



**TRENDS VON NO_x-EMISSIONEN UND -
IMMISSIONEN IN ÖSTERREICH,
1990–2004**

Wolfgang Spangl
Michael Anderl
Günther Lichtblau

REPORT
REP-0056

Wien, 2006



Projektleitung

Wolfgang Spangl

AutorInnen

Michael Anderl
Günther Lichtblau
Christian Nagl
Jürgen Schneider
Wolfgang Spangl

Lektorat

Maria Deweis

Diese Publikation wurde aus Mitteln des BMLFUW (Lebensministerium) finanziert.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung, gedruckt auf Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2006

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-854-7

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINLEITUNG	7
2 NO_x-EMISSIONEN IN ÖSTERREICH	9
2.1 Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI)	9
2.1.1 Methode.....	9
2.1.2 Stickoxidemissionen 1990–2004.....	9
2.1.3 Emissionshöchstmengen gemäß EG-L.....	11
2.2 Emissionskataster Salzburg	12
2.3 Emissionen einzelner Straßen	12
3 NO_x-IMMISSIONEN IN ÖSTERREICH	14
3.1 Verwendete Messdaten	14
3.2 Bewertung der Datenlage	18
4 AUSWERTUNG DER IMMISSIONS- UND EMISSIONSTRENDS ...	20
4.1 Generelle meteorologische Einflüsse	20
4.2 Kärnten	21
4.3 Niederösterreich	22
4.4 Oberösterreich	24
4.5 Salzburg	25
4.6 Steiermark	27
4.7 Tirol	28
4.8 Vorarlberg	29
4.9 Wien	30
4.10 Ländliche Hintergrundmessstellen	32
4.10.1 Außeralpiner Raum	33
4.10.2 Alpen	35
4.11 Verkehrsnahe Messstellen	37
4.11.1 Großstädte.....	37
4.11.2 Kleinstädte.....	38
4.11.3 Ländliche Messstellen	38
4.12 Zusammenfassung der Ergebnisse	39
5 SCHLUSSFOLGERUNGEN	42
5.1 Regionale Differenzen beim Trend	42
5.2 Ursachen der Abweichung von Emissions- und Immissionstrend	43
6 LITERATUR	46

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Studie war es, den Zusammenhang zwischen Trends der Emissionen und Immissionen für den Luftschadstoff NO_x zu untersuchen. Die Erfassung der jeweiligen Trends mit hoher Genauigkeit ist von großer Relevanz, da sowohl für Emissionen als auch für Immissionen (als NO_x und NO₂) rechtlich verbindliche Regelungen bestehen.

Für Emissionen wurde im Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L) eine Höchstmenge von 103 kt festgesetzt; die Erreichung dieses Ziels bis 2010 erscheint aus heutiger Sicht nicht gesichert. Im Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) sind Immissionsgrenzwerte für NO₂ festgelegt, die aber an zahlreichen – vor allem verkehrsnahen – Messstellen in Österreich immer wieder überschritten werden.

Die Erfassung von Emissionen und Immissionen erfolgt mit unterschiedlichen, voneinander unabhängigen Methoden. Während die Emissionen aus statistischen Daten berechnet werden (Aktivitätsdaten sowie Emissionsfaktoren), erfolgt die Erhebung der Immissionen durch direkte Messung. Dies ermöglicht die unabhängige „Gegenkontrolle“ der Emissionstrends durch die Trends der Immissionskonzentration. NO_x ist zudem ein Schadstoff mit vergleichsweise kurzer atmosphärischer Lebensdauer. Der Anteil der heimischen Emissionen an den in Österreich gemessenen Immissionen (d. h. der ‚hausgemachte‘ Anteil der Belastung) ist deswegen sehr hoch und liegt deutlich über jenem bei anderen Schadstoffen – wie etwa Feinstaub, CO oder SO₂.

Bei NO_x gibt es einen besonders großen Unterschied zwischen den Emissionen, die nach dem in Österreich verkauften Treibstoff einerseits und im Inland verbrauchtem Treibstoff andererseits berechnet werden, da ein erheblicher Teil des in Österreich gekauften Treibstoffs nicht hier verbraucht wird. Die erhobenen Immissionsbelastungen sollten die Emissionen des in Österreich verbrauchten Treibstoffs – und nicht jene, die dem in Österreich verkauften Treibstoff entsprechen – widerspiegeln.

Im vorliegenden Projekt wurden für den Vergleich von Emissions- und Immissions-trends statistische Methoden verwendet. Dies ist vor allem deshalb möglich und sinnvoll, da in erster Linie zeitliche Änderungen analysiert werden und nicht Absolutbelastungen. Zudem liegen NO_x-Messwerte von einer großen Anzahl an potenziell relevanten Standorten vor.

In Österreich werden derzeit ca. 140 NO_x-Messstellen betrieben. Allerdings konnten nur von einer Teilmenge dieser Messstellen Daten herangezogen werden, da ein durchgehender Betrieb über mehrere Jahre Voraussetzung für diese Studie war.

Die NO_x-Emissionen der meisten Sektoren werden berechnet bzw. abgeschätzt. Wesentliche Eingangsgrößen für die Berechnung sind dabei Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten. Insbesondere sind die Emissionen des Straßenverkehrs von Interesse, da dieser die bedeutendste NO_x-Quelle in Österreich darstellt und zumindest an verkehrsnahen Standorten die gemessene Belastung dominiert.

Für die Darstellung der österreichischen **NO_x-Emissionen** wurden die auf Basis des in Österreich verkauften Treibstoffs berechneten Straßenverkehrsemissionen um den Beitrag des „Tanktourismus“ – d. h. jenen Anteil der Emissionen, der auf in Österreich gekauften, aber im Ausland verbrauchten Treibstoff zurückgeht – bereinigt. Die österreichischen NO_x-Emissionen nahmen von 221 kt im Jahr 1990 zunächst auf 187 kt 1996 ab; einem geringfügigen Anstieg 1997 folgte eine weitere Abnahme auf 164 kt 2004.

Die Jahresmittelwerte der **NO_x-Immissionskonzentrationen** des Zeitraums 1990 bis 2004 folgen in den Neunzigerjahren teilweise, aber nicht in ganz Österreich der Entwicklung der NO_x-Emissionen; größere Abweichungen treten seit Ende der Neunzigerjahre auf.

Für den Trend der NO_x-Immissionsbelastung in Österreich ergibt sich folgendes Bild:

- In der ersten Hälfte der Neunzigerjahre kam es zu einer generellen Abnahme der NO_x-Belastung, parallel zum Rückgang der berechneten NO_x-Emissionen.
- Eine starke Abnahme bis in die zweite Hälfte der Neunzigerjahre zeigen v. a. städtische verkehrsnaher Messstellen, weniger hingegen die städtischen Hintergrundmessstellen.
- Seit Ende der Neunzigerjahre stagniert die NO_x-Belastung in Österreich.
- An mehreren – sowohl städtischen wie ländlichen – verkehrsnahen Messstellen ist seit den späten Neunzigerjahren eine Zunahme zu beobachten.

Der Vergleich der Immissions- mit den Tanktourismus-bereinigten Emissionstrends deutet darauf hin, dass die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs in Österreich in den letzten Jahren etwas unterschätzt wurden. Die Immissionsdaten spiegeln seit Ende der Neunzigerjahre den kontinuierlich abnehmenden Trend der Emissionen nicht wider. Dies untermauert die Beobachtung, dass die Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr die im realen Verkehr auftretenden Emissionen etwas unterschätzen.

Allerdings lässt sich auch klar sagen, dass der Trend der NO_x-Emissionen inkl. Tanktourismus nicht jenem der Immissionen entspricht, so dass tatsächlich davon ausgegangen werden muss, dass ein signifikanter Anteil des in Österreich verkauften Kraftstoffs im Ausland verfahren wird.

Die örtlichen Unterschiede der Immissionstrends sind u. a. durch unterschiedliche Entwicklungen der Verkehrsmenge bedingt. Verkehrsplanerische Maßnahmen zur Verminderung der NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs wurden in Großstädten v. a. zur Entschärfung von Belastungsschwerpunkten gesetzt. Auf der anderen Seite führte der anhaltende Trend zur Zersiedelung und zu dezentralen Betriebsstandorten zu einem kontinuierlichen Anwachsen der Verkehrsleistung im suburbanen und ländlichen Raum. Die Immissionsentwicklung an allen ländlichen Messstellen deutet darauf hin, dass seit den späten Neunzigerjahren v. a. im ländlichen Raum die NO_x-Emissionen zugenommen haben.

1 EINLEITUNG

NO_x (Stickstoffoxide) bezeichnet die Summe aus NO (Stickstoffmonoxid) und NO₂ (Stickstoffdioxid). Bei Verbrennungsprozessen kann Luftstickstoff zu NO_x oxidiert werden, welches dann größtenteils als NO emittiert wird, das anschließend in der Atmosphäre zu NO₂ umgewandelt wird. Die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Umwandlung von NO in NO₂ wird u. a. durch die Ozonkonzentration, aber auch durch das Ausmaß von Durchmischung zwischen NO- und Ozon-reicher Luft bestimmt. NO₂ kann bei erhöhten Konzentrationen (wie sie an verkehrsnahen Standorten beobachtet werden) zu direkten negativen Einflüssen auf die menschliche Gesundheit führen. Daneben ist NO₂ auch als Vorläufersubstanz für die Bildung von troposphärischem Ozon und sekundären anorganischen Aerosolen (Feinstaub) relevant. In der Verordnung BGBl. II 298/2001 zum IG-L wird ein Grenzwert für NO_x (30 µgNO₂/m³) zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation festgelegt.

Die Emissionen der wichtigsten Luftschadstoffe in Österreich – darunter auch NO_x – werden vom Umweltbundesamt routinemäßig erhoben. Für die meisten Komponenten existieren langjährige Zeitreihen, die gemäß nationalen und internationalen Vorgaben jährlich aktualisiert werden (UMWELTBUNDESAMT 2006).

Emissionen werden üblicherweise aus Aktivitätsdaten durch Verschneidung mit Emissionsfaktoren berechnet. Die Qualität der erhobenen Emissionsdaten hängt von der Qualität dieser beiden Parameter ab, wobei beide gewissen – oftmals erheblichen – Unsicherheiten unterliegen.

Genauere Angaben der Emissionen und deren Trends sind aber essenziell, um den Erfolg bzw. Misserfolg der Summe der Emissionsminderungsmaßnahmen abschätzen zu können. Für NO_x, SO₂, NMVOC und NH₃ wurden in der EU-Richtlinie 2001/81/EC für Österreich (und die anderen EU-Mitgliedstaaten) zudem verbindliche Emissionshöchstmengen festgelegt, die ab 2010 nicht mehr überschritten werden dürfen.

In Österreich liegen lange Messreihen von Immissionsdaten diverser Schadstoffe vor. So werden die Schadstoffe NO_x (NO und NO₂), SO₂ und Ozon an über 100 Standorten in Österreich seit vielen Jahren kontinuierlich erhoben.

In der vorliegenden Studie wurden die Emissions- und Immissionstrends des Schadstoffs NO_x untersucht und mit dem Ziel verglichen, zu analysieren, inwieweit Immissionsmessdaten zur Absicherung von Emissionstrends verwendet werden können.

Emissionen lassen sich im Normalfall nicht direkt in entsprechende Immissionskonzentrationen umlegen, da die an einem Punkt gemessenen Konzentrationen neben Emissionen verschiedener Quellen in tlw. sehr unterschiedlicher Entfernung vor allem durch die herrschenden kleinräumigen meteorologischen Bedingungen beeinflusst werden. Über längere Zeiträume und bei einem größeren Kollektiv von Messdaten sollten sich jedoch Korrelationen zwischen den Trends der Emissionen und der Immissionskonzentrationen zeigen.

Die vorliegende Studie vergleicht die zeitliche Entwicklung der NO_x-Emissionen in Österreich mit den gemessenen NO_x-Konzentrationen an Luftgütemessstellen der Bundesländer und des Umweltbundesamtes. Ausgewertet wird der Zeitraum von 1990 bis 2004, da ab 1990 ein einigermaßen breiter Datensatz von Immissionsmessdaten für NO_x zur Verfügung steht.



NO_x-Emissionen der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) stehen bis 2004 zur Verfügung (UMWELTBUNDESAMT 2006). Für ausgewählte Straßen wurden die Emissionen des Verkehrs für den Zeitraum 1990 bis 2004 berechnet.

Zu beachten ist, dass die Trends der NO_x-Belastung nicht notwendigerweise jenen der NO₂-Belastung entsprechen. Zum einen liegt dies an Variationen in der Ozonbelastung und den meteorologischen Bedingungen, zum anderen führt der in Dieselfahrzeugen zunehmend eingesetzte Oxidationskatalysator zu einer starken Zunahme von primär emittiertem NO₂ (d. h. der Anteil von NO₂ am NO_x nimmt zu). An verkehrsnahen Standorten kann es dadurch trotz Abnahme der NO_x-Emissionen zu einer Zunahme der NO₂-Belastung kommen.



2 NO_x-EMISSIONEN IN ÖSTERREICH

Folgende Emissionsdaten für NO_x wurden für diese Studie verwendet:

1. Emissionsdaten Österreichs gemäß NEC (OLI);
2. Emissionskataster Salzburg;
3. Emissionen des Straßenverkehrs an bestimmten Straßenabschnitten, errechnet aus Verkehrszählungen und Emissionsfaktoren.

2.1 Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI)

2.1.1 Methode

Das Umweltbundesamt führt jährlich eine Inventur des Ausstoßes von Luftschadstoffen durch, die als Grundlage zur Erfüllung der nationalen und internationalen Berichtspflichten für Luftemissionen herangezogen wird.

Dabei hält sich die OLI an die Berechnungsmethode CORINAIR¹ der Europäischen Umweltagentur.

Bei großen Einzelquellen wird der Ausstoß von Luftschadstoffen ganzjährig kontinuierlich gemessen. In Österreich ist dies z. B. bei kalorischen Kraftwerken der Fall, die in der Dampfkessel-Datenbank des Umweltbundesamtes zusammengefasst werden. Da der Aufwand für eine umfassende kontinuierliche Messung für die unzähligen verschiedenen Einzelquellen (Haushalte, Verkehr,...) zu hoch wäre, greift die OLI deshalb meist auf verallgemeinerte Ergebnisse von Einzelmessungen (Emissionsfaktoren) zurück. Mit deren Hilfe sowie mit Rechenmodellen und statistischen Hilfsgrößen wird auf jährliche Emissionen umgerechnet. Die Emissionsfaktoren und Rechenmodelle sind einem ständigen Prozess der Verbesserung unterworfen.

Aus Gründen der Transparenz wird für die Emissionsberechnungen im Rahmen der OLI auf publizierte Werte von Emissionsfaktoren und Aktivitäten zurückgegriffen. Falls solche Werte für bestimmte Emissionsfaktoren in Österreich nicht zur Verfügung stehen, wird auf international übliche Werte aus den Kompendien der Berechnungsvorschriften (IPCC 1997, EEA 2005) zurückgegriffen.

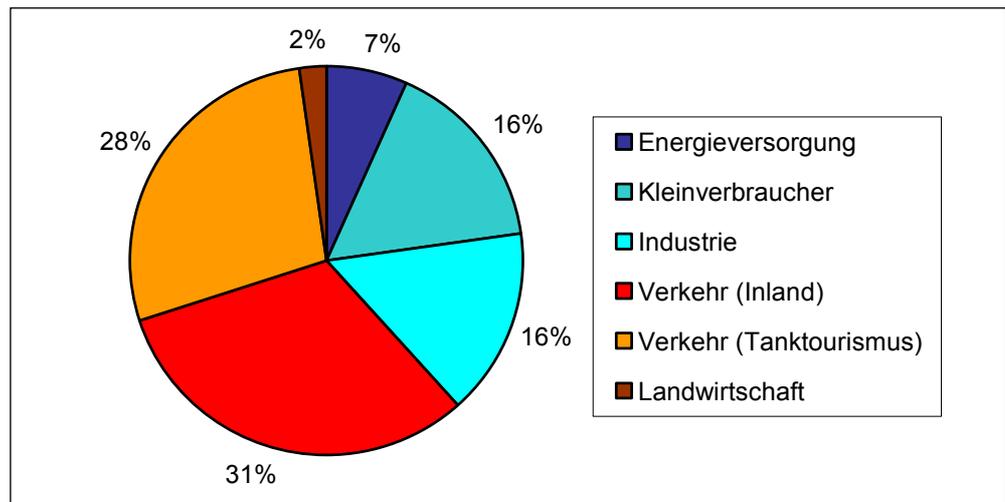
2.1.2 Stickoxidemissionen 1990–2004

Stickoxide entstehen überwiegend als unerwünschtes Nebenprodukt bei der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei hoher Temperatur. Der mit Abstand größte Verursacher ist der Straßenverkehr (UMWELTBUNDESAMT 2006).

In Abbildung 1 sind die Verursacher für 2004 dargestellt.

¹ Core Inventory Air.

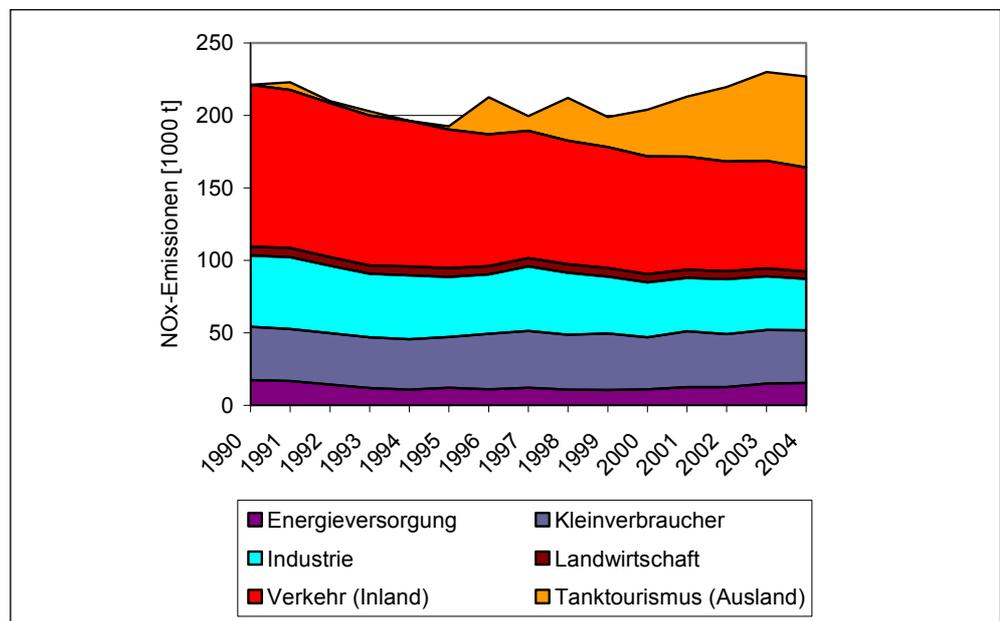
Abbildung 1:
NO_x-Emissionen
2004 nach
Verursachersektoren.



