

Luftschadstoffe an BAB 2005

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 147



bast

Luftschadstoffe an BAB 2005

von

Anja Baum
Hakki Hasskelo
Ralf Becker
Wilfried Weidner

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 147

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M- Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 04633 des Arbeitsprogrammes der Bundesanstalt für Straßenwesen:
Kontinuierliche Messwertaufnahme der Luftschadstoffe Stickoxide, Ozon und Partikel an zwei BAB im Jahre 2005

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 3-86509-540-2

Bergisch Gladbach, September 2006

Kurzfassung – Abstract

Luftschadstoffe an BAB 2005

Im Rahmen dieses Projektes wurden über das Kalenderjahr 2005 Messungen an den Messquerschnitten der BAST zur Aufnahme von Luftschadstoffdaten an der BAB A 4 und der BAB A 61 durchgeführt. Der Messquerschnitt an der A 61 weist dabei im Vergleich zu dem Standort an der A 4 einen 2,4-mal so hohen Schwerverkehrsanteil auf. Die Messwerte dienen auch weiteren AP- und FE-Projekten als Datengrundlage.

Die aufgenommenen Schadstoffdaten der verkehrsbedingten Immissionsbelastung durch Stickoxide, Ozon und Partikel wurden im Hinblick auf die stark abgesenkten Grenzwerte der novellierten 22. und der neuen 33. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) für das Kalenderjahr 2005 ausgewertet.

In Bezug auf die NO₂-Grenzwerte der 22. BImSchV konnten Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwertes an beiden Messquerschnitten festgestellt werden, jedoch lagen die Überschreitungshäufigkeiten unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für das Kalenderjahr 2005 alle unterhalb der maximal zulässigen Anzahl. Hingegen wurde der NO₂-Jahresmittelgrenzwert plus Toleranzmarge für das Jahr 2005 an allen betrachteten Messstellen überschritten. Die seit einigen Jahren beobachtete Stagnation der NO₂-Messwerte an BAB deutet darauf hin, dass die ab 2010 geforderten Grenzwerte an diesen Standorten möglicherweise nicht eingehalten werden können.

Der Jahresmittelgrenzwert, der seit dem 01.01.2005 für PM₁₀ gefordert wird, wurde im Kalenderjahr 2005 an allen Messstellen eingehalten. Der Tagesmittelgrenzwert hingegen wurde an einigen Tagen überschritten, wobei aber die Überschreitungshäufigkeiten an beiden Standorten nicht über der maximal zulässigen Anzahl von 35 Tagen pro Kalenderjahr lag.

Es zeigte sich insbesondere, dass die Konzentrationen aller aufgenommenen Luftschadstoffe von vielen Größen wie Verkehrsstärke, Wochentag, Tageszeit und meteorologischen Parametern abhängen. Die genaue Analyse dieser Zusammenhänge bedarf jedoch einer multivariaten Betrachtung des Problems. Eine solche wird in Bezug auf die Partikel PM_x zurzeit in dem AP-Projekt 05 630 „Einfluss

von verkehrlichen und meteorologischen Parametern auf die PM_x-Schadstoffbelastung an BAB“ durchgeführt, sollte aber vor allem in Hinblick auf die neuen, strengeren Grenzwerte für Stickstoffdioxid NO₂ ab dem Jahr 2010 auch für diese Schadstoffkomponente weiter untersucht werden.

Air pollutants on BAB 2005

Measurements at the measurement cross-section of BAST for recording air pollution data on BAB A 4 and BAB A 61 were conducted within the framework of this project over the calendar year 2005. The measurement cross section on the A 61 indicates 2.4 times more share of heavy traffic compared to the site on the A 4. The measurement values also served as a basis for data for further AP and R&D projects.

The recorded data on harmful substances of the immission load caused by traffic due to nitrogen oxides, ozone and particles was evaluated taking into consideration the strongly reduced limiting values of the amended 22nd and the new 33rd Federal Immission Control Ordinance (BImSchV) for the calendar year 2005.

As far as the NO₂ limit values of the 22nd BImSchV are concerned, exceeding average hourly limiting values on both cross sections could be determined, but the frequency of exceeding taking into consideration the tolerance margin was below the maximum permissible number. On the other hand, the NO₂ annual average limiting value plus tolerance margin for the year 2005 was exceeded at all measurement points observed. The stagnation in NO₂ measurement values, observed for some years now on the BAB indicates that the limiting values required from 2010 onwards will probably not be able to be maintained at these sites.

The annual average limiting value required since 01.01.2005 for PM₁₀ was maintained in the calendar year 2005 at all measuring points. The daily average limiting value was exceeded on some days, however, the frequencies of exceeding at both sites was not above the maximum permissible number of 35 days per calendar year.

It was particularly evident that the concentrations of all recorded air pollutants depend on many variables such as traffic intensity, day of the week, time of the day and meteorological parameters. The exact analysis of these connections requires a multivariate observation of the problem, however. This type of observation is being carried out presently with reference to the particles PM_x in the AP project 05 630 "The influence of traffic and meteorological parameters on the PM_x contamination by harmful substances on the BAB (federal motorway)", but should be examined with respect to the new, more stringent limiting values for nitrogen dioxide NO_2 from the year 2010 onwards, for these components of harmful substances as well.

Inhalt

Definitionen	6
1 Einleitung	7
2 Messquerschnitte	9
3 Messung	11
4 Messergebnisse	12
4.1 Stickstoffoxide NO _x	12
4.2 Ozon O ₃	29
4.3 Partikel PM ₁₀ /PM _x	36
5 Zusammenfassung und Ausblick	45
Literatur	46

Definitionen

Messquerschnitt	Gesamtheit aller Stationen zur Messwertaufnahme an einem Autobahnabschnitt. Für dieses Projekt wurden zwei Messquerschnitte betrieben, einer an der A 4 und einer an der A 61 (s. a. Kapitel 2).		22. BImSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO ₂ , NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , Pb, C ₆ H ₆) Jahresmittelgrenzwerte gefordert.
Messstation	Raum, in dem die Messgeräte zur Aufnahme der Schadstoffkonzentrationen oder der meteorologischen Parameter untergebracht sind. Am Messquerschnitt an der A 4 existieren zurzeit vier Messstationen, zwei Messhütten direkt neben der Trasse, eine im Abgaslabor der BAST und eine meteorologische Station auf dem Dach des BAST-Gebäudes. Am Messquerschnitt an der A 61 existiert eine Messstation in den Räumen der Autobahnmeisterei Mendig.	Tagesganglinien	Kurve aller zu einer jeweiligen Tageszeit über ein Kalenderjahr gemittelten Messwerte des dargestellten Parameters.
		Ziel- und Schwellenwerte	In Bezug auf die Ozonkonzentration in der Luft festgelegte Werte, die in einem bestimmten Zeitraum erreicht werden müssen bzw. bei deren Überschreitung Gesundheitsrisiken für die Gesamtbevölkerung oder besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen bestehen.
Messstelle	Ansaugstelle/Messfühler für eine Schadstoffkomponente (NO _x , O ₃ , PM ₁₀) oder für meteorologische Parameter in einer bestimmten Entfernung zur Fahrbahn.		
Stundenmittelwert	Mittelwert der über eine Stunde aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22. BImSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO ₂ , NO ₂) Stundenmittelgrenzwerte gefordert.		
Tagesmittelwert	Mittelwert der über einen betrachteten Tag aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22. BImSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO ₂ , PM ₁₀) Tagesmittelgrenzwerte gefordert.		
Jahresmittelwert	Mittelwert der über ein Kalenderjahr aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22.		

1 Einleitung

Ziel

Modellierungen und In-situ-Messungen haben in den vergangenen Jahren gezeigt, dass die in der 22. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) geforderten Grenzwerte für Luftschadstoffe insbesondere für Stickstoffdioxid NO_2 und Partikel PM_{10} möglicherweise nicht eingehalten werden können. Aus diesem Grund werden die Entwicklung dieser Stoffe sowie die des Ozons von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) an zwei hochfrequentierten Autobahnmessquerschnitten mit vergleichbar hohen Gesamtverkehrsstärken kontinuierlich beobachtet. Die Querschnitte liegen an der BAB A 4 und der BAB A 61. In diesem Bericht werden die an diesen Standorten im Kalenderjahr 2005 aufgenommenen Messdaten dargestellt.

Rechtlicher Kontext

Durch die Umsetzung der EU-Richtlinien 1999/30/EG und 2000/69/EG, der ersten und zweiten Tochterrichtlinie zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie 1996/62/EG, in nationales Recht wurde im September 2002 die 22. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) novelliert. In ihr ist nunmehr die Einhaltung von Grenzwerten für Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffdioxid (NO_2), Stickstoffoxide (NO_x), Partikel (PM_{10}), Blei (Pb), Benzol (C_6H_6) sowie Kohlenmonoxid (CO) gefordert. Des Weiteren sind die Vorgaben der EU-Richtlinien 2002/3/EG und 2001/81/EG, der dritten Tochterrichtlinie über den Ozongehalt in der Luft und der Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen, in der neuen 33. Bundesimmissionsschutzverordnung vom Juli 2004 niedergelegt.

In den Tabellen 1.1 bis 1.3 sind die Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte für die Schadstoffe NO_2 , O_3 und PM_{10} aufgeführt. Demnach werden für Stickstoffdioxid ab Januar 2010 ein Jahresmittelgrenzwert und ein Stundenmittelgrenzwert gefordert; Letzterer darf lediglich an 18 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden (siehe Tabelle 1.1).

Für die Ozonbelastung wurden mit der 33. BImSchV Ziel- und Schwellenwerte vorgegeben, die sich auf das Schutzgut der menschlichen Gesundheit beziehen (siehe Tabelle 1.2).

Hinsichtlich der Luftschadstoffbelastung durch Feinstaubpartikel PM_{10} (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser $< 10 \mu\text{m}$) gelten seit Janu-

	NO_2		
	Stundenmittelgrenzwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	zulässige Überschreitungen	Jahresmittelgrenzwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Grenzwert (ab 01/2010)	200	18/a	40
Toleranzmarge 2005	50	-	10
Toleranzmarge 2006	40	-	8
Toleranzmarge 2007	30	-	6
Toleranzmarge 2008	20	-	4
Toleranzmarge 2009	10	-	2

Tab. 1.1: Grenzwerte und Toleranzmargen für NO_2 gemäß 22. BImSchV (BGBl, 2002)

	O_3		
	Ziel-/Schwellenwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	zulässige Überschreitungen	Mitteilungs-/ Akkumulationszeitraum [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Zielwert, Gesundheitsschutz (ab 2010)	120	25/a	8 Stunden
langfristiges Ziel Gesundheitsschutz	120	-	8 Stunden
Informationsschwelle	180	-	1 Stunde
Alarmschwelle	10	-	1 Stunde

Tab. 1.2: Immissionswerte für Ozon gemäß 33. BImSchV (BGBl, 2004)

	PM_{10}		
	Tagesmittelgrenzwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	zulässige Überschreitungen	Jahresmittelgrenzwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Grenzwert	50	35/a	[40 μm^3]

Tab. 1.3: Grenzwert für Partikel PM_{10} gemäß 22. BImSchV (BGBl, 2002)

ar 2005 ein Jahresmittelgrenzwert und ein Tagesmittelgrenzwert, der insgesamt an 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden darf (siehe Tabelle 1.3).

Grundlagen des Schadstoffverhaltens

Bei den photochemischen Prozessen, an denen die Stickoxide und das Ozon beteiligt sind, finden hauptsächlich zwei gegenläufige Prozesse zur selben Zeit statt. Der erste, der durch die Zerlegung des NO_2 durch den kurzwelligen Anteil der Sonnenstrahlung in NO und O und anschließender Verbindung von O und O_2 zu O_3 für die Neubildung des O_3 verantwortlich ist (siehe Bild 1.1), überwiegt bei starkem Sonnenlicht, sofern ausreichend NO vorhanden ist. Ansonsten setzt sich der zweite Re-

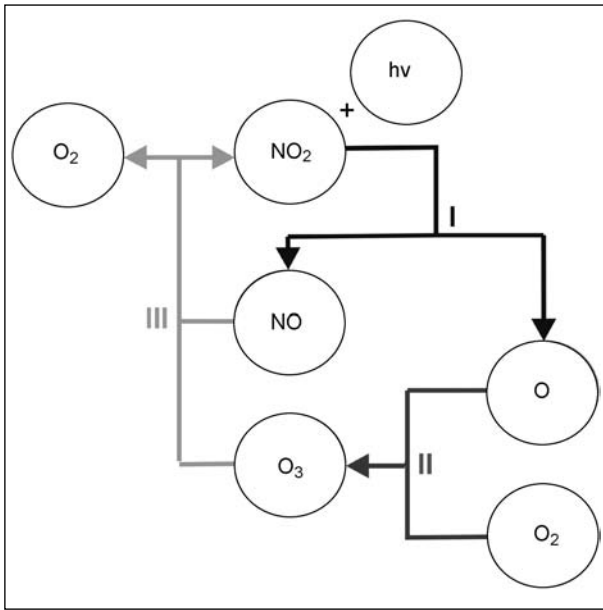


Bild 1.1: Darstellung des Bildungsmechanismus von bodennahem Ozon durch die Ozonvorläufersubstanz Stickstoffdioxid. NO_2 wird unter Einwirkung kurzweiliger UV-Strahlung ($h\nu$) in NO und O zerlegt (I). O verbindet sich unter Mitwirkung eines Stoßpartners mit O_2 zu O_3 (II). Der Stoßpartner ist wichtig, um die Energie abzuführen, da das O_3 andernfalls direkt wieder in O und O_2 zerfallen würde. Das O_3 verbindet sich mit NO und wird umgewandelt zu O_2 und NO_2 (III). Der Kreislauf beginnt wieder mit NO_2 und Strahlung

aktionsprozess durch, der über die Verbindung von O_3 und NO und Verwandlung zu O_2 und NO_2 insbesondere in den Nachtstunden für den Abbau des O_3 sorgt. Dabei erfolgt der Abbau des O_3 durch die Verbindung mit NO schneller als die O_3 -Neubildung. So wird in der Nähe von hochbelasteten Straßen und Autobahnen, an denen reichlich NO vorhanden ist, der O_3 -Gehalt der Luft zunächst verringert. Erst in einiger Entfernung steigt er wieder an und übertrifft schließlich die Ozon-Werte in der Umgebung der Emissionsquelle, wenn unter anhaltend starker Sonneneinstrahlung die langsameren photochemischen Prozesse zum Abschluss gelangen, da die Stickoxidgehalte mit der Entfernung von der Straße abnehmen. Zusätzlich kann eine Abnahme von NO -Konzentrationen starker Emissionsquellen, z. B. Autobahnen, zu einem Anstieg der O_3 -Werte führen, da weniger O_3 mit NO zu NO_2 reagieren kann.

Neben gasförmigen Luftschadstoffen treten auch solche in Partikelform auf. Diese Schwebstäube tragen zur Trübung der Atmosphäre und somit zu einer Sichtminderung bei.

Die auf menschliche Aktivitäten zurückzuführenden Partikel werden insbesondere hervorgerufen durch

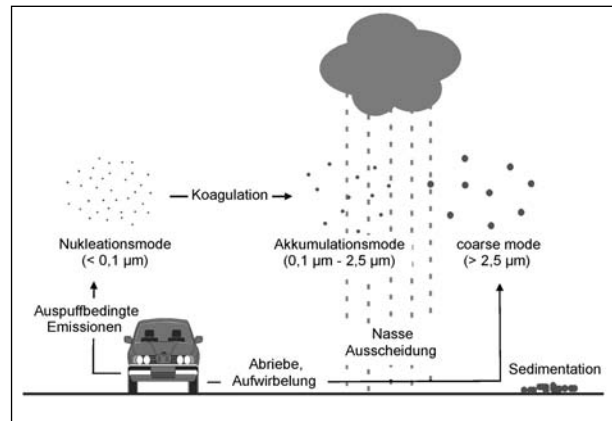


Bild 1.2: Schematische Darstellung der Quellen und Senken verkehrsbedingter Partikel

industrielle Prozesse wie Verbrennung und mechanische Zerkleinerung, Hausbrand, Landwirtschaft bei Bestellung der Felder und Massentierhaltung sowie den Verkehr, wobei zwischen motorbedingten und Abriebs- sowie Aufwirbelungspartikeln unterschieden wird. Jedoch können Partikel auch natürliche Ursachen haben, wie z. B. Pollen oder Pilzsporen, Saharastaub, Vulkanasche und Seesalzaerosole.

Die Lebensdauer von Partikeln in der Nähe der Erdoberfläche wird durch den aerodynamischen Durchmesser der Aerosolpartikel und den daraus resultierenden Mechanismus ihrer Deposition bestimmt. Man unterscheidet hierbei zwischen Koagulation, nasser Ausscheidung, z. B. durch Regen, und Sedimentation (Bild 1.2).

Die Ultrafeinpartikel im Größenbereich kleiner $0,1 \mu\text{m}$ verbinden sich miteinander bevorzugt zu größeren Teilchen. Dieser Vorgang geschieht je nach Konzentration und Randbedingungen innerhalb von Bruchteilen von Sekunden bis zu Stunden. Die Lebensdauer der Partikel im Größenbereich zwischen $0,1$ und $2,5 \mu\text{m}$ kann bis zu mehreren Wochen betragen, während derer sie sehr weite Strecken von bis zu mehreren 1.000 km zurücklegen können. Sie werden hauptsächlich durch Wolkenbildung und Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen, können aber auch trocken deponiert werden. Die Partikel größer $2,5 \mu\text{m}$ unterliegen zum größten Teil einer Sedimentation.

Wenn die Feinpartikel in der gleichen Konzentration wie die Ultrafeinpartikel vorhanden sind, weisen Ultrafeinpartikel eine höhere Koagulationsrate bei Anlagerung an die größeren Feinpartikel auf (polydisperse Koagulation) als bei Anlagerung an Partikel ihrer eigenen Größe (monodisperse Koagula-

tion). Dadurch werden Ultrafeinpartikel in Gegenwart von Feinpartikeln eingefangen (sog. scavenging effect). Da jedoch über die vergangenen Jahrzehnte die Anzahl der großen Partikel in der Luft abgenommen und die der kleinen zugenommen hat, werden die Ultrafeinpartikel weniger effektiv beseitigt und erreichen eine hohe Halbwertszeit in der Atmosphäre. Diese Entwicklung ist insbesondere auf die vollständigere Verbrennung in Motoren, Brennern in Kraftwerken und im Hausbrand zurückzuführen. So konnte selbst bei nicht gesteigener Emission von Ultrafeinpartikeln deren Konzentration in der Umwelt in den letzten Jahren und Jahrzehnten ansteigen (WICHMANN et al., 2002).

Wirkung der Schadstoffe

Bei erhöhten Stickstoffoxidbelastungen wurden vermehrt Atemwegserkrankungen festgestellt sowie eine verstärkte Schädigung auf Pflanzen beobachtet. Aus NO_2 und H_2O bildet sich Salpetersäure (HNO_3), die im Boden zu Nährstoffauswaschung und in kalkarmen Gebieten zur Versauerung von Böden und Gewässern führt; zudem greift NO_2 die Schleimhäute und Atemwege an. NO gelangt wegen seiner geringen Wasserlöslichkeit in den Bereich der Lungenbläschen, wo es bei entsprechend hoher Konzentration zu Zellschädigung, Austritt von Blutflüssigkeit und einer Verminderung des Gasaustausches O_2/CO_2 kommen kann (HOLZBAUR et al., 1996).

Durch O_3 können weitere Reaktionen ausgelöst werden, wie z. B. die Bildung von OH-Radikalen über die photochemische Reaktion, in der sich ein elektronisch angeregtes Sauerstoffmolekül bildet und mit H_2O zu OH-Radikalen verbindet. Diese sind sehr starke Oxidationsmittel; einerseits reagieren sie mit vielen Schadstoffen und entfernen sie dadurch aus der Atmosphäre, andererseits führen sie zu Schädigungen von Zellmembranen, Enzymen und pflanzlichen Zellen. Ab $0,1 \text{ mg O}_3$ pro m^3 Luft können Kopfschmerzen auftreten, ab $0,2 \text{ mg/m}^3$ ist mit Augenreizungen und ab $0,3 \text{ mg/m}^3$ mit Brustschmerzen zu rechnen (HOLZBAUR et al., 1996).

Staubbelastung kann die Sonneneinstrahlung in städtischen Gebieten bis zu 30 % mindern und somit den Strahlungshaushalt der Erde und damit auch das Klima nachhaltig beeinflussen (BLIEFERT, 2002). Aber Aerosole zeichnen sich nicht nur durch ihre Wirkungen auf das Erdklima aus, son-

dern auch durch ihr gesundheitliches Schadenspotenzial. An den Partikeln können sich toxische und kanzerogene Substanzen anlagern und durch die Lungengängigkeit der Partikel in den Respirationsstrakt gelangen (WICHMANN et al., 2002).

Dabei entscheiden Größe und Form der Partikel, ihre chemische Zusammensetzung sowie Atemmuster und Anatomie der Lunge über Deposition und Depositionsort im Atemtrakt (WICHMANN et al., 2002). Je größer die Teilchen, desto früher lagern sie sich an kleinen Haaren und den Nasenschleimhäuten ab und werden durch den Nasenschleim oder Hustenreiz wieder ausgeschieden. Kleinere Teilchen hingegen, an und in denen Schadstoffe gebunden sind und die unter Umständen bis in die Alveolen vordringen können, werden von der Lunge nur sehr langsam und unvollständig entfernt. So können mitgeführte toxische Stoffe im Atemtrakt und durch Resorption auch im übrigen Organismus einwirken (MÖLLER, 2003). Zur Entfernung solcher Fremdkörper aus der Lunge werden sie im extrathorakalen Bereich der Atemwege durch den Bronchialschleim gebunden und nach Transport innerhalb von einigen Tagen über den Kehlkopf verschluckt. In den tieferen Bereichen der Lunge (alveolarer Bereich) kann die Aufenthaltsdauer der Partikel bis zu einigen Jahren andauern. Hier können Partikel von Alveolarmakrophagen (Fresszellen) als Fremdkörper erkannt und aufgenommen werden. Diese Partikel wandern mit einem solchen Alveolarmakrophagen durch den Mukoziliartransport über den Kehlkopf in den Magen-Darm-Trakt und werden ausgeschieden. Jedoch muss davon ausgegangen werden, dass die Ultrafeinpartikel nur in geringer Zahl auf diesem Wege eliminiert werden. Ein erheblicher Teil wird von Epithelzellen aufgenommen und verbleibt dort oder wird weiter ins Bindegewebe transportiert (WICHMANN et al., 2002).

2 Messquerschnitte

Der Messquerschnitt an der von W nach O verlaufenden A 4 bei Streckenkilometer 92,7 weist einen DTV von 71.000 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 9,1 % auf (siehe Bild 2.2). Nördlich der Autobahntrasse liegen eine mäßig befahrene Gemeindestraße sowie das BAST-Gebäude, südlich schließt sich das Waldgebiet Königsforst an. Im Jahr 1997 wurde auf der Trassennordseite eine etwa 5 m hohe Lärmschutzwand errichtet. Es liegt

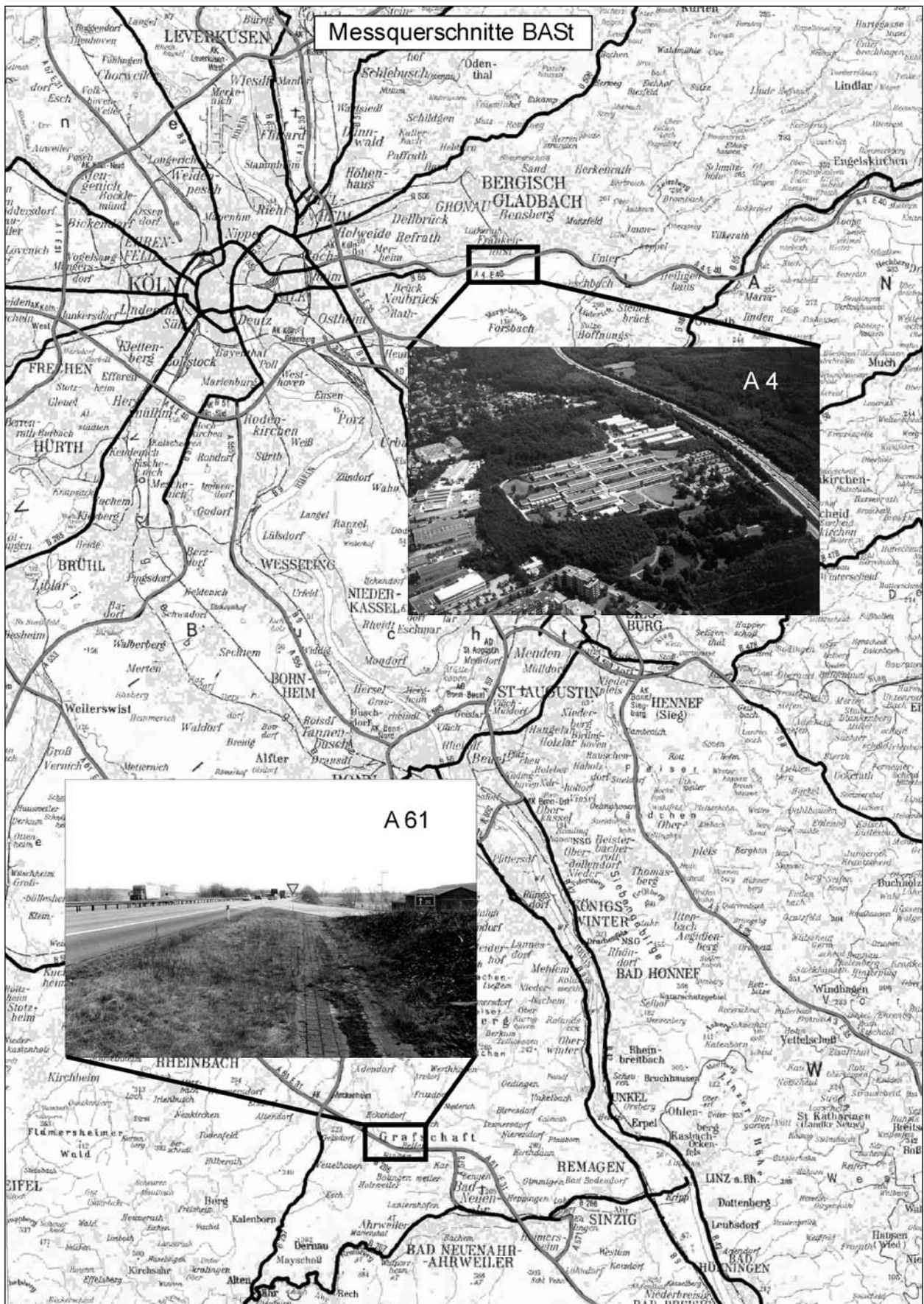


Bild 2.1: Lage der Messquerschnitte an den BAB A 4 und A 61. In der Karte sind Autobahnen grau und Bundesstraßen schwarz markiert

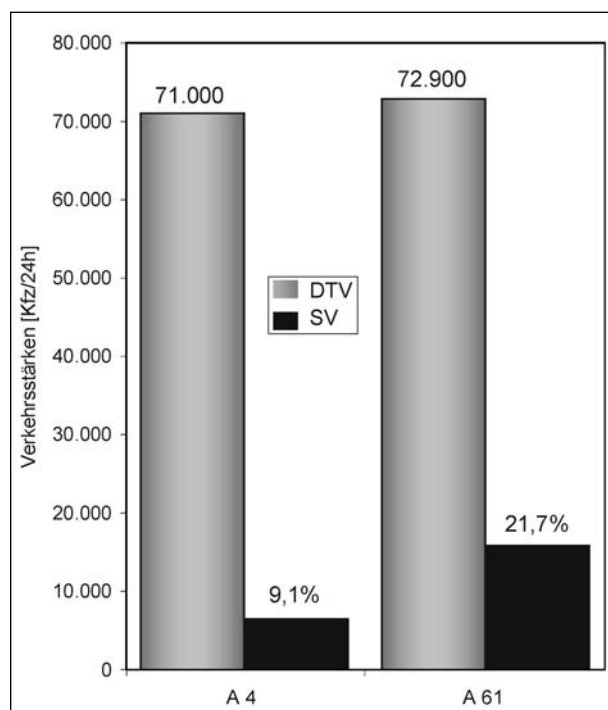


Bild 2.2: Gegenüberstellung des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) und des prozentualen Schwerverkehrsanteils der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 (Bezugsjahr 2004)

eine vorherrschende Windrichtung aus dem Bereich 120° – 150° (OSO – SSO) vor.

Der Messquerschnitt an der von NW nach SO verlaufenden A 61 bei Streckenkilometer 177,5 liegt auf dem Betriebsgelände der Autobahnmeisterei Mendig, auf dem diese eine Salzhalle betreibt. Direkt angrenzend befindet sich in Fahrtrichtung Koblenz der Rastplatz „Goldene Meile“. Es herrscht dort ein DTV von 72.900 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 21,7 %. Der Messquerschnitt ist umgeben von landwirtschaftlichen Nutzflächen und frei von Wohnbebauung oder Begrünung. Es wird eine vorherrschende Windrichtung aus 220° – 230° (SW) beobachtet.

