



Statuserhebung NO₂ in Graz 2003 - 2009

**gemäß §8 Immissionsschutzgesetz Luft
BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.g.F.**

Bericht: Lu-02-2010

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C
8010 Graz, Landhausgasse 7, Tel. 877/2172

Leiter der Fachabteilung
Dr. Gerhard SEMMELROCK

Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen:

Für den Inhalt verantwortlich	Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz
Erstellt von	Mag. Dr. Dietmar Öttl Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz
Kartengrundlagen	GIS-Steiermark  Heidemarie Proyer

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C - Technische Umweltkontrolle
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausgasse 7
8010 Graz

© Juli 2010

Telefon: 0316/877-2172 (Fax: -3995)
Informationen im Internet: <http://www.umwelt.steiermark.at/>
Unter dieser Adresse ist auch dieser Bericht im Internet verfügbar

Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung	8
3	Gesetzliche Grundlagen	8
3.1	Richtlinien der Europäischen Union	8
3.2	Immissionsschutzgesetz - Luft	10
3.2.1	Immissionsgrenzwerte	11
3.2.2	Statuserhebung	12
3.2.3	Sanierungsgebiet	14
4	Rahmen der Statuserhebung	14
4.1	Untersuchungsgebiet	14
4.2	Luftgütemessungen und meteorologische Messungen im Untersuchungsgebiet	15
4.3	Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten in den Jahren 2003 - 2009	20
4.3.1	Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L	20
4.3.2	Grenzwertüberschreitungen von EU-Grenzwerten	22
5	Emissionen	23
5.1	Bundesländerluftschadstoffinventur	23
5.2	Verkehrsemissionen	24
5.2.1	Verkehrsemissionen – Basisjahr 2006	24
5.2.2	Emissionsentwicklung im Straßenverkehr	28
5.3	Emissionen der Betriebe	30
5.3.1	Emissionenskataster 2001	30
5.3.2	Betriebsanlagenkataster	31
5.4	Emissionen des Hausbrands aus privaten Haushalten	31
5.5	Übersicht über die Emissionen	32
6	Meteorologie	32
6.1	Klimatische Randbedingungen	32
6.2	Ausbreitungsverhältnisse	33
7	Bildung und Umwandlung von Stickstoffoxiden	35
7.1	Stickstoffoxide aus Verkehrsemissionen	35
7.2	Luftchemische Prozesse	37
8	Immissionen	39
8.1	Messergebnisse aus dem steirischen Luftgütemessnetz	39
8.1.1	Stickstoffoxide	39
8.1.2	Stickstoffdioxid	43
8.1.3	NO _x -NO ₂ -Vergleiche	48
8.2	Mobile Luftgütemessungen im Großraum Graz	49
8.3	NO ₂ -Belastung in Österreich	51
9	Analyse einzelner Episoden mit Grenzwertüberschreitungen des Halbstundengrenzwertes	55
9.1	Episode vom 15.-16.1.2003	55
9.2	Grenzwertüberschreitung am 22.11.2005	59
9.3	Episode von 10.1.-12.1.2006	61
9.4	Grenzwertüberschreitung am 18.1.2006	62

9.5	Grenzwertüberschreitungen am 1.2.2006	63
9.6	Grenzwertüberschreitung am 25.2.2008	64
9.7	Grenzwertüberschreitung am 23.12.2008	66
9.8	Zusammenfassung der wichtigsten Auslöser für die Grenzwertüberschreitungen beim Halbstundenmittelwert	67
10	Analyse der Überschreitungen des Grenzwertes für das NO ₂ -Jahresmittel	68
10.1	Methodik Modellrechnungen	68
10.2	Methodik NO-NO ₂ Umwandlung.....	69
10.3	Ergebnisse Strömungssimulationen.....	69
10.4	Ergebnisse der Ausbreitungssimulationen	75
10.4.1	Großräumiger Hintergrund	75
10.4.2	Simulierte Belastung für das Bezugsjahr 2006	75
10.4.3	Simulierte lokale Beiträge.....	81
10.5	BAU Szenarien 2012 und 2015.....	83
11	Sanierungsgebiet	87
12	Maßnahmen	89
12.1	Maßnahmenprogramm Feinstaub 2008	89
12.1.1	Verkehr.....	89
12.1.2	Gewerbe, Industrie	90
12.1.3	Raumwärmeerzeugung	90
12.2	Berechnung von Maßnahmeneffekten	91
12.2.1	Szenario Umweltzone Graz.....	91
12.2.2	Fiktives Szenario „Keine Diesel-PKW“ im Jahr 2015	92
13	Literatur	94
14	Anhänge.....	97
14.1	Zuständige Dienststellen.....	97
14.2	Verwendete Abkürzungen.....	97
14.3	Eingesetzte Messverfahren.....	98

1 Zusammenfassung

Die Belastung durch Stickstoffdioxid zählt neben Feinstaub zu den großen lufthygienischen Problemen in der Steiermark. Überschreitungen von Grenzwerten nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) [BGBL 1997] wurden in den vergangenen Jahren für diesen Schadstoff immer wieder registriert. Damit ist nach IG-L die Erstellung einer Statuserhebung erforderlich. Dieser Verpflichtung wurde bereits im Jahr 2003 nachgekommen und eine Stauserhebung ausgearbeitet, die die Überschreitungssituationen bis zum Jahr 2002 analysiert hat [STATUSERHEBUNG 2003]. In den vergangenen Jahren hat sich sowohl die Kenntnis über die Emissionen von Stickstoffoxiden als auch die Methodik zur Darstellung von flächenhaften Immissionsbelastungen deutlich erweitert und verbessert. Daher wird nun die seinerzeitige Statuserhebung aktualisiert und an die neuen Erkenntnisse angepasst.

Anders als beim Feinstaub, wo sehr viele verschiedene Verursacher, aber auch wesentliche Beiträge aus Fernverfrachtungen das flächenhafte Belastungsbild kennzeichnen, gibt es bei den Stickstoffoxiden einen eindeutigen Hauptverursacher, nämlich den Verkehr. Entsprechend sind daher auch die Belastungsschwerpunkte deutlich enger an Straßen gekoppelt, als dies bei anderen Schadstoffen der Fall ist. Diese Dominanz des Verkehrs macht es aber auf der anderen Seite auch schwieriger, effektive Maßnahmen zur Verringerung der Belastung zu setzen. Die unter den vorhandenen Rahmenbedingungen effektivste Maßnahme, nämlich die drastische Reduktion der spezifischen Motoremissionen, kann auf der Ebene des Bundeslandes allein nicht umgesetzt werden.

Die vorliegende Statuserhebung behandelt die IG-L-Grenzwertüberschreitungen für den Schadstoff NO₂, die in den Jahren 2003 – 2009 aufgetreten sind. Diese wurden in der Steiermark an den Stationen Graz-Mitte, Don-Bosco, Graz-Süd (alter Standort) und Graz-Ost (alter Standort) registriert. Dabei wurde an den Stationen Graz-Mitte und Don-Bosco wiederholt der Grenzwert für den Jahresmittelwert als auch für den Halbstundenmittelwert überschritten. An den „alten“ Standorten der Stationen Graz-Ost und Graz-Süd wurden ausschließlich Überschreitungen beim Halbstundenmittelwert festgestellt.

Da für den Schadstoff NO₂ sowohl beim Kurzzeitgrenzwert als auch beim Jahresmittelwert im IG-L strengere Grenzwerte festgelegt sind als in der Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [EG 2008], werden im Hinblick auf einen erforderlichen Antrag auf Fristverlängerung bezüglich der Einhaltung der NO₂-Grenzwerte auch die Überschreitungen von EU-Vorgaben behandelt.

Der Grenzwert für den Halbstundenmittelwert entsprechend dem IG-L wurde in den Jahren 2003 bis 2009 insgesamt 42 mal und jener für den Jahresmittelwert 11 mal überschritten. Die Verletzung von Vorgaben der EU-Luftreinhalterichtlinie wurde 6 mal registriert.

Emissionsseitig dominiert im Stadtgebiet von Graz der Verkehr, der fast 70% zu den gesamten Emissionen beiträgt (Bezugsjahr 2006). Emissionen aus Gewerbe und Industrie tragen zu knapp 20% bei, der Rest verteilt sich auf Emissionen aus dem

Hausbrand (private Haushalte), Schienenverkehr, Abstellflächen und andere Verursacher.

Die Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes (Halbstundenmittelwert) wird nur dann beobachtet, wenn eine Reihe von Umständen gleichzeitig auftritt. Es sind dies

- ⇒ hohe NO_x-Emissionen, vornehmlich aus dem Verkehr und hauptsächlich zur Morgen- bzw. Abendverkehrsspitze
- ⇒ niedrige Windgeschwindigkeiten in Bodennähe
- ⇒ Übergang von stabiler zu labiler Schichtung (oder umgekehrt) der bodennahen Luftschichten sowie das
- ⇒ Einmischen von Ozon aus den etwas höher gelegenen Luftschichten in die bodennahen Luftschichten durch kurzzeitige, geringe Labilisierung

Während die ersten drei Punkte häufig und charakteristisch für das Stadtgebiet von Graz sind, dürfte vor allem der vierte Punkt die Ursache für das vergleichsweise seltene Auftreten von Grenzwertüberschreitungen sein. Es bedarf möglicherweise besonderer Ausbreitungsbedingungen, um eine kurzzeitige, geringe Labilisierung zu bewirken.

Mit Ausnahme der Grenzwertüberschreitungen am 22.11.2005 und am 1.2.2006 waren die Überschreitungen immer im Vorfeld von Frontdurchgängen registriert worden. Diese führen möglicherweise zu den notwendigen Ausbreitungsbedingungen, die zu Überschreitungen führen können (Punkte 2 - 4).

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die steigenden primären NO₂-Emissionen aus dem KFZ-Verkehr Überschreitungen des Grenzwertes für den Halbstundenmittelwert immer wahrscheinlicher machen, vor allem direkt neben stark befahrenen Straßen.

Während für Überschreitungen des Kurzzeitwertes das Zusammentreffen von besonderen, kurzzeitig auftretenden Bedingungen ausschlaggebend ist, werden Überschreitungen des Jahresmittel-Grenzwertes durch hohe durchschnittliche Emissionen, verbunden mit generell schlechten Ausbreitungsbedingungen verursacht. Mittels numerischer Ausbreitungssimulationen wurde jene Immissionssituation nachgebildet, die zu den überhöhten Jahresmittelwerten geführt hat. Dabei konnte für das Referenzjahr 2006 eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und modellierten jahresdurchschnittlichen NO₂-Konzentrationen erzielt werden. Die maximalen Abweichungen liegen mit $\pm 20\%$ deutlich unter der Qualitätsanforderung der EU-Richtlinie EG/50/2008, wo eine maximale Abweichung von $\pm 30\%$ vorgeschrieben ist.

Der im Jahr 2006 gültige Grenzwert nach dem IG-L von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird vor allem im innerstädtischen Bereich, entlang der Autobahnen sowie in Puntigam überschritten. Entsprechend den Simulationen ist der Bereich um die Messstelle Don-Bosco nicht der höchst belastete Punkt in Graz. Zum Teil liegen die Konzentrationen noch deutlich höher, beispielsweise im Bereich Bezirkszentrum Puntigam, wo mit einem Jahresmittelwert um 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gerechnet werden muss. Insgesamt ergibt sich eine Fläche von 21,5 km² mit NO₂-Konzentrationen über 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und eine Fläche von 58,1 km² mit NO₂-Konzentrationen über 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Erwartungsgemäß dominieren generell die Verkehrsemissionen umso mehr, je näher die Station neben stark befahrenen Straßen situiert ist. Der höchste Verkehrsbeitrag

mit über 85% ergibt sich an der Messstelle Don-Bosco. Interessant ist, dass hier der Beitrag von LKW und Bussen mit 49% den höchsten Einzelbeitrag liefert. PKWs tragen zu 38% zur Gesamtbelastung bei. An den Stationen Graz-West, Graz-Süd und Graz-Nord ergibt sich in etwa eine Drittelung der Beiträge durch LKW und Busse, PKWs sowie Hausbrand und Gewerbe.

Aufgrund der tendenziell abnehmenden NO_x -Emissionen aus dem Straßenverkehr (kontinuierliche Flottenerneuerung sowie strengere Emissionsstandards) kommt den Emissionen aus den Gewerbebetrieben sowie dem Hausbrand immer mehr Bedeutung zu, was in der künftigen Maßnahmenplanung berücksichtigt werden sollte.

Ohne Maßnahmen zur Reduktion der NO_x -Emissionen in Graz (BAU-Szenarien) wurde errechnet, dass trotz abnehmender NO_x -Emissionen aus dem Straßenverkehr an allen Messstationen mit einer Zunahme der NO_2 -Konzentrationen bis zum Jahr 2012 gerechnet werden muss (unter gleichen Ausbreitungsbedingungen). Danach wird es zu einem leicht rückläufigen Trend kommen, wobei im Jahr 2015 das Niveau von 2006 an Messstationen erreicht werden wird, die etwas weiter von stark befahrenen Straßen entfernt situiert sind. In unmittelbarer Nähe zu stark befahrenen Straßen wird das NO_2 -Niveau immer noch höher sein als im Jahr 2006.

Es ist mit keiner wesentlichen Entspannung der NO_2 Belastung im Raum Graz zu rechnen, insbesondere wenn, wie im IG-L vorgesehen, der Grenzwert für den Jahresmittelwert an NO_2 von derzeit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2009) auf $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgesenkt werden wird.

Selbst unter Annahme eines fiktiven Szenarios, wo sämtliche Diesel-PKW durch Benzin-PKW bis zum Jahr 2015 ersetzt werden würden, könnte der zukünftige IG-L Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in weiten Bereichen in Graz nicht eingehalten werden (unter der Annahme einer jährlichen Verkehrssteigerung bei den LKW um 2% und keinen Änderungen bei den Emissionen von Gewerbe und Hausbrand). Der EU-Grenzwert wäre dann dagegen an allen Messstationen einhaltbar.

Um den EU-Grenzwert dauerhaft einhalten zu können, müssten beispielsweise die NO_x -Emissionen aus dem gesamten Verkehr (PKW und LKW) um etwa 50% reduziert werden, wenn bei den NO_x -Emissionen beim Hausbrand bzw. dem Gewerbe keine Maßnahmen gesetzt werden. Dass eine derart hohe Reduktion beim Verkehr aus sozioökonomischer Sicht politisch nicht erreichbar sein wird, kann bereits hier prognostiziert werden. Insbesondere muss bedacht werden, dass diese Reduktionen nicht nur innerhalb eines kleinen, innerstädtischen Gebietes von Graz realisiert werden müssten, sondern in einem weiträumigen Gebiet inklusive der Autobahnen um Graz. Damit wird das Problem aber zumindest auf die nationale Ebene gehoben, realistischere können aber NO_x -Reduktionen im Verkehr nur durch die europäische Gesetzgebung (EURO-Abgasnormen) erzielt werden.

Das Hauptproblem bei den Auswirkungen der Emissionen auf die Luftqualität sind vor allem die äußerst schlechten Ausbreitungsbedingungen in den Tälern und Becken des südlichen Alpenvorlandes im europäischen Vergleich (siehe [ÖTTL 2008]). Inwieweit die notwendigen Maßnahmen, um den EU-Grenzwert dauerhaft im Großraum Graz einzuhalten, unverhältnismäßig sind oder nicht, ist in Anbetracht dieser Untersuchungsergebnisse jedenfalls diskussionswürdig.

2 Einleitung

In den Jahren 1999 und 2002 wurden Überschreitungen des Grenzwertes für den maximalen Halbstundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nach dem IG-L im Raum Graz registriert. Die entsprechende Statuserhebung [STATUSERHEBUNG 2003] kann über die LUIS Homepage (www.umwelt.steiermark.at) eingesehen werden.

Seit der letzten Statuserhebung bezüglich NO_2 wurde an Grazer Messstationen mehrmals der Grenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. Der jeweils gültige Grenzwert für den Jahresmittelwert konnte ebenfalls mehrmals an den Stationen Graz-Mitte und Graz-Don Bosco nicht eingehalten werden.

Nach §8 IG-L ist aufgrund der festgestellten Grenzwertüberschreitungen die Ausarbeitung einer Statuserhebung mit einer Darstellung der Immissionssituation, der meteorologischen Situation, einer Feststellung und Beschreibung der Emittenten sowie eine Feststellung des voraussichtlichen Sanierungsgebiets erforderlich.

In dieser Statuserhebung werden die Emissionen der wesentlichen NO_2 -Quellen beschrieben. Weitere Grundlagen sind die meteorologischen Verhältnisse und die Ausbreitungsbedingungen im Untersuchungsgebiet. Darauf aufbauend werden mit Ausbreitungsmodellen einerseits flächenhafte Immissionskarten erstellt und andererseits jene Situationen beschrieben, bei denen hohe Immissionsbelastungen auftreten. Dafür wurde ein an der TU Graz entwickeltes System eines Ausbreitungsmodells (GRAL) in Kombination mit einem Windfeldmodell (GRAMM) eingesetzt.

In Österreich werden für den Schadstoff NO_2 im IG-L strengere Maßstäbe festgelegt, als dies in den zugrunde liegenden EU-Richtlinien vorgesehen ist. Damit werden in einigen Fällen zwar die Vorgaben der EU-Richtlinien eingehalten, nicht aber jene des IG-L. Es werden aber auch Situationen beschrieben – dies betrifft ausschließlich den Jahresmittelwert an NO_2 – bei denen an Grazer Messstellen auch die jeweils geltenden EU-Grenzwerte nicht eingehalten werden konnten.

3 Gesetzliche Grundlagen

3.1 Richtlinien der Europäischen Union

Die rechtliche Basis der Luftreinhaltung auf der Ebene der Europäischen Union bildet die sogenannte Rahmenrichtlinie über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität. Für einzelne Schadstoffe sind Regelungen (z.B. Grenzwerte, Messvorschriften,...) in den „Tochterrichtlinien“ niedergeschrieben. Bisher sind folgende Richtlinien beschlossen worden:

Tabelle 1: Richtlinien der EU zur Luftqualität

Rahmenrichtlinie	1996/62/EG	Richtlinie des Rates über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität
1. Tochterrichtlinie	1999/30/EG	Richtlinie des Rates über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
2. Tochterrichtlinie	2000/69/EG	Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Grenzwerte von Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft
3. Tochterrichtlinie	2002/3/EG	Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über den Ozongehalt der Luft
4. Tochterrichtlinie	2004/107/EG	Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft

Am 21. Mai 2008 wurde die Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa, 2008/50/EG [EURL 2008], veröffentlicht. Diese Richtlinie fasst unter anderem die Luftreinhalterahmenrichtlinie und die 1. bis 3. Tochterrichtlinie zusammen. Eine Umsetzung in österreichisches Recht erfolgte bisher noch nicht.

Die in den Tochterrichtlinien festgelegten Immissionsgrenzwerte unterscheiden sich zum Teil von jenen, die im österreichischen Recht verankert sind. Das IG-L sieht im Vergleich zu den EU-Richtlinien bei manchen Schadstoffen strengere Grenzwerte bzw. keine Toleranzmargen vor.

Für manche Schadstoffe wird festgelegt, dass eine bestimmte Anzahl von Überschreitungen pro Jahr toleriert wird. Diese Anzahl wird in Tabelle 2 in den Spalten, die mit „Ü“ gekennzeichnet sind, angegeben.

In der folgenden Tabelle werden die endgültig festgelegten Immissionsgrenzwerte dargestellt. Wenn für einen Schadstoff eine Toleranzmarge vorgesehen war, so ist in der Fußnote der für das Jahr 2009 gültige Grenzwert angegeben. Das heißt, dass Regelungen, die bereits vor dem Jahr 2009 ausgelaufen sind, nicht mehr angeführt werden. Für NO₂ wird im Folgenden auch angegeben, welche Grenzwerte in den vergangenen Jahren unter der Berücksichtigung der Toleranzmargen einzuhalten waren.

Die Toleranzmarge für den Stundenmittelwert wird mit 50% des Grenzwertes bei Inkrafttreten der Richtlinie im Jahr 1999 festgelegt. Danach erfolgt eine lineare Reduzierung beginnend am 1.1.2001 und danach alle 12 Monate um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis zum 1.1.2010. Ab diesem Datum gilt der Grenzwert von 200 µg/m³ als Stundenmittelwert mit einer Toleranz von 18 Überschreitungen jährlich.

Für das Jahresmittel von NO₂ gilt ein Grenzwert von 40 µg/m³ ab dem 1.1.2010. Davor konnte ebenfalls eine Toleranzmarge von 50% bei Inkrafttreten der 1. Tochterrichtlinie im Jahr 1999 und danach eine lineare Reduktion ab dem 1.1.2001 um jährlich denselben Prozentsatz in Anspruch genommen werden.

Diese Betrachtungen dienen zwar nicht direkt als Basis für die Statuserhebung nach IG-L, sind aber zur Argumentation gegenüber der Europäischen Kommission im Falle von Grenzwertüberschreitungen gemäß den EU-Richtlinien von Bedeutung.

Tabelle 2: Übersicht über die Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit der TRL 1, 2 und 4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (für CO [mg/m^3])

Luftschadstoff	MW1	Ü ¹⁾	MW8	TMW	Ü ¹⁾	JMW
Schwefeldioxid	350	24		125	3	
Kohlenstoffmonoxid			10			
Stickstoffdioxid	200 ²⁾	18				40 ³⁾
PM ₁₀				50	35	40
Blei in (PM ₁₀)						0,5
Benzol						5

¹⁾ jährlich tolerierte Überschreitungen

²⁾ Toleranzmarge: Wert für 2009: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

³⁾ Toleranzmarge: Wert für 2009: 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 3: Grenzwerte von NO₂ unter Berücksichtigung der Toleranzmargen

Jahr	Toleranzmarge [%]	Stundenmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
2000	50%	300	60
2001	45%	290	58
2002	40%	280	56
2003	35%	270	54
2004	30%	260	52
2005	25%	250	50
2006	20%	240	48
2007	15%	230	46
2008	10%	220	44
2009	5%	210	42
2010	0%	200	40

3.2 Immissionsschutzgesetz - Luft

Die entscheidende gesetzliche Grundlage für die Beurteilung von Luftschadstoffen in Österreich ist das Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) [BGBl 1997], das in seiner ursprünglichen Fassung aus dem Jahr 1997 stammt (BGBl I 115/1997). Im Jahr 2001 wurde das Gesetz umfassend novelliert (BGBl I 62/2001) und damit in Österreich Grenzwerte für PM₁₀ festgelegt. Die bisher letzte Anpassung erfolgte mit der Novelle in BGBl.I Nr.70/2007. Die Übernahme der Regelungen aus der neuen Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa [EG 2008] soll demnächst erfolgen.

Die wesentlichen Ziele dieses Gesetzes sind:

- ⇒ der dauerhafte Schutz der Gesundheit des Menschen, des Tier- und Pflanzenbestands, sowie der Kultur- und Sachgüter vor schädlichen Luftschadstoffen
- ⇒ der Schutz des Menschen vor unzumutbar belästigenden Luftschadstoffen
- ⇒ die vorsorgliche Verringerung der Immission von Luftschadstoffen
- ⇒ die Bewahrung und Verbesserung der Luftqualität, auch wenn aktuell keine Grenz- und Zielwertüberschreitungen registriert werden

3.2.1 Immissionsgrenzwerte

Zur Erreichung dieser Ziele wird eine bundesweit einheitliche Überwachung der Schadstoffbelastung der Luft durchgeführt. Die Bewertung der Schadstoffbelastung zum vorbeugenden Schutz der menschlichen Gesundheit erfolgt auf Basis von §3 IG-L

- ⇒ durch Immissionsgrenzwerte, deren Einhaltung bei Bedarf durch die Erstellung von Maßnahmenplänen mittelfristig sicherzustellen ist (Anlage 1 IG-L),
- ⇒ durch **Alarmwerte**, bei deren Überschreitung Sofortmaßnahmen zu setzen sind (Anlage 4 IG-L) und
- ⇒ durch *Zielwerte*, deren Erreichen langfristig anzustreben ist (Anlage 5a IG-L).

Für die Überwachung und vor allem für die Information der Bevölkerung macht die Einführung von Grenzwerten, die einige Male im Jahr überschritten werden dürfen sowie sogenannte „Toleranzmargen“, die Übergangszeiträume festlegen, die Sache nicht unbedingt einfacher (siehe Fußnoten der folgenden Tabelle).

Tabelle 4: Immissionsgrenzwerte (Alarmwerte, *Zielwerte*) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (für CO in mg/m^3) gemäß Anlage 1 und 5a IG-L

Luftschadstoff	HMW	MW3	MW8	TMW	JMW
Schwefeldioxid	200 ¹⁾	<u>500</u>		120	
Kohlenstoffmonoxid			10		
Stickstoffdioxid	200	<u>400</u>		80	30 ²⁾
PM ₁₀				50 ^{3) 4)}	40 (20)
Blei im Feinstaub (PM ₁₀)					0,5
Benzol					5

¹⁾ Drei Halbstundenmittelwerte SO₂ pro Tag, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte pro Kalenderjahr bis zu einer Konzentration von 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gelten nicht als Überschreitung

²⁾ Der Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gilt ab 1.1.2012. Bis dahin gelten Toleranzmargen, um die der Grenzwert überschritten werden darf, ohne dass die Erstellung von Stuserhebungen oder Maßnahmenkatalogen erfolgen muss. Bis dahin ist als Immissionsgrenzwert anzusehen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$):

2003	50
2004	45
2005 - 2009	40
2010 - 2011	35

³⁾ Pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig:

2005 -2009	30
ab 2010	25

⁴⁾ Als Zielwert gilt eine Anzahl von maximal 7 Überschreitungen pro Jahr.

Weiters werden in der Immissionsgrenzwerteverordnung (BGBl II 298/2001) Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation verordnet.

Tabelle 5: Immissionsgrenzwerte (*Zielwerte*) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Luftschadstoff	TMW	Winter (1.10.-31.3.)	JMW
Schwefeldioxid	50	20	20
Stickstoffoxide (als NO_2)	80		30

3.2.2 Statuserhebung

Wird an einer Immissionsmessstelle ein Grenzwert verletzt, so ist diese Überschreitung im Monats- oder Jahresbericht zu veröffentlichen (§ 7 IG-L). Dabei ist festzustellen, ob die Überschreitung des Immissionsgrenzwertes auf

- ⇒ einen Störfall oder
- ⇒ eine andere in absehbarer Zeit nicht wiederkehrende erhöhte Immission

zurückzuführen ist.

Innerhalb von neun Monaten nach der Veröffentlichung hat der Landeshauptmann eine Statuserhebung (§ 8) für den Beurteilungszeitraum, in dem die Überschreitung des Immissionsgrenzwertes aufgetreten ist, zu erstellen. Die Statuserhebung hat jedenfalls zu enthalten:

1. die Darstellung der Immissionssituation für den Beurteilungszeitraum;
2. die Beschreibung der meteorologischen Situation;
3. die Feststellung und Beschreibung der in Betracht kommenden Emittenten oder Emittentengruppen, die einen erheblichen Beitrag zur Immissionsbelastung geleistet haben, und eine Abschätzung ihrer Emissionen;
4. die Feststellung des voraussichtlichen Sanierungsgebiets (§ 2 Abs.8);
5. Angaben gemäß Anhang IV Z1 bis 6 und 10 der Richtlinie 96/92/EG über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität.

In Punkt 5 der Rahmenrichtlinie sind folgende Anforderungen genannt, die in einer Statuserhebung enthalten sein müssen:

- 1. Ort des Überschreitens**
 - Region
 - Ortschaft (Karte)
 - Messstation (Karte, geographische Koordinaten)
- 2. Allgemeine Informationen**
 - Art des Gebiets (Stadt, Industrie- oder ländliches Gebiet)
 - Schätzung des verschmutzten Gebiets (km^2) und der der Verschmutzung ausgesetzten Bevölkerung
 - zweckdienliche Klimaangaben
 - zweckdienliche topographische Daten
 - ausreichende Informationen über die Art der in dem betreffenden Gebiet zu schützenden Ziele
- 3. Zuständige Behörden**

Name und Anschrift der für die Ausarbeitung und Durchführung der Verbesserungspläne zuständigen Personen
- 4. Art und Beurteilung der Verschmutzung**
 - in den vorangehenden Jahren (vor der Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen) festgestellte Konzentrationen

- seit dem Beginn des Vorhabens gemessene Konzentrationen
- angewandte Beurteilungstechniken

5. Ursprung der Verschmutzung

- Liste der wichtigsten Emissionsquellen, die für die Verschmutzung verantwortlich sind (Karte)
- Gesamtmenge der Emissionen aus diesen Quellen (Tonnen/Jahr)
- Informationen über Verschmutzungen, die aus anderen Gebieten stammen

6. Lageanalyse

- Einzelheiten über Faktoren, die zu den Überschreitungen geführt haben (Verfrachtung, einschließlich grenzüberschreitende Verfrachtung, Entstehung)
- Einzelheiten über mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

7. Angaben zu den bereits vor dem Inkrafttreten dieser Richtlinie durchgeführten Maßnahmen oder bestehenden Verbesserungsvorhaben

- örtliche, regionale, nationale und internationale Maßnahmen
- festgestellte Wirkungen

8. Angaben zu den nach dem Inkrafttreten dieser Richtlinie zur Verminderung der Verschmutzung beschlossenen Maßnahmen oder Vorhaben

- Auflistung und Beschreibung aller im Vorhaben genannten Maßnahmen
- Zeitplan für die Durchführung
- Schätzung der zu erwartenden Verbesserung der Luftqualität und der für die Verwirklichung dieser Ziele vorgesehenen Frist

9. Angaben zu den geplanten oder langfristig angestrebten Maßnahmen oder Vorhaben

10. Liste der Veröffentlichungen, Dokumente, Arbeiten usw., die die in diesem Anhang vorgeschriebenen Informationen ergänzen.

Die nächsten Schritte sind die Erarbeitung eines Programms gemäß § 9a IG-L sowie die Erlassung eines Maßnahmenkataloges, der, aufbauend auf die Statuserhebung, festlegen muss, welche Maßnahmen zur Vermeidung zukünftiger Grenzwertüberschreitungen zu setzen sind. Dieser Maßnahmenkatalog ist vom Landeshauptmann innerhalb von sechs Monaten nach Fertigstellung der Statuserhebung, längstens aber 15 Monate nach Veröffentlichung der Grenzwertüberschreitung als Verordnung kundzumachen.

Darin sind

- ⇒ das Sanierungsgebiet festzulegen,
- ⇒ Maßnahmen anzuordnen, die im Sanierungsgebiet oder in Teilen des Sanierungsgebiets umzusetzen sind, sowie
- ⇒ die Fristen zur Umsetzung der Maßnahmen festzusetzen.

Weiters ist anzugeben, ob die Maßnahmen direkt wirken oder von der Behörde mit Bescheid anzuordnen sind.

Von der Erstellung des Maßnahmenkatalogs kann lediglich abgesehen werden, wenn die Statuserhebung ergibt, dass im Inland keine Maßnahmen gesetzt werden können, die eine erhebliche Verringerung der Immissionsbelastung zur Folge haben.

Sowohl bei der Festlegung des Sanierungsgebietes als auch bei der Anordnung von Maßnahmen ist folgenden Grundsätzen Rechnung zu tragen:

- ⇒ **Verursacherprinzip**, das heißt
 - die Emission von Luftschadstoffen ist an ihrem Ursprung zu bekämpfen
 - alle Emittenten oder Emittentengruppen sind zu berücksichtigen, die einen erheblichen Einfluss auf die Immissionsbelastung gehabt haben

- Maßnahmen sind vornehmlich bei den hauptverursachenden Emittenten und Emittentengruppen unter Berücksichtigung der auf sie fallenden Anteile an der Immissionsbelastung und des Reduktionspotentials zu setzen

⇒ **Verhältnismäßigkeitsprinzip**

- Es sind vorrangig solche Maßnahmen anzuordnen, bei denen den Kosten der Maßnahme eine möglichst große Verringerung der Emissionsbelastung gegenüber steht. Maßnahmen sind nicht vorzuschreiben, wenn der mit der Erfüllung der Maßnahmen verbundene Aufwand außer Verhältnis zu dem mit den Anordnungen angestrebten Erfolg steht.
- Eingriffe in bestehende Rechte sind auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken. Öffentliche Interessen sind zu berücksichtigen. Bedacht zu nehmen ist auch auf die Höhe und Dauer der Immissionsbelastung.

Mit der Novelle des IG-L mit BGBl I Nr. 62/2006 im Frühjahr 2006 wurden einige Neuerungen eingeführt, die auch Auswirkungen auf die Erstellung der Statuserhebung und die möglichen Maßnahmen haben. Anzuwenden sind die neuen Regelungen für Grenzwertüberschreitungen, die ab dem 1.1.2005 registriert worden sind (§ 9a Abs.9 IG-L)

Mit der verpflichtenden Erstellung eines Programms ist es möglich, zur Erreichung der Ziele des IG-L Maßnahmen festzulegen, die ergriffen werden, um die Emissionen, die zur Überschreitung des Immissionsgrenzwerts geführt haben, im Hinblick auf die Einhaltung dieses Grenzwerts zu reduzieren (§ 9a IG-L), wobei die Grundsätze, die in § 9b festgelegt sind, zu beachten sind.

3.2.3 Sanierungsgebiet

Ein Sanierungsgebiet ist im Sinne § 2 (8) IG-L jenes Gebiet, in dem sich die Emissionsquellen befinden, für die in einem Programm gemäß § 9a Maßnahmen vorgesehen werden können. Es unterscheidet sich also, im Besonderen dort, wo eine oder mehrere Punktquellen für erhöhte Immissionsbelastungen maßgeblich verantwortlich sind, vom belasteten Gebiet, also jenem Bereich, in dem Immissionsgrenzwertüberschreitungen auftreten.

4 Rahmen der Statuserhebung

4.1 Untersuchungsgebiet

Die vorliegende Statuserhebung bezieht sich auf Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L an den Luftgütemessstellen Graz-Mitte, Graz-Don Bosco, Graz-Süd und Graz-Ost. Unterstützend wurden numerische Simulationen der Schadstoffausbreitung durchgeführt. Dafür wurde ein Simulationsgebiet von 15 km x 17 km mit einer Gitterauflösung von 5 m x 5 m definiert.

Das Untersuchungsgebiet ergibt sich also aus der Lage der Emittenten und der durchgeführten Immissionsmessungen sowie aus jenem Raum, in dem Simulationen der Schadstoffausbreitung zur Beschreibung jener Gebiete durchgeführt wurden, in denen Grenzwertüberschreitungen fallweise erwartet werden müssen. Das Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 1 dargestellt. Es umfasst neben dem Grazer Becken

auch das Gratkórner Becken sowie das gesamte Grazer Feld. Dieses Modellgebiet ergab sich auch aus dem Umstand, dass im Rahmen des Immissionskatasters Steiermark entsprechende Windfeldsimulationen für dieses Gebiet zur Verfügung standen. Außerdem haben die hohen NO_x-Emissionen des Autobahnnetzes einen Einfluss auf die gemessenen Schadstoffkonzentrationen in Graz.

4.2 Luftgütemessungen und meteorologische Messungen im Untersuchungsgebiet

Der Schwerpunkt der Immissionsmessungen in der Steiermark befindet sich zweifellos in Graz. Mit acht Immissionsmessstationen sowie neun Stationen zur Erfassung von meteorologischen Parametern besitzt Graz ein sehr dichtes Messnetz. Ergänzend zu diesem fixen Messnetz wurden auch die mobilen Immissionsmesscontainer häufig zur Klärung spezieller Fragestellungen eingesetzt.

Tabelle 6: Luftgütemessstationen und meteorologische Messstationen im Untersuchungsgebiet (grau: nicht im Belastungsgebiet Großraum Graz gelegene Stationen)

Messstelle	Länge	Breite	Topographische Lage	Siedlungsstruktur
Luftgütemessstellen im Untersuchungsgebiet				
Graz-Platte	15°28'10"	47°06'46"	Stadtnahe Kuppe im oststeirischen Hügelland	Umland einer Stadt mit 250.000 EW
Graz-Schloßberg	15°26'13"	47°04'32"	Isolierte Einzelerhebung im zentralen Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, Stadtzentrum
Graz-Nord	15°24'54"	47°05'37"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, städtischer Wohnhintergrund
Graz-West	15°24'13"	47°04'10"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbereich
Graz-Süd	15°25'59"	47°02'30"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbereich
Graz-Mitte	15°26'14"	47°04'08"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, Stadtzentrum
Graz-Ost	15°27'59"	47°03'34"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbereich
Graz-Don Bosco	15°25'00"	47°03'20"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, verkehrsnah
Straßengel Kirche	15°20'19"	47°06'48"	NW gerichteter Sporn des Steinkogel, Prallhang	Becken mit 16.000 EW, Umrahmung
Judendorf Süd	15°21'04"	47°07'13"	Talboden am Ausgang des Gratkórner Becken	Becken mit 16.000 EW
Gratwein	15°19'23"	47°08'08"	Talboden am Eingang des Gratkórner Becken	Becken mit 16.000 EW
Peggau	15°20'45"	47°12'23"	Talerweiterung im Mittleren Murtal	Siedlung mit weniger als 5000 EW
Bockberg	15°29'43"	46°52'19"	Kuppe des Wildoner Berges	Weingärten

Messstelle	Länge	Breite	Topographische Lage	Siedlungsstruktur
Meteorologische Messstationen				
Eurostar	15°28'53"	47°01'27"	Randliches Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, Stadtrand
Eurostar Kamin	15°28'42"	47°01'18"	Randliches Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, Stadtrand
Kalkleiten	15°26'01"	47°08'40"	Gebirgsrandflur (Hangverebnung des Schöckl)	Umland einer Stadt mit 250.000 EW
Kärntnerstraße	15°24'45"	47°02'25"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Plabutsch	15°23'08"	47°05'21"	Kuppe des Puchkogel/ Plabutschzuges	Umland einer Stadt mit 250.000 EW
Puchstraße	15°26'11"	47°02'55"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Oeverseepark	15°25'40"	47°03'51"	Zentrales Grazer Becken	Stadt mit 250.000 EW, zentraler Siedlungsbe- reich
Schöckl	15°27'56"	47°11'54"	Gipfelplateau des Schöckl	Unbesiedeltes Gebiet
Weinzöttl	15°23'44"	47°06'33"	Talboden der Mur am Ausgang der Enge von Raach	Stadt mit 250.000 EW, Stadtrand

Tabelle 7: Ausstattung der Messstationen

Messstelle	Seehöhe	SO ₂	TSP	PM10	PM10 grav.	PM2,5 grav	NO/NO ₂	CO	O ₃	H ₂ S	BTX	LUTE	LUF	SOEIN	WIRI	WIGE	NIED	WADOS	LUDR	UVB
Graz Stadt																				
Graz-Platte	661								⊗			⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				
Graz-Schloßberg	450								⊗			⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				
Graz-Nord	348	⊗		⊗	⊗	⊗	⊗		⊗			⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		⊗	⊗
Graz-West	370	⊗		⊗			⊗					⊗	⊗	⊗		⊗	⊗			
Graz-Süd	345	⊗		⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗			⊗	⊗	⊗		⊗	⊗			
Graz-Mitte	350			⊗			⊗	⊗			⊗	⊗	⊗							
Graz-Ost	366			⊗			⊗	⊗				⊗	⊗							
Graz-Don Bosco	358	⊗		⊗	⊗		⊗	⊗			⊗	⊗	⊗							
Mittleres Murtal																				
Straßengel-Kirche	454	⊗		⊗			⊗					⊗			⊗	⊗				
Judendorf-Süd	375	⊗		⊗			⊗					⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗			
Gratwein	382	⊗					⊗								⊗	⊗				
Peggau	410	⊗		⊗			⊗								⊗	⊗				
Südweststeiermark																				
Bockberg	449	⊗	⊗				⊗		⊗			⊗	⊗		⊗	⊗	⊗			
Meteorologische Messstationen																				
Eurostar	340											⊗	⊗		⊗	⊗				
Eurostar Kamin	395											⊗	⊗		⊗	⊗				
Kalkleiten	710											⊗	⊗		⊗	⊗				
Kärntnerstraße	410											⊗			⊗	⊗				
Plabutsch	754											⊗	⊗		⊗	⊗				
Puchstraße	337														⊗	⊗				
Oeverseepark	350											⊗	⊗		⊗	⊗				
Schöckl	1442											⊗	⊗		⊗	⊗				
Weinzöttl	369														⊗	⊗				

Topographic map of the Graz region showing sampling locations. Red dots mark sites labeled: Pegnitz, Schöckl, Graden, Kalmthaus, Judendorf-Süd, St. Engel-Kirche, Wamzötl, Graz-Platte, Hainbach, Graz-Schneiberg, Wind, Graz-Schlößberg, Graz-West, Graz-Mitte, Graz-Don Bosco, Oeverseenpark, Puchstraße, Kammerstrasse, Graz-Süd, Tiergartenweg, Eurostar Kamin, Eurostar, and Bockberg. A compass rose and a 3 km scale bar are included.