Die mit Abstand größte Emittentengruppe ist mit einem Anteil von 59 % (134,5 kt NO_x) der Sektor Verkehr (inklusive 62,7 kt NO_x aus dem Tanktourismus²). Es folgten Kleinverbraucher (36,6 kt) und Industrie (35,2 kt) mit je 16 %. Die Energieversorgung (15,3 kt) und die Landwirtschaft (5,3 kt) trugen mit ihren Emissionsanteilen von 7 % und 2 % bedeutend weniger zur NO_x-Gesamtemission bei.

In Abbildung 2 ist der NO_x-Emissionstrend der österreichischen Gesamtemissionen von 1990 bis 2004 dargestellt:

Abbildung 2:
NO_x-Emissionstrend
1990 bis 2004.



² Den internationalen Vorschriften zur Emissionsbilanzierung folgend sind bei den Verkehrsemissionen Österreichs auch jene Emissionen ausgewiesen, die aufgrund von in Österreich gekauftem, aber im Ausland verfahrenem Treibstoff entstehen. Tanktourismus nach Österreich bewirkt demnach die Ausweisung systematisch höherer Verkehrsemissionen, Tanktourismus von Österreich (ins Ausland) bewirkt die Ausweisung systematisch niedrigerer Emissionen als die vor Ort emittierten.

Die NO_x-Emissionen Österreichs (inkl. Tanktourismus) haben von 1990 bis 2004 um insgesamt 7 % auf rd. 227 kt NO_x zugenommen. Von 2003 auf 2004 ist ein Rückgang um 1,3 % zu verzeichnen.

Die Zunahme seit Mitte der Neunzigerjahre lässt sich im Wesentlichen auf den stark steigenden Tanktourismus nach Österreich infolge vergleichsweise günstiger Treibstoffpreise zurückführen (LEBENSMINISTERIUM 2005). Der Großteil des im Tanktourismus verkauften Kraftstoffes fließt in den Schwerverkehr. Die in Österreich ausgestoßene NO_x-Menge (Emissionen ohne Tanktourismus) ist im Beobachtungszeitraum um –26 % von 221 kt Tonnen auf 164 kt Tonnen gesunken.

Die um den Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen zeigen einen statistisch hoch signifikanten (99,9 %-Signifikanzniveau), abnehmenden Trend³ (Rückgang 3,8 kt/Jahr), ebenso die NO_x-Emissionen des Verkehrs (ohne Tanktourismus).

2.1.3 Emissionshöchstmengen gemäß EG-L

Das Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L) umfasst die im Inland emittierten Luftschadstoffe. Jene Emissionen, die aufgrund von in Österreich gekauftem, aber im Ausland verfahrenem Treibstoff entstehen („Tanktourismus“) werden folglich von der auf Basis des Treibstoffabsatzes für Österreich ermittelten Gesamtemissionsmenge abgezogen. Ursache für den so genannten Tanktourismus-Effekt sind die Preisunterschiede der Treibstoffe im Vergleich zum Ausland, wodurch die Nachfrage beeinflusst wird.

Abbildung 3 zeigt die österreichischen NO_x-Emissionen (ohne Tanktourismusanteile) von 1990 bis 2004 im Vergleich mit den nationalen Reduktionszielen.

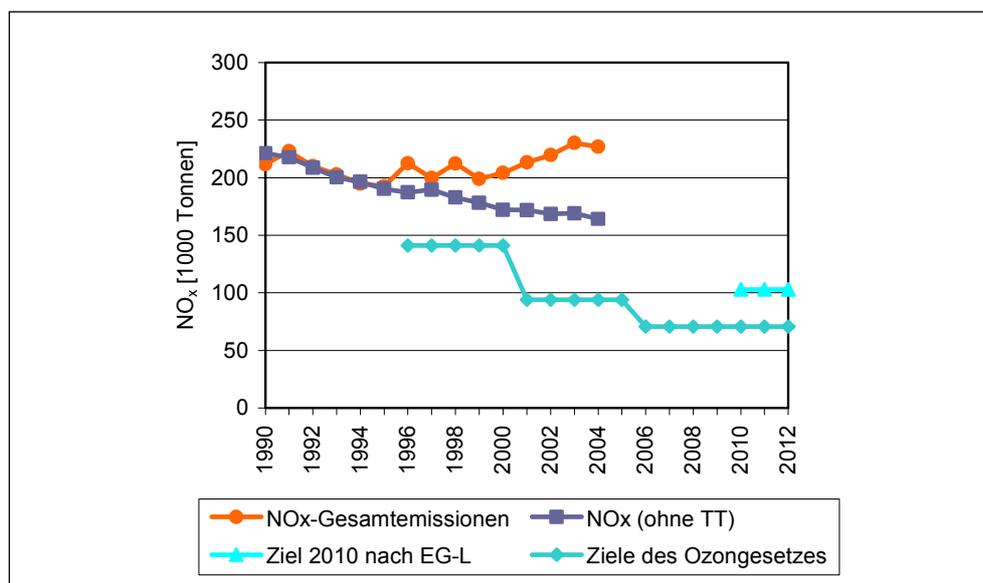


Abbildung 3:
NO_x-Emissionen und -
Reduktionsziele gemäß
Ozongesetz und EG-L.

Die im EG-L festgesetzte Emissionsobergrenze von 103 kt NO_x für das Jahr 2010 wird momentan noch bei weitem überschritten. 2004 wurden innerhalb Österreichs (d. h. ohne Tanktourismusanteile) 164 kt NO_x emittiert.

³ Mann-Kendall-Test

2.2 Emissionskataster Salzburg

Der Salzburger Emissionskataster (SEMIKAT) wird durch die Abteilung Umweltschutz des Amtes der Salzburger Landesregierung geführt (LAND SALZBURG 2004). Das bedeutet, dass alle zugänglichen Informationen (wie Erfahrungen aus der Sachverständigentätigkeit, Untersuchungen anderer Stellen, Veröffentlichungen in der einschlägigen Literatur) laufend einfließen und die Berechnungsgrundlagen dadurch mit der Zeit immer genauer und umfassender werden.

Derzeit werden die wichtigsten durch den Menschen (in erster Linie bei Verbrennungsprozessen) verursachten Emissionen berücksichtigt, nämlich die durch Industrie- und Gewerbebetriebe, Fremdenverkehr (Beherbergungsbetriebe), Heizwerke, private Haushalte (für Raumheizung und Warmwasserbereitung) sowie Verkehr (Straßenverkehr, land- und forstwirtschaftliche Maschinen, Flugverkehr usw.).

Berechnet werden einerseits die Emissionen der „klassischen“ Luftschadstoffe – Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenmonoxid (CO), Staub bzw. Feinstaub (PM10), Stickstoffoxide (NO_x) und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC); andererseits auch die Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Zudem wird noch der Verbrauch der Energieträger (Brennstoffe und Kraftstoffe) berechnet, deren Verbrennung diese Emissionen verursacht.

Die Berechnungen beruhen zum Teil auf statistischen Daten und allgemeinen Kennzahlen. Für das gesamte Land Salzburg ist zu erwarten, dass die Ergebnisse recht genau mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmen, wie auch Vergleiche mit Berechnungen auf Basis anderer Methoden (z. B. der Bundesländerinventur des Umweltbundesamtes oder der Salzburger Energiebilanz) zeigen. Je kleiner aber das betrachtete Gebiet ist (z. B. eine einzelne Gemeinde), desto größer wird die Unsicherheit in den Berechnungen.

Die Ergebnisse des SEMIKAT zeigen für den Zeitraum von 1990 bis 2004 eine Abnahme der Stickoxidemissionen des Sektors Verkehr um knapp 30 %.

2.3 Emissionen einzelner Straßen

Für die zeitliche Entwicklung der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr, für die auch eine räumliche Zuordnung möglich sein musste, wurden einzelne Straßenquerschnitte ausgewählt, für welche Daten, das Verkehrsaufkommen sowie die Verkehrszusammensetzung aus den vorhandenen automatischen Verkehrszählungen betreffend, entnommen wurden. Aus den Zählenden für Pkw und Schwere Nutzfahrzeuge (SNF) wurden mittels Emissionsfaktoren aus dem „Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in Österreich“ die Emissionen in Gramm je Kilometer und Tag ermittelt (UMWELTBUNDESAMT 2004a). Die Emissionsfaktoren wurden dem Erhebungsjahr entsprechend ausgewählt.

Insbesondere aus folgenden Gründen können Abweichungen zu in Detailuntersuchungen ermittelten Emissionen auftreten:

- Zählenden mussten durch lineare Interpolation ergänzt werden, da sie oft nicht als vollständige Zeitreihe zur Verfügung standen. Diese Problematik betrifft vor allem den Schwerverkehrsanteil.



- Die für die Emissionsberechnung herangezogene Verkehrssituation konnte für die meisten Zählstellen mangels detaillierter Kenntnis nur als Durchschnittsverkehrssituation angenommen werden, wobei aber jedenfalls auf die Straßenkategorie geachtet wurde.
- Die zählstellenspezifische Verkehrszusammensetzung kann von dem, den Berechnungen zugrunde gelegten, Österreich-Durchschnitt abweichen. Die Abweichung kann durch einen hohen Anteil an ausländischen Fahrzeugen auf den Streckenabschnitten entsprechend höher sein.

3 NO_x-IMMISSIONEN IN ÖSTERREICH

3.1 Verwendete Messdaten

Für den Vergleich zwischen Emissions- und Immissionstrends werden die NO_x-Messdaten der Messstellen der Länder und des Umweltbundesamtes herangezogen. In Tabelle 1 sowie Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 werden die verwendeten NO_x-Messstellen angeführt. Neben der Lage sind der Beginn der Messung sowie evtl. Anmerkungen angeführt.

Tabelle 1: Verwendete NO_x-Messstellen mit Angabe der Lage und des Beginns der Messung.

BL	Messstelle	Lage	Beginn
B	Illmitz	Ländlich	15.3.1999
K	Klagenfurt Koschatstr.	Stadt	18.9.1990
K	Klagenfurt Völkermarkterstr.	Stadt, Verkehr	22.12.1993
K	Obervellach	Dorf	20.8.1991
K	Spittal a.d.D.	Stadt	20.8.1991
K	St. Andrä i.L.	Stadt	1.10.1991
K	St. Georgen i.L.	Ländlich	10.9.1990
K	St. Veit a.d.G.	Stadt, Verkehr	21.1.1991
K	Villach	Stadt, Verkehr	31.8.1990
K	Vorhegg	Ländlich	1.12.1990
K	Wolfsberg	Stadt, Verkehr	31.10.1990
N	Amstetten	Stadt	1.1.1990
N	Gänserndorf	Stadttrand	vor 1990
N	Großenzersdorf Friedhof	Stadttrand	1.2.1990 ⁴
N	Hainburg	Stadttrand	vor 1990
N	Heidenreichstein	Dorf	vor 1990
N	Neusiedl i.T.	Dorf	vor 1990
N	Pillersdorf	Ländlich	27.2.1993
N	Schwechat	Stadt	vor 1990
N	Stixneusiedl	Dorf	vor 1990
N	Stockerau Schulweg	Stadt	vor 1990 ⁵
N	Streithofen	Dorf	vor 1990
N	Trasdorf	Dorf	vor 1990
N	Tulbinger Kogel	Ländlich	vor 1990
N	Tulln	Stadt, Verkehr	vor 1990
N	Wolkersdorf	Stadttrand	vor 1990
N	Zwentendorf	Dorf	vor 1990
O	Bad Ischl	Stadt	1.1.1992

⁴ 11.5.2004 nach Glinzendorf verlegt

⁵ verlegt 17.10.2005

BL	Messstelle	Lage	Beginn
O	Braunau Zentrum	Stadt	1.10.1999
O	Enzenkirchen	Ländlich	3.6.1998
O	Lenzing	Industrie	vor 1990
O	Linz 24er Turm	Großstadt, Verkehr	vor 1990
O	Linz Kleinmünchen	Großstadt	vor 1990
O	Linz Neue Welt	Großstadt, Verkehr, Industrie	vor 1990 ⁶
O	Linz ORF-Zentrum	Großstadt, Industrie	vor 1990
O	Linz Römerberg	Großstadt, Verkehr	1.10.1997
O	Linz Urfahr	Großstadt	vor 1990
O	Steyr	Stadt	vor 1990
O	Steyregg	Industrie	vor 1990
O	Traun	Stadt	vor 1990
O	Wels	Stadt, Verkehr	vor 1990
O	Zöbelboden	Ländlich	11.10.1999
S	Hallein Hagerkreuzung	Stadt, Verkehr, Industrie	vor 1990 ⁷
S	Salzburg Lehen	Großstadt	vor 1990 ⁸
S	Salzburg Mirabellplatz	Großstadt	14.12.1993
S	Salzburg Rudolfsplatz	Großstadt, Verkehr	vor 1990
S	St. Koloman	Ländlich	28.6.1990 ⁹
S	Tamsweg	Stadt	9.5.1994
St	Deutschlandsberg	Stadt	vor 1990
St	Graz Mitte	Großstadt	vor 1990
St	Graz Nord	Großstadt	vor 1990
St	Graz Ost	Großstadt	1.1.1991 ¹⁰
St	Graz West	Großstadt	vor 1990
St	Hartberg	Stadt	11.7.1996
St	Hochgössnitz	Dorf	vor 1990
St	Judenburg	Stadt	vor 1990
St	Judendorf	Industrie	vor 1990
St	Kapfenberg	Stadt, Industrie	vor 1990
St	Köflach	Stadt	1.9.1991
St	Leoben Donawitz	Stadt, Industrie	vor 1990
St	Leoben Göss	Stadt	vor 1990
St	Leoben Zentrum	Stadt	vor 1990
St	Liezen	Stadt	4.11.1993
St	Masenberg	Ländlich	vor 1990

⁶ bis Sept. 1996 Berufsschulzentrum

⁷ 1999 kleinräumig verlegt

⁸ bis 2001 auf Hochhaus

⁹ aufgelassen 11.3.2004

¹⁰ aufgelassen 1.12.2004, ab 1.1.2006 am Standort Petersgasse



BL	Messstelle	Lage	Beginn
St	Peggau	Industrie	13.5.1993
St	Piber	Dorf	vor 1990
St	Stolzalpe	Ländlich	6.8.1997
St	Straßengel	Industrie	vor 1990
St	Voitsberg Krems	Stadt	vor 1990
St	Weiz	Stadt	1.11.1992
St	Zeltweg	Stadt	vor 1990
T	Gärberbach A13	Verkehr	12.7.1995
T	Hall i.T.	Stadt, Verkehr	vor 1990
T	Innsbruck Reichenau	Großstadt, Verkehr	vor 1990
T	Innsbruck Zentrum	Großstadt, Verkehr	vor 1990
T	Kramsach	Ländlich	1.9.1998
T	Lienz Amlacherkreuzung	Stadt, Verkehr	8.1.1998
T	Nordkette	Ländlich	vor 1990 ¹¹
T	St. Sigmund	Ländlich	6.10.1999
T	Vomp A12	Verkehr	15.5.1997
T	Wörgl	Stadt	vor 1990
V	Dornbirn Stadtstraße	Stadt, Verkehr	1.8.1990 ¹²
V	Feldkirch Bärenkreuzung	Stadt, Verkehr	29.5.1998
V	Lustenau Wiesenrain	Stadt	vor 1990
V	Wald a.A.	Verkehr	1.5.1991
W	Belgradplatz	Großstadt	vor 1990
W	Floridsdorf	Großstadt	vor 1990
W	Gaudenzdorf	Großstadt	vor 1990
W	Hermannskogel	Großstadt, Rand	vor 1990
W	Hietzinger Kai	Großstadt, Verkehr	vor 1990
W	Hohe Warte	Großstadt	vor 1990
W	Kaiserebersdorf	Großstadt, Industrie	vor 1990
W	Kendlerstr.	Großstadt	vor 1990
W	Laaerberg	Großstadt	vor 1990
W	Liesing	Großstadt, Industrie	vor 1990
W	Lobau	Großstadt, Rand	vor 1990
W	Rinnböckstr.	Großstadt, Verkehr	vor 1990
W	Schafbergbad	Großstadt	vor 1990
W	Stadlau	Großstadt	vor 1990
W	Stephansplatz	Großstadt	vor 1990
W	Taborstr.	Großstadt, Verkehr	vor 1990
W	Währinger Gürtel	Großstadt	vor 1990

¹¹im Herbst 1993 verlegt

¹²3.12.2002 verlegt



An allen Messstellen wird die NO-, NO_x- und NO₂-Konzentration mit einem Zweikanalgerät mittels Chemilumineszenz-Verfahren gemessen. Dabei werden die NO- und NO_x-Konzentration messtechnisch erfasst und als Differenz beider Größen die NO₂-Konzentration berechnet.