Bild 2.1 zeigt die Messstandorte in ihrer geografischen Lage.

3 Messung

NO_x-Analysegeräte

Alle verwendeten NO_x-Geräte arbeiten nach dem Chemolumineszenzprinzip, wobei durch eine Reaktion zweier oder mehrerer Chemikalien ein angeregtes Teilchen gebildet wird, das seine Energie durch die Abgabe eines Lichtquants wieder verliert.



Bild 3.1: Ansaugkopf für die gasförmigen Luftschadstoffe

Der Bestimmung der NO- bzw. NO₂-Konzentration liegt die Reaktion zwischen dem zu messenden Stickoxid und dem mit einem Ozonisator erzeugten und dem angesaugten Probegas zugesetzten O₃ zugrunde (HOLZBAUR, KOLB, 1996). Ein konstanter Anteil (etwa 20 %) des bei dieser Oxidation entstehenden Stickstoffdioxids befindet sich nach der Reaktion in einem angeregten Zustand und kehrt unter Abgabe dieser Energiedifferenz als Strahlung in seinen Grundzustand zurück. Hierbei wird eine Breitbandstrahlung von 500 bis 3.000 nm abgegeben, wobei das Intensitätsmaximum der Chemolumineszenz bei einer Wellenlänge von etwa 1.200 nm liegt. Wenn das zur Reaktion benötigte Hilfsgas O₃ im Überschuss vorhanden ist, ist die Intensität der Chemolumineszenzreaktion bei konstanten Reaktionsbedingungen der NO-Konzentration im Probegasstrom proportional.

O₃-Analysegeräte

Ozon hat die Eigenschaft, kurzwellige UV-Strahlung größtenteils zu absorbieren. Bei der Ozonkonzentrationsbestimmung wird diese UV-Absorption des Ozons bei einer Wellenlänge von 253,7 nm genutzt. Eine Quecksilberdampfampe mit einer Emissionslinie bei eben jener Wellenlänge dient als UV-

Lichtquelle, deren Strahlung in ein UV-Photometer durch den ozonhaltigen Probegasstrom tritt. Das Ozon absorbiert, je nach seiner Konzentration im Messstrom, mehr oder weniger Strahlungsintensität dieser Wellenlänge. Mit Hilfe des Absorptionskoeffizienten von Ozon sowie der Küvettenlänge kann die Ozonkonzentration berechnet werden, die dem Verlust der UV-Intensität in der Messzelle proportional ist (Monitor Labs, 1998).

PM₁₀- und PM_x-Analysegeräte

Das verwendete Gerät zur Aufnahme der PM₁₀-Konzentration ist ein gravimetrisches Messgerät, welches die Umgebungsluft mit einer konstanten Flussrate durch ein Filter saugt, kontinuierliche Messungen des Filtergewichts vornimmt und Massenkonzentrationen in annähernd Echtzeit bestimmt (siehe Bild 3.2).

Das Immissions-Feinstaubmesssystem zur gleichzeitigen Messung der PM₁₀-, PM_{2,5}- und PM₁-Fraktion nutzt das Prinzip der Streulichtmessung der Einzelpartikel zur Bestimmung der Massenkonzentrationen der Stäube und deren Aerosolverteilung. Hierbei dient ein Halbleiterlaser als Lichtquelle, durch deren Strahl innerhalb der Messzelle die zu detektierenden Partikel durch eine interne volumengesteuerte Pumpe geleitet werden. An den



Bild 3.2: PM₁₀-Messkopf auf einer der Messstationen

Partikeln wird so ein Streulicht erzeugt, welches erfasst und auf einen Detektor geleitet wird. Die dort gemessene Lichtintensität ist der Partikelgröße proportional. Bei bekanntem Partikeldurchmesser und bekannter Dichte kann unter Annahme der Kugelform der Partikel die Partikelmasse aus der Partikelanzahl abgeleitet werden.

4 Messergebnisse

4.1 Stickstoffoxide NO_x

Die NO_x-Emissionen in Deutschland stiegen bis Ende der 80er Jahre deutlich an, jedoch konnte seit 1991 nach einer Stagnation eine stetige Abnahme verzeichnet werden. Im Bereich des Straßenverkehrs trug vor allem die Einführung moderner Abgasminderungstechniken zu dieser Reduzierung bei. So konnte zunächst trotz Anstiegs der Fahrleistung und Zunahme des Schwerlastverkehrs eine Abnahme der straßenverkehrsbedingten NO_x-Emissionen von 35 % registriert werden (UBA, 2003).

Betrachtet man jedoch den Verlauf der NO- und NO₂-Immissionen der Jahre seit 1987 am BAST-Messquerschnitt an der A 4 in den Bildern 4.1 und 4.2, zeigt sich für die fahrbahnnahe Messstellen in der NO-Komponente nach einem stetigen Abfall in den zurückliegenden Jahren der Messwertaufnahme eine minimale Zunahme im Jahr 2005 gegenüber dem Vorjahr. Die NO₂-Konzentration dagegen nimmt am Mittelstreifen nach einem steilen Anstieg seit zwei Jahren wieder ab, stagniert jedoch an den anderen Messstellen.

Ähnliche Stagnationen bzw. zum Teil auch deutliche Zunahmen insbesondere der NO₂-Komponente wurden im gesamten Bundesgebiet insbesondere an hochfrequentierten Stadtstraßen beobachtet (Fachgespräch BMU, 2005). Anhand der an dem Messquerschnitt der BAST gewonnenen Daten wird ersichtlich, dass dieses Phänomen auch an Verkehrswegen außerorts zu beobachten ist. Es stellt sich also die Frage nach den Gründen für diese Entwicklung.

Neben einer Zunahme der großflächigen Ozonkonzentration in den vergangenen Jahren wird insbesondere der Einfluss von bestimmten Abgasfilter- und Katalysatortechniken auf die NO₂-Konzentration in Straßennähe diskutiert.

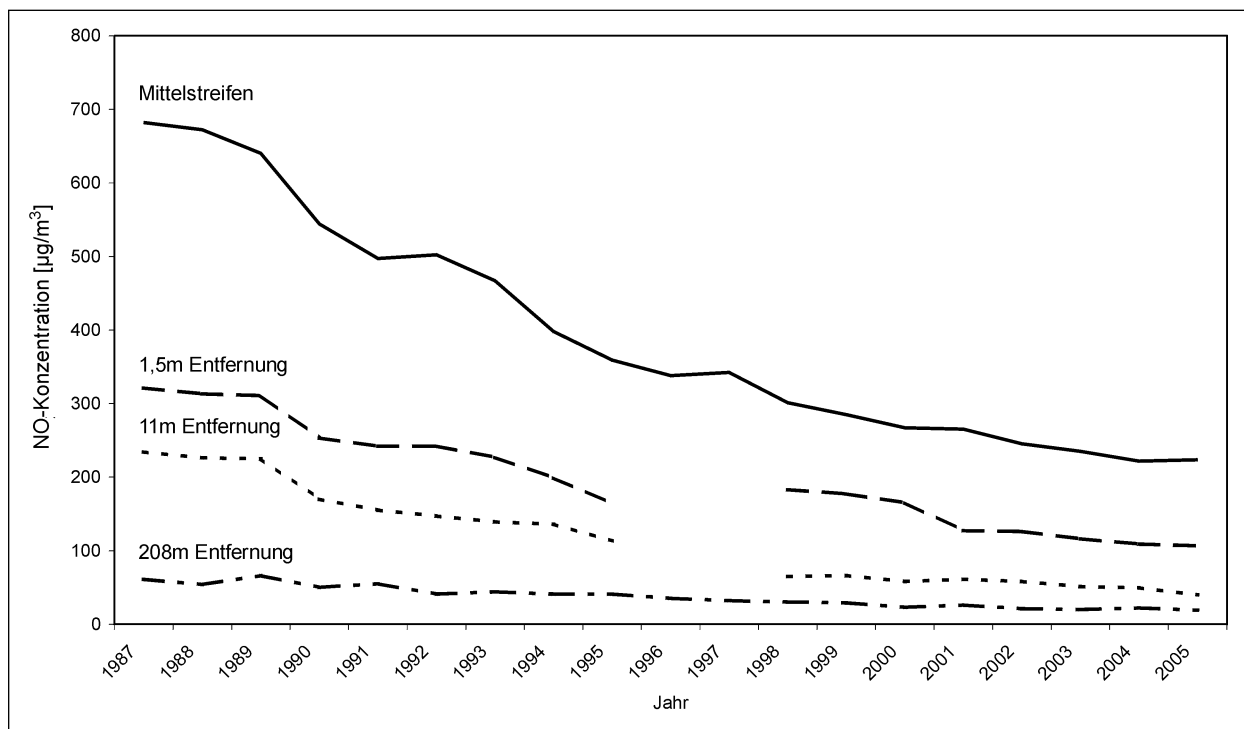


Bild 4.1: Jahresmittelwerte der NO-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 von 1987 bis 2005 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehende Baumaßnahmen)

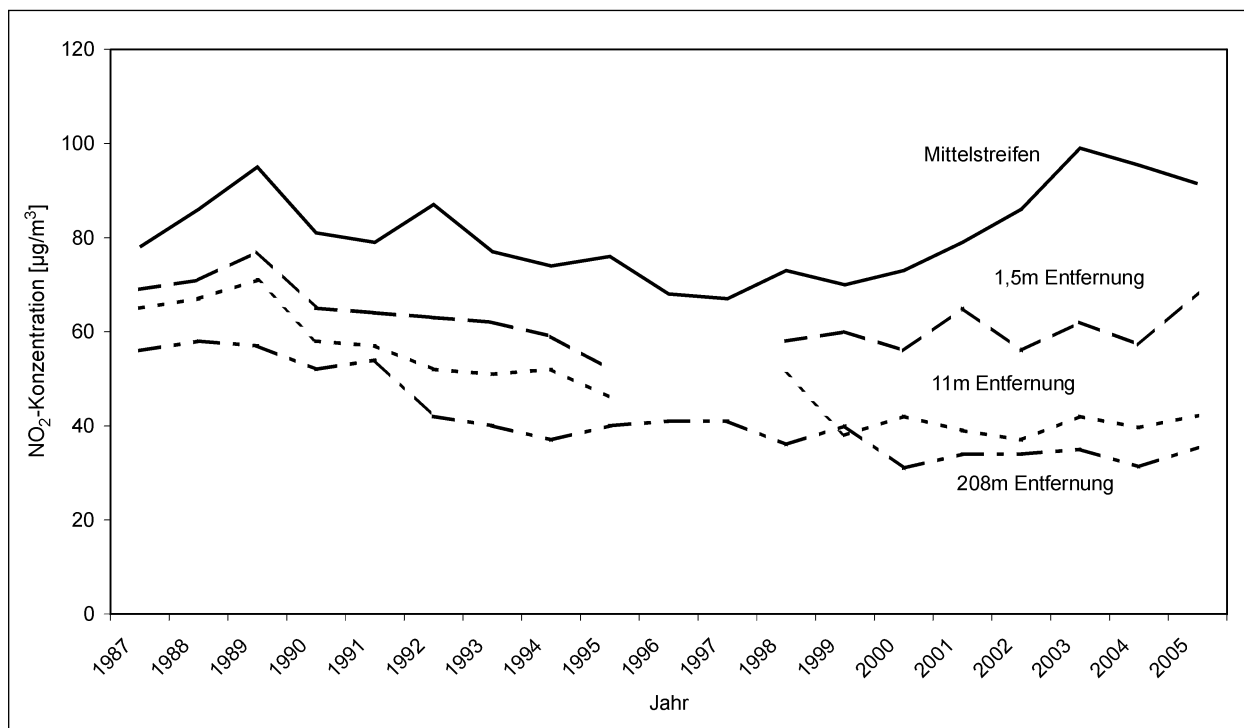


Bild 4.2: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 von 1987 bis 2005 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehende Baumaßnahmen)

Um zunächst den Einfluss der lokalen Ozonentwicklung auf die Stickstoffdioxidkonzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 darzustellen, wer-

den in Bild 4.3 die O₃-Konzentrationen dargestellt, die in 13 m und in 196 m Entfernung vom Fahr- bahnrand aufgenommen wird. Es sind an beiden

Messstellen deutliche Zunahmen seit etwa 1998/1999 zu erkennen. Seit 2002/2003 fällt der Wert kontinuierlich ab, steigt in weiterer Entfernung von der Fahrbahn jedoch im Jahr 2005 im Vergleich zum Vorjahr wieder an. Diese Zunahmen der letzten Jahre bestätigen den bundesweiten Trend der O_3 -Entwicklung und können eine Ursache für den Anstieg der NO_2 -Belastungen an diesem Standort sein. Wie in Kapitel 1 dargestellt, werden hier die NO -Emissionen der Fahrzeuge durch chemische Reaktionen mit O_2 in NO_2 umgewandelt. Diese Reaktion kann in vermehrtem Maße beobachtet werden, sobald mehr O_2 für die genannte Umwandlung zur Verfügung steht.

Ein weiterer Grund für die Zunahme von Stickstoffdioxid-Konzentrationen an Straßen kann der vermehrte Einsatz der kontinuierlich regenerierenden Partikelfilter (CRT: Continuously Regenerating Trap) seit etwa 1993 (Ende EURO1/Beginn EURO2) zur Minderung der Ruß-Emissionen bei Dieselfahrzeugen sein. Sie bestehen aus einem Partikelfilter zur Abscheidung von Verbrennungsrückständen (Rußpartikeln) und einem Oxidationskatalysator, der dem Filter vorgeschaltet ist.

In diesen Filtern wird zunächst im Katalysator NO mit Sauerstoff zu NO_2 oxidiert. Die im Filter angesammelten Partikel entziehen dann dem NO_2 Sauerstoff O_2 und werden dabei verbrannt. Im Idealfall

entstehen bei diesem Vorgang Stickstoff N_2 , Kohlendioxid CO_2 und Wasser H_2O . Jedoch muss für diese Reaktion ein Temperaturbereich von 250 bis 400 Grad eingehalten werden. Zu niedrige Abgastemperaturen führen zu einer Überladung des CRT-Filters, was einen Verlust von Motorleistung zur Folge hat; wird daraufhin mehr Gas gegeben, steigt die Abgastemperatur, der Filter brennt unkontrolliert ab und kann zerstört werden. Bei zu hohen Abgastemperaturen wird wiederum mehr NO_2 produziert, als zum Oxidieren der Partikel benötigt wird. So entsteht ein Überschuss an Stickstoffdioxid. Insgesamt muss jedoch ein NO_2 -Überschuss gebildet werden, damit der Filter jederzeit einwandfrei funktioniert, was letztendlich einen erhöhten NO_2 -Ausstoß zur Folge hat.

Da der Fahrzeugbestand stetig steigende Zahlen von Dieselfahrzeugen mit dieser Filtertechnik aufweist, kann sich dieser Effekt über die nächsten Jahre noch ausweiten. Welche Phänomene aber die Hauptursachen für die beobachteten Zunahmen der NO_2 -Belastung in Straßennähe darstellen, ist noch nicht abschließend geklärt.

Auch muss hierzu die weitere Entwicklung der Schadstoffbelastung an Straßen in Bezug auf die gemäß 22. BImSchV ab 2010 geltenden Grenzwerte verfolgt werden. An den beiden BAB-Messquerschnitten der BAST konnte der Jahresmittelgrenz-

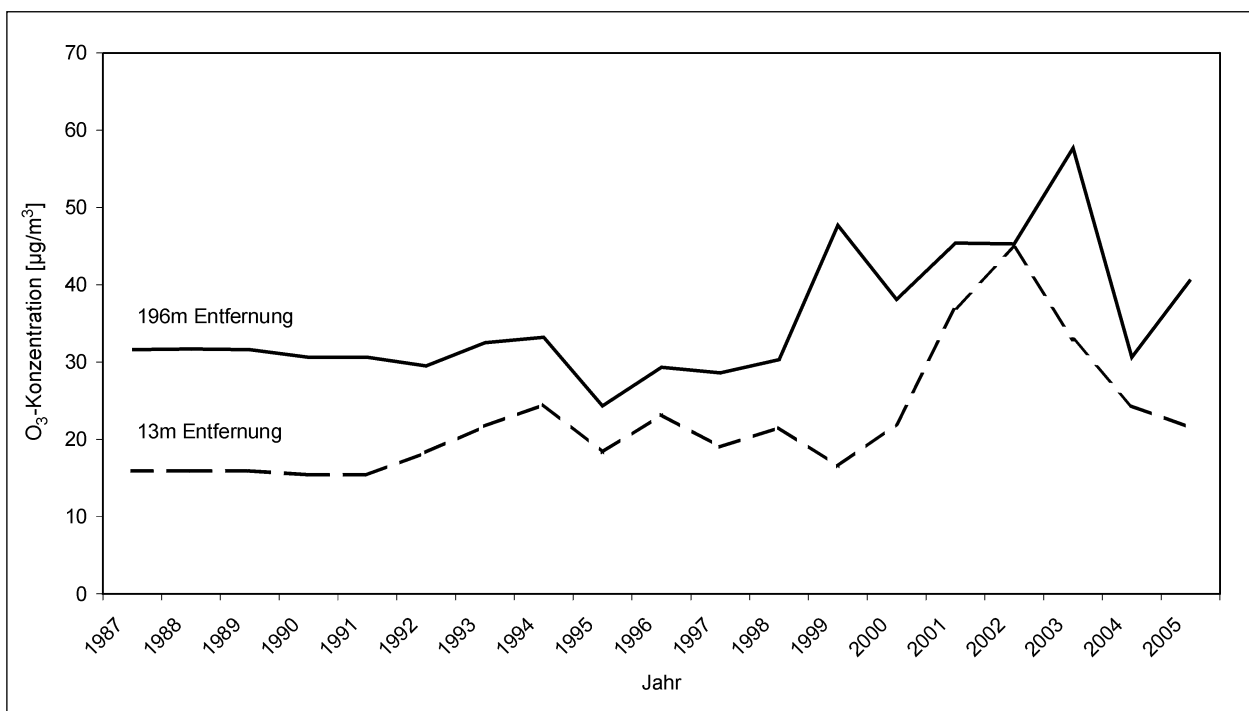


Bild 4.3: Entwicklung der O_3 -Schadstoffbelastung für die Kalenderjahre 1987 bis 2005 (Jahresmittelwerte) am Messquerschnitt an der A 4 in zwei unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand

wert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an keiner Messstelle eingehalten werden. Dies gilt auch, wenn die Toleranzmarge von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Kalenderjahr 2005 mitberücksichtigt wird. Im Gegensatz dazu lag an beiden Messquerschnitten der maximale Stundenmittelwert des Jahres 2005 über dem Grenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gültig ab 2010) bzw. $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mit Toleranzmarge für das Jahr 2005), allerdings blieb die Anzahl der Überschreitungen unter der maximal zulässigen Zahl von 18 pro Kalenderjahr (siehe Bild 4.4).

An der A 4 liegt die Messstelle am Fahrbahnrand in Fahrtrichtung Olpe luvseitig zur dort vorherrschenden Windrichtung, sodass sich die Messstelle auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite in Richtung Köln im Lee zur Hauptwindrichtung befindet. An der A 61 liegt die Fahrbahnseite in Richtung Koblenz im Luv und die in Richtung Venlo im Lee. Der Schadstoffausstoß der Autobahntrasse sollte dazu führen, dass an der jeweils leeseitig befindlichen Messstelle höhere Konzentrationen gemessen werden als im Luv.

Dies zeigt sich nicht nur in den Jahresmittelwerten (Bild 4.4), sondern auch in der Mehrzahl der NO_2 -Tagesmittelwerte, die in den Bildern 4.5 bis 4.16 für jeden Monat des Jahres 2005 für den Messquerschnitt an der A 4, in den Bildern 4.17 bis 4.28 für den Messquerschnitt an der A 61 dargestellt sind. Es werden jeweils die Werte an den

Messstellen auf beiden Seiten der Trasse in etwa 1,5 m Entfernung vom Fahrbahnrand gezeigt, da diese Messstellen die Anforderungen der Anlage 2 der 22. BImSchV zur Lage der Probenahmestellen für Messungen von Luftschadstoffen erfüllen.

Es kann insgesamt nachvollzogen werden, dass die Messstellen im Lee etwas höhere Schadstoff-

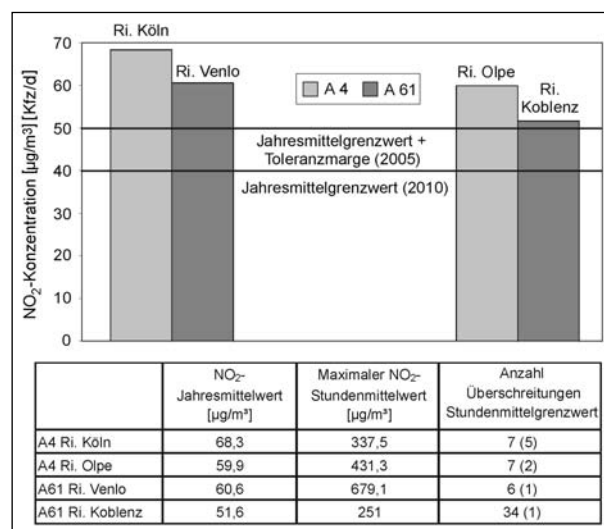


Bild 4.4: Gegenüberstellung der NO_2 -Jahresmittelwerte, der maximalen NO_2 -Stundenmittelwerte und der Anzahl der Überschreitungen des ab 2010 (in Klammern: unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für das Jahr 2005) geltenden Stundenmittelgrenzwertes der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2005

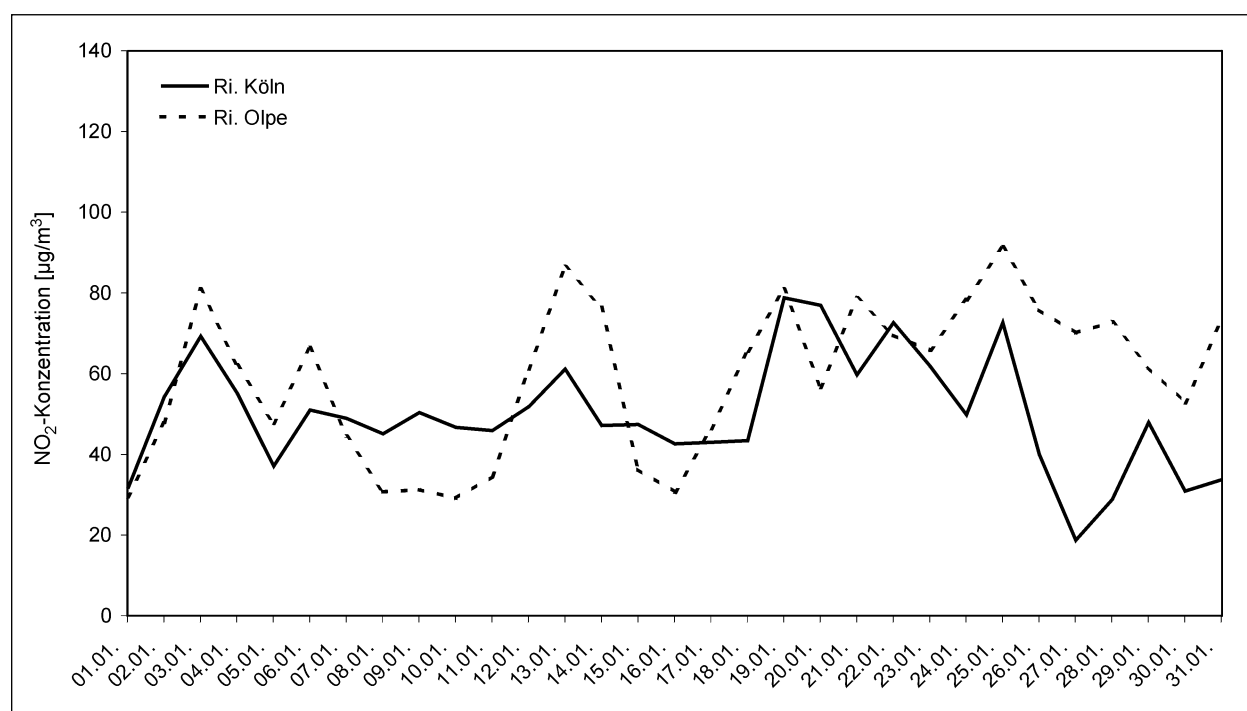


Bild 4.5: Tagesmittelwerte der NO_2 -Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Januar 2005