Abbildung 2: Aufnahme der Station Graz Don-Bosco



Abbildung 3: Aufnahme der Station Graz Mitte



Abbildung 4: Aufnahme der Station Graz-Süd



Abbildung 5: Aufnahme der Station Graz-Ost (im Jahr 2004 abgebaut)



4.3 Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten in den Jahren 2003 - 2009

4.3.1 Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L

Die einzelnen Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L sind in Tabelle 8 und Tabelle 10 aufgelistet. Die einzelnen Episoden mit Grenzwertüberschreitungen sind in Tabelle 8 mit gleicher Farbe markiert. Die meisten Überschreitungen des Grenzwertes für den Halbstundenmittelwert (HMW) gab es im Jahr 2003, welches allgemein sehr hoch belastet war. Häufigere Überschreitungen traten noch im Jahr 2006 auf, nur wenige Überschreitungen kamen 2005 und 2008 vor. In den Jahren 2004, 2007 und 2009 wurden keine Überschreitungen des Grenzwertes für das Halbstundenmittel registriert.

Der Grenzwert für den Jahresmittelwert wurde an der Station Don-Bosco seit 2003 jedes Jahr und an der Station Mitte seit dem Absenken des Grenzwertes auf $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Jahren von 2005 bis 2008 überschritten. Im Jahr 2009 wurde mit einem gemessenen Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Grenzwert erreicht, aber nicht überschritten. Bei allen anderen Grazer Messstationen wurde dieser Grenzwert durchwegs eingehalten.

Die Ursachen für die Überschreitungen des Jahresmittelwertes können nicht auf einzelne Episoden zurückgeführt werden, sondern sind ein Resultat von kontinuierlich hohen Emissionen und schlechten Ausbreitungsbedingungen. Für diese bietet sich eine detaillierte Untersuchung mittels einer Ausbreitungsmodellierung an.

Im Gegensatz dazu können die Überschreitungen des Grenzwertes für den max. HMW auf das Zusammenwirken von entsprechend schlechten Ausbreitungsbedingungen, hohen lokalen Emissionen und entsprechenden chemischen Reaktionen in der Atmosphäre zurückgeführt werden. In Kapitel 9 werden die einzelnen Perioden der Grenzwertüberschreitungen einer eingehenden Analyse unterzogen.

Tabelle 8: Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L; Halbstundenmittelwerte

Station	Basis	Grenzwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Messwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Datum	Uhrzeit
Süd (alt)	HMW	200	208	16.1.03	11:30
Süd (alt)	HMW	200	218	16.1.03	12:00
Süd (alt)	HMW	200	230	16.1.03	12:30
Süd (alt)	HMW	200	249	16.1.03	13:00
Süd (alt)	HMW	200	212	16.1.03	13:30
Süd (alt)	HMW	200	203	16.1.03	14:00
Süd (alt)	HMW	200	217	16.1.03	14:30
Mitte	HMW	200	201	15.1.03	10:30
Mitte	HMW	200	224	15.1.03	11:00
Mitte	HMW	200	218	15.1.03	11:30

Station	Basis	Grenzwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Datum	Uhrzeit
Mitte	HMW	200	244	15.1.03	12:00
Mitte	HMW	200	252	15.1.03	12:30
Mitte	HMW	200	237	16.1.03	10:30
Mitte	HMW	200	238	16.1.03	11:00
Mitte	HMW	200	223	16.1.03	11:30
Mitte	HMW	200	262	16.1.03	12:30
Mitte	HMW	200	280	16.1.03	13:00
Mitte	HMW	200	276	16.1.03	13:30
Mitte	HMW	200	231	16.1.03	14:00
Ost (alt)	HMW	200	205	15.1.03	12:00
Don-Bosco	HMW	200	229	15.1.03	11:30
Don-Bosco	HMW	200	220	15.1.03	12:00
Don-Bosco	HMW	200	226	16.1.03	11:30
Don-Bosco	HMW	200	228	16.1.03	12:00
Don-Bosco	HMW	200	243	16.1.03	12:30
Don-Bosco	HMW	200	249	16.1.03	13:00
Don-Bosco	HMW	200	211	16.1.03	13:30
Don-Bosco	HMW	200	204	22.11.05	08:00
Don-Bosco	HMW	200	225	10.1.06	19:00
Don-Bosco	HMW	200	203	10.1.06	20:30
Don-Bosco	HMW	200	218	12.1.06	8:30
Don-Bosco	HMW	200	207	12.1.06	9:00
Don-Bosco	HMW	200	212	12.1.06	10:00
Don-Bosco	HMW	200	208	12.1.06	10:30
Don-Bosco	HMW	200	228	18.1.06	9:00
Don-Bosco	HMW	200	215	18.1.06	9:30
Don-Bosco	HMW	200	209	1.2.06	18:00
Don-Bosco	HMW	200	235	1.2.06	18:30
Don-Bosco	HMW	200	226	1.2.06	19:30
Don-Bosco	HMW	200	216	1.2.06	20:30
Don-Bosco	HMW	200	211	25.2.08	18:30
Don-Bosco	HMW	200	214	23.12.08	17:00

Tabelle 9: Anzahl der jährliche aufgetretenen Grenzwertüberschreitungen; Halbstundenmittelwerte

Jahr	Station	Basis	Anzahl der Überschreitungen
2003	Graz Süd (alt)	HMW	7
	Graz Mitte	HMW	12
	Graz Ost (alt)	HMW	1
	Don Bosco	HMW	7
2005	Don Bosco	HMW	1
2006	Don Bosco	HMW	12
2008	Don Bosco	HMW	2

Tabelle 10: Grenzwertüberschreitungen nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft ;Jahresmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Basis	Grenzwert	Messwert	Jahr
Don-Bosco	JMW	50	55	2003
Don-Bosco	JMW	45	50	2004
Don-Bosco	JMW	40	53	2005
Graz-Mitte	JMW	40	42	2005
Don-Bosco	JMW	40	55	2006
Graz-Mitte	JMW	40	46	2006
Don-Bosco	JMW	40	51	2007
Graz-Mitte	JMW	40	44	2007
Don-Bosco	JMW	40	50	2008
Graz-Mitte	JMW	40	42	2008
Don-Bosco	JMW	40	48	2009

4.3.2 Grenzwertüberschreitungen von EU-Grenzwerten

Werden nicht die strengeren Vorgaben des Immissionsschutzgesetzes Luft, sondern direkt die Grenzwerte der 1. Toherrichtlinie [EG 1999] unter Berücksichtigung der für die betreffenden Jahre vorgesehene Toleranzmarge angewandt, so zeigt sich, dass bei den Kurzzeitmittelwerten keine Überschreitungen auszuweisen sind.

Bei der Bewertung der Jahresmittelwerte wurden die Vorgaben an der Messstelle Graz Mitte durchwegs eingehalten. Die verkehrsnahen Messstation Graz Don Bosco zeigte – auch unter Berücksichtigung der jeweils anzuwendenden Toleranzmargen – durchwegs Überschreitungen.

Tabelle 11: Grenzwertüberschreitungen nach der 1. Tochterrichtlinie RL 1999/30/EG [EG 1999]; Jahresmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Basis	Grenzwert + Toleranzmarge	Messwert	Jahr
Don-Bosco	JMW	54	55	2003
Don-Bosco	JMW	50	53	2005
Don-Bosco	JMW	48	55	2006
Don-Bosco	JMW	46	51	2007
Don-Bosco	JMW	44	50	2008
Don-Bosco	JMW	42	48	2009

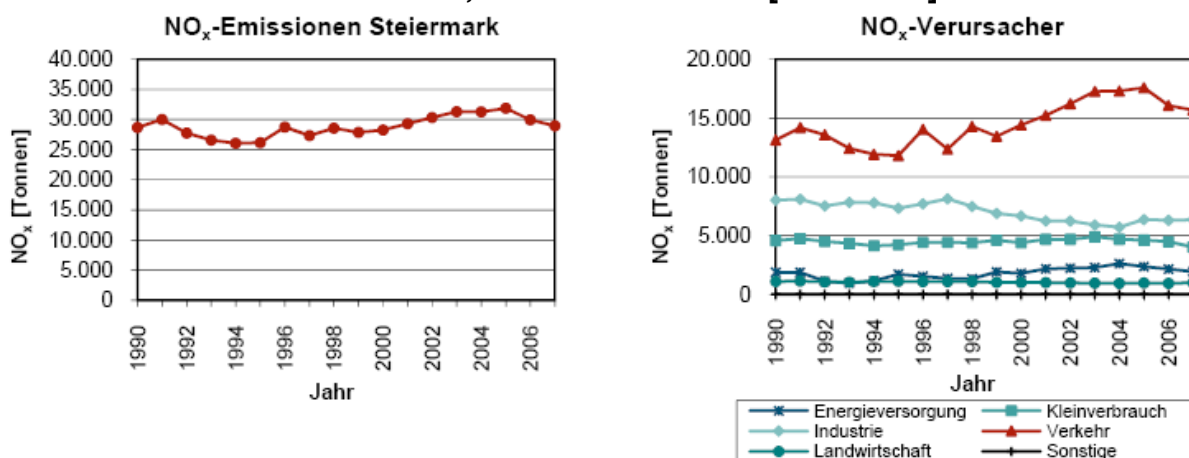
5 Emissionen

5.1 Bundesländerluftschadstoffinventur

Österreich hat eine Reihe nationaler und internationaler Berichtspflichten über Luftschadstoffemissionen zu erfüllen. Die für die Emissionsberichterstattung notwendigen Datengrundlagen werden jährlich vom Umweltbundesamt im Rahmen der Österreichischen Luftschadstoffinventur erstellt. Durch die Regionalisierung dieser Daten wird seit vielen Jahren darauf aufbauend die Bundesländerluftschadstoffinventur [UBA 2009] ausgearbeitet. Sie dient als Ergänzung zu den Emissionskatastern, die bisher in der Steiermark nur in größeren Abständen aktualisiert wurden und aus denen Zeitreihen praktisch nicht abgeleitet werden konnten.

In folgender Abbildung ist der NO_x -Trend der Steiermark gesamt und nach Sektoren von 1990 bis 2007 dargestellt.

Abbildung 6: Bundesländerluftschadstoffinventur 2007, NO_x -Emissionen in der Steiermark, Trend 1990 – 2007 [UBA 2009]



Seit 1990 ist der Ausstoß an Stickoxiden in der Steiermark um 0,9% gestiegen. Im Jahr 2007 wurden 29.000 t NO_x emittiert, das ist um 3,3% weniger als 2006. 2007 verursachte der Verkehr 54% der NO_x -Emissionen. Die Industrie war für 22%, der

Kleinverbrauch für 14%, die Energieversorgung für 6,6% und die Landwirtschaft für 3,4% der steirischen NO_x-Emissionen verantwortlich.

Der stärkste Emissionsanstieg seit 1990 wurde mit + 19% (+ 2.556 t) im Sektor Verkehr verzeichnet. Neben dem laufend zunehmenden Straßenverkehr ist der Trend zu Dieselfahrzeugen sowie der stark angestiegene Kraftstoffexport treibende Kraft dieser Entwicklung. Der Emissionsrückgang der Jahre 2005–2007 ist auf den rückläufigen Kraftstoffabsatz und die Erneuerung der Fahrzeugflotte zurückzuführen.

Im Sektor Energieversorgung führte der steigende Eigenverbrauch der Gasversorgungsunternehmen wie auch der vermehrte Einsatz von Biomasse in Nahwärmenetzen zu einem Anstieg der Stickoxidemissionen um 2,1% (+ 40 t) seit 1990. Im Wesentlichen aufgrund verringerter Emissionen der Papier-, Lebensmittel- und Zementindustrie wurden beim Sektor Industrie im Jahr 2007 um 21% (– 1.666 t) weniger NO_x-Emissionen als 1990 ermittelt. Der Kleinverbrauch verursachte 2007 um 12% (– 565 t) weniger Emissionen als 1990, was auf den zunehmenden Anteil von Erdgas am Energieträgermix, den starken Rückgang von Kohle und Heizöl und den Ausbau der Fernwärme zurückzuführen ist. Die Landwirtschaft emittierte 2007 um 9,3%, (– 101 t) weniger NO_x-Emissionen als 1990.

Wie erwähnt sind diese Zahlen aus österreichischen Emissionsbilanzen für die Steiermark abgeleitet. Der Nachteil ist, dass die angegebenen Emissionsmengen in der Regel keinen örtlichen Bezug aufweisen. Weiters ist hinzuweisen, dass sich die Werte nicht nur auf das in Kapitel 4.1 definierte Untersuchungsgebiet beschränken, sondern das gesamte Landesgebiet umfassen. Als Vorteil ist die Übereinstimmung mit den Formaten für internationale Berichtspflichten zu nennen. Die Summe der den Bundesländern zugeteilten Emissionen ergibt die österreichische Emissionsmenge.

5.2 Verkehrsemissionen

5.2.1 Verkehrsemissionen – Basisjahr 2006

Anstelle des in Österreich weit verbreiteten Handbuchs für Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr (HBEFA) [UBA 2004] wurde das Emissionsmodell NEMO (Network Emission Model; der TU-Graz [REXEIS 2005] verwendet. NEMO besteht aus einem Flottenmodul und einem Modul zur Berechnung der Emissionen. Es wurde speziell für die Berechnung von großen Straßennetzwerken entwickelt.

Es werden Fahrzeugschichten definiert, die sich hinsichtlich Fahrzeugklassen (PKW, LKW, leichte Nutzfahrzeuge, etc.), Größenklasse (höchst mögliches Gesamtgewicht), Motorkonzept (Benzin, Diesel, CNG), Emissionsstandard (z.B. Euro 1, Euro 2) und zusätzliche Abgasnachbehandlung eingeteilt werden. Die Anteile jeder dieser Fahrzeugschichten werden als Funktion des Jahres und des Straßentypes bestimmt.

Das grundsätzliche Prinzip der Emissionsberechnung basiert auf einer guten Korrelation zwischen den spezifischen Motoremissionen in g/kWh und der normalisierten durchschnittlichen Leistung über einen Fahrzyklus. Diese ist für alle Motoren innerhalb einer Fahrzeugklasse, eines Motorenkonzepts und eines Emissionsstandards gültig. NEMO berechnet die durchschnittliche Motorleistung für einen Fahrzyklus aus den Fahrzeugspezifikationen und durchschnittlichen kinematischen Parametern. Die Zuweisung spezifischer Emissionsverhalten für verschiedenste Kombinationen aus

Fahrzeugkategorie, Motorenkonzept und Emissionsstandard erfolgte über Simulationen mit dem Modell PHEM (Passenger car and Heavy duty vehicle Emission Model). PHEM ermöglicht die Berechnung des Gesamtenergieverbrauchs und der Emissionen für PKWs und LKWs. [HAUSBERGER 2004; ZALLINGER 2005]

NEMO gestattet die Simulation von verschiedensten Szenarien, wie z.B. Änderung des Fahrverhaltens (Verkehrsberuhigung in Städten, Tempo 100 auf Autobahnen, etc.) oder auch die Auswirkungen geänderter Flottenzusammensetzung (z.B. Nachrüstaktionen für Dieselpartikelfilter).

Gegenüber dem HBEFA 2.1 weist NEMO folgende Vorteile auf:

- ⇒ Flottenzusammensetzung gemäß aktuellsten Daten der Statistik Austria (Stand 2007)
- ⇒ Emissionsfaktoren von PKW der Emissionsstandards Euro 3 und Euro 4 sowie SNF gemäß Euro IV und Euro V aus den aktuell vorliegenden Emissionsmessungen, die im HBEFA 2.1 noch nicht enthalten sind
- ⇒ Mitberücksichtigung der zukünftigen Emissionsstandards für PKW und LNF Euro 5 und Euro 6 (bereits beschlossen, verpflichtend für Neuzulassungen 2011/12 bzw. 2015/16) sowie Euro VI für schwere Nutzfahrzeuge (derzeit in Diskussion, Inkrafttreten ca. 2014)
- ⇒ Emissionsfaktoren für Aufwirbelungs- und Abriebsprozesse gemäß [DÜRING 2004] bzw. selbst vorgebar
- ⇒ Schnittstelle zum Ausbreitungsmodell GRAL (wird in der FA17C verwendet) ist vorhanden

Damit ist es möglich, die Verkehrsemissionen in der Steiermark entsprechend dem letzten Stand der Technik zu berechnen.

Die für die Berechnung der Verkehrsemissionen notwendigen jahresdurchschnittlichen täglichen Verkehrsmengen (JDTV-Werte) und die Schwerverkehrsanteile standen als Verkehrsspinne im GIS zur Verfügung (Abbildung 7). Diese wurde im GIS mit einem lagetreuen Straßengraphen verschnitten. Für Graz standen Verkehrsdaten aus einem Verkehrsmodell der Fa. Fallast für das Jahr 2006 zur Verfügung [IBV 2006]. Für diesen Bereich gab es auch Angaben zu den Gemeindestraßen und zu mittleren Fahrgeschwindigkeiten. Straßensteigungen wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Der Abschnitt der A9 im Bereich Seiersberg ist der in der Steiermark am stärksten befahrene Straßenabschnitt und hat eine jahresdurchschnittliche tägliche Verkehrsmenge (JDTV) von etwa 62.000 (Bezugsjahr: 2006). Auch die A2 in Richtung Wien erreicht noch sehr hohe JDTVs von rund 55.000. Im innerstädtischen Bereich von Graz ist die Wiener Straße mit einem JDTV von abschnittsweise über 40.000 die verkehrsstärkste Straße.

Die Emissionsberechnungen für das Stadtgebiet von Graz (Abbildung 9) zeigen, dass bei den Stickstoffoxiden LKWs und PKWs gleichermaßen zu den Emissionen beitragen. Insgesamt werden knapp 1.400 t/a an NO_x emittiert. Aus dem Emissionskatalog für das Stadtgebiet von Graz [FVT 2008] ergeben sich zusätzlich knapp 24 t/a an Kaltstartemissionen sowie 60 t/a an Schienenemissionen. Knapp 3 t/a werden von den größten Abstellflächen in Graz in Summe emittiert.

Abbildung 7: Jahresdurchschnittliche tägliche Verkehrsmengen für das Jahr 2006

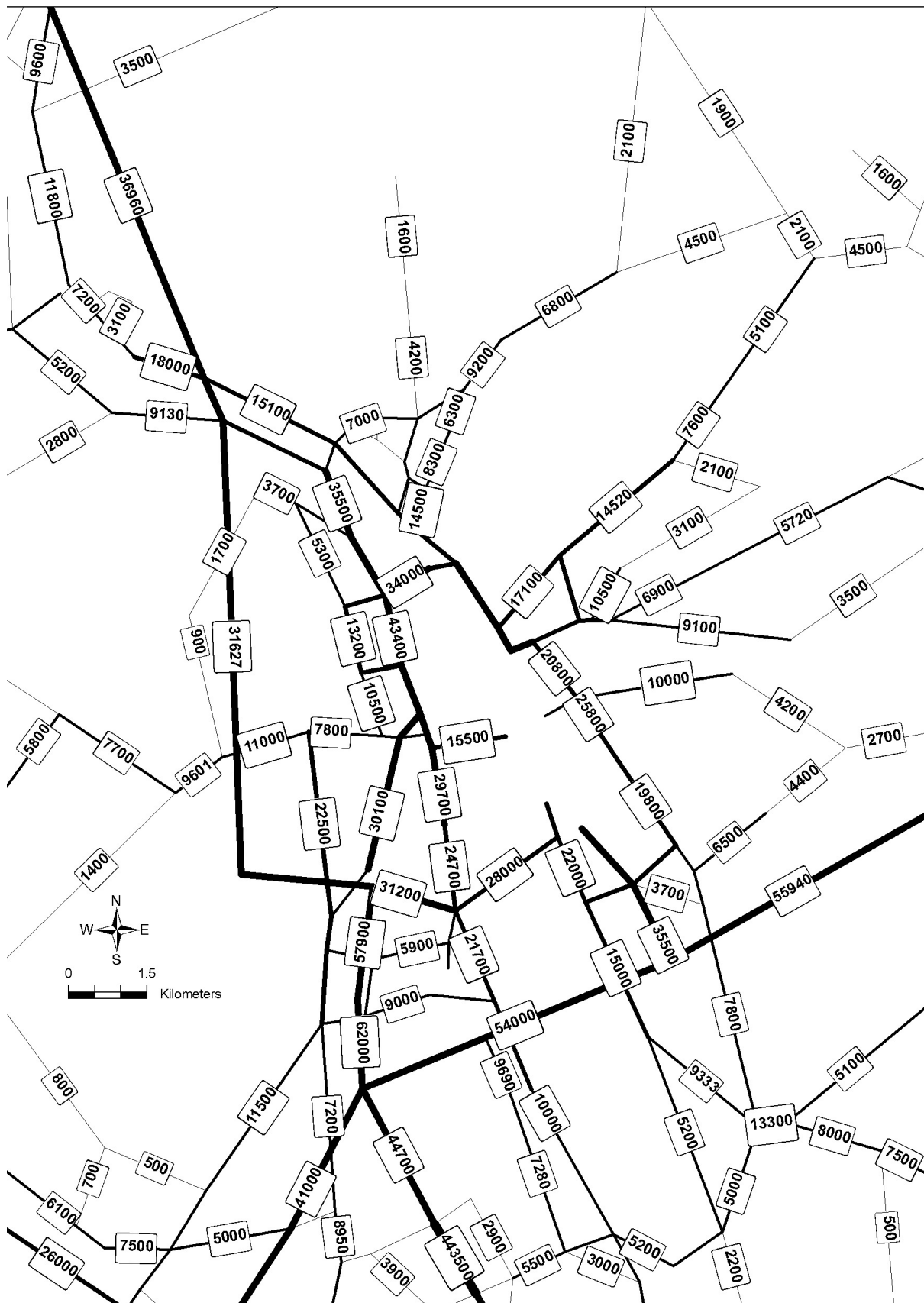


Abbildung 8: Berechnete NO_x-Verkehrsemissionen mit dem Modell NEMO für 2006

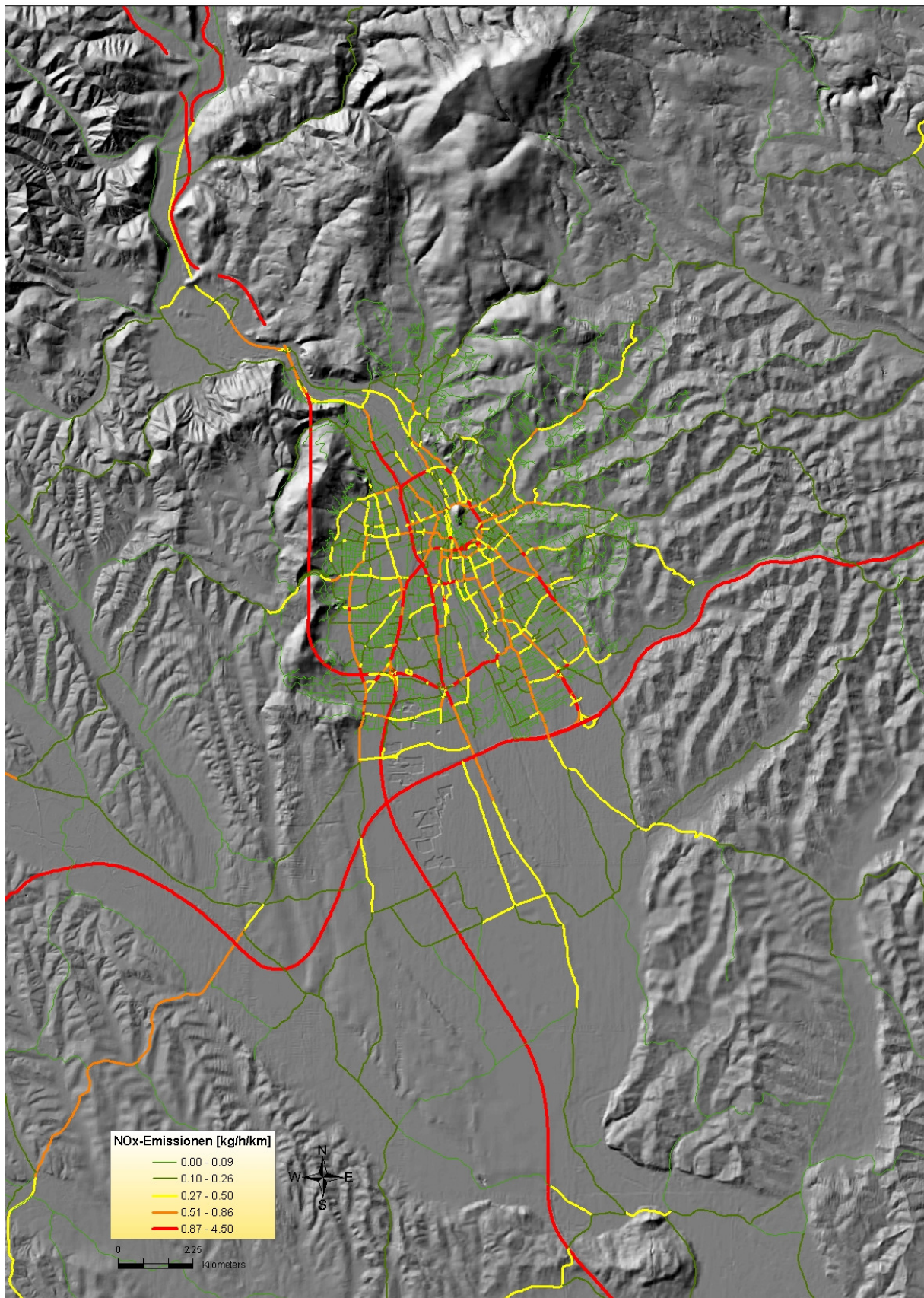
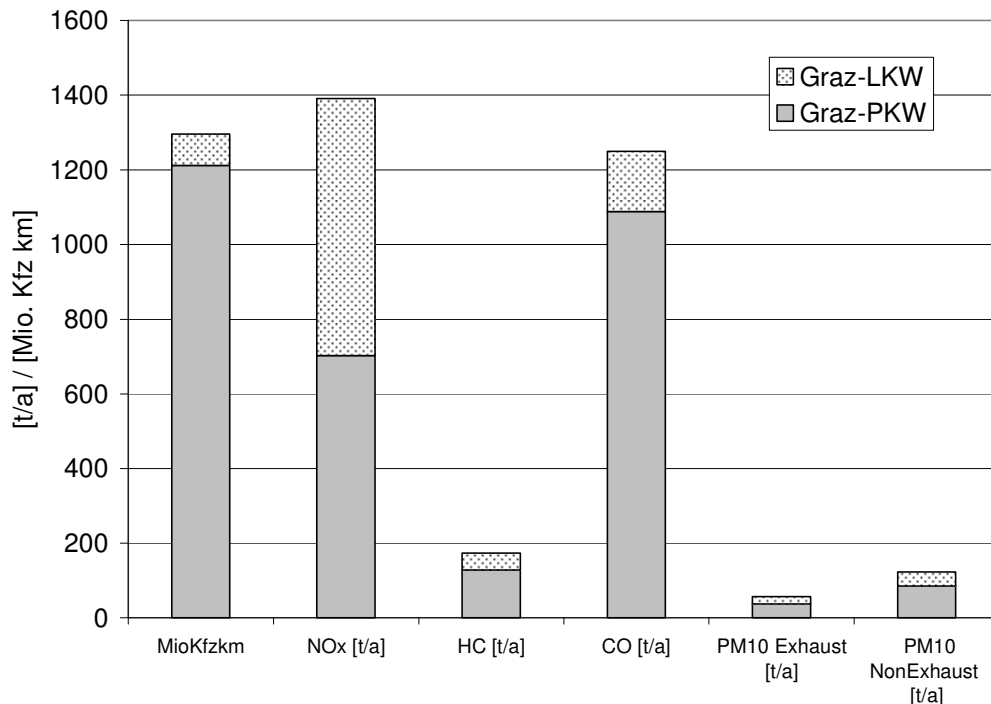


Abbildung 9: Berechnete KFZ-Emissionen für das Stadtgebiet von Graz für 2006



5.2.2 Emissionsentwicklung im Straßenverkehr

Da die Verkehrsemissionen den größten Beitrag zur NO_x -Belastung in Graz liefern, wurde eine Abschätzung der zukünftigen Verkehrsemissionen mit dem Emissionsmodell NEMO durchgeführt. Den Berechnungen liegt eine 2%-ige jährliche Zunahme des Verkehrs zu Grunde. Diese angenommene Steigerungsrate entspricht in etwa dem Szenario „leichte Korrektur“ [IBV 2008] und liegt etwas unter dem Trendszenario von 2,5% seit dem Jahr 2000. Die Abschätzung der weiteren Entwicklung der Verkehrszahlen in Graz (ohne Maßnahmen, wie z.B. Umweltzonen) ist aber aufgrund der derzeitigen unsicheren Entwicklung der Wirtschaft sowie des Energiesektors mit großen Unsicherheiten behaftet.

Trotz der angenommenen Zunahme bei den Verkehrsmengen, sollte es aufgrund der neuen Emissionsgrenzwertregelungen der EU zu einer Abnahme der NO_x -Emissionen kommen. Gegenüber dem Bezugsjahr 2006 wird ein Rückgang um knapp 30% bis zum Jahr 2015 berechnet. Interessant ist auch, dass es von 2003 bis 2006 praktisch keine Veränderungen in den NO_x -Emissionen gab.

Demgegenüber steht aber eine Zunahme der primären NO_2 -Emissionen PKWs aufgrund der Abgasnachbehandlung im Auspuff (Dieselpartikelfilter bzw. Oxidationskatalysatoren). Die maximalen NO_2 -Emissionen werden erst im Jahr 2013 erreicht, wobei die Zunahme gegenüber 2006 etwa 22% betragen wird. Damit kann vor allem direkt neben stark befahrenen Straßen mit keiner Entspannung der Situation gerechnet werden.

Abbildung 10: Abgeschätzter Trend der NO_x-Emissionen aus dem Verkehr mit dem Modell NEMO

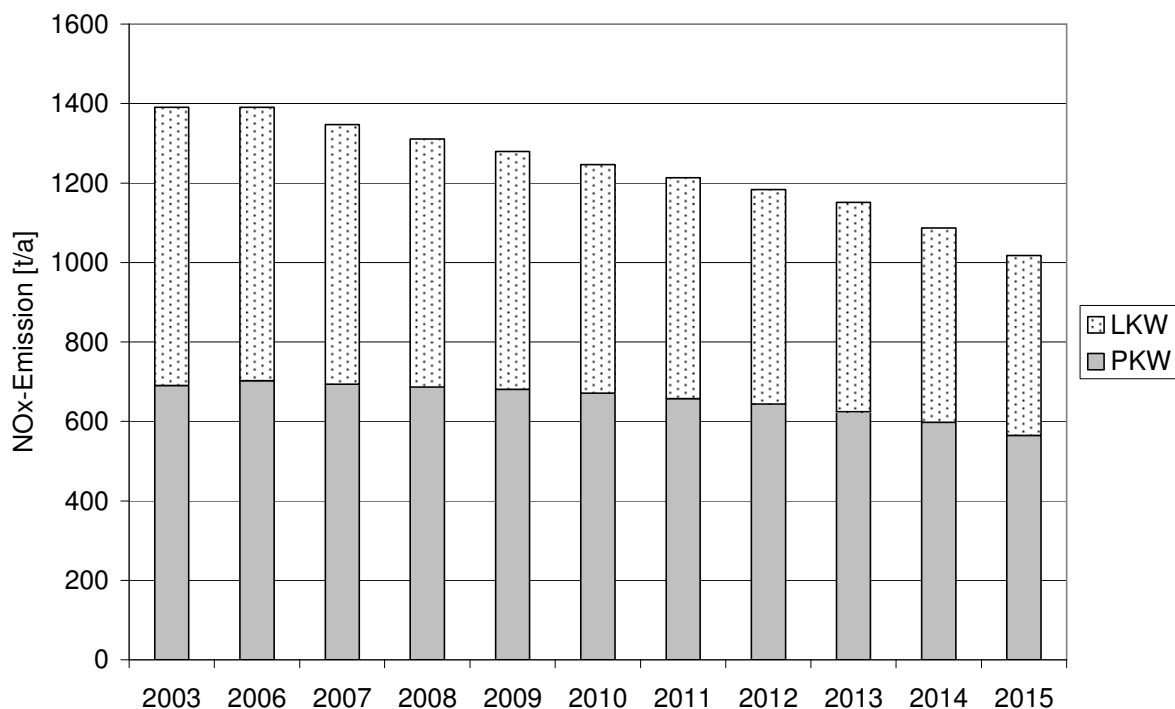
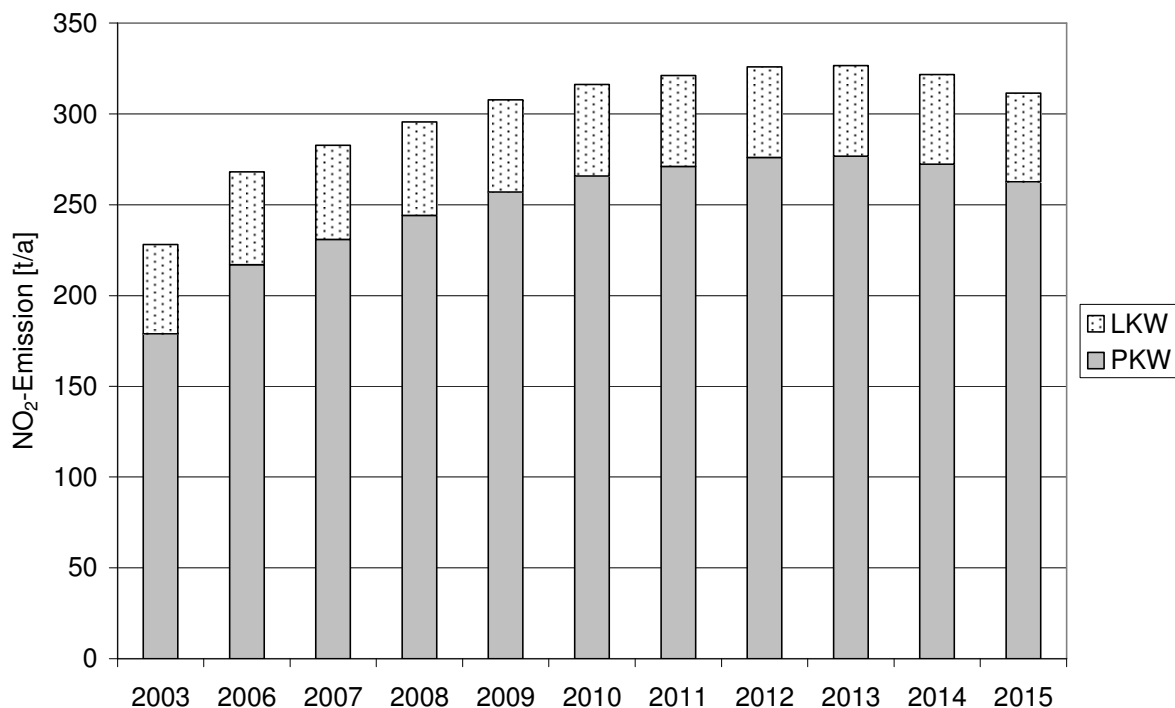


Abbildung 11: Abgeschätzter Trend der NO₂-Emissionen aus dem Verkehr mit dem Modell NEMO

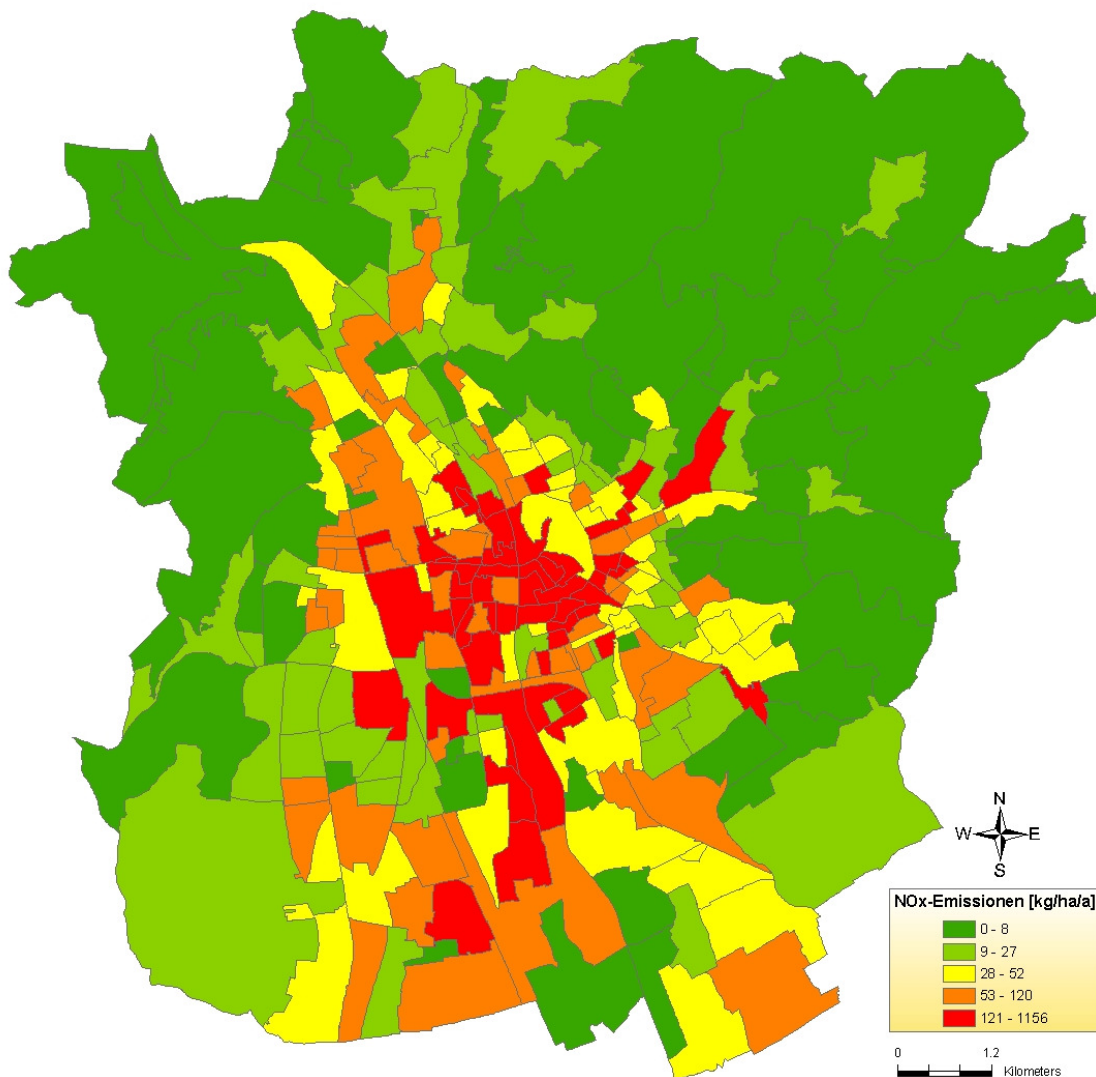


5.3 Emissionen der Betriebe

5.3.1 Emissionenskataster 2001

Emissionen aus den Bereichen Dienstleistungen und Sachgütererzeugung standen von der Technischen Universität Graz zur Verfügung [FVT 2008¹]. Dabei wurde zwischen Punktemissionen und Flächenemissionen unterschieden, wobei die NO_x-Flächenemissionen etwa 332 t/a und die erhobenen Punktemissionen 65 t/a ausmachen. Diese wurden der Kategorie Hausbrand aus Gewerbe und Industrie zugeordnet und auf einem 100 m x 100 m Raster für die Immissionsberechnung übertragen.