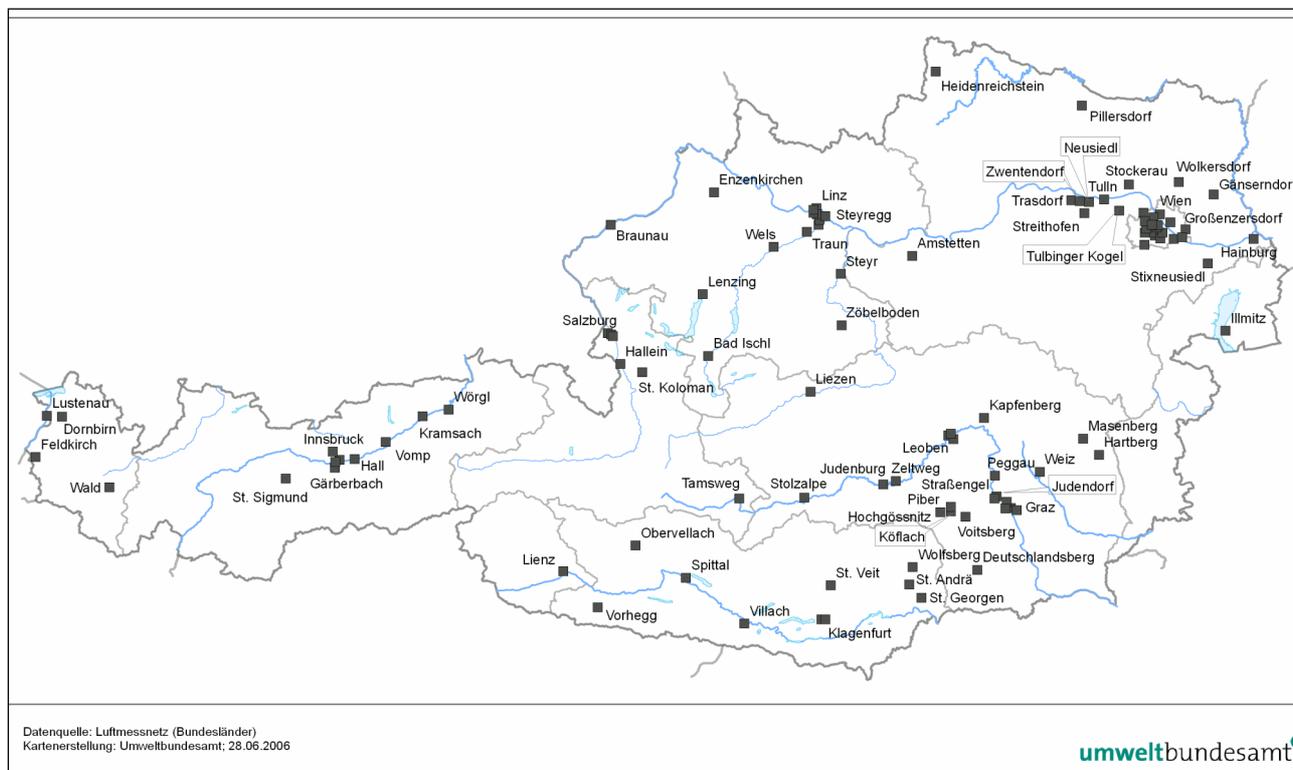
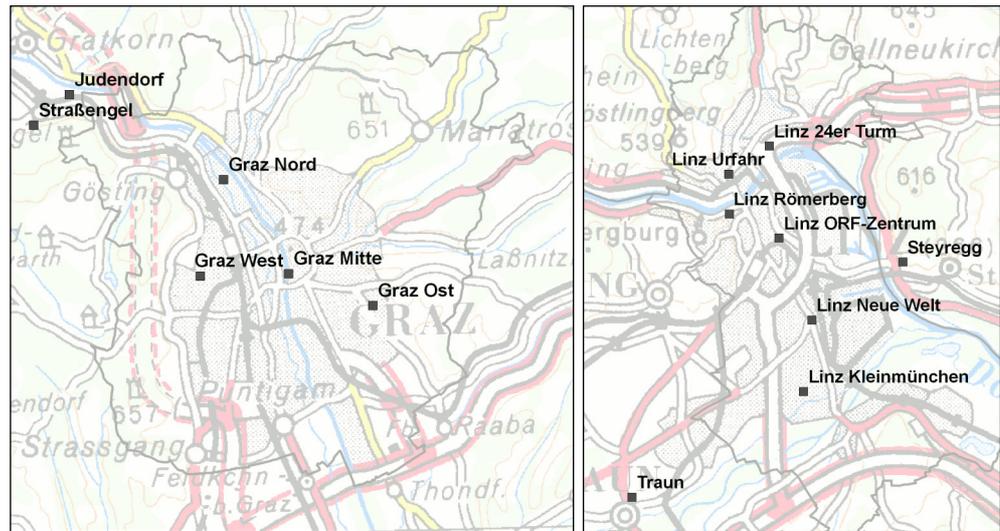


Abbildung 4: Ausgewertete NO_x-Messstellen in Österreich.



Abbildung 5: Auswertete NO_x-Messstellen in Wien und Umgebung.

Abbildung 6:
Auswertete NO_x-
Messstellen in Graz
(links) sowie Linz
(rechts) und Umgebung.



3.2 Bewertung der Datenlage

Bei der Auswertung zeigt sich, dass mehrere Messstellen zeitliche Verläufe der NO_x-Konzentration aufweisen, die im Kontext der Entwicklung der NO_x-Emissionen schwierig zu interpretieren sind bzw. nicht plausibel erscheinen. Daher wurde versucht, Einflussfaktoren zu identifizieren, die zu einem derartigen Verhalten führen können.

Die Immissionsmessreihen können durch folgende Faktoren verfälscht werden:

- Änderungen bei der NO_x-Messung – eine Veränderung der Nachweisgrenze des Messgeräts kann einen Trend vortäuschen, vor allem an niedrig belasteten Messstellen;
- Probleme bei der Betreuung der Messstelle oder bei der Korrektur der Messdaten können eine Verfälschung von Trends bewirken; diese Faktoren sind i. d. R. nicht dokumentiert und damit nicht nachvollziehbar;
- Änderungen der Emissionen im Nahbereich der Messstelle – z. B. durch Bau neuer Straßen, die eine Zu- oder Abnahme des Verkehrs in der Nähe der Messstelle bewirken, Ansiedlung von Industrie- oder Gewerbebetrieben; Errichtung neuer Wohnsiedlungen oder von Einkaufszentren, die als Verkehrserreger wirken, selbst Emissionen durch Heizungsanlagen verursachen oder die lokale Ausbreitungssituation verändern;
- kleinräumige Verlegung der Messstelle, ohne dass die Messstelle in der Luftmessdatenbank eine andere „Identität“ bekommen hat.

Derartige Einflussfaktoren müssen identifiziert und die betroffenen Messreihen aus der Trendanalyse ausgeklammert werden.

Eine erste Plausibilitätsprüfung der vorliegenden Messreihen ergibt folgendes Bild:

- Die in den frühen Neunzigerjahren zur Verfügung gestandenen Messgeräte haben bei sehr niedrigen Konzentrationen – wie sie an alpinen Hintergrundstandorten auftreten – tendenziell zu hohe Messwerte geliefert. Die Messwerte des Umweltbundesamtes an den alpinen Stationen werden daher für die Trendauswertung nicht herangezogen.



- Die Verwendung neuer Messgeräte im Niederösterreichischen Messnetz ab dem Jahr 2000 kann zu einer Abnahme der gemessenen NO_x-Belastung geführt haben, dies zeichnet sich aber nicht einheitlich im Messnetz ab. Einzelne Stationen wiesen hingegen im Jahr 2000 ungewöhnlich hohe NO_x-Jahresmittelwerte auf.
- Mehrere niedrig belastete Messstellen v. a. in Niederösterreich und in der Steiermark weisen unplausible zeitliche Variationen auf, die ein Ausklammern aus einer Trendauswertung erfordern: u. a. Bad Vöslau, Kollmitzberg, Forsthof, Payerbach und Bockberg.
- Nicht interpretierbar ist der sprunghafte Anstieg 1998–1999 v. a. in Bad Ischl und Linz Kleinmünchen.
- In Wien fallen 1993 Belgradplatz, 1994 Kaiserebersdorf, 1996 Taborstraße und 1997 Stephansplatz durch ungewöhnlich hohe NO_x-Jahresmittelwerte auf.

Verlegungen von Messstellen sind für folgende Stationen dokumentiert:

- Linz Neue Welt: bis September 1996 am Standort „Berufsschulzentrum“; die Messstelle „Neue Welt“ weist eine höhere NO_x-Belastung auf (straßennah).
- Hallein Hagerkreuzung: am 18.10.1999 kleinräumig an einen etwas verkehrsnäheren Standort verlegt.
- Salzburg Lehen: bis 27.6.2001 im 10. Stock eines Hochhauses in der Revierstraße, dann an die Fasaneriestraße (Ansaugung ca. 4 m über Boden) verlegt.
- Nordkette: bis 1993 bei der Seilbahnstation Seegrube, der neue Standort weist eine etwas niedrigere NO_x-Belastung auf.
- Dornbirn Stadtstraße: Dezember 2002 an die andere Straßenseite an einen etwas verkehrsnäheren Standort verlegt.

Veränderungen der lokalen Emissionen betreffen folgende Stationen:

- Traun: Abnahme des lokalen Verkehrs Ende 1995 durch Eröffnung der Umfahrung.
- Wien Taborstraße: hohe lokale Emissionen durch Bautätigkeit 1995.

Probleme/Defizite bei der Messdatenerfassung und der Qualitätssicherung sind für folgende Messstellen dokumentiert:

- Grünbach 1998/99.
- Messnetz im Raum Voitsberg 1990/91.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass mit der Weiterentwicklung der Messtechnik, aber auch mit der Qualitätssicherung eine laufende Verbesserung der Datenqualität einhergeht. Dies bedeutet aber auch, dass Messwerte aus den frühen Neunzigerjahren u. U. nicht jene Qualität aufweisen, wie sie jüngere Messdaten besitzen. So wiesen die in den frühen Neunzigerjahren eingesetzten NO_x-Messgeräte teilweise Nachweisgrenzen auf, die in der Höhe der mittleren NO₂-Konzentration niedrig belasteter Messstellen liegen (z. B. Horiba APNA 350: 8 ppb). Seitdem kamen NO_x-Messgeräte mit deutlich niedrigerer Nachweisgrenze auf den Markt (z. B. Horiba APNA 360E 0,9 ppb für NO₂). Vor allem im Messnetz des Umweltbundesamtes konnte die Genauigkeit der Erfassung niedriger Konzentrationen noch weiter gesteigert werden (TEI 42CTL 0,1 ppb für NO₂).

Parallel zur Weiterentwicklung der Messtechnik wurde die Qualitätssicherung im Laufe der Neunzigerjahre deutlich verbessert, u. a. durch die Anbindung der nationalen Standards an internationale Standards (EMPA, JRC) und regelmäßige Ringversuche.

4 AUSWERTUNG DER IMMISSIONS- UND EMISSIONSTRENDS

Die NO_x-Emissionsdaten der OLI (also inkl. Tanktourismus) weisen im Zeitraum 1990 bis 2003 einen österreichweit relativ einheitlichen Verlauf auf. Einer leichten Abnahme 1991–1995 folgten kurzzeitige Anstiege 1996 und 1998 und ein kontinuierlicher Anstieg 1999–2003. Die gesamtösterreichischen Emissionen gehen 2004 gegenüber 2003 leicht zurück.

Demgegenüber nehmen die gegenüber Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen im Zeitraum seit 1990 kontinuierlich leicht ab (Berechnungen für die Österreichische Luftschadstoffinventur, 2005). Die stärksten Rückgänge sind zwischen 1991 und 1996 zu beobachten; seit 2000 stagnieren die NO_x-Emissionen mehr oder weniger.

Wie in Kapitel 2.1.2 weiter ausgeführt, dürften die tatsächlichen NO_x-Emissionen Österreichs höher als die gegenüber Tanktourismus bereinigten Emissionen sein, da die für die Berechnung verwendeten Emissionsfaktoren wegen der Diskrepanzen zwischen Prüfzyklus-Emissionen und tatsächlichen Emissionen zu niedrig angesetzt sind.

Nachfolgend werden die meteorologischen Einflüsse in den verschiedenen Jahren dargestellt sowie die Immissions- und Emissionstrends in den einzelnen Bundesländern näher untersucht. Die statistische Signifikanz der Trends wurde mit dem Mann-Kendall-Test überprüft. Ein entsprechendes Software-Tool wurde vom Finnischen Meteorologie Institut entwickelt (FMI 2002).

4.1 Generelle meteorologische Einflüsse

Das zeitliche Verhalten der NO_x-Konzentration wird – auch auf der zeitlichen Skala der Jahresmittelwerte – nicht nur von den NO_x-Emissionen, sondern auch von meteorologischen Faktoren bestimmt. Das Auftreten ungünstiger oder günstiger Ausbreitungsbedingungen beeinflusst vor allem im Winter die NO_x-Belastung massiv. Darüber hinaus kann die Häufigkeit, mit der Luftmassen aus bestimmten Quellregionen eine Messstelle erreichen, stark variieren. Auch spielt regionaler Transport, u. a. aus Großemittenten im östlichen Mitteleuropa, eine Rolle, die in den Neunzigerjahren noch bedeutsamer war.

Die „Bereinigung“ der meteorologischen Einflüsse ist nur mittels sehr aufwändiger Modellrechnung möglich und kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden.



Eine qualitative Beurteilung der Ausbreitungsbedingungen, vor allem in den Wintermonaten, deutet darauf hin, dass u. a. folgende Zeiträume von sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen betroffen waren, welche zu erhöhten NO_x-Konzentrationen (und auch erhöhten SO₂- und PM₁₀-Belastungen) geführt haben:

- Winter Anfang 1993
- Winter 1993/94
- Winter 1995/96
- Winter 1996/97
- Winter Anfang 2003.

Der „auffällige“ Konzentrationsverlauf der letzten Jahre, der in ganz Österreich einen markanten Konzentrationsanstieg von 2002 auf 2003 und einen anschließenden Rückgang 2004 zeigt, wird wesentlich durch die sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen in den ersten drei Monaten des Jahres 2003 bestimmt.

4.2 Kärnten

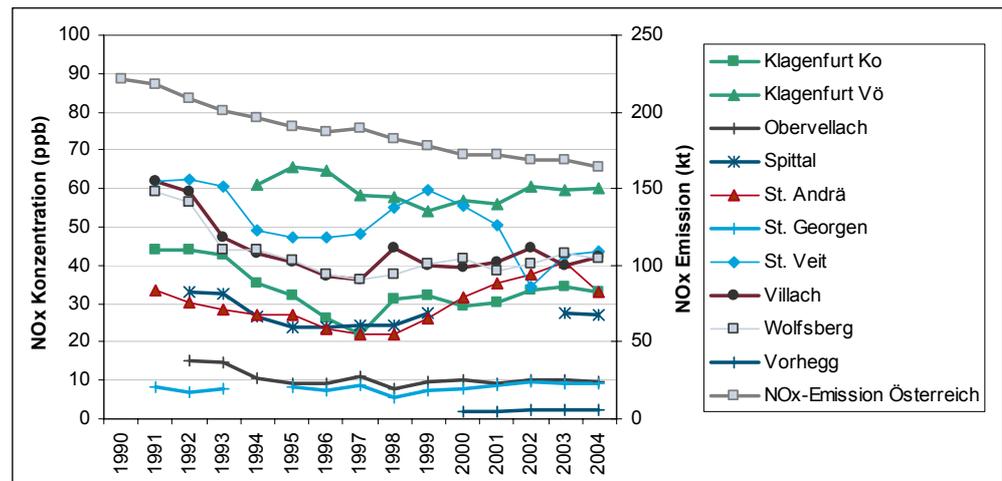
Im Kärntner Messnetz (Beginn der Messung im Herbst 1990, d. h. Jahresmittelwerte ab 1991 verfügbar) ist an den meisten NO_x-Messstellen von den frühen Neunzigerjahren (meist ab 1993) bis 1997 eine mehr oder minder starke Abnahme der NO_x-Jahresmittelwerte (JMW) festzustellen, die in Villach und Klagenfurt Koschatstraße am ausgeprägtesten ist. So nahm der NO_x-JMW in Villach von 62 ppb 1990 auf 37 ppb 1997 ab (siehe Abbildung 7).

Zwischen 1997 und 1999 stieg die NO_x-Konzentration an den meisten Messstellen an, wobei in Villach, St. Veit und Klagenfurt Koschatstraße 1997–98 eine sprunghafte Zunahme erfolgte (in Villach von 37 auf 45 ppb). Eine Abnahme zeigten in diesem Zeitraum dagegen Klagenfurt Völkermarkterstraße sowie die ländlicheren Messstellen Obervellach und St. Georgen.

Die Jahre 2000 bis 2004 verzeichneten dann an fast allen Messstellen eine leichte Zunahme der NO_x-Jahresmittelwerte. Anders als im übrigen Österreich zeichnet sich das Jahr 2003 allerdings nicht durch eine stark überdurchschnittliche NO_x-Belastung aus.

Einen davon klar abweichenden Trend mit einer starken Abnahme von 1999 (59 ppb) bis 2002 (34 ppb) verzeichnete St. Veit, ohne dass dafür eine Interpretation gegeben werden kann.

Abbildung 7:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
den Kärntner
Messstellen sowie NO_x-
Emissionen Österreichs
(ohne Tanktourismus).



Unter den Kärntner NO_x-Messstellen weisen nur St. Georgen und Vorhegg einen statistisch signifikanten Trend (Mann-Kendall-Test) der NO_x-Jahresmittelwerte auf (St. Georgen auf einem Signifikanzniveau von 95 %, Vorhegg von 90 %) – in Vorhegg um durchschnittlich 0,1 ppb/Jahr zunehmend, in St. Georgen um 0,1 ppb/Jahr abnehmend. Beschränkt man die Auswertung auf den Zeitraum ab 1999, so zeigen allerdings auch St. Georgen und Obervellach eine signifikante leichte Zunahme der NO_x-Jahresmittelwerte.

St. Veit besitzt trotz der starken Variationen der NO_x-Jahresmittelwerte einen auf 95 %-Signifikanzniveau abnehmenden Trend von 1,2 ppb/Jahr.

Alle anderen Zeitreihen zeigen keinerlei signifikanten Trend.

Die NO_x-Messreihen zeigen im Vergleich mit den NO_x-Emissionen (österreichweit, gegenüber Tanktourismus bereinigt) ein sehr heterogenes Bild. Im Zeitraum 1991–2004 zeigen nur Villach und Wolfsberg Korrelationen von 0,71 bzw. 0,72 zwischen NO_x-Jahresmittelwerten und NO_x-Emissionen; die „Hintergrundmessstellen“ Vorhegg und St. Georgen weisen starke Antikorrelationen auf.

Folgen bis 1997 die abnehmenden Trends der Kärntner NO_x-Messstellen weitgehend dem Rückgang der NO_x-Emissionen, so weisen im Zeitraum 1997–2004 alle Messstellen außer St. Veit Antikorrelationen zu den Emissionen auf.

4.3 Niederösterreich

Zahlreiche niederösterreichische Messstellen weisen relativ einheitliche Trends mit einer ungleichmäßigen Abnahme zwischen 1990 und 2004 auf. Zu diesen gehören ganz überwiegend niedrig belastete Messstellen, deren NO_x-Jahresmittelwerte meist zwischen 5 und 15 ppb liegen: Gänserndorf, Hainburg, Heidenreichstein, Neusiedl i.T., Stixneusiedl, Streithofen, Trasdorf, Tulbinger Kogel, Zwentendorf sowie Pillersdorf; als etwas höher belastete Messstellen kommen noch Stockerau Schulweg und Großenzersdorf Friedhof dazu (siehe Abbildung 8).

Teilweise scheinen eine starke Abnahme 1991–1992, eine leichte Zunahme 1995–1997 und eine leichte Abnahme 1997–1999 auf. Seit 1999 sind nur geringe Veränderungen zu beobachten.

Einen tendenziell ähnlichen Verlauf besitzt Amstetten, mit einem allerdings markanten Anstieg 1990–1991. Während Amstetten 1993–1997 relativ ähnliche NO_x-JMW aufwies wie Stockerau, lagen diese ab 2000 recht konstant 8 bis 10 ppb höher.

