

# Luftschadstoffe an BAB 2006

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 159

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page, partially overlapping a vertical white line that runs down the right side of the cover.

# Luftschadstoffe an BAB 2006

von

Anja Baum  
Hakki Hasskelo  
Ingrid Siebertz  
Wilfried Weidner

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 159

**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 06630  
des Arbeitsprogrammes der Bundesanstalt für Straßenwesen:  
Luftschadstoffe an BAB 2006**

### 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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-86509-716-3

Bergisch Gladbach, September 2007

## Kurzfassung – Abstract

### Luftschadstoffe an BAB 2006

Im Rahmen dieses Projektes wurden über das Kalenderjahr 2006 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 gut doppelt 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 2006 ausgewertet.

Betrachtet man den Verlauf der NO- und NO<sub>2</sub>-Immissionen der vergangenen 20 Jahre an dem BAST-Messquerschnitt an der A 4 in den Bildern 2 und 3, zeigt sich für die fahrbahnnahe Messstellen in der NO-Komponente nach einem stetigen Abfall in den zurückliegenden Jahren der Messwertaufnahme gegenüber dem Vorjahr eine minimale Zunahme im Jahr 2006. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration dagegen nimmt am Mittelstreifen nach einem steilen Anstieg seit zwei Jahren wieder ab, stagniert jedoch an den anderen Messstellen.

An den beiden Messquerschnitten der BAST konnte der Jahresmittelgrenzwert gemäß 22. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup> an keiner Messstelle eingehalten werden (s. Tabelle 1). Wenn die Toleranzmarge von 8 µg/m<sup>3</sup> für das Kalenderjahr 2006 mitberücksichtigt wird, wurde diese Anforderung lediglich an einer Messstelle (Ri. Koblenz, A 61) erfüllt.

Im Gegensatz dazu lag an beiden Messquerschnitten der maximale Stundenmittelwert über dem Grenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup> (ab 2010) bzw. 240 µg/m<sup>3</sup> (mit Toleranzmarge für das Jahr 2006); die Anzahl der Überschreitungen lag an drei Messstellen unter der maximal zulässigen Zahl von 18 pro Kalenderjahr. An der A 4 in Fahrtrichtung Köln konnte auch diese Anforderung nicht erfüllt werden.

In Bezug auf die Partikelbelastung wurde im Kalenderjahr 2006 an der A 4 der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelgrenzwert der 22. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup> eingehalten

(s. Tabelle 2). Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> wurde an der A 4 6 bzw. 9 Mal und an der A 61 19 bzw. 2 Mal überschritten mit Maximalwerten von 91,0 µg/m<sup>3</sup> (A 4) bzw. 77,7 µg/m<sup>3</sup> (A 61).

Der Originalbericht enthält als Anhänge die Stundenmittelwerte NO<sub>2</sub> für das gesamte Kalenderjahr 2006 an der BAB 4 und an der BAB 61. Diese Anhänge befinden sich auf dem vorliegenden Heft beigefügten CD. Verweise auf die Anhänge im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

### Air pollutants on federal motorways in 2006

In the scope of this project, measurements have been made at the BAST measuring cross sections for recording air pollutant data on the federal motorways A4 and A61 throughout the calendar year of 2006. The measuring cross section on the A61 shows almost twice as high a proportion of heavy goods traffic as compared to the location on the A4. The measurement values also serve as a database for further AP and FE projects.

The recorded pollutant data of the traffic-related immission load caused by nitric oxides, ozone and particulates have been evaluated with regard to the limit values that have been reduced considerably according to the 22<sup>nd</sup> and the new 33<sup>rd</sup> amendment of the Federal Immission Control Ordinance (BImSchV) for the calendar year 2006.

When viewing the development of the nitric oxide and nitrogen dioxide immissions over the past 20 years at the BAST measuring cross section at the A4 shown in illustrations 2 and 3, after a continual fall over the past few years, a small increase can be recognised in the nitrogen oxide element in the measurement locations near to the road compared to the previous year. On the other hand, the concentration of nitrogen dioxide on the central strip has declined over the past two years after a previous steep increase, however this remains static at other measuring points.

On both measuring cross sections of the BAST, the average yearly limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> according to the 22<sup>nd</sup> Federal Immission Control Ordinance could not be maintained on either of the measured sections (see table 1). When the tolerance margin

of  $8\mu\text{g}/\text{m}^3$  is also taken into consideration for the calendar year 2006 then this specification has only been fulfilled at one measuring point (in the direction of Koblenz, A61).

In contrast to this, the maximum average hourly value exceeded the limit value of  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  (from 2010) or  $240\mu\text{g}/\text{m}^3$  (with a tolerance margin for 2006) on both measuring cross sections; on three of the measurement points the number of overruns was less than the maximum allowable value of 18 per calendar year. These requirements could also not be fulfilled on the A4 in the direction of Cologne.

With reference to the particulate loads, on the A4, the average yearly limit value of the 22<sup>nd</sup> Federal Immission Control Ordinance of  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  per  $\text{PM}_{10}$  could be maintained in the calendar year of 2006 (see table 2). The average daily limit value of  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  had been exceeded by 6 or 9 times on the A4 and 19 or 2 times on the A61 with a maximum value of  $91.0\mu\text{g}/\text{m}^3$  (A4) or  $77.7\mu\text{g}/\text{m}^3$  (A61).

The original report contains the average hourly value of nitrogen dioxide on the federal motorways A4 and A61 for the complete calendar year of 2006 as an attachment. These attachments can be obtained from the CD that is enclosed in the report. References to the attachments in the text of the report have been included as information for the reader.

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Messquerschnitte</b> .....	7
<b>3</b>	<b>Messung</b> .....	10
<b>4</b>	<b>Messergebnisse</b> .....	10
4.1	Stickstoffoxide NO <sub>x</sub> .....	10
4.2	Ozon O <sub>3</sub> .....	16
4.3	Partikel PM <sub>10</sub> /PM <sub>x</sub> .....	18
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> ....	34
	<b>Literatur</b> .....	34

## 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).		BlmSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , Pb, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) 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.
Messstelle	Ansaugstelle/Messfühler für eine Schadstoffkomponente (NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> ) oder für meteorologische Parameter in einer bestimmten Entfernung zur Fahrbahn.	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.
Stundenmittelwert	Mittelwert der über eine Stunde aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22. BImSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ) Stundenmittelgrenzwerte gefordert.		
Tagesmittelwert	Mittelwert der über einen betrachteten Tag aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22. BImSchV werden für einige Schadstoffkomponenten (SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> ) Tagesmittelgrenzwerte gefordert.		
Jahresmittelwert	Mittelwert der über ein Kalenderjahr aufgenommenen Konzentrationswerte der Schadstoffbelastung. In der 22.		

## 1 Einleitung

### Ziel

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) unterhält zurzeit an zwei Autobahnmessquerschnitten Messstellen für Ozon, Stickoxide und Partikel sowie meteorologische Parameter, um die Entwicklung der Luftschadstoffbelastung an hochfrequentierten Außerortsstraßen aufzuzeigen. Diese Querschnitte liegen an der BAB A 4 und der BAB A 61. In diesem Bericht werden die an diesen Standorten im Kalenderjahr 2006 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 ( $\text{SO}_2$ ), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Partikel ( $\text{PM}_{10}$ ), Blei (Pb), Benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) sowie Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) 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  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  und  $\text{PM}_{10}$  aufgeführt. Demnach werden für Stickstoffdioxid ab Januar 2010 ein Jahresmittelgrenzwert und ein Stundenmittelgrenzwert gefordert; Letzterer darf lediglich an 18 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden (s. Tabelle 1.1).

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

Hinsichtlich der Luftschadstoffbelastung durch Feinstaubpartikel  $\text{PM}_{10}$  (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser  $< 10 \mu\text{m}$ ) gelten seit Januar 2005 ein Jahresmittelgrenzwert und ein Tagesmittelgrenzwert, der insgesamt an 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden darf (s. Tabelle 1.3). Im Zuge einer Harmonisierung der Luftqualitätsrahmenrichtlinie sowie ihrer ersten drei Tochter-

	$\text{NO}_2$		
	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 2006	40	-	8
Toleranzmarge 2007	30	-	6
Toleranzmarge 2008	20	-	4
Toleranzmarge 2009	10	-	2

Tab. 1.1: Grenzwerte und Toleranzmargen für  $\text{NO}_2$  gemäß 22. BImSchV (BGBl, 2002)

	$\text{O}_3$		
	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
Alarmschwell	240	-	1 Stunde

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

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

Tab. 1.3: Grenzwert für Partikel  $\text{PM}_{10}$  gemäß 22. BImSchV (BGBl, 2002)

richtlinien werden zurzeit auch die rechtlichen Anforderungen zur Einhaltung der  $\text{PM}_{10}$ -Grenzwerte überarbeitet sowie ein neuer Grenzwert für  $\text{PM}_{2,5}$  festgelegt.