Abbildung 12: Hausbrandemissionen aus Gewerbe und Industrie für Graz, Bezugsjahr 2006



¹ Die im Bericht [FVT 2008] angeführten Zahlen stimmen nicht mit jenen der übermittelten Exceltabellen überein. Lt. Auskunft der TU-Graz sind die tabellarischen Zahlen korrekt.

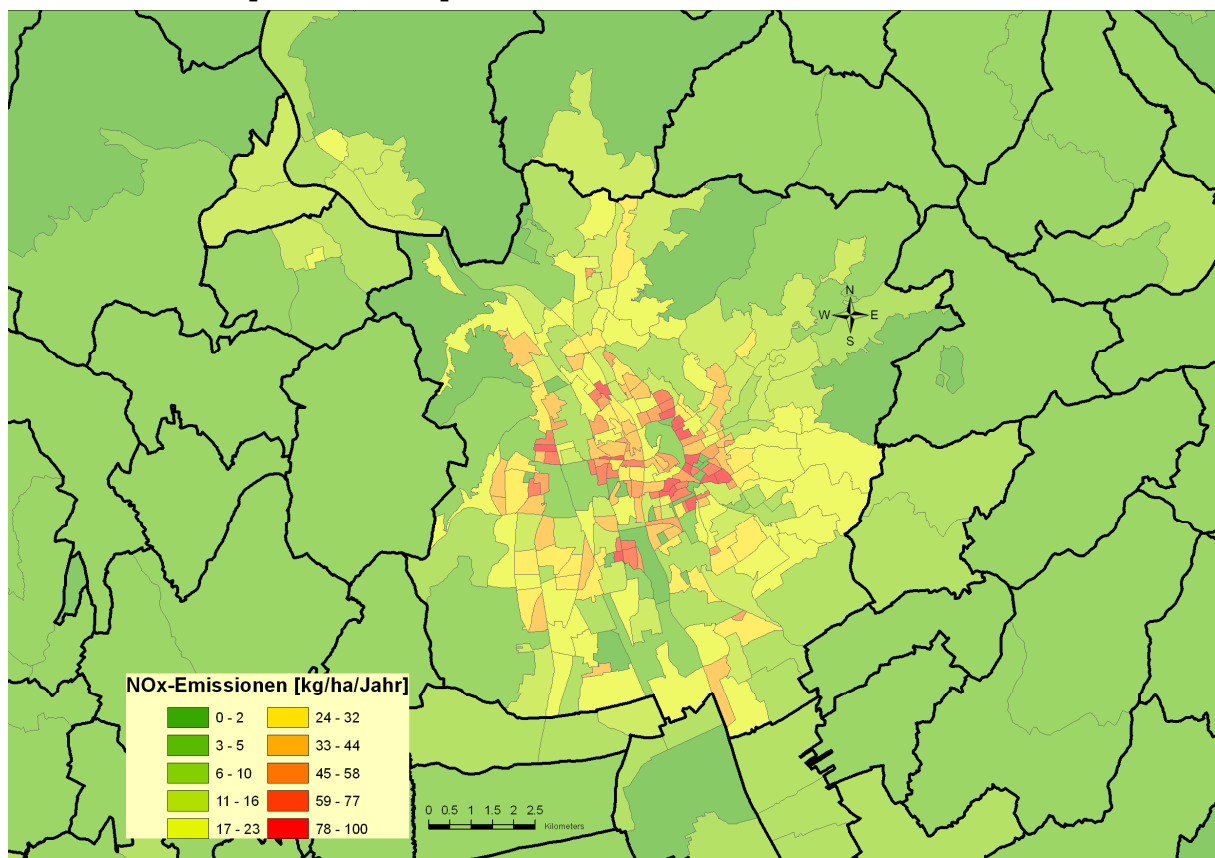
5.3.2 Betriebsanlagenkataster

Seit Mitte 2007 werden unter der Leitung der FA17C detaillierte Emissionsdaten bei Betrieben erhoben. Die Erhebungen finden im Rahmen von Umweltinspektionen oder Genehmigungsverfahren statt. Es werden hierbei diffuse Staubemissionen, Emissionen aus dem Fuhrpark, Emissionen der Zu- und Abtransporte sowie Emissionen aus gefassten Quellen (Abluft- oder Kesselanlagen) erfasst. Dazu werden immissionstechnische Parameter mit dokumentiert (z.B. Lage und Höhe von Kaminquellen, Austrittstemperaturen und –geschwindigkeiten, etc.). Im Untersuchungsgebiet standen zum Zeitpunkt der Berechnungen nur von einigen wenigen Betrieben entsprechende Daten bereit. Diese wurden zwar mitberücksichtigt, stellen aber nur einen Bruchteil der tatsächlichen Betriebsemissionen dar. Es wird zur Zeit daran gearbeitet, alle bisherigen Erhebungen für den Betriebsanlagenkataster Steiermark (BEANKA) in ein System zusammenzuführen.

5.4 Emissionen des Hausbrands aus privaten Haushalten

Basierend auf der Gebäude- und Wohnungszählung 2001 und meteorologischen Daten aus dem Jahr 2006 (Bestimmung der Heizgradtage) wurden Hausbrandemissionen für die Steiermark berechnet [ÖTTL 2008a].

Abbildung 13: Hausbrandemissionen privater Haushalte, Bezugsjahr 2001 [ÖTTL 2008a]



Die kleinste räumliche Einheit dafür waren Zählsprengel. Für die Ausbreitungsrechnung der Luftschadstoffe wurden die Emissionen mit dem Gebäudekataster verschnitten. Über die Unsicherheiten bezüglich der Hausbrandemissionen sei auf den entsprechenden Bericht [ÖTTL 2008a] verwiesen. In Summe werden im Stadtgebiet von Graz rund 171 t NO_x pro Jahr emittiert. Im Vergleich zu den Verkehrsemissionen ist diese Menge beinahe vernachlässigbar.

5.5 Übersicht über die Emissionen

Tabelle 12: Übersicht über die gesamten betrachteten NO_x-Emissionen in Graz mit jeweiligem Bezugsjahr

Quelle	NO _x -Emission [t/a]	Bezugsjahr
Straßenverkehr	1391	2006
Sachgütererzeugung und Dienstleistungssektor	393	2001
Hausbrand private Haushalte	171	2001
Schienenverkehr	60	2001
Kaltstartemissionen	24	2001
Abstellflächen	3	2001

6 Meteorologie

6.1 Klimatische Randbedingungen

Die geländeklimatischen Rahmenbedingungen, welche in den Klimaeignungskarten beschrieben sind, bestimmen wesentlich die Ausbreitung von Luftschadstoffen. Das geplante Sanierungsgebiet wird im Wesentlichen durch die Klimaregionen des Grazer Feldes (einschließlich des unteren Kainachtals) sowie der östlichen Grazer Bucht abgedeckt.

Die wichtigsten klimatischen Charakteristika in diesen Zonen stellen die gemäß der Talbeckenlage erhöhte Inversions- und Kaltluftgefährdung dar, zu der sich speziell im Winterhalbjahr (Oktober bis März) eine ausgesprochene Windarmut gesellt. Die Kalmenhäufigkeit kann dabei in einigen Abschnitten 60-70% erreichen bzw. überschreiten.

Die abgeschirmte Lage südlich der Alpen begünstigt ferner die Ausbildung von Lokalwinden, die letztlich in hohem Maße die Lage von Immissionsschwerpunkten prägen.

Die ungünstigen Durchlüftungsbedingungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten oft unter 1 m/s bewirken zudem eine stark erhöhte Nebelhäufigkeit (z.B. Graz/Flughafen 140 d mit Nebel/Jahr), wodurch diese Zone zu den nebelreichsten in der Steiermark gehört.

Von Ende Oktober bis Anfang März sind außerdem Hochnebel eine relativ typische Erscheinung. Die Frosthäufigkeit ist ebenfalls relativ hoch (120 bis 135 Tage mit Frost/Jahr), wenn auch nicht so extrem wie in den Seitentälern bzw. Seitentalbecken.

Die relative Sonnenscheindauer ist speziell im Winterhalbjahr infolge der häufigen und beständigen Nebellagen deutlich reduziert (im Dezember oft unter 30%).

Die Jännermittel umspannen den Bereich von -2,5 °C bis -3,5 °C, die Werte für den Juli von 18 bis 19 °C, entsprechend einem Jahresmittel von 8,2 bis 8,6 °C; die Vegetationsperiode lässt sich mit etwa 228 bis 235 Tagen/Jahr veranschlagen.

Die Terrassenkanten weisen höhere nächtliche Temperaturen auf, speziell in der zweiten Nachthälfte, also ohne mächtigeren Talnebel, der die Unterschiede innerhalb der Zone nahezu völlig ausgleichen würde.

Bezüglich des Niederschlages ist ein kontinentaler Jahresgang mit niederschlagsreichen Sommern (Zahl der Tage mit Gewitter 40 bis 50) und schneearmen Wintern typisch. Die Würmterrasse ist im übrigen gegenüber der Muraue kaum thermisch begünstigt, was mit dem erschwerten Kaltluftabfluss und der schon erwähnten geringen Durchlüftung zusammenhängt.

Im Grazer Feld sind für die Schadstoffausbreitung häufig Lokalwindssysteme verantwortlich, die während der Nacht allerdings erst einige 10-er Meter über Grund wirksam sind. Die Inversionen sind durch eine geringe Mächtigkeit (im Sommerhalbjahr oft 150-200 m, im Winterhalbjahr 200-350 m, mitunter auch darüber) charakterisiert, wobei Bodeninversionen speziell von März bis Oktober dominieren. Die Inversionsgefährdung beträgt generell 70 bis 80%, lokal auch etwas darüber.

6.2 Ausbreitungsverhältnisse

Die Verdünnung von Luftschadstoffen in der Atmosphäre hängt von der mittleren Windgeschwindigkeit (Advektion) und der Turbulenz ab. Letztere weist in Bereichen mit Temperaturinversionen (Temperaturzunahme mit zunehmender Höhe) in Vertikalrichtung sehr geringe Werte auf, was zu einer schlechten Durchmischung in der Vertikalen und zu hohen Immissionsbelastungen bei entsprechenden Emissionen führen kann.

Im vorliegenden Fall wurden die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung und die atmosphärische Stabilität (ausgedrückt durch Pasquill-Gifford Ausbreitungsklassen 1-7) als Eingangsparameter für die Modellierung gewählt. Die notwendigen weiteren Turbulenzparameter für die Ausbreitungsmodellierung (z.B. Monin-Obukhov Länge, Schubspannungsgeschwindigkeit) werden daraus abgeleitet.

Die gewählte meteorologische Messstation sollte möglichst repräsentativ für die übergeordneten Strömungen sein (Berg- Talwindsystem zwischen Alpenvorland und Gebirge, synoptische Strömung) und nur wenig durch lokale topographische Elemente beeinflusst sein (Hangwinde, Umströmungen, etc.). Nach Analyse der Winddaten aller Stationen wurde die Messstation Oeversee für die Erstellung einer Ausbreitungsklassenstatistik gewählt. Die Station zeigt sehr schön das Berg- Talwindsystem zwischen Alpenvorland und Gebirgskörper und ist nur wenig durch die lokale Topographie beeinflusst.

Die gemessene jahresdurchschnittliche Windgeschwindigkeit beträgt an der Station Oeversee 0,8 m/s. Tagsüber treten überwiegend südliche Windrichtungen (Taleinwind) und in der Nacht nördliche Windrichtungen auf (Talauswind), wie aus Abbildung 15 ersichtlich ist.

Die US-EPA [US-EPA 2000] sieht eine Bestimmung der Ausbreitungsklasse (1-7) entsprechend der gemessenen Globalstrahlung tagsüber und des Temperaturgradienten in der Nacht vor. Die Globalstrahlung wird an der Messstation Graz-Nord erfasst. Zur Bestimmung des nächtlichen Temperaturgradienten wurde neben der Station Oeversee die Station Kärntnerstraße in ca. 55 m Höhe über dem Grund herangezogen. Da diese Station auf einem Hochhaus montiert ist, gibt es keine unerwünschten Einflüsse durch topographische Effekte, wie z.B. Hangüberwärmungen tagsüber aufgrund der Exposition. In der Methode nach US-EPA werden die Stabilitätsklassen 6 und 7 zur Klasse 6 zusammengefasst. In Anlehnung an die ursprüngliche Methode nach Turner ([US-EPA; 2000], Kapitel 6.4.3) wird hier bei Temperaturinversion in der Nacht und windschwacher Wetterlage trotzdem die Ausbreitungsklasse 7 verwendet. Analysen mit anderen Methoden (Temperaturgradientenmethode bzw. Strahlungsbilanzmethode nach ÖNORM M9440) zeigten zwar im Jahresdurchschnitt ähnliche Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Ausbreitungsklassen, die saisonale Variabilität war aber nicht plausibel.

Insgesamt überwiegen die stabilen Ausbreitungsklassen mit knapp 50%. Labile Ausbreitungsklassen ergeben sich zu rund 30%. Aufgrund der geringen Windgeschwindigkeiten gibt es nur in etwas mehr als 20% der Fälle neutrale Klassen. Gegenüber dem Sommer nehmen die labilen Ausbreitungsklassen von rund 40% auf 17% ab und die stabilen Ausbreitungsklassen von 38% auf rund 60% zu (Tabelle 13).

Tabelle 13: Häufigkeit der Pasquill-Gifford Ausbreitungsklassen entsprechend [US-EPA 2000] – Methode mit Globalstrahlung und nächtlichem Temperaturgradienten

	AK1	AK2	AK3	AK4	AK5	AK6	AK7
Jahr	7%	21%	1%	22%	0%	11%	38%
Jun-Aug	13%	25%	1%	23%	0%	5%	33%
Jän-Feb; Dez	0%	16%	1%	21%	1%	14%	47%

Abbildung 14: Gemessene Windrichtungsverteilungen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit an der Station Oeversee; 2004-2006

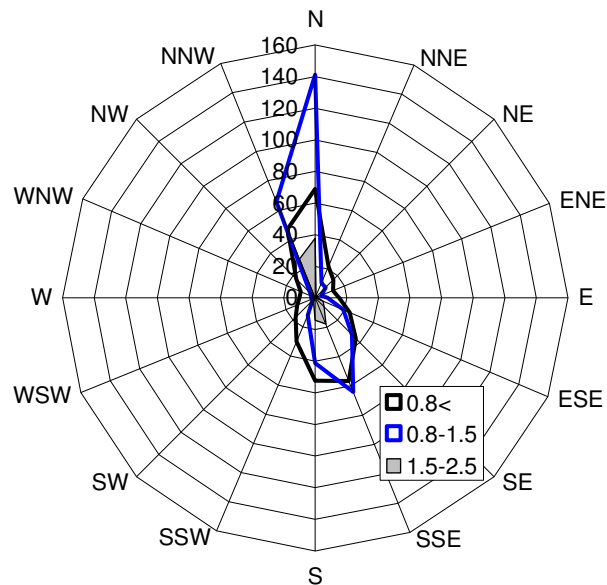
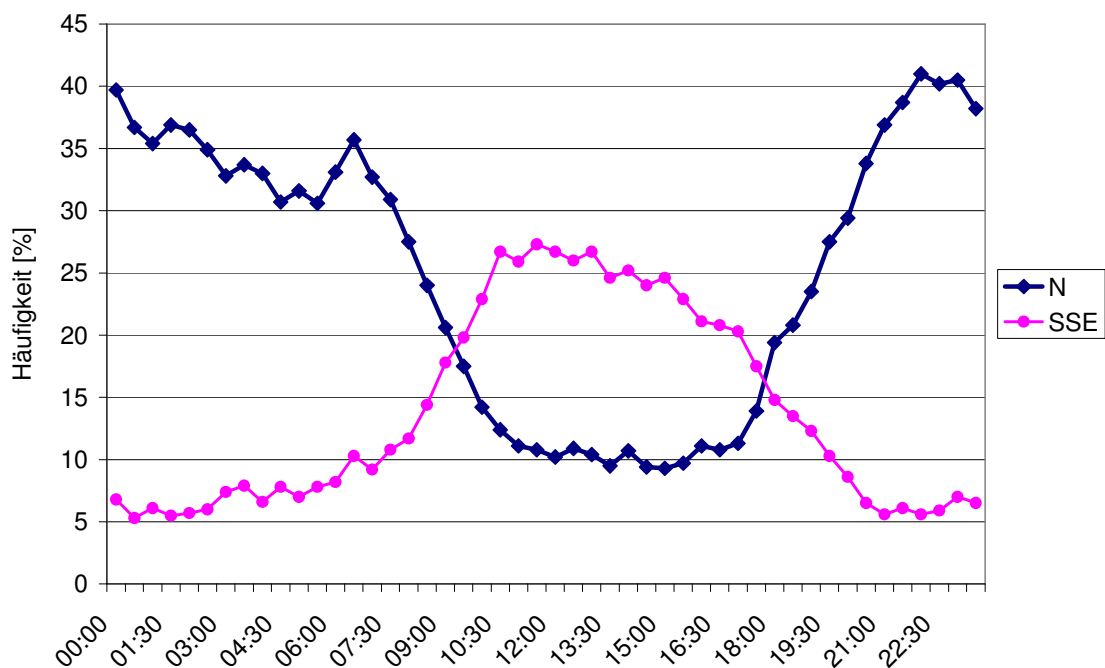


Abbildung 15: Tagesgang der Hauptwindrichtungen an der Station Oeversee; 2004-2006



7 Bildung und Umwandlung von Stickstoffoxiden

7.1 Stickstoffoxide aus Verkehrsemissionen

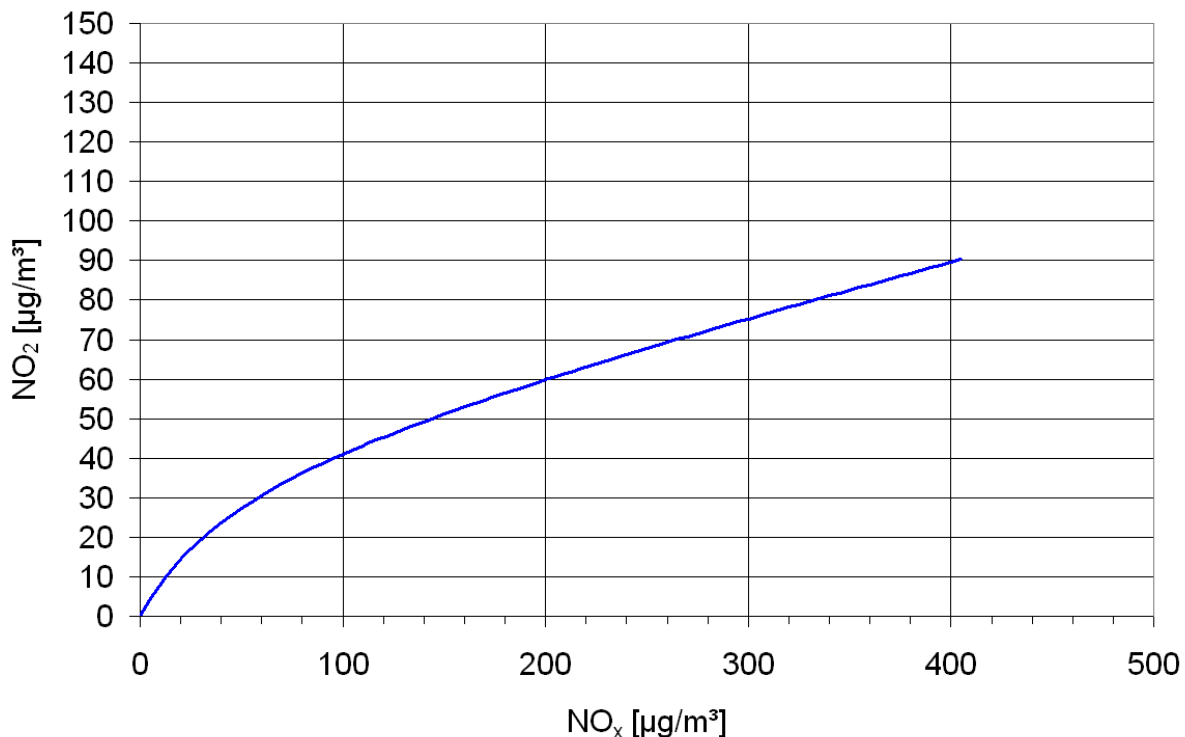
In Kapitel 7.2 werden die luftchemischen Prozesse der NO-NO₂-Umwandlung beschrieben. Die dort dargestellten Reaktionsgleichungen sind so umfangreich, dass diese in einem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell kaum und in Euler'schen Modellen nur mit großem Rechenaufwand berücksichtigt werden können. Die hier angewandte Methode der statistischen Betrachtungsweise einzelner Ausbreitungssituationen ohne auf den genauen Zeitverlauf einzugehen, führt ebenfalls dazu, dass

Reaktionsgleichungen für die zeitliche Entwicklung der Ozon und NO₂-Konzentrationen nicht berücksichtigt werden können. Zudem fehlen in der Regel wichtige notwendige Parameter für derartige Berechnungen (aktinischer Fluss, Konzentrationen der Vorläufersubstanzen, insbesondere der OH-Radikale und der VOCs).

In der Praxis werden deshalb empirische Zusammenhänge zwischen gemessenen NO₂-Konzentrationen und gemessenen NO_x-Konzentrationen für statistische Konzentrationswerte, wie z. B. dem Jahresmittelwert, verwendet. Im vorliegenden Fall wird für den Jahresmittelwert eine Funktion nach [BÄCHLIN 2006] verwendet:

$$NO_{2,JMW} = NO_{x,JMW} \cdot \left(\frac{43}{NO_{x,JMW} + 53} + 0,129 \right)$$

Abbildung 16: Empirischer Zusammenhang zwischen NO_x- und NO₂-Konzentrationen im Jahresmittelwert [BÄCHLIN 2006]



Wichtig in Bezug auf die weitere zeitliche Entwicklung der NO₂-Konzentrationen ist der Umstand, dass die NO₂-Anteile im Abgas von Kraftfahrzeugen in den letzten Jahren, insbesondere seit der Verwendung von Oxidationskatalysatoren in Diesel-PKWs, ansteigen. Dieser Anstieg des sogenannten primären NO₂ wirkt sich vor allem im Nahbereich von Straßen auf die NO₂-Konzentrationen aus, da hier nur wenig Zeit für die oben beschriebene atmosphärische Umwandlung von NO zu NO₂ zur Verfügung steht. Mit weiterer Entfernung zu den Straßen und damit längerer Dauer für die Umwandlung dominieren die luftchemischen Reaktionen die NO₂-Konzentrationen. Dies lässt sich auch an Hand von Immissionsmessungen nachweisen (siehe Kapitel 8.1.3). Straßennah können hier stärkere Anstiege des NO₂-Anteils am NO_x nachgewiesen werden als in größeren Entfernungen. So liegt die jährliche Steigerungsrate des NO₂-Anteils am NO_x an der straßennahen Station Don-Bosco in Graz bei 1,2%, während im Bereich des städtischen Hintergrunds (Graz-Nord) Steigerungsraten von

0,4% in den letzten neun Jahren beobachtet werden konnten. Das bedeutet, dass trotz teilweisem Rückgang der NO_x -Konzentrationen durch Verbesserungen bei den Motoremissionen, die entsprechenden NO_2 -Konzentrationen in geringerem Ausmaß – falls überhaupt – sinken.

Um für zukünftige Szenarien den steigenden Anteil des primären NO_2 im Abgas der KFZ berücksichtigen zu können, wird hier eine Erweiterung der Gleichung nach [BÄCHLIN 2006] durch [KURZ 2008] verwendet.

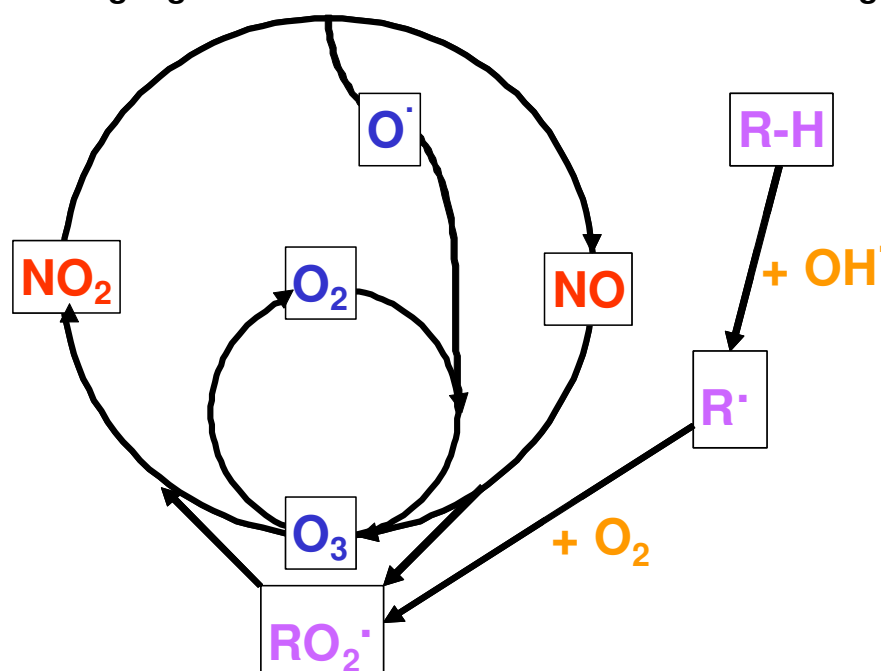
$$\text{NO}_{2, \text{JMW}} = X \cdot A + (1 - X) \cdot A \cdot \frac{0,72}{e^{\frac{A+B}{126}}} + B \cdot \left(\frac{43}{A + B + 53} + 0,129 \right),$$

wobei X der primäre Anteil von NO_2 im Abgas der KFZ, A der Jahresmittelwert an NO_x durch den Verkehr und B der Jahresmittelwert an NO_x durch alle anderen Quellen außer dem Verkehr sind.

7.2 Luftchemische Prozesse

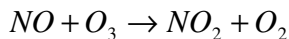
Stickstoffdioxid (NO_2) wird in der Regel nur zu einem geringen Teil direkt bei der Verbrennung emittiert. Der Anteil von NO_2 an den gesamten emittierten Stickstoffoxiden (NO_x) beträgt je nach Brennstoff und Abgasnachbehandlung zwischen 5% und 40%. In der Atmosphäre kommt es aber recht rasch zur Oxidation des überwiegend emittierten Stickstoffmonoxids (NO) zu NO_2 . Als Hauptoxidationsmittel wirkt dabei Ozon (O_3). Kohlenwasserstoffe (R-H) können in die Reaktion eingreifen, indem sie durch in der Atmosphäre vorhandenen Hydroxylradikale ($\text{OH}^\cdot$) zu Peroxidradikalen ($\text{RO}_2^\cdot$) umgewandelt werden können. Diese reaktiven Verbindungen können NO in NO_2 umwandeln, ohne dass Ozon dabei verbraucht wird. Die Folge sind eine verstärkte Umwandlungsrate von NO in NO_2 und ein Anstieg der Ozonkonzentrationen (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Reaktionsschema zur Umwandlung von NO in NO_2 unter Beteiligung von Ozon und Kohlenwasserstoffverbindungen



Die wichtigsten Reaktionsschritte seien im Folgenden kurz erläutert:

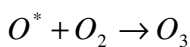
In Bereichen mit hoher Schadstoffbelastung, z.B. neben stark befahrenen Straßen, reagiert das Ozon sehr rasch mit Stickstoffmonoxid z.B. aus dem KFZ-Verkehr und bildet Stickstoffdioxid und Sauerstoff.



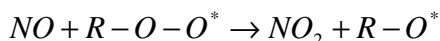
In einer weiteren, langsamer ablaufenden Reaktion wird Stickstoffdioxid unter Einwirkung von UV-Strahlung der Sonne in Stickstoffmonoxid und einem angeregten Sauerstoffatom wieder zerlegt (Photodissoziation).



Das angeregte Sauerstoffatom vereinigt sich in der Folge mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoffmolekül zu Ozon.

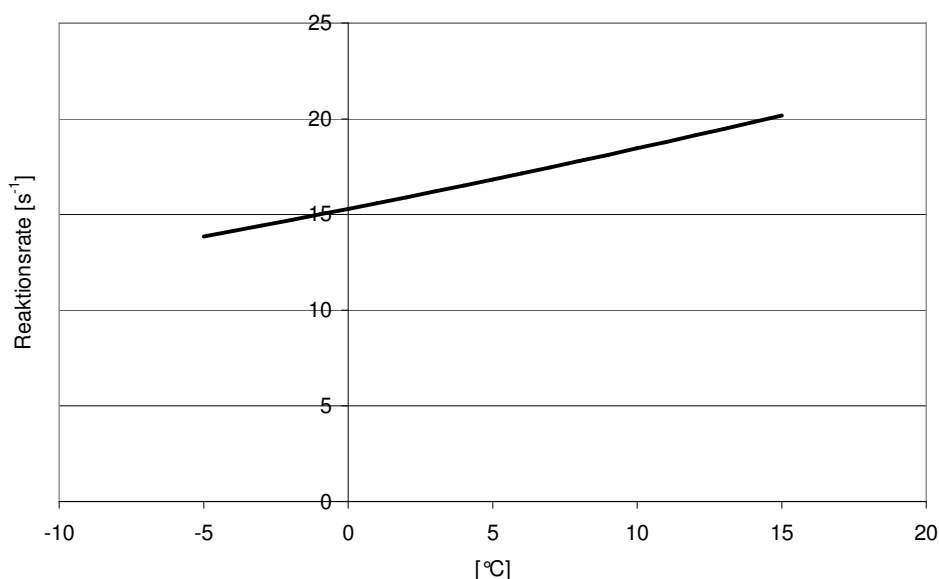


Das bedeutet einerseits, dass die Ozonkonzentration gerade an Orte mit ansonsten schlechter Luftqualität (z.B. in Städten) tendenziell niedriger ist als in sogenannten Reinluftgebieten und andererseits, dass die Ozonbildung umso stärker ist, je mehr UV-Strahlung vorhanden ist. Sehr hohe Ozonkonzentrationen werden jedoch erreicht, wenn Kohlenwasserstoffe vorhanden sind. Diese können entweder durch menschliche Aktivitäten aber auch durch Pflanzen (z.B. Isoprene, Terpene aus Nadelwäldern) in die Atmosphäre gelangen. Diese Kohlenwasserstoffe werden durch freie OH-Radikale oxidiert, dabei entstehen sogenannte Peroxidradikale R-O-O^* . Diese können wiederum Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidieren, wodurch der Ozonabbau verringert bzw. die NO_2 Bildung gefördert wird.



Die Bildungsrate von NO_2 aus NO läuft mit zunehmender Temperatur schneller ab (z.B. [ALESSANDRINI 2008]):

Abbildung 18: Abhängigkeit der Oxidationsrate von NO zu NO_2 mittels O_3 von der Temperatur



8 Immissionen

8.1 Messergebnisse aus dem steirischen Luftgütemessnetz

Wie in Kapitel 7.2 beschrieben wurde, stehen die Konzentrationen von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid über chemische Gleichgewichte in engem Zusammenhang. Die Emission wird wesentlich durch NO bestimmt, für die Immissionsbelastung ist der lufthygienisch relevante Schadstoff NO₂. Für die Wirksamkeit von emissionsmindernden Maßnahmen ist die Summe der Stickstoffoxide von Bedeutung.

Die Berechnung der NO_x-Konzentrationen erfolgt aus den Messergebnissen der Immissionsmessungen durch Addition der gemessenen NO- und NO₂-Konzentrationen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Molmassen. Das Ergebnis wird als NO₂-Konzentration angegeben. Die Berechnung erfolgt aus den Konzentrationen von NO und NO₂ nach folgendem Zusammenhang:

$$NO_x [\mu g / m^3] = NO_2 [\mu g / m^3] + NO * \frac{1,92}{1,25} [\mu g / m^3]$$

8.1.1 Stickstoffoxide

In den folgenden Tabellen werden die aus den Messergebnissen berechneten NO_x-Konzentrationen der Jahre 2003 bis 2009 dargestellt. Für ausgewählte Messstandorte werden auch Trenddarstellungen über einen längeren Zeitraum abgebildet.

Tabelle 14: Station Graz-Nord, Belastung an NO_x [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	56	155	343	260	603	733
2004	52	108	285	220	598	724
2005	49	110	359	224	707	773
2006	55	131	319	265	601	662
2007	48	114	267	207	482	657
2008	48	122	291	230	500	626
2009	43	87	246	189	401	468

Abbildung 19: Graz Nord, Summe der Stickstoffoxide; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

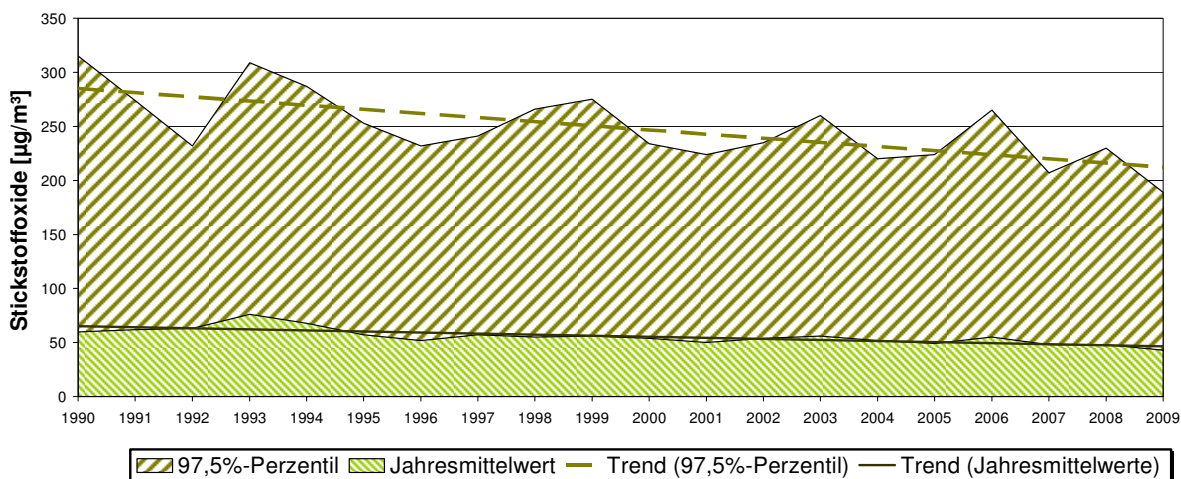


Tabelle 15: Station Graz-West, Belastung an NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	78	198	484	353	713	934
2004	67	130	390	312	755	906
2005	71	157	420	330	776	1063
2006	77	176	398	348	831	958
2007	66	150	459	303	691	791
2008	67	170	374	302	836	896
2009	58	129	290	249	491	608

Abbildung 20: Graz West, Summe der Stickstoffoxide; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

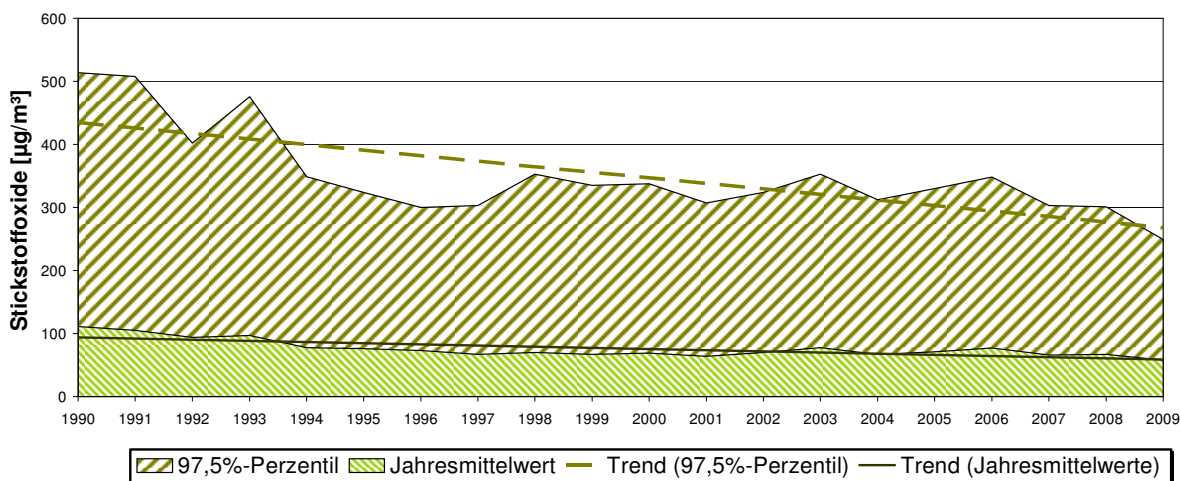


Tabelle 16: Station Graz-Süd, Belastung an NO_x [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003					1100	1272

Tabelle 17: Station Graz-Süd Tiergartenweg, Belastung an NO_x [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2004	98	191	719	478	1028	1159
2005	100	222	563	497	930	1017
2006	104	229	544	460	972	1058
2007	93	235	610	466	930	1014
2008	89	221	450	434	792	878
2009	76	175	350	354	659	788

Tabelle 18: Station Graz-Mitte, Belastung an NO_x [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	103	232	553	412	1093	1233
2004	94	151	524	368	884	1086
2005	100	189	465	388	850	1107
2006	102	193	400	390	755	888
2007	96	187	559	388	887	1117
2008	95	193	401	378	891	997
2009	85	154	278	316	598	744

Abbildung 21: Graz Mitte, Summe der Stickstoffoxide; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

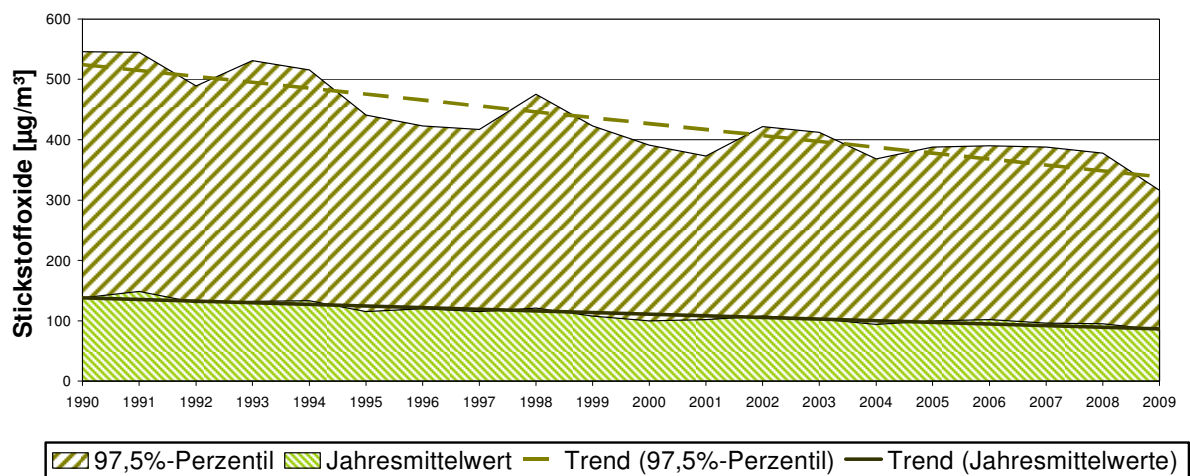


Tabelle 19: Station Graz-Ost, Belastung an NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	59	161	372	293	802	952
2004	48	99	323	233	607	707

Tabelle 20: Station Graz-Ost Petersgasse, Belastung an NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2006	82	168	372	362	734	964
2007	73	160	443	338	632	823
2008	70	167	333	330	639	798
2009	65	137	293	278	551	786

Tabelle 21: Station Graz-Don Bosco, Belastung an NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	175	334	740	644	1117	1448
2004	163	253	698	598	1267	1686
2005	161	287	626	617	1183	1393
2006	168	318	702	610	1208	1396

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2007	145	305	635	531	1137	1322
2008	148	297	546	552	972	1261
2009	134	244	464	469	743	1061

8.1.2 Stickstoffdioxid

Die gemessenen NO₂-Belastungen in den letzten Jahren sind in Tabelle 22 bis Tabelle 29 aufgelistet. Ergänzend werden die Schadstofftrends dargestellt.