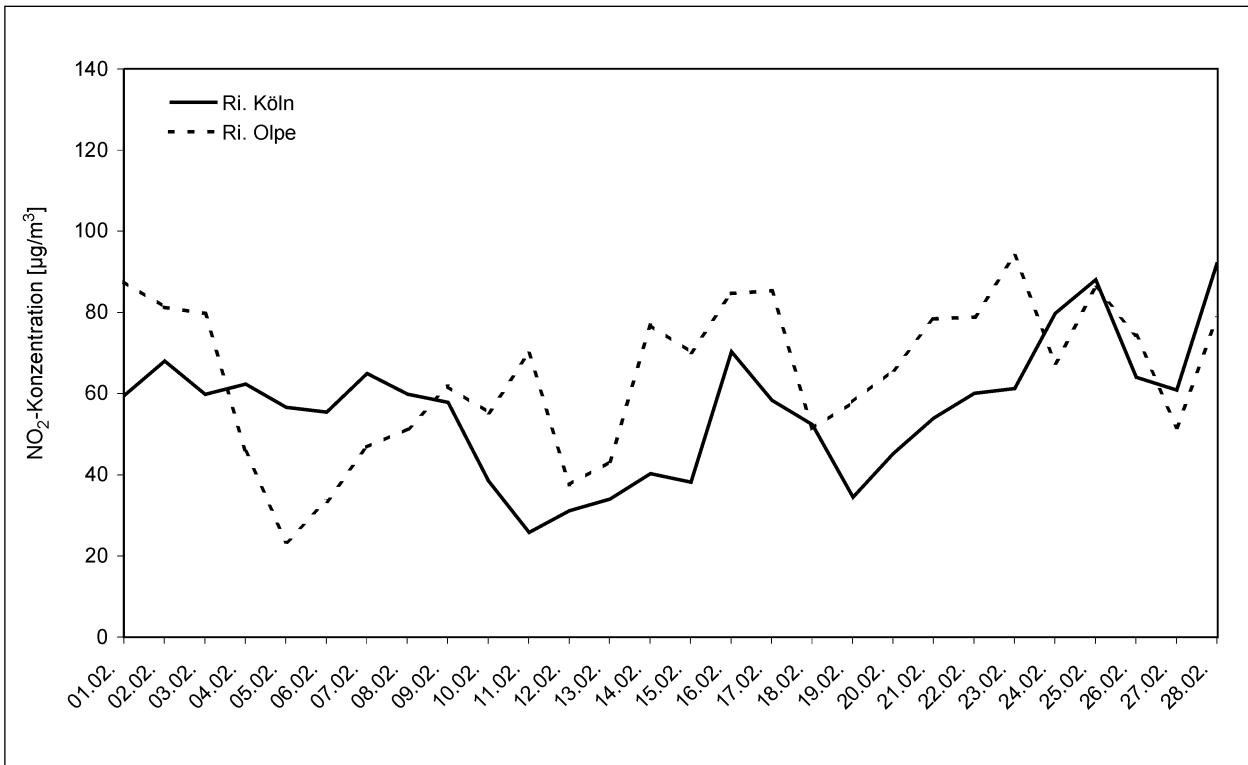


Bild 4.6: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Februar 2005

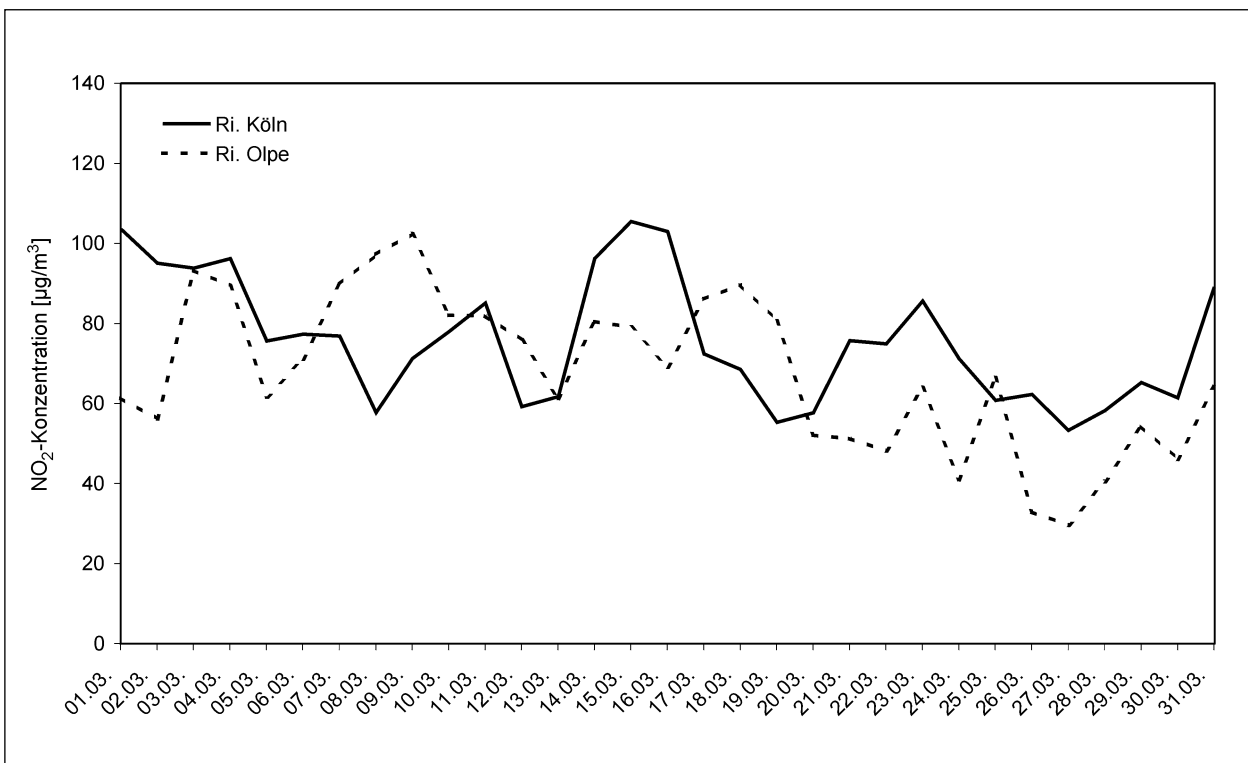


Bild 4.7: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat März 2005

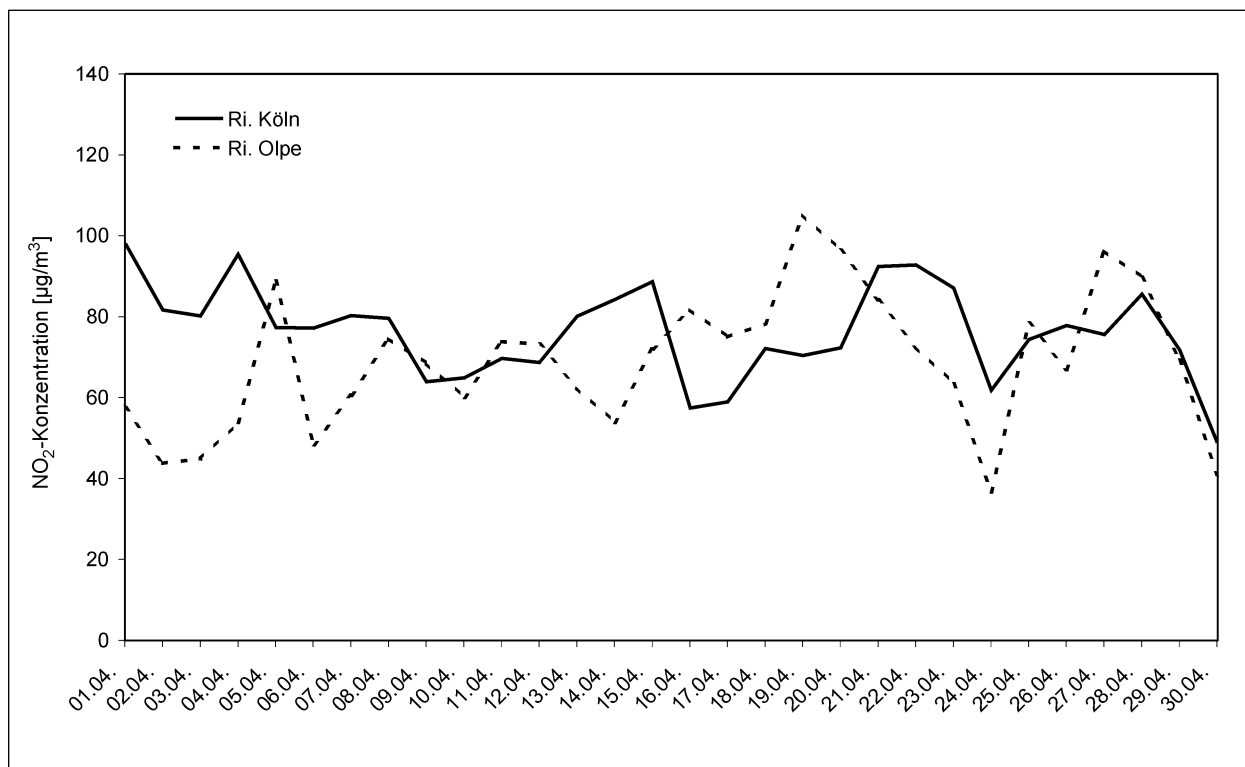


Bild 4.8: Tagesmittelwerte der NO_2 -Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat April 2005



Bild 4.9: Tagesmittelwerte der NO_2 -Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Mai 2005