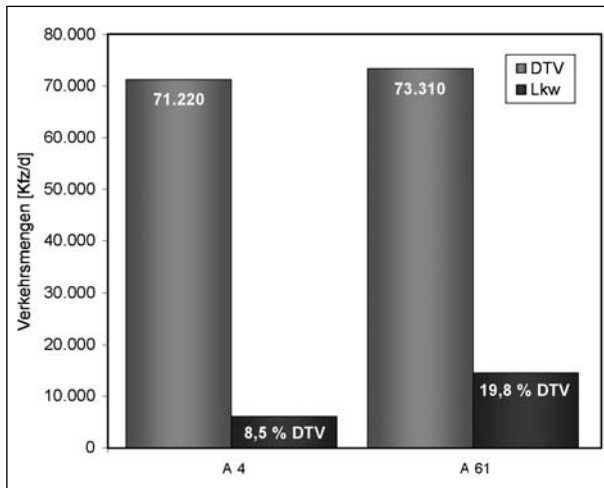
## 2 Messquerschnitte

Der Messquerschnitt an der von W nach O verlaufenden A 4 bei Streckenkilometer 92,7 weist einen DTV von 71.220 Kfz/24 h mit einem Schwerverkehrsanteil von 8,5 % auf (s. Bild 2.1). 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 eine vorherrschende Windrichtung aus dem Bereich  $120^\circ - 150^\circ$  (OSO – SSO) vor.

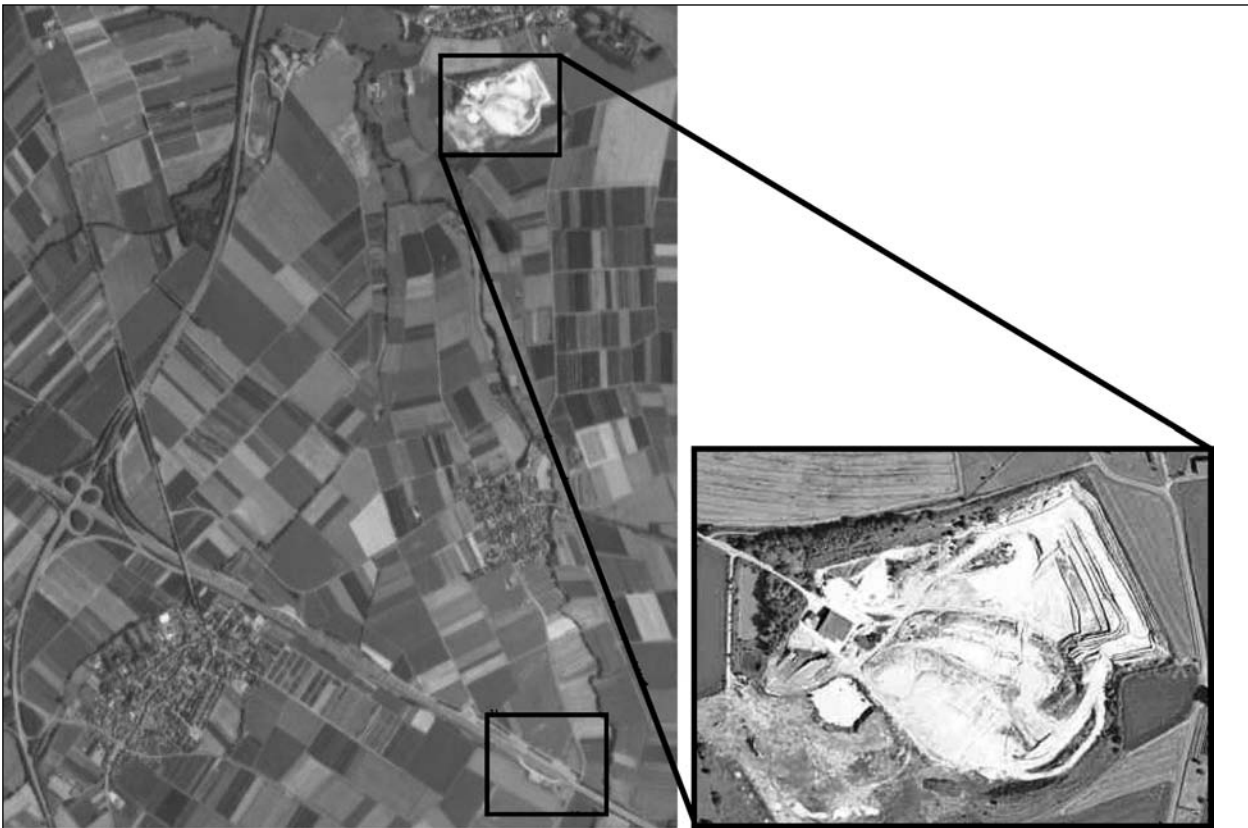
Der Messquerschnitt an der von NW nach SO verlaufenden A 61 bei Streckenkilometer 177,5 liegt



**Bild 2.1:** Gegenüberstellung des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) und des prozentualen Lkw-Anteils der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 (Bezugsjahr 2005)

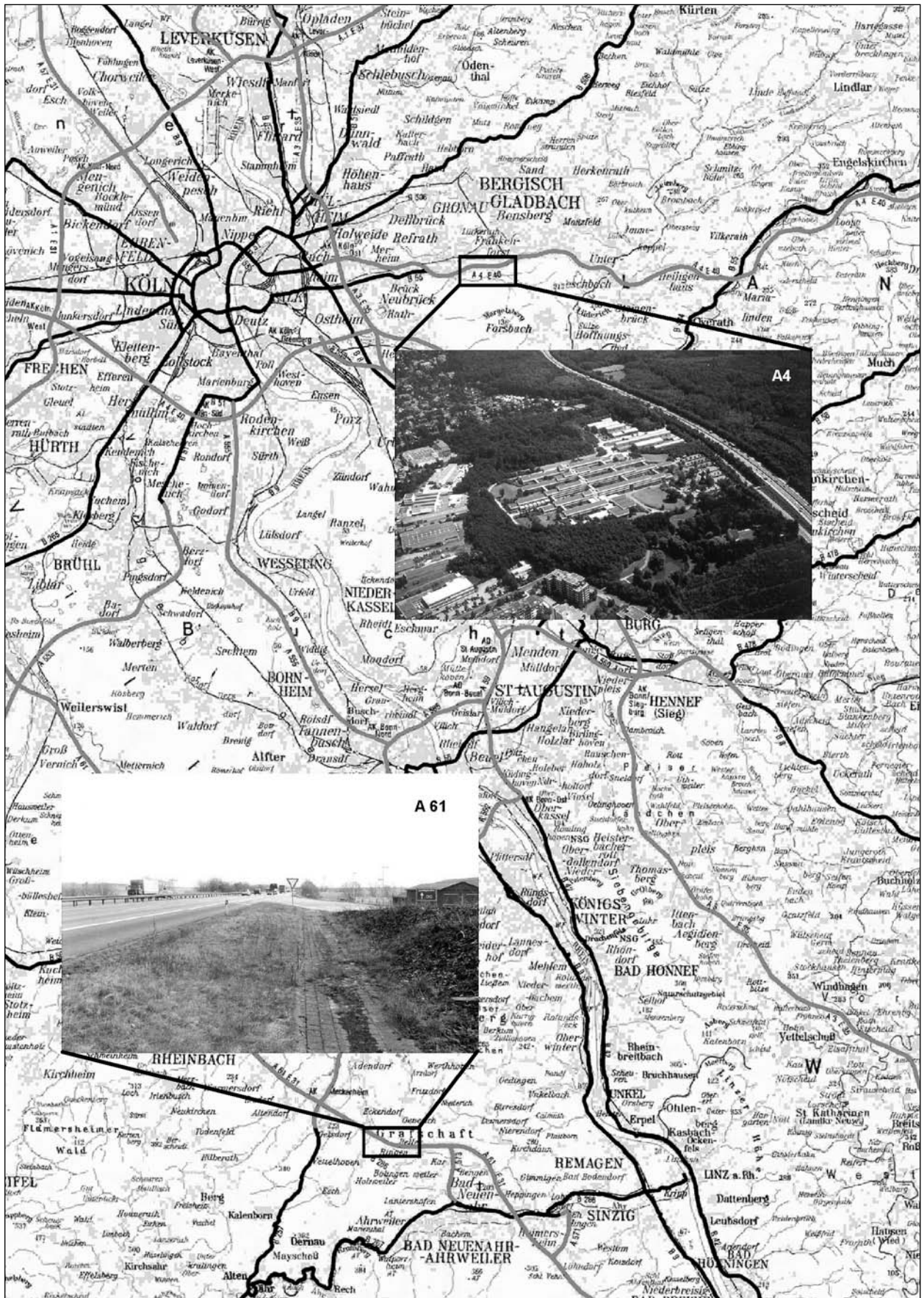
auf dem Betriebsgelände der Autobahnmeisterei Mendig, auf dem diese eine Salzhalle betreibt. Direkt angrenzend befindet sich in Fahrtrichtung Koblenz der Rastplatz „Goldene Meile“. Es herrscht dort ein DTV von 73.310 Kfz/24 h mit einem Schwerverkehranteil von 19,8 %. Der Messquerschnitt ist umgeben von landwirtschaftlichen Nutzflächen und frei von Wohnbebauung oder Begrünung. Es wird eine vorherrschende Windrichtung aus  $220^\circ - 230^\circ$  (SW) beobachtet.