Tabelle 22: Station Graz-Nord, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	30	55	87	79	160	194
2004	28	44	82	71	117	137
2005	28	44	104	79	141	174
2006	30	56	110	87	141	155
2007	28	44	65	67	93	120
2008	26	43	68	68	110	138
2009	25	44	82	65	124	135

Abbildung 22: Graz Nord, Stickstoffdioxid; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

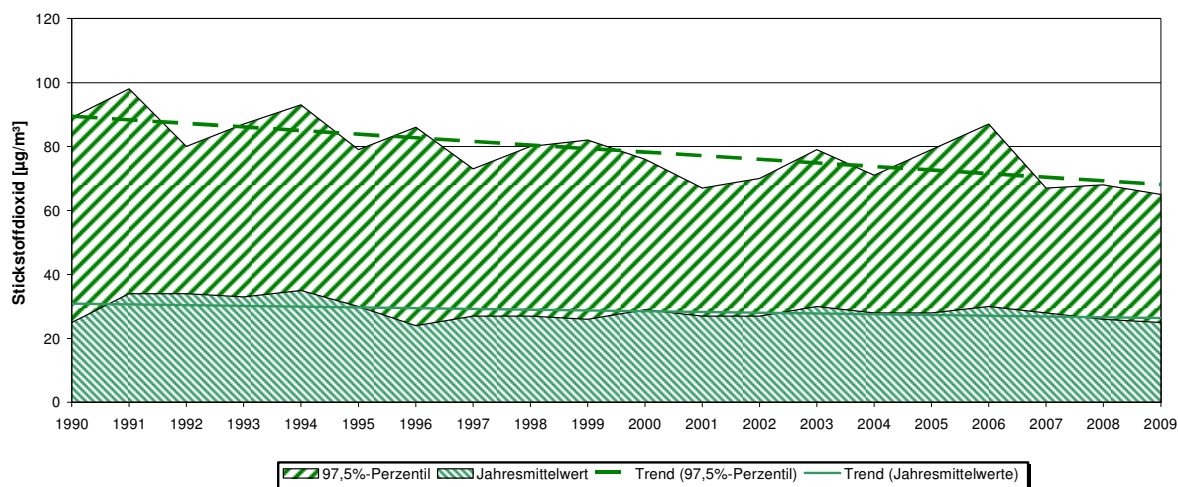


Tabelle 23: Station Graz-West, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	35	57	96	90	140	174
2004	29	45	90	79	124	131
2005	32	49	126	89	170	180
2006	34	64	111	94	145	158
2007	30	45	66	73	98	124
2008	30	48	73	74	113	133
2009	28	44	82	69	115	127

Abbildung 23: Graz West, Stickstoffdioxid; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

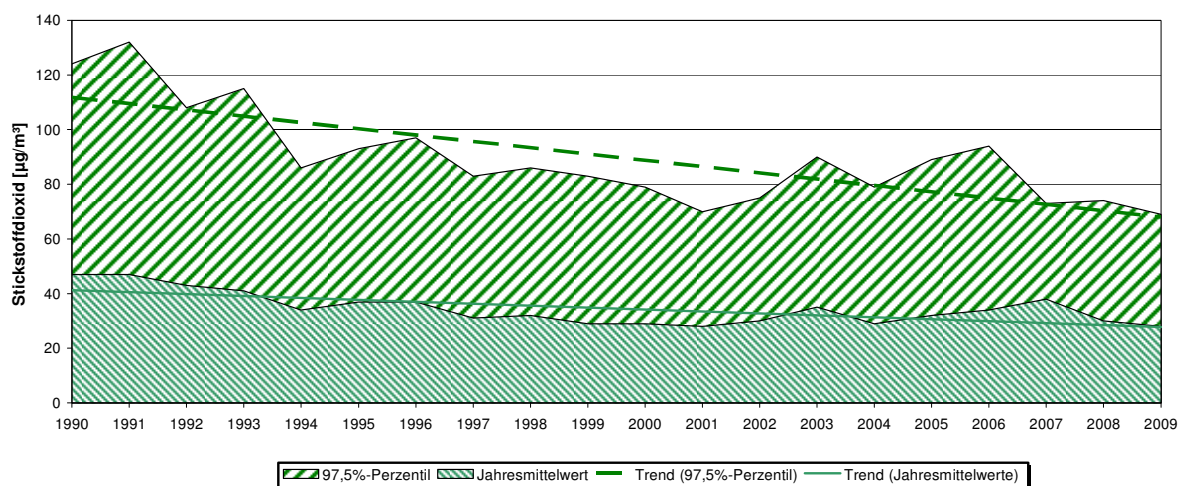


Tabelle 24: Station Graz-Süd, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	-	-	-	-	221	249

Tabelle 25: Station Graz-Süd Tiergartenweg, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2004	37	52	108	92	147	159
2005	38	58	129	105	176	202
2006	39	71	121	104	168	180
2007	34	51	81	83	122	131
2008	33	53	79	83	123	161
2009	31	48	91	79	152	165

**Abbildung 24: Graz Süd/Graz Süd-Tiergartenweg, Stickstoffdioxid; Trendbe-
trachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)**

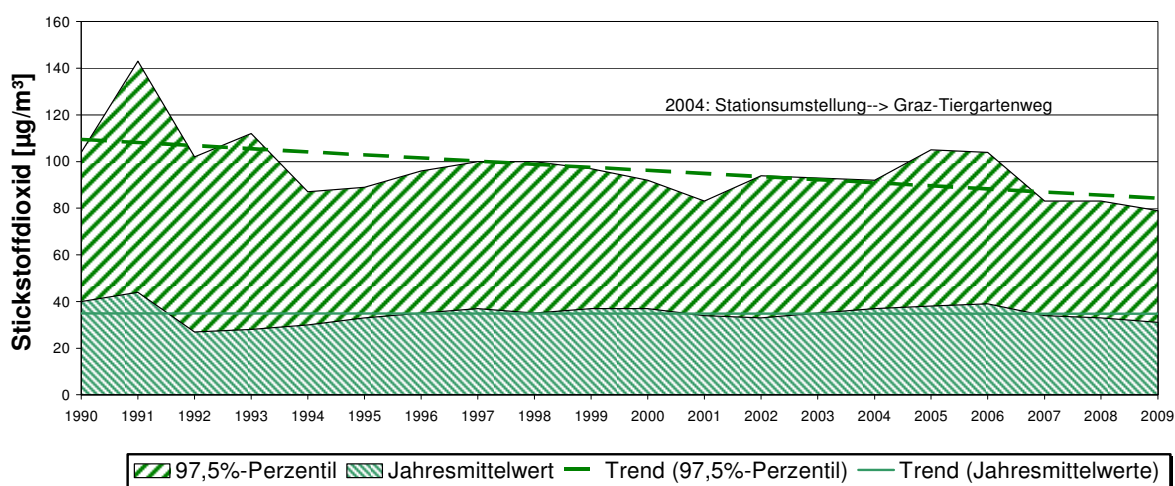


Tabelle 26: Station Graz-Mitte, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	45	67	126	102	245	280
2004	39	53	111	89	170	195
2005	42	59	140	101	191	199
2006	46	68	117	103	149	180
2007	44	60	96	96	140	159
2008	42	60	91	95	155	162
2009	40	54	83	87	114	140

Abbildung 25: Graz Mitte, Stickstoffdioxid; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

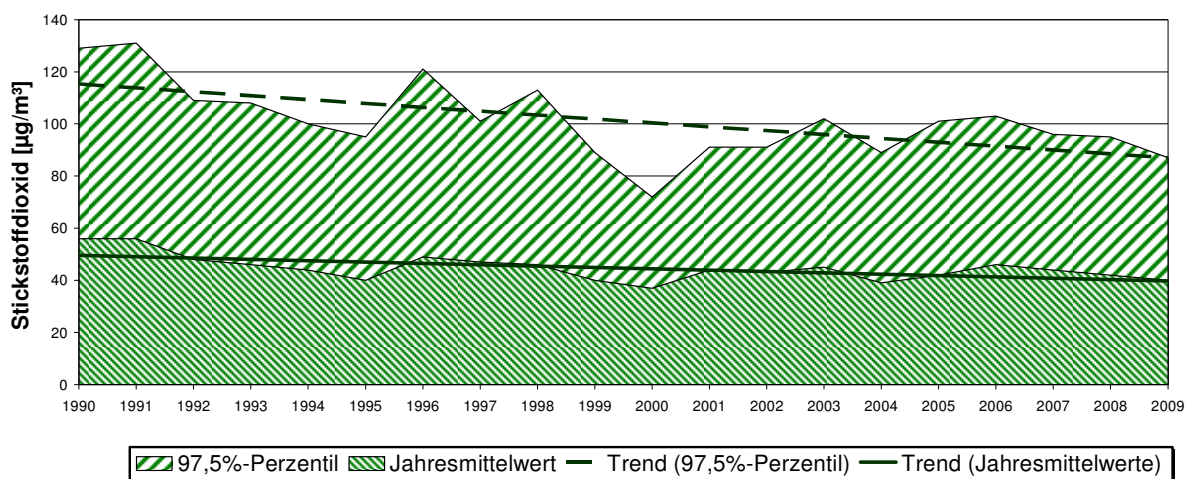


Tabelle 27: Station Graz-Ost, Belastung an NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	27	51	90	81	173	205
2004	26	41	81	73	126	135
2006	36	63	111	98	167	184

Tabelle 28: Station Graz-Ost Petersgasse, Belastung an NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2007	32	48	74	81	124	164
2008	30	49	71	80	127	158
2009	30	47	91	78	143	162

Abbildung 26: Graz Ost/Graz Ost-Petersgasse, Stickstoffdioxid; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)

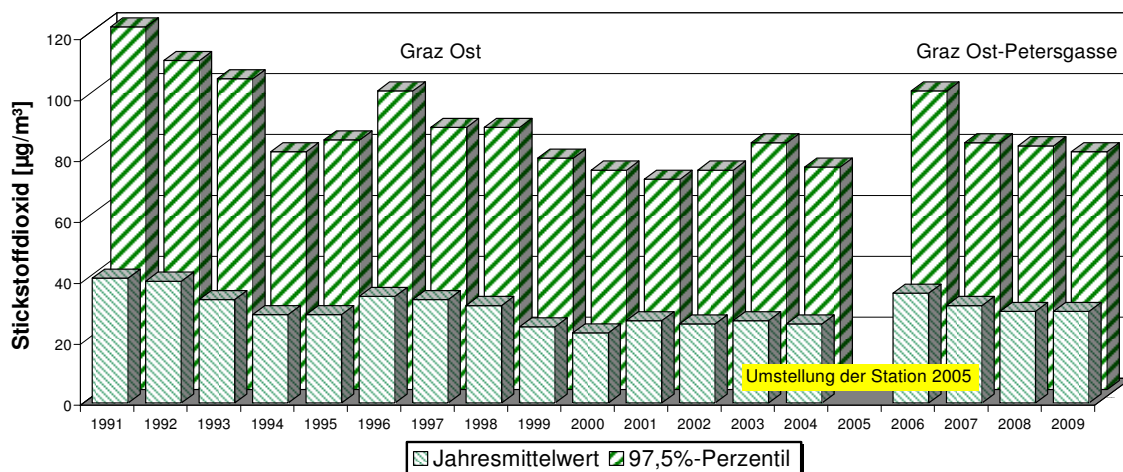
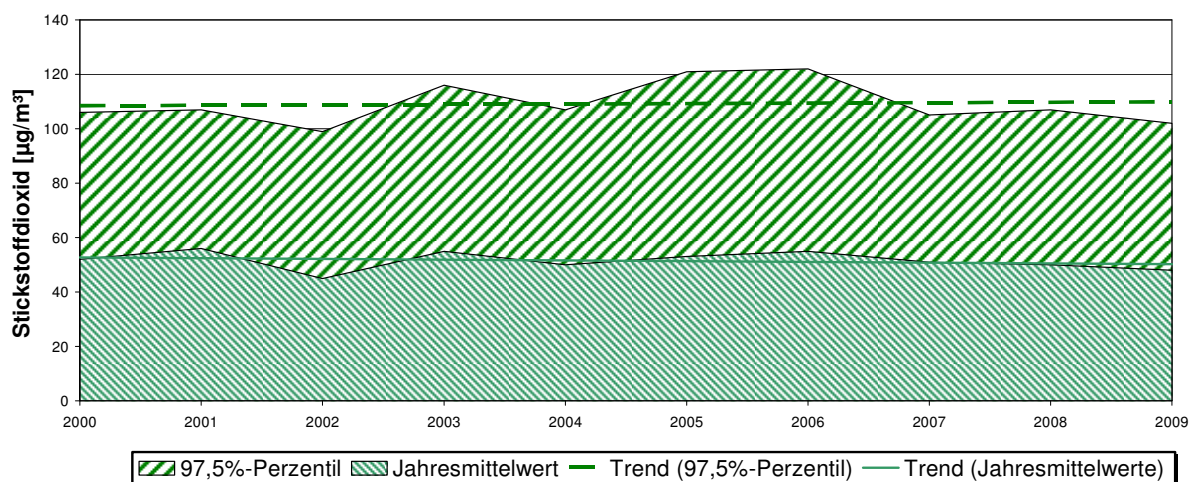


Tabelle 29: Station Graz-Don Bosco, Belastung an NO₂ [µg/m³]

	JMW	MMWmax	TMWmax	97,5 Perz	MW3max	HMWmax
2003	55	73	134	116	226	248
2004	50	65	121	107	157	184
2005	53	71	146	121	188	204
2006	55	79	130	122	211	235
2007	51	67	97	105	155	186
2008	50	70	100	107	160	214
2009	48	59	109	102	171	198

Abbildung 27: Graz West, Stickstoffdioxid; Trendbetrachtungen (Jahresmittelwerte; 97,5%-Perzentile)



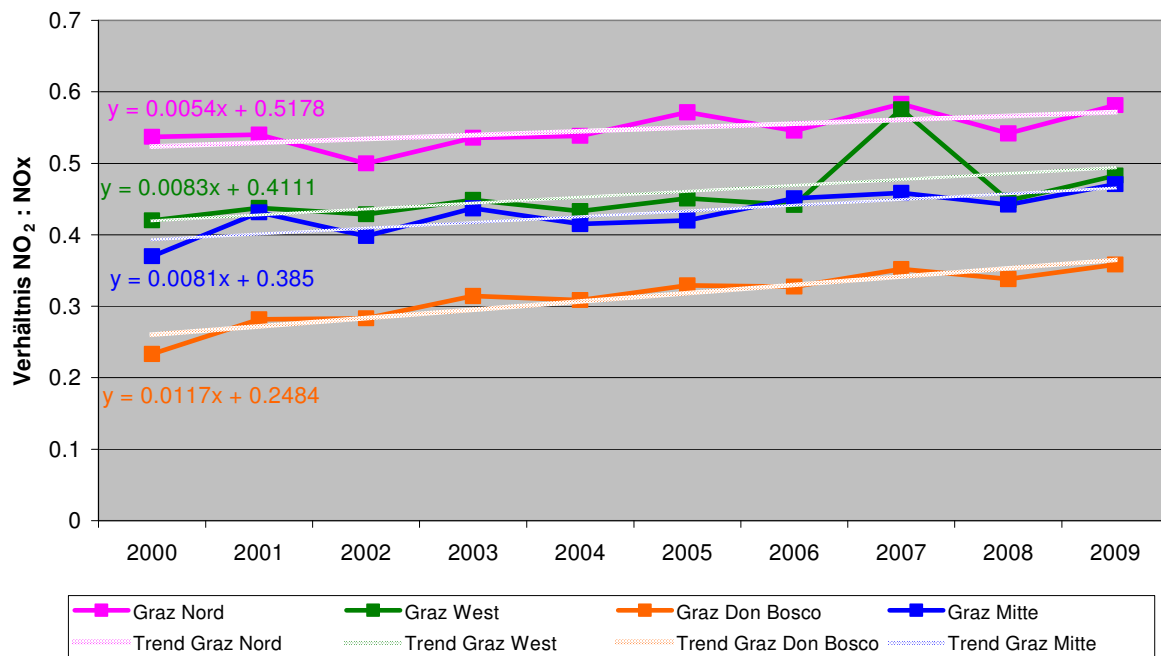
8.1.3 NO_x-NO₂-Vergleiche

Es soll an Hand der Ergebnisse der Immissionsmessstationen geprüft werden, ob die ansteigenden Emissionen von primärem Stickstoffdioxid aus dem Straßenverkehr auch immissionsseitige Auswirkungen haben.

Für die folgenden Auswertungen wurden jene Stationen im Stadtgebiet von Graz herangezogen, die über einen längeren Zeitraum Messreihen ohne örtliche Veränderungen lieferten und die sich in unterschiedlicher Entfernung zu Straßen mit hohen Emissionen befinden. Graz Don Bosco liegt praktisch direkt im Straßenraum. Entsprechend gering ist einerseits der Anteil von Stickstoffdioxid an der Summe der Stickstoffoxide (NO_x). Die Station Graz West im belasteten Siedlungsgebiet liegt nicht im direkten Einflussbereich stark befahrener Straßen. Dies zeigt sich an einem höheren Anteil von NO₂, allerdings bei abnehmenden Konzentrationen. Die Station Graz Mitte zeigt, obwohl sie als zentrumsnahe Station als verkehrsbelastet zu bezeichnen ist, von den Kennwerten eine ähnliche Charakteristik wie Graz West. Im Gegensatz zu Graz West werden hier die Vorgaben des IG-L nicht eingehalten. Die städtische Hintergrundstation Graz Nord weist einen noch höheren NO₂-Anteil auf.

Der Trend der NO₂-Anteile ist zwar nicht sehr ausgeprägt, dennoch ist zu erkennen, dass mit zunehmender Nähe zu den Emissionsquellen der NO₂-Anteil stärker steigt, was auf den höher werdenden Anteil des primär emittierten NO₂ hinweist.

Abbildung 28: Verhältnis von NO₂ zu NO_x an ausgewählten Grazer Messstellen



8.2 Mobile Luftgütemessungen im Großraum Graz

Neben den Messungen an den fixen Luftgütemessstellen wurde im Großraum Graz auch eine Vielzahl von Immissionsmessungen mit mobilen Messcontainern durchgeführt. Damit konnten Informationen über die Belastung in Bereichen gewonnen werden, die nicht mit einer permanenten Messstelle ausgestattet sind. Einerseits lassen diese Messwerte durch Vergleich mit dem permanent betriebenen Messnetz eine Einordnung dieser Gebiete zu, andererseits liefern sie wertvolle Hinweise auf die Plausibilität von Modellrechnungen.

Im Folgenden sind jene Messungen dargestellt, die im Zeitraum 2001 – 2009 im geplanten Sanierungsgebiet durchgeführt worden sind. Sie werden an Hand weniger Kenngrößen, und zwar dem maximalen Halbstundenmittelwert und dem maximalen Tagesmittelwert während der Messperiode sowie dem Messperiodenmittelwert charakterisiert. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Messungen sind in den entsprechenden Messberichten (verfügbar unter www.umwelt.steiermark.at) nachzulesen.

Graz-Geidorf

B(R)G Carnerigasse
08.02.01 - 17.04.01

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	107	54%
TMWmax	60	75%
MPMW	35	

Graz – Webling

Schwarzer Weg
21.11.01 - 12.12.01

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	129	65%
TMWmax	67	84%
MPMW	45	

Graz – Webling

Trappengasse
14.12.01 - 06.02.02

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	187	94%
TMWmax	101	126%
MPMW	64	

Graz - Jakomini

Conrad-von-Hötzendorf-Straße
07.02.02 - 15.04.02

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	142	71%
TMWmax	84	105%
MPMW	45	

Graz - Puntigam

Triester Straße
09.08.02 - 17.09.02

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	129	65%
TMWmax	69	69%
MPMW	51	

Graz – Liebenau

Liebenauer Hauptstraße 200
05.11.02 - 23.01.03

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	187	94%
TMWmax	113	141%
MPMW	46	

Raaba 2003

Grambach

24.01.03 – 11.03.03

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	148	74%
TMWmax	61	76%
MPMW	38	

Graz – Puntigam

Feldkirchner Weg 40

23.01.04 - 09.03.04

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	175	87,5%
TMWmax	113	141%
MPMW	53	

Raaba 2005

A2-Südautobahn

05.05.05 - 10.10.05

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	198	99%
TMWmax	128	160%
MPMW	89	

Graz – Geidorf

Geidorfplatz

24.01.06 - 06.03.06

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	245	123%
TMWmax	139	174%
MPMW	88	

Unterpremstätten

Schulstraße

26.09.06 - 28.11.06

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	95	48%
TMWmax	58	73%
MPMW	29	

Gössendorf

Bundesstraße

08.02.07 – 25.04.07

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	112	66%
TMWmax	51	64%
MPMW	36	

Feldkirchen

Marktplatz

12.12.07 – 22.01.08

	Messergebnisse NO ₂ [µg/m³]	% des Grenzwertes
HMWmax	158	79%
TMWmax	89	111%
MPMW	57	

Die Prozentangaben beziehen sich für den maximalen Halbstundenmittelwert auf den Grenzwert gemäß IG-L vom 200 µg/m³ und für den Tagesmittelwert auf den Zielwert von 80 µg/m³ (siehe auch Tabelle 4).

8.3 NO₂-Belastung in Österreich

Die österreichische Situation der Belastung mit Stickstoffdioxid wurde aus dem Bericht Luftgütemessungen in Österreich - Jahresbericht 2008 [UBA 2009a] übernommen.

Zur Überwachung der Konzentration an Stickstoffoxiden wurden im Jahr 2008 in Österreich 154 NO₂- bzw. NO_x-Messstellen gemäß IG-L betrieben.

Die Grenzwerte des IG-L für NO₂ (Halbstundenmittelwert 200 µg/m³, Jahresmittelwert 30 µg/m³) wurden 2008 an den in Tabelle 30 angeführten Messstellen in allen Bundesländern außer dem Burgenland überschritten. Der Grenzwert für den Jahresmittelwert von 30 µg/m³ wurde an 39 Messstellen überschritten. Der als Halbstundenmittelwert definierte Grenzwert von 200 µg/m³ wurde an 14 Messstellen überschritten. An allen Messstellen, an denen Halbstundenmittelwerte über 200 µg/m³ registriert wurden, lag auch der Jahresmittelwert über dem Grenzwert von 30 µg/m³.

Die Überschreitungen der Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge (10 µg/m³) für den Jahresmittelwert – d. h. 40 µg/m³ als Jahresmittelwert – betrafen im Jahr 2008 21 Messstellen.

Tabelle 30: Überschreitungen der Grenzwerte für NO₂ (HMW 200 µg/m³ sowie JMW 30 µg/m³) im Jahr 2008 [µg/m³]. Überschreitungen der Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge für den Jahresmittelwert (40 µg/m³) sind fett dargestellt [UBA 2009a].

Gebiet	Messstelle	HMW > 200	max. HMW [µg/m ³]	JMW [µg/m ³]
K	Klagenfurt Völkermarkter Straße	0	190	38
K	Villach Tirolerbrücke	0	188	32
K	Wolfsberg Hauptschule	0	119	34
N	St. Pölten Europaplatz	1	210	42
O	Enns Kristein A1	3	215	55
O-L	Linz 24er Turm	0	143	35
O-L	Linz Neue Welt	0	148	31
O-L	Linz Römerbergtunnel	7	260	49
S	Hallein A10 Tauernautobahn	0	193	54
S	Hallein B159 Kreisverkehr	1	216	47
S	Salzburg Mirabellplatz	0	163	32
S	Salzburg Rudolfsplatz	5	244	60
S	Zederhaus	0	186	36
St-G	Graz Don Bosco	2	214	50
St-G	Graz Mitte	0	162	42
St-G	Graz Ost Petersgasse	0	158	31
St-G	Graz Süd Tiergartenweg	3	161	33

Gebiet	Messstelle	HMW > 200	max. HMW [µg/m³]	JMW [µg/m³]
T	Gärberbach A13 Brennerautobahn	0	184	49
T	Hall i.T. Sportplatz	0	149	42
T	Imst A12	2	205	45
T	Imst Imsterau	2	211	36
T	Innsbruck Reichenau	0	151	37
T	Innsbruck Zentrum	0	166	44
T	Kundl A12	0	174	57
T	Lienz Amlacherkreuzung	0	193	41
T	Vomp – An der Leiten	0	168	42
T	Vomp A12 Inntalautobahn, Raststätte	2	220	66
T	Wörgl Stelzhamerstraße	0	131	31
V	Feldkirch Bärenkreuzung	2	404	56
V	Höchst Gemeindeamt	1	220	40
V	Lustenau Zollamt	1	204	46
W	Belgradplatz	0	148	35
W	Floridsdorf	0	165	32
W	Gaudenzdorf	0	171	34
W	Hietzinger Kai	56	275	72
W	Laaer Berg	0	175	31
W	Rinnböckstraße	0	169	44
W	Taborstraße	0	180	43
W	Währinger Gürtel	0	154	31

Von Grenzwertüberschreitungen gemäß IG-L sind vorwiegend Großstädte/Ballungsräume sowie ländliche Gebiete in der Nähe von Autobahnen betroffen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Grenzwerte auch in anderen Städten an verkehrsbelasteten Standorten sowie an anderen Autobahnen überschritten werden, an denen sich keine Messstellen befinden.

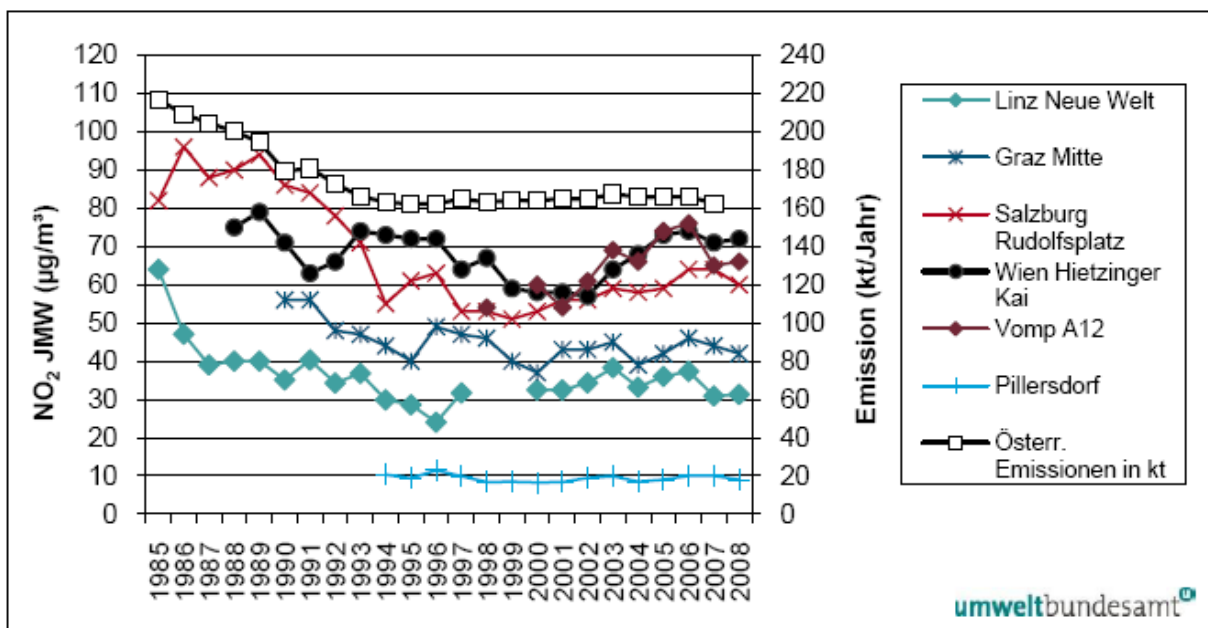
Der höchste NO₂-Jahresmittelwert wurde mit 72 µg/m³ an der Messstelle Wien Hietzinger Kai registriert, gefolgt von Vomp A12 (66 µg/m³), Salzburg Rudolfsplatz (60 µg/m³), Kundl A12 (57 µg/m³), Feldkirch Bärenkreuzung (56 µg/m³), Enns A1 (55 µg/m³), Hallein A10 (54 µg/m³), Graz Don Bosco, Gärberbach A13 und Linz Römerberg.

Die meisten Halbstundenmittelwerte über 200 µg/m³ wurden an der Messstelle Wien Hietzinger Kai (56) registriert, gefolgt von Linz Römerbergtunnel (7) und Salzburg Rudolfsplatz (5); an den übrigen Messstellen traten maximal drei Überschreitungen auf. Die höchsten Halbstundenmittelwerte wurden an den Messstellen Feldkirch Bärenkreuzung (404 µg/m³) und Wien Hietzinger Kai (275 µg/m³) registriert.

Die NO₂-Belastung nahm in Österreich von den späten Achtzigerjahren bis zum Jahr 2000 v. a. an städtischen, verkehrsnahen Standorten tendenziell ab. Die jährlichen NO_x-Emissionen Österreichs (ohne Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks) [UBA 2009b) sanken bis Anfang der Neunzigerjahre kontinuierlich und liegen seit 1993 auf einem relativ konstanten Niveau zwischen 162 und 167 kt/Jahr. Zwischen 2000 und 2006 war an zahlreichen Messstellen, vor allem an höher belasteten und verkehrsnahen Standorten, wieder ein Anstieg der NO₂-Konzentrationen festzustellen. Bei relativ konstanten NO_x-Konzentrationen ist dies v. a. auf die Zunahme des emissionsseitigen NO₂/NO_x-Anteils bei Diesel-Kfz zurückzuführen.

Die höchsten NO₂-Jahresmittelwerte traten zumeist 2006 auf (siehe Abbildung 19). Von 2006 auf 2007 nahm die NO₂-Belastung zumeist ab, wofür v. a. die günstigeren Witterungsbedingungen des Jahres 2007, fallweise aber auch entsprechende Emissionsminderungsmaßnahmen (z. B. A12) verantwortlich waren. Das Jahr 2008 wies eine sehr ähnliche NO₂-Belastung auf wie 2007.

Abbildung 29: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] an hoch belasteten Messstellen und am Hintergrundstandort Pillersdorf sowie jährliche NO_x-Emissionen [kt/a] Österreichs^{*)}, 1985–2008 [UBA 2009a]



^{*)} Bis 1989 sind die Emissionen aus dem Straßenverkehr inkl. Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks (d. h. in Österreich verkauftem, im Ausland verfahrenem Treibstoff) angegeben, ab 1990 ohne diesen. Die Unterschiede sind bis in die frühen Neunzigerjahre allerdings gering.

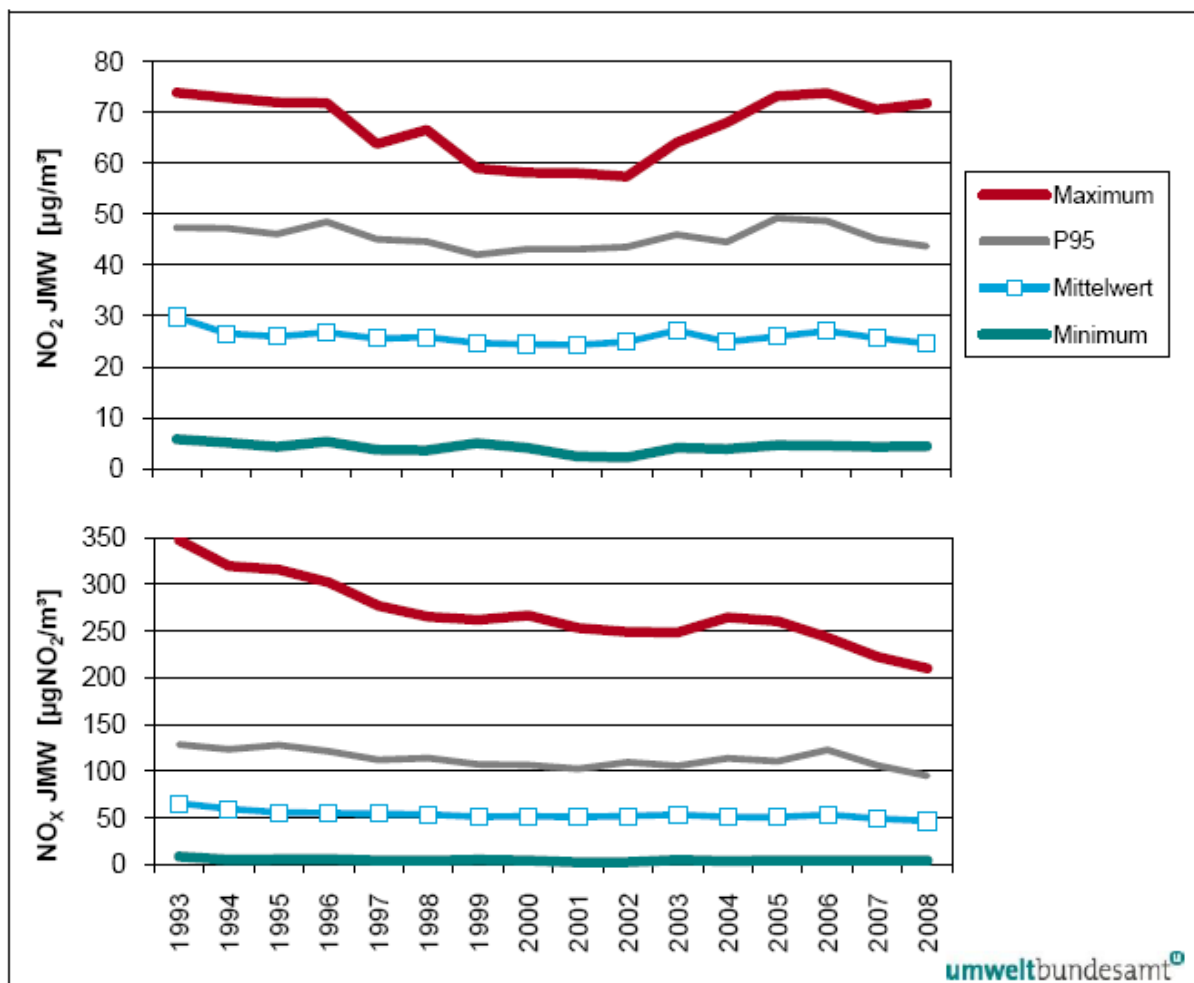
Die mittlere NO₂-Konzentration über alle Messstellen in Österreich veränderte sich im Zeitraum von 1994 bis 2008 praktisch nicht; sie variierte zwischen 24 und 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An den höher belasteten Messstellen nahm die mittlere NO₂-Konzentration bis um 2000 ab und danach bis 2005 deutlich zu. Das 95-Perzentil der ausgewerteten 80 Messstellen lag in den Jahren 1999 bis 2002 bei 42 bis 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und stieg bis 2005 bzw. 2006 auf 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Jahresmittelwert der höchstbelasteten Messstelle dieses Datensatzes, Wien Hietzinger Kai, nahm zunächst von 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1993 auf 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2002 ab und stieg bis 2006 wieder auf 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Von 2006 auf 2007 ging die NO₂-Belastung an den meisten Messstellen – sowohl an städtischen Hintergrundstationen als auch an verkehrsnahen Messstellen – leicht zurück; das Jahr 2008 wies ein sehr ähnliches Belastungsniveau wie 2007 auf. Damit liegt die NO₂-Belastung 2008 im Mittel immer noch über jenem Niveau, das in den Jahren um 2000 gemessen wurde, auch an den meisten hoch belasteten Messstellen sind die Konzentrationen wesentlich höher als um 2000.

Demgegenüber nahm die mittlere NO_x-Konzentration im Verlauf der Neunzigerjahre kontinuierlich ab, von 66 µg/m³ 1993 auf 51 µg/m³ 1999. Danach stieg sie bis 2006 auf 54 µg/m³ an; die Jahre 2007 und 2008 wiesen mit 49 µg/m³ die bisher niedrigste über Österreich gemittelte NO_x-Konzentration auf.

An den hoch belasteten Messstellen ging die NO_x-Konzentration bis 2001 ziemlich kontinuierlich zurück; das 95-Perzentil nahm von 129 µg/m³ 1993 auf 103 µg/m³ 2001 ab. Danach stieg die NO_x-Belastung im 95-Perzentil wieder etwas an, sie erreichte im Jahr 2006 wieder das Niveau der mittleren Neunzigerjahre. Die Jahre 2007 und 2008 wiesen wesentlich niedrigere NO_x-Spitzenbelastungen auf. Deutliche Rückgänge bei NO_x zwischen 2006 und 2008 zeigen v. a. die Messstellen in Klagenfurt, Salzburg, Hallein und Innsbruck sowie Wien Hietzinger Kai.