Statistisch hoch signifikante abnehmende Trends (Signifikanzniveau 99,9 %) zeigen 1990–2004 Gänserndorf (–0,5 ppb/Jahr), Heidenreichstein (–0,3 ppb/Jahr), Mödling (–0,9 ppb/Jahr), Stockerau Schulweg (–0,4 ppb/Jahr) und Traismauer (–0,6 ppb/Jahr). Abnehmende Trends im Ausmaß zwischen –0,4 und –0,9 ppb/Jahr auf einem Signifikanzniveau von 99 % zeigen Hainburg, St. Pölten Eybnerstr., Streithofen und Wiener Neustadt, auf einem Signifikanzniveau von 95 % Dunkelsteinerwald, Neusiedl i.T., Tulbinger Kogel und Tulln. Keine Messstelle weist einen signifikant ansteigenden Trend auf.

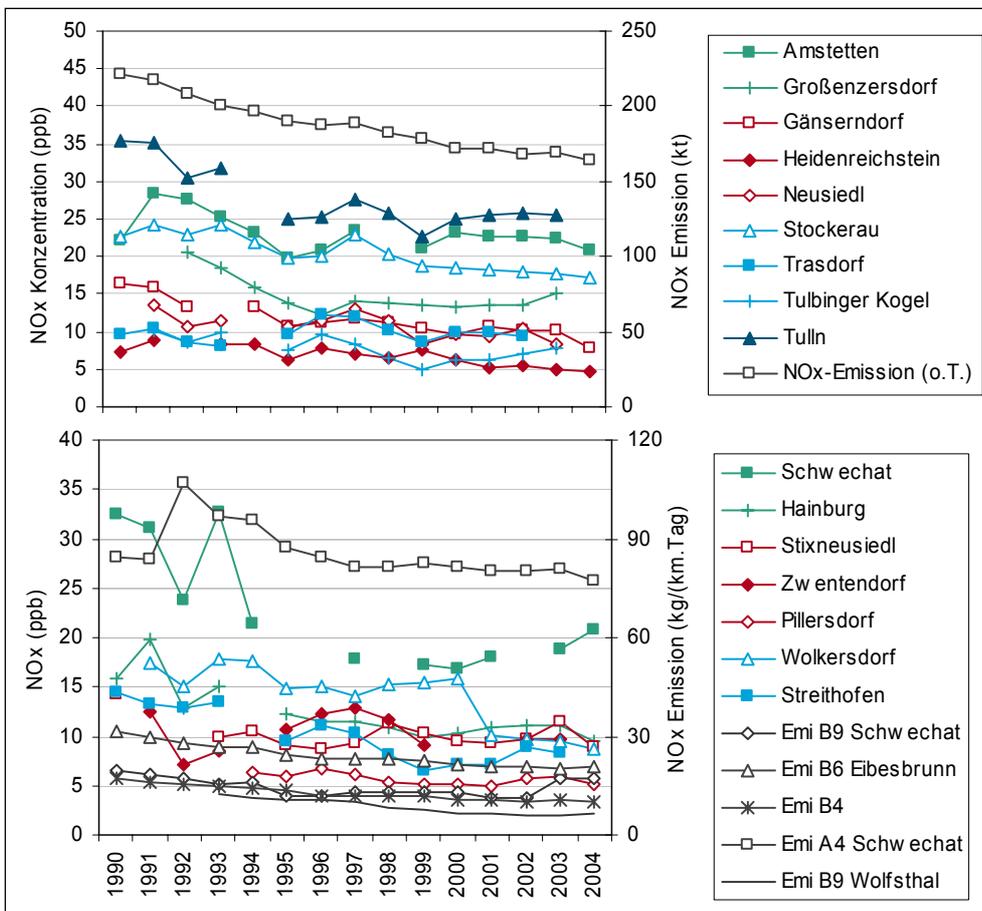


Abbildung 8:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ausgewählten
Niederösterreichischen
Messstellen sowie der
NO_x-Emissionen
Österreichs (o. T.: ohne
Tanktourismus).

Die meisten dieser Messstellen weisen über den Zeitraum 1990 bis 2004 relativ hohe Korrelation von 0,7 bis 0,9 mit den gegenüber Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen auf. Die höchsten Korrelationen über 0,9 zeigen Gänserndorf und Traismauer. Betrachtet man nur den Zeitraum von 1999 bis 2003, so zeigen sich allerdings an deutlich weniger Messstellen höhere Korrelationen NO_x-Emissionen; nur Heidenreichstein, Mödling und Stockerau besitzen Korrelationskoeffizienten über 0,7.

Um die NO_x-Immissionstrends mit den Emissionen einer einzelnen Straße zu vergleichen, wurden die NO_x-Emissionen der B4 bei Ziersdorf (westliches Weinviertel) berechnet. Die B4 ist repräsentativ für hochrangige Straßen im ländlichen Raum abseits der großen Städte; der Verkehrsstrom auf der B4 wurde in den letzten Jahrzehnten auch nicht durch den Neubau von Autobahnen oder Schnellstraßen verändert.

Die NO_x-Emissionen der B4 nahmen von 1990 bis 2000 von ca. 17 kg/(km*Tag) auf ca. 10 kg/(km*Tag) ab und blieben seit 2000 relativ stabil auf diesem Niveau. Die NO_x-Jahresmittelwerte zahlreicher, meist städtischer niederösterreichischer Messstellen korrelieren relativ hoch mit der Entwicklung der NO_x-Emissionen auf der B4; Korrelationskoeffizienten über 0,8 (über den Zeitraum 1990–2004) weisen Gänserndorf, Hainburg, Mödling, Schwechat, Stockerau, Streithofen, Traismauer, Tulln und Wiener Neustadt auf. Die ländlichen Messstellen zeigen zumeist niedrige Korrelationen mit den Emissionen der B4, so die nächstgelegene Messstelle Pillersdorf 0,56. Auch die relativ verkehrsbeeinflusste Messstelle Vösendorf (nahe A2) korreliert mit 0,48 mäßig mit den Emissionen der B4.

An der A2 stehen bei Mödling NO_x-Emissionen im Zeitraum 1998 bis 2002 zur Verfügung; diese nahmen in diesem Zeitraum von 201 kg/(km*Tag) auf 164 kg/(km*Tag) markant ab. Die NO_x-Emission der A2 bei Mödling korreliert zwar hoch mit den NO_x-Jahresmittelwerten der städtischen Hintergrundmessstelle Mödling (0,97) – wobei anzumerken ist, dass Mödling mit großen Sprüngen der NO_x-Jahresmittelwerte 1997/98 (von 20 auf 24 ppb) und 2001/02 (von 22 auf 17 ppb) einen etwas unplausibel wirkenden Verlauf zeigt – aber nicht mit Vösendorf (markante Antikorrelation –0,76).

Vergleichsweise irreguläre Verläufe weisen mehrere emittentennahe Messstellen auf. In Vösendorf sank die NO_x-Belastung von 36 ppb 1993 rasch auf 20 ppb 1995, um 2003 wieder 27 ppb zu erreichen. Rasante Variationen wies auch Schwechat auf, 1991 32 ppb, 1992 23 ppb, 1994 wieder 33 ppb, 1995 21 ppb; seit 1999 liegt hier die NO_x-Belastung bei 16 bis 20 ppb als JMW.

4.4 Oberösterreich

Die Messstellen im Raum Linz zeigen generell bis Mitte der Neunzigerjahre eine starke Abnahme der NO_x-Jahresmittelwerte. So nahm der JMW an der Messstelle 24er Turm von 1990 bis 1996 von 67 auf 40 ppb ab, in Steyregg von 42 auf 12 ppb, am ORF-Zentrum von 42 auf 29 ppb (siehe Abbildung 9). Im Zeitraum von 1996 bis 2003 zeichnet sich ein leichter, aber kontinuierlicher Anstieg ab (2003 24er Turm 46 ppb, ORF-Zentrum 38 ppb), 2004 eine generelle Abnahme.

Dieser Trend entspricht weder der generellen leichten Abnahme der gesamtösterreichischen NO_x-Emissionen bis 2000 noch den mehr oder minder konstanten NO_x-Emissionen der voestalpine (ca. 3,3 bis 4,0 kt), dem größten industriellen Einzelmittenten in Linz. Die Emissionen der Chemie Linz nahmen von 1990 bis 1995 von ca. 2,5 t auf 0,7 kt ab (und blieben seitdem etwa konstant), liegen aber absolut gesehen auf einem so niedrigen Niveau, dass ein Einfluss der Veränderungen dieser Emissionen auf die in Linz gemessene NO_x-Belastung sehr wenig wahrscheinlich ist.

Unter den Messstellen außerhalb von Linz zeigt Steyr eine leichte, ungleichmäßige Abnahme, Wels nach 1995 eine ungleichmäßige leichte Zunahme.

In Bad Ischl nahm die NO_x-Belastung bis 1998 kontinuierlich leicht ab, um 1998–1999 sprunghaft von 9 auf 17 ppb anzusteigen; danach blieb sie praktisch konstant. Der Sprung in Bad Ischl 1998–1999 ist ebenso wie der gleichzeitig in Kleinmünchen beobachtete nicht interpretierbar.

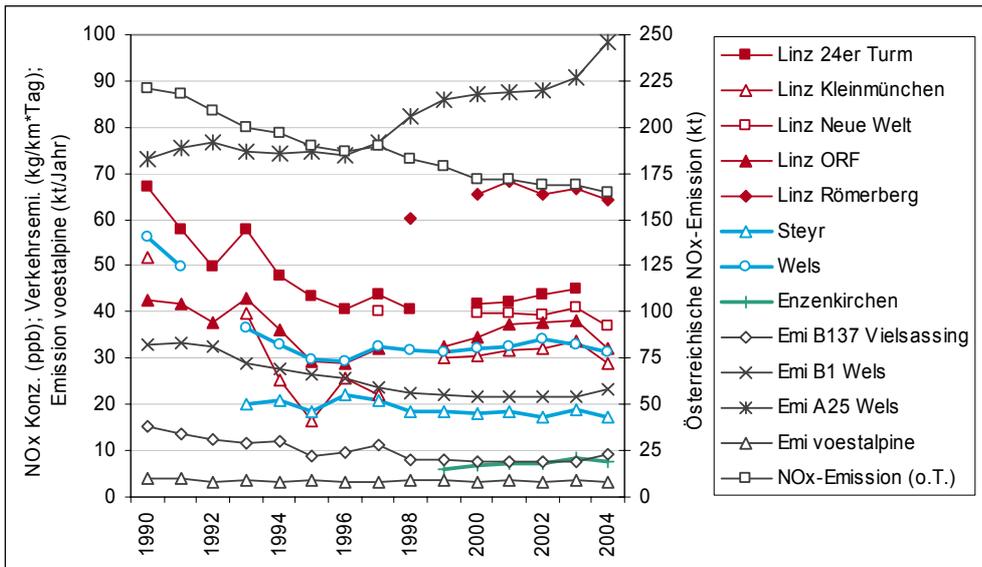


Abbildung 9:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ausgewählten
Oberösterreichischen
Messstellen sowie
gesamten NO_x-
Emissionen Österreichs
(o. T.: ohne
Tanktourismus).

Unter den Oberösterreichischen Messstellen weisen nur Linz 24er Turm, Steyr, Traun und Enzenkirchen Trends auf einem Signifikanzniveau von 95 % auf. Unter diesen Messstellen zeigen Linz 24er Turm (im Durchschnitt $-1,2$ ppb/Jahr) und Steyr ($-0,3$ ppb/Jahr) abnehmende, Traun ($+1,0$ ppb/Jahr) und Enzenkirchen ($+0,3$ ppb/Jahr) dagegen zunehmende Trends.

Im Zeitraum 1990–2004 zeigen nur Linz 24er Turm, Steyr, Steyregg und Wels Korrelationen über 0,7 mit den (gegenüber Tanktourismus bereinigten) NO_x-Emissionen Österreichs, Linz Römerberg, Traun, Enzenkirchen und Zöbelboden deutliche Antikorrelationen. Im Zeitraum ab 1999 besitzt nur Linz Neue Welt eine Korrelation über 0,7 mit den NO_x-Emissionen.

Als Beispiel einer hochrangigen Straße im ländlichen Raum wurden die Emissionen der B137 bei Vielsassing im nördlichen Innviertel berechnet. Diese nahmen zwischen 1990 und 1995 von 15 auf 8 kg(km*Tag) ab und liegen seitdem relativ stabil auf diesem Niveau. Die Emissionsentwicklung auf der B137 entspricht damit tendenziell der an den meisten Oberösterreichischen Messstellen beobachteten Abnahme der NO_x-Jahresmittelwerte, spiegelt aber nicht die teilweise recht heterogenen Entwicklungen seitdem wider.

Die Emissionsentwicklung auf der B137 weist nur gegenüber den NO_x-Jahresmittelwerten in Linz 24er Turm und Wels Korrelationen über 0,8 auf; Antikorrelationen treten gegenüber kleinstädtischen Messstellen auf (z. B. Braunau $-0,18$), praktisch keine Korrelation zu ländlichen Messstellen (Enzenkirchen 0,11).

4.5 Salzburg

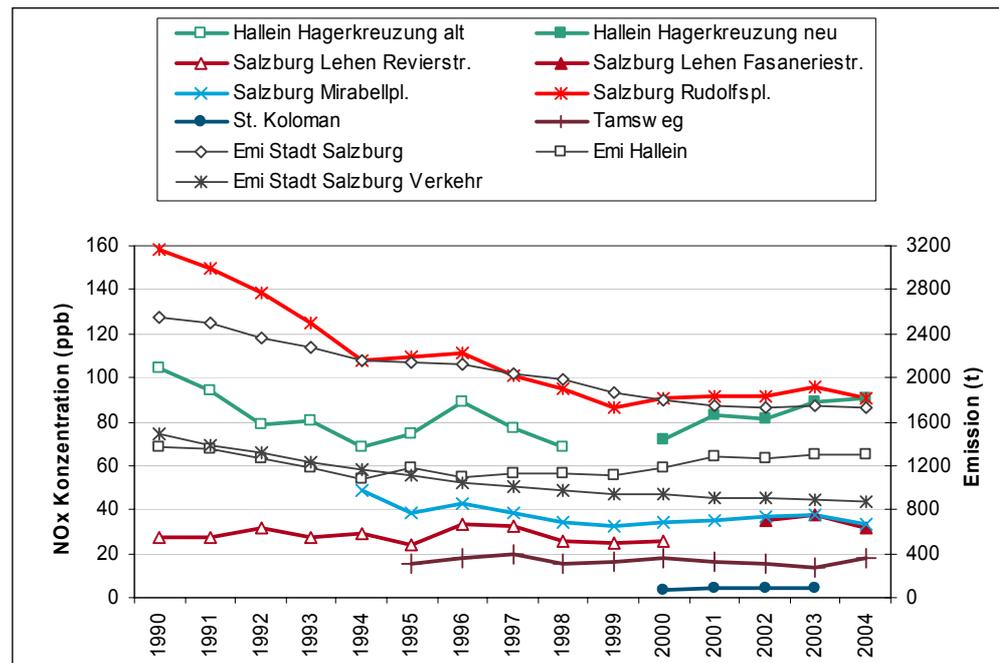
In Salzburg stehen mit Salzburg Rudolfsplatz und Hallein Hagerkreuzung zwei stark verkehrsbelastete NO_x-Messstellen zur Verfügung, deren Belastung in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre deutlich zurückging. (Abbildung 10). Am Rudolfsplatz zeigt sich seit 1999 kein klar erkennbarer Trend mehr, in Hallein ist seit dem Jahr 2000 ein kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen.

Die Hintergrundmessstelle Salzburg Lehen Revierstraße wies von 1990 bis 2000 keine signifikante Veränderung der NO_x-Belastung auf. Am mäßig verkehrsbelasteten Mirabellplatz ging die Belastung von 1994 bis 1999 zurück und stieg dann bis 2003 wieder leicht an.

Tamsweg im Lungau zeigt keine signifikante Veränderung.

Salzburg Rudolfsplatz weist einen hoch signifikanten (99,9 %) abnehmenden Trend von durchschnittlich –4,5 ppb/Jahr auf, Hallein Hagerkreuzung eine Abnahme von durchschnittlich –3,0 ppb/Jahr (Signifikanzniveau 95 %).

Abbildung 10:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
Salzburger Messstellen
sowie der NO_x-
Emissionen in Salzburg
und Hallein gem.
SEMIKAT.



Für Salzburg steht mit dem SEMIKAT ein Emissionskataster zur Verfügung, der jährliche, sektoral aufgegliederte Emissionen pro Gemeinde enthält.

Die NO_x-Emissionen der Stadt Salzburg nahmen ebenso wie jene des Straßenverkehrs in der Stadt Salzburg von 1990 bis 2004 gleichmäßig ab, und zwar wesentlich stärker, als dies die Hintergrundmessstellen Lehen und Mirabellplatz zeigen. Die Veränderungen der NO_x-Belastung am Rudolfsplatz folgen ebenfalls nicht unmittelbar den NO_x-Emissionen des Verkehrs in der Stadt Salzburg. Immerhin weisen Salzburg Lehen und Salzburg Rudolfsplatz Korrelationskoeffizienten über 0,9 mit den Emissionen der Stadt Salzburg auf.

Auch die starken Schwankungen der NO_x-Belastung an der Hagerkreuzung entsprechen nicht unmittelbar dem Trend der NO_x-Emissionen der Stadt Hallein; die Korrelation zwischen den NO_x-Jahresmittelwerten von Hallein Hagerkreuzung und den Emissionen der Stadt Hallein beträgt 0,77. Möglicherweise steht der seit 2000 beobachtete Anstieg der NO_x-Belastung an der Hagerkreuzung mit der Zunahme der industriellen NO_x-Emissionen in Hallein in Verbindung, wenngleich er noch stärker ausgefallen ist als letzterer.

Die NO_x-Belastung in Tamsweg zeigt keinen Zusammenhang mit den – gleichmäßig leicht rückläufigen – NO_x-Emissionen im Lungau (Korrelation 0,2).

4.6 Steiermark

Die NO_x-Belastung zeigt an den meisten Messstellen der Steiermark im Lauf der Neunzigerjahre eine leichte Abnahme und danach keine deutliche Veränderung.

Unter den Grazer Messstellen weist Graz Mitte von 1991 bis 2004 eine ungleichmäßige, aber deutliche Abnahme der NO_x-JMW von 78 auf 49 ppb auf. In Graz West ging die Belastung bis 2001 deutlich zurück, um dann bis 2003 wieder zu steigen. Graz Ost wies 1992 bis 1998 keine wesentliche Veränderung und dann bis 2000 eine starke Abnahme auf, Graz Nord eine Abnahme 1993–1996 und danach keine wesentliche Veränderung (siehe Abbildung 11).

