprogramms FLADIS in eine flächenhafte Immissionsdarstellung überführt wurden.

Abb. 7: Flächenhafte Darstellung der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in Hessen für das Jahr 2006



Die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte aus den Jahren 2005 und 2006, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Messstationen, zeigt Abbildung 6. Der für diese beiden Jahre zulässige  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert von 50 bzw.  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzmargen) wird an den Messstationen im ländlichen Raum mit bis zu 20 % ausgeschöpft. Aufgrund der relativ weiten Entfernungen zu Emissionsquellen treten an diesen Stationen die niedrigsten  $\text{NO}_2$ -Belastungen auf. Im Unterschied dazu werden an den städtischen Stationen die Grenzwerte um etwa 25 % bis 50 % unterschritten.

Der zulässige  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert für die Jahre 2005 und 2006 wird jedoch an den drei Verkehrsmessstationen Darmstadt-Hügelstraße, Frankfurt-Friedberger-Landstraße und Wiesbaden-Ringkirche erheblich überschritten. Wegen bereits im Jahr 2002 vorliegender Überschreitungen des zulässigen  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerts war es nach der

22. BImSchV erforderlich, einen Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main zu erstellen.

Im Jahr 2006 wird an weiteren verkehrsbezogenen Messstationen in Gießen-Westanlage, in Kassel-Fünffensterstraße sowie in Marburg-Universitätsstraße der zulässige NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert nicht eingehalten. Wesentliche Ursache der Grenzwertüberschreitungen an den Messstatio-

nen mit Verkehrsschwerpunkt sind die Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs.

Ohne eine Änderung der heutigen NO<sub>2</sub>-Belastungssituation an verschiedenen Messstationen, besonders in den verkehrsnahen sowie einigen städtischen Gebieten, wird der ab dem Jahr 2010 rechtsverbindlich geltende NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> nicht überall einzuhalten sein.

## Was kann der Einzelne tun?

- ⊗ Verringerung der Fahrten mit dem eigenen PKW
- ⊗ Fahrzeuge mit geringem Kraftstoffverbrauch und Abgasausstoß benutzen
- ⊗ Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit
- ⊗ Umsteigen auf den öffentlichen Nahverkehr
- ⊗ Bildung von Fahrgemeinschaften
- ⊗ Einsatz energiesparender und emissionsarmer Gebäudeheizungen
- ⊗ Vermeidung abgasintensiver Maschinen und Geräte

## Wo erhalte ich Informationen über Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)?

### Auskünfte über aktuelle Messwerte

Informationen erhalten sie vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie:

- Internet-Adresse <http://www.hlug.de>
- Informationstelefon des HLU: 0611/6939-666
- Videotext – Hessischer Rundfunk – Hessentext: Tafel 178 bis 182 (aktuelle Messwerte) Tafel 174 bis 177 (Wetterdaten)
- Fax-auf-Abruf-Service des HLU: 0611/18061-000 bis 009 (Übersicht unter 0611/18061-000)
- Mobilfunk: <http://wap.hlug.de>

### Informationen und Ansprechpartner

Weitere Informationen erhalten Sie beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und bei Ihrem vor Ort zuständigen Gesundheitsamt.

## Gesetzliche Grundlagen

- Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV) vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626) – (BGBl. III 2129-8-22-1) –
- Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie)
- Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie)

### Impressum

Bearbeiter: Dr. J. Witten  
Dipl.-Ing. W. Stec-Lazaj  
Layout: Dr. J. Witten  
Herausgeber:  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden  
Telefon: 0611/6939-0  
Telefax: 0611/6939-555  
Vertrieb: Telefon: 0611/6939-111  
E-Mail: [vertrieb@hlug.de](mailto:vertrieb@hlug.de)  
Telefax: 0611/6939-113