Abbildung 30: Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der Jahresmittelwerte von NO₂ und NO_x [µg/m³] an den 83 durchgehend betriebenen NO₂-Messstellen in Österreich, 1993–2008 [UBA 2009a]



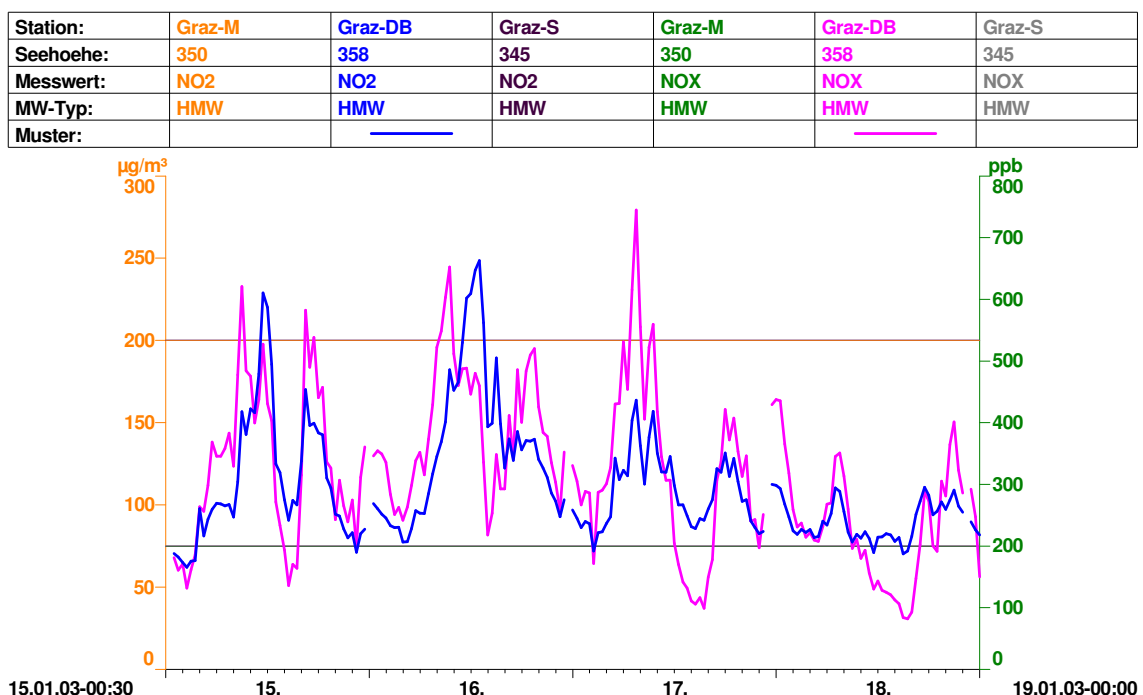
9 Analyse einzelner Episoden mit Grenzwertüberschreitungen des Halbstundengrenzwertes

9.1 Episode vom 15.-16.1.2003

Am 15. und 16.1.2003 wurde an den Messstationen Graz-Süd (alter Standort), Graz-Mitte, Graz-Ost (alter Standort) und Graz-Don Bosco der Grenzwert für den Halbstundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mehrmals überschritten. Es wurden in dieser Zeit sogar die höchsten NO_2 Konzentrationen an der Station Don-Bosco seit Beginn der Messungen registriert.

Interessant ist vor allem der Zusammenhang zwischen den NO_x - und NO_2 -Konzentrationen. Wie aus den gemessenen Schadstoffverläufen an der Station Graz-Don Bosco klar zu erkennen ist, traten die höchsten NO_2 -Konzentrationen nicht gleichzeitig mit den höchsten NO_x -Spitzen auf. Besonders deutlich zeigt sich dies am 17.1., wo die höchste NO_x Konzentration gemessen wurde, die NO_2 -Belastung aber deutlich unter dem Grenzwert lag. Dies ist ein klarer Hinweis auf den hohen Einfluss der chemischen Reaktion, die zur Bildung von NO_2 aus dem primär emittierten NO führt. Es können also nicht allein hohe Emissionen in Zusammenhang mit schlechten Ausbreitungsbedingungen für die Grenzwertüberschreitungen verantwortlich gemacht werden.

Abbildung 31: Gemessene NO_2 - und NO_x -Konzentrationen an der Station Graz-Don Bosco



Wie die Bodendruckkarten (Abbildung 32) für diesen Zeitraum zeigen, dominierte grundsätzlich Hochdruckeinfluss. Am 14.1. zog eine Warmfront durch, die aber an der Alpensüdseite nicht wirksam gewesen sein dürfte. Am 15. und 16.1. näherte sich eine Kaltfront aus dem Westen und überquerte schließlich am 17.1. Österreich, wobei die Alpensüdseite wieder kaum betroffen gewesen sein dürfte. Erst am 18.1. machte sich der Einfluss eines Adriatiefs im Süden von Österreich wetterwirksam

bemerkbar. Da es im Vorfeld von Kaltfrontdurchgängen häufig zu einer großräumigen Absinkbewegung kommt (umgangssprachlich „Niederdruckwetter“), die zu einer ausgeprägten Subsidenzinversion führen kann, sind hohe Luftschadstoff- bzw. Geruchsbelastung in dieser Phase nichts Ungewöhnliches.

**Abbildung 32: Bodendruckwetterkarte vom 14.-18.1.2003
[WETTERZENTRALE]**

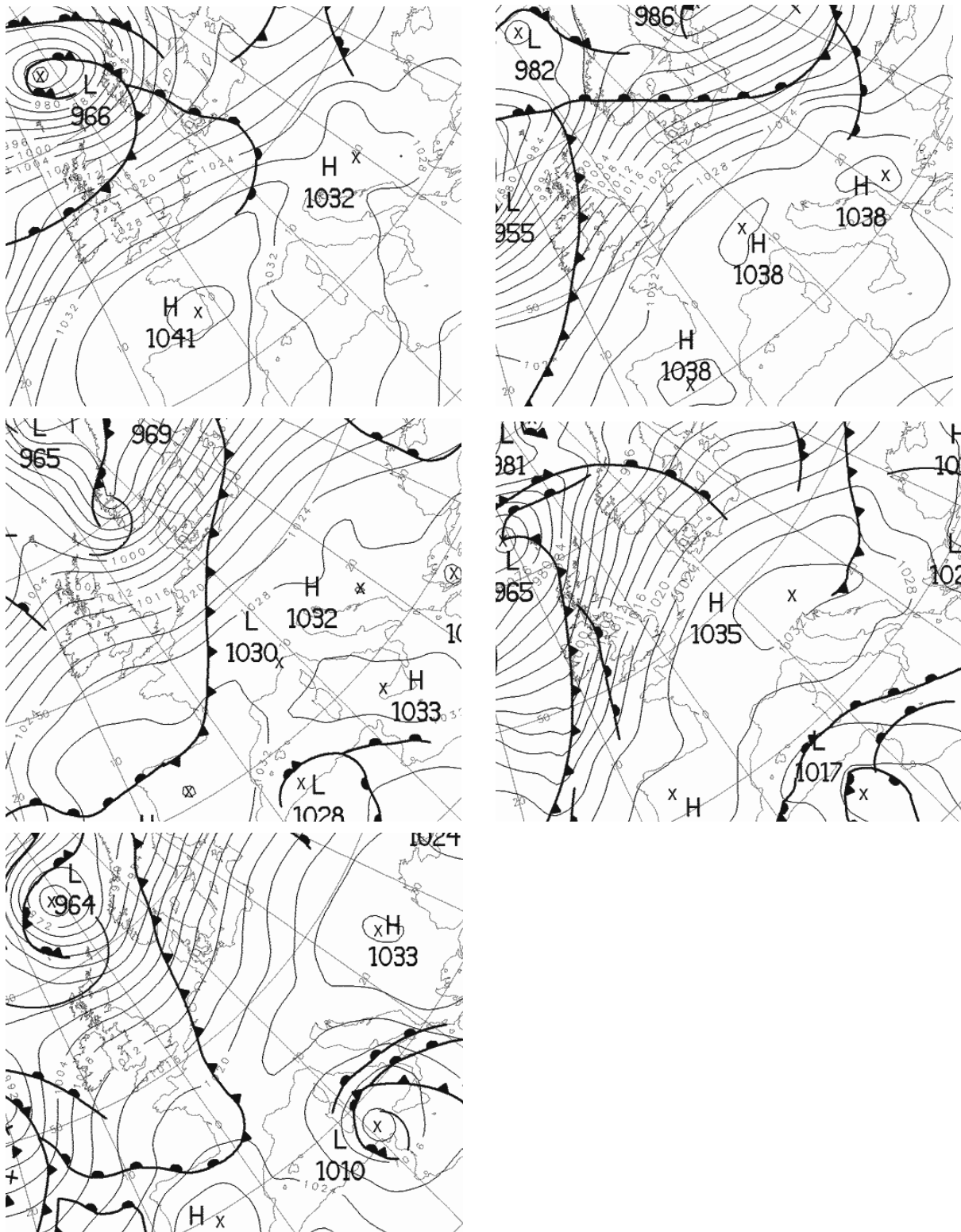


Abbildung 33 zeigt den deutlichen Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die NO_x -Konzentrationen. Während der kurz andauernden Phasen mit höheren Windgeschwindigkeiten bis zu 1,2 m/s am frühen Nachmittag nehmen die NO_x -Konzentrationen sofort ab. Gleichzeitig bewirkt die Sonneneinstrahlung eine bessere Durchmischung der bodennahen Luftschicht, was ebenfalls zur raschen Verdünnung der NO_x -Konzentrationen führte. Am 15. und 16.1. herrschte bis auf ein paar wenige Stunden am Nachmittag eine starke Bodeninversion vor (Abbildung 34), wodurch die vertikale Durchmischung in Bodennähe stark vermindert blieb.

Während der hohen NO_x -Spitze am 17.1. am Morgen herrschte eine besonders stark ausgeprägte Bodeninversion vor. In einer derartigen Situation ist es kaum möglich, dass ausreichend O_3 von oberen Luftschichten nach unten gemischt wird, um rasch NO_2 bilden zu können. Deswegen lagen zu diesem Zeitpunkt die NO_2 -Konzentrationen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau.

Die Grenzwertüberschreitungen bei NO_2 am 15. und 16.1. traten während der Übergangsphase von der Bodeninversion auf eine nahezu isotherme Schichtung auf. Hier war offensichtlich die Stabilität noch groß genug, um ausreichend hohe NO_x -Konzentrationen zu bewirken und andererseits wurde von den oberen Luftschichten genug O_3 nach unten eingemischt, um chemisch NO_2 zu erzeugen. Ein Hinweis auf das Einmischen von O_3 ist auch der Umstand, dass es durch das Einmischen zwangsläufig zu einer besseren Verdünnung der NO_x -Konzentrationen kommen muss und dies auch tatsächlich so gemessen wurde. Das heißt, die NO_2 -Spitzen traten immer erst nach den höchsten NO_x -Konzentrationen auf.

Messtechnisch kann dies aufgrund des gleichzeitigen Abbaus von O_3 kaum nachgewiesen werden. Aus Abbildung 35 ist aber erkennbar, dass jeweils kurz nach der NO_2 -Spitze am 15. und 16.1. eine O_3 -Erhöhung am Boden gemessen wurde. Diese Erhöhung blieb aber am 17.1. zur Zeit der hohen NO_x -Spitze aus (erst am Nachmittag wurde wieder O_3 nach unten gemischt). Am besten kann der Durchmischungsvorgang zwischen bodennahen und etwas höheren Luftschichten durch die relative Luftfeuchtigkeit visualisiert werden (Abbildung 35).

Abbildung 33: NO_x-Konzentration, Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit im Grazer Becken

Station:	Graz-DB	Graz-W	Graz-N
Seehöhe:	358	370	348
Messwert:	NOX	WIGE	SOEIN
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW
Zeitraum:	1	1	1
Y - Achse:	1	3	4
Muster:			

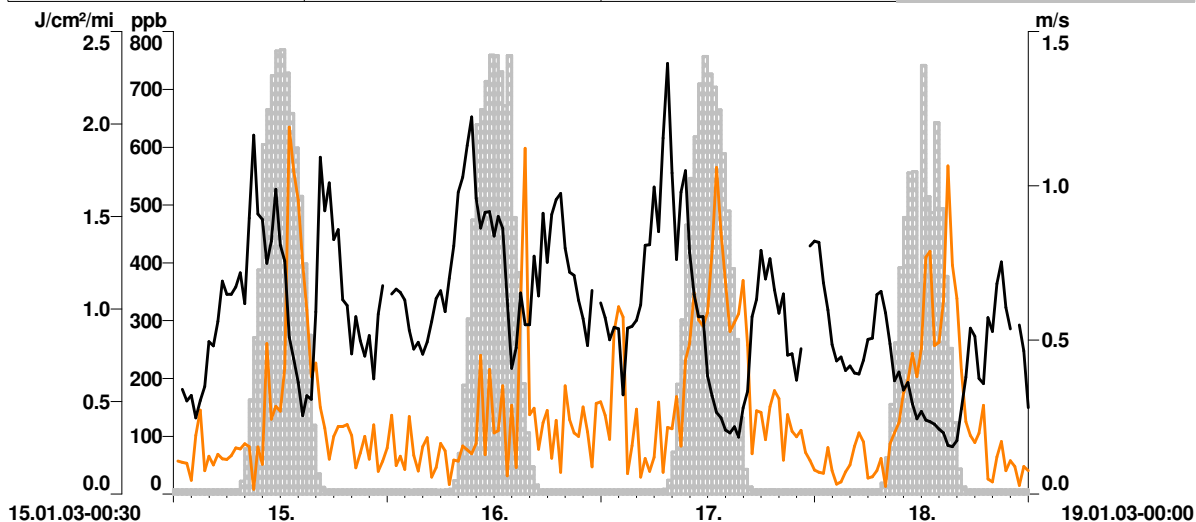


Abbildung 34: NO_x-Konzentrationen und Temperaturen im Grazer Becken

Station:	Graz-DB	Graz-N	Kärntn.	Graz-DB
Seehöhe:	358	348	410	358
Messwert:	NOX	LUTE	LUTE	NO2
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW
Zeitraum:	1	1	1	1
Y - Achse:	1	2	2	5
Muster:				

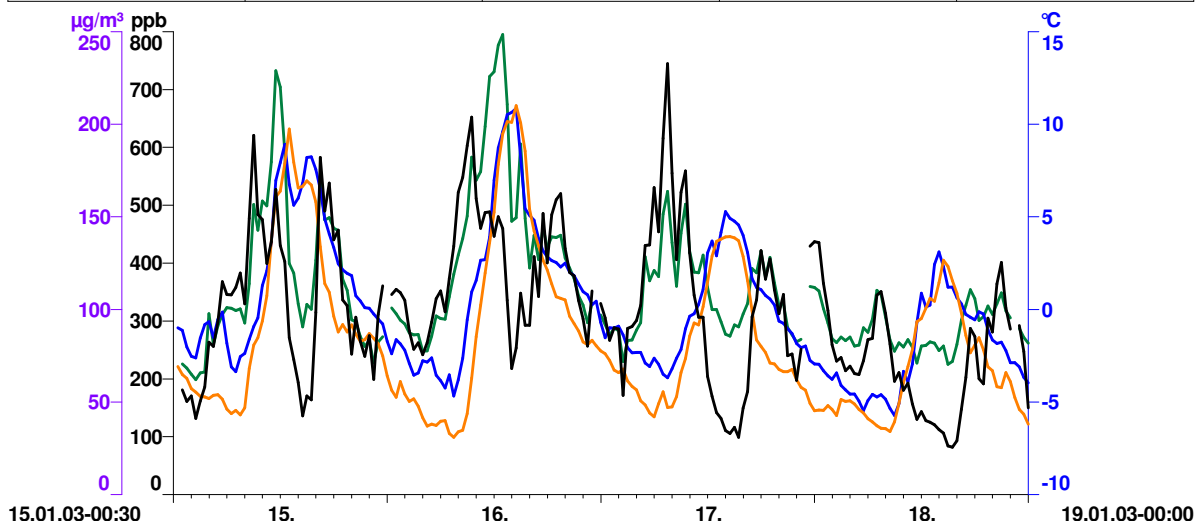
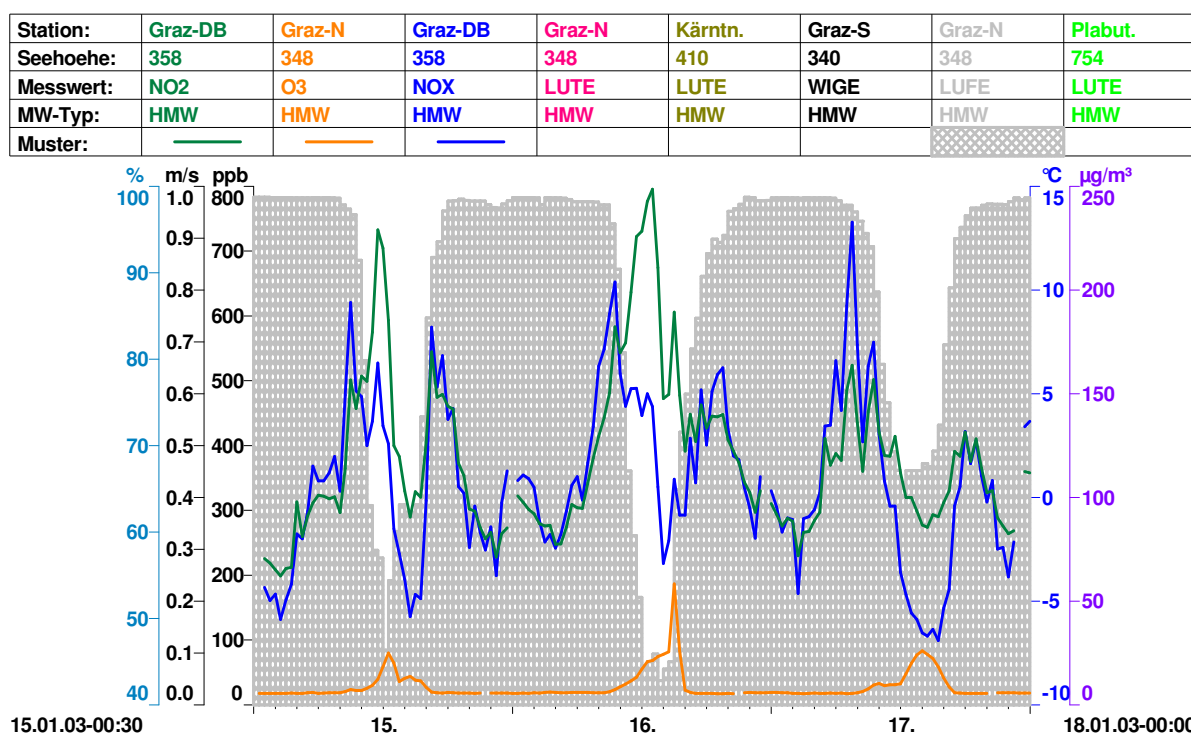


Abbildung 35: O₃- , NO_x- und NO₂-Konzentrationen in Graz



9.2 Grenzwertüberschreitung am 22.11.2005

Am 23.11.2005 kam es an der Messstation Don-Bosco um 08:00 h mit einem Messwert von 204 µg/m³ zu einer geringen Überschreitung des Grenzwertes für den Halbstundenmittelwert an NO₂.

Die Bodendruckwetterkarte vom 23.11.05 zeigt, dass Österreich im Einflussbereich eines Hochs über den britischen Inseln und eines Tiefdruckgebietes im Mittelmeer lag. Die großräumige Situation in Bodennähe war demnach eine leichte Westströmung.

Zum Zeitpunkt der Grenzwertüberschreitung, die nur einen HMW andauerte, ging die Windgeschwindigkeit auf unter 0,5 m/s zurück. Im Gegensatz zur Überschreitungs-episode im Jänner 2003, fielen hier die NO_x- und NO₂-Spitzen zusammen. Besonders interessant ist die Tatsache, dass kurz vor der Grenzwertüberschreitung eine kurze Phase der Labilisierung der bodennahen Atmosphäre stattfand, was durch die Temperaturabnahme zwischen den Stationen Graz-Nord (5 m über Grund) und Kärntnerstraße (etwa 50 m über Grund) sowie dem Einmischen von O₃ aus etwas höheren Luftschichten evident wird. Diese Phase dauerte jedoch nur kurz von 6:00 h – 7:30 h an. Aufgrund der Tageszeit, kann die Labilisierung nicht auf thermisch induzierte Turbulenz durch Sonneneinstrahlung zurückgeführt werden.

Im Anschluss an diese kurze Labilisierungsphase stabilisierte sich die bodennahe Atmosphäre wiederum. Im Zusammenhang mit den NO_x-Emissionsspitzen aus dem morgendlichen Verkehr kam es dann zu entsprechend hohen NO_x-Immissionskonzentrationen, welche durch das vorhandene O₃ sehr rasch zur Bildung von NO₂ führte.

Wodurch die kurzzeitige Labilisierung ausgelöst wurde kann nicht eindeutig geklärt werden. Die Messstation am Plabutsch zeigt jedoch zu dieser Zeit eine Phase mit sehr hohen Windgeschwindigkeiten bis 8 m/s. Aufgrund der starken Windscherung (8 m/s oben und Windstille im Grazer Becken) könnten sogenannte Kelvin-Helmholtz Instabilitäten ausgelöst worden sein (Anregung der ruhenden, stabil geschichteten Luft im Grazer Becken, z.B. durch Schwerewellen im Lee des Plabutsch), die nach dem Abklingen eine kurze Phase mit stabiler Schichtung ermöglichten.

**Abbildung 36: Bodendruckwetterkarte vom 23.11.2005
[WETTERZENTRALE]**

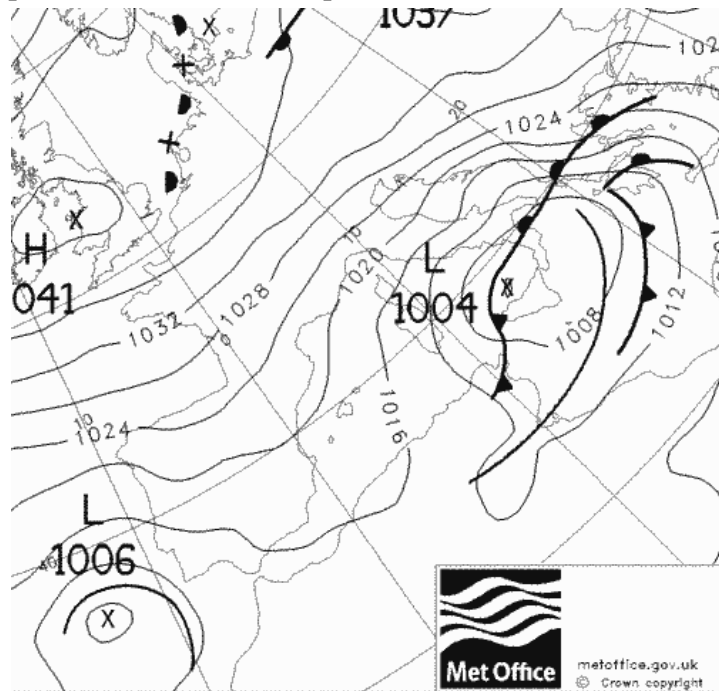
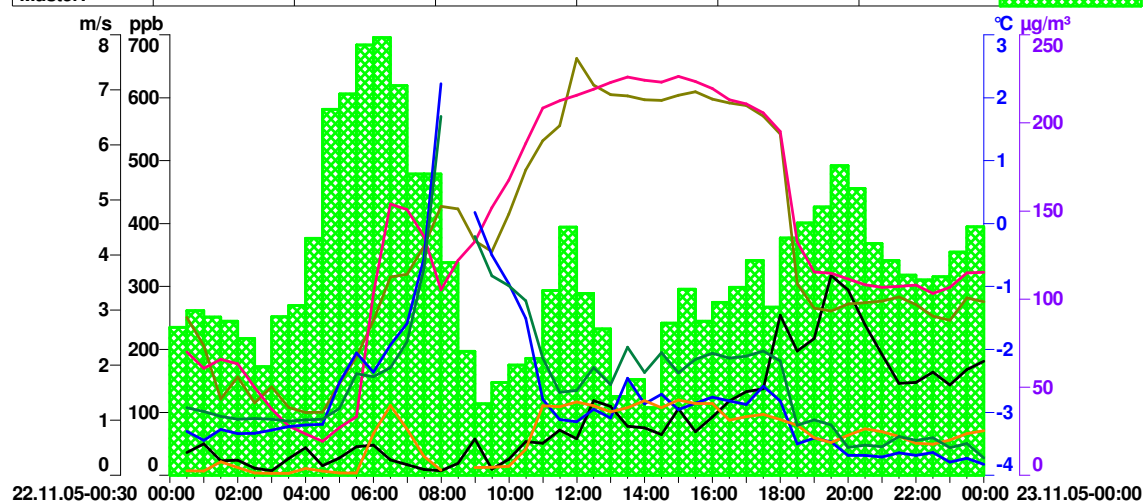


Abbildung 37: O₃- , NO_x- und NO₂-Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken

Station:	Graz-DB	Graz-N	Graz-DB	Graz-N	Kärntn.	Graz-S	Plabut.
Seehöhe:	358	348	358	348	410	340	754
Messwert:	NO ₂	O ₃	NO _x	LUTE	LUTE	WIGE	WIGE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	5	5	1	2	2	3	3
Muster:							



9.3 Episode von 10.1.-12.1.2006

Am 10.1.2006 um 19:00 h und 20:30 h, sowie am 12.1.2006 im Zeitraum zwischen 8:30 h und 10:30 h wurde der NO₂-Grenzwert von 200 µg/m³ mehrmals an der Messstation Don Bosco überschritten.

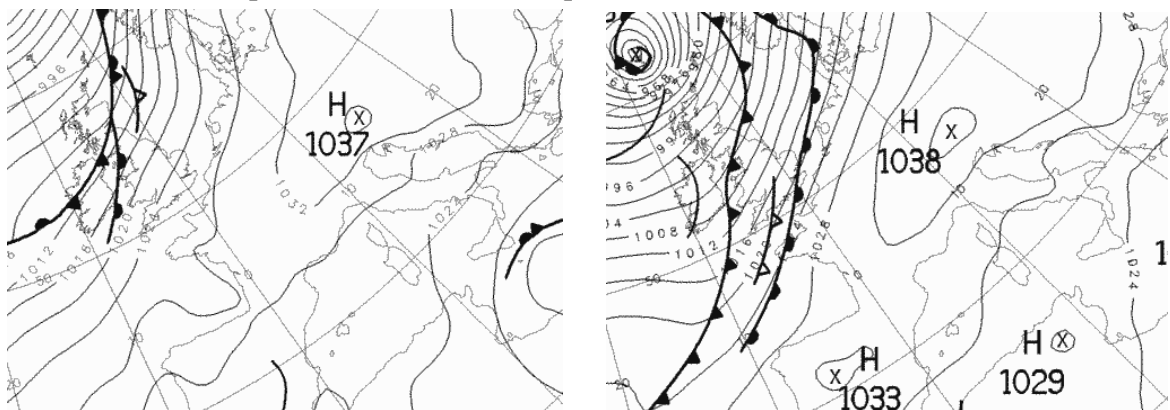
Die Wetterlage ähnelt sehr stark jener vom Jänner 2003. Von den britischen Inseln stoßen eine Kalt- und Warmfront in Richtung Österreich vor. Kurz vor dem Erreichen von Österreich okkludieren diese. Möglicherweise kam es auch hier wieder zu einer Verstärkung der Subsidenzinversion im Vorfeld der Kaltfront. Jedenfalls lagen auch in dieser Periode, ähnlich wie im Jänner 2003, die Temperaturen in den höheren Luftschichten deutlich über jenen im Grazer Becken.

Die Grenzwertüberschreitung am Abend des 10.1. ereignete sich zu einer Zeit mit leichter Labilisierung der bodennahen Temperaturschichtung, wodurch offenbar nochmals ausreichend O₃ aus den darüber liegenden Luftschichten nach unten gemischt wurde. Kurz danach stabilisierte sich die bodennahe Luftschicht und nach dem Abbau des O₃ sank die NO₂-Konzentration, wohingegen die NO_x-Konzentration weiter anstieg. Die Windgeschwindigkeiten waren in dieser Zeit sehr niedrig, was zusätzlich die Bildung von hohen NO_x-Konzentrationen ermöglichte. Die Ursache für die kurzzeitige Labilisierung am Abend ist ungeklärt.

Es ist auch nicht auszuschließen, dass mit der kontinuierlichen Erhöhung der NO₂-Emissionen aus dem KFZ-Verkehr bereits wesentlich weniger O₃ notwendig ist, um eine Grenzwertüberschreitung zu verursachen.

Die zweite Phase mit mehreren Grenzwertüberschreitungen ereignete sich am 12.1. in den Morgenstunden, wiederum in der Transitionsphase zwischen stabiler Schichtung in der Nacht und zunehmender Labilisierung tagsüber. Zwar dürfte auch in diesem Fall O₃ aus den oberen Schichten heruntergemischt worden sein, es ist aber nicht auszuschließen, dass bereits das primär emittierte NO₂ aus dem Straßenverkehr zum überwiegenden Teil die hohen NO₂-Konzentrationen bewirkte.

Abbildung 38: Bodendruckwetterkarte von 10.1.-12.1.2006
[WETTERZENTRALE]



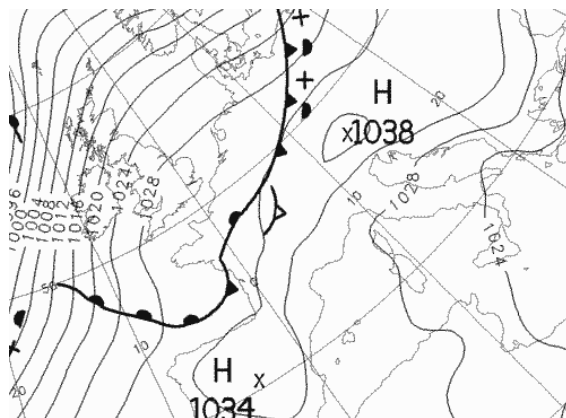
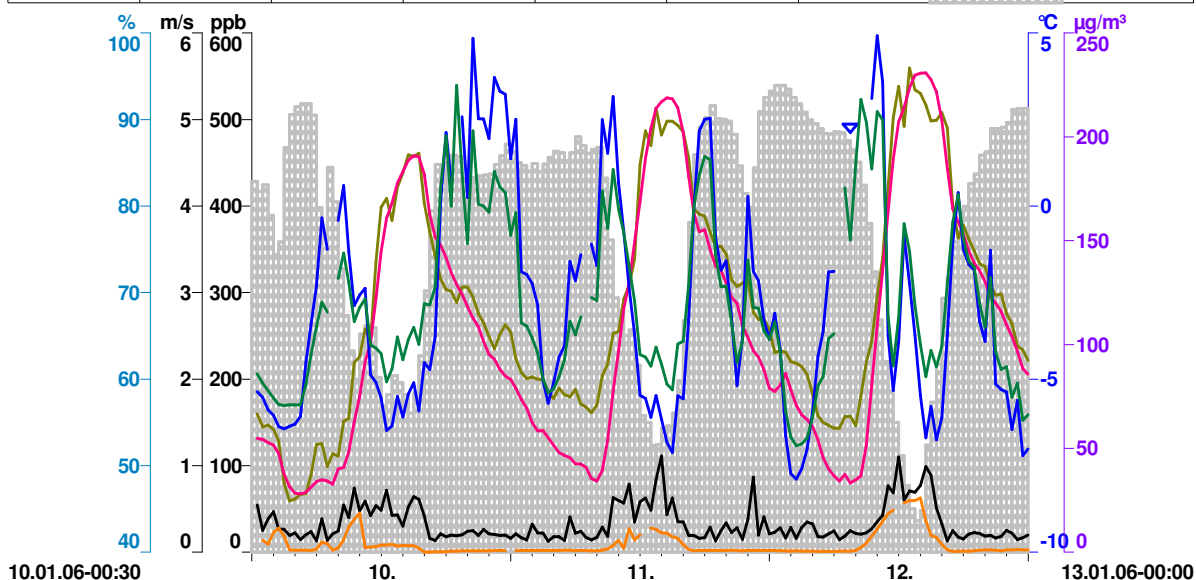


Abbildung 39: O₃-, NO_x- und NO₂-Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken von 10. 1.06 – 12.1.2006

Station:	Graz-DB	Graz-N	Graz-DB	Graz-W	Kärntn.	Graz-S	Graz-N	Plabut.
Seehöhe:	358	348	358	370	410	340	348	754
Messwert:	NO2	O3	NOX	LUTE	LUTE	WIGE	LUFE	WIGE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:	—	—	—	—	—	—	—	—



9.4 Grenzwertüberschreitung am 18.1.2006

Am 18.1.2006 wurde an der Messstelle Don Bosco zwischen 9:00 h und 9:30 h der Grenzwert für den Halbstundenmittelwert an NO₂ deutlich überschritten.

Wiederum zeigt sich, dass die Grenzwertüberschreitungen mit einer herannahenden okkludierten Kaltfront im Zusammenhang standen. Zudem ereigneten sich die Überschreitungen wiederum während der Übergangsphase von morgendlicher Inversion hin zu einer geringen Labilisierung, obwohl sich die Temperaturinversion in diesem Fall nicht auflöste. Die leicht ansteigenden Ozonwerte in Bodennähe als auch die abfallende relative Feuchte weisen aber doch auf eine gewisse Durchmischung hin.

Abbildung 40: Bodendruckwetterkarte vom 18.1.2006 [WETTERZENTRALE]

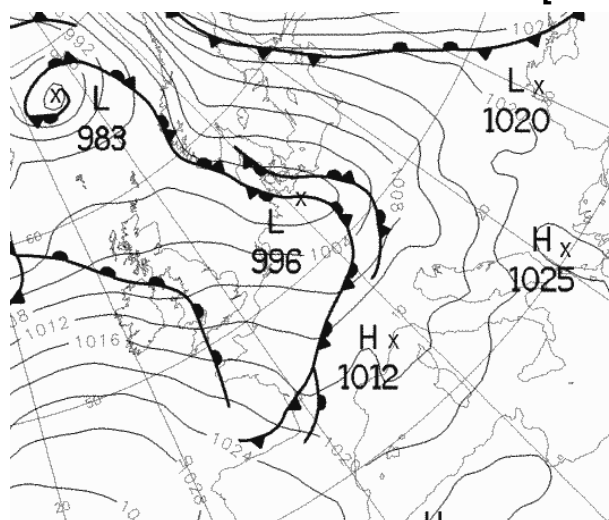
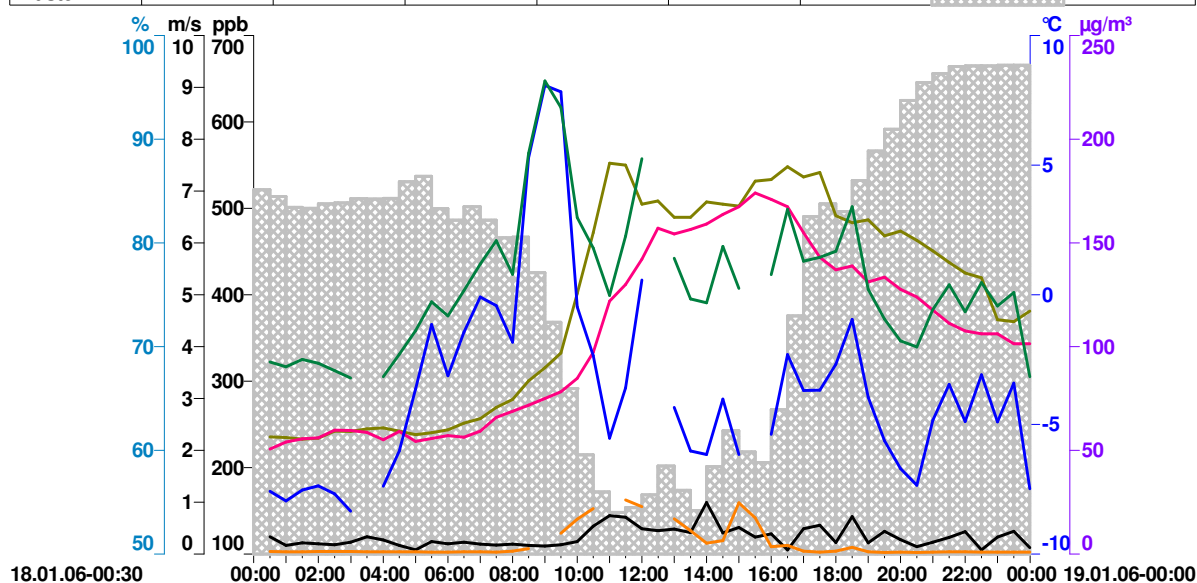


Abbildung 41: O₃-, NO_x- und NO₂-Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken am 18.1.2006

Station:	Graz-DB	Graz-N	Graz-DB	Eurost.	Kärntn.	Graz-S	Graz-N	Plabut.
Seehöhe:	358	348	358	340	410	340	348	754
Messwert:	NO ₂	O ₃	NO _x	LUTE	LUTE	WIGE	LUFE	WIGE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:								



9.5 Grenzwertüberschreitungen am 1.2.2006

Am 1. Februar 2006 wurden an der Messstelle Don Bosco zwischen 18:00 h und 20:30 h vier Überschreitungen des Grenzwertes für den Halbstundenmittelwert an NO₂ festgestellt.

Über Zentraleuropa hatte sich in dieser Zeit in ausgedehntes Hochdruckgebiet ausgebildet (Abbildung 42). Zur Zeit der Grenzwertüberschreitungen sank die Windgeschwindigkeit im Bereich der Messstelle stark ab (unter 0,3 m/s) und es bildete sich gleichzeitig eine kurzfristige Bodeninversion aus. Die Überschreitungen fanden also wiederum während der Übergangsphase zwischen leicht labiler und stabiler atmosphärischer Schichtung statt. Trotzdem fehlt gegenüber den Überschreitungen in den

Jahren zuvor (vor allem 2003) ein deutlicher Hinweis auf vermehrtes Heruntermischen von O_3 . Im Gegensatz zu 2003 tritt bei den Grenzwertüberschreitungen in den Jahren 2005 und 2006 kein zeitlicher Versatz mehr zwischen der NO_x - und NO_2 -Spitze auf, was ebenfalls ein Hinweis auf den vermehrten Einfluss von primär emittierten NO_2 sein könnte.

Abbildung 42: Bodendruckwetterkarte vom 1.2.2006 [WETTERZENTRALE]

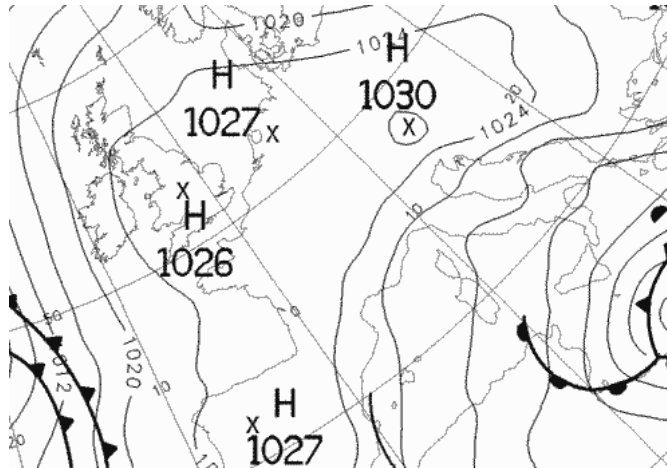
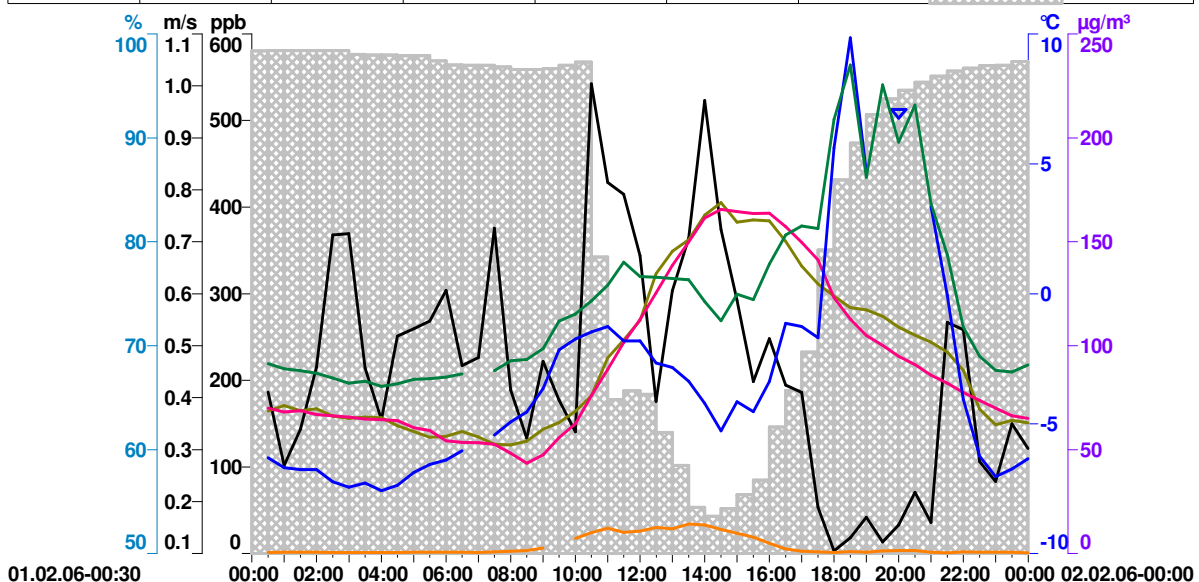


Abbildung 43: O_3 -, NO_x - und NO_2 -Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken am 1.2.2006

Station:	Graz-DB	Graz-N	Graz-DB	Graz-N	Kärntn.	Graz-S	Graz-N	Plabut.
Seehöhe:	358	348	358	348	410	340	348	754
Messwert:	NO_2	O_3	NO_x	LUTE	LUTE	WIGE	LUFE	LUTE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:	—	—	—	—	—	—		



9.6 Grenzwertüberschreitung am 25.2.2008

Am 25.2.2008 wurde an der Messstelle Don Bosco um 18:30 h eine Grenzwertüberschreitung beim Halbstundenmittelwert an NO_2 registriert.