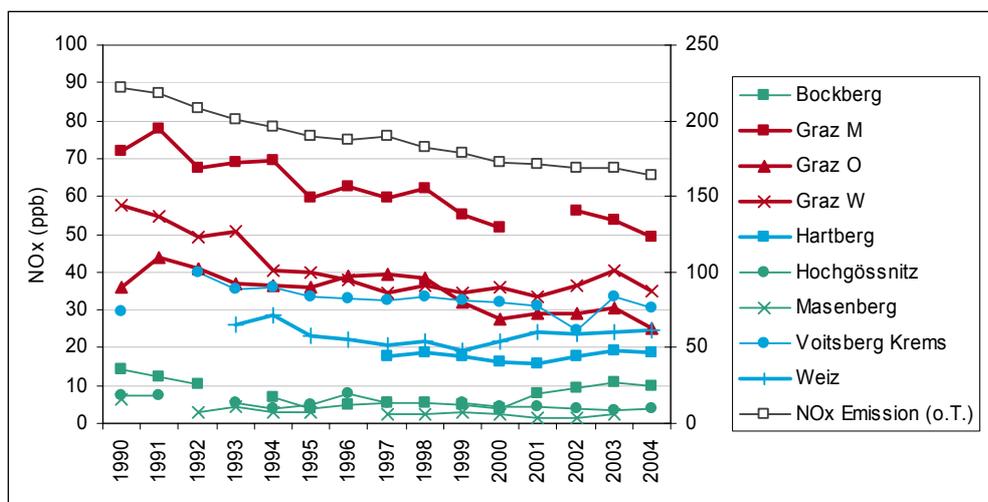


Abbildung 11:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ausgewählten
Steiermärkischen
Messstellen sowie der
NO_x-Emissionen
Österreichs.

Insgesamt deuten die Grazer Messstellen auf relativ heterogene Entwicklungen der Emissionen in verschiedenen Teilen des Stadtgebietes hin, wobei im zentralen Stadtgebiet mit den höchsten Emissionsdichten auch die größten Abnahmen verzeichnet werden konnten.

Messstellen in Kleinstädten der außeralpinen Steiermark (Köflach, Voitsberg, Weiz, Hartberg) zeigen im betrachteten Zeitraum keine signifikante Veränderung der NO_x-Belastung. Nach einem zeitweisen Rückgang in den späten Neunzigerjahren stieg sie bis 2003 teilweise wieder auf das Niveau an, das Mitte der Neunzigerjahre beobachtet wurde. Eine Ausnahme stellt Deutschlandsberg dar, wo die NO_x-Belastung 1999–2001 deutlich zurückging und danach niedrig blieb.

Messstellen in der Nähe industrieller Emittenten, wie in Leoben, im Bereich Gratwein und in Kapfenberg weisen Belastungsverläufe auf, die u. U. von spezifischen Emittenten bestimmt sind. So fällt in Kapfenberg eine starke Abnahme 1991–1995 auf, in Leoben Donawitz eine markante Zunahme 1991–1993, in Leoben Göss eine Zunahme 1996–1997.

Eine statistisch hoch signifikante Abnahme (99,9 %-Konfidenzniveau mittels Mann-Kendall-Test) zeigen die NO_x-Jahresmittelwerte 1990–2004 in Graz Mitte mit einer durchschnittlichen Abnahme von 1,7 µg/m³ pro Jahr. Abnehmende Trends auf einem Signifikanzniveau von 99 % zeigen Graz Nord, Graz Ost, Graz West, Hochgössnitz, Masenberg, Peggau und Zeltweg, wobei Graz West mit 1,3 µg/m³ pro Jahr die stärkste Abnahme besitzt; abnehmende Trends auf einem Signifikanzniveau von 95 % weisen Judenburg, Kapfenberg und Voitsberg Krems auf.

Ein heterogenes Bild zeigen die Korrelationen zwischen den NO_x-Jahresmittelwerten und den NO_x-Emissionen ohne Tanktourismus. Dabei weisen über den Gesamtzeitraum 1990–2004 die Messstellen Graz Mitte, Graz Ost, Graz West, Kapfenberg, Masenberg und Zeltweg Korrelationen über 0,8 auf, dagegen Gratwein, Leoben Göss und Stolzalpe deutliche Antikorrelationen. Über den Zeitraum 1999–2004 zeigen hingegen die Messstellen Deutschlandsberg, Leoben Zentrum und Hochgössnitz Korrelationen über 0,8 mit den NO_x-Emissionen.

4.7 Tirol

Die Tiroler NO_x-Messstellen zeigen zumeist eine deutliche Abnahme der NO_x-Jahresmittelwerte im Zeitraum 1992–1996; im Zeitraum 1996–2003 kaum größere Veränderungen; in den Jahren 2003 und 2004 einen leichten Anstieg (siehe Abbildung 12).

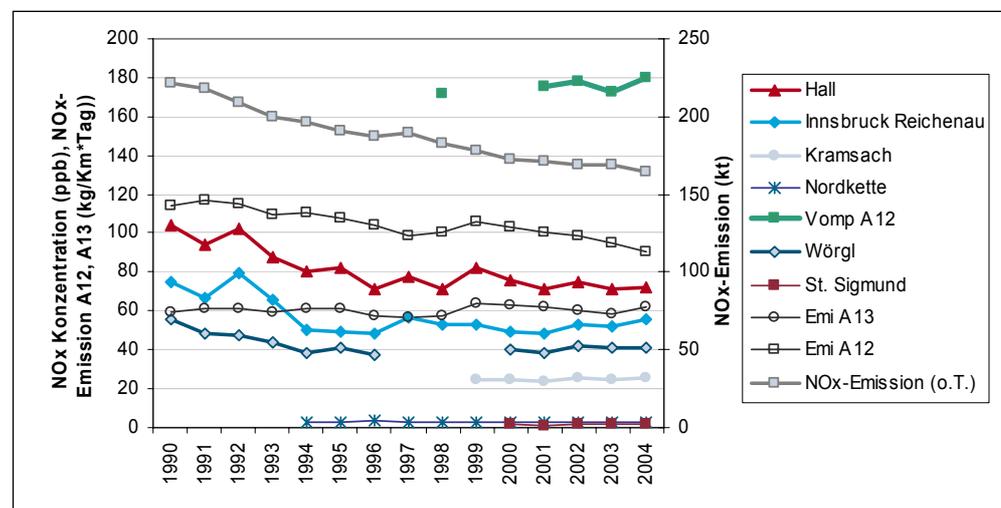
Die durchgehend zwischen 1990 und 2004 betriebenen NO_x-Messstellen Hall i.T., Innsbruck Reichenau und Innsbruck Zentrum weisen bis 1998 einen relativ parallelen Verlauf auf, der auf eine einheitliche Entwicklung der NO_x-Emissionen im Raum Innsbruck hindeutet. 1999 nahm die NO_x-Belastung in Hall stärker zu als in Innsbruck, ab 2001 zeigt Hall wieder einen recht parallelen Verlauf zu Innsbruck.

In Wörgl nahm die NO_x-Belastung zwischen 1990 und 1995 relativ stark ab. Nach der Wiederaufnahme der Messung im Sommer 1999 zeigt sich keine klare Veränderung; ebenso weisen Kramsach und Lienz seit 1999 praktisch keine Veränderung im Konzentrationsniveau auf.

Die am höchsten belastete Messstelle Vomp A12 zeigt einen relativ unregelmäßigen, tendenziell aber zunehmenden Verlauf zwischen 1998 und 2003; in Gärberbach A13 zeichnet sich ebenfalls keine systematische Veränderung ab.

Hall i.T. zeigt im Zeitraum 1990–2004 einen statistisch signifikanten Trend (99 % Signifikanzniveau) mit einer mittleren Abnahme von 1,9 µg/m³ pro Jahr, Innsbruck Zentrum auf einem Signifikanzniveau von 95 % mit einer Abnahme von 1,0 µg/m³ pro Jahr.

Abbildung 12:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
einigen Tiroler
Messstellen sowie der
NO_x-Emissionen
Österreichs und auf der
A12 und A13 (o. T.:
ohne Tanktourismus).



Vergleicht man die gegenüber Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen mit dem Verlauf der NO_x-Jahresmittelwerte, so ergeben sich im Zeitraum 1990–2004 für die beiden Innsbrucker Messstellen sowie Hall i.T. und Wörgl Korrelationskoeffizienten zwischen 0,7 und 0,9, für Gärberbach A13, Lienz und Vomp A12 dagegen Antikorrelationen. Im Zeitraum 1999–2004 zeigt nur Hall eine Korrelation über 0,8 mit den gegenüber Tanktourismus bereinigten Emissionen.

Für die A13 wurden anhand der Verkehrsdaten der Zählstelle Matrei am Brenner, für die A12 anhand der Zählstelle Vomp die NO_x-Emissionen berechnet.

Die NO_x-Emission auf der A13 blieb im Zeitraum von 1990 bis 2004 mit ca. 60 kg(km*Tag) praktisch konstant; auf eine leichte Abnahme zwischen 1995 und 1997 folgte eine Zunahme bis 1999.

Die NO_x-Emission der A13 bei Matrei korreliert hoch (0,83) mit den NO_x-Jahresmittelwerten der Messstelle Gärberbach. Eine Korrelation von 0,8 verbindet die Emissionen der A13 auch mit Hall (und – was allerdings kaum auf einen kausalen Zusammenhang hindeutet – mit Lienz).

Auf der A12 ging die NO_x-Emission zwischen 1991 und 1997 von 117 kg (km*Tag) auf 100 kg (km*Tag) zurück, stieg bis 1999 wieder etwas an, um danach kontinuierlich auf 87 kg(km*Tag) im Jahr 2004 zu fallen.

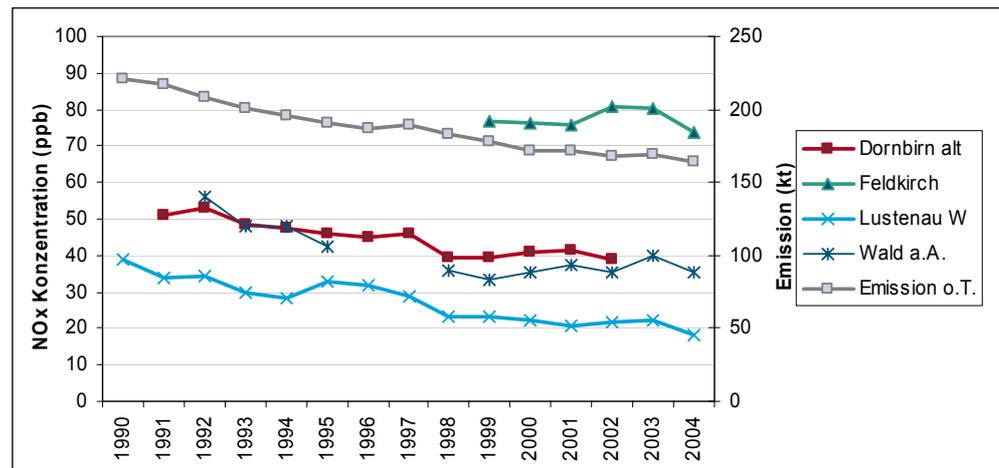
Demgegenüber korrelieren die NO_x-Emissionen auf der A12 bei Vomp überhaupt nicht mit den NO_x-Jahresmittelwerten der Messstelle Vomp A12, vielmehr ergibt sich im Zeitraum 1998 (Beginn der Messung in Vomp) bis 2004 eine Antikorrelation von –0,57. Eine positive Korrelation zeigt die NO_x-Emission der A12 dagegen mit Hall (ab 1990) mit 0,85 sowie mäßige Korrelationen mit den beiden Innsbrucker Messstellen. Dies ist damit zu erklären, dass die NO_x-Belastung an den Messstellen in Hall und Innsbruck in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre relativ stark zurückging – wesentlich mehr als die NO_x-Emission der A12 – wohingegen die Immissionsmessungen v. a. in Vomp den kontinuierlich abnehmenden Trend der NO_x-Emissionen ab 1999 eindeutig nicht widerspiegeln.

Der Vergleich zwischen Emission und Immission zeigt, dass die relativ deutliche Abnahme der NO_x-Belastung in Innsbruck und Hall zwischen 1990 und 1994 kaum auf Veränderungen der Emissionen auf der A12, sondern aus den übrigen Quellen im zentralen Inntal zurückgeführt werden muss. Auch der in Innsbruck und Vomp (nicht aber in Hall) seit 2001 beobachtete leicht zunehmende Trend dürfte von anderen Quellen als der A12 – deren Emissionen rückläufig sind – beeinflusst sein.

4.8 Vorarlberg

Die NO_x-Jahresmittelwerte der Vorarlberger Messstellen zeigen ein sehr uneinheitliches Bild. Lustenau Wiesenrain weist im Zeitraum 1990–2004 eine fast kontinuierliche Abnahme auf, Wald a. A. eine Abnahme 1992–1999, danach bis 2003 einen leichten Anstieg. In Dornbirn nahm die NO_x-Belastung bis 1998 langsam ab, dann stagnierte sie (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte der
Vorarlberger
Messstellen sowie der
NO_x-Emissionen
Österreichs (o. T.: ohne
Tanktourismus).



Der Verlauf der NO_x-JMW entspricht in Lustenau ungefähr den gegenüber Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen. Hingegen steigt in Wald a. A. an der S16 die NO_x-Belastung nach 1999 tendenziell an. Einen offenbar von lokalen Entwicklungen bestimmten Verlauf besitzen die NO_x-Jahresmittelwerte in Feldkirch.

Die NO_x-JMW korrelieren über den Zeitraum 1990–2003 in Dornbirn, Lustenau und Wald hoch (um 0,9) mit den NO_x-Emissionen, nicht aber in Feldkirch.

4.9 Wien

Die Wiener NO_x-Messstellen zeigen über den gesamten Zeitraum von 1990 bis 2004 einen ungleichmäßigen Rückgang der mittleren NO_x-Belastung (siehe Abbildung 14).

Besonders markant ist der Rückgang am Hietzinger Kai 1990–1992; einer leichten Zunahme 1992 folgte dann ein ähnlicher kontinuierlich abnehmender Trend wie an den meisten anderen Messstellen bis 2003; 2004 stieg der NO_x-JMW leicht an (an allen anderen Messstellen ging er weiter zurück).

Die städtischen Hintergrundmessstellen zeigen teilweise eine stärkere Abnahme im Zeitraum 1996–1999, dann aber bis 2002 wieder eine relativ einheitliche Zunahme, der bis 2004 eine neuerliche Abnahme folgt. Anders als in weiten Teilen Österreichs war 2003 nicht überdurchschnittlich hoch belastet.

Die meisten Messstellen besitzen statistisch hoch signifikante abnehmende Trends: Floridsdorf, Gaudenzdorf, Hietzinger Kai, Hohe Warte, Kaiserebersdorf, Laaerberg, Liesing, Rinnböckstraße, Schafbergbad, Stadlau, Taborstraße und Währinger Gürtel auf einem 99,9 %-Konfidenzniveau, Belgradplatz, Hermannskogel, Lobau und Stephansplatz auf einem 99 %-Konfidenzniveau. Die numerisch höchste Abnahme weist Hietzinger Kai mit im Mittel 5,1 ppb pro Jahr auf, die städtischen Hintergrundmessstellen im Mittel 1,0 ppb pro Jahr.

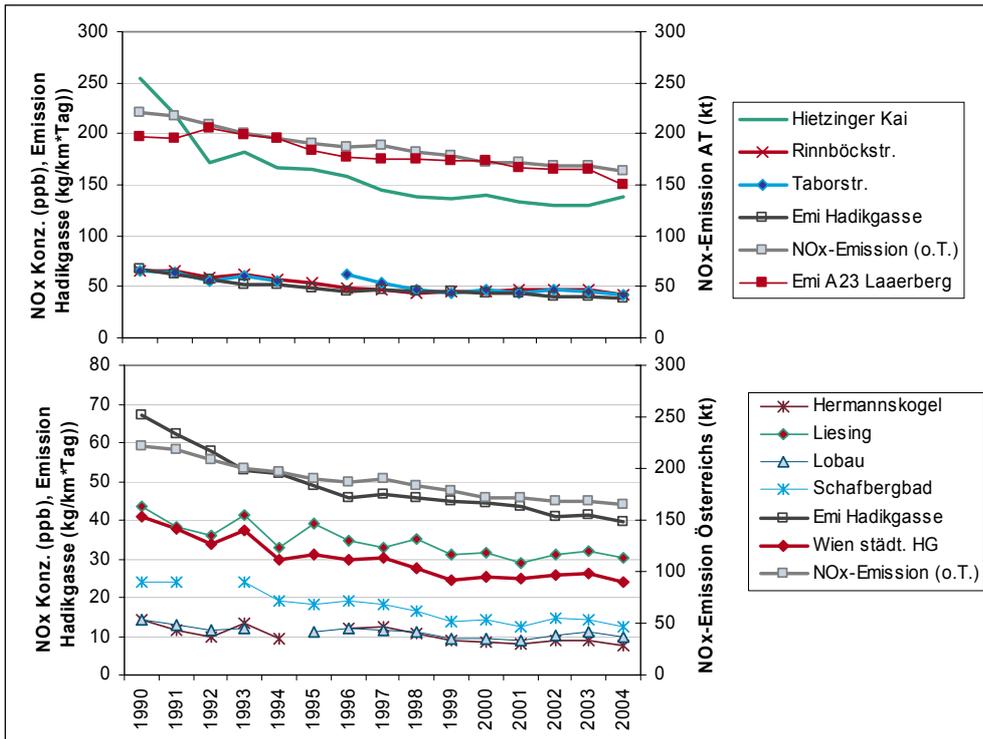


Abbildung 14:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ausgewählten hoch
belasteten (oben) und
an niedriger belasteten
Wiener Messstellen
(unten) sowie NO_x-
Emissionen Österreichs
(ohne Tanktourismus),
an der Hadikgasse und
der A23 beim
Laaerberg.

Die Messstellen AKH, Belgradplatz, Floridsdorf, Gaudenzdorf, Hohe Warte, Kendlerstraße, Kaiserebersdorf, Schafbergbad, Stadlau und Stephansplatz wurden zum städtischen Hintergrund zusammengefasst (Wien städt. HG).

Die Wiener NO_x-Messstellen zeigen somit im Zeitraum 1990–2003 durchwegs Trends, die mit den gegenüber Tanktourismus bereinigten NO_x-Emissionen übereinstimmen. Die Korrelationskoeffizienten der NO_x-JMW mit den gegenüber Tanktourismus bereinigten Emissionen liegen bei 0,7 bis über 0,9.

Anders sieht der Teilzeitraum ab 1999 aus, über den die meisten Wiener Messstellen – außer Hietzinger Kai – stark negativ mit den NO_x-Emissionen korrelieren.