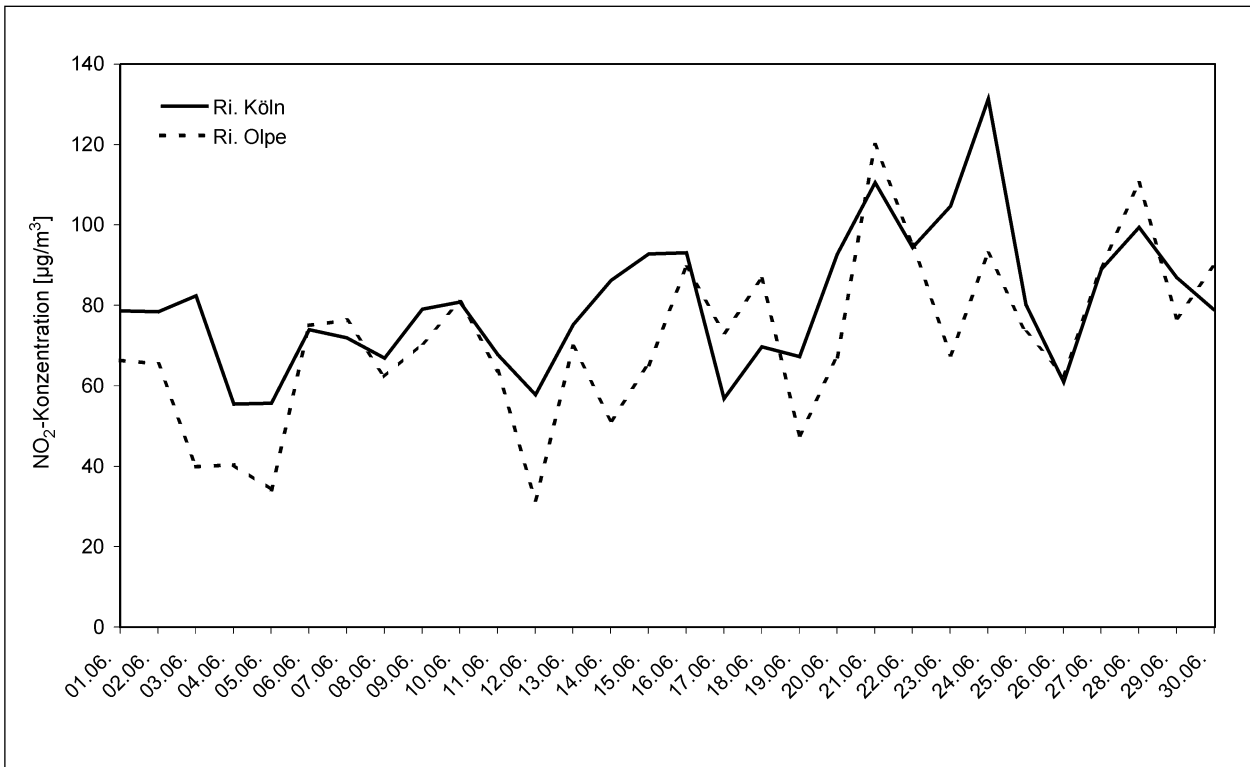


Bild 4.10: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juni 2005



Bild 4.11: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juli 2005



Bild 4.12: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat August 2005

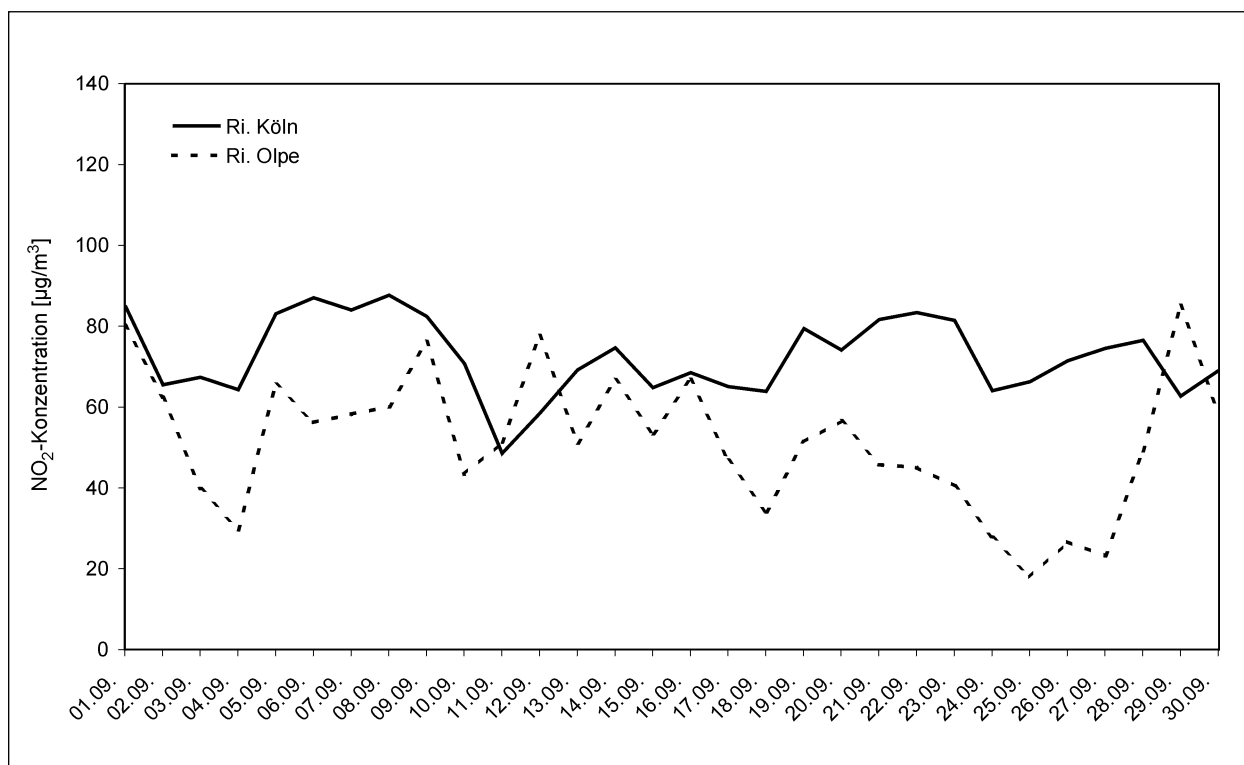


Bild 4.13: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat September 2005

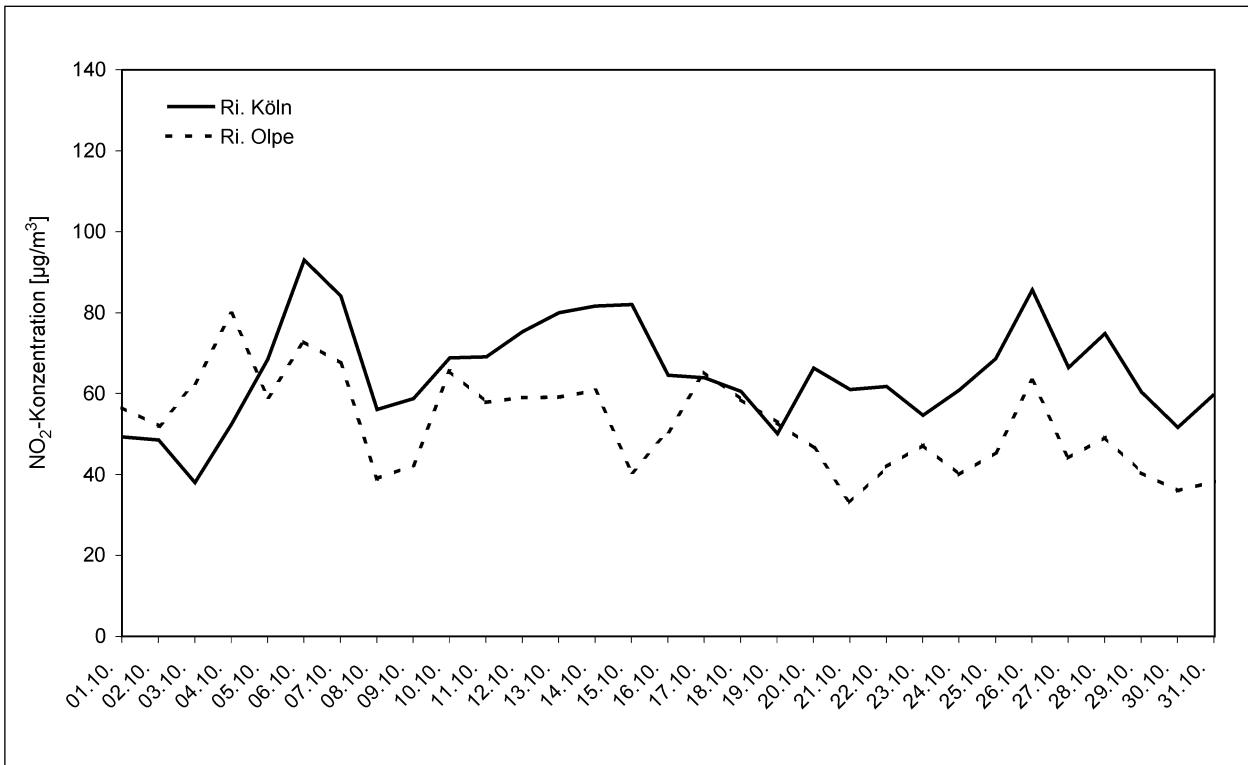


Bild 4.14: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Oktober 2005

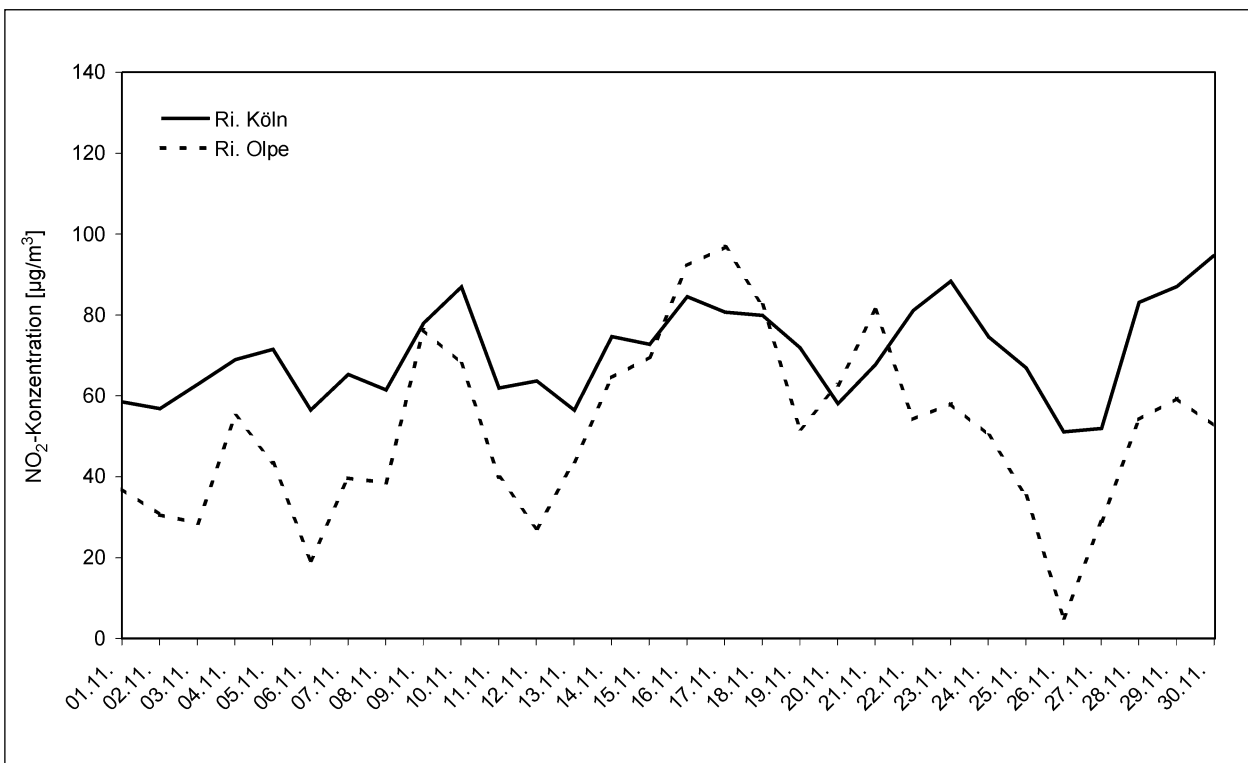


Bild 4.15: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat November 2005

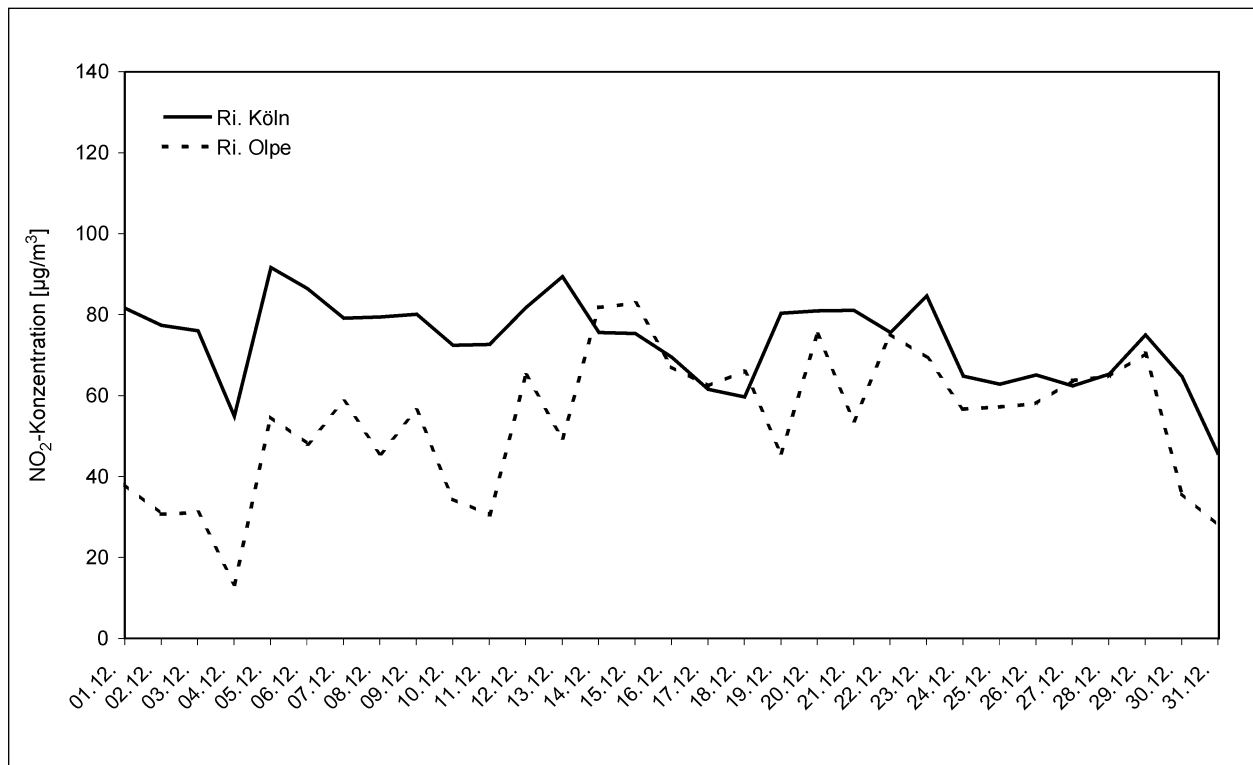


Bild 4.16: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Dezember 2005

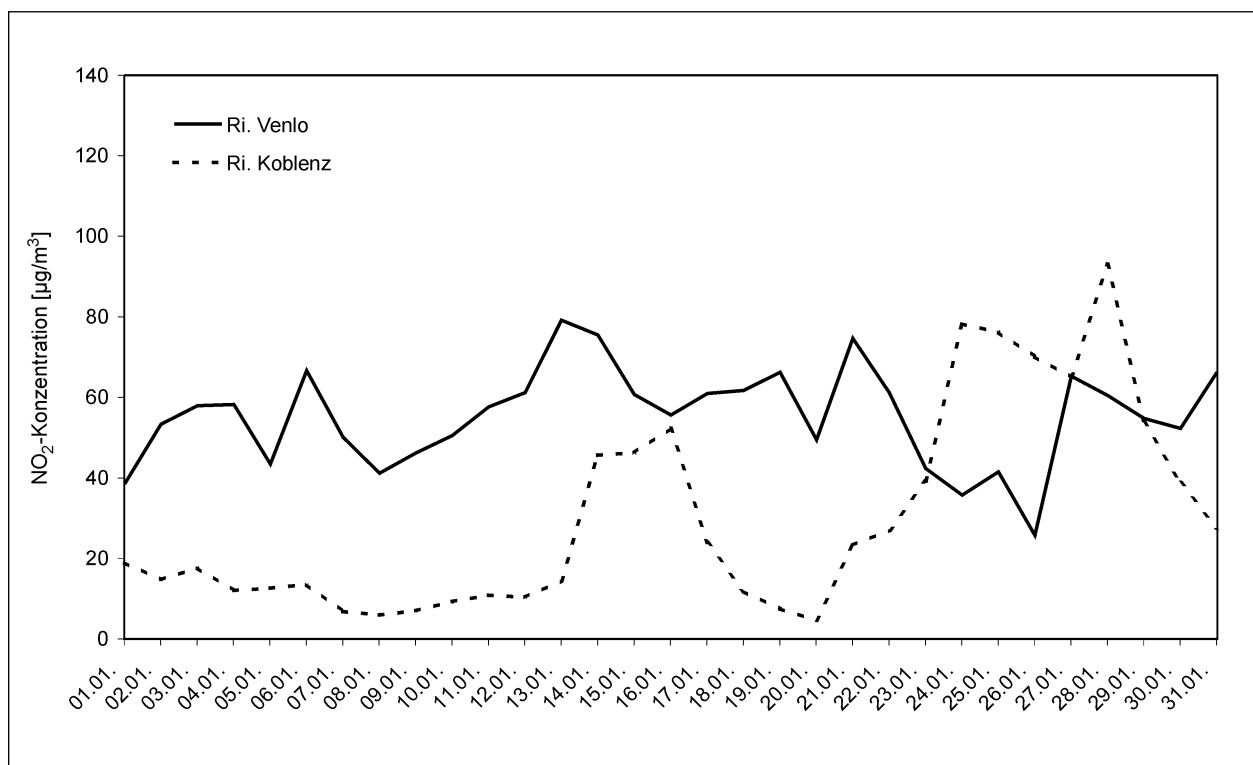


Bild 4.17: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Januar 2005

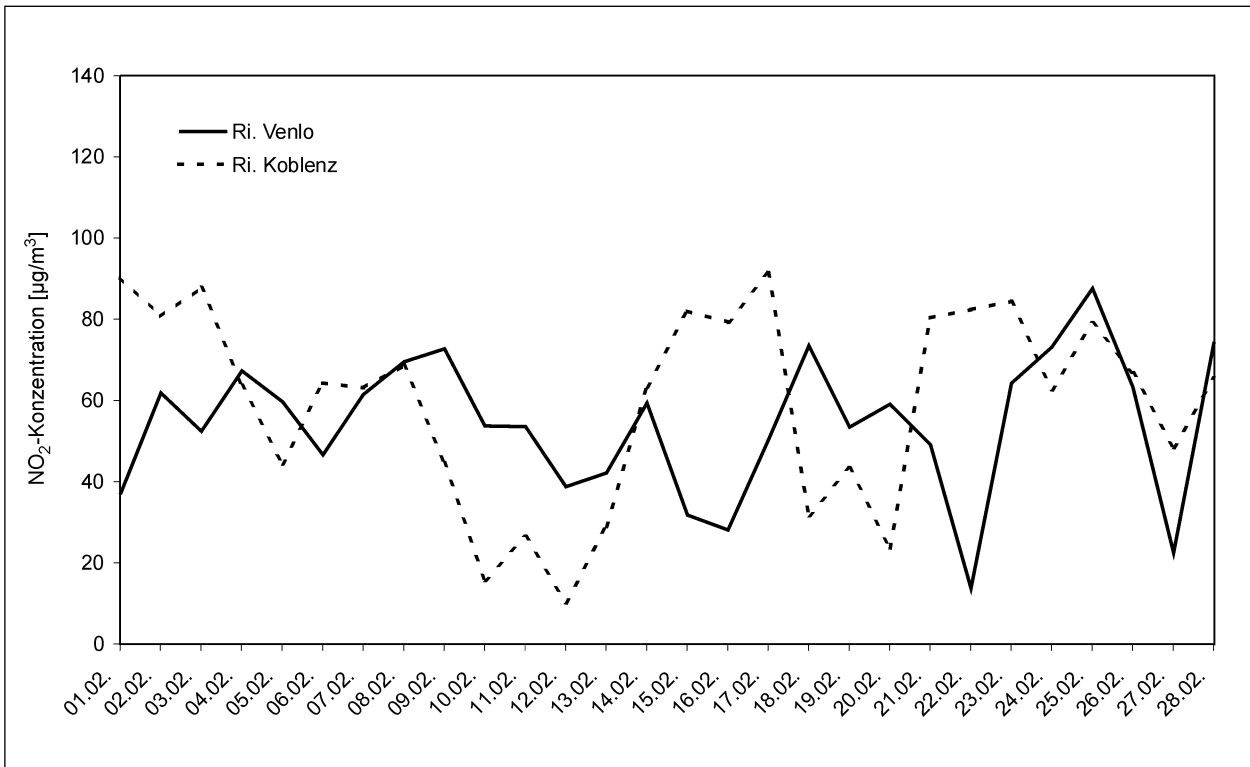


Bild 4.18: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Februar 2005

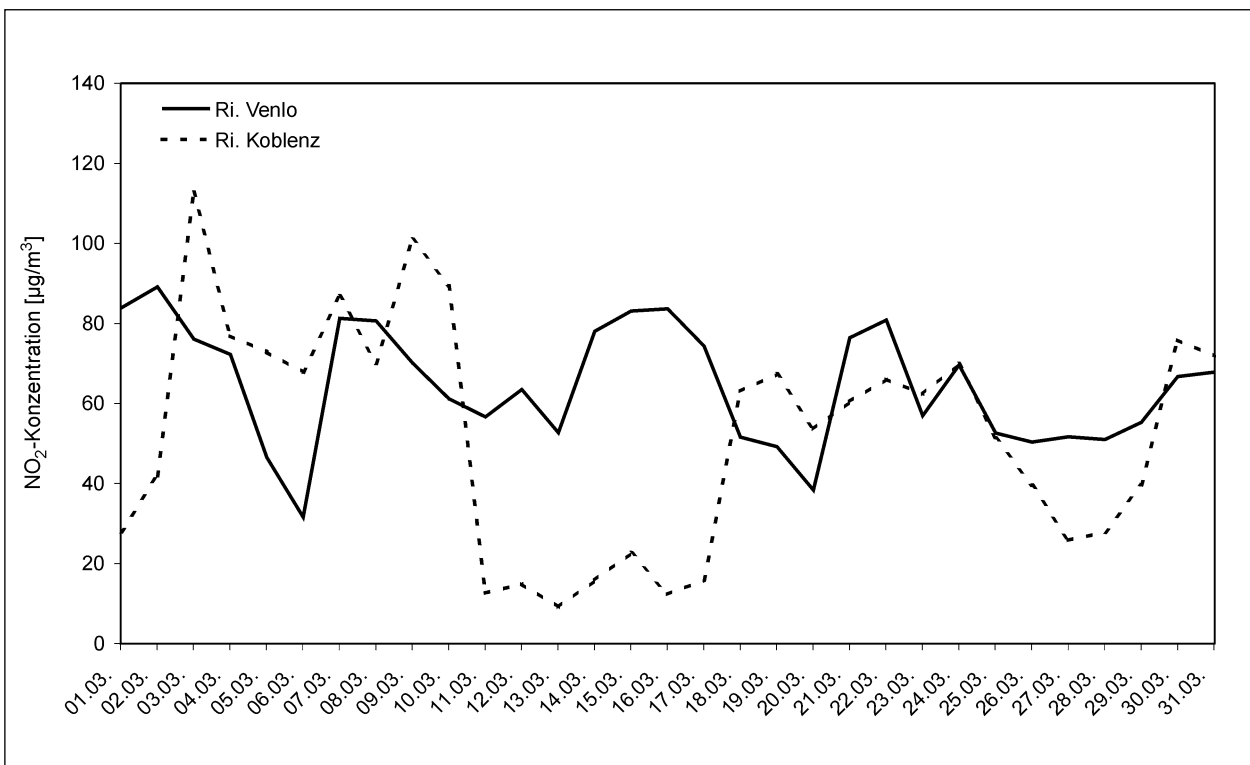


Bild 4.19: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat März 2005

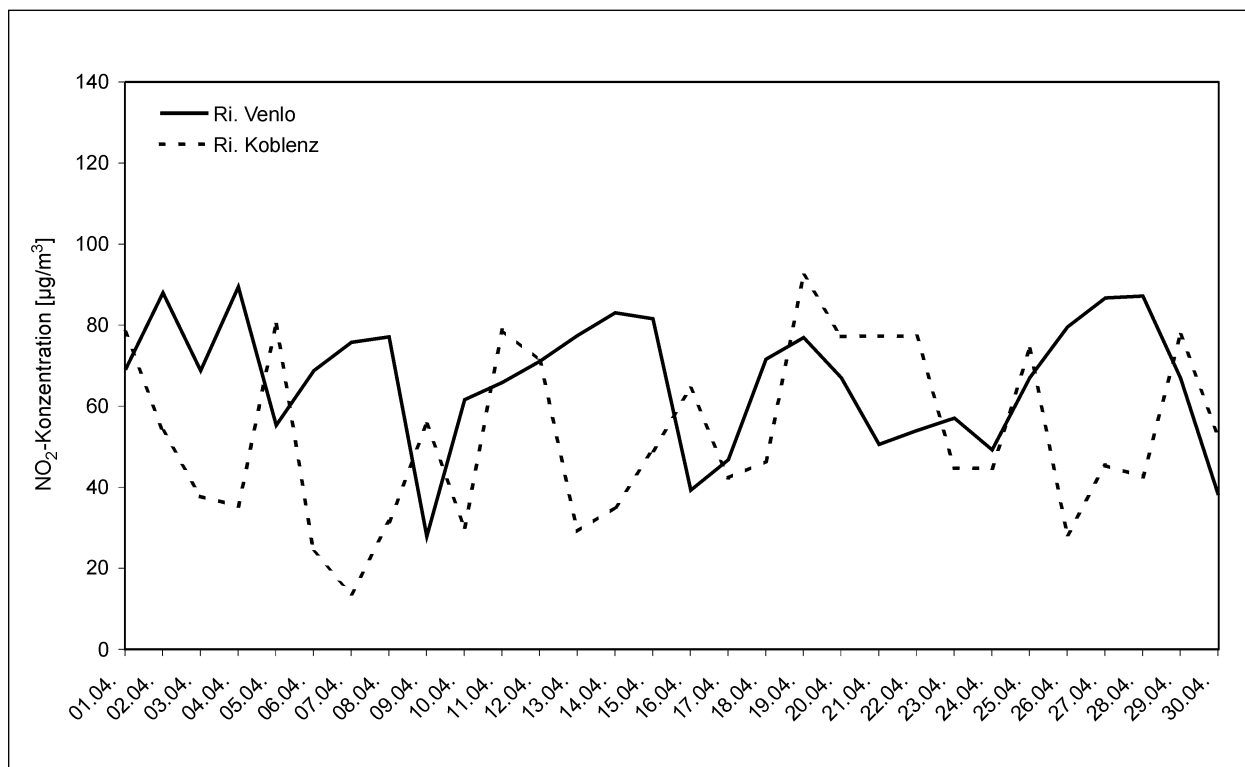


Bild 4.20: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat April 2005

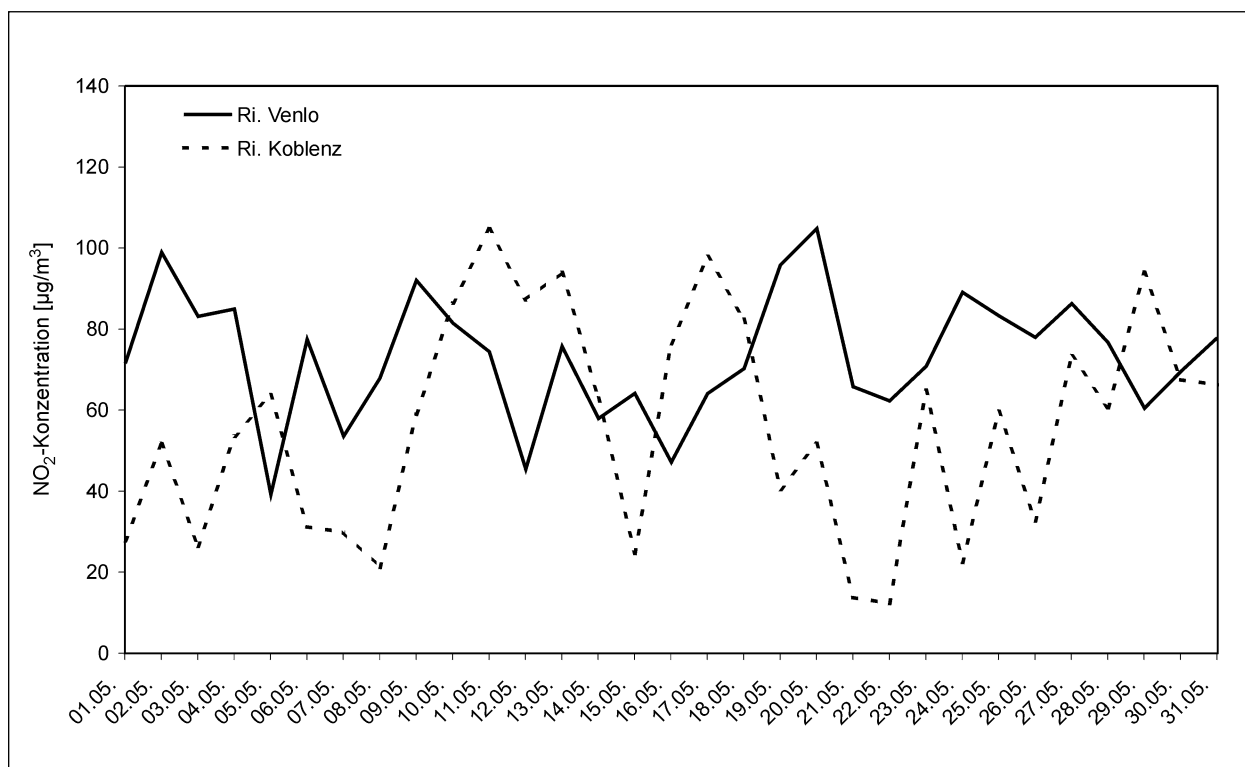


Bild 4.21: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Mai 2005

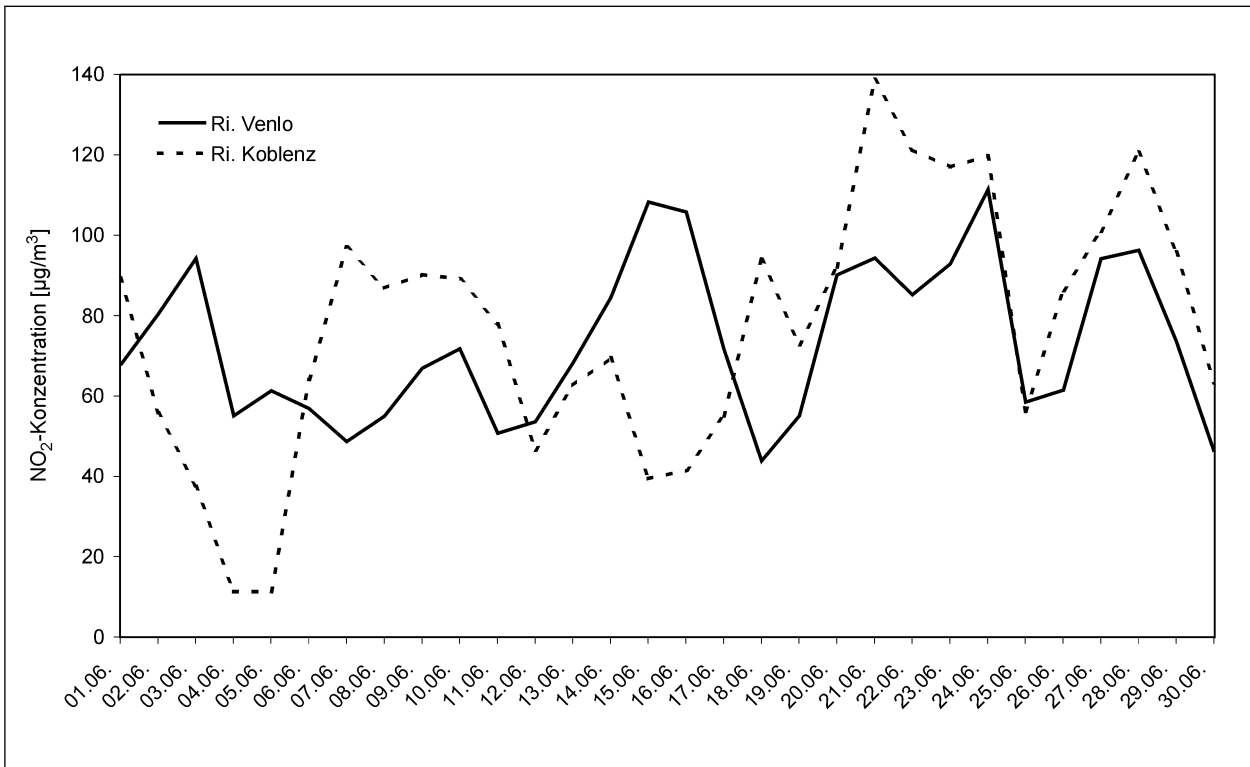


Bild 4.22: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juni 2005

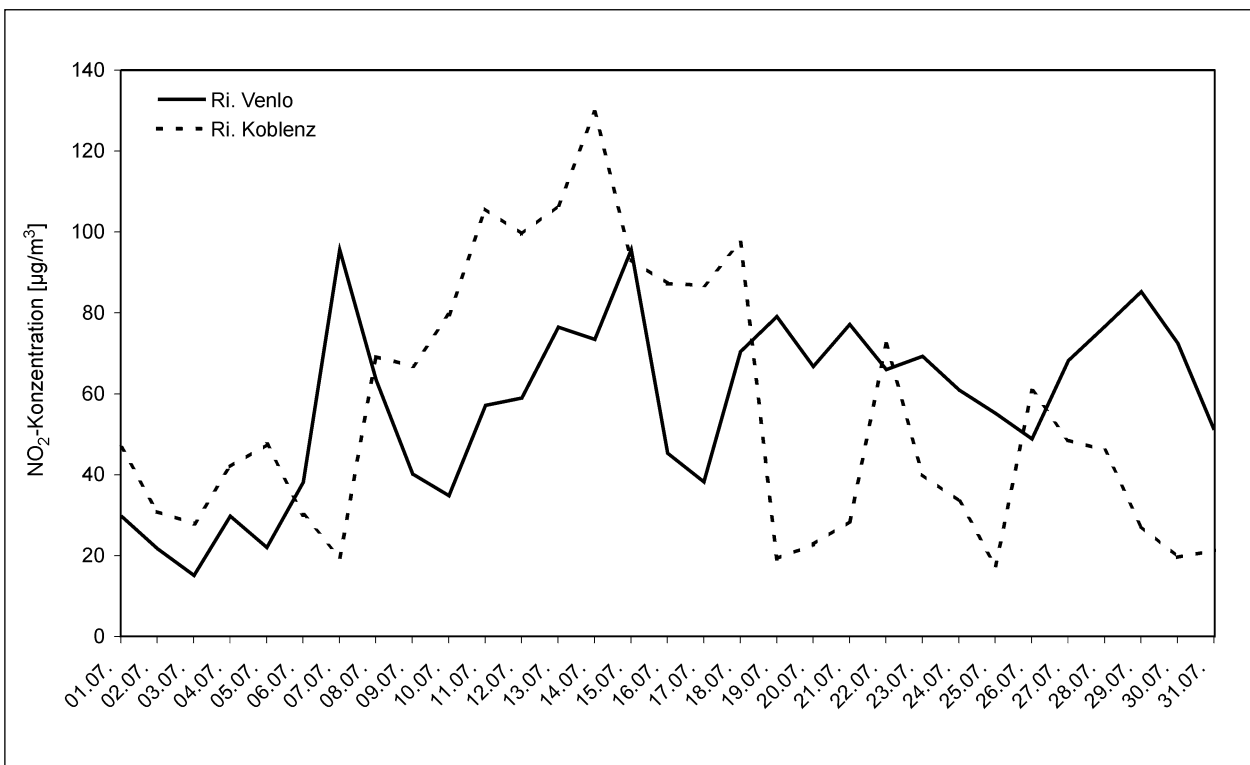


Bild 4.23: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juli 2005

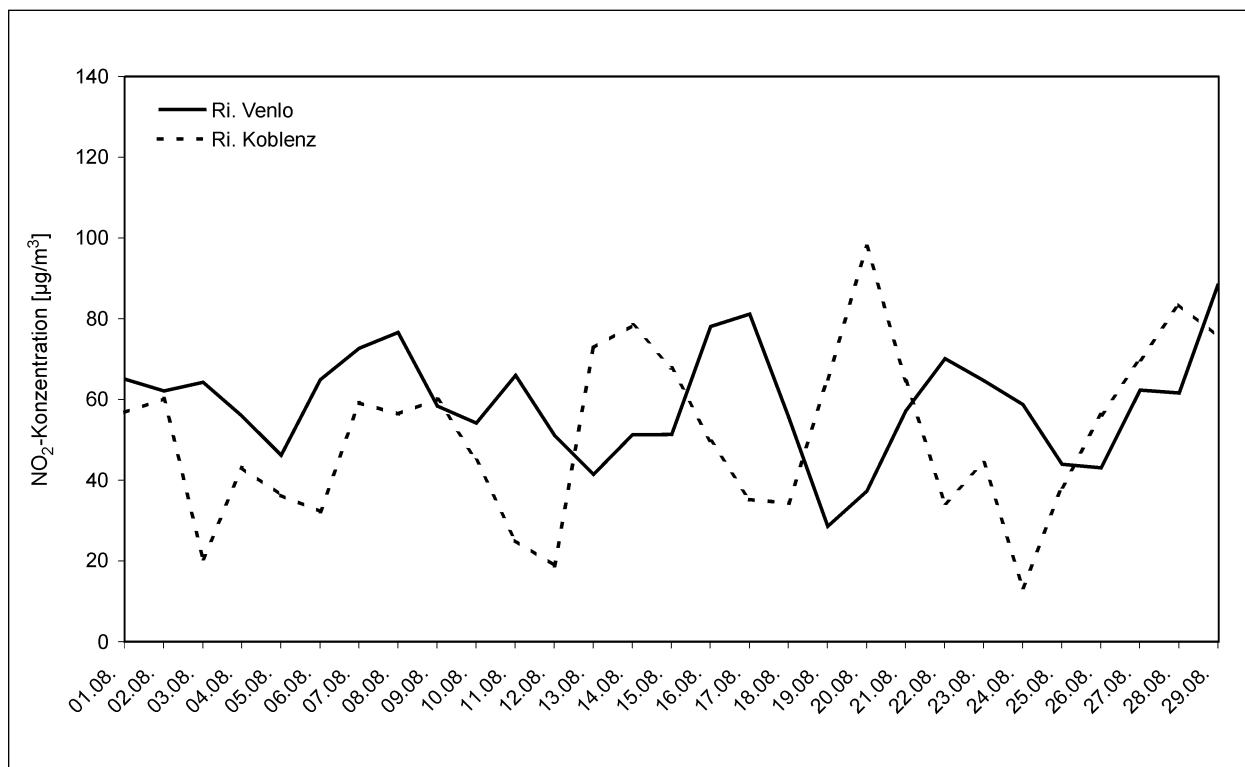


Bild 4.24: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat August 2005

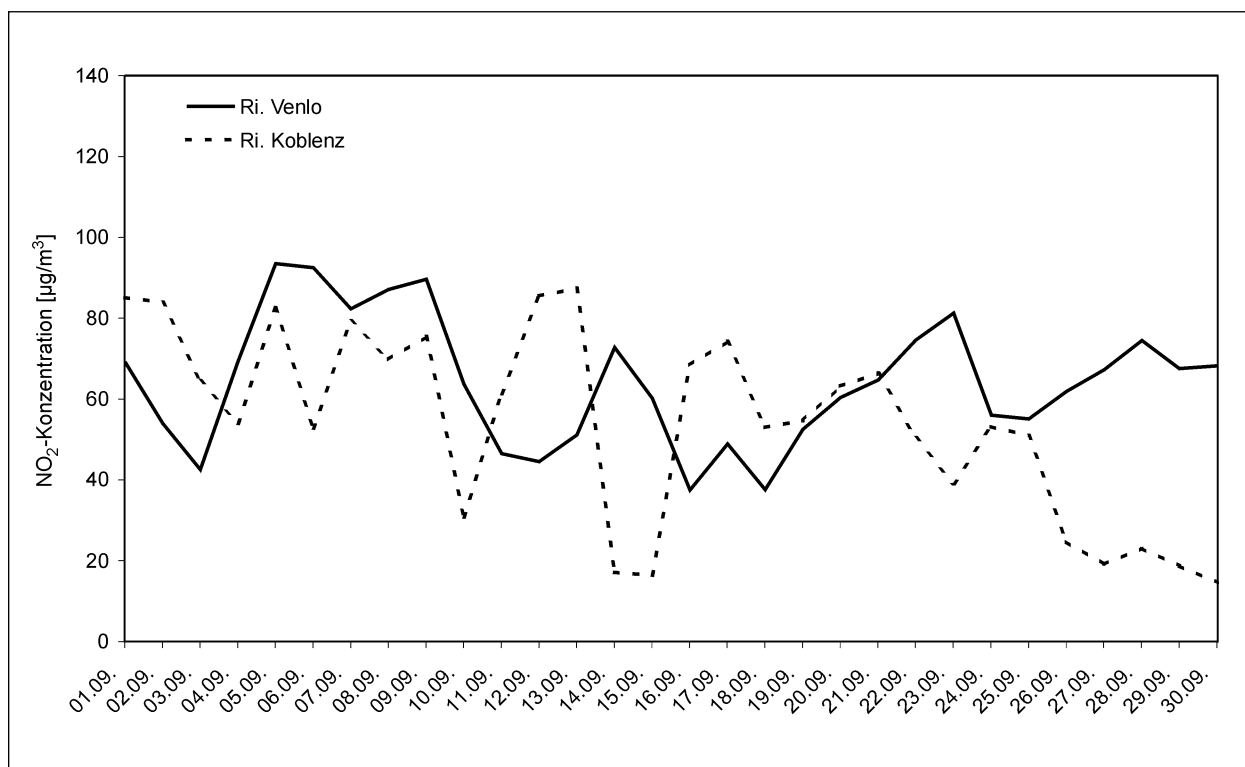


Bild 4.25: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat September 2005

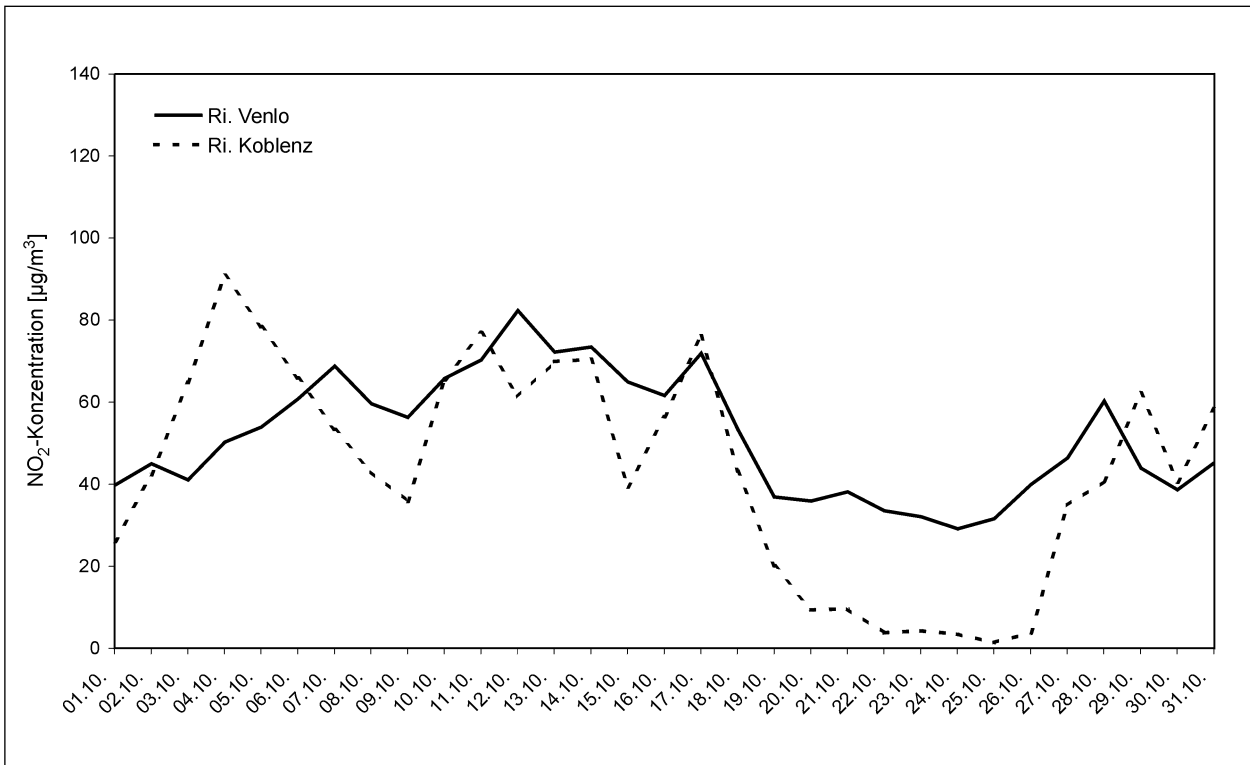


Bild 4.26: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Oktober 2005

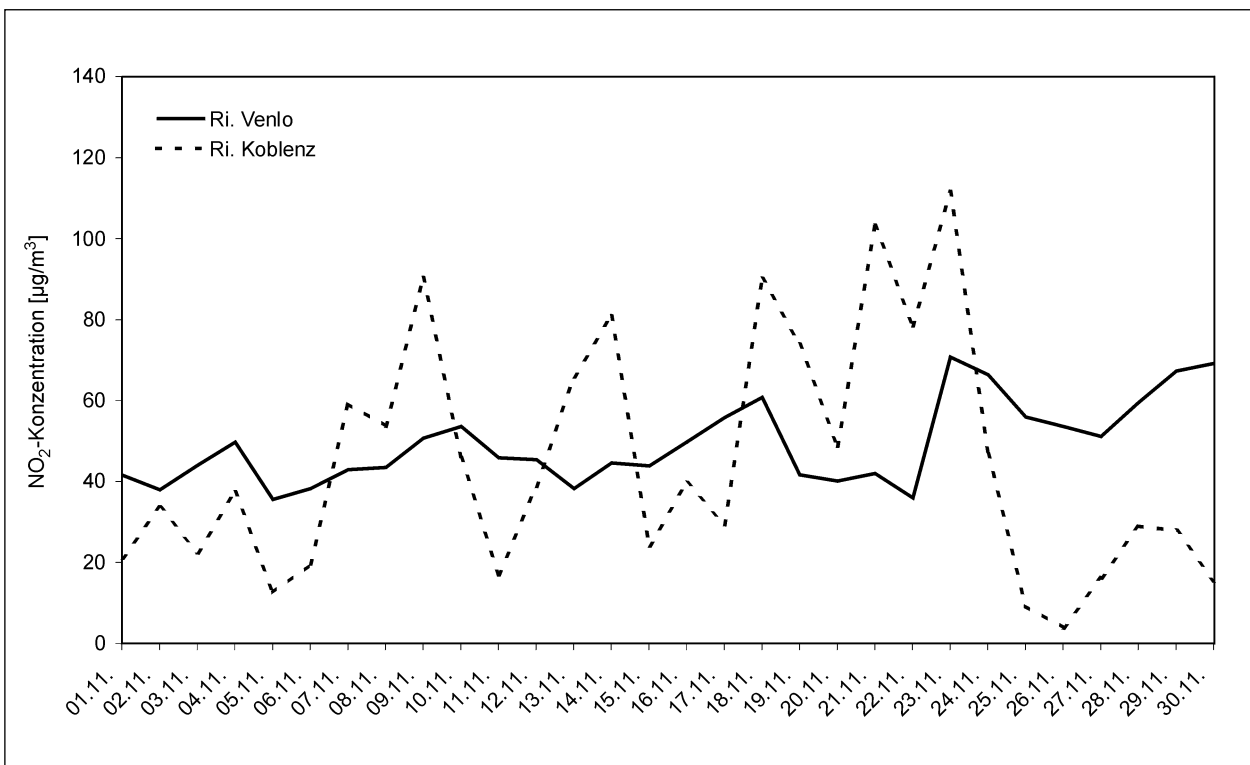


Bild 4.27: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat November 2005

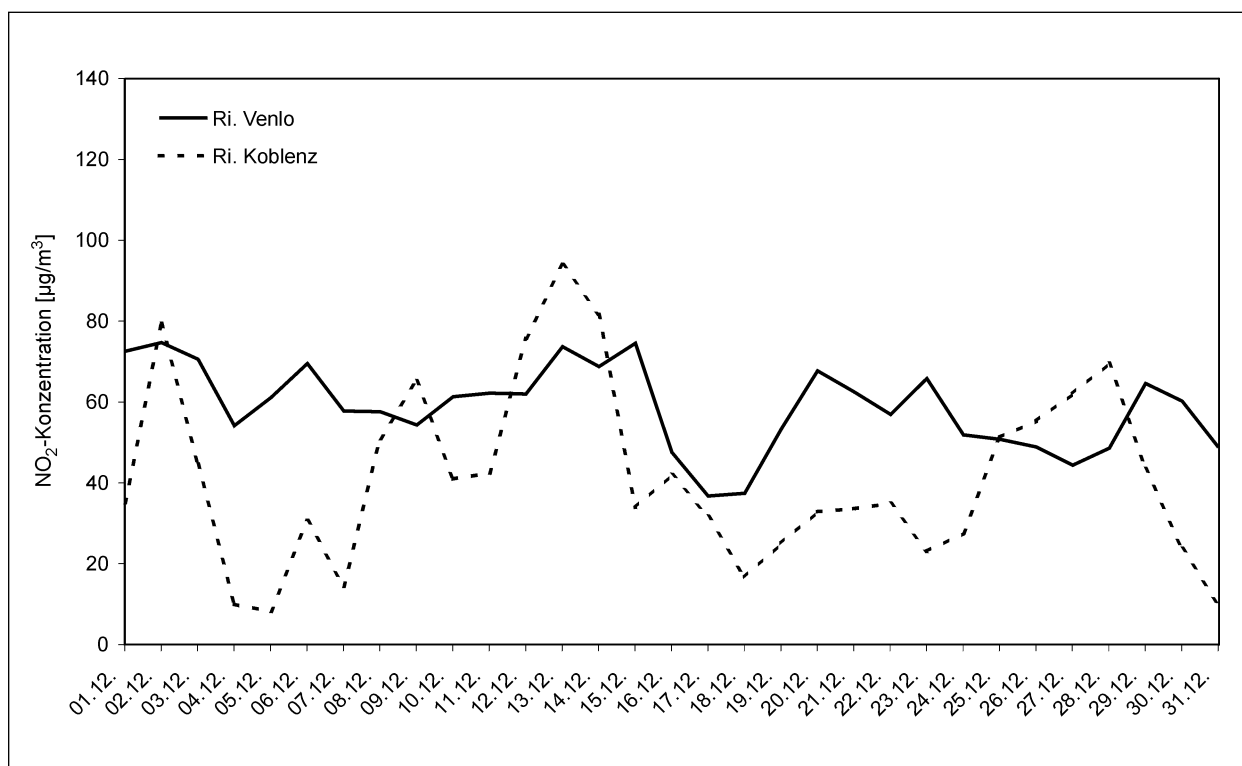


Bild 4.28: Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Dezember 2005

konzentrationen aufweisen. Umkehrungen dieses Verhaltens sind insbesondere auf Windverhältnisse zurückzuführen, die nicht den bevorzugt auftretenden entsprechen.

Es ist ebenfalls festzustellen, dass die NO₂-Tages- und Monatsmittelwerte im Jahresverlauf durch photochemische Prozesse (siehe Kapitel 1) im Sommer höhere Werte aufweisen als im Winter. Dieser Mechanismus bewirkt am Messquerschnitt an der A 61 deutlichere Unterschiede zwischen den Jahreszeiten als am Messquerschnitt an der A 4.