Für die Betrachtungen der Feinstaubbelastung muss beachtet werden, dass in etwa drei Kilometern Entfernung nördlich des Messquerschnitts an der A 6 der Tontagebau Erhard in der Ortschaft Adendorf liegt (s. Bilder 2.2 und 2.3). Es ist bekannt, dass gefördert und auf die Erde fallendes Material auf Abraumflächen durch Befahren von Förder- und Transportfahrzeugen zermahlen und als Staub aufgewirbelt wird. Dieser sich im Tagebau unkontrolliert ausbreitende Feinstaub kann in seiner näheren Umgebung so zur Hauptquelle der Hintergrundbelastung werden. Die Partikel können also auch bis an den Messquerschnitt an der A 61 herangetragen werden und dort zur Erhöhung der



**Bild 2.2:** Satellitenbild der Umgebung des Messquerschnitts, (unteres Rechteck) an der A 61 mit dem Tontagebau Erhard (oberes Rechteck). Links im Bild ist das AK Meckenheim zu erkennen, (Quelle: Google Earth)

**Bild 2.3:** Satellitenbild des Tontagebaus Erhard, (Quelle: GoYellow)



**Bild 2.4:** Lage der Messquerschnitte an den BAB A4 und A61. In der Karte sind Autobahnen grau und Bundesstraßen schwarz markiert

Schadstoffkonzentrationen an der Messstelle in Fahrtrichtung Venlo nördlich der BAB beitragen. An der Messstelle auf der gegenüberliegenden Seite in Fahrtrichtung Koblenz werden diese Partikel als Gesamtbelastung von Hintergrund- und Zusatzbelastung durch den Verkehr gemessen oder in geringeren Höhen auch mit dem Fahrtwind durch die Fahrzeuge parallel zur Trassenausrichtung verschleppt.

Dies bestätigen auch Auswertungen der  $PM_{10}$ -Konzentration im Kalenderjahr 2005 während Wetterlagen mit Windrichtungen aus dem Sektor in Richtung Tontagebau im Vergleich zu den anderen Windrichtungen senkrecht und parallel zur Autobahntrasse.

Bild 2.4 zeigt die Messstandorte in ihrer geographischen 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.

Der Bestimmung der  $NO$ - bzw.  $NO_2$ -Konzentration liegt die Reaktion zwischen dem zu messenden Stickoxid und dem mit einem Ozonisator erzeugten und dem angesaugten Probegas zugesetzten  $O_3$  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  $O_3$  im Überschuss vorhanden ist, ist die Intensität der Chemolumineszenzreaktion bei konstanten Reaktionsbedingungen der  $NO$ -Konzentration im Probegasstrom proportional.

#### $O_3$ -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 Quecksilberdampflampe 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).

#### $PM_{10}$ - und $PM_x$ -Analysegeräte

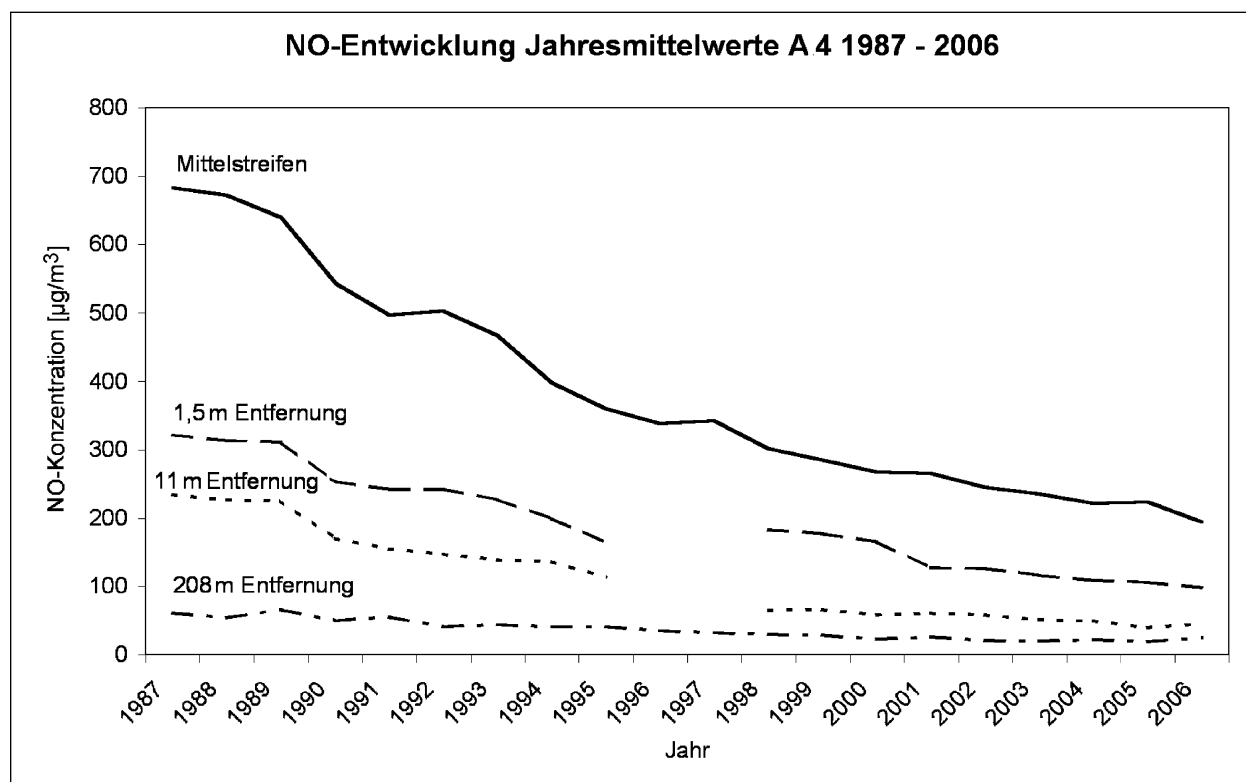
Das verwendete Gerät zur Aufnahme der  $PM_{10}$ -Konzentration ist ein gravimetrisches Messgerät, welches die Umgebungsluft mit einer konstanten Flussrate durch ein Filter saugt, kontinuierliche Messungen des Filtergewichts vornimmt und Massenkonzentrationen in annähernd Echtzeit bestimmt.

Das Immissions-Feinstaubmesssystem zur gleichzeitigen Messung der  $PM_{10}$ -,  $PM_{2,5}$ - und  $PM_1$ -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 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 Kugel-form der Partikel die Partikelmasse aus der Partikelanzahl abgeleitet werden.

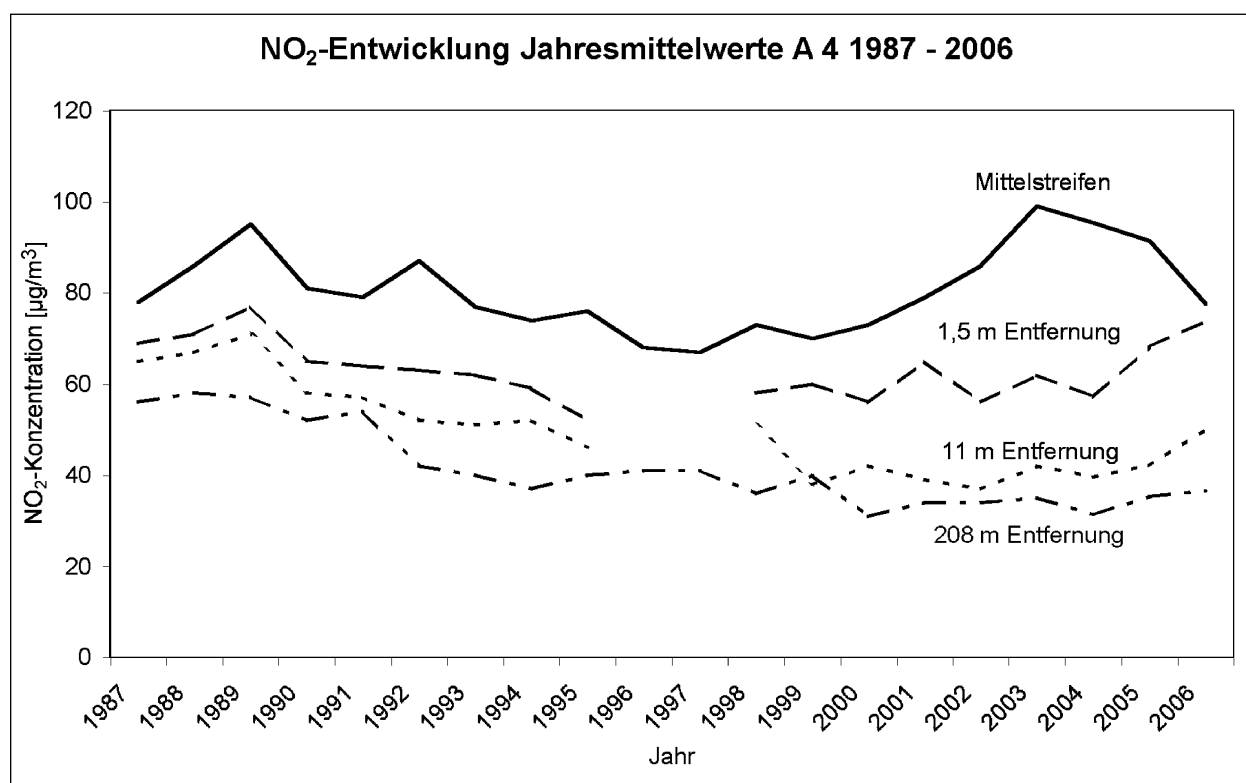
## 4 Messergebnisse

### 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  $NO_x$ -



**Bild 4.1:** Jahresmittelwerte der NO-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 von 1987 bis 2006 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehende Baumaßnahmen)



**Bild 4.2:** Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration an den Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 von 1987 bis 2006 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehende Baumaßnahmen)

Emissionen von 35 % registriert werden (UBA, 2003). Dieser Trend kann in den Immissionswerten der NO-Komponente an beiden Messquerschnitten bestätigt werden (s. Bilder 4.1 und 4.3).