Zum Vergleich mit der NO_x-Belastung am Hietzinger Kai werden die NO_x-Emissionen der Hadikgasse herangezogen; diese umfassen zwar nur die nördliche, stadtauswärts führende Richtungsfahrbahn, doch kann angenommen werden, dass auf dem Hietzinger Kai eine analoge Entwicklung der Emissionen stattgefunden hat. Die NO_x-Emissionen der Hadikgasse nahmen von 1990 bis 2004 kontinuierlich von 67 auf 39 kg/(km*Tag) ab. Der Verlauf entspricht im Wesentlichen jenem der NO_x-Jahresmittelwerte der Messstelle Hietzinger Kai, dessen Belastung allerdings 1990–1992 wesentlich stärker abnahm. Nur der leichte Anstieg der NO_x-Belastung 1993 und 2004 wird von den Emissionen der Hadikgasse nicht erklärt.

Korreliert man die NO_x-Emissionen der Hadikgasse mit den gemessenen NO_x-Jahresmittelwerten über den Zeitraum 1990 bis 2004, so treten für fast alle Wiener Messstellen Korrelationskoeffizienten über 0,8 auf – am Hietzinger Kai 0,95, an den Messstellen Floridsdorf, Gaudenzdorf, Hietzinger Kai, Laaerberg, Rinnböckstraße und Währinger Gürtel über 0,9 – lediglich am Hermannskogel unter 0,7.

Anders sieht das Bild hingegen aus, wertet man den Zeitraum ab 1999 aus. Die an den meisten Wiener Messstellen beobachtete leichte Zunahme der NO_x-Belastung 1999–2003 entspricht nämlich nicht den generell abnehmenden Emissionen der Hadikgasse.



Die Emissionen der Südosttangente A23 (Zählstelle Laaerbergtunnel) nahmen bis 1992 auf einen Höchstwert von 206 kg(km*Tag) zu, danach bis 2003 relativ gleichmäßig auf 166 kg(km*Tag) ab; 2004 erfolgte ein Rückgang auf 150 kg(km*Tag).

Die Station Rinnböckstraße dürfte wesentlich von den Emissionen der A23 beeinflusst werden, sie zeigt in ihrem zeitlichen Verlauf allerdings gewisse Abweichungen vom Verhalten der Emissionen auf der A23. So entspricht dem Maximalwert der NO_x-Emissionen der A23 1992 eine niedrigere NO_x-Belastung als 1993, sie zeigt vor allem aber zwischen 1998 und 2003 einen Anstieg der Belastung, die Emissionen der A23 weiterhin einen kontinuierlichen Rückgang. Die Emission der A23 und die NO_x-Jahresmittelwerte an der Rinnböckstraße weisen in den Neunziger Jahren eine hohe Korrelation auf, nicht aber im Zeitraum nach 1999.

4.10 Ländliche Hintergrundmessstellen

Die Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes werden ab 1994 ausgewertet. Die in früheren Jahren in Pillersdorf, St. Koloman und Vorhegg vorliegenden Daten werden – in Hinblick auf die ungeeignet hohe Nachweisgrenze der damals zur Verfügung stehenden Messgeräte – als Überschätzung bewertet und ausgeklammert.

Um einen Zusammenhang zwischen Immission und Emission zu untersuchen, werden die NO_x-Daten der Hintergrundmessstellen für bestimmte Windrichtungssektoren ausgewertet. Dadurch ist eine Zuordnung der Immissionskonzentration bzw. ihres Trends zu den Emissionen bestimmter Gebiete möglich, wie in Tabelle 2 angeführt.

Die meisten Messstellen weisen zwei Hauptwindrichtungen auf, bei Pillersdorf werden aufgrund der Windrichtungsverteilung vier Sektoren ausgewertet.

Messstelle	Sektor	NO _x Herkunftsgebiet
Enzenkirchen	Ost	Oberösterreichisches Alpenvorland (Region Linz – Wels), westl. Niederösterreichisches Alpenvorland
Enzenkirchen	West	östliches Bayerisches Alpenvorland
Illmitz	Nordwest	Region Wien
Illmitz	Südost	Westungarn
Pillersdorf	Nordwest	Böhmen
Pillersdorf	Nordost	Mähren
Pillersdorf	Südost	Region Wien
Pillersdorf	Südwest	Niederösterreichisches Alpenvorland, u. U. Raum Linz
St. Koloman	Südwest	Salzachtal
St. Koloman	Ost	Nordalpiner Hintergrund
St. Sigmund	Nord	Inntal
St. Sigmund	Süd	Zentralalpiner Hintergrund
Stolzalpe	Südost	oberes Murtal
Stolzalpe	Nordwest	zentralalpiner Hintergrund
Vorhegg	Ost	Gailtal
Vorhegg	Nordwest	südalpiner Hintergrund
Zöbelboden	Nordwest	Ennstal, oberösterreichisches Alpenvorland
Zöbelboden	Süd	nordalpiner Hintergrund

*Tabelle 2:
Ausgewertete
Windrichtungssektoren
der Hintergrundmess-
stellen und Herkunfts-
gebiete der gemessenen
NO_x-Belastung.*

Die Hintergrundmessdaten zeigen an fast allen Messstellen bei fast allen Windrichtungssektoren einen Anstieg von 1999/2000 bis 2003 und anschließend einen Rückgang 2004.

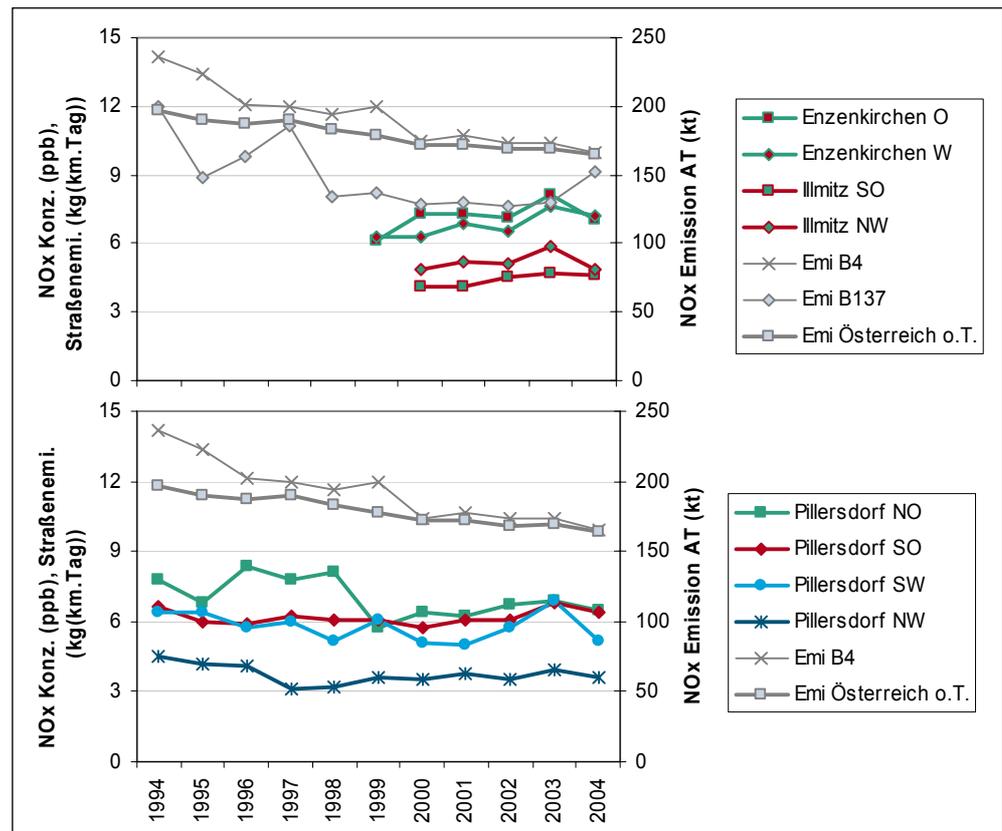
Einige alpine Hintergrundmessstellen weisen 2000 relativ hohe NO_x-Konzentrationen auf, dies könnte u. U. noch messtechnisch bedingt gewesen sein.

Die NO_x-Trends an den Hintergrundmessstellen entsprechen mit einem kontinuierlichen Anstieg 1999–2003 und einer Abnahme 2004 im Großen und Ganzen nicht dem Trend der (vom Tanktourismus bereinigten) NO_x-Emissionen.

4.10.1 Außeralpiner Raum

Die längste Messreihe unter den Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes besitzt Illmitz (ab 1994); Enzenkirchen wurde im Sommer 1998 in Betrieb genommen, in Illmitz liegen ab Frühling 1999 NO_x-Werte vor (zuvor nur NO₂-Werte, da die Messung mit einem Gerät durchgeführt wurde, welches nur NO₂ misst).

Abbildung 15:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an den
außeralpinen
Hintergrundmessstellen
und der NO_x-Emissionen
in Österreich (o. T.: ohne
Tanktourismus) sowie
der NO_x-Emissionen auf
der B4 und der B137.



Der in den späten Neunzigerjahren in **Pillersdorf** beobachtete Rückgang der NO_x-Belastung ist im Wesentlichen auf Veränderungen im Nordsektor zurückzuführen, d. h. auf (Fern-)Transport aus Tschechien. Die NO_x-Belastung bei Nordwestwind nahm bis 1997 ab und stieg danach leicht und unregelmäßig an.

Die NO_x-Belastung bei Nordostwind wies 1996 und 1998 besonders hohe Werte auf und ging 1998–1999 stark zurück. Die hohen NO_x-Werte der Jahre 1994, 1996 und 1998 fielen mit stark erhöhten SO₂-Werten während der Wintermonate zusammen und sind sehr wahrscheinlich auf Ferntransport aus Nordmähren, aus Südpolen oder der nordwestlichen Slowakei zurückzuführen. Nach 1999 stieg die NO_x-Konzentration bei Nordostwind wieder leicht an.

Die NO_x-Konzentration bei Südostwind (d. h. aus der Region Wien) variierte von 1994 bis 2004 kaum; die höchsten JMW wurden 1994 und 2003 registriert.

Die NO_x-Konzentration bei Südwestwind variierte von Jahr zu Jahr relativ stark, wies 2000 und 2001 die niedrigsten und 2003 den höchsten JMW auf.

Insgesamt weist die NO_x-Konzentration in Pillersdorf 1994–2004 bei keiner Windrichtung einen statistisch signifikanten Trend auf. Bei Nordwest-, Nordost- und Südwestwind nahm im Untersuchungszeitraum die NO_x-Konzentration im Mittel um 0,1 ppb pro Jahr ab, bei Südostwind weniger.

Der NO_x-Trend stimmt in Pillersdorf damit nicht mit der relativ gleichmäßigen Abnahme der NO_x-JMW in Wien überein, wo im Zeitraum von 1994 bis 2004 eine statistisch signifikante Abnahme (95 %-Konfidenzniveau) von 0,6 ppb/Jahr im Mittel über alle Messstellen im städtischen Hintergrund beobachtet wurde. Die Korrelation mit dem Mittel der Wiener Hintergrundmessstellen liegt zwischen 0 bei Südostwind und 0,6 bei Nordostwind.



Einen ähnlichen Verlauf wie Pillersdorf wiesen auch die NO_x-JMW in Enzenkirchen und Illmitz seit 1999 bei beiden Hauptwindrichtungen auf: einen Anstieg von 1999 (Enzenkirchen) bzw. 2000 (Illmitz) bis 2003, anschließend einen Rückgang, der in Enzenkirchen bei Ostwind, in Illmitz bei Nordwestwind wesentlich markanter war als bei der „emittentenabgewandten“ Windrichtung.

Im Mittel über den Zeitraum von 2000 bis 2004 stieg die NO_x-Konzentration in **Illmitz** bei Südostwind um 0,2 ppb/Jahr, bei Nordwestwind um 0,05 ppb/Jahr (statistisch nicht signifikant) und entspricht damit nicht dem deutlich abnehmenden Trend der städtischen Hintergrundbelastung in Wien. Die Korrelation zwischen dem Mittel der Wiener Hintergrundmessstellen und Illmitz (Nordwestwind) beträgt 0,6.

In **Enzenkirchen** stieg die NO_x-Konzentration bei Ost- wie bei Westwind im Mittel (statistisch nicht signifikant) jeweils um 0,2 ppb/Jahr. Parallel dazu nahm die NO_x-Konzentration im städtischen Hintergrund im Ballungsraum Linz (d. h. ohne 24er Turm, Neue Welt, Römerberg und Steyregg) im Mittel um 0,9 ppb/Jahr zu (nicht signifikant). Die NO_x-Konzentration in Enzenkirchen bei Ostwind korreliert mit jener in Linz relativ hoch (0,8 bis 0,9), nicht aber bei Westwind.

Pillersdorf weist bei keiner Windrichtung eine signifikante Korrelation mit den österreichischen NO_x-Emissionen (ohne Tanktourismus) auf.

Die Entwicklung der NO_x-Belastung in Pillersdorf entspricht auch nicht den Emissionen der B4 bei Ziersdorf, die Korrelation beträgt 0,56 für alle Werte und 0,48 bei Südwestwind (jener Richtung, in der die B4 gegenüber Pillersdorf liegt).

Noch geringer ist mit 0,11 die Korrelation zwischen den Emissionen der B137 bei Vielsassing mit den NO_x-Jahresmittelwerten in Enzenkirchen.

Die NO_x-Jahresmittelwerte in Enzenkirchen und Illmitz antikorrelieren deutlich mit den NO_x-Emissionen Österreichs.

4.10.2 Alpen

An den alpinen Hintergrundmessstellen liegen NO_x-Jahresmittelwerte seit 1998 an der Stolzalpe, seit 2000 von St. Koloman, St. Sigmund, Vorhegg und Zöbelboden¹³ vor.

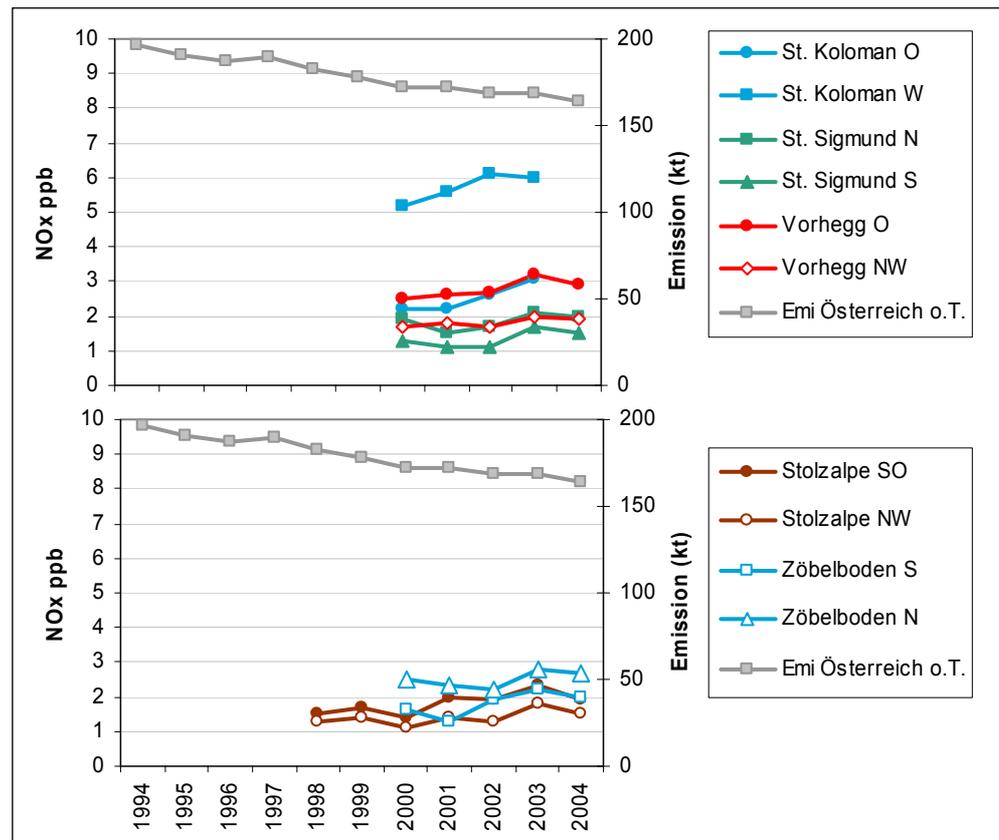
Die alpinen Hintergrundmessstellen zeigen zwischen 1998 (Stolzalpe) bzw. 2000 (St. Sigmund, Vorhegg, Zöbelboden, St. Koloman) und 2003 einen Anstieg bei beiden Hauptwindrichtungen, d. h. sowohl aus dem Tal wie aus den emittentenfernen Bergregionen, und 2004 eine leichte Abnahme.

Als einzige alpine Hintergrundmessstelle zeigt Vorhegg bei Ostwind einen statistisch signifikanten Trend (Konfidenzniveau 90 %) von +0,1 ppb/Jahr auf.

Numerisch höhere, aber statistisch nicht signifikante Trends wurden in St. Koloman bei Ostwind (0,4 ppb/Jahr) und Westwind (0,3 ppb/Jahr) sowie am Zöbelboden bei Südwind (0,2 ppb/Jahr) registriert.

¹³In Vorhegg und auf dem Zöbelboden wurde bis 1999 ein Messgerät eingesetzt, welches nur NO₂ erfasst hat.

Abbildung 16:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
den alpinen Hinter-
grundmessstellen.



Im regionalen Kontext zeigt St. Koloman bei beiden Windrichtungen eine sehr hohe Korrelation (über 0,9) mit Salzburg Mirabellplatz und eine Antikorrelation mit den NO_x-Emissionen.

St. Sigmund korreliert hingegen nicht mit den Messstellen im Inntal und nicht mit den NO_x-Emissionen (ohne Tanktourismus).

Stolzalpe korreliert nicht mit Messstellen im Lungau und im Murtal und antikorreliert mit den NO_x-Emissionen.

Vorhegg korreliert mäßig mit Klagenfurter Messstellen und nicht mit den NO_x-Emissionen.

Zöbelboden korreliert nicht mit Messstellen in Linz und nicht mit den Emissionen.

Einige ländliche Messstellen – so z. B. Streithofen, Tulbinger Kogel und Stixneusiedl in Niederösterreich sowie St. Georgen i.L. – zeigen 1999 bis 2004 einen analogen Trend wie die Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes.

Damit lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Der NO_x-Trend an den Hintergrundmessstellen Nordostösterreichs (Illmitz, Pillersdorf) entspricht nicht dem Trend der NO_x-Immissionen in Wien; die beobachtete Zunahme spiegelt damit wahrscheinlich eine Zunahme der ländlichen NO_x-Emissionen wider.