Die Bilder 4.29 und 4.30 zeigen die mittleren Tagesgänge der NO₂-Belastungen neben den Fahrbahnrandern an der A 4 und an der A 61. An beiden Standorten können typische Ganglinienverläufe beobachtet werden, die durch die Spitzenbelastungen des Verkehrs beeinflusst wurden.

Die NO₂-Schadstoffkonzentration an der A 4 weist zwischen 8:00 und 18:00 Uhr einen stetig ansteigenden Verlauf auf. Außerhalb dieses Zeitraums fällt die Tageskonzentration bis auf ein Minimum bei etwa 4:00 Uhr ab und steigt dann wieder an. Ursache für diese typischen Tagesverläufe sind zum einen die Verkehrsstärkemaxima etwa bei 8:00 Uhr und 18:00 Uhr, aber auch die während des

Tages aktivierten photochemischen Prozesse, wie sie in Kapitel 1 beschrieben wurden. Hierbei beeinflussen viele meteorologische Parameter die chemischen Reaktionen, deren Auswirkungen auf die NO₂-Konzentration sich den Auswirkungen der verkehrsbildenden Prozesse des Berufspendlerverkehrs überlagern. Des Weiteren unterscheidet sich die Höhe der mittleren Tagesgänge an beiden Messstellen neben dem Fahrbahnrand. Dies ist zurückzuführen auf die dort vorherrschende Windrichtung aus südwestlichen Richtungen. So wird an der Messstelle in Richtung Olpe eher die Hintergrundbelastung und an der Messstelle in Richtung Köln die Gesamtbelastung aufgenommen.

Am Messquerschnitt an der A 61 fällt auf, dass die NO₂-Konzentration an der Messstelle in Richtung Koblenz das eben beschriebene Verhalten zeigt, auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite in Richtung Venlo jedoch ein Abfall in den frühen Nachmittagsstunden beobachtet werden kann, wie er auch ganz leicht an der A 4 auftritt.

Da diese Messstellen leeseitig zur jeweils vorherrschenden Windrichtung liegen, könnte das beobachtete Nachmittagsminimum einerseits mit dem Tagesgang der Windgeschwindigkeit in Zusammenhang stehen. Dieser weist während der

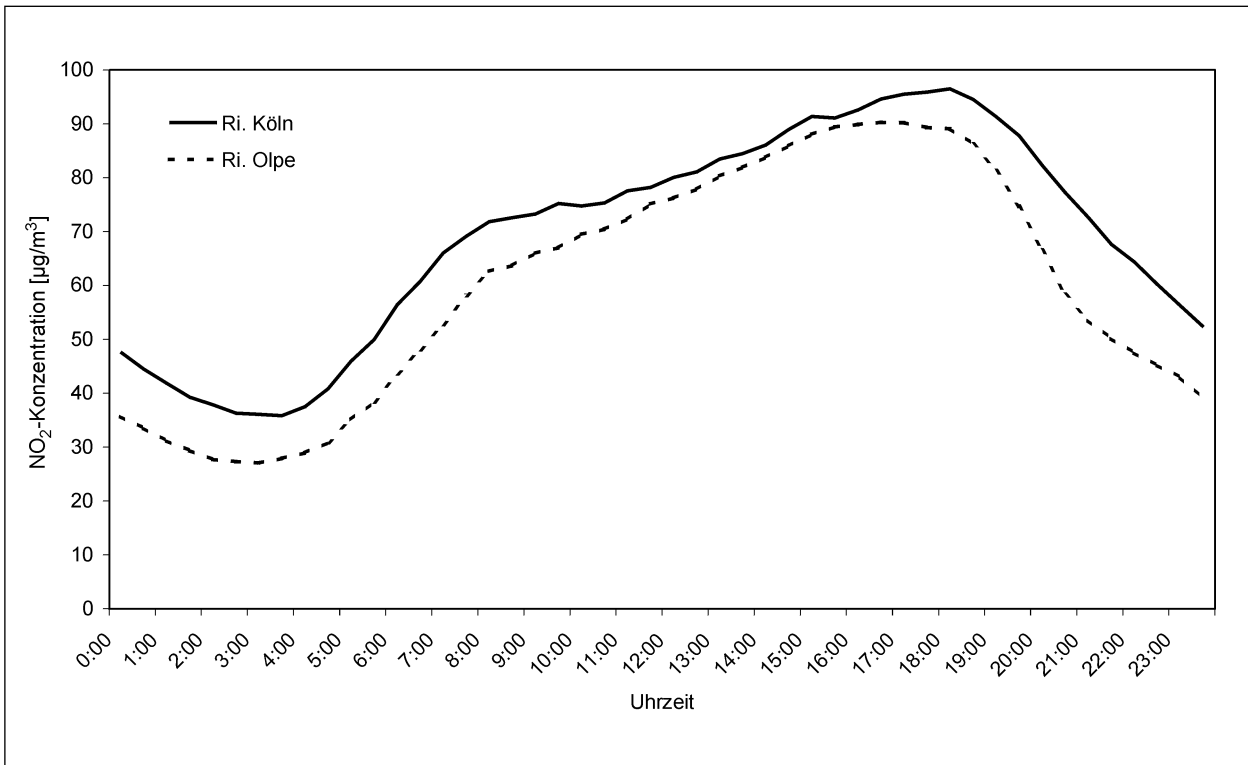


Bild 4.29: Mittlerer Tagesgang der NO_2 -Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 4 für das Jahr 2005

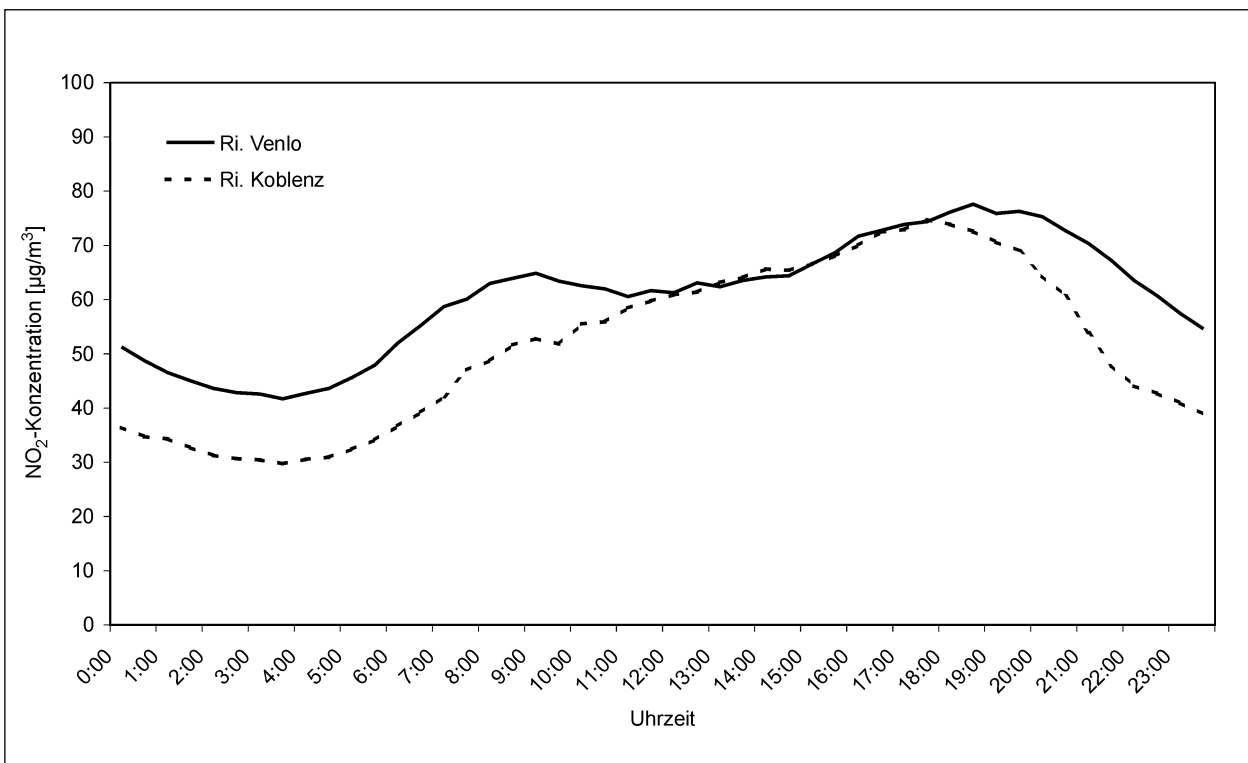


Bild 4.30: Mittlerer Tagesgang der NO_2 -Konzentration neben dem Fahrbahnrand an dem Messquerschnitt an der A 61 für das Jahr 2005

Tagstunden zwischen 8:00 und 18:00 Uhr ein Maximum auf und hat seine Ursache in den Tagesgängen der Luftaustauschprozesse zwischen erdoberflächennahen und höher gelegenen Troposphärenschichten. Mit zunehmenden Temperaturen am Vormittag entsteht eine Konvektion in den Luftmassen. Wärmere Luftpakete steigen auf, kühlere sinken ab. Dies führt zu einem erhöhten vertikalen Durchmischen zwischen bodennahen und höheren Luftschichten. Dadurch wird ein erhöhtes Bewegungsmoment der Luft aus höheren Schichten zur Erdoberfläche übertragen und die Strömungsgeschwindigkeit in den bodennahen Schichten vergrößert. Durch eine erhöhte Windgeschwindigkeit könnte das von den Fahrzeugen emittierte NO schneller über die Fahrbahn und von der Messstelle weggetragen werden und so weniger Zeit haben, durch chemische Reaktionen in Stickstoffdioxid NO_2 umgewandelt zu werden.

Da Bewuchs und Bebauung großen Einfluss auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit haben, kann dieser Effekt an der leeseitigen Messstelle an der A 4 nicht in dem Maße beobachtet werden wie an der A 61, da die Trasse der A 4 südlich durch ein Waldgebiet und nördlich durch eine Lärmschutzwand eingeschlossen ist.

Andererseits konnte bei näherer Untersuchung der Messdaten festgestellt werden, dass der beschriebene Abfall der Belastung am Nachmittag ebenfalls vom Wochentag abhängt. Hier unterscheiden sich insbesondere die Werte an Freitagen und am Wochenende von denen der Wochentage Dienstag bis Donnerstag, was wiederum auf einen Zusammenhang mit dem an diesen Tagen zu verzeichnenden unterschiedlichen Verkehrsaufkommen hindeutet.

Die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen Schadstoffbelastung, meteorologischen Parametern wie Strahlung, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Verkehrsstärke, Tageszeit und Wochentag sind jedoch ein sehr komplexes Wechselspiel dieser Größen untereinander. Weitergehende Untersuchungen zu diesen Zusammenhängen werden zurzeit in einem anderen Projekt der BAST durchgeführt.

4.2 Ozon O_3

Gemäß 33. BImSchV gelten für Ozonwerte ab dem Jahr 2010 eine Informationsschwelle im Stunden-

	Maximaler O_3 -Stundenmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl Überschreitungen Informationsschwelle	Anzahl Überschreitungen Alarmschwelle
A 4	199,7	2	-
A 61	173,4	-	-

Tab. 4.1: Maximale O_3 -Stundenmittelwerte sowie Anzahl der Überschreitungen der ab 2010 geltenden Informations- und der Alarmschwelle an den Messquerschnitten an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2005

mittel von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und eine Alarmschwelle im Stundenmittel von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe Kapitel 1).

An den beiden Messquerschnitten der BAST wurde an den straßennahen O_3 -Messstellen lediglich die Informationsschwelle an zwei Stunden im Kalenderjahr an der A 4 überschritten (siehe Tabelle 4.1).

In den Bildern 4.31 bis 4.42 sind die O_3 -Mittelwerte aller Tage des Jahres 2005 dargestellt. Deutlich liegen die Werte am Messquerschnitt an der A 61 über denen am Messquerschnitt an der A 4. Ursache hierfür dürfte zum einen die unterschiedliche Entfernung zur Fahrbahn sein; die Messstelle an der A 61 liegt in einer Entfernung von 28 m zum Fahrbahnrand, die an der A 4 in einer Entfernung von 13 m. Da in größeren Entfernungen zur Fahrbahn durch die Umwandlung des NO in NO_2 immer weniger NO zur Verfügung steht, um O_3 über die Reaktion in O_2 und NO_2 abzubauen, steigen Ozonwerte mit zunehmendem Abstand vom Straßenrand. Des Weiteren liegt die Ozonmessstelle an der A 61 ungeschützt vor der Einstrahlung durch die Sonne, und da diese für die Ozonbildung ebenfalls von Bedeutung ist, können an der A 61 höhere O_3 -Werte beobachtet werden (siehe auch Bild 1.1). Es wurde dennoch eine gemeinsame Darstellung für beide Standorte gewählt, da in dieser ein überregionaler Zusammenhang zu erkennen ist. Beide Kurven weisen parallel verschoben ein sehr ähnliches Verhalten bei Zu- und Abnahmen der O_3 -Konzentration auf.

An dem Messquerschnitt an der A 4 trat durch einen Geräteausfall während des gesamten Mai und der ersten Hälfte des Juni ein Datenverlust auf. Dieser führte dazu, dass an der A 4 für das Kalenderjahr 2005 lediglich ein Prozentsatz von 82,4 % der O_3 -Messdaten vorliegt, im Vergleich zu 98,6 % an der A 61. In Bezug auf die Vegetationsperiode von April bis September liegen an der A 4 sogar nur 67,2 % der Daten vor, da der Ausfall genau in diesem Halbjahr aufgetreten ist. Der Datenausfall liegt