Wiederum ereignete sich die Grenzwertüberschreitung im Vorfeld einer Kaltfront mit entsprechender Verstärkung einer Subsidenzinversion. Die Überschreitung ist neben sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten im Bereich der Messstation (unter 0,3 m/s),

beginnender stabiler atmosphärischer Schichtung vor allem durch ein höheres Angebot an O₃ geprägt.

Interessant ist, dass die morgendliche NO_x-Spitze deutlich höher als jene am Nachmittag zur Zeit der Grenzwertüberschreitung war, dass aber die entsprechende NO₂-Konzentration wesentlich niedriger lag, was nur auf weniger vorhandenes O₃ für die Bildung von NO₂ zurückgeführt werden kann. Trotz des offenbar erhöhten O₃ Angebots blieb die Grenzwertüberschreitung lokal sehr begrenzt. Alle anderen Messstationen bleiben zum Teil deutlich unter dem Grenzwert.

Abbildung 44: Bodendruckwetterkarte vom 25.2.2008 [WETTERZENTRALE]

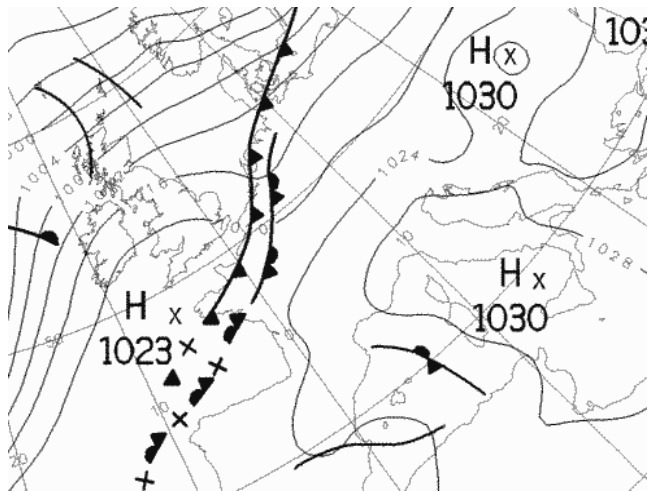
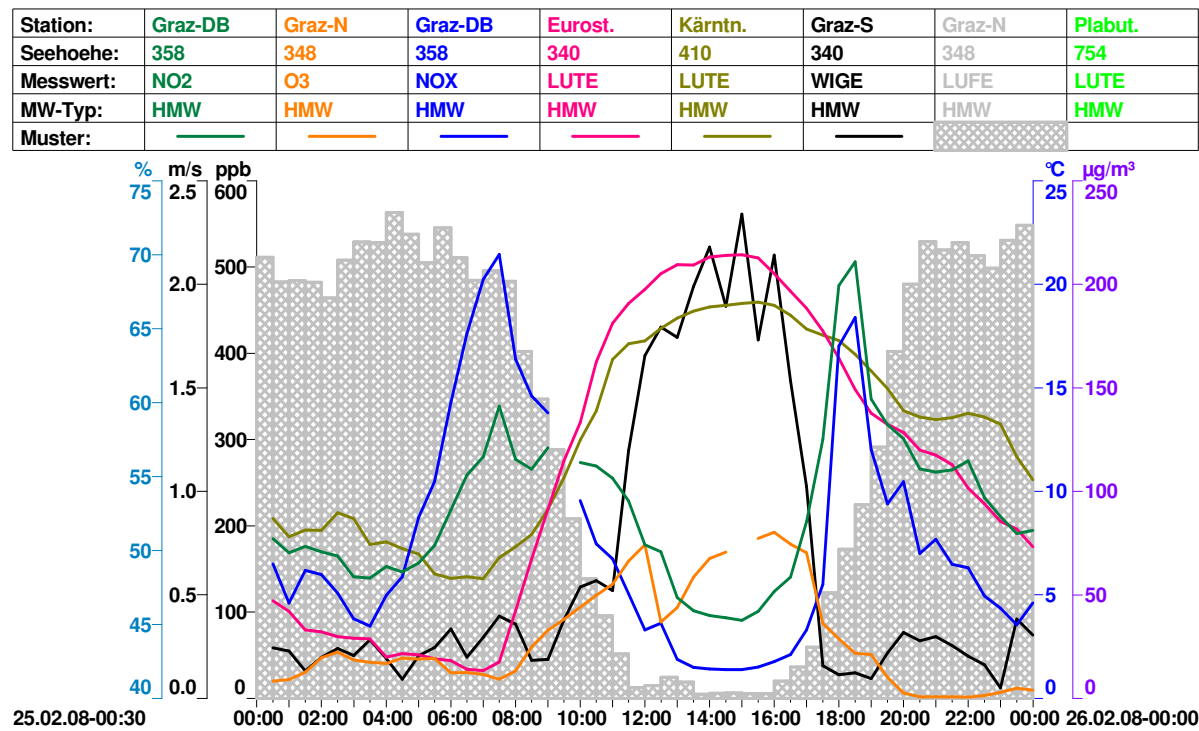


Abbildung 45: O₃-, NO_x- und NO₂-Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken am 25.2.2008



9.7 Grenzwertüberschreitung am 23.12.2008

Am 23.12.2008 wurde an der Messstation Graz Don Bosco um 17:00 h eine Grenzwertüberschreitung beim Halbstundenmittelwert für NO₂ festgestellt.

Wiederum zeigt die Bodendruckverteilung (Abbildung 46) eine über Österreich hinweg ziehende Kaltfront. Diesmal jedoch nicht aus Westen, sondern direkt aus Norden.

Zum Zeitpunkt der Grenzwertüberschreitung war die Windgeschwindigkeit im Bereich der Messstation sehr niedrig (unter 0,3 m/s) und die bodennahe Atmosphäre stabilisierte sich gerade. Durch das tagsüber heruntergemischte O₃ stand offenbar für kurze Zeit noch ausreichend O₃ für die Bildung von NO₂ zur Verfügung. Im Gegensatz dazu konnte sich bei der etwa gleich hohen NO_x-Spitze am Vormittag bei wenig vorhandenem O₃ weniger NO₂ bilden.

Abbildung 46: Bodendruckwetterkarte vom 23.12.2008 [WETTERZENTRALE]

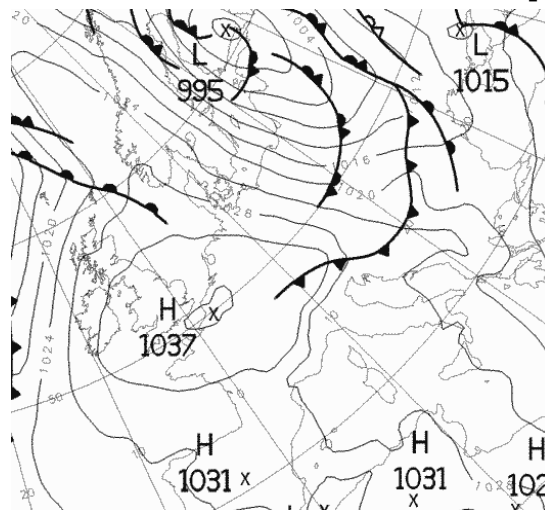
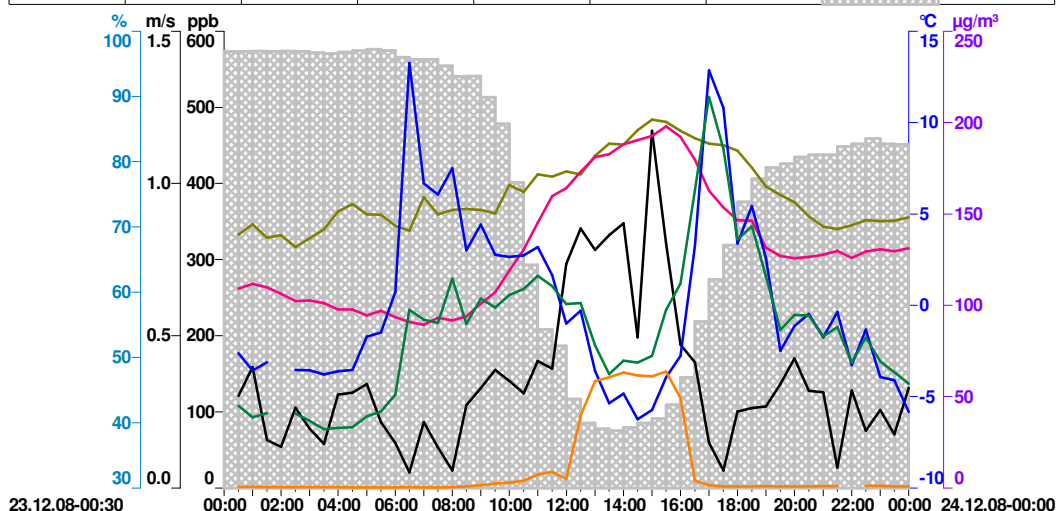


Abbildung 47: O₃-, NO_x- und NO₂-Konzentrationen sowie meteorologische Daten im Grazer Becken am 23.12.2008

Station:	Graz-DB	Graz-N	Graz-DB	Eurost.	Kärntn.	Graz-S	Graz-N	Plabut.
Seehöhe:	358	348	358	340	410	340	348	754
Messwert:	NO ₂	O ₃	NO _x	LUTE	LUTE	WIGE	LUFE	LUTE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:	—	—	—	—	—	—	—	—



9.8 Zusammenfassung der wichtigsten Auslöser für die Grenzwertüberschreitungen beim Halbstundenmittelwert

Die Ursachen für die Grenzwertüberschreitungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Hohe NO_x-Emissionen, überwiegend aus dem Verkehr und in erster Linie zur Morgen- bzw. Abendverkehrsspitze
2. Niedrige Windgeschwindigkeiten in Bodennähe
3. Übergang von stabiler zu labiler Schichtung (oder umgekehrt) der bodennahen Luftschichten
4. Einmischen von O₃ aus den etwas höher gelegenen Luftschichten in die bodennahen Luftschichten durch kurzzeitige, geringe Labilisierung

Während die ersten drei Punkte häufig und charakteristisch für das Stadtgebiet von Graz sind, dürfte vor allem der vierte Punkt die Ursache für das vergleichsweise seltene Auftreten von Grenzwertüberschreitungen sein. Es bedarf möglicherweise besonderer Ausbreitungsbedingungen, um eine kurzzeitige, geringe Labilisierung zu bewirken.

Nicht eindeutig ist der Einfluss der Temperatur auf die Bildung von NO₂ nachweisbar, da die Überschreitungen nicht nur bei vergleichsweise hohen Temperaturen, wie z.B. am 25.2.2008 bei +15 °C, sondern auch bei relativ geringen Temperaturen stattfanden, wie z.B. am 12.1.2006 bei -5 °C.

Mit Ausnahme der Grenzwertüberschreitungen am 22.11.2005 (diese steht möglicherweise im Zusammenhang mit einer Kelvin-Helmholtz Instabilität) und am 1.2.2006 waren die Überschreitungen immer im Vorfeld von Frontdurchgängen registriert worden. Diese führen möglicherweise zu den notwendigen Ausbreitungsbedingungen, die zu Überschreitungen führen können (Punkte 2 bis 4).

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die steigenden primären NO₂-Emissionen aus dem KFZ-Verkehr Überschreitungen des Grenzwertes für den Halbstundenmittelwert immer wahrscheinlicher machen, vor allem direkt neben stark befahrenen Straßen. Damit wird nämlich das früher noch vielmehr notwendige Einmischen O₃ immer weniger bedeutend. Dieser Umstand dürfte sich bereits darin spiegeln, dass seit 2003 ausschließlich an der Messstation Don Bosco Überschreitungen registriert wurden. Außerdem wurden die Überschreitungen im Jahr 2003 gleichzeitig an mehreren Messstellen - unabhängig von deren Entfernung zu den nächsten stark befahrenen Straßen - registriert, was ebenfalls auf die Bedeutung von O₃ hindeutet. Die verkehrsnahen Messstelle Don Bosco wird auf Grund ihrer Nähe zur Straße am meisten durch KFZ-Emissionen beeinflusst ist (siehe auch Abbildung 55). Es ist also mit einer tendenziellen Zunahme der Überschreitungshäufigkeit an der Messstelle Don Bosco zu rechnen.

10 Analyse der Überschreitungen des Grenzwertes für das NO₂-Jahresmittel

Während die Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes durch das zufällige Zusammentreffen mehrerer besonderer Umstände (hohe momentane Emissionen verbunden mit speziellen meteorologischen Bedingungen) hervorgerufen wird, wird die Überschreitung des Grenzwertes für das Jahresmittel durch eine Kombination von hohen mittleren Emissionen und schlechten Ausbreitungsbedingungen im betroffenen Gebiet verursacht. Die Analyse der Überschreitungssituationen für den Jahresmittelwert kann daher nicht durch die Beschreibung der Rahmenbedingungen alleine erfolgen. Es ist zusätzlich die Durchführung von Modellberechnungen auf Basis von Ausbreitungsklassenstatistiken und gemessenen sowie modellierten Windparametern erforderlich, um diese hohen durchschnittlichen Belastungen zu erklären.

10.1 Methodik Modellrechnungen

Um eine grobe Abschätzung der räumlichen Ausdehnung des von regelmäßigen Grenzwertüberschreitungen betroffenen Gebiets zu erhalten, wurden mit einem numerischen Ausbreitungsmodell Simulationen durchgeführt. Es wurde das von der Technischen Universität Graz entwickelte Ausbreitungsmodell GRAL (Grazer Lagrange Modell) bzw. GRAMM (Grazer Mesoskaliges Modell) angewendet, da es am ehesten dafür geeignet ist, die Schadstoffausbreitung bei Gebäudeeinfluss und bei komplexer Topographie gut abzubilden [ÖTTL 2008b].

GRAMM ist ein prognostisches Euler'sches Windfeldmodell, welches die Erhaltungsgleichungen für Impuls, Energie (potentielle Temperatur) und Masse nach der finiten Volumen Methode löst. Eine detaillierte Beschreibung des Modells findet sich in [ÖTTL 2000]. Initialisiert bzw. angetrieben wird das Modell im vorliegenden Fall durch die Winddaten der Station Oeversee im Grazer Becken. Das notwendige vertikale Temperaturprofil wird prognostisch über die Berechnung der Energiebilanz an der Erdoberfläche in Abhängigkeit von der Ausbreitungsklasse und der Landnutzung berechnet. Als Bezugsjahr wurde das Jahr 2006 gewählt. Die genaue Methodik, wie die Windfeldsimulationen durchgeführt worden ist z.B. in [ÖTTL 2007] beschrieben. Für das Jahr 2006 ergeben sich knapp 49% stabile, 22% neutrale und 29% labile Ausbreitungssituationen. Es ergaben sich insgesamt etwa 550 verschiedene Wetterlagen für welche stationäre Windfelder und in der Folge stationäre Konzentrationsfelder berechnet wurden.

GRAL ist ein Lagrange'sches Partikelmodell, das speziell für die Schadstoffausbreitung im komplexen Gelände und auch für Schwachwindsituationen entwickelt wurde. Die dreidimensionalen mittleren Windfelder werden für jede klassifizierte Wetterlage von GRAMM übernommen. Die überlagerte turbulente Windgeschwindigkeit wird über stochastische Differentialgleichungen ermittelt. Dabei werden die horizontalen turbulenten Bewegungen unabhängig von den vertikalen angenommen. Die beiden horizontalen Raumrichtungen werden jedoch über zwei gekoppelte stochastische Differentialgleichungen beschrieben, die im Prinzip einen gedämpften harmonischen Oszillator simulieren (z.B. [ÖTTL 2005]). Dadurch können große horizontale Windrichtungsänderungen bei Schwachwindsituationen (Mäandrieren) modelliert werden. Eine umfangreiche Dokumentation von GRAL kann über die LUIS Homepage

<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/11023486/19222537/> herunter geladen werden [ÖTTL 2008b].

Trotz des eingesetzten aufwändigen Rechenmodells stellen Simulationen immer nur eine mehr oder weniger gute Annäherung an die Realität dar. Während die Simulation von durchschnittlichen Konzentrationen in der Regel mit guten Modellen recht gute Ergebnisse liefert (eine wesentliche Voraussetzung sind jedoch qualitativ gute Emissionsdaten), stellt die Berechnung von Spitzenkonzentrationen ein großes Problem dar. Die Turbulenzparametrisierungen in einem Ausbreitungsmodell sind Funktionen von den zur Verfügung stehenden Eingangsparametern (hier: Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse). Die Korrelation dieser Funktionen ist meistens deutlich kleiner als eins, das heißt, es existieren mehr oder weniger starke Ausreißer nach oben oder unten. Genau diese Abweichungen von „mittleren“ Verhältnissen sind jedoch die Ursache für ebensolche Ausreißer bei den gemessenen Immissionskonzentrationen, wenn man von Ausreißern bei der Hintergrundkonzentration und den Emissionen absieht. Ausbreitungsmodelle können daher Spitzenkonzentrationen grundsätzlich nicht gut abbilden. Je genauer Modelle mittlere Konzentrationen simulieren können, desto eher unterschätzen sie die Spitzenkonzentrationen. Mittlere Spitzenkonzentrationen können dagegen besser berechnet werden.

Die aufgrund des aufwändigen Rechenmodells notwendige Klassifizierung von Wetterlagen zur Minimierung der Rechenzeit trägt zusätzlich dazu bei, dass die absoluten Spitzenkonzentrationen nicht genau simuliert werden können, sondern eben nur „mittlere“ Spitzenkonzentrationen.

Folgende Modellgebiete wurden gewählt:

Tabelle 31: Größe und räumliche Auflösung der Modellgebiete

	Strömungssimulation	Ausbreitungssimulation
Gebiet	27 km x 39 km x 6 km	15 km x 17 km x 1 km
Auflösung	300 m x 300 m x 10 m	5 m x 5 m x 2 m

10.2 Methodik NO-NO₂ Umwandlung

In den Berechnungen wurden die in Kapitel 7.1 beschriebene Methodik nach [KURZ 2008] zur Berücksichtigung der Umwandlung von NO in NO₂ sowie dem steigenden Anteil der Emissionen von NO₂ angewandt.

10.3 Ergebnisse Strömungssimulationen

Wie Abbildung 48 zeigt, konnte die mittlere Windgeschwindigkeit für das Jahr 2006 mit dem Modell GRAMM zufriedenstellend berechnet werden. Die gemessenen Werte im westlichen, südlichen und mittlerem Teil des Grazer Beckens liegen in Bodennähe zwischen 0,7 und 0,8 m/s. Die Simulationen liegen mit 0,6 m/s etwas niedriger. Im östlichen Bereich im Einflussbereich von Seitentälern werden etwas höhere Werte um 1,0 m/s gemessen. Dies wird in den Simulationen stärker unterschätzt. Im Norden gibt es wiederum eine gute Übereinstimmung zwischen dem gemessenen Werte von 0,9 m/s und dem berechneten von 0,8 m/s. Unterschätzt wird die deutlich höhere Windgeschwindigkeit an der Station Weinzöttl, wo 1,9 m/s

gemessen, aber nur knapp 1,2 m/s berechnet werden. Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass die horizontale Auflösung von 300 m x 300 m nicht ausreicht, um den Kanalisierungseffekt in diesem Bereich gut zu simulieren. Die Windgeschwindigkeiten an den Höhenstationen Platte, Kalkleiten und Laßnitzhöhe (1,2 – 1,9 m/s) werden hingegen recht gut vom Modell wiedergegeben.

Abbildung 49 und Abbildung 50 zeigen simulierte bodennahe Strömungsfelder für zwei verschiedene Situationen. Vor allem in der zweiten Nachthälfte bilden sich im südlichen Grazer Becken oftmals südliche Windrichtungen aus, obwohl der eigentliche Murtalauswind aus nördlichen Richtungen über das Grazer Becken streicht. Diese schwach ausgeprägten südlichen Windrichtungen hängen offenbar mit den topographischen Verhältnissen zusammen, wobei der Nord-Süd ausgerichtete Plabutsch-Buchkogelzug den stabil geschichteten Murtalauswind aus Nordwest umlenkt [ÖTTL 2001]. Dieses Strömungsphänomen in Graz kann annähernd auch mit dem Modell wieder gegeben werden. Im Bereich des Autals ergeben sich jedoch Taleinwinde, was nicht realistisch sein dürfte.

Die Taleinwindphase ist durch südwestliche Windrichtungen charakterisiert. Lokal kann es aber auch hier durch Hangaufwinde zu Strömungsumkehrungen kommen, wie z.B. im Bereich Straßengel-Kirche.

Abbildung 51 zeigt gemessene und berechnete Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung im Großraum Graz. Größtenteils sind die Übereinstimmungen zwischen den gemessenen und berechneten Verteilungen recht gut. Im Grazer Becken gibt es größere Abweichungen vor allem in Bodennähe an den Stationen Graz-Süd, Oeversee und Graz-Nord. Hauptsächlich wird die Südwestkomponente deutlich überschätzt. Diese steht im Zusammenhang mit der vorhin erwähnten Umströmung des Plabutsch-Buchkogelzuges. Im Gegensatz zu den Simulationen ergeben sich eher südöstliche Windrichtungen anstelle von südwestlichen. In einigen Zehnermetern über dem Grazer Becken decken sich die Simulationsergebnisse hingegen sehr gut mit den Messungen, wie die Vergleiche mit den Stationen Kärntnerstraße, Puchstraße oder Eurostar-Kamin zeigen. Der östliche und westliche Bereich des Grazer Beckens wird auch in Bodennähe recht gut von den Simulationen erfasst (Stationen Graz-West, Eurostar und Universität). Sehr gut wird auch die Kanalisierung im Bereich Weinzöttl und St. Radegund berechnet.

Abbildung 48: Simulierte jahresdurchschnittliche Windgeschwindigkeit im Grazer Becken mit dem Modell GRAMM

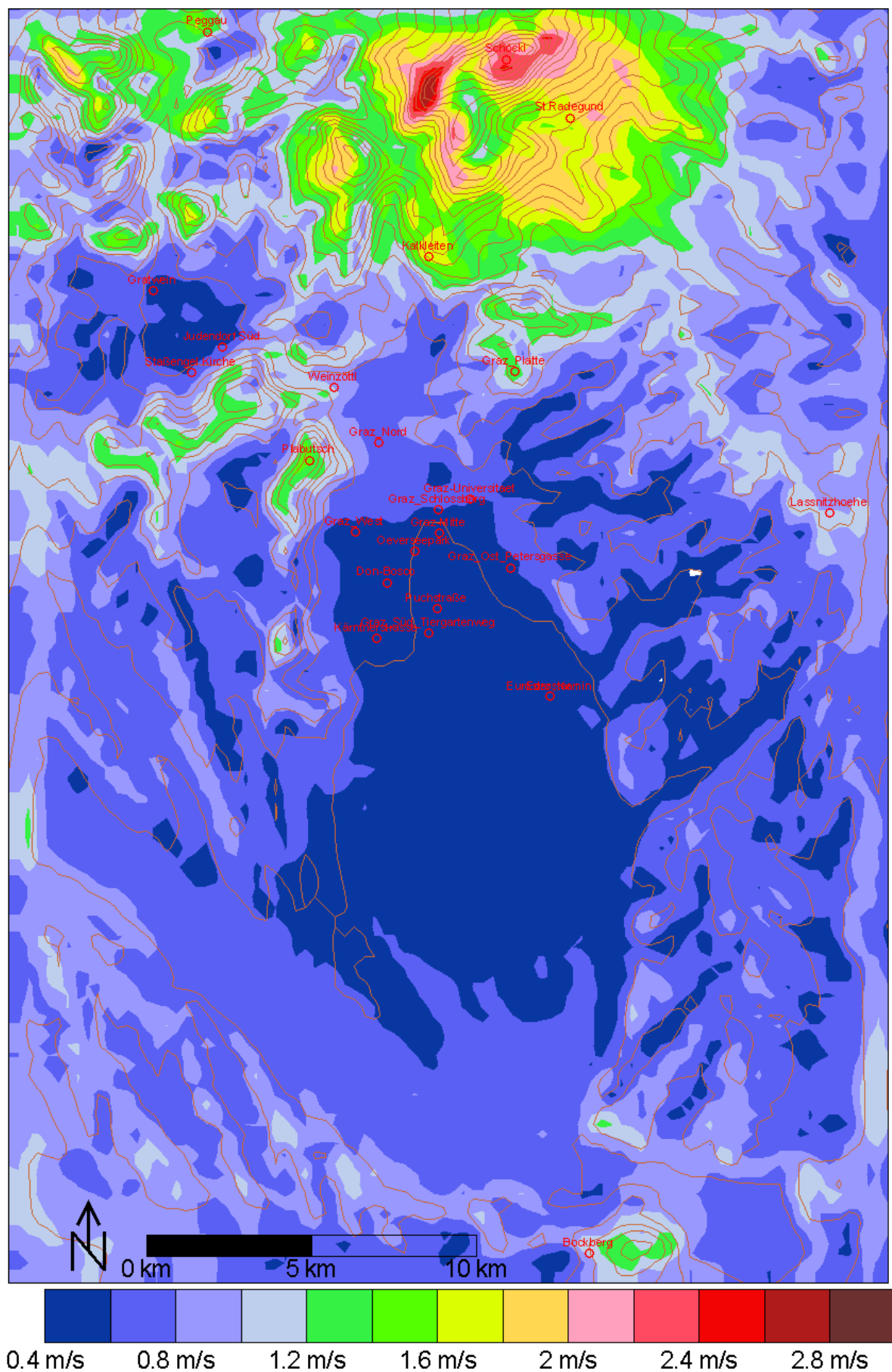


Abbildung 49: Simuliertes bodennahes Windfeld für die häufigste Talauswind-Wetterlage (AKL=7, WG=0,8 m/s, WR=Nord)

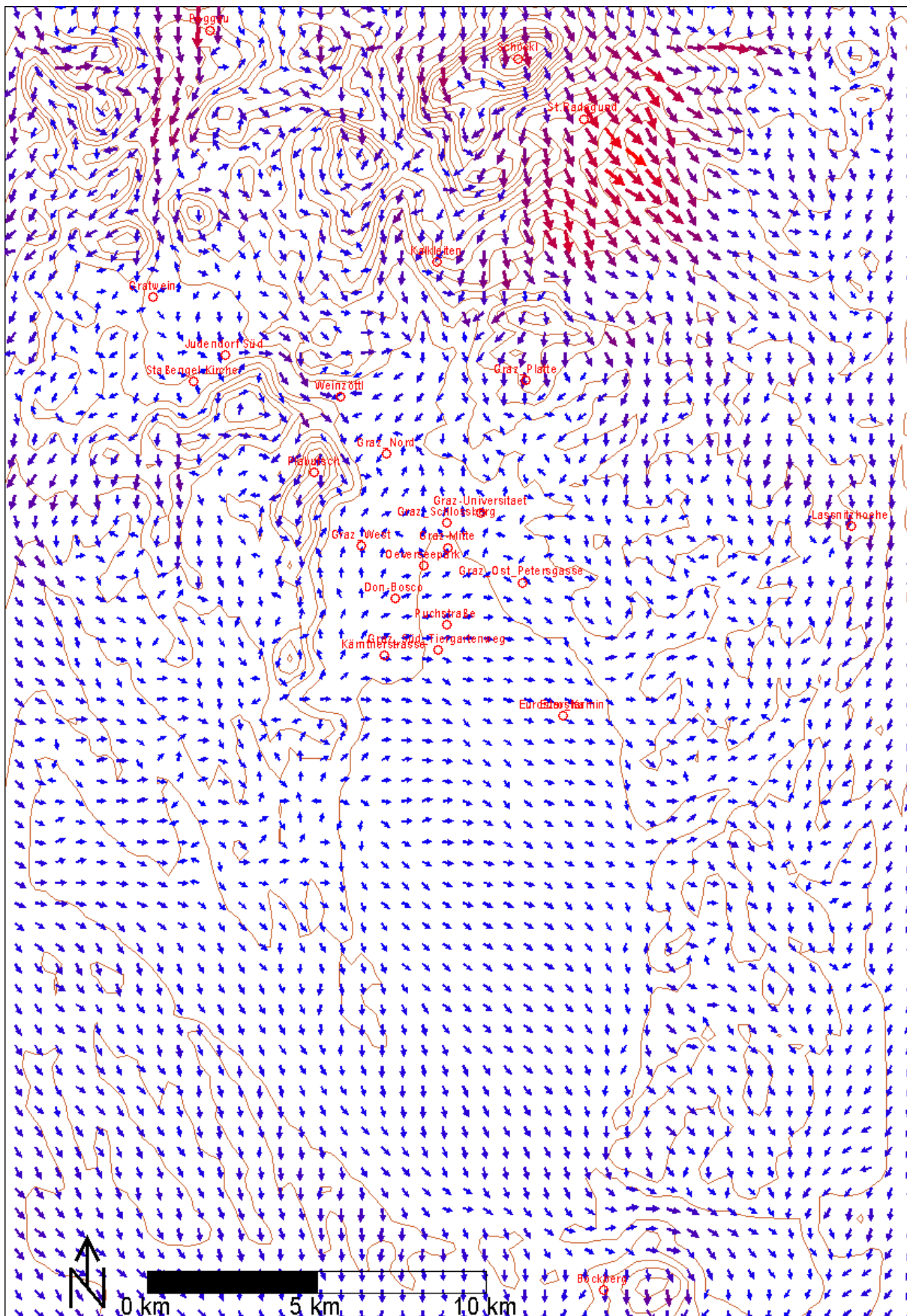
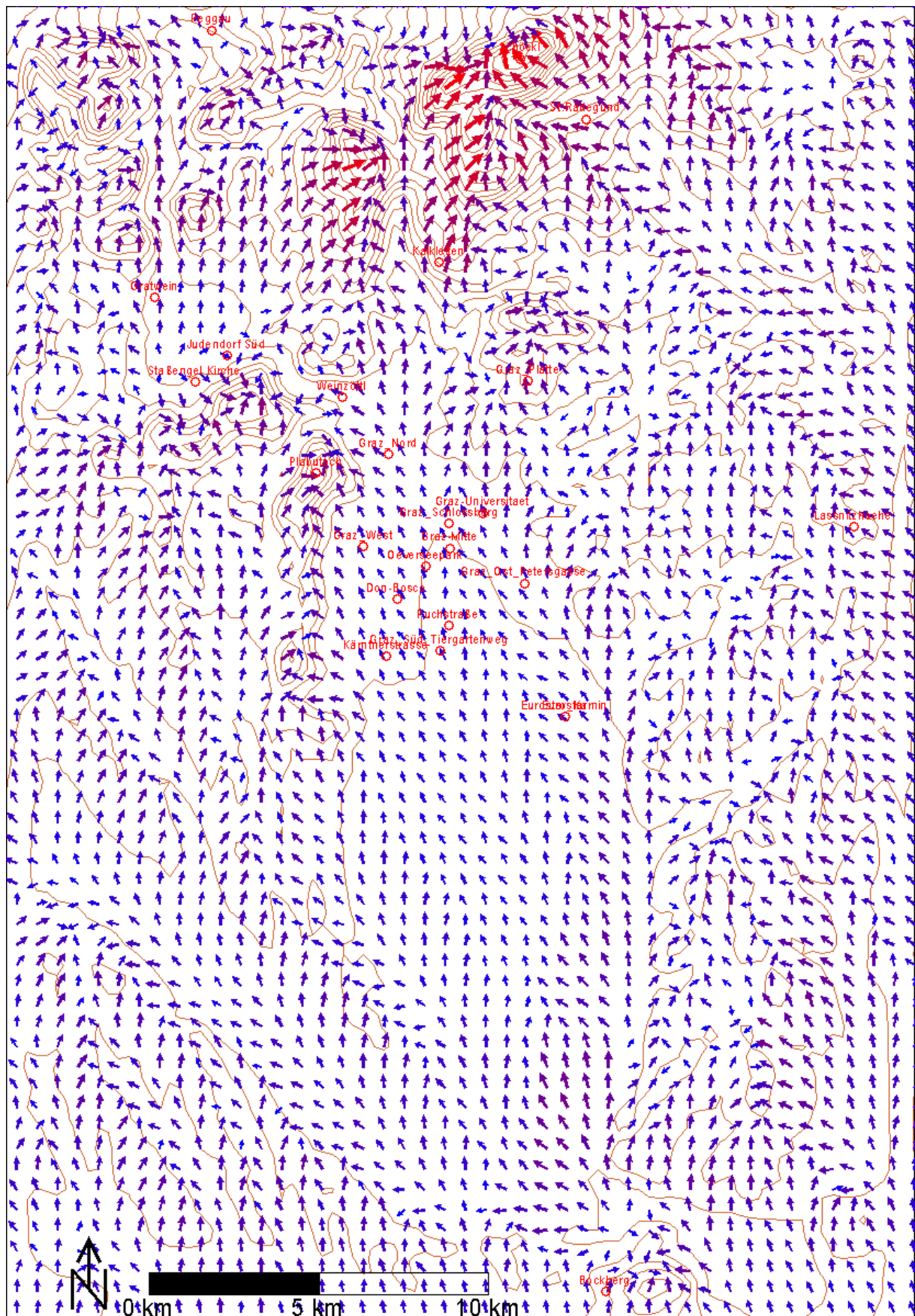
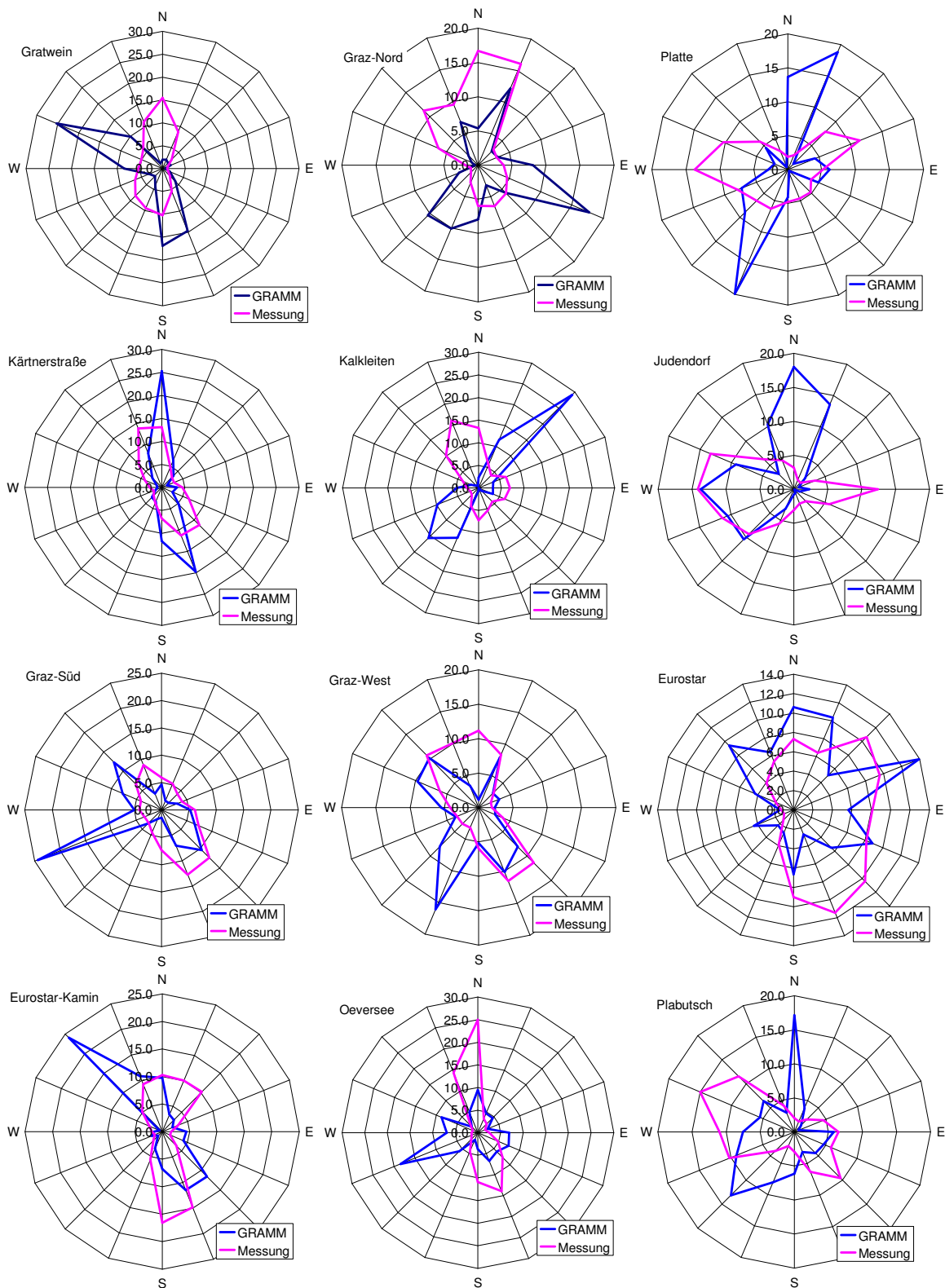
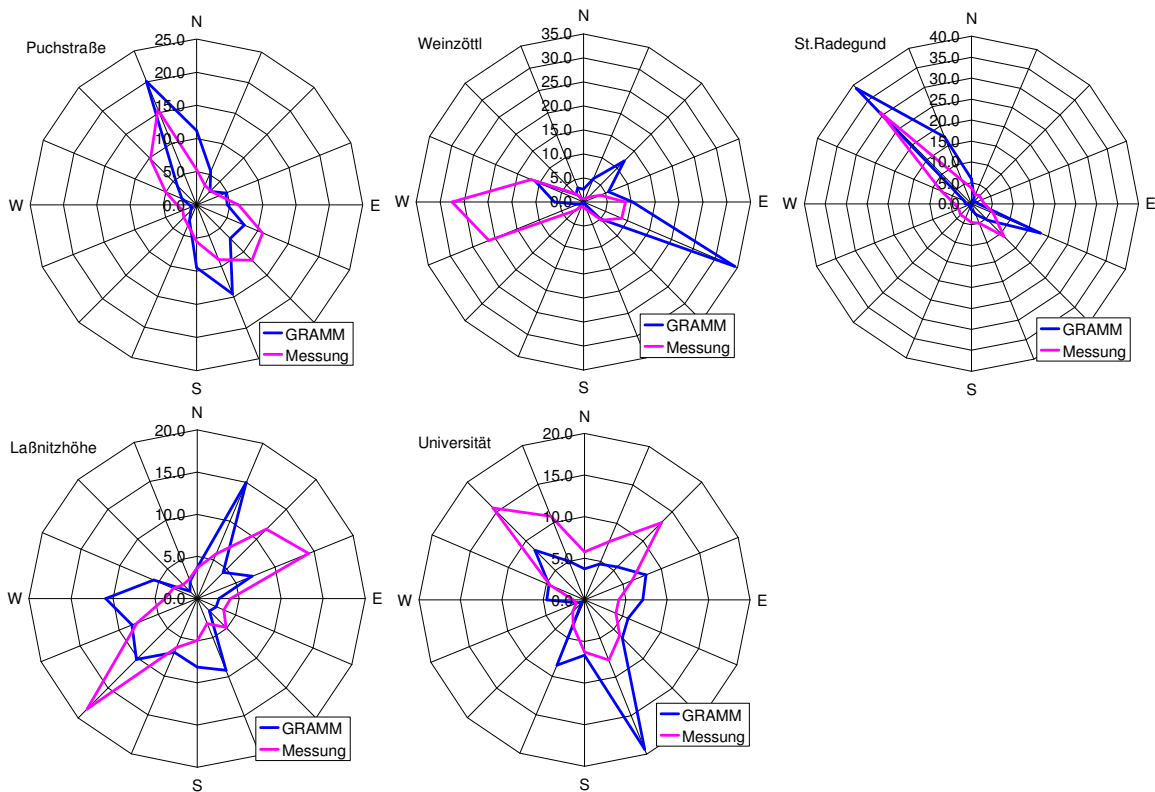


Abbildung 50: Simuliertes bodennahes Windfeld für die häufigste Taleinwind-Wetterlage (AKL=7, WG=0,8 m/s, WR=Nord)



**Abbildung 51: Vergleich von gemessenen und berechneten Windrichtungs-
verteilungen im Großraum Graz**





10.4 Ergebnisse der Ausbreitungssimulationen

10.4.1 Großräumiger Hintergrund

Erfahrungsgemäß ist die Hintergrundbelastung bei den Stickstoffoxiden (NO_x) gering. Wie Messungen auf Bergstationen in der Steiermark zeigen (Hochgöbnitz und Massenbergl), liegt die jahresdurchschnittliche NO_x -Konzentration im Bereich von 4 bis $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die Simulationsrechnungen wurde ein Wert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gewählt. Die Hintergrundbelastung stellt also einen beinahe zu vernachlässigenden Beitrag zur gesamten NO_x Belastung im Grazer Becken dar.