Die NO_x-Immissionsdaten aus dem Raum Linz entsprechen – mit einem Anstieg bis 2003 und einem anschließenden Rückgang – dem Verlauf in Enzenkirchen.

4.11 Verkehrsnahe Messstellen

Im folgenden Kapitel werden gesondert die Zeitreihen der verkehrsnahen Messstellen ausgewertet, die bereits in den Darstellungen der Bundesländer enthalten sind, und zwar getrennt nach Großstädten, Kleinstädten und Standorten im ländlichen Raum.

4.11.1 Großstädte

Die großstädtischen verkehrsnahen NO_x-Messstellen (Klagenfurt, Villach, Linz, Wels, Salzburg, Innsbruck, Wien – siehe Abbildung 17) zeigen ganz überwiegend einen deutlich abnehmenden Trend bis in die zweite Hälfte der Neunzigerjahre; danach stagniert die NO_x-Belastung oder nimmt leicht zu.

Die NO_x-Emissionen in der Hadikgasse nahmen im Zeitraum 1990–2004 nahezu kontinuierlich ab, wobei sich der Rückgang zunehmend verflacht. Der Trend der Jahresmittelwerte der NO_x-Belastung am Hietzinger Kai und der NO_x-Emissionen in der Hadikgasse läuft nicht ganz parallel; verantwortlich dafür können einerseits unterschiedliche Entwicklungen der NO_x-Emissionen in anderen Teilen Wiens sein, die zur Hintergrundbelastung beitragen, sowie meteorologische Einflussfaktoren, die bei gleichen NO_x-Emissionen zu unterschiedlichen NO_x-Konzentrationen führen.

In Wels lassen sich die gemessenen NO_x-Konzentrationen mit den Emissionen der B1 in Relation setzen. Die NO_x-Belastung nahm hier bis 1995 auf 30 ppb ab und stieg seitdem leicht bis 34 ppb an. Die Emission auf der B1 nahm hingegen bis 2000 kontinuierlich ab (von 33 kg/(km*Tag) 1990 auf 22 kg/(km*Tag) 2000). Dass sich dieser Rückgang nicht in der gemessenen Konzentration widerspiegelt, könnte u. a. in einer Zunahme der Emissionen auf anderen Straßen begründet sein, wie der Trend der NO_x-Emissionen auf der A25 (Verbindung A1 – A8 nördlich von Wels) andeutet. Infolge einer starken Verkehrszunahme stieg hier v. a. im Zeitraum 1996–2004 die NO_x-Emission von 74 auf 98 kg/(km*Tag).

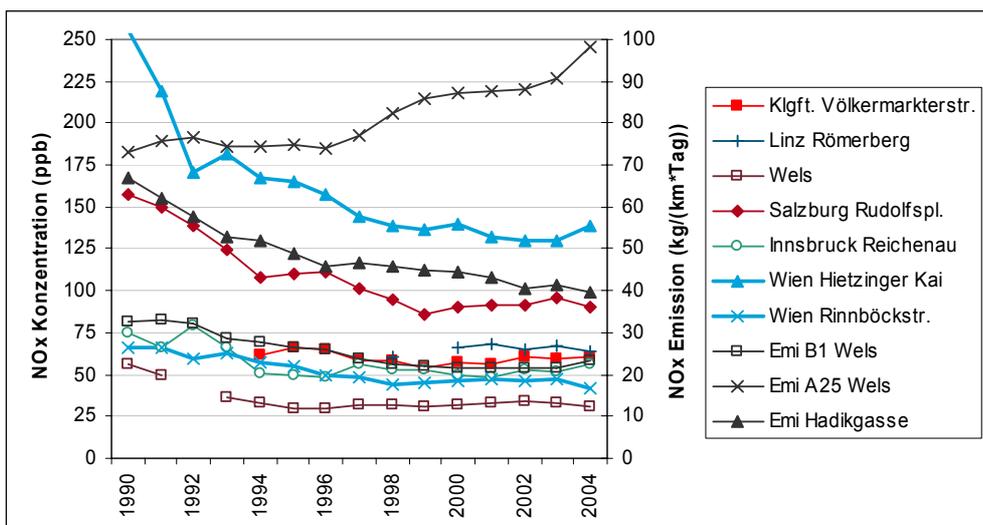


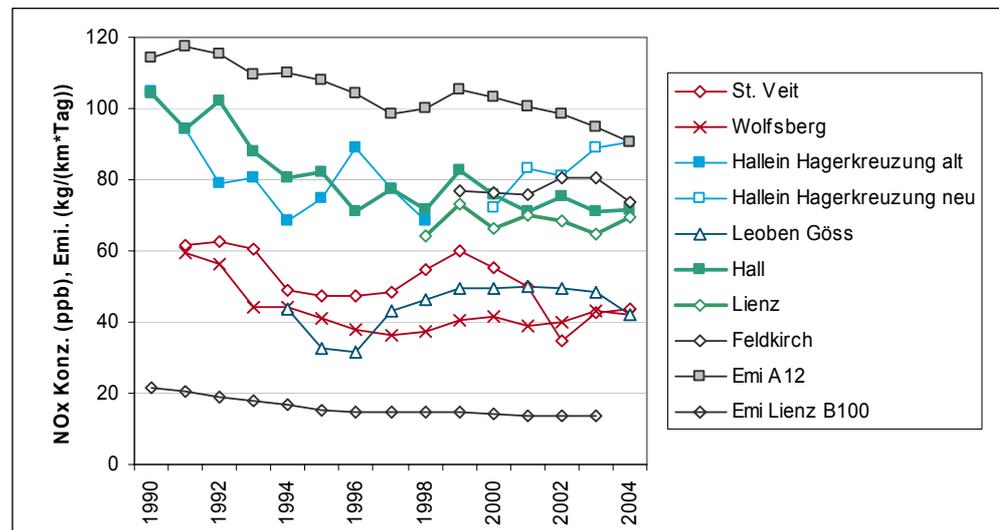
Abbildung 17:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ausgewählten städti-
schen Messstellen
sowie der NO_x-
Emissionen an
ausgewählten Straßen.

4.11.2 Kleinstädte

Die NO_x-Messreihen an verkehrsnahen Messstellen in den Städten St. Veit a.d.G., Wolfsberg, Hallein, Leoben, Hall i.T., Lienz und Feldkirch (siehe Abbildung 18) zeigen – anders als die großstädtischen verkehrsnahen Messstellen – sehr uneinheitliche Trends. Die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs nahmen im Zeitraum 1990 bis 2004 auf den meisten Straßen relativ kontinuierlich – in den letzten Jahren kaum noch – ab, entsprechend der Verringerung der Emissionsfaktoren, wie in Abbildung 18 beispielhaft an der B100 in Lienz gezeigt wird. Der Trend der NO_x-Jahresmittelwerte entspricht in Lienz etwa dem mehr oder minder konstanten Verlauf der NO_x-Emissionen auf der B100 seit den späten Neunzigerjahren; auch in Hall folgt die – unregelmäßige – Abnahme der gemessenen NO_x-Belastung etwa dem Verlauf der NO_x-Emissionen auf der A12 im Unterinntal.

Demgegenüber zeigen v. a. die Messstellen in St. Veit, Leoben Göss, Hallein und Feldkirch Verläufe, die mit der allgemeinen Entwicklung der Verkehrsemissionen nicht übereinstimmen. Nachdem keine Verkehrszählraten von jenen Straßen, an denen diese Messstellen liegen, zur Verfügung stehen, können die lokalen Verkehrsemissionen nicht berechnet werden. Die spezifischen zeitlichen Veränderungen der NO_x-Belastung dieser Messstellen können einerseits damit zusammenhängen, dass verkehrslenkende Maßnahmen oder Ausbauten des Straßennetzes in der Nähe dieser Messstellen zu Veränderungen des Verkehrsvolumens und damit der NO_x-Emissionen geführt haben, die sich vom österreichweiten Durchschnitt deutlich unterscheiden. Zum anderen könnten Veränderungen der NO_x-Emissionen auf entfernter gelegenen Straßen oder aus anderen Quellen wie Industriebetrieben für die zeitlichen Veränderungen der NO_x-Belastung an diesen Messstellen verantwortlich sein.

Abbildung 18:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
verschiedenen
kleinstädtischen
Messstellen sowie der
NO_x-Emissionen an
ausgewählten Straßen.



4.11.3 Ländliche Messstellen

Mit Vomp A12 Raststätte, Gärberbach A13 und Wald am Arlberg stehen verkehrsnahen Messstellen im ländlichen Raum in Westösterreich zur Verfügung, deren NO_x-Belastung von nahe gelegenen hochrangigen Straßen dominiert wird.

Wie Abbildung 19 zeigt, entspricht der Verlauf der NO_x-Belastung in Gärberbach relativ gut demjenigen der NO_x-Emissionen auf der A13. Eine gewisse Variabilität zeigt die NO_x-Belastung an der Station Vomp A12, die nicht dem Emissionstrend zu entsprechen scheint. Aufgrund der wenigen Messpunkte sind Aussagen zu den Gründen der Abweichung kaum möglich.

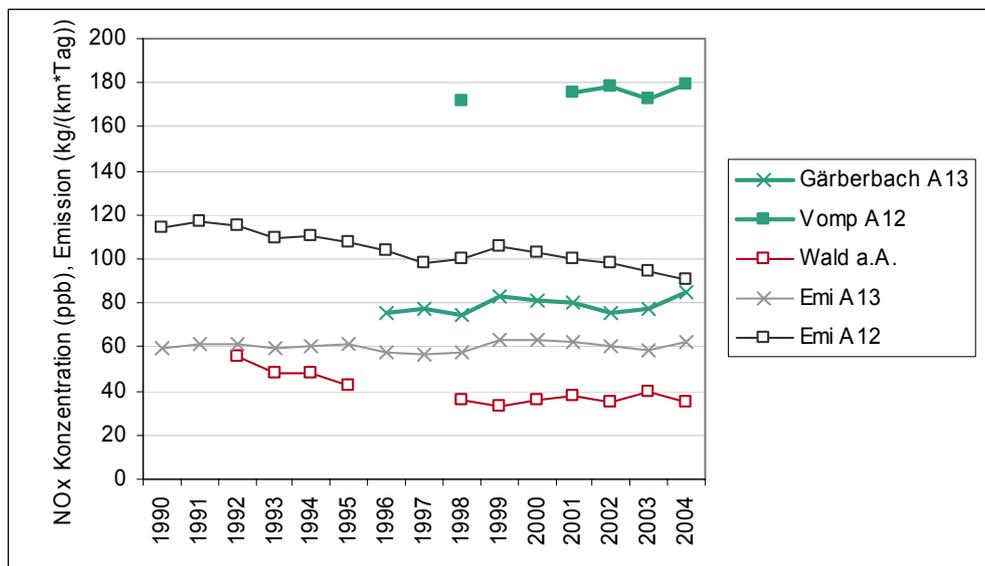


Abbildung 19:
Entwicklung der NO_x-
Jahresmittelwerte an
ländlichen verkehrs-
nahen Messstellen
sowie der NO_x-
Emissionen an
ausgewählten Straßen.

4.12 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die NO_x-Jahresmittelwerte nahmen an den meisten Österreichischen Messstellen in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre – teilweise stark – ab; gebietsweise setzte sich dieser Rückgang bis in die späten Neunzigerjahre fort. Danach nahm die NO_x-Belastung teilweise wieder zu, teilweise lassen sich keine klaren Trends erkennen.

Im Einzelnen zeigen die NO_x-Jahresmittelwerte folgendes regional differenzierte Bild:

- Abnahme der NO_x-Belastung in den meisten Kärntner Städten bis in die späten Neunzigerjahre, anschließend wiederum eine Zunahme;
- tendenziell Abnahme der NO_x-Belastung in Niederösterreich in den Neunzigerjahren, danach leichte Zunahme;
- starke Abnahme der NO_x-Belastung im Raum Linz in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre, danach bis 2003 tendenziell Zunahme, die nicht auf eine Änderung der industriellen Emissionen in Linz zurückgeht;
- spezifische Entwicklungen an stark verkehrsbelasteten Salzburger Messstellen; jedoch keine klare Veränderung an Hintergrundmessstellen in Salzburg;
- tendenzielle, aber uneinheitliche Abnahme der NO_x-Belastung in Graz in den Neunzigerjahren;
- keine klare Veränderung an kleinstädtischen Messstellen der Steiermark, sowie spezifische Entwicklungen an industrienahen Messstellen der Steiermark;
- Abnahme der Belastung in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre; tendenziell leichte (uneinheitliche) Zunahme der NO_x-Belastung in Tirol seit Ende der Neunzigerjahre, die nicht dem Trend der berechneten Emissionen der A12 (abnehmend) entspricht;
- spezifische Entwicklungen an verkehrsbelasteten Messstellen in Vorarlberg;



- tendenziell Abnahme der NO_x-Belastung in ganz Wien seit 1990; ungefähr ab 2000 etwa gleich bleibende Belastung;
- tendenziell Zunahme der NO_x-Belastung im ländlichen außeralpinen Raum sowie an alpinen Messstellen seit Ende der Neunzigerjahre;
- Rückgang von NO_x-Ferntransport in den Neunzigerjahren im Weinviertel.

Generell weisen hoch belastete – sowohl verkehrs- wie industrienah – Messstellen in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre stärkere Abnahmen der NO_x-Belastung auf als weniger belastete.

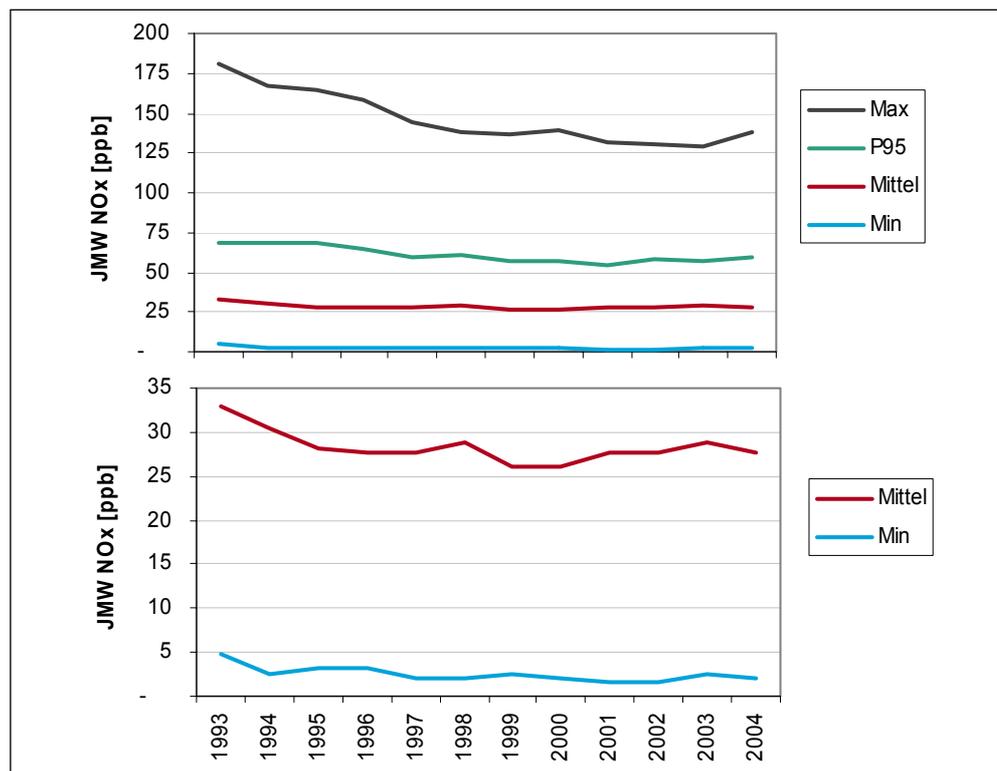
Zur Veranschaulichung des gesamtösterreichischen Trends der NO_x-Belastung werden in Tabelle 3 und in Abbildung 20 die NO_x-Jahresmittelwerte jener 92 österreichischen NO₂-Messstellen, die im Zeitraum von 1993 bis 2004 in Betrieb waren (und an denen im ausgewerteten Zeitraum maximal ein JMW fehlt), ausgewertet. Dargestellt sind für jedes Jahr Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der Jahresmittelwerte dieser Messstellen sowie der jährliche Trend der NO_x-Belastung des jeweiligen Parameters sowie das Konfidenzniveau.

Die höchsten NO_x-Jahresmittelwerte der in dieser Auswertung inkludierten Messstationen erfasste in allen Jahren Wien Hietzinger Kai.

Tabelle 3: Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der NO_x-Jahresmittelwerte der durchgehend betriebenen NO₂-Messstellen, sowie Trend (ppb pro Jahr) und Konfidenzniveau (Signifikanz) des Trends, 1993 bis 2004.

NO _x	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Trend	Sign.
Max	181	167	165	158	145	139	137	140	132	130	130	138	-4,4	99,9 %
P95	68	68	68	64	59	61	56	56	55	59	57	60	-1,1	95 %
Mittel	33	30	28	28	28	29	26	26	28	28	29	28	-0,2	< 90 %
Min	5	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	-0,2	95 %

Abbildung 20: Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der NO_x-Jahresmittelwerte der durchgehend betriebenen NO₂-Messstellen, 1993 bis 2004 (untere Abbildung ohne Maximum und 95-Perzentil zur Verdeutlichung der Trends der anderen Parameter).



Sowohl die maximale als auch die mittlere NO_x-Belastung weisen in diesem Zeitraum einen leicht abnehmenden Trend auf. Die stärkste Abnahme war beim maximalen NO_x-JMW zu verzeichnen, während der Mittelwert über die Jahresmittelwerte aller 92 NO_x-Messstellen nur um 0,2 ppb/Jahr abnahm. Wie Abbildung 20 zeigt, umfasste der abnehmende Trend lediglich den Zeitraum bis 1999, danach ist wieder eine leichte Zunahme der mittleren NO_x-Belastung zu beobachten.

Analog zur Auswertung in Tabelle 3 und in Abbildung 20 werden daher in Abbildung 21 Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der NO₂- und NO_x-Jahresmittelwerte der 112 zwischen 1998 und 2004 durchgehend betriebenen Messstellen dargestellt; die Einschränkung auf den Zeitraum ab 1998 ermöglicht die Einbeziehung erst in jüngerer Zeit in Betrieb genommener verkehrsnaher Messstellen (u. a. Vomp A12). Die Entwicklung des maximalen JMW repräsentiert die NO_x-Belastung an der höchstbelasteten Messstelle Vomp A12.

Abbildung 21 zeigt, dass die NO_x-Belastung in den letzten Jahren im Mittel praktisch keinen Veränderungen unterlag, sie variiert im Mittel über alle 112 Messstellen zwischen 26 und 28 ppb. Für den Zeitraum von 1998 bis 2004 ergibt sich damit keine Abnahme der gemessenen NO_x-Belastung mehr.