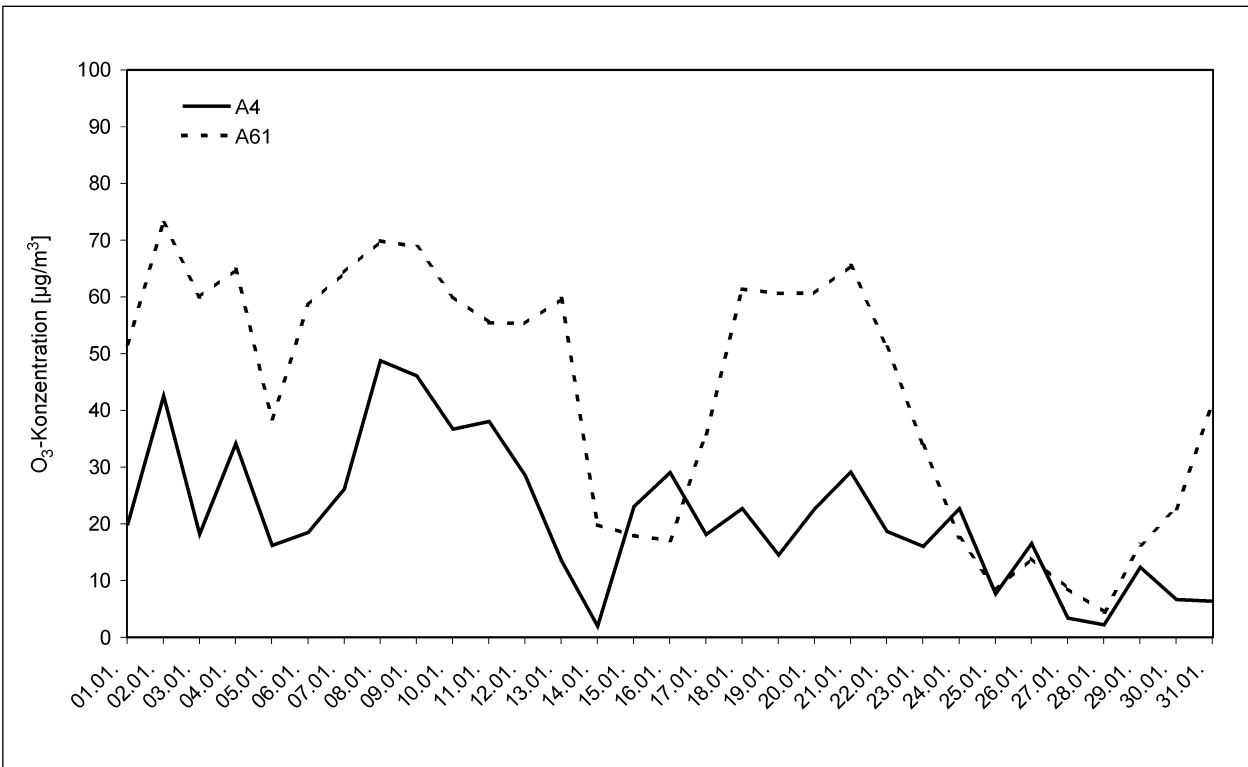


Bild 4.31: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Januar 2005

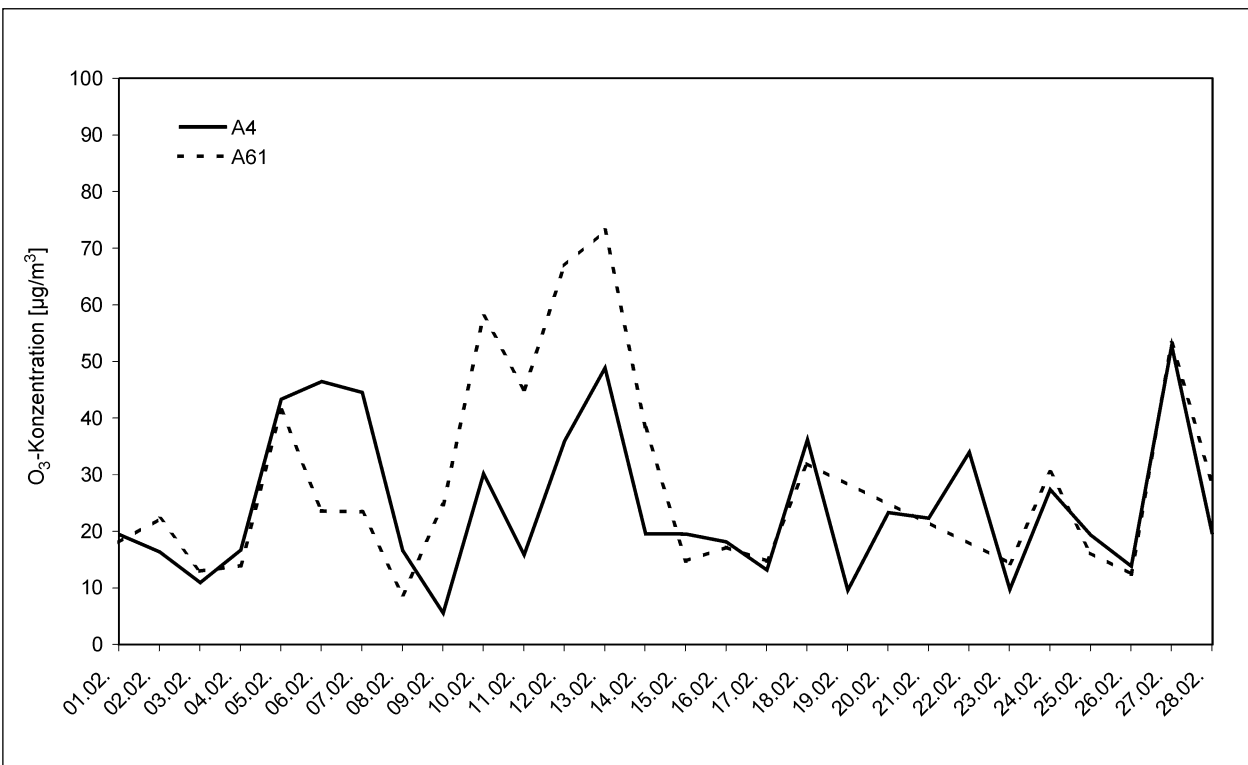


Bild 4.32: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Februar 2005

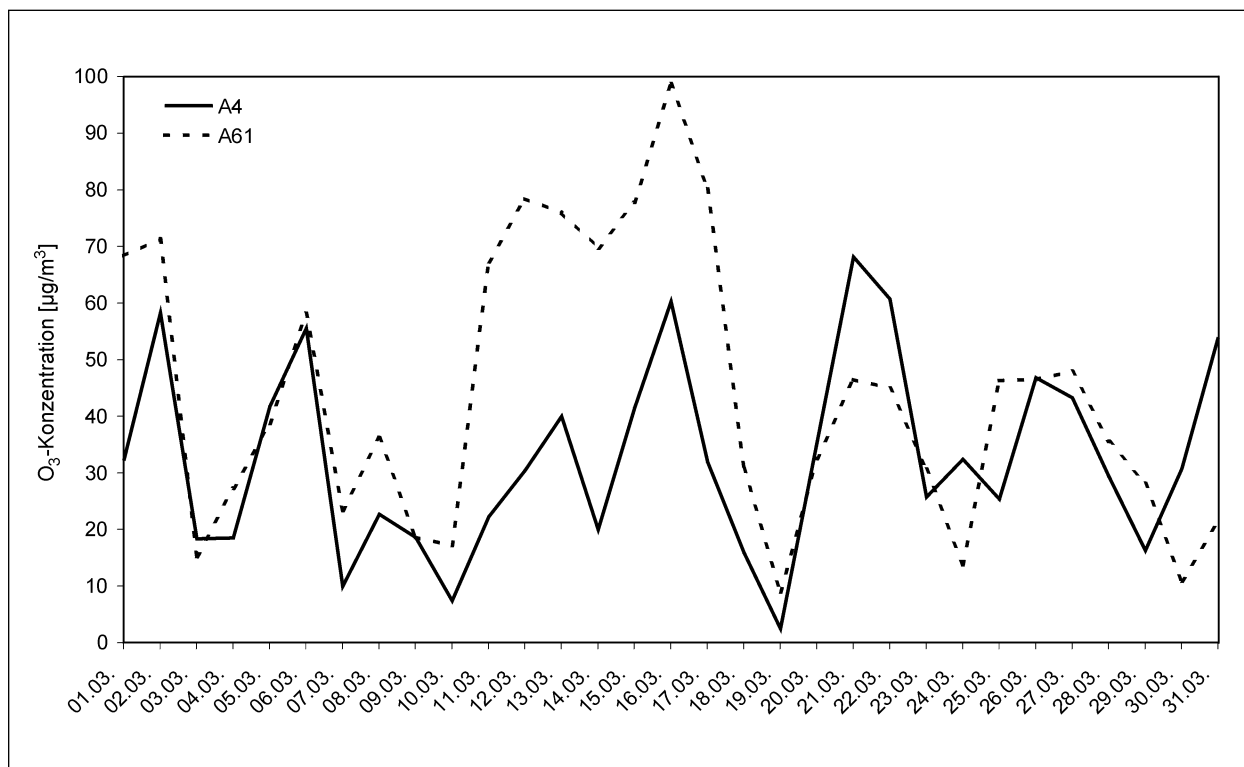


Bild 4.33: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat März 2005

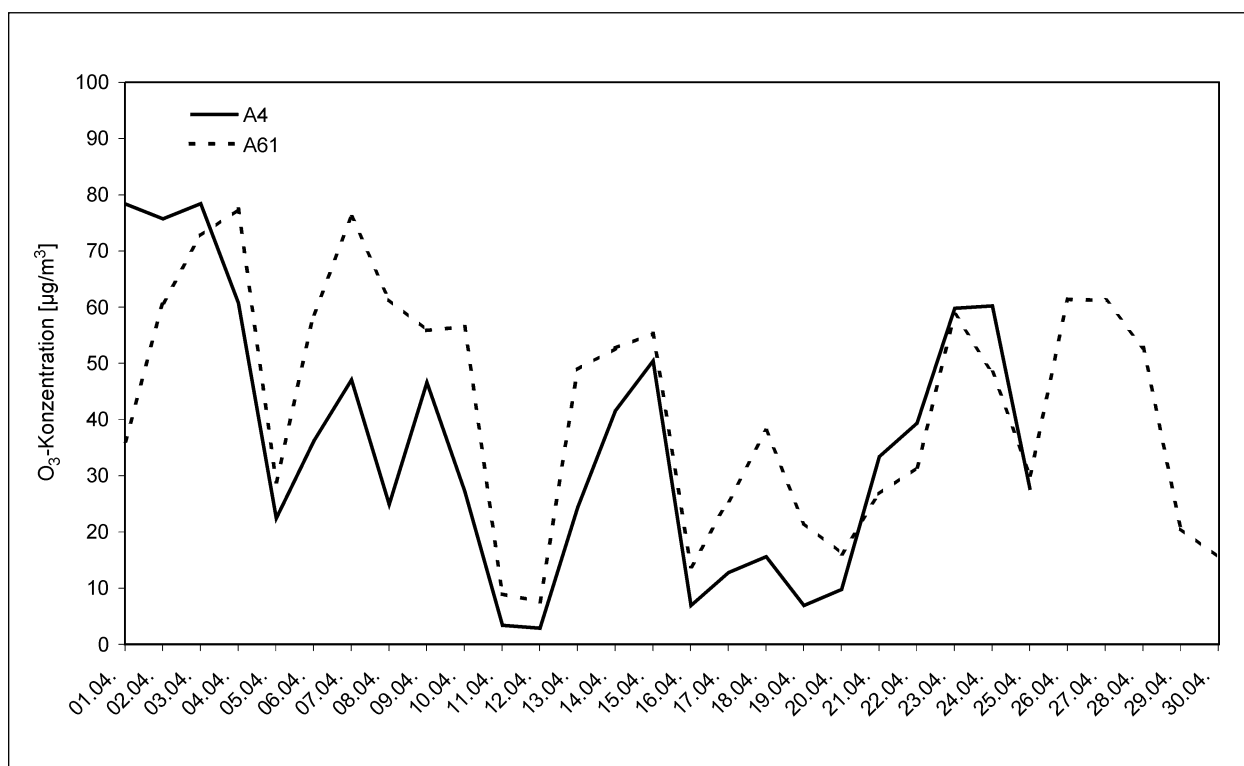


Bild 4.34: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat April 2005

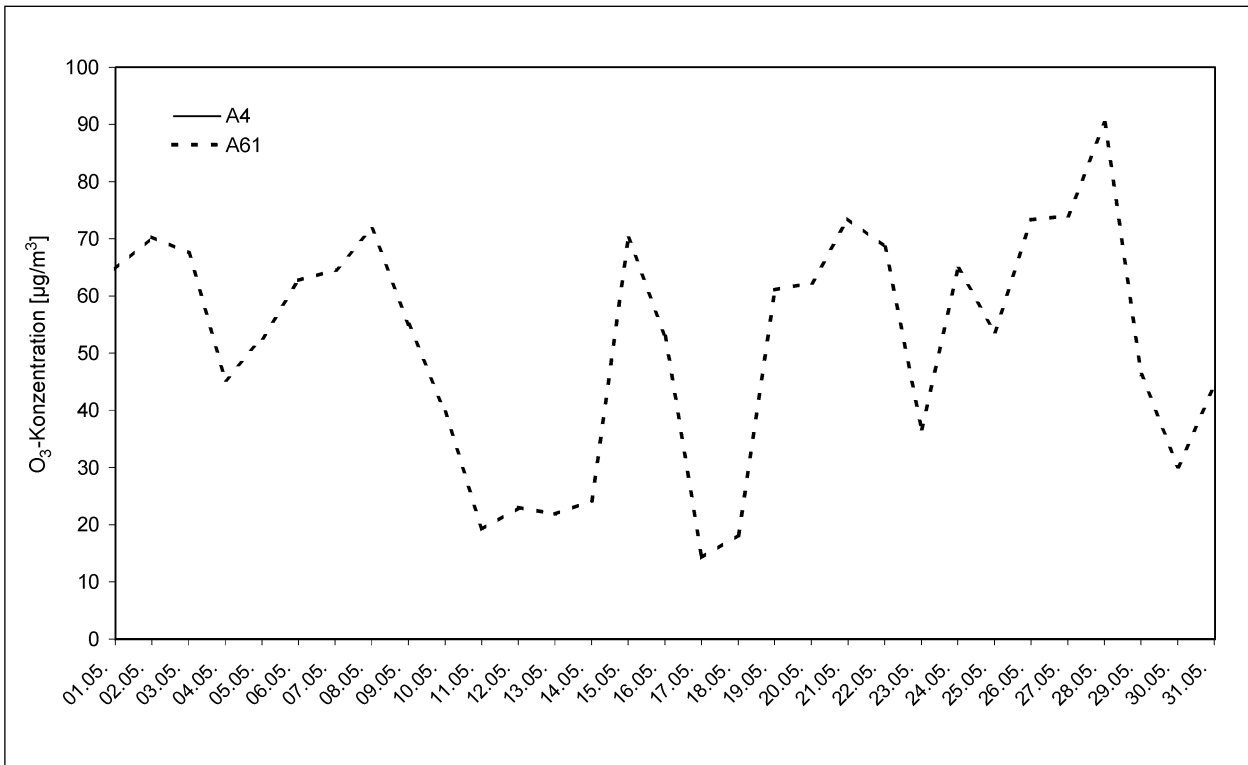


Bild 4.35: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Mai 2005

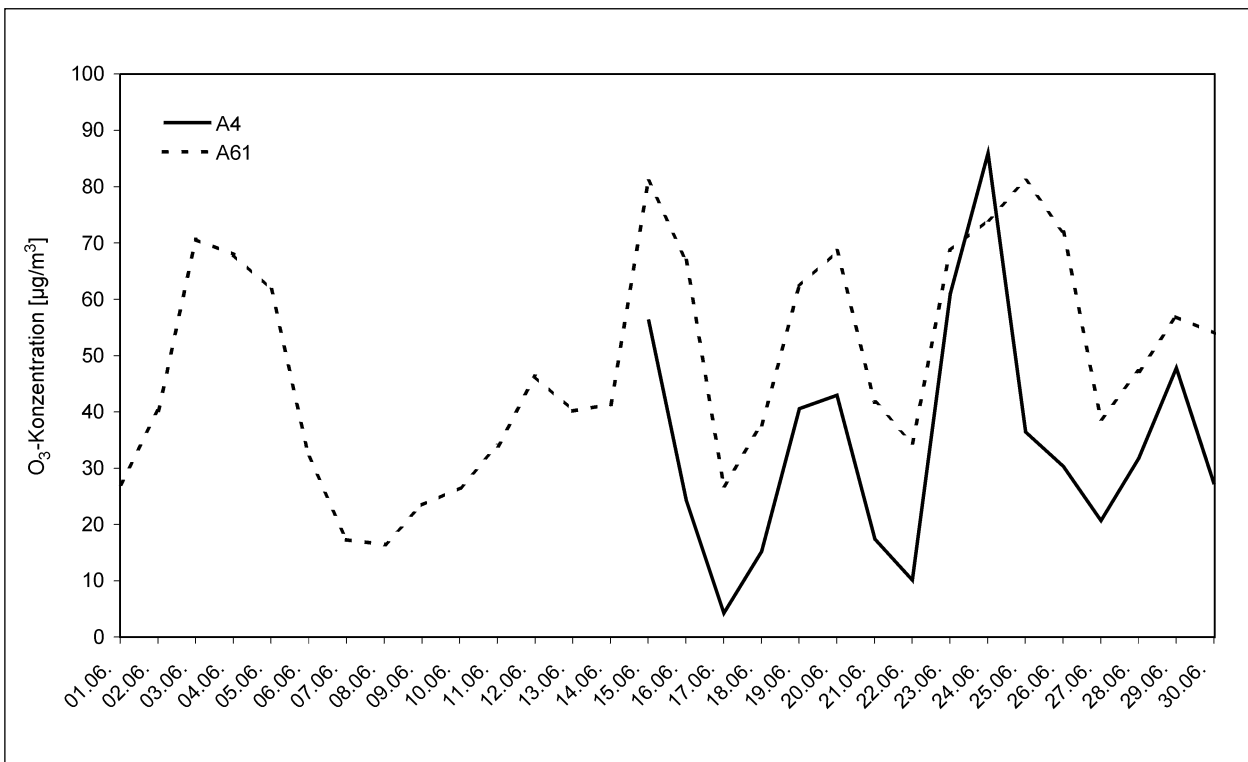


Bild 4.36: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Juni 2005

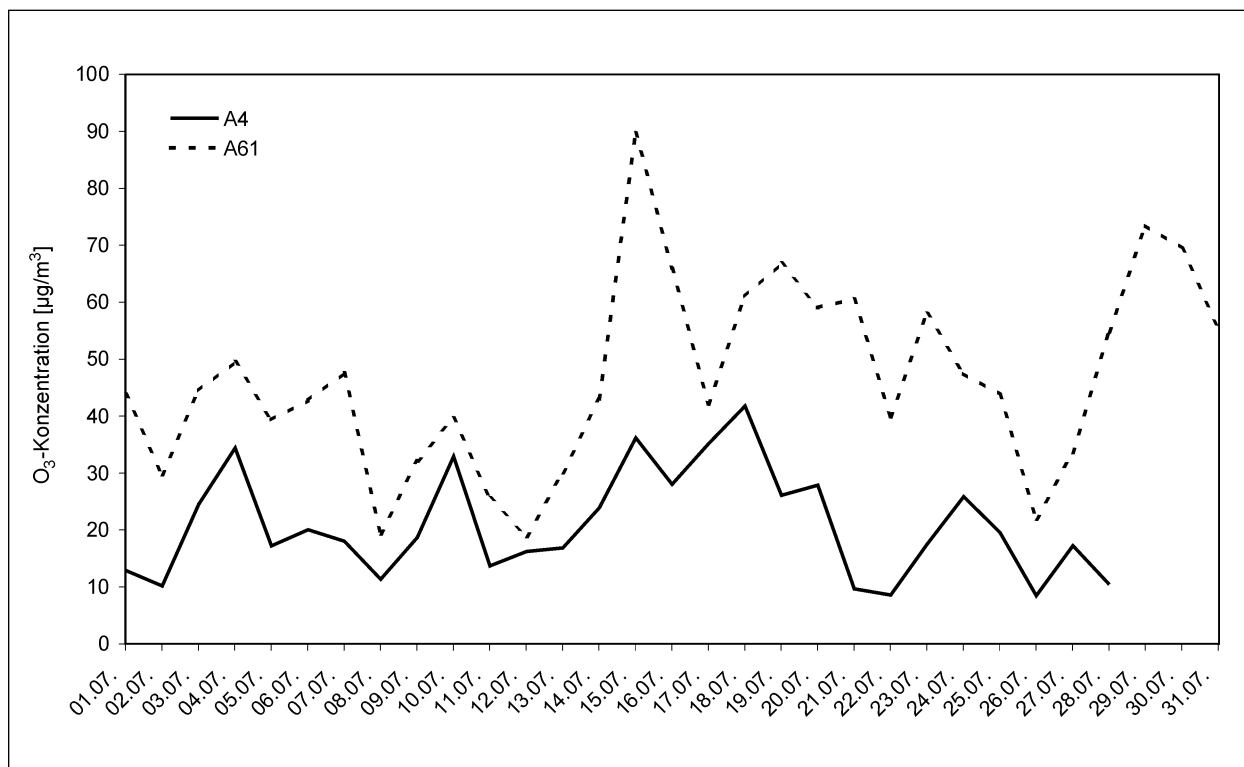


Bild 4.37: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Juli 2005

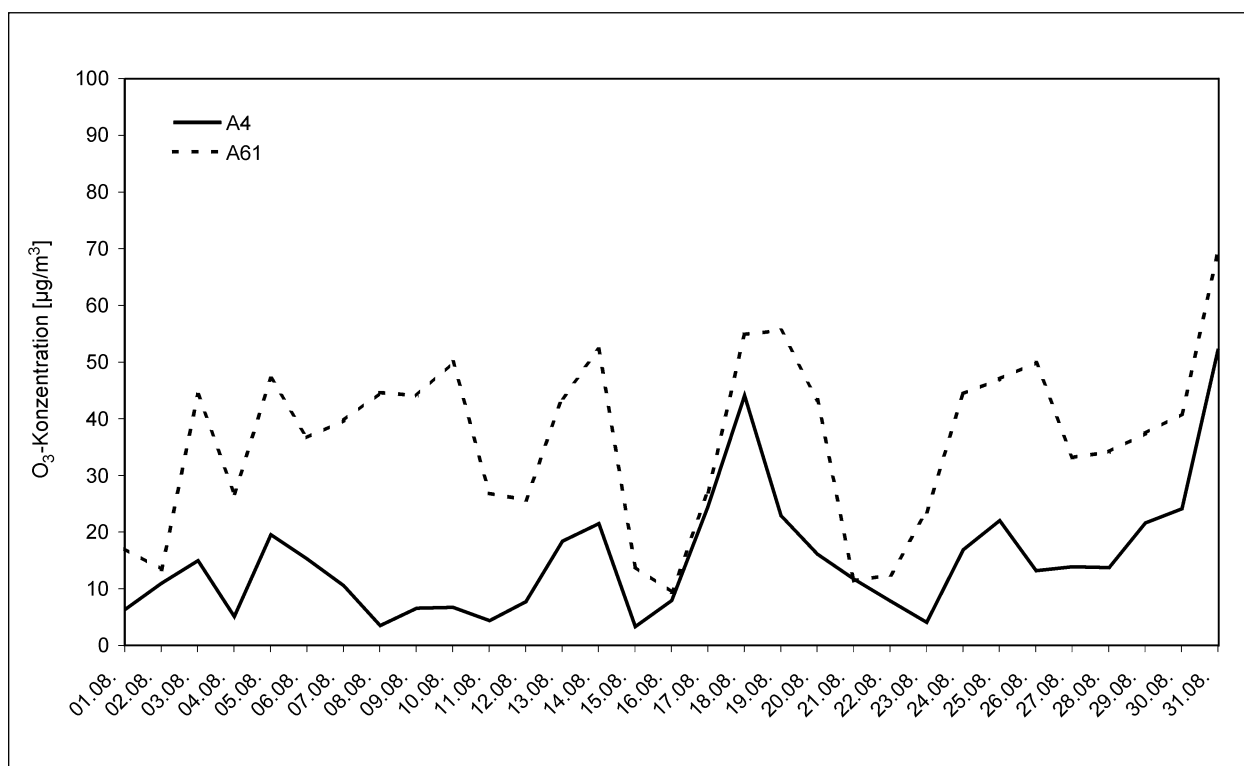


Bild 4.38: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat August 2005

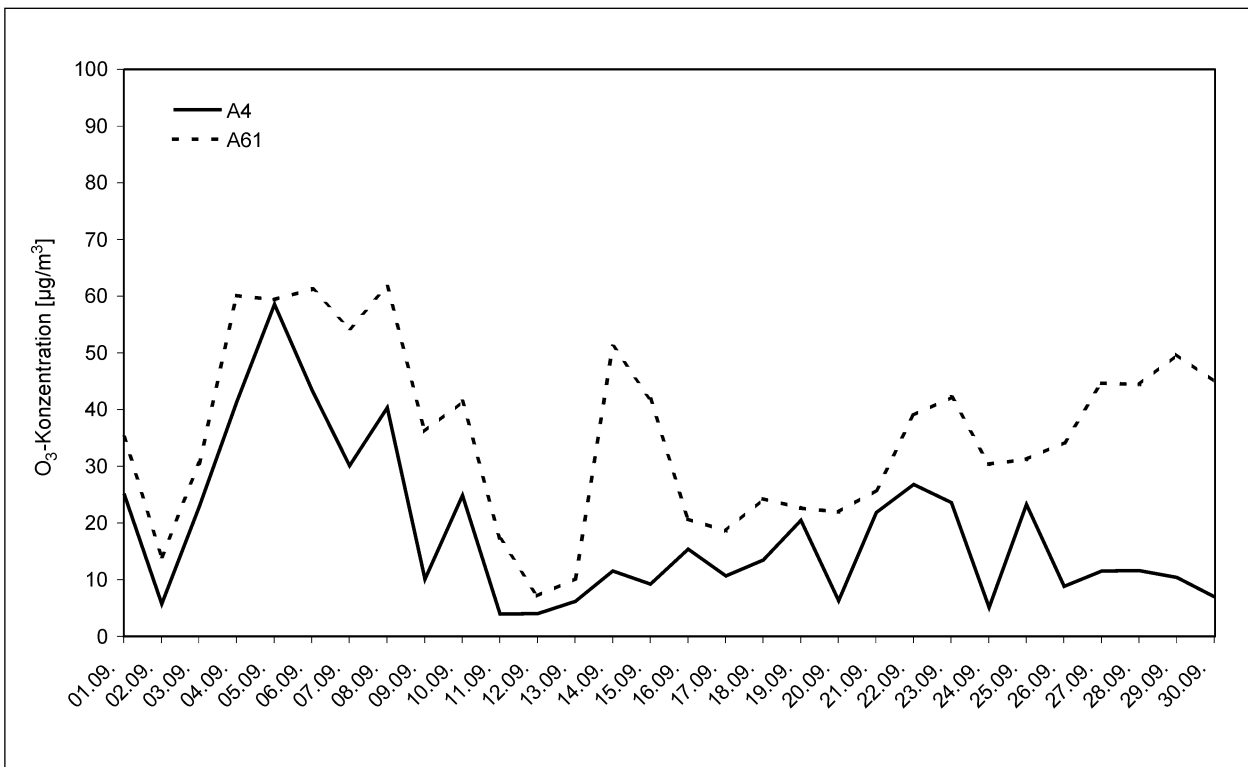


Bild 4.39: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat September 2005

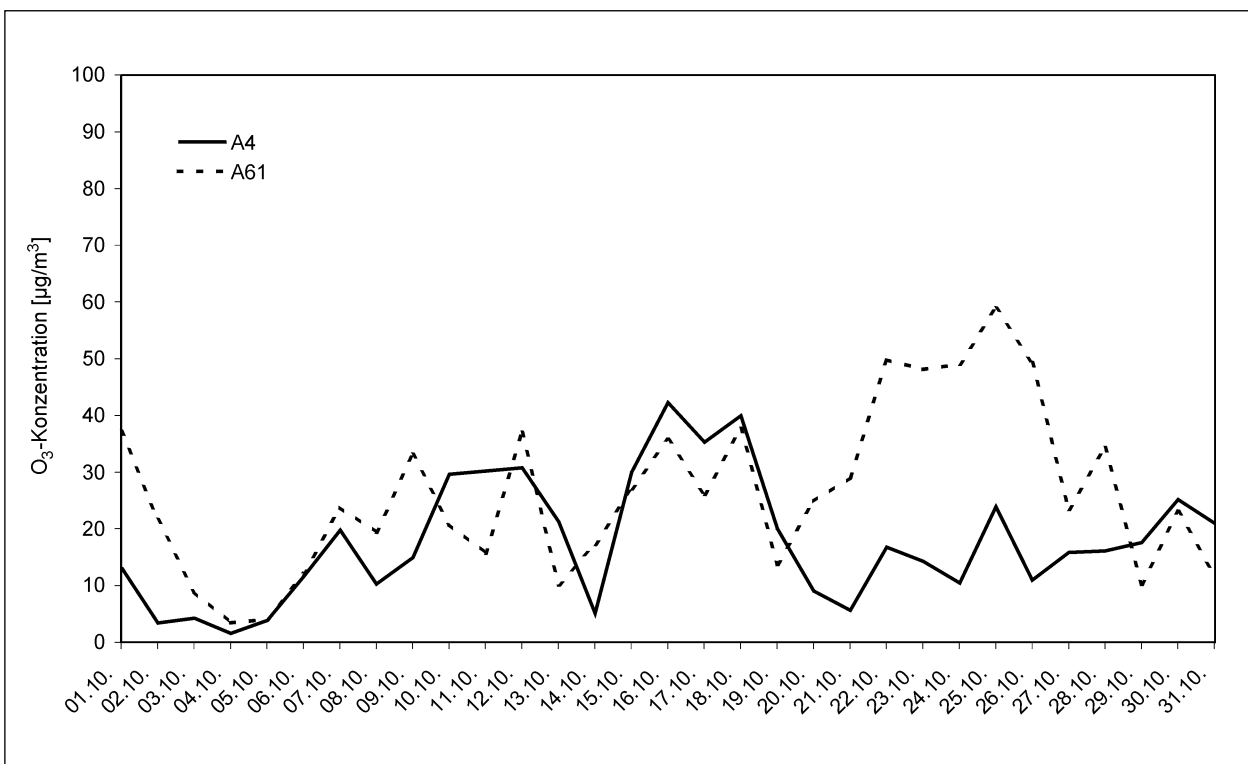


Bild 4.40: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Oktober 2005

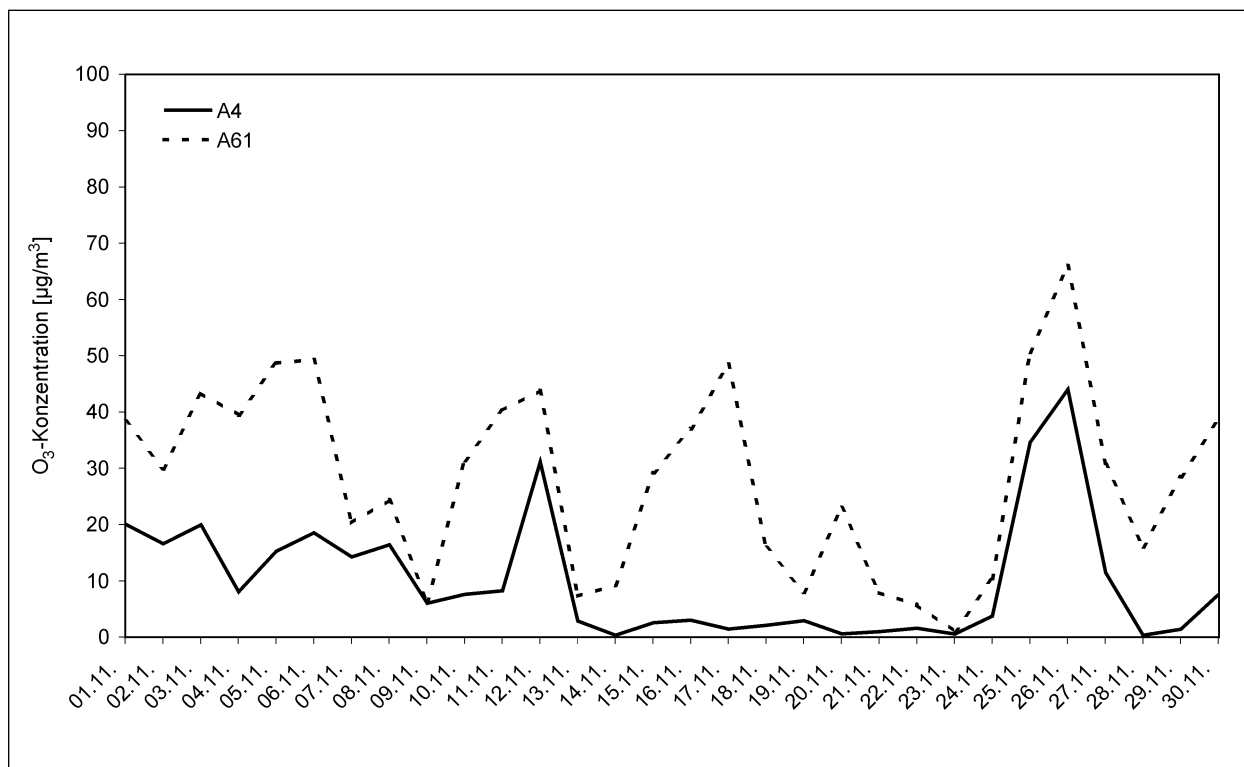


Bild 4.41: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat November 2005

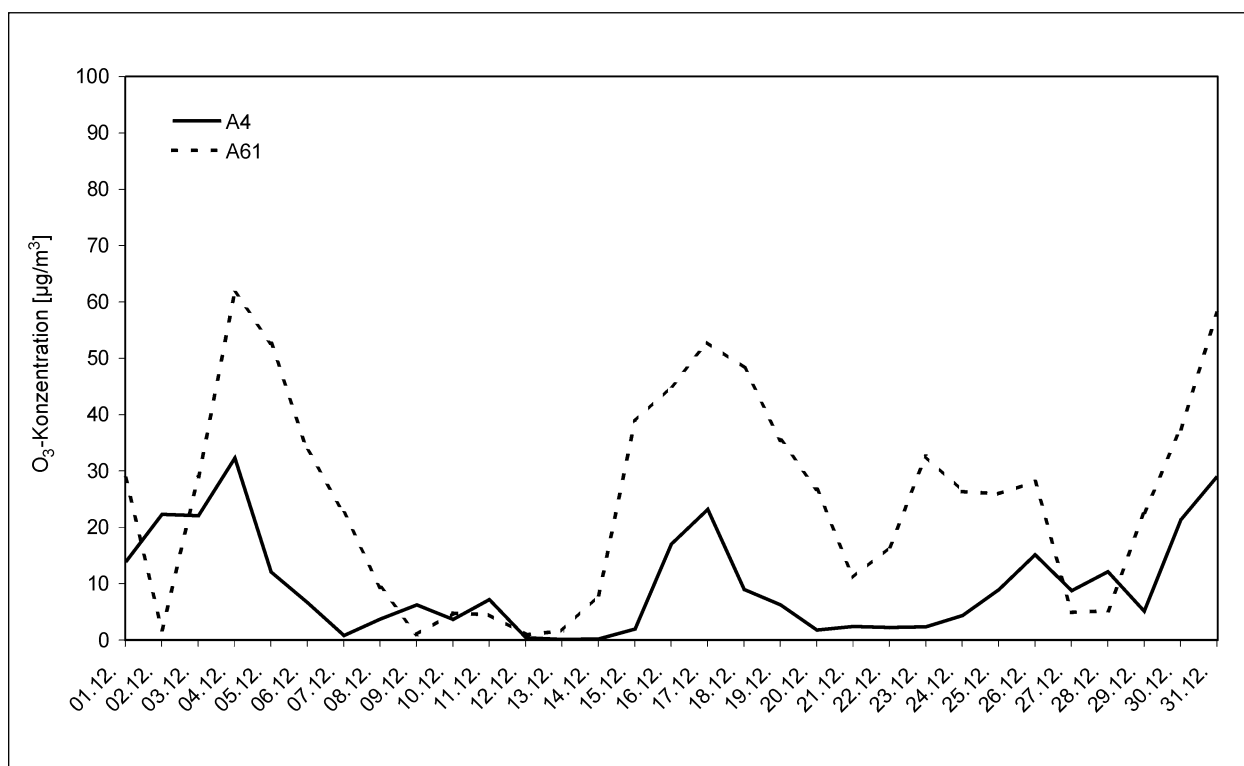


Bild 4.42: Tagesmittelwerte der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Dezember 2005

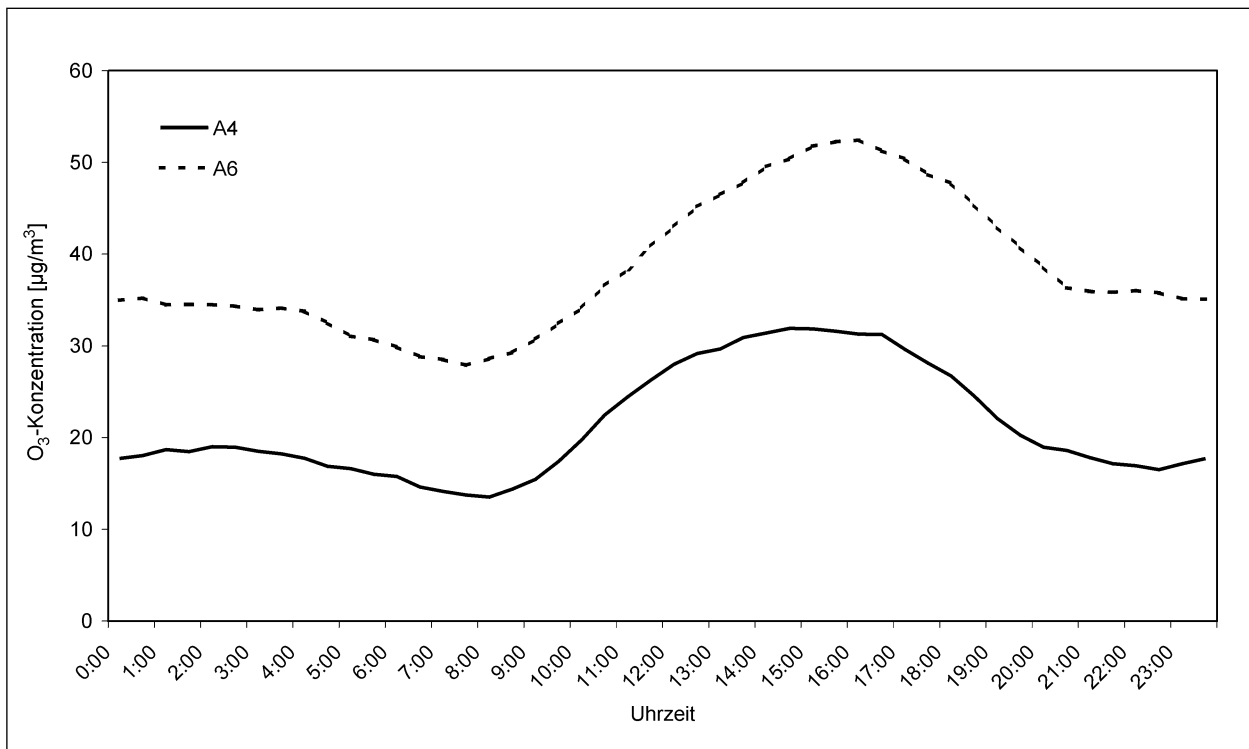


Bild 4.43: Mittlerer Tagesgang der O₃-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und an der A 61 für das Jahr 2005

also in einem kritischen Bereich für etwaige Mittelwertbildungen über das gesamte Kalenderjahr oder Bildung von Tagesgängen, kann aber insbesondere bei Betrachtungen der Stunden- und Tagesmittelwerte oder vergleichenden Betrachtungen der unterschiedlichen Verläufe an beiden Messstandorten akzeptiert werden.

Der Umfang der Ozonbildung ist abhängig von der Intensität der Strahlung und der Konzentration der Ozonvorläuferstoffe. Dies ist der Grund für einen typischen mittleren Tagesgang des Ozons, der auch in Bild 4.43 an beiden Messquerschnitten nachvollzogen werden kann. Wie oben beschrieben überwiegt während der Sonnenscheindauer die Ozonbildung durch Zerfall von NO₂ zu NO und O unter Einfluss der Strahlung und nachfolgender Verbindung des O mit dem vorhandenen Luftsauerstoff zu O₃. Während der Nacht wird das O₃ durch den dominierenden Prozess der NO₂-Bildung aus O₃ und NO vermehrt abgebaut, sodass in dieser Zeit die Ozonkonzentration wieder abfällt.

Der Messquerschnitt an der A 4 liegt im Ballungsgebiet Köln und wird durch dieses stärker durch Ozonvorläuferstoffe beeinflusst als der Standort an der A 61, welcher sich in einer ländlicheren Region befindet. Da das NO₂ in den Stunden ohne Sonnenstrahlung für den Ozonabbau sorgt, liegen die Werte an der A 4 durch den Einfluss der großstädt-

tischen Schadstoffe deutlich unter denen, die an der A 61 gemessen werden.

Bei dieser Betrachtung muss der Datenausfall an der A 4 berücksichtigt werden (siehe oben). Durch fehlende Daten in den sonnenreicheren Frühsommermonaten Mai und Juni wird die Kurve des über das gesamte Kalenderjahr betrachteten O₃-Tagesgangs nach unten verschoben und somit der Abstand zur O₃-Tagesganglinie an der A 61 etwas größer. Dieser Abstand bewegt sich jedoch lediglich in der Größenordnung von 2,5 % bis 6,5 %, trägt also zu den deutlichen Konzentrationsunterschieden nur wenig bei.

4.3 Partikel PM₁₀/PM_x

Im Kalenderjahr 2005 wurde an der A 4 ein PM₁₀-Jahresmittelwert von 26,9 µg/m³ und an der A 61 von 24,1 µg/m³ aufgenommen, womit an beiden Messquerschnitten der Grenzwert der 22. BImSchV von 40 µg/m³ eingehalten wurde (siehe Bild 4.44). Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ wurde an der A 4 14-mal und an der A 61 7-mal überschritten mit Maximalwerten von 88,4 µg/m³ (A 4) bzw. 60,3 µg/m³ (A 61). Die maximal zulässige Anzahl von 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr konnte somit eingehalten werden.

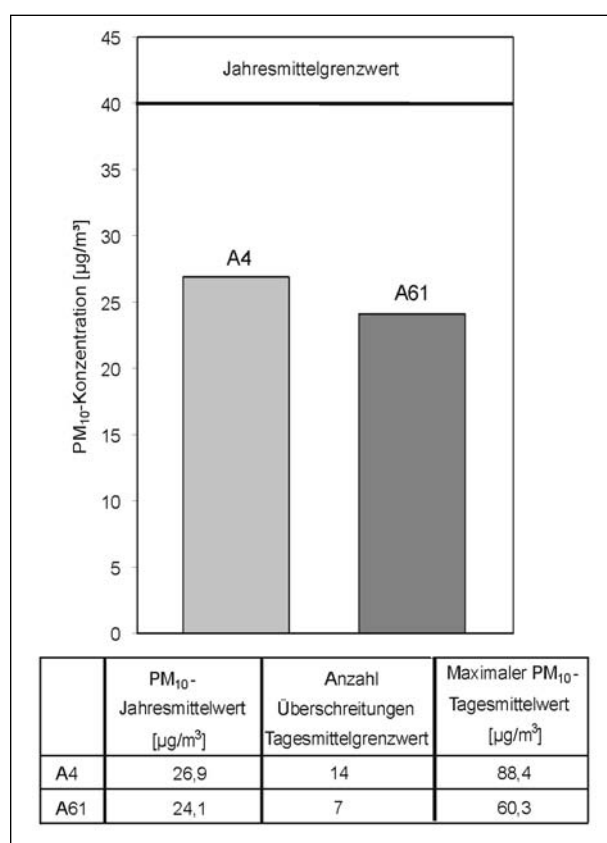


Bild 4.44: Gegenüberstellung des PM₁₀-Jahresmittelwertes, der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes sowie des maximalen PM₁₀-Tagesmittelwertes der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2005

Insgesamt liegen die aufgenommenen Mittelwerte an der A 61 niedriger als an der A 4. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die Bedingungen für eine ungestörte Ausbreitung an der A 61 erheblich günstiger sind für eine schnelle Verteilung und somit auch für einen schnelleren Abtransport der Partikel. Wie in Kapitel 2 dargestellt, liegt der Messquerschnitt an der A 61 unbeeinflusst von Vegetation oder Wohnbebauung, wohingegen an der A 4 eine Lärmschutzwand und ein ausgedehntes Waldgebiet zu einer Anreicherung von Schadstoffen führen können.