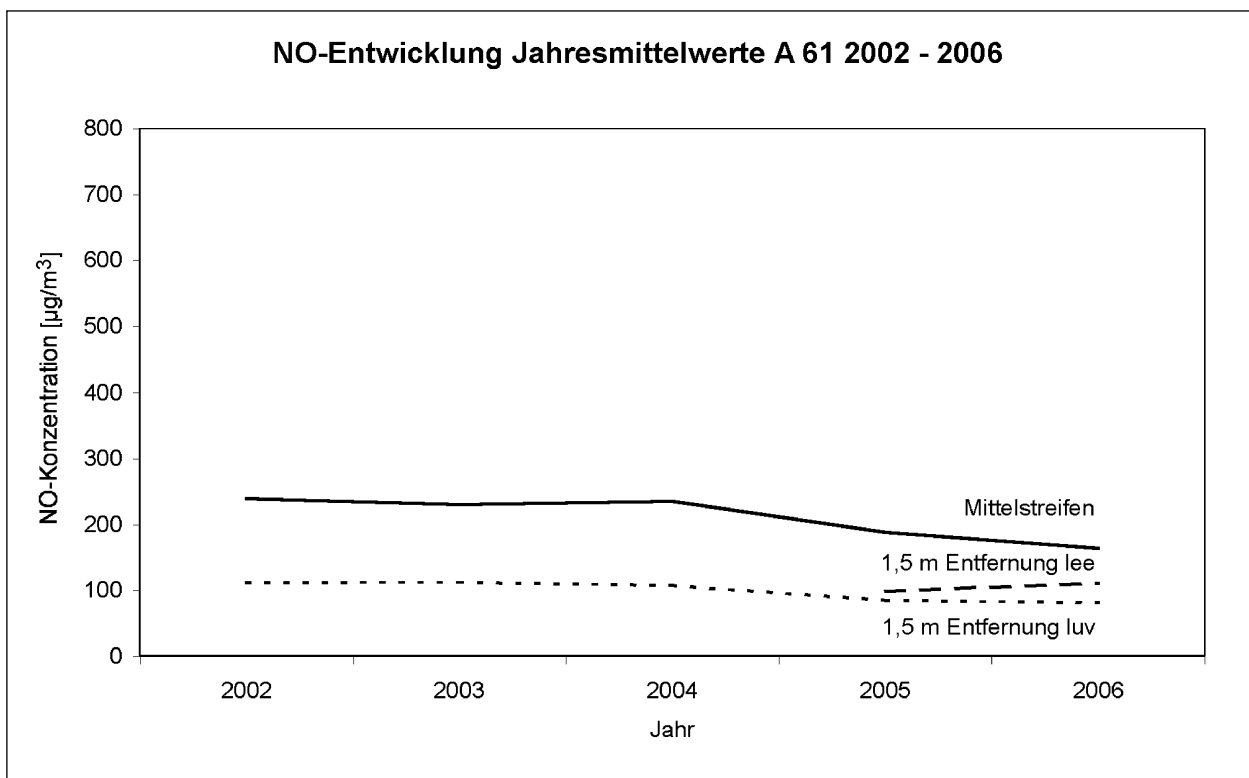
Betrachtet man jedoch den Verlauf der NO<sub>2</sub>-Immissionen der Jahre seit 1987 am BAST-Messquerschnitt an der A 4 in Bild 4.2, zeigt sich nach einem Abfall in den 80er und 90er Jahren seit 1999 an der Messstelle auf dem Mittelstreifen eine stetige Zunahme bzw. eine Stagnation der Schadstoffkonzentration an den anderen Messstellen. Die Werte am Messquerschnitt an der A 61, der sich erst seit dem Jahr 2002 in Betrieb befindet, zeigen jedoch nach 2003, einem Jahr mit extremen meteorologischen Situationen und dadurch sehr hohen Stickoxidkonzentrationen im Sommer, wieder einen leicht abnehmenden Trend (s. Bild 4.4).

Ähnliche Stagnationen bzw. zum Teil auch deutliche Zunahmen insbesondere der NO<sub>2</sub>-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 NO<sub>2</sub>-Konzentration in Straßennähe diskutiert.

Durch die Wechselwirkung zwischen Stickoxiden und Ozon bedingt nicht nur eine erhöhte NO<sub>2</sub>-Konzentration eine Zunahme der O<sub>3</sub>-Konzentration, sondern auch umgekehrt. So könnte eine sich überregional geänderte Ozonchemie der Atmosphäre auch zu einer Stickoxiderhöhung beigetragen haben.

Auf der anderen Seite wird in so genannten Oxidationskatalysatoren zunächst NO mit Sauerstoff zu NO<sub>2</sub> oxidiert. Die im Filter angesammelten Partikel entziehen dann dem NO<sub>2</sub> Sauerstoff O<sub>2</sub> und werden dabei verbrannt. Im Idealfall entstehen bei diesem Vorgang Stickstoff N<sub>2</sub>, Kohlendioxid CO<sub>2</sub> und Wasser H<sub>2</sub>O. Jedoch muss für diese Reaktion ein Temperaturbereich von 250 bis 400 Grad eingehalten werden. Bei zu hohen Abgastemperaturen wird wiederum mehr NO<sub>2</sub> produziert, als zum Oxidieren der Partikel benötigt wird. So entsteht ein Überschuss an Stickstoffdioxid. Insgesamt muss jedoch ein NO<sub>2</sub>-Überschuss gebildet werden, damit der Filter jederzeit einwandfrei funktioniert, was letztendlich einen erhöhten NO<sub>2</sub>-Ausstoß zur Folge hat.



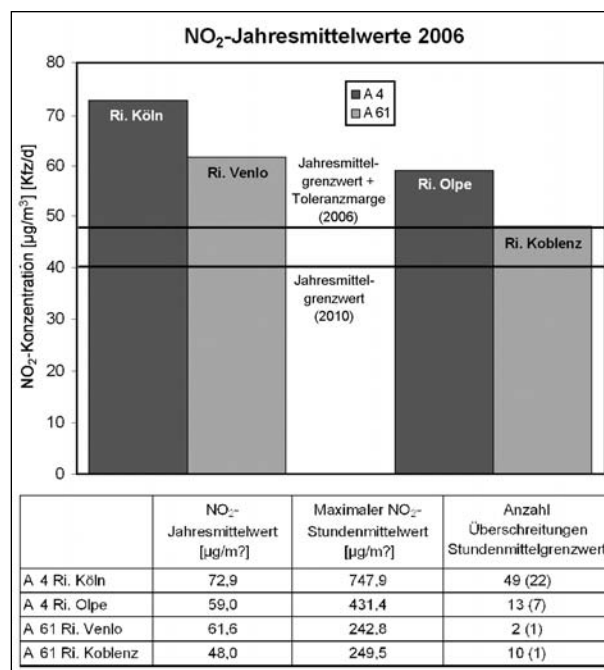
**Bild 4.3:** Jahresmittelwerte der NO-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 von 2002 bis 2006

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 zur dort vorherrschenden Windrichtung. Der Schadstoffausstoß der Autobahntrasse sollte dazu führen, dass an der jeweils leeseitig befindlichen Messstelle höhere Konzentrationen gemessen werden als im Luv.

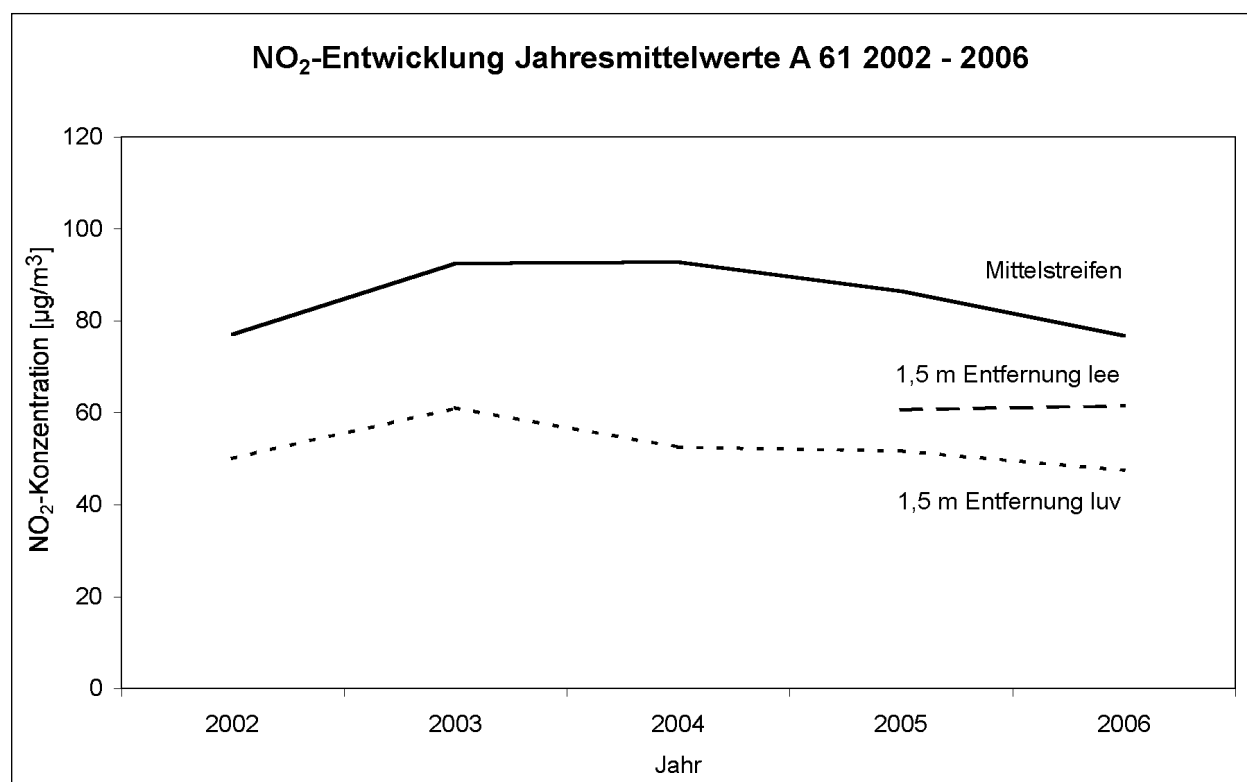
Dies zeigt sich nicht nur in den Jahresmittelwerten (Bild 4.5), sondern auch in mittleren Tagesgängen der  $\text{NO}_2$ -Konzentration (Bilder 4.6 und 4.7). Die im Lee der Hauptwindrichtung stehenden Messstellen in Fahrtrichtung Köln (A 4) und Fahrtrichtung Venlo (A 61) weisen etwas höhere Schadstoffkonzentrationen auf als die Messstellen auf der gegenüberliegenden Luv-Seite in Fahrtrichtung Olpe (A 4) bzw. Koblenz (A 61).