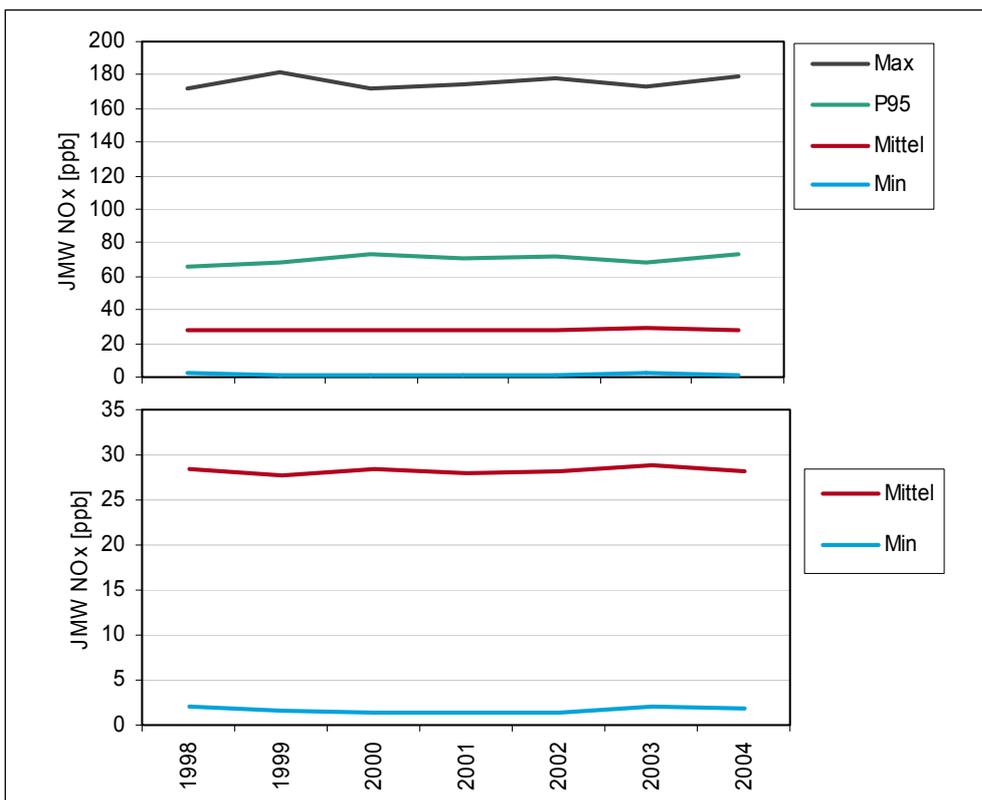


Abbildung 21: Maximum, 95-Perzentil, Mittelwert und Minimum der NO₂ und NO_x-Jahresmittelwerte der zwischen 1998 bis 2004 durchgehend betriebenen NO_x-Messstellen (untere Abbildung ohne Maximum und 95-Perzentil zur Verdeutlichung der Trends der anderen Parameter).

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

5.1 Regionale Differenzen beim Trend

Die Jahresmittelwerte der NO_x-Immissionskonzentration des Zeitraums 1990 bis 2004 folgen in den Neunzigerjahren teilweise, aber nicht in ganz Österreich dieser Entwicklung der NO_x-Emissionen. Abweichungen treten seit Ende der Neunziger Jahre auf. Für den Trend der NO_x-Belastung in Österreich ergibt sich – mit regionalen Abweichungen – folgendes Bild:

- In der ersten Hälfte der Neunzigerjahre kam es zu einer generellen Abnahme der NO_x-Belastung, parallel zum Rückgang der berechneten NO_x-Emissionen.
- Seit Ende der Neunzigerjahre stagniert die NO_x-Belastung in Österreich.

Im Detail zeigen die NO_x-Konzentrationen folgendes Verhalten:

- Eine relativ starke Abnahme bis in die zweite Hälfte der Neunzigerjahre v. a. an städtischen verkehrsnahen Messstellen.
- Keine klare Veränderung, teilweise eine leichte Zunahme an städtischen Messstellen seit den späten Neunzigerjahren.
- An mehreren – sowohl städtischen wie ländlichen – verkehrsnahen Messstellen ist seit den späten Neunzigerjahren eine Zunahme zu beobachten, u. a. an autobahnnahen Messstellen in Tirol.
- Eine leichte kontinuierliche Zunahme an den ländlichen Messstellen seit den späten Neunzigerjahren.

Die österreichischen NO_x-Emissionen (ohne Tanktourismus) nahmen von 221 kt im Jahr 1990 zunächst auf 187 kt 1996 ab; einem geringfügigen Anstieg 1997 folgte eine weitere Abnahme auf 164 kt im Jahr 2004.

Der Vergleich der Immissions- und Emissionstrends deutet darauf hin, dass die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs in den letzten Jahren etwas unterschätzt wurden. Die Immissionsdaten spiegeln seit Ende der Neunzigerjahre den kontinuierlich abnehmenden Trend der Emissionen nicht wieder. Dies untermauert die Beobachtung, dass die Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr die im realen Verkehr auftretenden Emissionen unterschätzen (Abbildung 22 und HAUSBERGER 2006).

Allerdings lässt sich auch klar sagen, dass der Trend der NO_x-Emissionen inkl. Tanktourismus nicht jenem der Immissionen entspricht, so dass tatsächlich davon ausgegangen werden muss, dass ein signifikanter Anteil des in Österreich verkauften Kraftstoffs im Ausland verfahren wird.

Die örtlichen Unterschiede der Immissionstrends sind u. a. durch unterschiedliche Entwicklungen des Verkehrsvolumens bedingt. Verkehrsplanerische Maßnahmen zur Verminderung der NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs wurden in Großstädten v. a. zur Entschärfung von Belastungsschwerpunkten gesetzt. Auf der anderen Seite führte der anhaltende Trend zur Zersiedelung und zu dezentralen Betriebsstandorten zu einem kontinuierlichen Anwachsen der Verkehrsleistung im suburbanen und ländlichen Raum.

Die besonders ausgeprägten Rückgänge der NO_x-Konzentrationen in der ersten Hälfte der Neunzigerjahre v. a. an städtischen verkehrsnahen Messstellen (z. B. Wien Hietzinger Kai, Salzburg Rudolfsplatz, Villach Tirolerbrücke), die deutlich stärker ausfielen als der Rückgang der österreichischen NO_x-Emissionen, dürfte auf verkehrslenkende Maßnahmen zurückzuführen sein, durch welche gezielt an stark belasteten Straßen die Emissionen abgesenkt wurden.

Die Immissionsentwicklung an allen ländlichen Messstellen deutet darauf hin, dass seit den späten Neunzigerjahren v. a. im ländlichen Raum die NO_x-Emissionen zugenommen haben. Der Anstieg der NO_x-Belastung im ländlichen Raum ist sehr wahrscheinlich nicht durch eine Zunahme der Emissionen in den Großstädten zurückzuführen, da z. B. Wien weiterhin einen leicht abnehmenden Trend zeigt.

Im Tiroler Inntal konnte die NO_x-Belastung in den frühen Neunzigerjahren sowohl in den Städten als auch im Nahbereich der Inntalautobahn abgesenkt werden, sie stagniert jedoch seit Mitte der Neunzigerjahre und steigt in den letzten Jahren tendenziell an.

Im Raum Linz folgte einer generellen Abnahme der NO_x-Belastung bis Mitte der Neunzigerjahre ein genereller Anstieg bis 2003. Dieser Trend, der jenem der gesamtösterreichischen Emissionen deutlich widerspricht, steht auch nicht mit einer Veränderung der Emissionen der industriellen Großbetriebe (voestalpine, Chemie Linz) in Verbindung, welche seit Mitte der Neunzigerjahre etwa konstant geblieben sind und muss somit auf Entwicklungen bei den Emissionen des Straßenverkehrs zurückgeführt werden.

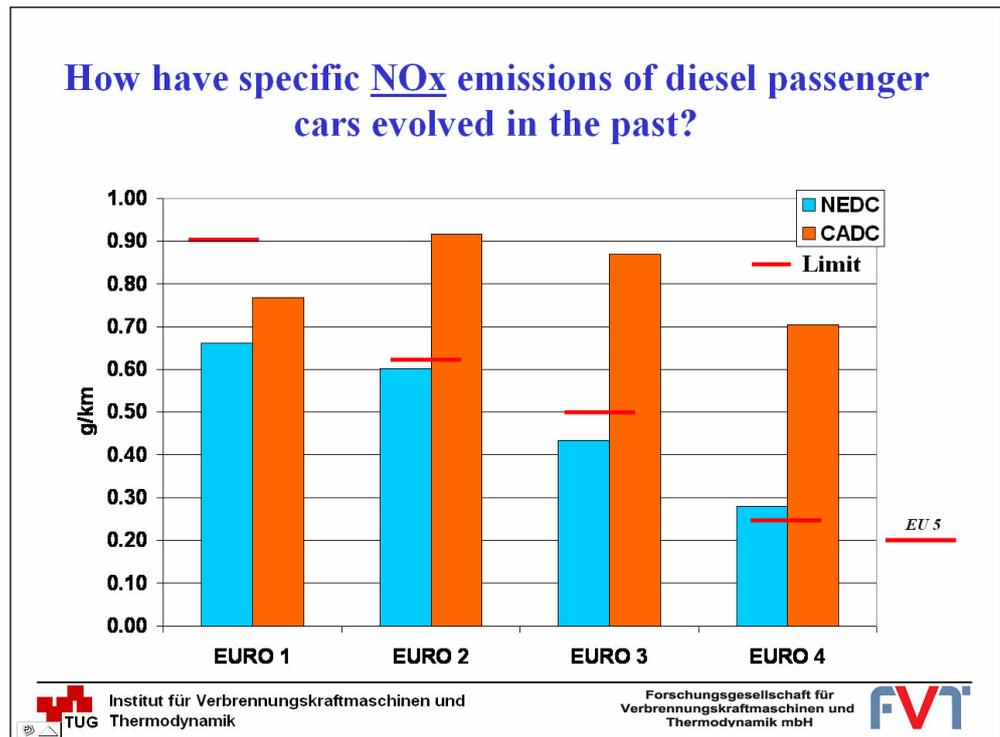
5.2 Ursachen der Abweichung von Emissions- und Immissionstrend

Die in Abbildung 2 dargestellten NO_x-Emissionen aus dem Verkehrssektor (ohne Berücksichtigung des Tanktourismus) zeigen eine kontinuierliche Abnahme. Demgegenüber ist dieser Trend bei den Immissionsmessungen nur teilweise feststellbar. In Abbildung 20 ist eine Abnahme bis zum Jahr 1999–2000 feststellbar, danach bleiben die gemessenen Werte in etwa konstant.

Wie eine Studie der TU Graz belegt, besteht zwischen den Fahrzeugemissionen im gesetzlich vorgeschriebenen Testzyklus (im Zuge der Überprüfung der Emissionsgrenzwerte) für schwere Nutzfahrzeuge und den Fahrzeugemissionen unter realen Betriebsbedingungen ein gravierender Unterschied (UMWELTBUNDESAMT 2003). So liegen die NO_x-Emissionen im Fahrbetrieb bei Euro 2- und Euro 3-Fahrzeugen beträchtlich über jenen, die bei der gesetzlich vorgeschriebenen Typprüfung gemessen wurden. Diese Abweichung ist in den Berechnungen der aktuellen Luftschadstoffinventur (und somit in der Emissionsentwicklung in Abbildung 2) berücksichtigt.

Erst kürzlich wurden ähnliche Ergebnisse auch bei Pkw festgestellt (siehe Abbildung 22). Die NO_x-Emissionen von Euro 2-, Euro 3- und Euro 4-Fahrzeugen liegen weit über jenen Werten, welche in den gesetzlich vorgeschriebenen Testzyklen erzielt werden (HAUSBERGER 2006).

Abbildung 22:
Vergleich der realen und der während des Prüfzyklus gemessenen NO-Emission von Diesel-Pkw sowie die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte. NEDC: New European Driving Cycle.



Gesetzlicher vorgeschriebener Prüfzyklus für die Emissionsmessung an Personenkraftwagen.
CADAC: Common Artemis Driving Cycle; Testzyklus entwickelt im „ARTEMIS“ Projekt zur besseren Abbildung realen Fahrverhaltens von Personenkraftwagen¹⁴.

Unter Berücksichtigung dieser neuen Erkenntnisse ist die Differenz zwischen den Emissionen der österreichischen Luftschadstoffinventur und den Immissionsmessungen an verkehrsnahen Messstellen ab dem Jahr 1999–2000 eher erklärbar, da ab ca. 2000 die Flottendurchdringung der Euro 2- und Euro 3-Fahrzeuge eine signifikante Anzahl erreichte (siehe Abbildung 23).

¹⁴Assessment of road transport emission models and inventory systems, Forschungsprojekt im 5. Rahmenprogramm.

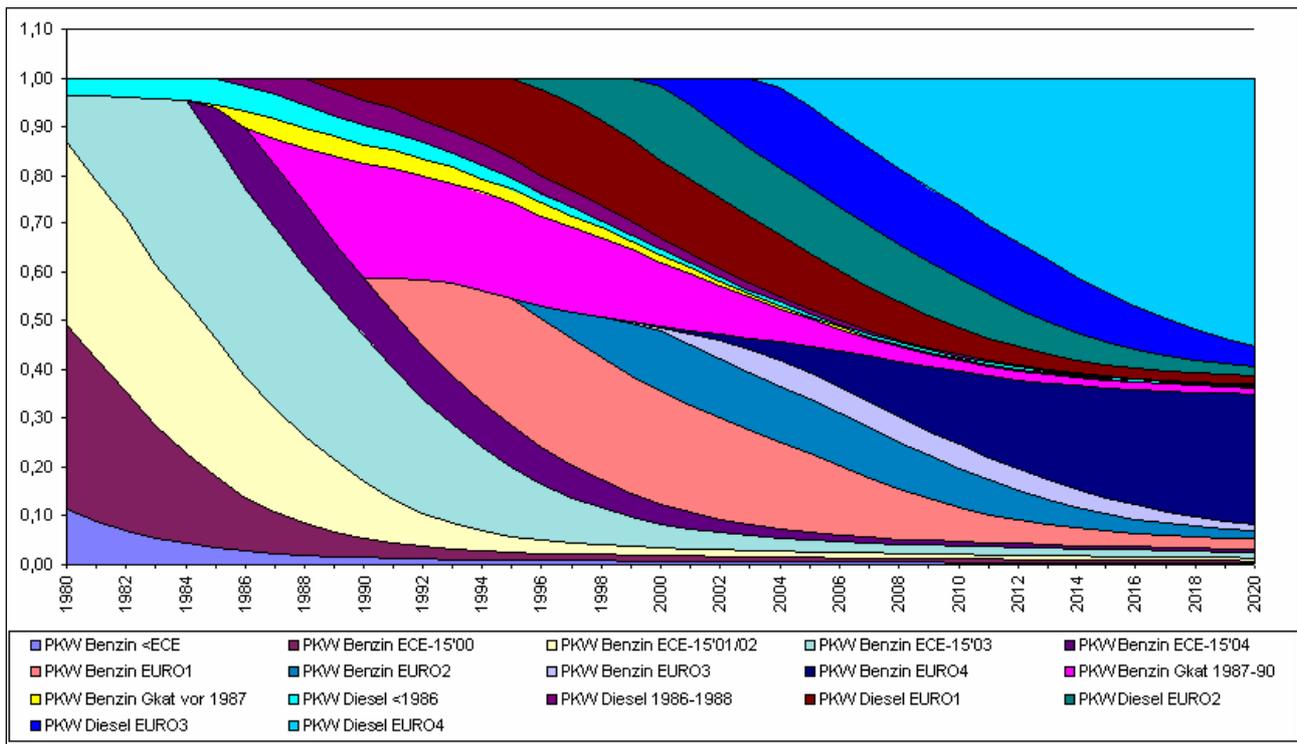


Abbildung 23: Zusammensetzung der österreichischen Pkw-Flotte 1980–2020 (UMWELTBUNDESAMT 2004a).

Diese neuen Erkenntnisse bezüglich des Emissionsverhaltens von Pkw sind in den Berechnungen zur Luftschadstoffinventur noch nicht enthalten, die Revision der Berechnungen wird den abnehmenden Trend der Gesamtemissionen im Zeitraum ab etwa 1998 etwa auf gleich bleibendem Niveau stabilisieren. Die Verkehrsemissionen würden mit dieser Anpassung eine gute Korrelation mit den Immissionstrends an verkehrsnahen Messstellen zeigen.



6 LITERATUR

- EEA – European Environment Agency (2005): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2005. Technical Report No. 30. Copenhagen, 2005.
http://reports.eea.eu.int/EMEP_CORINAIR4/en.
- Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L, BGBl. I 34/2003).
- FMI – Finnish Meteorological Institute (2002): MAKESENS 1.0, Mann-Kendall-Test and Sen's Slope Estimates for the Trend of Annual Data, Version 1.0 Freeware, 2002.
- HAUSBERGER, S. (2006): „Emission Levels of Diesel Cars EURO 1–EURO 4; Preliminary Results of measurements under NEDC and CADC conditions“; Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Emission Reduction Requirements for Cars and Light-Duty Vehicles in View of the forthcoming EU Regulation (EURO 5)“ am 2.2.2006 in Brüssel.
- Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, BGBl. I 115/97, i.d.g.F.).
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- LAND SALZBURG (2004): Der Salzburger Energie- und Emissionskataster SEMIKAT. Grundlagen und Ergebnisse, Basisjahr 2002. Salzburg.
- LEBENSMINISTERIUM (2005): Abschätzung der Auswirkungen des Tanktourismus auf den Treibstoffverbrauch und die Entwicklung der CO₂-Emissionen in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- RL 2001/81/EC des Europäischen Parlaments und des Rates über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe vom 23. Oktober 2001, Abl. Nr. L 309/22.
- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N. (1998): Atmospheric Chemistry and Physics, John Wiley & Sons, New York.
- UMWELTBUNDESAMT (2003): Hausberger, St.; Engler, D. et al.: „Emission Functions for Heavy Duty Vehicles“. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2004a): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2004b): Umweltsituation in Österreich – Siebenter Umweltkontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2005): Spangl W., Schneider J. und C. Nagl: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2004, Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006): Anderl, M.; Gangl, M.; Köther, T. et al.: Emissionstrends 1990–2004. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen mit Datenstand 2006. Report Bd. REP-0037. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006a): Spangl, W.: Luftgütemessstellen in Österreich. Report Bd. REP-0015. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (in Vorbereitung): Spangl W., Schneider J. und C. Nagl: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2005, Umweltbundesamt, Wien.