Die Bilder 4.45 bis 4.56 zeigen die Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen an beiden Messquerschnitten für alle Monate des Jahres 2005. Auffällig ist die große Übereinstimmung der Messwerte beider Standorte. Dies zeigt deutlich, dass es sich bei der Schwebstaubbelastung insbesondere um ein überregionales Problem handelt, das nur zu einem geringen Teil durch lokale Gegebenheiten wie z. B. eine hochbelastete Außerortsstraße beeinflusst wird. Eine solch auffällige Ähnlichkeit der PM₁₀-Tagesmittelwerte beider Messquerschnitte konnte

bei den anderen Schadstoffkomponenten nicht beobachtet werden.

Meteorologische Parameter wie relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie Niederschlag scheinen somit selbst in Straßennähe auf die Höhe der PM₁₀ weit mehr einzuwirken als z. B. Verkehrsstärke oder typische Geschwindigkeitsverläufe. Insbesondere bei Inversionswetterlagen treten aufgrund fehlender Austauschprozesse zwischen den unteren und oberen Luftschichten Episoden mit stark erhöhten PM₁₀-Werten auf. Hierbei kehrt sich der in der Troposphäre übliche negative Temperaturgradient ins Positive um. Diese inverse Schichtung führt dazu, dass ein vertikaler Luftaustausch nicht stattfinden kann und an der Unterseite der aufliegenden wärmeren Luftschicht Schadstoffe kumulieren sowie eine vermehrte Wolken- und Nebelbildung auftritt (WALCH und FRATER, 2004).

Diese Inversionswetterlagen sind überwiegend in den Wintermonaten zu beobachten, wenn unter dem Einfluss eines Hochdruckgebietes der Himmel aufklart und dadurch die nächtliche Wärmeabstrahlung in Bodennähe gefördert wird. Eine starke Abkühlung der untersten Atmosphärenschichten mit übergelagerten Warmluftschichten ist die Folge. In den kalten Wintermonaten ist die Erwärmung bei Tag durch den niedrigen Stand der Sonne meist nicht ausreichend, um eine Aufwärtströmung zu erzeugen, die einen vertikalen Luftaustausch zulassen und somit die Inversion auflösen könnte. Ein Austausch wird meist erst wieder durch starke Winde während Westwetterlagen in Gang gesetzt.

Durch das vermehrte Auftreten von Inversionen können so genannte PM₁₀-Episoden insbesondere in den Wintermonaten beobachtet werden. Während dieser Episoden nimmt die Partikelbelastung stetig zu und führt in Ballungsgebieten häufig zu Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwertes gemäß 22. Bundesimmissionsschutzverordnung, die über mehrere Tage hinweg andauern können.

Der mittlere Tagesgang der PM₁₀-Konzentration (Bild 4.57) weist an beiden Messquerschnitten deutlich mehr Schwankungen auf als die Tagesgänge der NO₂- und der O₃-Belastungen (siehe oben). Dennoch ist ein tageszeitenabhängiger Verlauf zu erkennen, der sich durch höhere Werte in den Tagstunden und niedrigere Werte während der Nacht auszeichnet. Dieses Verhalten weist also