Dieses Verhalten tritt auch in den mittleren Tagesgängen der  $\text{NO}_2$ -Belastungen in den Bildern 4.6 und 4.7 auf, die außerdem die typischen durch Verkehr hervorgerufenen Ganglinienverläufe aufweisen.

So weist die  $\text{NO}_2$ -Schadstoffkonzentration an der A 4 zwischen 8:00 und 18:00 Uhr einen stetig anstei-



**Bild 4.5:** Gegenüberstellung der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte, der maximalen  $\text{NO}_2$ -Stundenmittelwerte und der Anzahl der Überschreitungen des ab 2010 (in Klammern: unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für das Jahr 2006) geltenden Stundenmittelgrenzwertes der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2006



**Bild 4.4:** Jahresmittelwerte der  $\text{NO}_2$ -Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 von 2002 bis 2006

genden 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 zwischen Stickoxiden und Ozon. Hierbei beeinflussen viele meteorologische Parameter die chemischen Reaktionen, deren Auswirkungen auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration die Auswirkungen der verkehrsbildenden Prozesse des Berufspendlerverkehrs überlagern.

Am Messquerschnitt an der A 61 fällt auf, dass die NO<sub>2</sub>-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 weniger stark 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 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<sub>2</sub> 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.

In den Anhängen A 1 und A 2 (auf beiliegender CD) sind die Stundenmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an den beiden Messquerschnitten für das gesamte Kalenderjahr 2006 dargestellt.

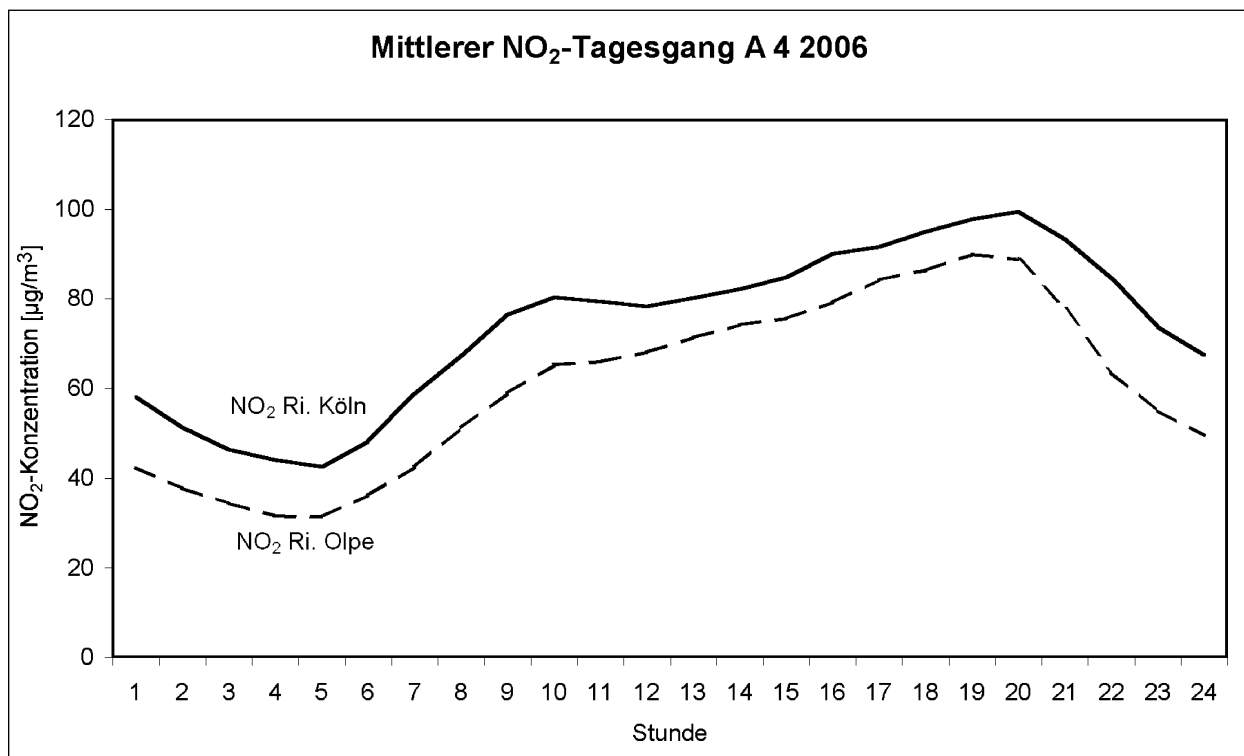
Insgesamt traten die in Tabelle 4.1 aufgeführten Überschreitungen des im Kalenderjahr gültigen Stundenmittelgrenzwertes von 240 µg/m<sup>3</sup> auf. Dieser setzt sich zusammen aus dem Stundenmittelgrenzwert, der ab dem Kalenderjahr 2010 in Kraft tritt, plus der Toleranzmarge für das Jahr 2006 (s. hierzu auch Kapitel 1).

Tag	A 4		A 61	
	Fahrtrichtung Olpe	Fahrtrichtung Köln	Fahrtrichtung Koblenz	Fahrtrichtung Venlo
22.01.		16:00		
13.02.	14:00	20:00		
	15:00	21:00		
		22:00		
15.02.				10:00
03.04.	19:00			
	21:00			
04.04.		15:00		
		16:00		
		17:00		
		18:00		
		19:00		
18.04.	18:00	18:00		
	19:00	19:00		
27.04.		14:00		
15.05.			13:00	
29.05.	17:00			
26.06.		22:00		
27.11.		16:00		
		17:00		
02.12.		04:00		
		05:00		
		06:00		
		07:00		
		08:00		
		10:00		
07.12.		09:00		
Summe Anzahl Überschreitungsstunden	7	22	1	1

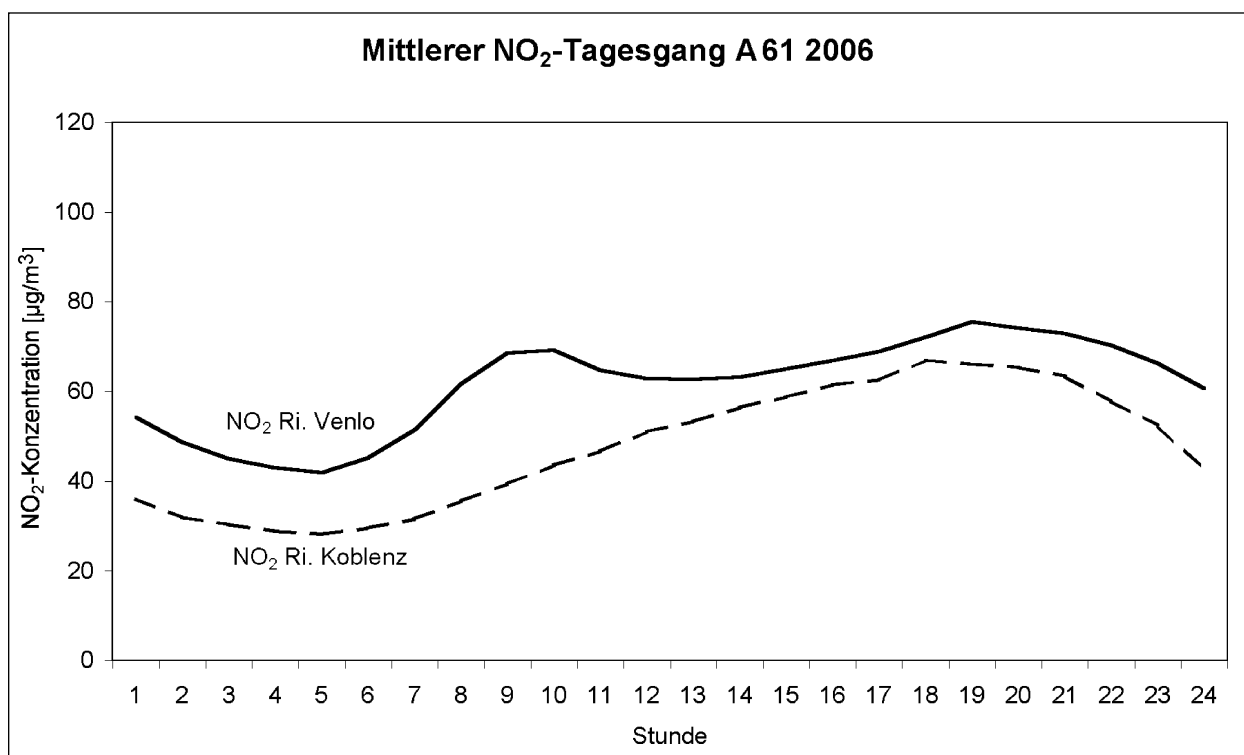
**Tab. 4.1:** Stunden mit Überschreitungen des NO<sub>2</sub>-Stundenmittelgrenzwertes (Grenzwert 2010 plus Toleranzmarge 2006) an den beiden Messquerschnitten an der A 4 und der A 61

An dem Messquerschnitt an der A 4 werden weit mehr Überschreitungen gemessen als an der A 61. Hauptgrund dieses unterschiedlichen Verhaltens liegt wahrscheinlich in den schon beschriebenen voneinander abweichenden Umgebungs- und Aus-

breitungsbedingungen an den beiden Standorten. An der A 4 reichern sich Luftschadstoffe stärker an als an der A 61, wo sie eher durch Luftbewegungen davongetragen werden.