10.4.2 Simulierte Belastung für das Bezugsjahr 2006

In Tabelle 32 und Tabelle 33 sind die gemessenen und berechneten Jahresmittelwerte für NO_2 gegenübergestellt. Bei den mobilen Messungen, welche größtenteils nicht im Jahr 2006 durchgeführt wurden, wird trotzdem ein Vergleich mit den Berechnungsergebnissen für das Jahr 2006 durchgeführt, da der langjährige Trend in den gemessenen NO_2 -Belastungen in Graz nur sehr schwach ausgeprägt ist und daher ein Vergleich unterschiedlicher Jahre möglich ist.

Dabei zeigt sich, dass die gemessenen bzw. hochgerechneten Werte mit maximalen Abweichungen von etwa $\pm 20\%$ simuliert werden konnten. Als Qualitätskriterium für Ausbreitungssimulationen fordert die Richtlinie EG/50/2008 maximale Abweichungen von $\pm 30\%$ für 90% aller Messstationen. Diese Anforderung wird damit klar erfüllt.

Im Vergleich mit den Messungen zeigt die Simulation eine geringe Tendenz zur Überschätzung.

Tabelle 32: Vergleich gemessener (kontinuierliches Luftgütemessnetz) und modellierter NO₂-Jahresmittelwerte für 2006 [µg/m³]

Station	Messung	Simulation GRAL	Abweichung
Graz-Nord	30	32	6%
Graz-Süd	39	40	3%
Graz-West	34	40	17%
Graz-Petersgasse	36	40	10%
Don-Bosco	55	63	15%
Graz-Mitte	46	54	17%
Eurostar (2005)	34	35	3%

Tabelle 33: Vergleich gemessener (mobile Luftgütemessungen) und modellierter NO₂-Jahresmittelwerte [µg/m³]

Station	von	bis	Messung ¹⁾	Simulation GRAL	Abweichung
Bezirkszentrum Puntigam	9.8.02	18.9.02	68	73	7%
Feldkirchner Weg Puntigam	23.1.04	9.3.04	46	43	-7%
Geidorfplatz	24.1.06	6.3.06	56	64	13%
Fröhlichgasse	7.2.02	15.4.02	45	53	18%
Liebenau	5.11.02	23.1.03	51	58	13%
LNKH	1.12.01	31.3.02	39	36	-6%

¹⁾ Der Jahresmittelwert der mobilen Messung wurde auf Basis von Stationsvergleichen hochgerechnet und ist daher mit höheren Unsicherheiten behaftet als eine ganzjährige Messung

Abbildung 52 zeigt die flächenhafte NO₂-Belastung für den Jahresmittelwert für das Bezugsjahr 2006. Der in diesem Jahr gültige Grenzwert nach dem IG-L von 40 µg/m³ wird vor allem im innerstädtischen Bereich, entlang den Autobahnen sowie in Puntigam überschritten. Überschätzungen der Immissionsbelastungen werden vor allem den Bereich der Mur treffen, da die Eintiefung des Murbettes in der Simulation nicht aufgelöst werden konnte, sowie den Schlossberg, der in der Simulation wesentlich flacher abgebildet wird, als in der Realität.

Entsprechend den Simulationen ist der Bereich um die Messstelle Don-Bosco nicht der höchst belastete Punkt. Zum Teil liegen die Konzentrationen noch deutlich höher, beispielsweise im Bereich Bezirkszentrum Puntigam, wo mit einem Jahresmittelwert um 70 µg/m³ gerechnet werden muss.

Insgesamt ergibt sich eine Fläche (bezogen auf das gesamte Berechnungsgebiet) von 21,5 km² mit NO₂-Konzentrationen über 40 µg/m³ (Abbildung 53). Die Bereiche konzentrieren sich im Wesentlichen auf stark befahrene Straßen und auf das Stadt-

Abbildung 52: Simulierter Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz unter Berücksichtigung von Gebäuden, der Topographie und Lärmschutzwänden an den Autobahnen; Bezugsjahr 2006; eingezeichnet sind zusätzlich kontinuierliche und mobile Messungen der letzten Jahre

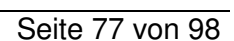


Abbildung 53: Ergebnisse der Simulation für den Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz unter Berücksichtigung von Gebäuden, der Topographie und Lärmschutzwänden an den Autobahnen; Bezugsjahr 2006
Gebiete mit Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m³

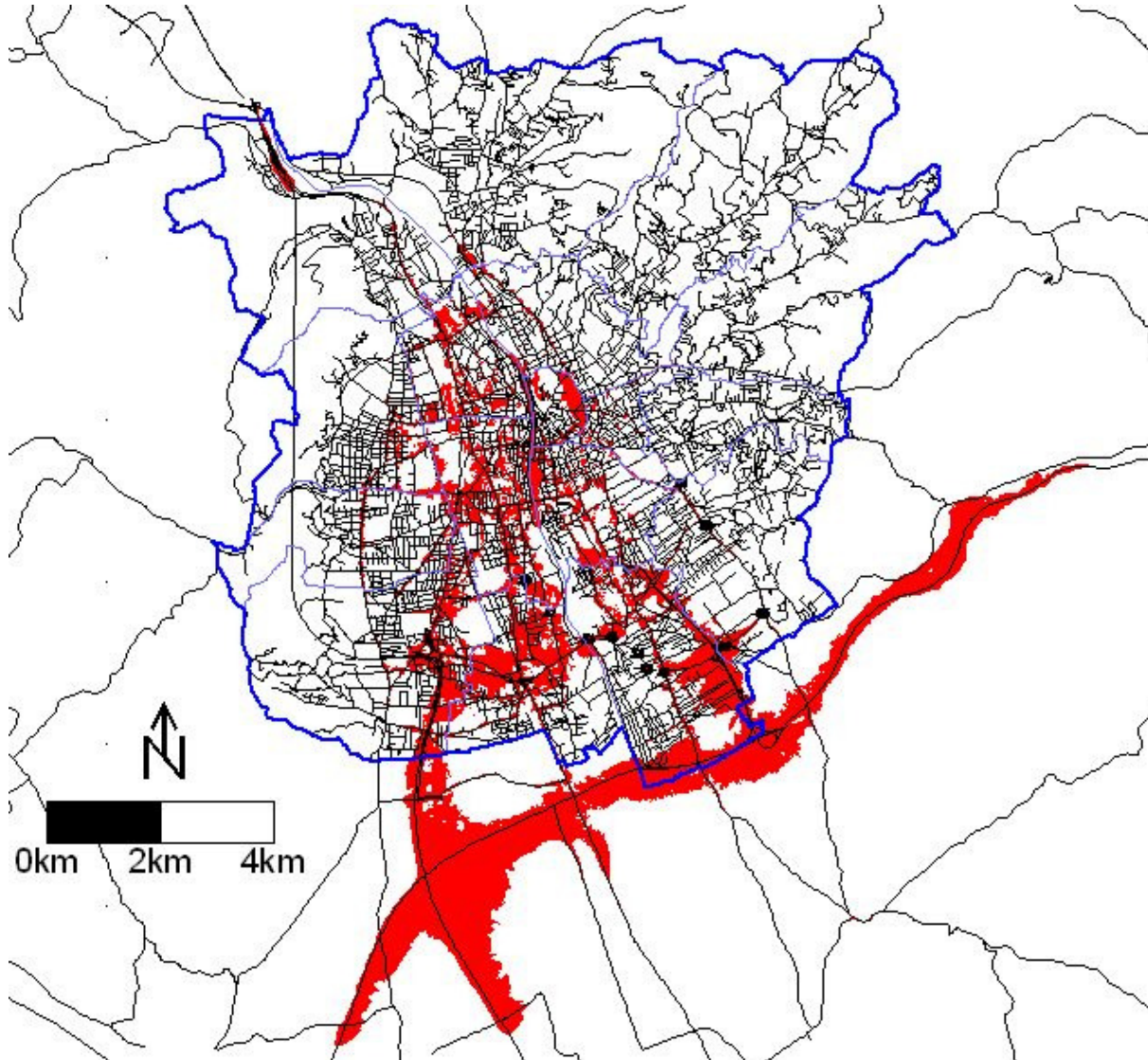
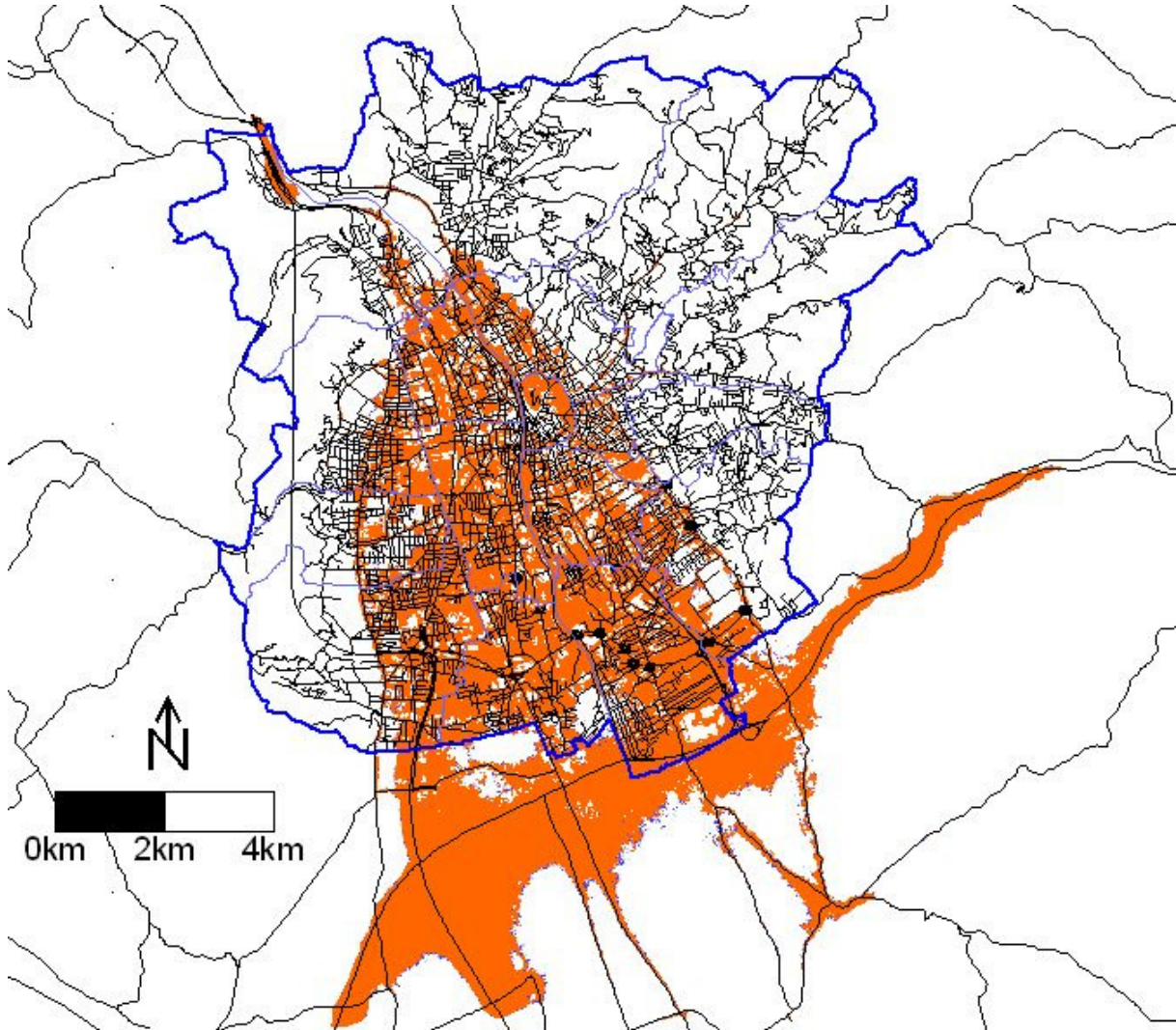


Abbildung 54: Ergebnisse der Simulation für den Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz unter Berücksichtigung von Gebäuden, der Topographie und Lärmschutzwänden an den Autobahnen; Bezugsjahr 2006
Gebiete mit Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes von 30 µg/m³



In Abbildung 55 sind die modellierten Quellbeiträge für NO_x an den Aufpunkten der kontinuierlichen Messstationen dargestellt. Erwartungsgemäß dominieren generell die Verkehrsemissionen umso mehr, je näher die Station neben stark befahrenen Straßen situiert ist. Der höchste Verkehrsbeitrag mit über 85% ergibt sich an der Messstelle Don-Bosco. Interessant ist, dass hier der Beitrag von LKW und Bussen mit 49% den höchsten Einzelbetrag liefert. PKWs tragen zu 38% zur Gesamtbelastung bei.

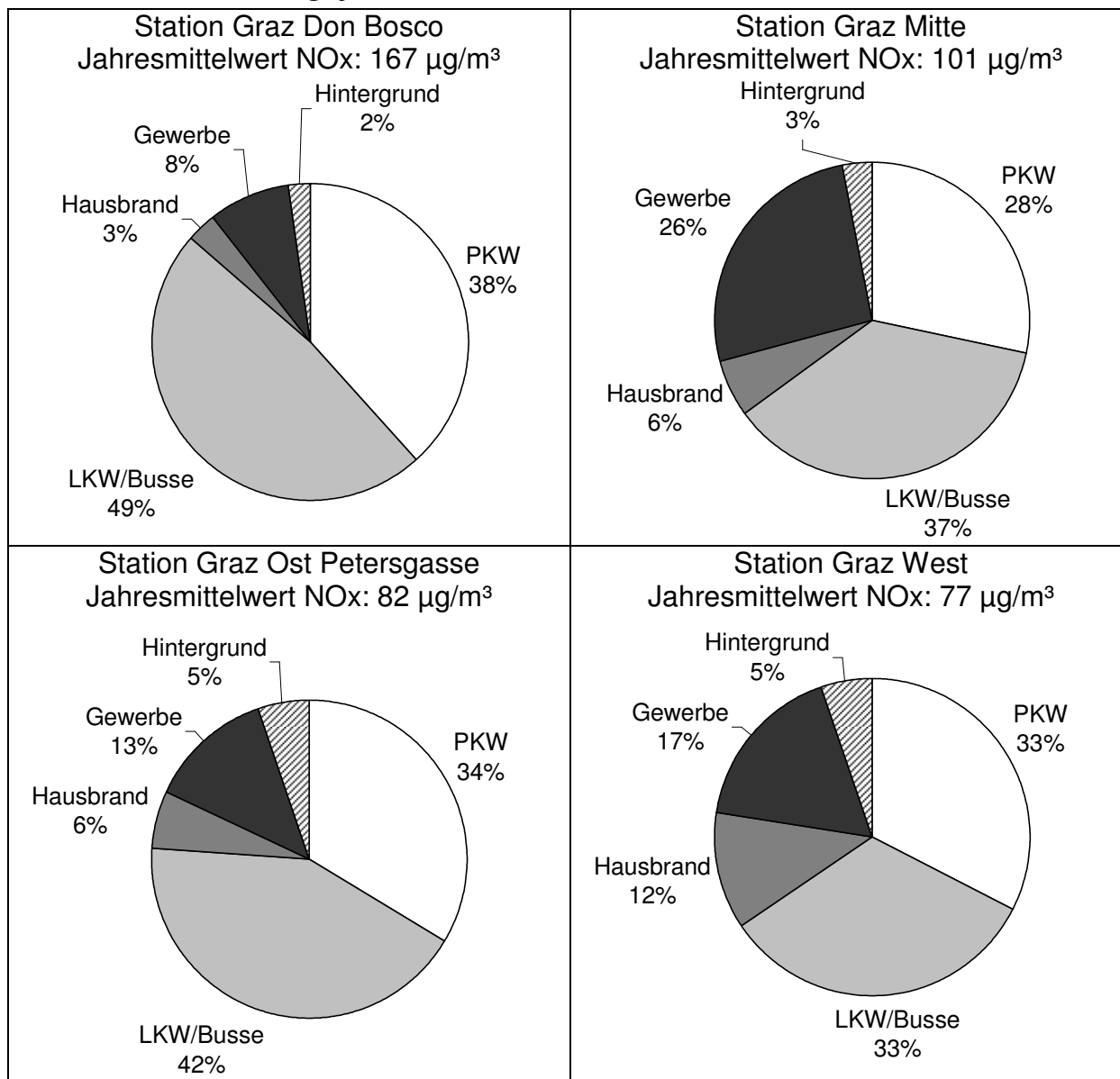
Im Gegensatz zur Station Don-Bosco ergeben sich für Graz-Mitte fast gleich hohe Beiträge durch Gewerbeemissionen, wie durch PKWs. Aufgrund der starken Überschätzung der NO_x Konzentrationen durch die Modellrechnungen an diesem Aufpunkt, sind die simulierten Beiträge hier mit höheren Unsicherheiten behaftet und müssen kritisch hinterfragt werden.

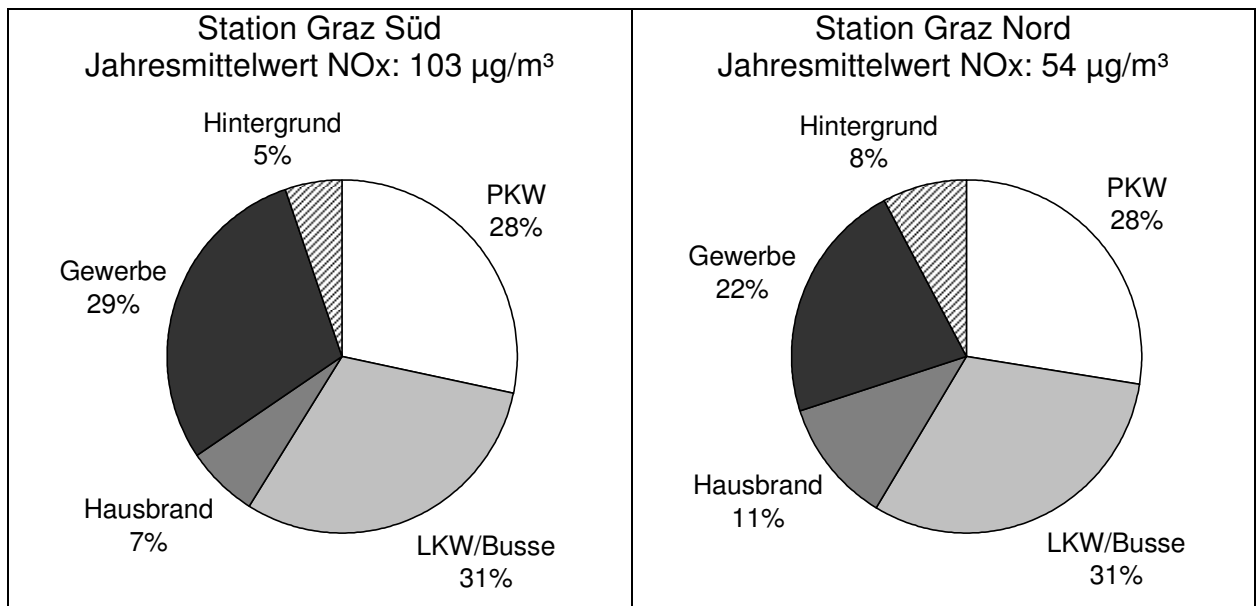
Die verkehrsnahen Station Graz-Petersgasse wird wiederum von Verkehrsemissionen dominiert, wobei LKW und Busse mit 42% den größten Einzelbeitrag liefern und PKWs etwa zu 34% zur Gesamtbelastung beitragen. Einen nicht unerheblichen Beitrag liefern auch Gewerbeemissionen mit 13% und der Hausbrand mit 6%.

An den Stationen Graz-West, Graz-Süd und Graz-Nord ergibt sich in etwa eine Drittelung der Beiträge durch LKW und Busse, PKWs sowie Hausbrand und Gewerbe.

Aufgrund der tendenziell abnehmenden NO_x -Emissionen aus dem Straßenverkehr (kontinuierliche Flottenerneuerung sowie strengere Emissionsstandards; siehe auch Abbildung 10) kommt den Emissionen aus den Gewerbebetrieben sowie dem Hausbrand immer mehr Bedeutung zu, was in der künftigen Maßnahmenplanung berücksichtigt werden sollte.

Abbildung 55: Modellerte NO_x Quellbeiträge an Grazer Messstationen für das Bezugsjahr 2006 im Jahresmittel





10.4.3 Simulierte lokale Beiträge

Im Falle von Grenzwertüberschreitungen nach EG/50/2008 besteht die Möglichkeit eines Fristverlängerungsantrages. Dieser sehr umfangreiche Antrag sieht auch die Analyse der räumlichen Beiträge der Schadstoffbelastung an einer Messstelle vor. Dabei wird zwischen regionalem Hintergrund (alle Emissionen aus Entfernungen größer als ~30 km), städtischem Hintergrund (alle bodennahen Emissionen aus Entfernungen größer als ~300 m bzw. Punktquellen aus Entfernungen größer als 5 km) unterschieden. Dementsprechend werden alle Emissionen innerhalb von ~300 m zur Messstelle als lokaler Beitrag gewertet.

Der regionale Hintergrund kann mit guter Näherung aus den Hintergrundmessstellen in der Steiermark abgeleitet werden. Dieser beträgt für NO_x etwa 5 µg/m³ für sämtliche Messstellen.

Da nur an der Messstelle Don-Bosco der EU-Grenzwert von 40 µg/m³ für den Jahresmittelwert an NO₂ überschritten und an der Messstelle Graz Mitte gerade erreicht wird (der Kurzzeitgrenzwert wird überall eingehalten), wurden nur für diese beiden Messstellen die lokalen Beiträge berechnet (siehe Abbildung 56 und Abbildung 57). Entsprechend den Definitionen im Fristverlängerungsantrag wurden die Modellgebiete mit 600 m x 600 m festgelegt. Lokale Beiträge durch hohe Kaminemissionen außerhalb dieses Bereichs sind nicht zu erwarten.

Für Graz-Mitte tragen die auf diese Weise definierten lokalen Beiträge ca. 25% zur Gesamtbelastung bei. Der städtische Beitrag errechnet sich aus der berechneten Gesamtbelastung minus des lokalen und regionalen Beitrages. Dieser beträgt dementsprechend ca. 70%. Die genauen Aufteilungen der lokalen und städtischen Beiträge für die Stationen Don-Bosco und Graz-Mitte finden sich in Tabelle 34 und Tabelle 35. Während an der Station Don-Bosco hauptsächlich die lokalen Beiträge dominieren (>60%), dominieren an der Station Graz-Mitte die Beiträge aus dem städtischen Hintergrund (ca. 70%).

Tabelle 34: Simulierte Quellbeiträge von lokalen Emissionen in Bezug auf die Gesamtimmission

	Graz-Mitte	Don-Bosco
PKW	9%	27%
LKW/Busse	12%	34%
Hausbrand	1%	1%
Gewerbe	5%	3%

Tabelle 35: Simulierte Quellbeiträge von urbanen Emissionen in Bezug auf die Gesamtimmission

	Graz-Mitte	Don-Bosco
PKW	19%	12%
LKW/Busse	25%	14%
Hausbrand	5%	2%
Gewerbe	21%	5%

Abbildung 56: Simulierte jahresdurchschnittliche NO_x -Konzentration durch lokale Quellen im Bereich Don-Bosco

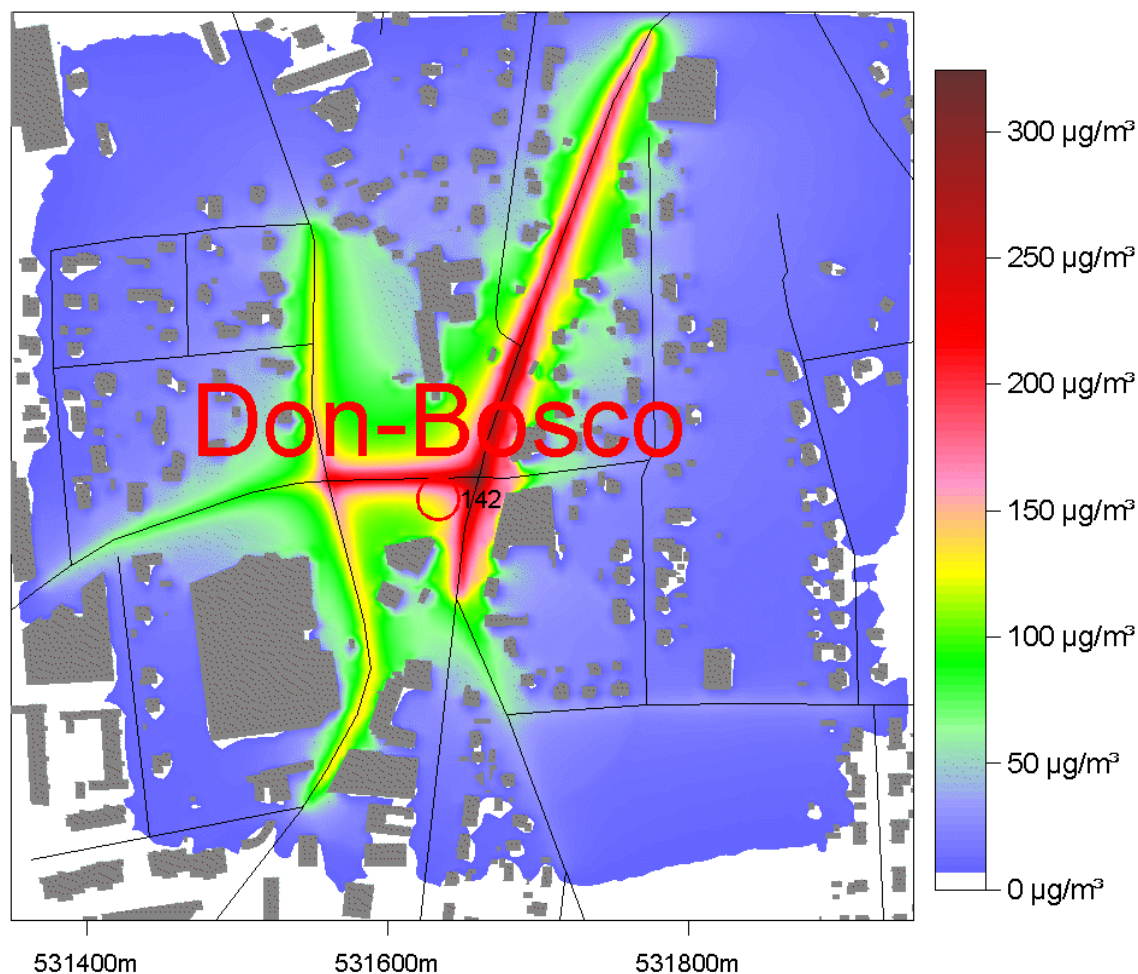
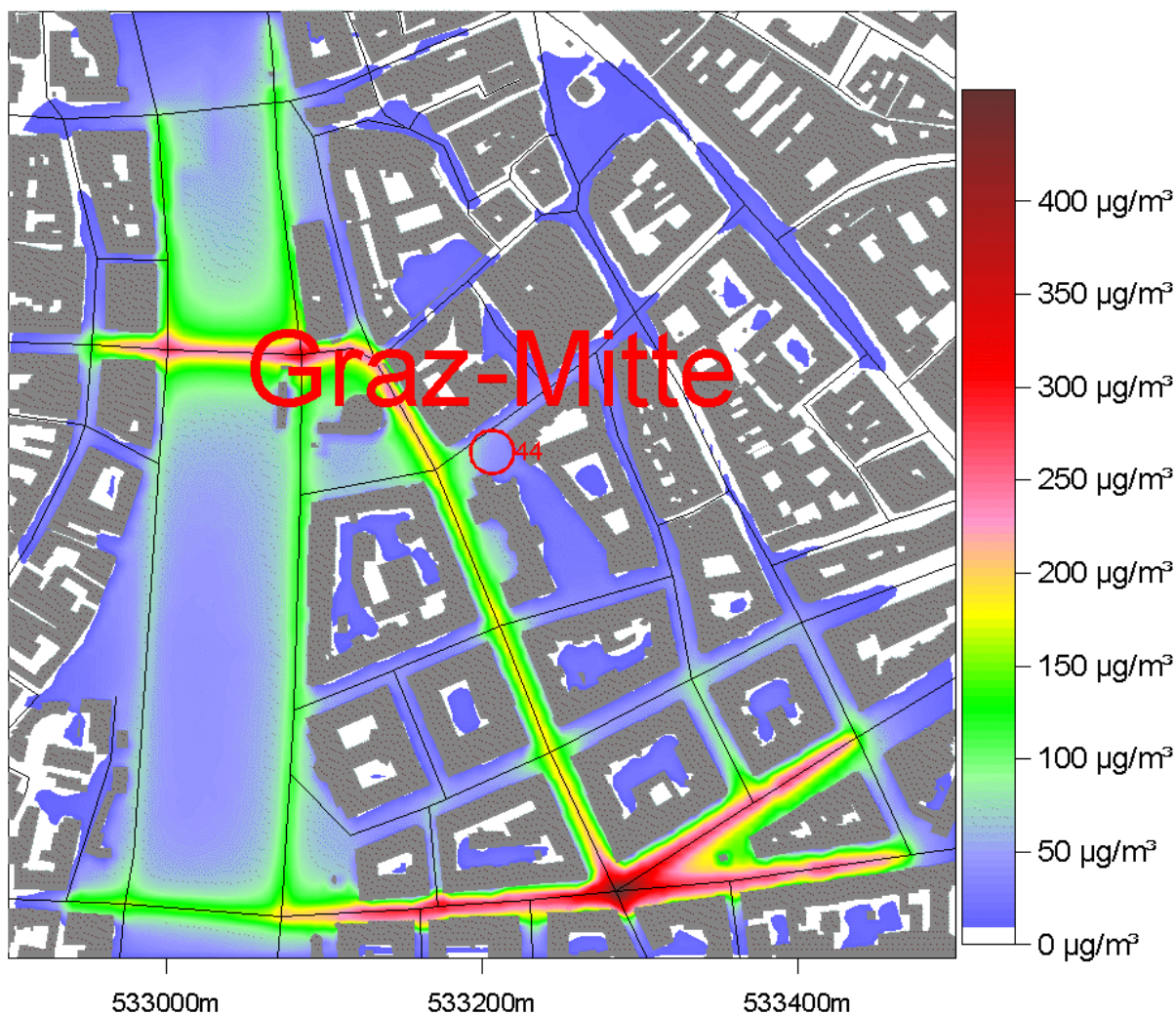


Abbildung 57: Simulierte jahresdurchschnittliche NO_x-Konzentration durch lokale Quellen im Bereich Graz-Mitte



10.5 BAU Szenarien 2012 und 2015

Obwohl zur Zeit kein Maßnahmenprogramm für die Steiermark existiert, das speziell auf die NO_x-Reduktion abzielt, so sind natürlich im Feinstaubprogramm 2008 [FA13A 2008] eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen, die auch eine Reduktion der NO_x-Emissionen bewirken. So bringt die laufende Kesseltauschaktion zur Reduktion der Feinstaubemissionen auch eine entsprechende NO_x-Reduktion, sofern bestehende Heizungsanlagen gegen einen Fernwärmeanschluss getauscht werden.

Daten für den Zeitraum von 2007 bis Mitte 2009 ergaben, dass insgesamt 237 Heizungsanlagen von Kohle auf Fernwärme und 153 Heizungsanlagen von Holz auf Fernwärme umgestellt wurden. Die abgeschätzte Emissionsreduktion bei NO_x, entsprechend der Methodik im aktuellen Hausbrandkataster Steiermark [ÖTTL 2008a], ergibt rund 2.000 kg pro Jahr. Im Vergleich zu den gesamten NO_x-Emissionen aus allen Sektoren ist diese Menge vernachlässigbar, da bereits die Wirtschaftskonjunktur größere Schwankungen in den Emissionen der Gewerbebetriebe bzw. beim Verkehr verursacht.

Eine weitere Maßnahme betrifft die Forcierung des öffentlichen Verkehrs in und nach Graz. So werden beispielsweise durch Landesförderung zusätzliche Pendlerzüge für den Personentransport von und nach Graz in die umliegenden Regionen eingesetzt. Zahlen bezüglich einer entsprechenden Reduktion an PKW-Fahrten im Großraum Graz liegen nicht vor.

Im Folgenden werden zwei zukünftige Szenarien unter nachstehenden Annahmen berechnet:

- ⇒ Emissionen aus Gewerbe/Industrie und Hausbrand bleiben unverändert
- ⇒ Die Verkehrszunahme beträgt 2% pro Jahr (siehe Kap. 5.2.2)
- ⇒ Es werden keine Maßnahmen zur Emissionsreduktion in einer der betrachteten Emittentengruppen (Verkehr, Gewerbe, Hausbrand) gesetzt (Business as usual = BAU Szenarien)

Trotz der Verkehrszunahme ergibt sich für das Jahr 2012 eine Abnahme der NO_x-Emission aus dem Straßenverkehr um 15% und für das Jahr 2015 um 17% gegenüber dem Referenzjahr 2006. Die primären NO₂-Emissionen aus den KFZ steigen hingegen von 19% im Referenzjahr 2006 auf 28% im Jahr 2012 und auf 31% im Jahr 2015. Unter Berücksichtigung der zunehmenden primären NO₂-Emissionen ergeben sich die in Tabelle 36 aufgelisteten jahresdurchschnittlichen NO₂-Konzentrationen an den Aufpunkten der kontinuierlichen Luftgütemessungen.

Tabelle 36: Berechnete jahresdurchschnittliche NO₂ Konzentrationen für die BAU Szenarien 2012 und 2015 sowie für das Referenzjahr 2006

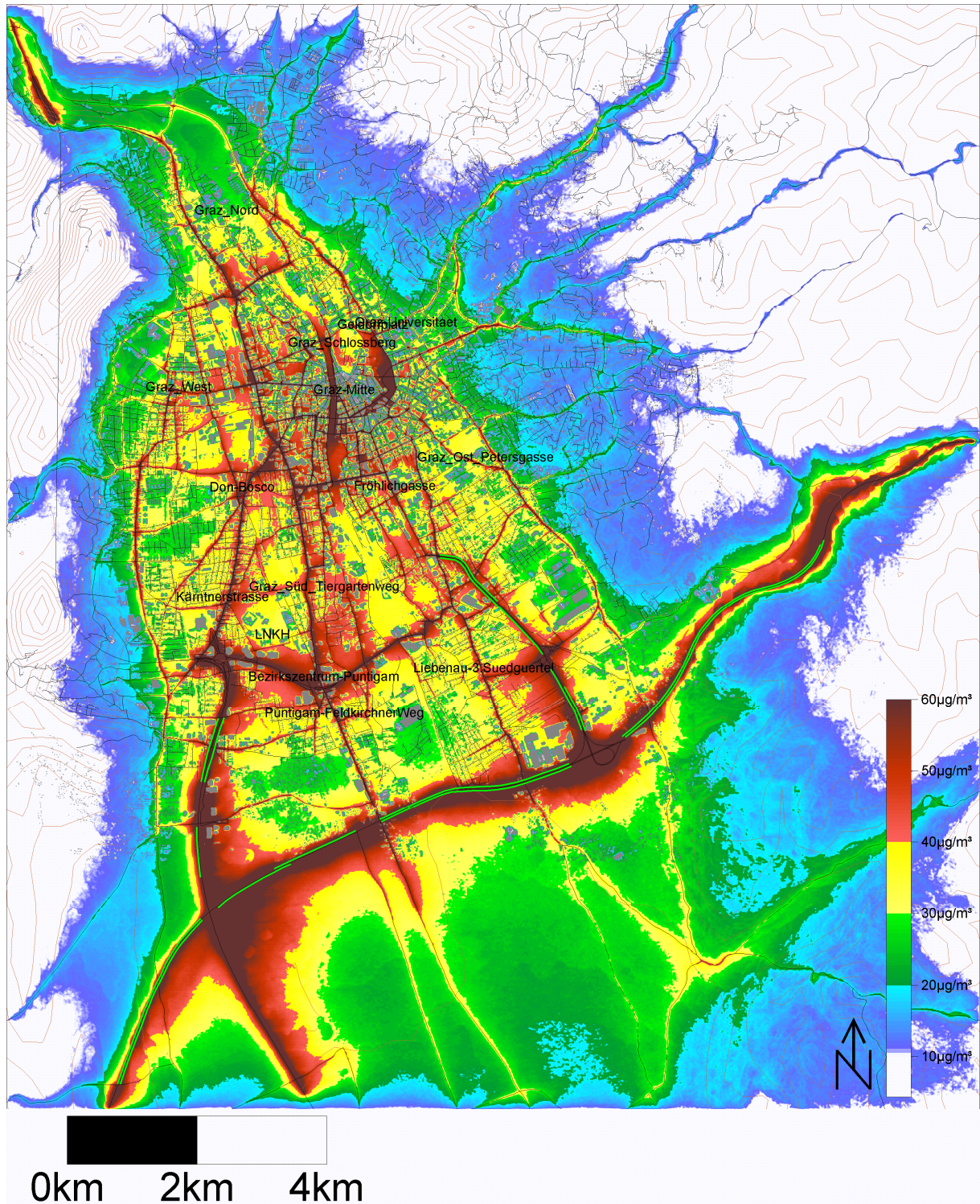
Station	2006	BAU 2012	BAU 2015
Graz-Nord	32	33	31
Graz-Süd	40	43	41
Graz-West	40	42	40
Graz-Petersgasse	40	43	41
Don-Bosco	63	74	72
Graz-Mitte	54	57	55

Es ist ersichtlich, dass trotz abnehmender NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr an allen Messstationen mit einer Zunahme der NO₂-Konzentrationen bis zum Jahr 2012 gerechnet werden muss (unter gleichen Ausbreitungsbedingungen). Danach wird es zu einem leichten rückläufigen Trend kommen, wobei im Jahr 2015 das Niveau von 2006 an Messstationen erreicht werden wird, die etwas weiter von stark befahrenen Straßen entfernt situiert sind. In unmittelbarer Nähe zu stark befahrenen Straßen wird das NO₂ Niveau immer noch höher sein als im Jahr 2006.