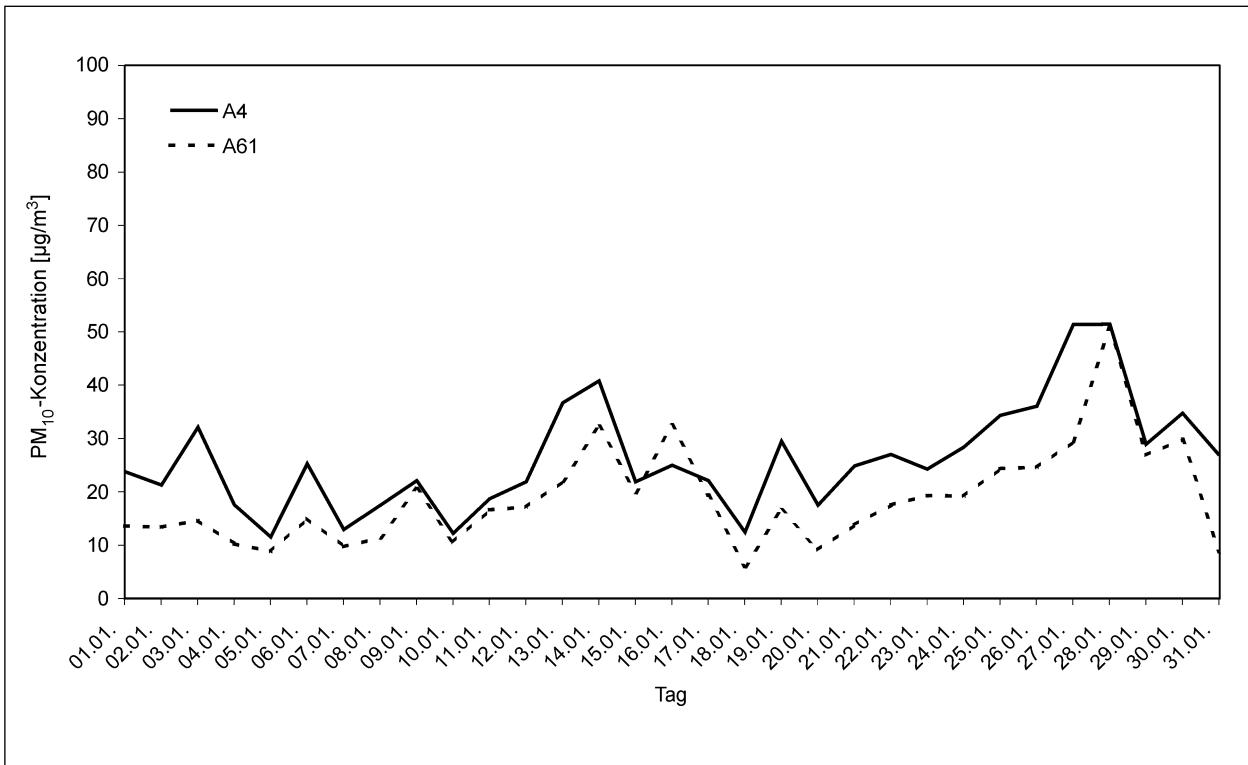


Bild 4.45: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Januar 2005

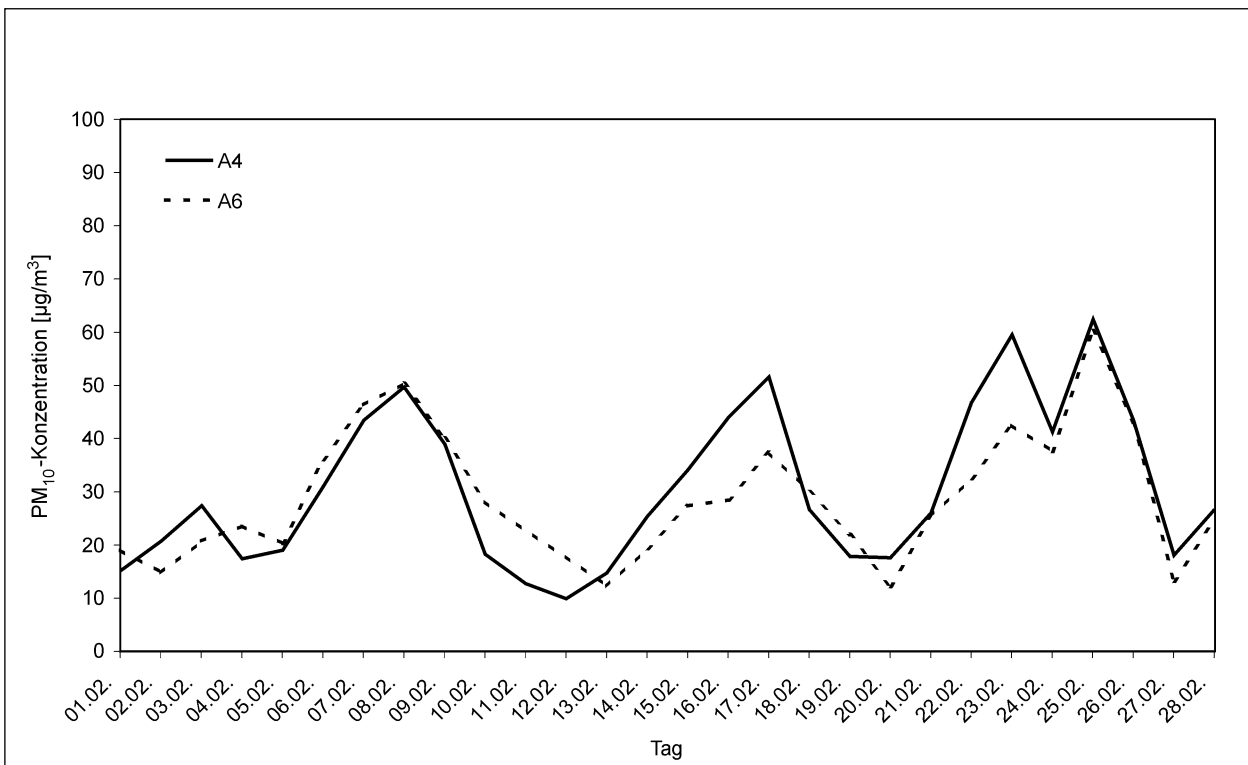


Bild 4.46: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Februar 2005

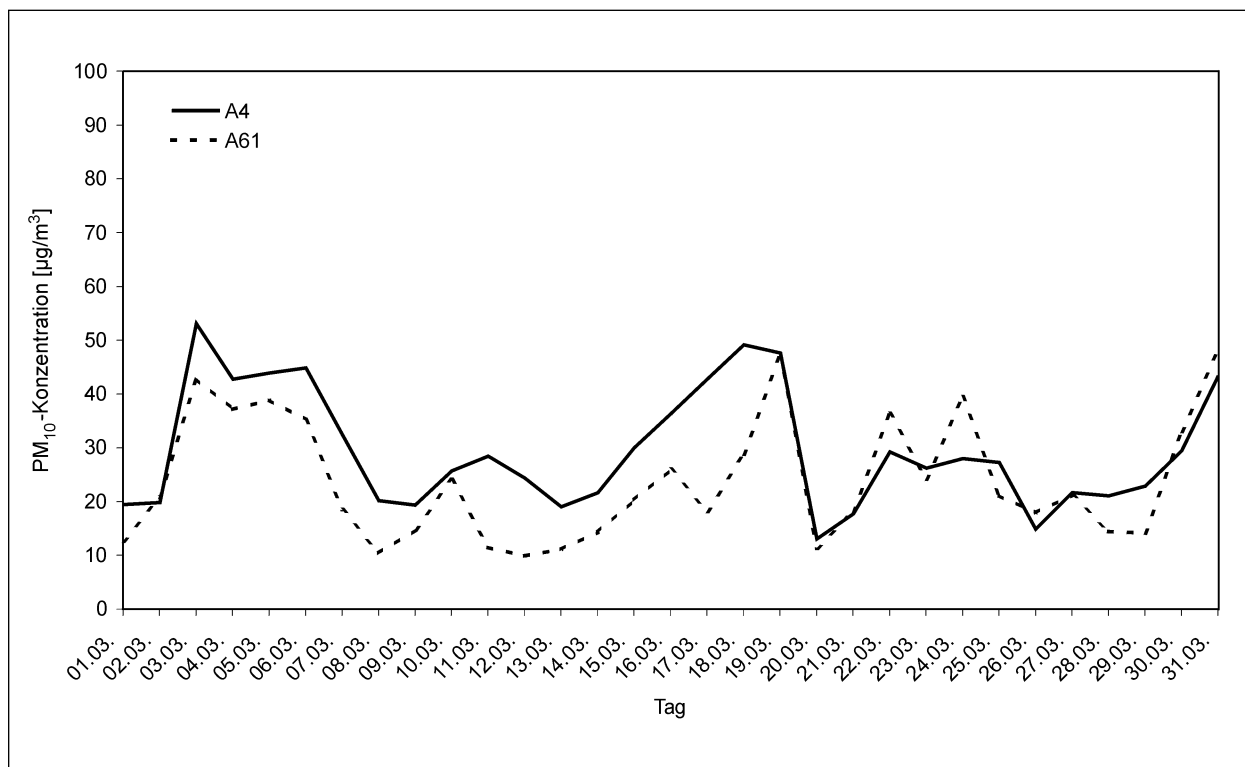


Bild 4.47: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat März 2005

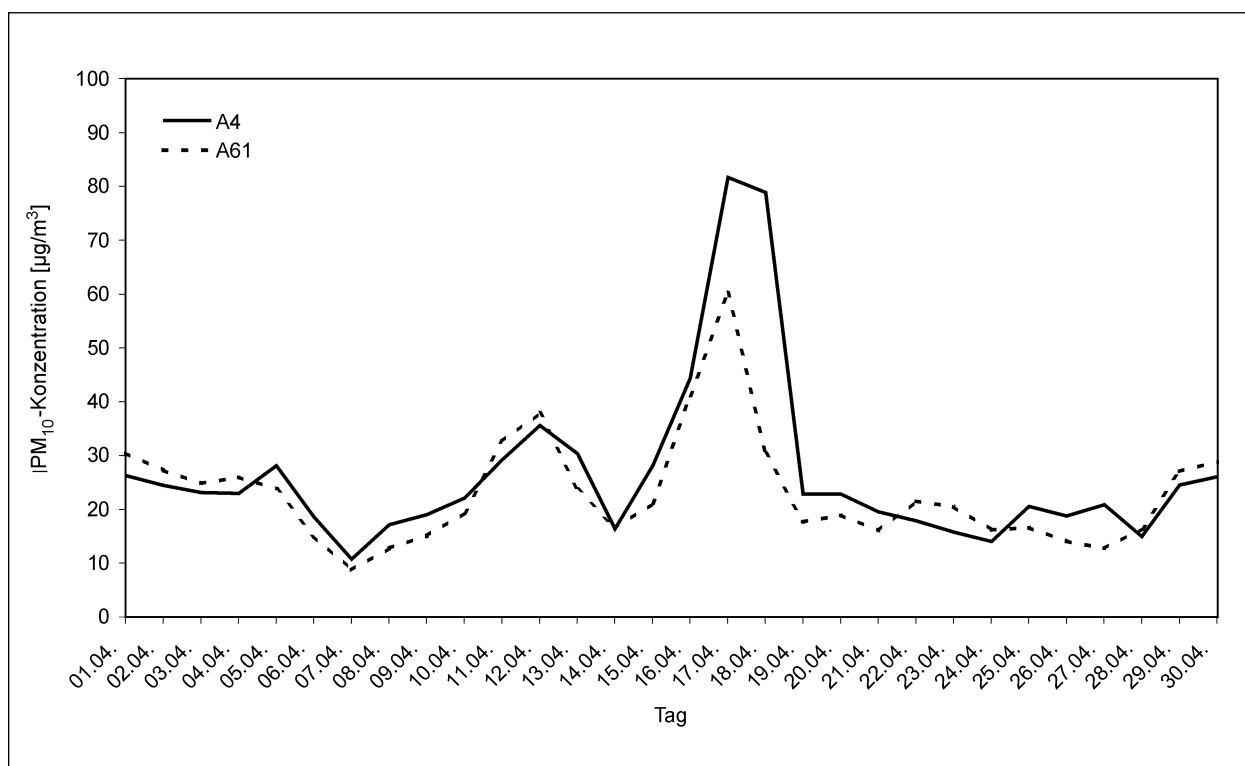


Bild 4.48: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat April 2005

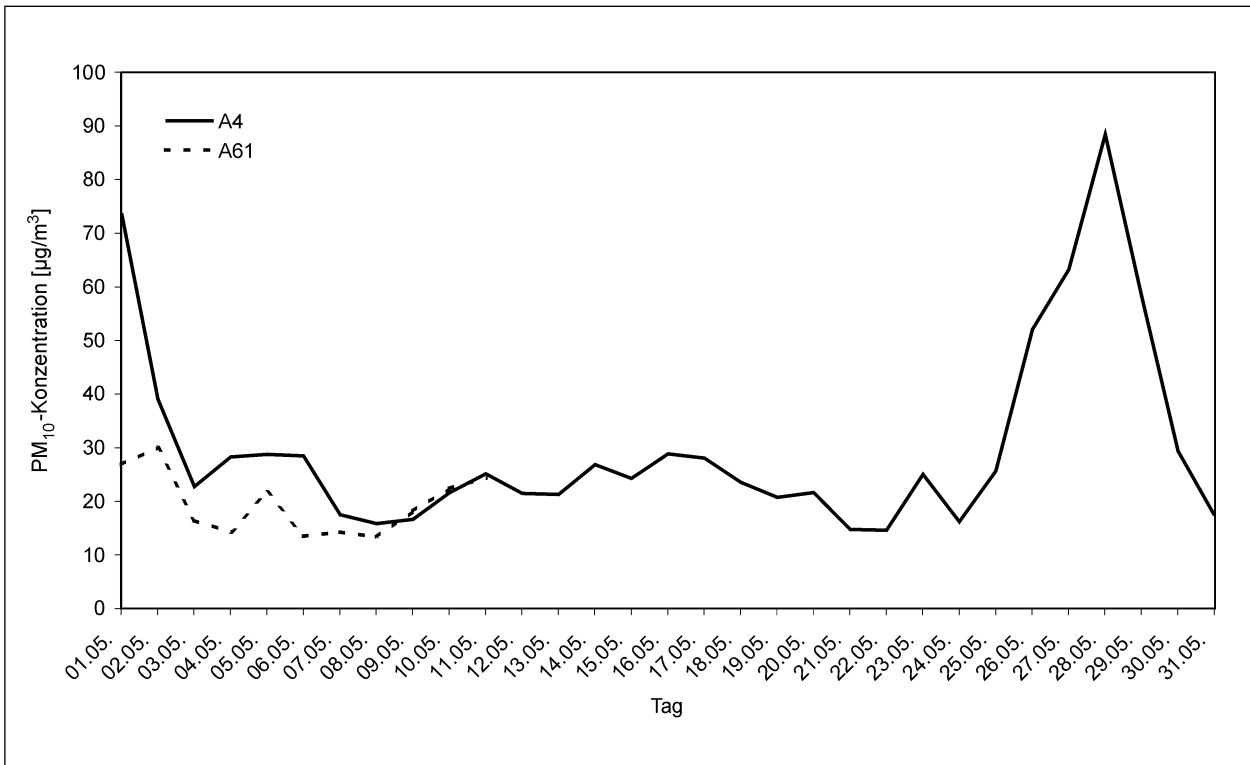


Bild 4.49: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Mai 2005

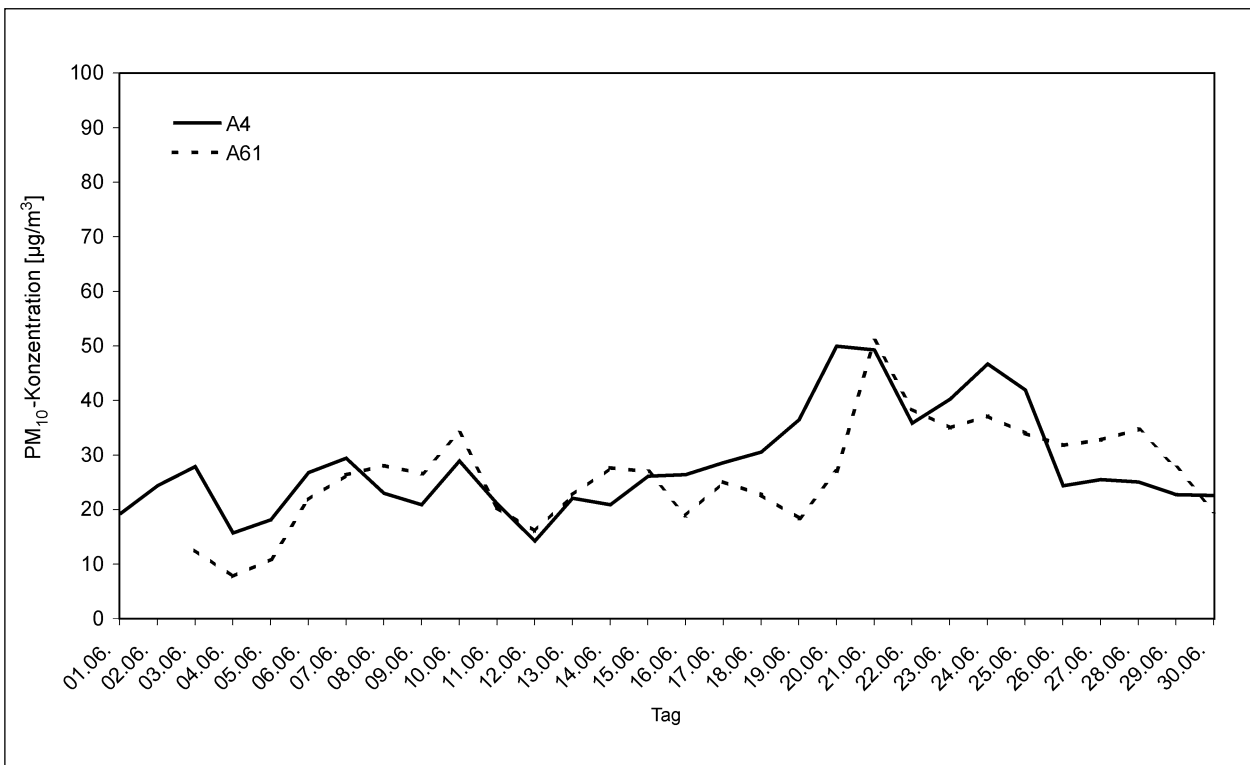


Bild 4.50: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Juni 2005

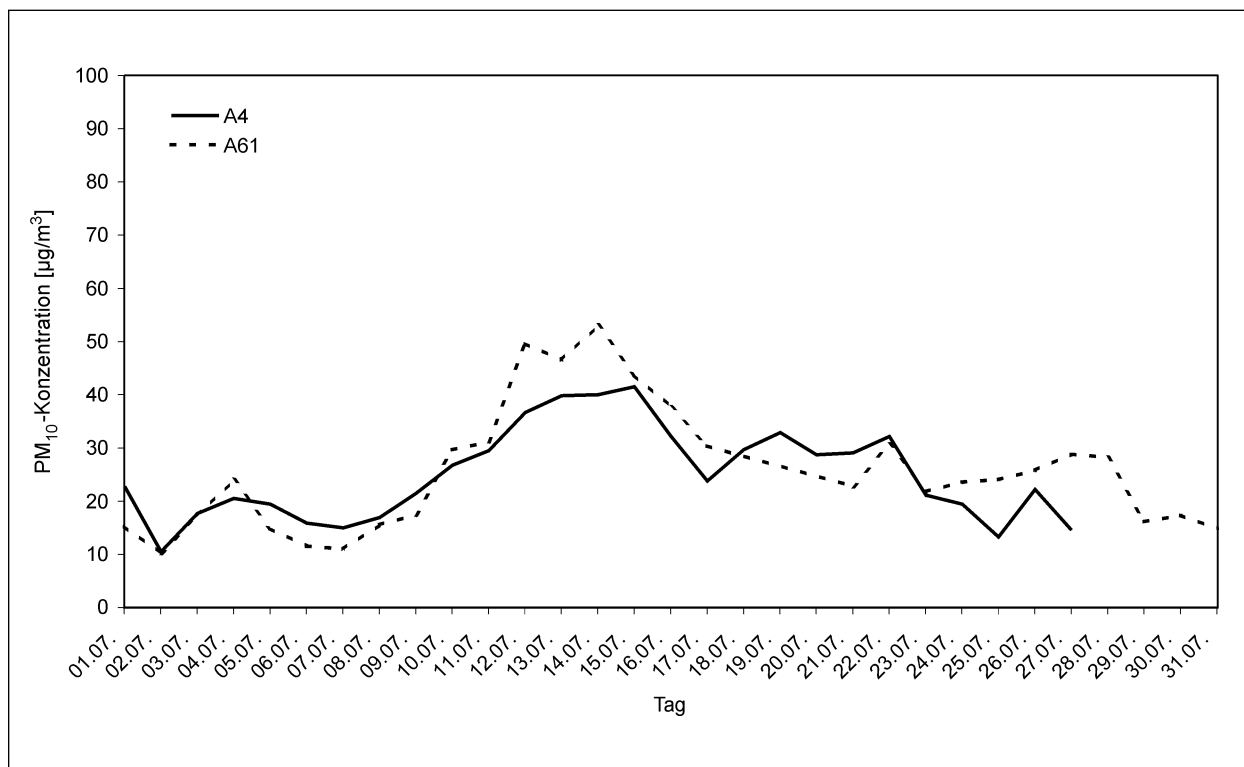


Bild 4.51: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Juli 2005

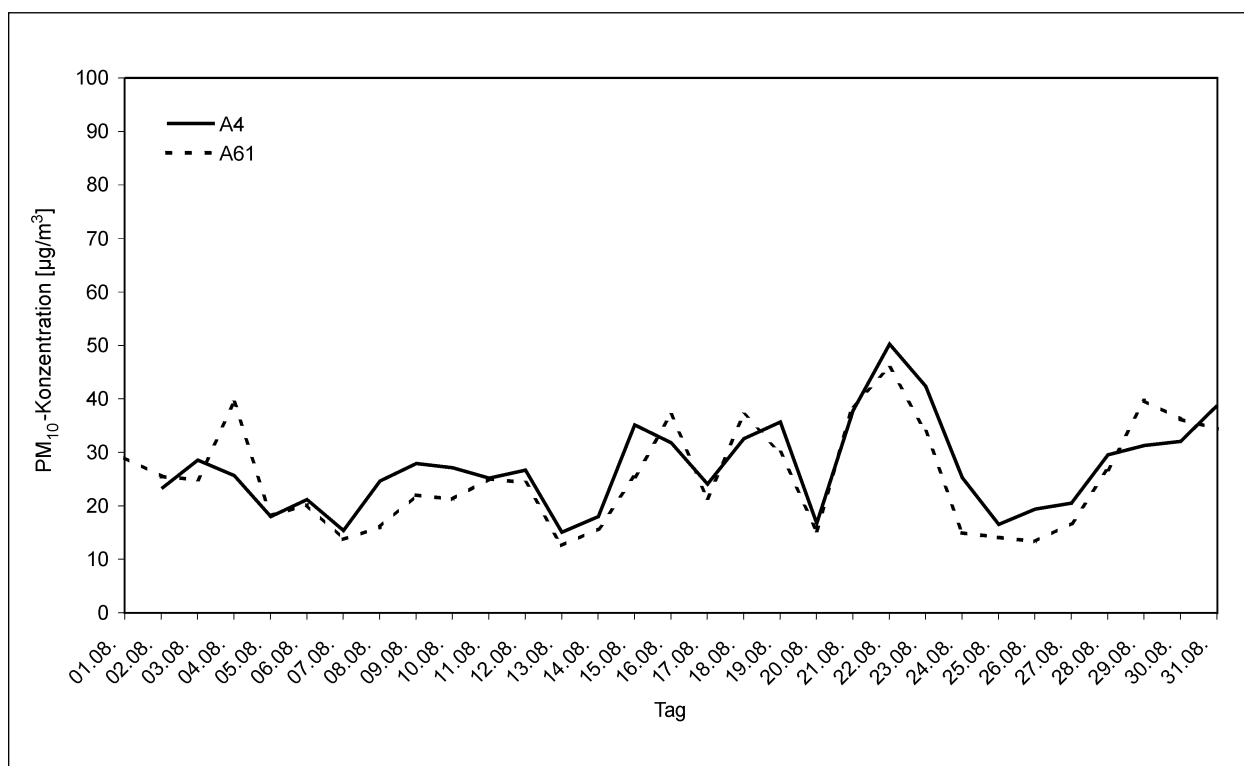


Bild 4.52: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat August 2005

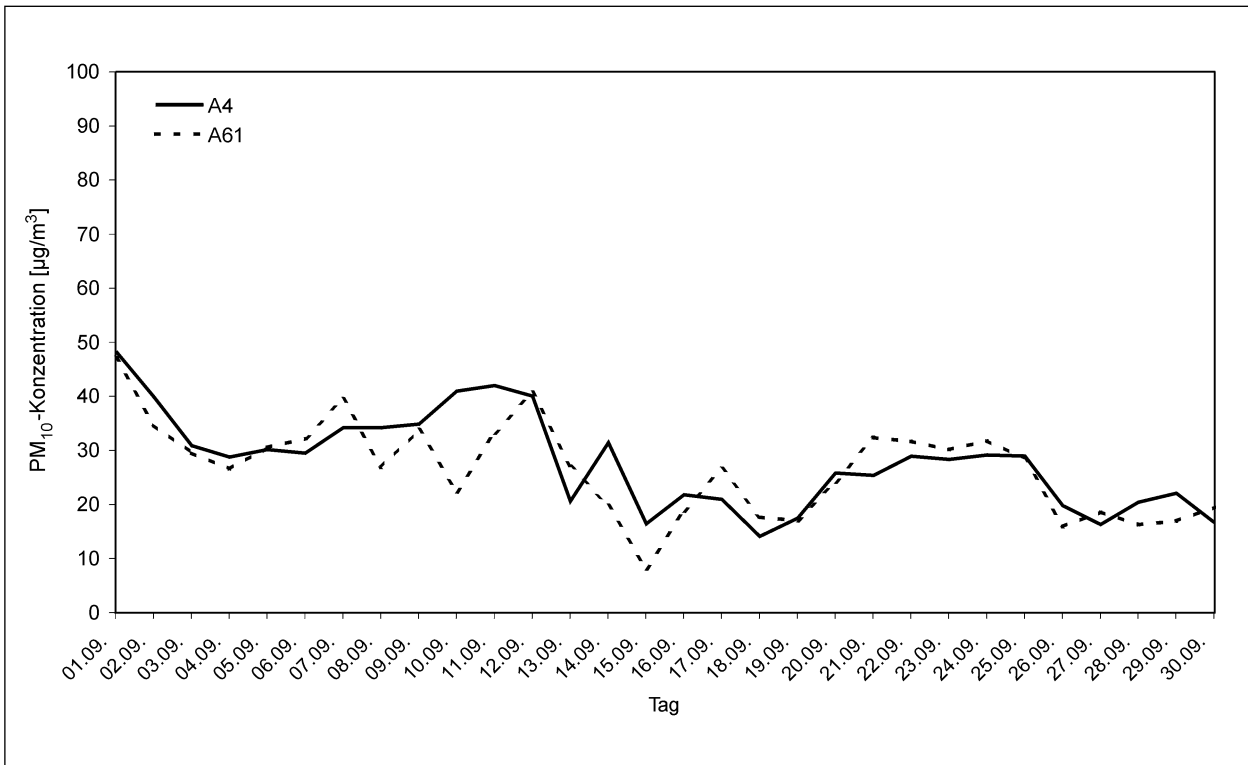


Bild 4.53: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat September 2005

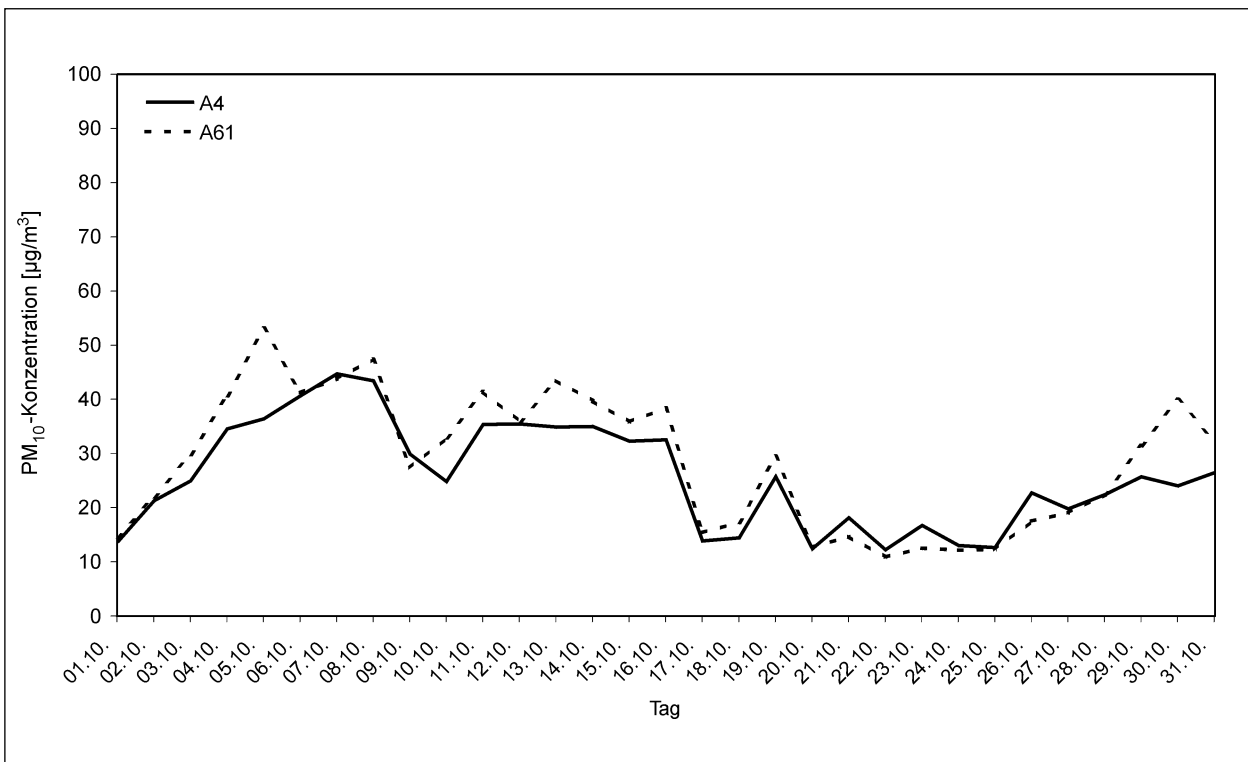


Bild 4.54 Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Oktober 2005

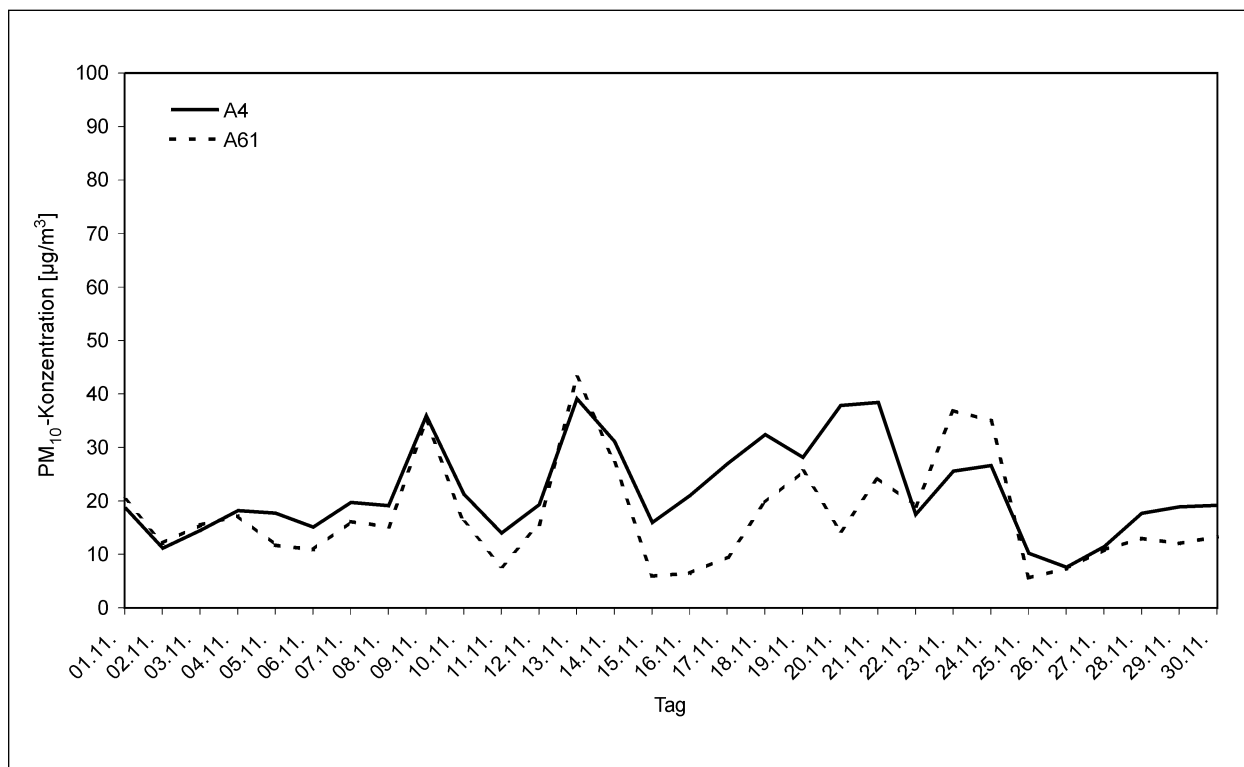


Bild 4.55: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat November 2005

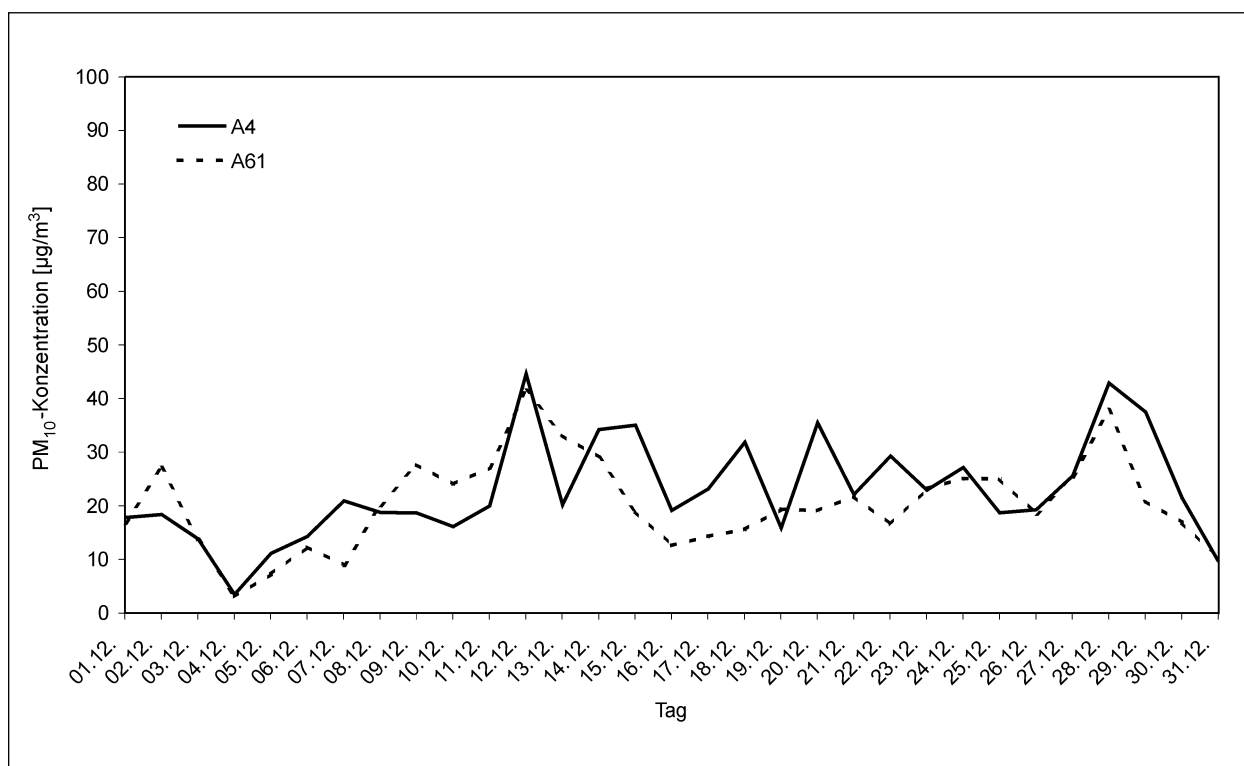


Bild 4.56: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für den Monat Dezember 2005

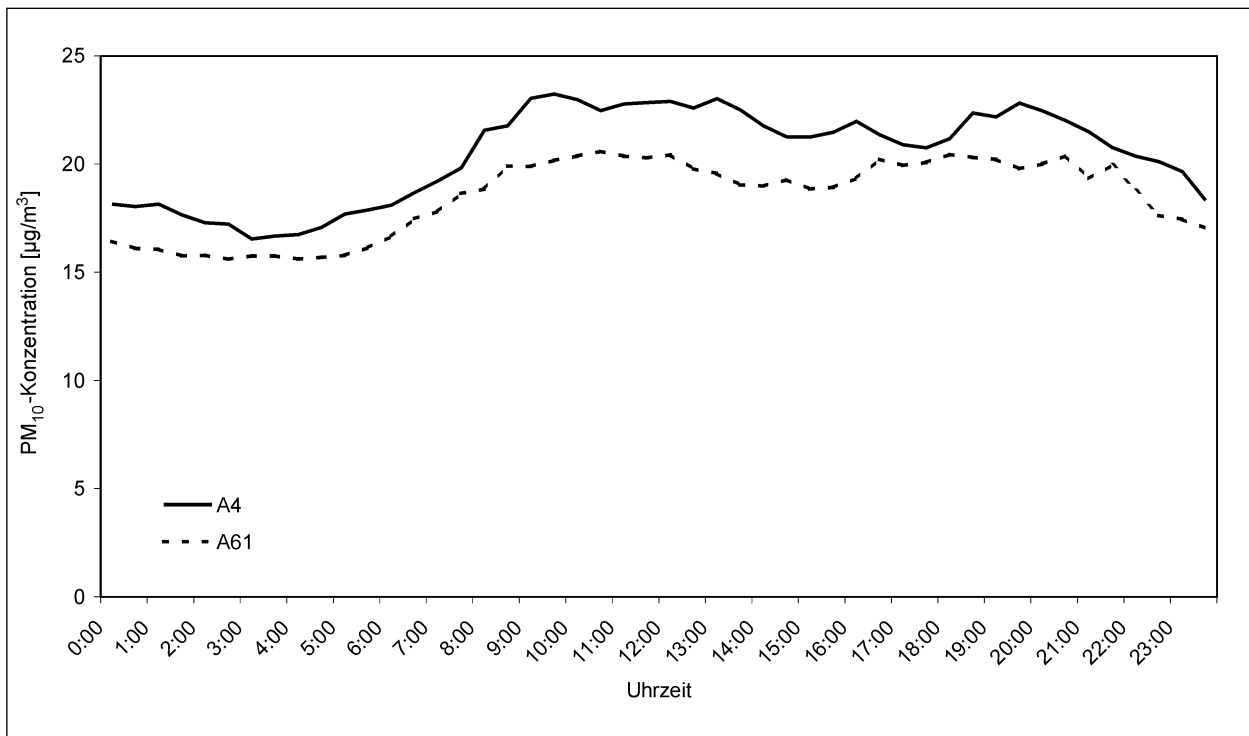


Bild 4.57: Mittlerer Tagesgang der PM₁₀-Konzentration an den Messquerschnitt an der A 4 und an der A 61 für das Jahr 2005

zum einen auf eine Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung hin, da durch Abnahme der Verkehrsstärke in den Nachtstunden sowohl weniger motorbedingte Partikel emittiert werden als auch weniger zuvor deponiertes Material durch die Fahrtbewegung wiederaufgewirbelt wird.

Andererseits hängt die Schadstoffbelastung im Allgemeinen und die Partikelbelastung im Besonderen jedoch noch von vielen anderen Größen wie z. B. meteorologischen Parametern ab. So nimmt z. B. der Wind, der ebenfalls ein großes Aufwirbelungspotential besitzt, aufgrund der Sonneneinstrahlung tagsüber an Geschwindigkeit zu. Die typischen Tagesverläufe der Windgeschwindigkeit haben ihre Ursache in den Tagesgängen der Luftaustauschprozesse zwischen erdoberflächennahen und höher gelegenen Troposphärenschichten. Mit zunehmenden Temperaturen am Vormittag entsteht eine Konvektion in den Luftmassen. Wärmere Luftpakete steigen auf, kühlere sinken ab. Dies führt zu einem erhöhten vertikalen Durchmischen zwischen bodennahen und höheren Luftschichten. Dadurch wird ein erhöhtes Bewegungsmoment der Luft aus höheren Schichten zur Erdoberfläche übertragen und die Strömungsgeschwindigkeit in den bodennahen Schichten vergrößert. Mit der Abnahme des vertikalen Mischens in den kühleren Nachtstunden verringert sich ebenfalls die bodennahe Windgeschwindigkeit.

Somit kann auch hier eine genauere Aussage über die Zusammenhänge meteorologischer Größen mit der PM₁₀-Konzentration nur durch eine multivariate Betrachtung der Messwerte erfolgen.

Seit Ende 2004 wird an dem Messquerschnitt an der A 61 auch eine Messwertaufnahme der Partikelkomponenten PM_{2,5} und PM₁ durchgeführt. In Bild 4.58 sind die prozentualen Anteile der Fraktionen PM_{2,5} und PM₁ an der PM₁₀-Konzentration gezeigt. Hieraus ergibt sich für die PM_{2,5}-Konzentration ein durchschnittlicher Anteil an der PM₁₀-Fraktion von 86 % und für die der PM₁ ein Anteil von 71 %. Es ist deutlich ersichtlich, dass sich die PM₁₀-Komponente zu einem großen Teil aus den kleineren Komponenten PM_{2,5} und PM₁ zusammensetzt. Da die Quelle dieser kleinen Partikel verkehrsseitig insbesondere im Motor zu suchen ist, ist eine solche Verteilung an einer stark befahrenen Autobahn mit hohem Schwerverkehrsanteil wie der A 61 zu erwarten. Die nicht motorbedingten Partikel, wie Abriebe und von außen eingetragenes Material, werden eher im Bereich der PM_{10-2,5} und höherer Größenordnungsbereiche gefunden. Diese größeren Partikel sind in Ballungsräumen und Städten in stärkerem Maße vertreten als auf Außerortsstraßen und Autobahnen, da innerorts das Fahrverhalten von abrupten Fahrmanövern, Auffahren auf kleinere Hindernisse wie z. B. Bordstein-

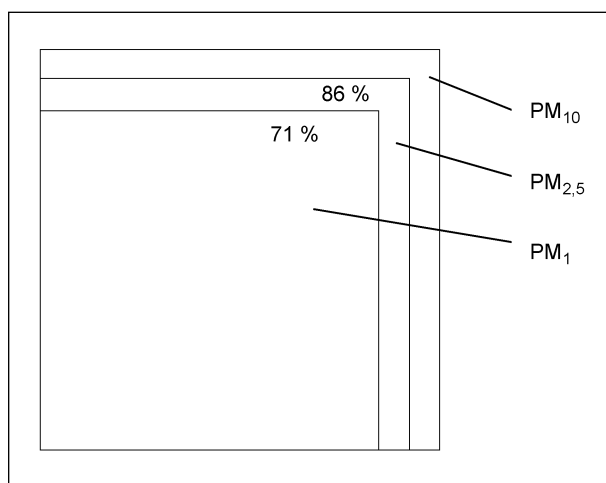


Bild 4.58: Anteil der $PM_{2,5}$ - und der PM_1 -Konzentration an der PM_{10} -Konzentration am Messquerschnitt an der A 61 für das Kalenderjahr 2005

kanten sowie Vollbremsungen geprägt ist, sodass dort mehr Abriebe entstehen.

Der Beitrag der BAB A 61 an der lokalen Partikel-Schadstoffbelastung der PM_{10} , $PM_{2,5}$ und PM_1 kann seit Herbst 2005 durch Luv/Lee-Messungen ermittelt werden. Es zeigte sich, dass in dem Zeitraum dieser auf beiden Fahrbahnseiten durchgeführten Messwertaufnahme durchschnittlich etwa 50 % der PM_{10} -Gesamtbelastung durch den Verkehr hervorgerufen werden. Jedoch müssen hier weitergehende Messungen zeigen, inwieweit sich dieser Wert über ein ganzes Kalenderjahr hinweg bestätigen lässt. Der Einfluss der meteorologischen Gegebenheiten während der unterschiedlichen Jahreszeiten sowie die landwirtschaftlichen Aktivitäten in der Umgebung könnten hier saisonbedingte Schwankungen hervorrufen, die diesen Wert nach oben oder unten verändern können.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Stickoxide

In Bezug auf die NO_2 -Grenzwerte der 22. BImSchV konnten Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwertes an beiden Messquerschnitten festgestellt werden, jedoch lagen die Überschreitungshäufigkeiten unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für das Kalenderjahr 2005 alle unterhalb der maximal zulässigen Anzahl. Hingegen wurde der NO_2 -Jahresmittelgrenzwert plus Toleranzmarge für

das Jahr 2005 an allen betrachteten Messstellen überschritten. Die seit einigen Jahren beobachtete Stagnation der NO_2 -Messwerte an BAB deutet darauf hin, dass die ab 2010 geforderten Grenzwerte an diesen Standorten nicht eingehalten werden können. Insbesondere der Jahresmittelwert müsste bis dahin an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 um bis zu 41 % absinken. Aber auch die Forderung der maximal zulässigen Anzahl von 18 Überschreitungen des NO_2 -Stundenmittelwertes pro Kalenderjahr könnte an hochbelasteten Standorten ab 2010 verletzt werden (siehe Kapitel 4.1).

Ozon

In Bezug auf die Anforderungen der 33. BImSchV handelt es sich bei den beiden Messquerschnitten nicht um hochbelastete Standorte. In Bezug auf die ab 2010 geltenden Schwellenwerte wurde lediglich an dem Messquerschnitt an der A 4 die Informationsschwelle im Kalenderjahr 2005 zweimal überschritten (siehe Kapitel 4.2).

Partikel

Der Jahresmittelgrenzwert, der seit dem 01.01. 2005 für PM_{10} gefordert wird, wurde im Kalenderjahr 2005 an allen Messstellen eingehalten. Der Tagesmittelgrenzwert hingegen wurde an einigen Tagen überschritten, wobei aber die Überschreitungshäufigkeiten an beiden Standorten nicht über der maximal zulässigen Anzahl von 35 Tagen pro Kalenderjahr lagen. Die sehr ähnlichen Verläufe der PM_{10} -Belastungen an der A 4 und der A 61 lassen darauf schließen, dass diese Schadstoffkomponente nur wenig von lokalen Quellen bestimmt wird und daher verkehrsregelnde Maßnahmen im Zuge von Luftreinhalteplänen allein nicht zu einem merklichen Rückgang der Partikelbelastung beitragen können. Vielmehr muss eine überregionale Absenkung der Schadstoffe erreicht werden (siehe Kapitel 4.3).

Die Bundesanstalt für Straßenwesen errichtet zurzeit an der BAB A 555 einen dritten Messquerschnitt. Dieser weist bei einem sehr niedrigen Schwerverkehrsanteil einen ähnlich hohen DTV wie die beiden anderen Standorte auf und die Umgebungsbedingungen sind ähnlich denen an der A 61. Die dort aufgenommenen Daten sollen im Vergleich mit denen des Messquerschnitts an der A 61 Aussagen über den Einfluss des Schwerverkehrs auf die Schadstoffbelastung an hochfrequentierten Autobahnstandorten geben.

Literatur

- BLIEFERT, C.: „Umweltchemie“, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 3. Auflage, 2002
- Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (33. BImSchV, Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen) vom 13. Juli 2004, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 36, 2004
- Fachgespräch „Unerwartet geringe Abnahme bzw. Zunahme der NO₂-Belastung“ im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 15.09.2005
- HOLZBAUR, U., KOLB, M., ROBWAG, H. (Hrsg.): „Umwelttechnik und Umweltmanagement“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 1996
- ML®9811 Ozone Analyzer with IZS/EZS, Operation Manual, Monitor Labs, Englewood, CO, USA, 1998
- ML®9841A Nitrogen oxides Analyser, Operation Manual, Monitor Europe, Cloucestershire, UK, 2000
- MÖLLER, D.: „Luft“, Walter de Gruyter & Co. KG, Berlin, 2003
- TEOM® Series 1400a Ambient Particulate (PM₁₀) Monitor (AB Serial Numbers), Operating Manual, Rupprecht & Pataschnik Co., Inc., Albany, NY, USA, 1996
- Thies clima: „Ultrasonic Anemometer 2D“, Bedienungsanleitung 4.3800.00.xx ab Version V2.1x, Göttingen, 2002
- Umweltbundesamt: „Sachstandspapier: Erhöhte NO_x-Emissionen von EURO-II-Lkw“, 13.02.2003
- Umweltbundesamt: „Stickoxid-Emissionen bei schweren Lastwagen höher als durch Hersteller angegeben“, Umwelt, 4/2003, S. 226 –228,2003
- WALCH, D., FRATER, H.: „Wetter und Klima“, Springer Verlag, Berlin, 2004
- WICHMANN, H. E., HEINRICH, J., PETERS, A.: „Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub“, ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg, 2002
- Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV) vom 11. September 2002, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2002, Teil I, Nr. 66, 2002

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2001

V 79: Bedarf für Fahrradabstellplätze bei unterschiedlichen Grundstücksnutzungen

Alrutz, Böhle, Borstelmann, Krawczyk, Mader, Müller, Vohl € 15,50

V 80: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 1998

Lensing € 13,50

V 81: Emissionen beim Erhitzen von Fahrbahnmarkierungsmaterialien

Michalski, Spyra € 11,50

V 82: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen

Laffont, Nierhoff, Schmidt € 19,50

V 83: Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr

Alrutz, Gündel, Stellmacher-Hein, Lerner, Mättig, Meyhöfer, Angenendt, Draeger, Falkenberg, Klöckner, Abu-Salah, Blase, Rühle, Wilken € 17,00

V 84: Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen

Lensing, Mavridis, Täubner € 16,00

V 85: Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten

Siegener, Träger € 14,50

V 86: Neue Gütekriterien für die Beleuchtung von Straßen mit gemischtem Verkehr und hohem Fußgängeranteil

Carraro, Eckert, Jordanova, Kschischenk € 13,00

V 87: Verkehrssicherheit von Steigungsstrecken – Kriterien für Zusatzfahrstreifen

Brilon, Breßler € 18,50

2002

V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr

Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50

V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre

Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50

V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen

Bürkle, Berg € 16,50

V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen

Mattheis € 15,50

V 92: Nahverkehrsbevorrechtigung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs

Friedrich, Fischer € 14,00

V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen

Brilon, Bäumer € 17,00

V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen

Lemke, Moritz € 17,00

V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren

Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00

V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung

Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00

V 97: Linksparken in städtischen Straßen

Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50

V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland

Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00

V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen

Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

2003

V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage

Brilon, Miltner € 17,00

V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse

Lensing € 13,50

V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen

Kniß € 12,50

V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten

Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossé, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00

V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen

Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00

V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international

Brühning, Löhe € 12,00

V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317

Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50

V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst

Moritz, Wirtz € 12,50

V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen

Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00

V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr

Weber, Löhe € 13,00

2004

V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen

Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00

V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände

Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher vergriffen

V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden

Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Hacken € 15,00

V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing

Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00

V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen

Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50

- V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00
- V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarer Säugetiere
Surkus, Tegethof € 13,50
- V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

2005

- V 111: Autobahnverzeichnis 2004
Kühnen € 21,50
- V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00
- V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50
- V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50
- V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50
- V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik
Lensing € 15,50
- V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50
- V 125: PM₁₀-Emissionen an Außerortstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen
Düring, Bössinger, Lohmeyer € 17,00
- V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen
Baier, Heidemann, Klemps, Schäfer, Schuckließ € 16,50
- V 127: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003
Fitschen, Koßmann € 24,50
- V 128: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation
Boltze, Reusswig € 17,00
- V 129: Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst
Badelt, Breitenstein € 13,50
- V 130: Fortschreibung der Emissionsdatenmatrix des MLuS 02
Steven € 12,00
- V 131: Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken
Friedrich, Dammann, Irzik € 14,50
- V 132: Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme
Boltze, Breser € 15,50
- V 133: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen
Cypra, Roos, Zimmermann € 17,00
- V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen
Wermuth, Sommer, Wulff € 15,00
- V 137: PM_x-Belastungen an BAB
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00
- V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO_x)- und Ozon (O₃)-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,50
- V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen
Wirtz, Moritz, Thesenvitz € 14,00
- V 140: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004 – Jahresauswertung der automatischen Dauerezählstellen
Fitschen, Koßmann € 15,50
- V 141: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2003
Lensing € 15,00
- V 142: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen
Fischer, Brannolte € 17,50
- V 143: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen
Roos, Hess, Norkauer, Zimmermann, Zackor, Otto € 17,50
- V 144: Umsetzung der Neuerungen der StVO in die straßenverkehrsrechtliche und straßenbauliche Praxis
Baier, Peter-Dosch, Schäfer, Schiffer € 17,50
- V 145: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland
Baier, Klemps, Peter-Dosch € 15,50
- V 146: Prüfung von Sensoren für Glätteldealanlagen
Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl € 18,50
- V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00

2006

- V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge
Hübelt, Schmid € 17,50
- V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen
Gerlach, Kesting, Lippert € 15,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.