**Bild 4.6:** Mittlerer Tagesgang der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2006



**Bild 4.7:** Mittlerer Tagesgang der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2006



### 4.2 Ozon O<sub>3</sub>

Gemäß 33. BImSchV gelten für Ozonwerte ab dem Jahr 2010 eine Informationsschwelle im Stundenmittel von 180 µg/m<sup>3</sup> und eine Alarmschwelle im Stundenmittel von 240 µg/m<sup>3</sup> (s. Kapitel 1). An den beiden Messquerschnitten der BASt wurde an den straßennahen O<sub>3</sub>-Messstellen im Kalenderjahr 2006 weder die Informations- noch die Alarmschwelle überschritten (s. Tabelle 4.2).

Hierbei muss die unterschiedliche Entfernung der Ozonmessstellen zur Fahrbahn beachtet werden; 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<sub>2</sub> immer weniger NO zur Verfügung steht, um O<sub>3</sub> über die Reaktion in O<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> abzubauen, stei-

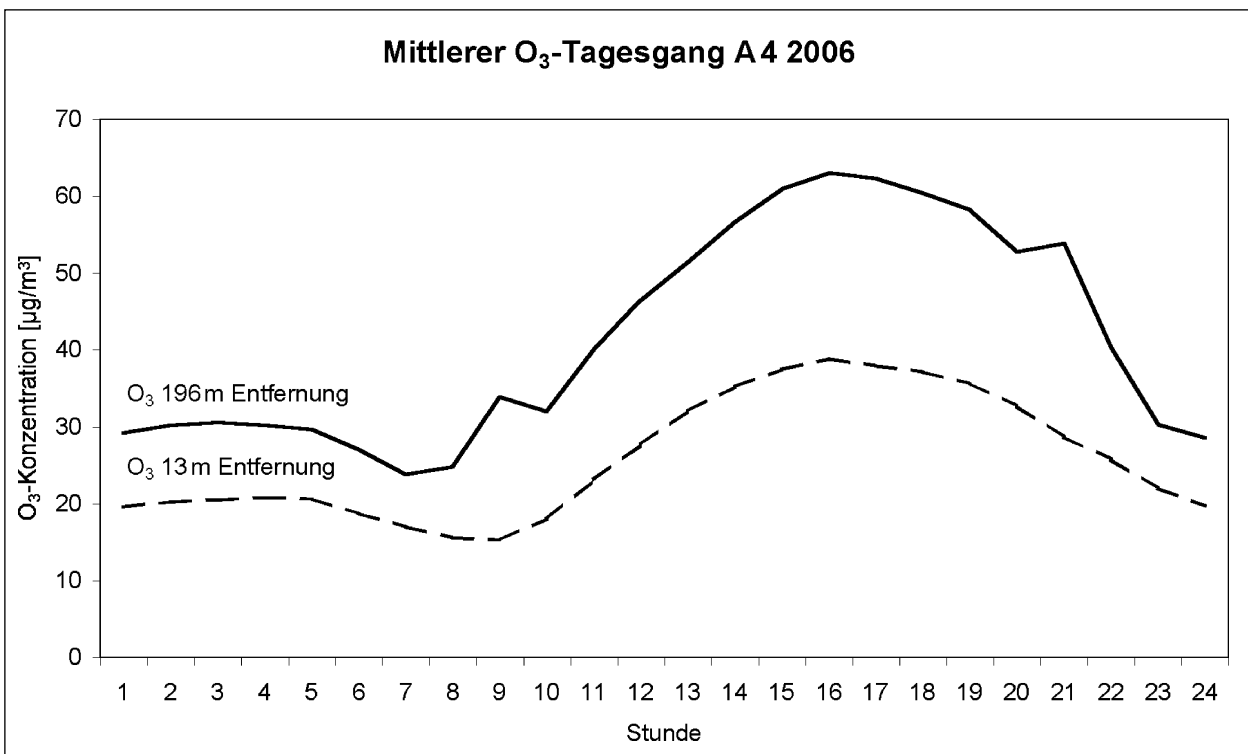
	Maximaler O <sub>3</sub> -Stundenmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl Überschreitungen Informationsschwelle	Anzahl Überschreitungen Alarmschwelle
A 4	171,4	-	-
A 61	177,5	-	-

**Tab. 4.2:** Maximale O<sub>3</sub>-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 2006

gen 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 photochemische Ozonbildung von Bedeutung ist, könnte sich dies in einer höheren Ozonbelastung bemerkbar machen.

Des Weiteren kann sich an dem Messquerschnitt an der A 4 die Nähe zum Ballungsgebiet Köln bemerkbar machen, durch die dieser Standort stärker durch Ozonvorläuferstoffe beeinflusst ist als der an der A 61, der sich wie oben beschrieben in einer ländlicheren Region befindet. Der Einfluss des großstädtischen NO<sub>2</sub> in den Stunden ohne Sonnenstrahlung könnte somit zu einem vermehrten Ozonabbau führen.

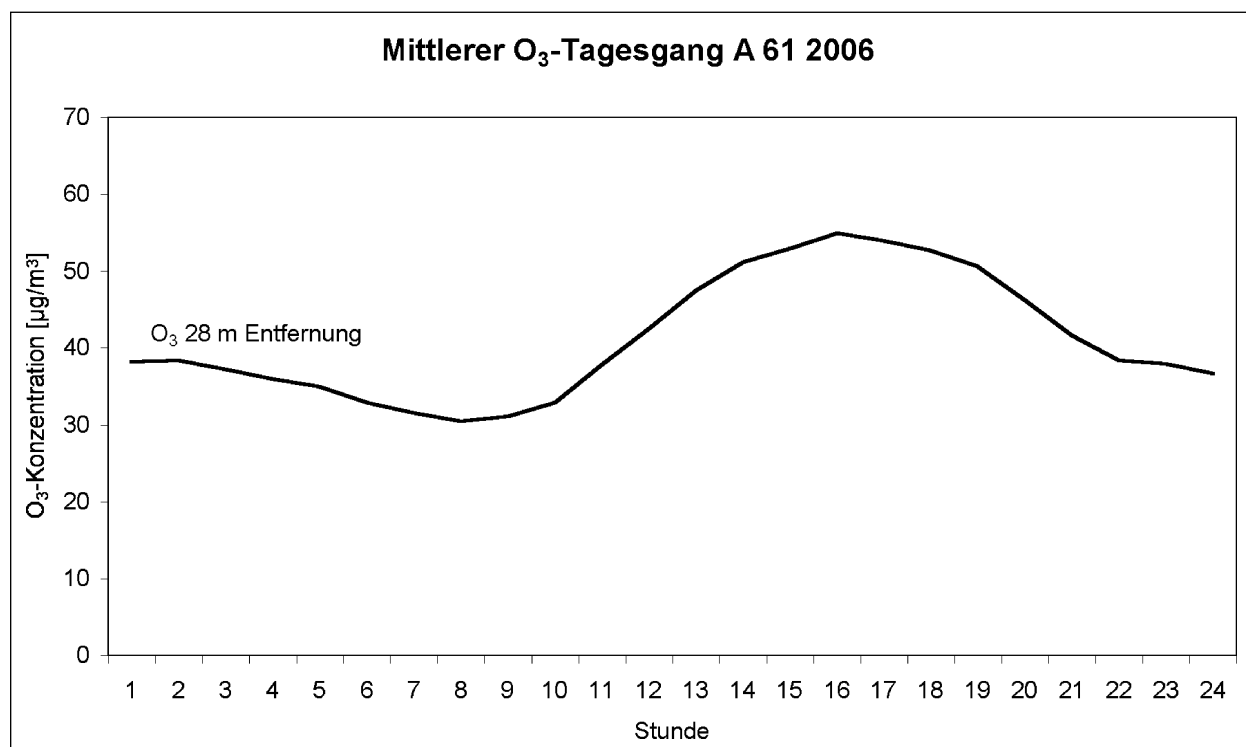
Der Umfang der Ozonbildung ist also abhängig von der Intensität der Strahlung und der Konzentration der Ozonvorläuferstoffe wie z. B. NO<sub>2</sub>. Dies ist der Grund für einen typischen mittleren Tagesgang des Ozons, der auch in den Bildern 4.8 und 4.9 an beiden Messquerschnitten nachvollzogen werden kann. Wie oben beschrieben überwiegt während der Sonnenscheindauer die Ozonbildung durch Zerfall von NO<sub>2</sub> zu NO und O unter Einfluss der Strahlung und nachfolgender Verbindung des O mit dem vorhandenen Luftsauerstoff zu O<sub>3</sub> und die Ozonwerte steigen auf ein Maximum gegen 16:00