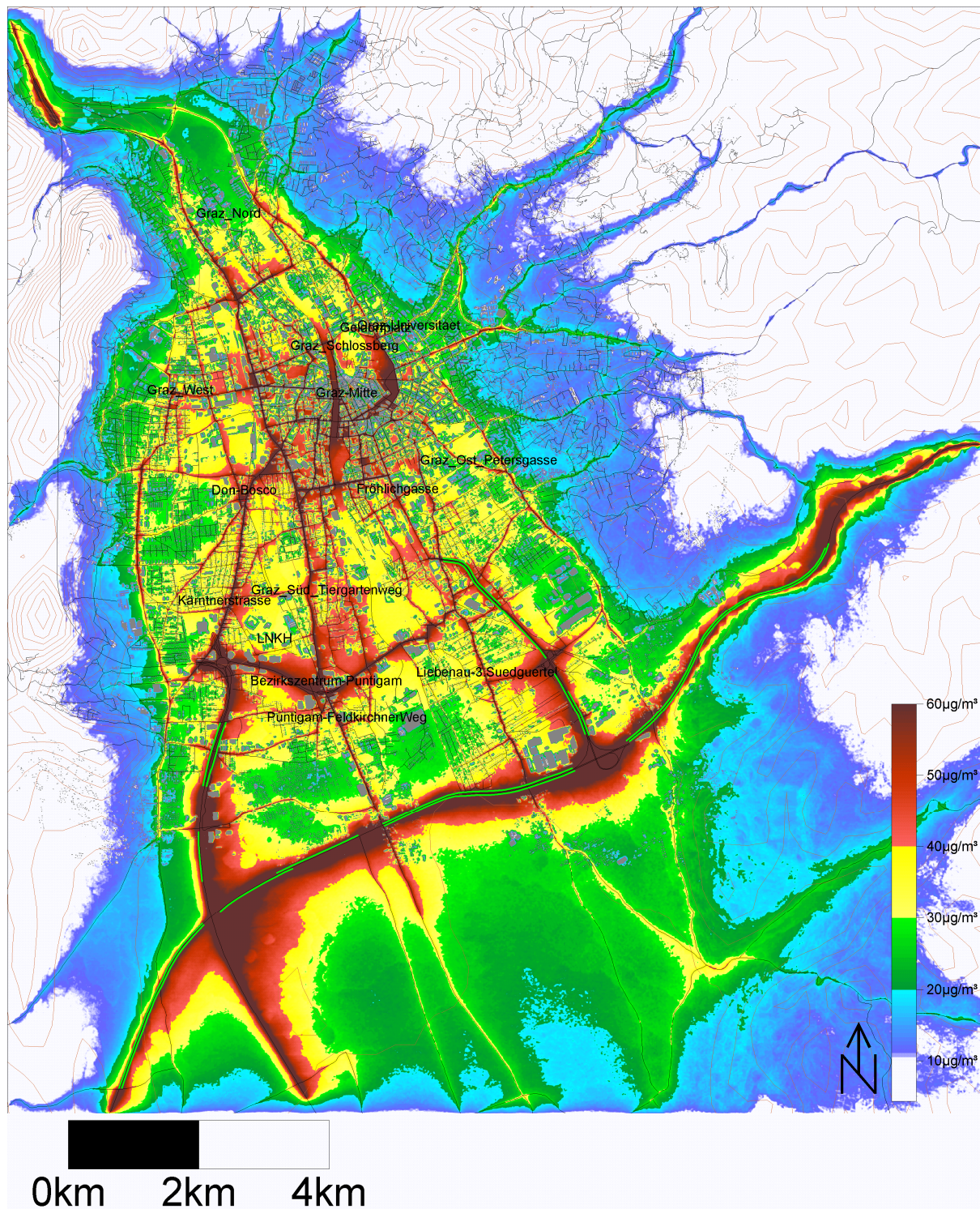
Eine Übersicht über die flächenhafte Verteilung der jahresdurchschnittlichen NO₂ Konzentrationen im Großraum Graz geben Abbildung 58 und Abbildung 59. Für das Jahr 2012 ergibt sich eine Fläche von 28,3 km² mit einem Jahresmittelwert größer als 40 µg/m³ und eine Fläche von 61,6 km² mit einem Jahresmittelwert größer als 30 µg/m³. Für letztere stellt dies eine Zunahme gegenüber 2006 um mehr als 30% dar. Im Jahr 2015 wird die Fläche mit einem Jahresmittelwert größer als 40 µg/m³ mit

23,6 km² nur noch wenig größer sein als jene für 2006, die Fläche mit einem Jahresmittelwert größer als 30 µg/m³ sollte mit 54,2 km² allerdings bereits geringer sein als im Jahr 2006.

**Abbildung 58: Simulierter Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz
Bezugsjahr 2012**



**Abbildung 59: Simulierter Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz
Bezugsjahr 2015**



Die Darstellungen in Abbildung 58 und Abbildung 59 basieren auf Berechnungen, die die Gebäuden, die Topographie und Lärmschutzwände an den Autobahnen berücksichtigen.

Nicht berücksichtigt wurden die derzeit in Planung befindliche innerstädtische Großprojekte, wie z.B. der Ausbau des Südgürtels, der Umbau des Knoten Graz Ost oder der Umbau der Kreuzung Eggenberger Gürtel/Annenstraße. Zudem könnte die

Annahme einer jährlichen Zunahme des Verkehrs um 2% in der derzeitigen wirtschaftlich angespannten Lage zu konservativ sein. Dennoch ist mit keiner wesentlichen Entspannung der NO₂ Belastung im Raum Graz zu rechnen, insbesondere wenn, wie in der derzeitigen Fassung des IG-Luft vorgesehen, der Grenzwert für den Jahresmittelwert an NO₂ von derzeit 40 µg/m³ (2009) auf 30 µg/m³ im Jahr 2012 abgesenkt werden wird.

11 Sanierungsgebiet

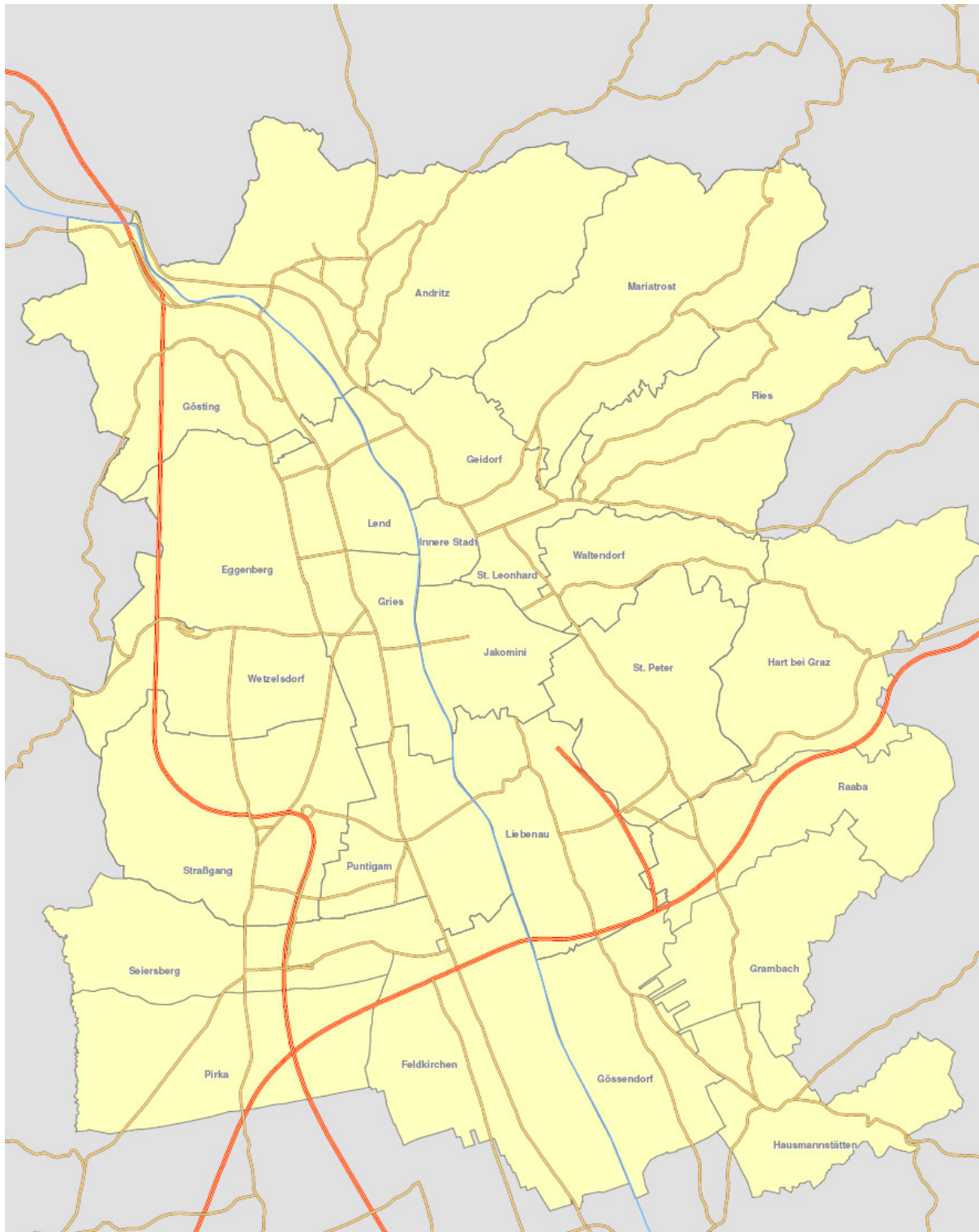
Als Sanierungsgebiet ist jenes Gebiet auszuweisen, in dem sich die Emissionsquellen befinden, für die in einem Programm gemäß § 9a Maßnahmen vorgesehen werden können. Es kann sich also von jenem Gebiet unterscheiden, in dem Immissionsgrenzwertüberschreitungen tatsächlich nachgewiesen worden sind. Für Emissionen aus dem Verkehr wären also auch die Einzugsgebiete mit einzubeziehen.

In der Statuserhebung 2003 [STATUSERHEBUNG 2003] wurde vorgeschlagen, als Sanierungsgebiet das Stadtgebiet von Graz, die Gemeindegebiete von Feldkirchen bei Graz, Gössendorf, Grambach, Hart bei Graz, Hausmannstätten, Pirka, Raaba und Seiersberg auszuweisen. Dies deckt sich auch mit jenem Bereich der in der Verordnung Belastete Gebiete Luft [BGBl. 2008] ausgewiesen wurde.

Da auf Grund der bisher durchgeführten Statuserhebung für NO₂ kein Luftreinhalteprogramm gemäß §9a IG-L erstellt und auch keine IG-L-Maßnahmenverordnung erlassen worden ist, gibt es noch kein verordnetes Sanierungsgebiet für NO₂.

Die Ergebnisse der hier durchgeführten Statuserhebung ergaben keine Ursachen, den seinerzeitigen Vorschlag abzuändern. Es erfolgte z.B. die Prüfung, ob einzelne Katastralgemeinden aus dem Sanierungsgebiet fallen könnten. Dabei zeigte sich, dass diese Verwaltungseinheiten zumeist durch Hauptverkehrswege begrenzt sind. Daher wird weiterhin das in Abbildung 60 dargestellte Gebiet als Sanierungsgebiet im Sinne von §8 Abs.2 Z.4 IG-L empfohlen.

Abbildung 60: Vorgeschlagenes Sanierungsgebiet Großraum Graz



Legende

- Autobahn
- Straßennetz
- Gewässer
- Gemeinde- bzw. Stadtbezirkgrenze
- Sanierungsgebiet NO2



0 2,5 5 Kilometer

12 Maßnahmen

12.1 Maßnahmenprogramm Feinstaub 2008

Der Schwerpunkt der Maßnahmenplanung lag auf Grund der bisherigen Prioritäten eindeutig auf dem Schadstoff PM₁₀. Dementsprechend ist auch das Maßnahmenprogramm Feinstaub 2008 [FA13A 2008] bereits die dritte Fassung eines Maßnahmenbündels für diesen Schadstoff. Da aus fachlicher Sicht aber klar war, dass auch Anstrengungen zu unternehmen sein werden, die Belastung mit Stickstoffdioxid entsprechend zu reduzieren, wurden bei allen bisherigen Maßnahmenbewertungen auch die Auswirkung auf die NO_x-Emission mit untersucht.

Aus dem Feinstaubprogramm 2008 sind die im folgende dargestellten Maßnahmen auch hinsichtlich der Emissionsreduktion an Stickstoffoxiden von Bedeutung. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden Einzelmaßnahmen zu thematisch zusammengehörigen Gruppen zusammengefasst.

Auf Basis der Ergebnisse dieser Statuserhebung ist vorgesehen, das Feinstaubprogramm zu erweitern und auch andere Schadstoffe, im Besonderen die Stickstoffoxide verstärkt zu berücksichtigen. Das Ergebnis soll ein Luftreinhalteprogramm sein, das schadstoff- und sektorenübergreifend die Richtung zur weiteren Verbesserung der Luftqualität vorgibt.

12.1.1 Verkehr

Der Verkehr ist der Emittent von Stickstoffoxiden, der den größten Beitrag zur Gesamtbelastung liefert. Daher sind Maßnahmen zur Verminderung und zur Vermeidung von Verkehr von wesentlicher Bedeutung.

- Förderung des Umstiegs vom Auto auf den Umweltverbund
 - ⇒ Marketing Umweltverbund
 - ⇒ Ausdehnung der Parkraumbewirtschaftung in Graz
 - ⇒ Tarifliche Maßnahmen (Feinstaubkarte)
 - ⇒ Errichtung von zusätzlichen Park & Ride Stellplätzen in Bahnhofsnähe
 - ⇒ Attraktivierung des Radfahrnetzes der Stadt Graz
- Ausbau öffentlicher Verkehrsmittel
 - ⇒ S-Bahn
 - ⇒ „Stadt-Land-Bus – Stadtgrenzenüberschreitender Verkehr Bus“
 - ⇒ ÖV – Beschleunigungs- und Bevorrangungsprogramm
 - ⇒ Ausbauprogramm Straßenbahn in Graz
- Verkehrsbeschränkende Maßnahmen
 - ⇒ Geschwindigkeitsbeschränkungen laut IG-L: Tempo 100 km/h auf Autobahnen über immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussungsanlagen.
 - ⇒ Mindestemissionsstandards für Taxis
 - ⇒ Einführung von Umweltzonen (Low emission zones)
 - ⇒ Parkraumbewirtschaftung

- Organisatorische Maßnahmen
 - ⇒ Optimierung von Gütertransportsystemen in Graz
 - ⇒ Eco-Driving Seminare für BerufsfahrerInnen
 - ⇒ Emissionsabhängige Bezahlung von Busunternehmen
 - ⇒ Feldüberwachung von schweren Nutzfahrzeugen (SNF)
 - ⇒ Remote Sensing

12.1.2 Gewerbe, Industrie

Im Sektor der Anlagen sind Maßnahmen des Landeshauptmanns nur sehr eingeschränkt möglich, da hier die Kompetenz des Bundes sowohl die Gesetzgebung als auch die Vollziehung umfasst. Daher beschränken sich die Maßnahmenvorschläge im Wesentlichen auf die Forderung, entsprechend strenge Grenzwerte für Neuanlagen vorzusehen und auch bei bestehenden Anlagen Anpassungsfristen festzulegen.

12.1.3 Raumwärmeerzeugung

Obwohl bei emissionsmindernden Maßnahmen im Sektor Raumwärmeerzeugung andere Schadstoffe sowie der Einsatz von Primärenergie vorrangig zu betrachten sind, so wirken sich diese auch hinsichtlich der Verminderung der NO_x-Emissionen aus.

- Maßnahmenbündel Kontrolle
 - ⇒ Schärfere Grenzwerte für Neuanlagen (Stmk. FAnIG 2001)
 - ⇒ Kontrollen: Rauchgasmessungen, Brennstoffe, Verbrennung von Hausmüll, Wartungszustand; Auswertung der wiederkehrenden Überprüfungen
 - ⇒ Inspektion von mehr als 15 Jahre alten Heizungsanlagen und Erstellung von Verbesserungsvorschlägen durch unabhängige Fachleute (sofortige Umsetzung 2002/91/EG)
- Maßnahmenbündel Raumordnung
 - ⇒ Überarbeitung des Deckplans zum Flächenwidmungsplan (Raumordnungsgesetz - ROG)
 - ⇒ Baulandausweisung nur unter bestimmten Voraussetzungen
 - ⇒ Verschreibung emissionsarmer Energieträger bei Kesseltausch oder Neuerrichtung von Feuerungsanlagen in belasteten oder die für Frischluftzufuhr relevante Gebiete
 - ⇒ Verpflichtung zur Erstellung von Energieversorgungskonzepten bei Bebauungsplanung und Raumplanung
- Maßnahmenbündel Förderungen Kesseltausch, thermische Sanierung
 - ⇒ Stilllegung von mehr als 20 Jahre alten Festbrennstofffeuerungen ("Allesbrenner") und Wechselbrandkesseln über 8 kW Nennleistung
 - ⇒ Ersatz veralteter Heizkessel insbesondere für fossile Festbrennstoffe in Ballungsgebieten durch Wärmeversorgung mittels emissionsärmerer Energieträger
 - ⇒ Zusätzliche Anreize zur freiwilligen Verringerung des Energiebedarfes in Neu- und Altbauten

- ⇒ Verpflichtende Energieberatung und Vorschreibung fortschrittlicher Energie- und Emissionsstandards bei Bedarfszuweisungen für Neu- und Umbauten beheizter Objekte
- ⇒ Anreize für die Umstellung von Warmwasserbereitung mittels Zentralheizungskessel (außerhalb der Heizperiode) auf Solarenergie oder emissionsarme Energieträger
- ⇒ Zuschüsse bei einem freiwilligen Umstieg von Festbrennstoffheizungen auf Erdgas-Brennwerttechnik
- Maßnahmenbündel Förderungen leitungsgebundener Energieträger
 - ⇒ Weiterer Ausbau leitungsgebundener Energieträger, im Besonderen in Sanierungsgebieten, in Verbindung mit Informationskampagnen und kostenloser Energieberatung
 - ⇒ Einführung eines kostengünstigen Fernwärme-Sondertarifes für ganzjährige Warmwasserbereitung
 - ⇒ Umstellung öffentlicher Gebäude auf Fernwärme
- Maßnahmenbündel Information, Beratung, organisatorische Maßnahmen
 - ⇒ Einführung von Qualitätskriterien für Angebote betreffend Heizungs-Komplettisanierungen, Solaranlagen und wärmetechnische Gebäudesanierungen
 - ⇒ Informationskampagnen und kostenlose Energieberatung
 - ⇒ Unterstützung von Hausverwaltungen, Gebäude- oder Wohnungseigentümern bei Entscheidungsprozessen bei der Gebäude- und/oder Heizungssanierung von Mehrfamilien-Wohnhäusern
 - ⇒ Verpflichtung zur Erstellung von Energieversorgungskonzepten bei Bebauungsplanung und Raumplanung
 - ⇒ Erstellung eines Abwärmekatasters

12.2 Berechnung von Maßnahmeneffekten

12.2.1 Szenario Umweltzone Graz

Seit längerer Zeit ist für Graz die Einführung einer Umweltzone geplant. Zum Zeitpunkt dieser Berichtserstellung waren das genaue Ausmaß, der genaue Zeitpunkt der Einführung sowie die betroffenen Fahrzeugkategorien noch nicht exakt bekannt. Von der TU Graz [REXEIS 2008] wurden eingehende Berechnungen über die Wirksamkeit einer Umweltzone für verschiedene Szenarien durchgeführt. Neben einem Minimal- und Maximalszenario wurden auch Realszenarien entwickelt und beurteilt.

Als Realszenario für das Jahr 2011 wurde für NO_x eine Reduktion von knapp 9% (ca. 135 t/a) gegenüber dem BAU Szenario berechnet. Immissionsseitig würde dies bei gleichmäßiger Aufteilung auf das Grazer Stadtgebiet bedeuten, dass die Gesamtimmissionen an NO_x an den am meisten belasteten Messstellen Don-Bosco oder Graz-Mitte zwischen 6 und 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zurückgehen würden. Dies entspricht einem Rückgang bei NO_2 an der Messstelle Don-Bosco um ca. 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und an der Messstelle Graz-Mitte um ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Es könnte damit also weder der EU-Grenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ noch der zukünftige IG-L Grenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dauerhaft, also auch in Jahren mit schlechten Ausbreitungsbedingungen, eingehalten werden.

12.2.2 Fiktives Szenario „Keine Diesel-PKW“ im Jahr 2015

Im Folgenden wird ein fiktives zukünftiges Szenario unter nachstehenden Annahmen berechnet:

- ⇒ Emissionen aus Gewerbe/Industrie und Hausbrand bleiben unverändert
- ⇒ Die Verkehrszunahme beträgt 2% pro Jahr (siehe Kapitel 5.2.2)
- ⇒ Sämtliche Diesel-PKW werden durch Benzin-PKW (Annahme: keine NO_x-Emission) ersetzt
- ⇒ Keine Maßnahmen beim LKW Verkehr

Bei diesem Szenario würden die NO_x-Emissionen für die PKW auf null absinken und damit die gesamte NO_x-Emission um fast 70% gegenüber 2006 reduziert werden. Der Anteil des primären NO₂ im Abgas der LKW liegt entsprechend den Berechnungen in diesem Fall bei 11%. Wie aus Tabelle 37 hervorgeht, könnte damit der EU-Grenzwert für den Jahresmittelwert an NO₂ von 40 µg/m³ an allen Messstationen eingehalten werden. Der derzeitige IG-Luft Grenzwert ab 2012 von 30 µg/m³ würde aber weiterhin in weiten Bereichen von Graz überschritten bleiben (Abbildung 61).

Die Fläche mit einem Jahresmittelwert größer als 40 µg/m³ würde nur noch 1,7 km² und die Fläche mit einem Jahresmittelwert größer als 30 µg/m³ noch 11,2 km² (das sind 19% der Fläche für das Referenzjahr 2006) betragen.

Dieses fiktive Szenario zeigt auf, welche umfangreichen Maßnahmen notwendig wären, um auch in Jahren mit schlechteren Ausbreitungsbedingungen (z. B. 2003 oder 2006) zumindest den Grenzwert der EU einzuhalten. Der zukünftige Grenzwert nach dem IG-L in der derzeitigen Fassung von 30 µg/m³ (ab 2012) wird mittelfristig (Planungshorizont 10 Jahre) nicht einzuhalten sein.

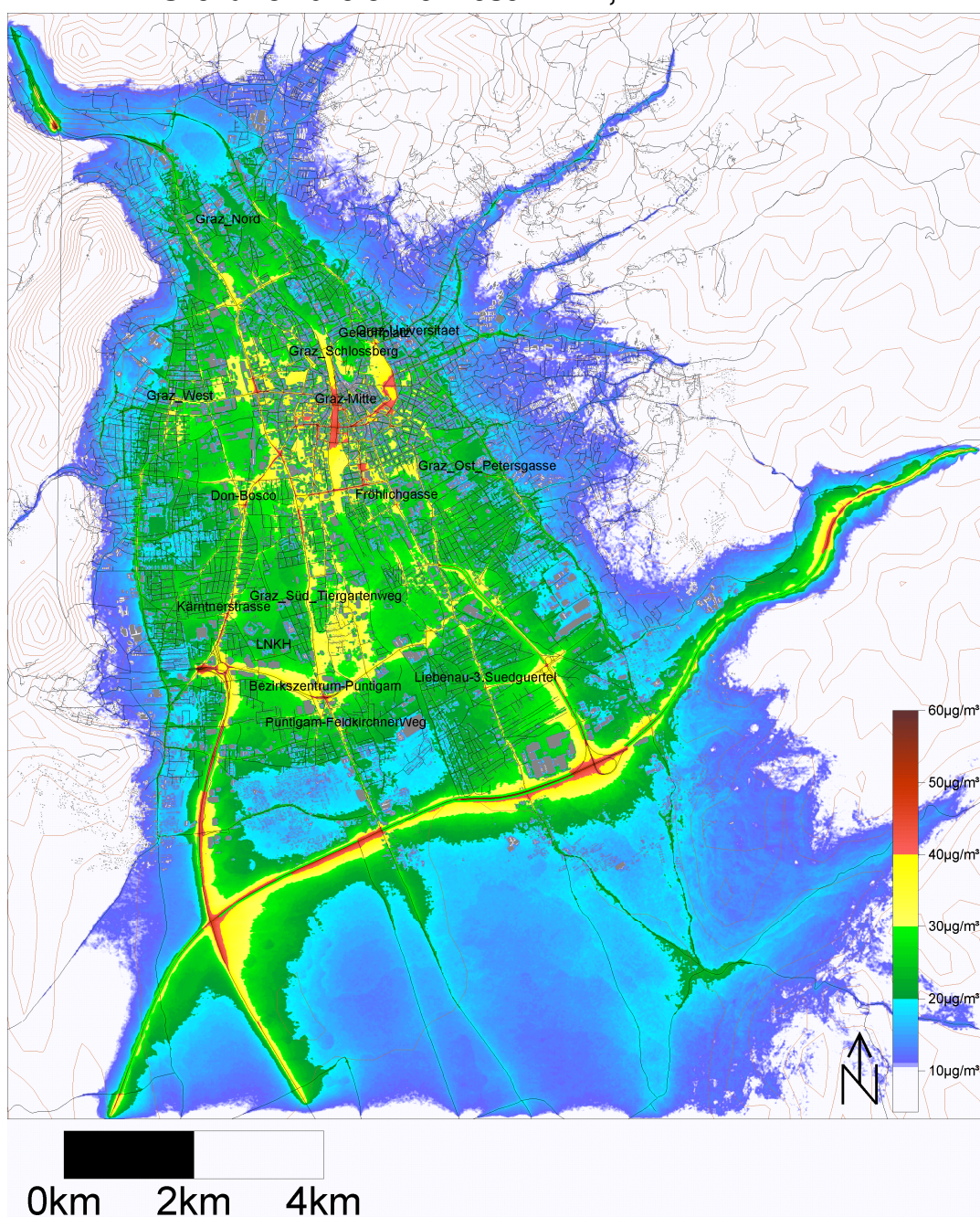
Um den EU-Grenzwert dauerhaft einhalten zu können, müssten beispielsweise die NO_x-Emissionen aus dem Verkehr um etwa 50% reduziert werden, wenn bei den NO_x-Emissionen aus dem Hausbrand bzw. dem Gewerbe keine Maßnahmen gesetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass eine derart hohe Reduktion beim Verkehr in einem realistischen Szenario praktisch nicht zu erreichen sein wird. Insbesondere muss bedacht werden, dass diese Reduktionen nicht nur innerhalb eines kleinen, innerstädtischen Gebietes von Graz realisiert werden müssten, sondern in einem weiträumigen Gebiet inklusive der Autobahnen um Graz. Damit wird das Problem aber zumindest auf die nationale Ebene gehoben, realistischerweise können aber NO_x-Reduktionen im Verkehr nur durch die europäische Gesetzgebung (EURO-Abgasnormen) erzielt werden.

Das Hauptproblem sind vor allem die äußerst schlechten Ausbreitungsbedingungen in den Tälern und Becken des südlichen Alpenvorlandes im europäischen Vergleich. Dies wurde bereits eingehend in [ÖTTL 2008] untersucht. Inwieweit die notwendigen Maßnahmen, um den EU-Grenzwert dauerhaft im Großraum Graz einzuhalten, unverhältnismäßig sind oder nicht, ist in Anbetracht dieser Untersuchungsergebnisse jedenfalls diskussionswürdig.

Tabelle 37: Berechnete NO₂-Konzentrationen (Jahresmittelwert für das fiktive Szenario „keine Diesel-PKW 2015“ Referenzjahr 2006

Station	2006	Szenario 2015
Graz-Nord	32	23
Graz-Süd	40	30
Graz-West	40	28
Graz-Petersgasse	40	26
Don-Bosco	63	39
Graz-Mitte	54	38

Abbildung 61: Simulierter Jahresmittelwert an NO₂ für den Großraum Graz; Szenario 2015 ohne Diesel-PKW;



13 Literatur

- [ALESSANDRINI 2008] Alessandrini, S., Ferrero (2008) E., A Lagrangian Particle Model with Chemical Reactions: Application in real Atmosphere. Conf. Proceedings of the 12th Int. Conf. On Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, ISSN 1330-0083, 235-239
- [BÄCHLIN 2006] W.Bächlin, R. Bössinger, A. Brandt, T. Schulz: Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Immissionsprognose – Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 66, Nr. 4, 154-157, 2006
- [BGBl 1997] Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe Immissionsschutzgesetz - Luft - IG-L, BGBl.I Nr.115/1997, i.d.F. BGBl.I Nr.70/2007
- [BGBl 2008] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über belastete Gebiete (Luft) zum Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (VO Belastete Gebiete nach Anhang 2 UVP-G), BGBl.II Nr.483/2008
- [DÜRING 2004] Düring I., Lohmeyer A., Moldenhauer A., Nitzsche E., Stockhausen, M.: Projektbericht zum Forschungsvorhaben "Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen" (November 2004); herunterladbar unter: www.lohmeyer.de/literatur
- [EG 1999] Richtlinie des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1999/30/EG) [Abl. Nr.L163 v. 29.6.1999 S.0041], i.d.F. 2001/744/EG [Abl. Nr.L278 v. 23.10.2001 S.0035]
- [EG 2008] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa 2008/50/EG, [Abl. Nr.L152 v. 11.06.2008 S.0001]
- [FA13A 2008] Programm zur Feinstaubreduktion Steiermark 2008, Evaluierungsbericht und Maßnahmenübersicht in Vorbereitung des § 9a IG-L Programmes gemäß Beschluss der Steiermärkischen Landesregierung vom 19. Jänner 2009. Amt der Steiermärkischen Landesregierung FA 13A Umwelt- und Anlagenrecht Oktober 2008
- [FVT 2008], Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik; ADIP – Graz. Arbeitsgemeinschaft für Dokumentations-, Informations- und Planungssysteme 2008 Endbericht Emissionskataster Graz 2001. Ber. Nr. FVT-08/08/Hin V&U 03/16/6100 vom 8.2.2008, 38 S.
- [HAUSBERGER 2004]: Hausberger S., Rexeis M.: Emission Behaviour of Modern Heavy Duty Vehicles in Real World Driving; International Journal of Environment and Pollution, 22, 275 – 286, 2004.
- [IBV 2006]: IBV-Fallast: Verkehrsmodell Graz - Werktagsnormalverkehr 2006

- [IBV 2008]: IBV-Fallast Brennpunkt Graz-Süd-Ost. Verkehrsdaten und Fakten. Vortrag, 27 S. 2008
- [KURZ 2008]: KURZ, REXEIS, STURM: The Impact of Increased Primary NO₂ Vehicle Emissions on Urban NO₂ Concentrations. Proceedings of the 16th Symposium on Transport and Air Pollution, 16th-17th June 2008, Graz, 149-156
- [ÖTTL 2000]: ÖTTL, D. (2000): Weiterentwicklung, Validierung und Anwendung eines mesoskaligen Modells. Dissertation am Inst. für Geographie, KF-Universität Graz, 155 S.
- [ÖTTL 2001] D. Öttl, R.A. Almbauer, P.J. Sturm, M. Piringer, and K. Baumann (2000): Analysing the nocturnal wind field in the city of Graz, Atmos. Environ., 35, pp. 379-387.
- [ÖTTL 2005]: ÖTTL, D., GOULART A., DEGRAZIA G., ANFOSSI D. (2005): A new hypothesis on meandering atmospheric flows in low wind speed conditions. Atmos. Environ., 39, 1739 - 1748.
- [ÖTTL 2007]: ÖTTL, D., ONCHANG R., VOGELSANG S., REXEIS M., STURM P., and HAUSBERGER S. (2007): Dispersion modeling in complex terrain with frequent low wind speed conditions. Chapter XX of Environmental Sciences & Environmental Computing, Vol. III (Eds. P. Zannetti, et al.). Published by The EnviroComp Institute (<http://www.envirocomp.org/>) and the Air & Waste Management Association (<http://www.awma.org/>).
- [ÖTTL 2008]: Öttl D.: Die Feinstaubproblematik der schlecht durchlüfteten Tal- und Beckenlagen südlich des Alpenhauptkamms. Beispiel Großraum Graz. Amt d. Stmk. Landesregierung, FA17C, Technische Umweltkontrolle, Hausarbeit für die besondere Grundausbildung, Bericht Nr. Lu-09-08
- [ÖTTL 2008a]: Öttl D.: Hausbrandemissionskataster Steiermark 2001. Sektor private Haushalte. Ber. Nr. Lu-3/08, Amt der Steiermärkischen. Landesregierung, FA 17C, Graz, 37 S
- [ÖTTL 2008b]: ÖTTL D., und UHRNER U.: Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model Vs. 6.8. Amt d. Stmk. Landesregierung, FA17C, Technische Umweltkontrolle, Bericht: Lu-10-08, 87 S
- [REXEIS 2005] Rexeis M., Hausberger S.: Calculation of Vehicle Emissions in Road Networks with the model NEMO. Transport & Airpollution Conference, ISBN: 3-902465-16-6, Graz 2005
- [REXEIS 2008] M. Rexeis, S. Hausberger Auswirkung einer Umweltzone auf die Kfz-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz. Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Technischen Universität Graz, Report Nr. I-08/2008 Rex-Em 11/08/679 vom 31.8.2008, 38 S
- [STATUSERHEBUNG 2003]: PONGRATZ, Th., SCHOPPER A., Statuserhebungen 2002 gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.g.F. Amt. d. Stmk. Landesregierung, FA17C, Bericht Lu-04-03, Graz 2003.

- [STATUSERHEBUNG 2005]: SCHOPPER A., PONGRATZ Th., Staturerhebungen für den Schadstoff PM10 2002, 2003, 2004 und 2005 gemäß § 8 Immissionsschutzgesetz Luft, Bericht Lu 01-06, April 2006
- [UBA 2004] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) Version 2.1 (28.Feb. 2004); <http://www.hbefa.net/>
- [UBA 2009] M. Anderl, M. Gangl, B. Guegle, N. Ibesich, T. Köther, B. Muik, S. Poupa, K. Pazdernik, B. Schodl, Bundesländer-Luftschadstoffinventur 1990–2007; Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2009), REPORT, REP-0238, Umweltbundesamt, Wien, 2009
- [UBA 2009a] W. Spangl, C. Nagl, L. Moosmann, Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2008, REPORT REP-0231, Umweltbundesamt, Wien, 2009
- [UBA 2009b] Anderl M., Freudenschuß A., Köther T.; Kuschel V., Muik B., Pazdernik K., Schodl B., Poupa S., Schweiger E., Seuss K., Weiss P., Zethner G., Wieser M., Austria's National Inventory Report 2009. Submission under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0188. Umweltbundesamt, Wien 2009
- [US-EPA 2000] Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. EPA-454/R-99-005. Office of Air and Radiation. Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711, p 171
- [US-EPA 2000]: Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. EPA-454/R-99-005. Office of Air and Radiation. Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711, p 171
- [WETTERZENTRALE] Wetterzentrale, Uhlandstr. 18, 76332 Bad Herrenalb
<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/tkfaxbraar.htm>
- [ZALLINGER 2005]: Zallinger M., Le Anh T., Hausberger S.: Improving an instantaneous emission model for passenger cars; Proceedings of the Int. Conf. on Transport and Air Pollution 2005, Graz, 167 – 176, 2005.

14 Anhänge

14.1 Zuständige Dienststellen

Rechtliche Zuständigkeit:

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Fachabteilung 13A, Umwelt- und Anlagenrecht

Landhausgasse 7

A-8010 Graz

Fachliche Zuständigkeit:

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Fachabteilung 17C, Technische Umweltkontrolle,

Landhausgasse 7

A-8010 Graz

14.2 Verwendete Abkürzungen

Schadstoffe

STBK 10	Feinstaub
PM10	Feinstaub
STAUB	Schwebstaub
TSP	Schwebstaub
SO ₂	Schwefeldioxid
NO _x	Stickstoffoxide, Summe aus Stickstoffmonoxid und -dioxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO	Stickstoffmonoxid
CO	Kohlenmonoxid
VOC	flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (volatile organic carbons)

Meteorologische Parameter

WIRI	Vektorielle Windrichtung
WIGE	Mittlere Windgeschwindigkeit
SPG	Spitzenwindgeschwindigkeit
LUTE	Lufttemperatur
LUFE	relative Luftfeuchtigkeit
NIED	Niederschlag
SOEIN	Globalstrahlung

Mittelungszeiträume

HMW	Halbstundenmittelwert
HMW MAX	maximaler Halbstundenmittelwert eines Tages
TMW	Tagesmittelwert
TMW MAX	maximaler Tagesmittelwert eines Monats
MMW	Monatsmittelwert
JMW	Jahresmittelwert
MPMW	Messperiodenmittelwert

14.3 Eingesetzte Messverfahren

Die Messcontainer sind mit kontinuierlich registrierenden Immissionsmessgeräten ausgestattet, die nach folgenden Messprinzipien arbeiten:

Tabelle 38: Angewandte Messprinzipien

Schadstoff	Messmethode	NORM
Schwefeldioxid (SO ₂)	UV-Fluoreszenzanalyse	[ÖNORM EN 14212]
Stickstoffoxide (NO, NO ₂)	Chemoluminiszenzanalyse	[ÖNORM EN 14211]
Kohlenmonoxid (CO)	Infrarotabsorption	[ÖNORM EN 14626]
Ozon (O ₃)	UV-Photometrie	[ÖNORM EN 14625]
Schwebstaub (TSP) Feinstaub (PM ₁₀)	Beta-Strahlenabsorption Teom – Methode	[ÖNORM M 5858]
	Staubsammlung – Gravimetrie	[ÖNORM EN 12341]
Feinstaub (PM _{2,5})	Staubsammlung – Gravimetrie	[ÖNORM EN 14907]

Tabelle 39: Erweiterte kombinierte Messunsicherheit (2009)

Schadstoff	Messunsicherheit [HMW/MW1]	Messunsicherheit [JMW]	Anzahl der Messstationen
SO ₂	12,4%	---	29
NO/NO ₂	11,4%	8,7%	32
O ₃	5,6%	---	23
CO	10,7%	---	4
H ₂ S	12,3%	---	2