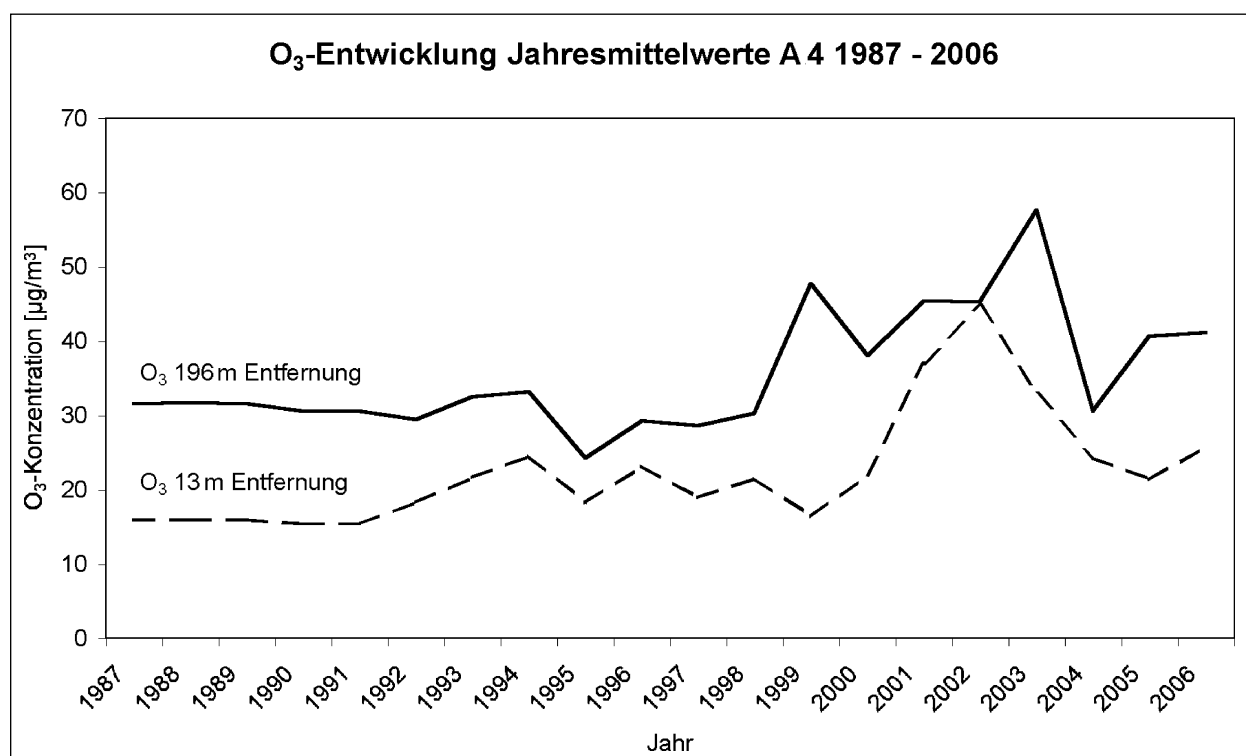
**Bild 4.8:** Mittlerer Tagesgang der O<sub>3</sub>-Konzentration an den Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2006

Uhr. Während der Nacht wird das  $O_3$  durch den dominierenden Prozess der  $NO_2$ -Bildung aus  $O_3$  und  $NO$  vermehrt abgebaut, sodass in dieser Zeit die Ozonkonzentration bis auf minimale Werte am Morgen abfällt.

Da an dem Standort an der A 4 seit 1987 kontinuierlich Luftschadstoffmessungen durchgeführt werden, kann auch die langfristige Entwicklung der Ozonkonzentration betrachtet werden (Bild 4.10). In beiden Entfernungen vom Fahrbahnrand ist seit



**Bild 4.9:** Mittlerer Tagesgang der  $O_3$ -Konzentration an den Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2006



**Bild 4.10:**  $O_3$ -Schadstoffbelastung für die Kalenderjahre 1987 bis 2006 am Messquerschnitt an der A 4 in zwei unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand

Beginn der 90er Jahre ein steigender Trend zu beobachten.

Dass diese Zunahme an beiden Messstellen auftritt, deutet auf eine Zunahme der großräumigen Hintergrundkonzentration hin, wie sie auch an anderen Stationen im Bundesgebiet beobachtet wird (z. B. HLOG, 2006; SenStadt Berlin, 2005).

### 4.3 Partikel $PM_{10}/PM_x$

Im Kalenderjahr 2006 wurde an beiden Messstandorten der  $PM_{10}$ -Jahresmittelgrenzwert gemäß 22. BImSchV von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eingehalten (s. Bild 4.11). Der Tagesmittelgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde an der A 4 6 bzw. 9 Mal und an der A 61 19 bzw. 2 Mal überschritten mit Maximalwerten von  $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (A 4) bzw.  $77,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (A 61). Die maximal zulässige Anzahl von 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr konnte somit eingehalten werden.

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

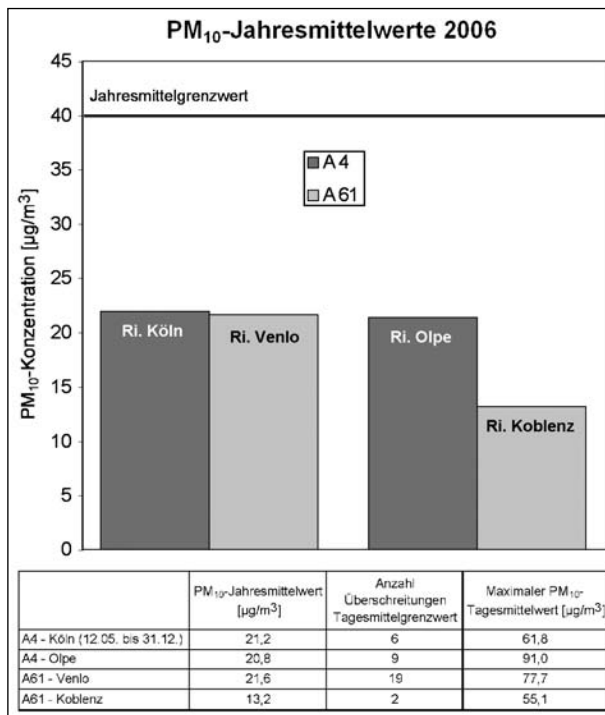
Messquerschnitt an der A 61 unbeeinflusst von Vegetation oder Wohnbebauung, wohingegen an der A 4 eine Lärmschutzwand und ein ausgedehntes Waldgebiet zu einer Anreicherung von Schadstoffen führen können.

Die Bilder 4.12 bis 4.35 zeigen die Tagesmittelwerte der  $PM_{10}$ -Konzentrationen an beiden Messquerschnitten für alle Monate des Jahres 2006. 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  $PM_{10}$ -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  $PM_{10}$  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  $PM_{10}$ -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 Aufwärtsströmung zu erzeugen, die einen vertikalen Luftaustausch zu lassen 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  $PM_{10}$ -Episoden insbesondere in den Wintermonaten beobachtet werden. Während



**Bild 4.11:** Gegenüberstellung des  $PM_{10}$ -Jahresmittelwertes, der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes sowie des maximalen  $PM_{10}$ -Tagesmittelwertes der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2006

dieser Episoden nimmt die Partikelbelastung stetig zu und führt in Ballungsgebieten häufig zu Überschreitungen des  $PM_{10}$ -Tagesmittelgrenzwertes gemäß 22. Bundesimmissionsschutzverordnung, die über mehrere Tage hinweg andauern können.

Zu zwei solchen lang anhaltenden austauscharmen Inversionswetterlagen kam es deutschlandweit in den Zeiten vom 8. bis zum 16. Januar 2006 sowie vom 22. Januar bis zum 6. Februar 2006 unter dem Einfluss eines Hochdruckgebietes (z. B. LUBW, 2006). Dadurch kam es im gesamten Bundesgebiet zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen an der Unterseite der Inversionsschicht. Dies hatte wiederum an vielen Messstationen eine Überschreitung des  $PM_{10}$ -Tagesmittelgrenzwertes zur Folge. So konnten auch an den beiden Messquerschnitten der BASt während dieser  $PM_{10}$ -Episoden Mitte Januar bis Anfang Februar Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes festgestellt werden (s. Bilder 4.12 bis 4.15).

Jedoch nehmen auch andere meteorologische Parameter Einfluss auf die Luftschadstoffbelastung. So können Niederschlagsereignisse zu einer Senkung der Feinstaubbelastung beitragen. Um dies zu verdeutlichen, wurden für den Messquerschnitt an der A 4, an dem seit dem Kalenderjahr 2005 neben den bis dahin aufgenommenen Parametern auch der Niederschlag gemessen wird, die Kurven der  $PM_{10}$ -Tagesmittelwerte um die Niederschlagssummen ergänzt. An dem Messquerschnitt an der A 61 wird der Niederschlag zurzeit noch nicht gemessen. Es treten einige Korrelationen insbesondere länger anhaltender Niederschlagsereignisse mit der Feinstaubkonzentration an der A 4 auf.

So werden zu den Zeiten mit hohen Niederschlagssummen deutlich geringere  $PM_{10}$ -Belastungen gemessen als zu den Zeiten mit geringen oder gar keinen Niederschlägen. So waren die Monate August, November und Dezember im Jahr 2006 besonders niederschlagsreiche Monate und entsprechend zeigten die Partikelkonzentrationen in diesen Monaten sehr geringe Werte. Aber auch Regenereignisse über nur wenige Tage hinweg können schon zur Absenkung der Schadstoffbelastung beitragen wie z. B. Ende März, Ende Mai, Anfang Oktober und zweite Hälfte Oktober sowie Anfang Dezember.

In Tabelle 4.3 sind die Tage aufgeführt, an denen der Tagesmittelwert an den Messstellen der BASt im Kalenderjahr 2006 überschritten wurde.

Die mittleren Tagesgänge der  $PM_{10}$ -Konzentration werden in den Bildern 4.36 und 4.37 dargestellt. Sie

zeigen am Messquerschnitt an der A 4 in Fahrtrichtung Olpe im Mittel 56 % höhere Feinstaubbelastung als in Fahrtrichtung Köln. Dies und das auffällige Maximum an der Messstelle in Fahrtrichtung Köln am frühen Vormittag sind Verhaltensweisen, die für diesen Standort untypisch sind. Bei der bevorzugten Windrichtung aus Südost (s. Kapitel 2) sollten die Konzentrationen über das Jahr hinweg an der Messstelle in Fahrtrichtung Köln über denen an der Messstelle in Fahrtrichtung Olpe liegen. Dass dies nicht der Fall ist, kann in der kürzeren Messzeit der Messstelle in Fahrtrichtung Köln begründet sein. Diese wird erst seit Mitte Mai 2006 betrieben. Somit können keine Werte aus den Wintermonaten des beginnenden Kalenderjahres einfließen, in denen im Allgemeinen durch austauscharme Wetterlagen höhere Schadstoffbelastungen beobachtet werden können. An dem Messquerschnitt an der A 4 bleiben also die Daten des Folgejahres abzuwarten, um die Entwicklung der  $PM_{10}$ -Konzentration an beiden Messstellen über ein ganzes Jahr zu beobachten.

Monat	A 4		A 61	
	Fahrtrichtung Olpe	Fahrtrichtung Köln	Fahrtrichtung Koblenz	Fahrtrichtung Venlo
Januar				15.01.
	26.01.			16.01.
	27.01.		27.01.	27.01.
	28.01.		28.01.	28.01.
Februar	29.01.			29.01.
	02.02.			02.02.
	03.02.			03.02.
März	04.02.			04.02.
				19.03.
April				20.03.
				27.04.
Mai		13.05.		06.05.
		15.05.		07.05.
		17.05.		08.05.
		18.05.		
Juni			14.06.	
Juli		22.07.		
September	17.09.	17.09.		17.09.
	18.09.			18.09.
Oktober				15.10.
Summe/ Anzahl Überschreitungstage	9	6	2	19

**Tab. 4.3:** Tage mit Überschreitungen des  $PM_{10}$ -Tagesmittelgrenzwertes an den beiden Messquerschnitten an der A 4 und der A 61

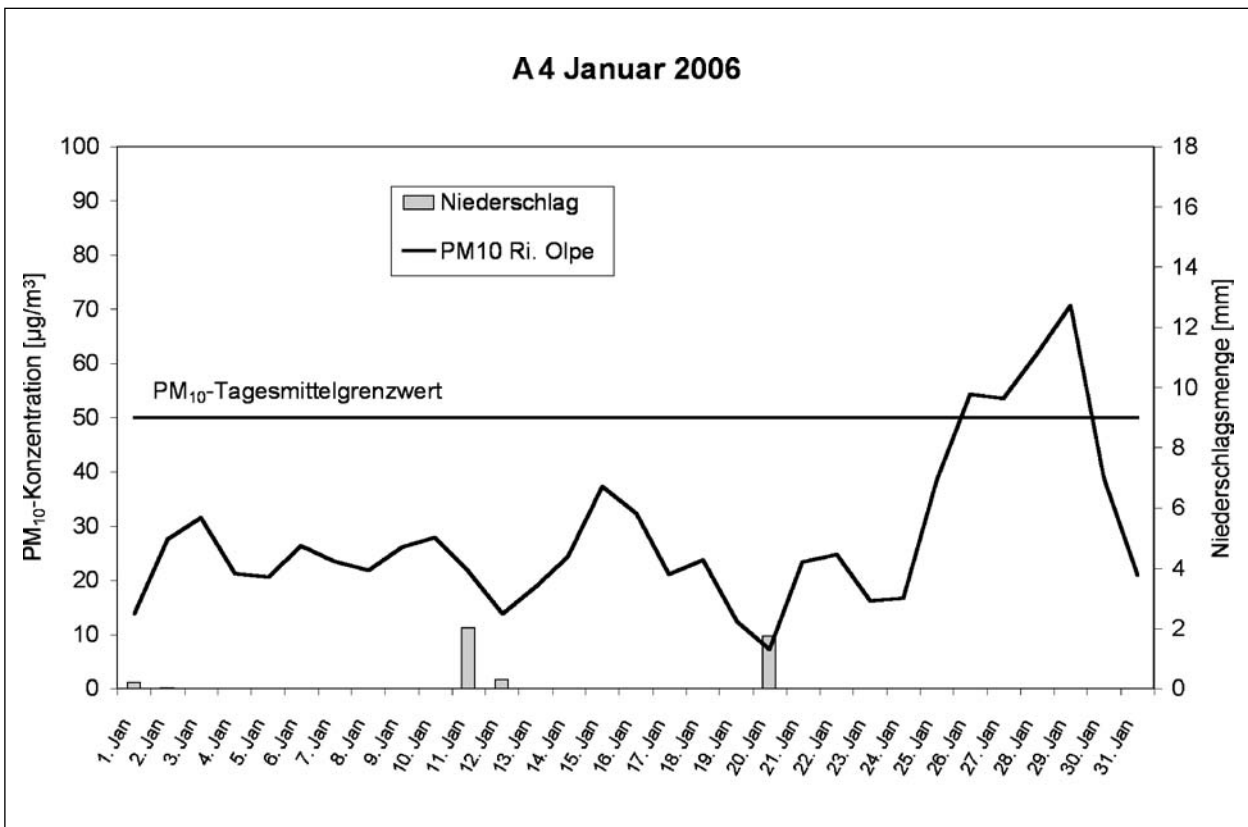


Bild 4.12: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Januar 2006

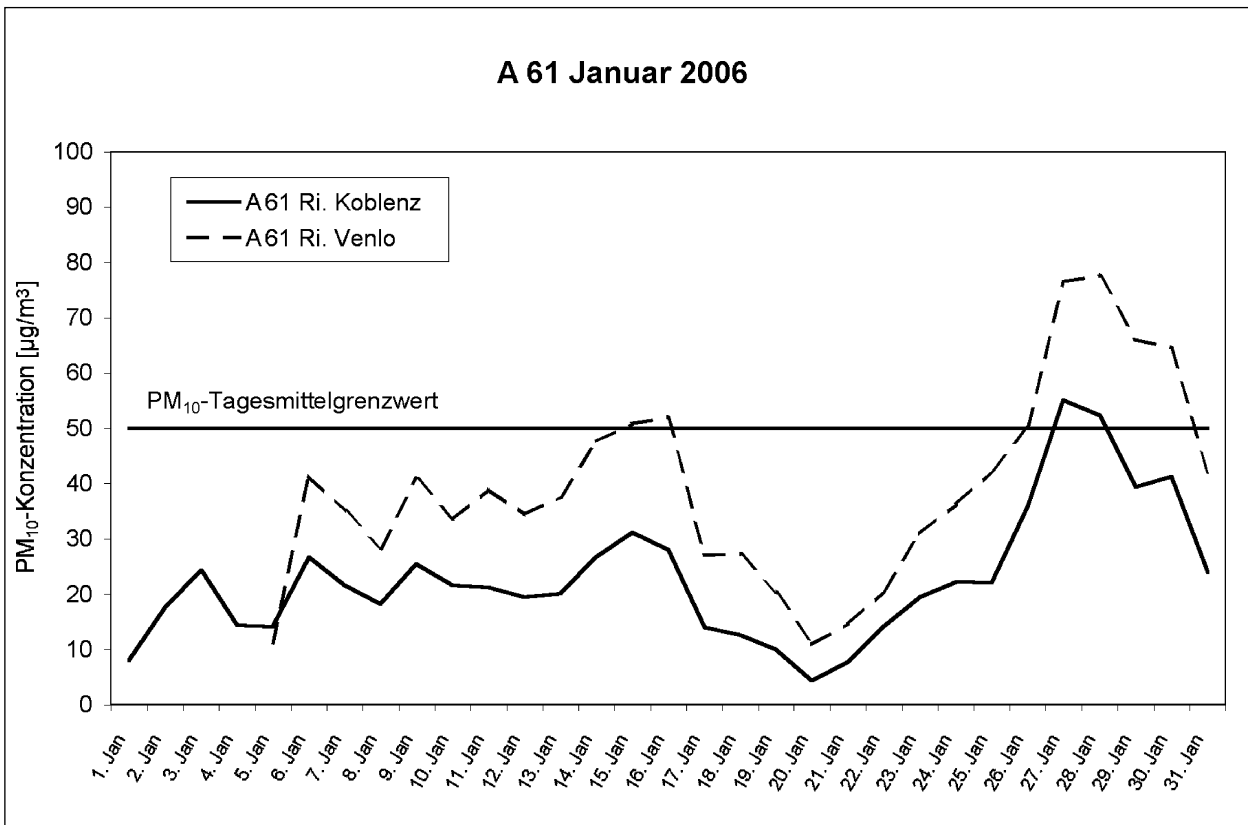
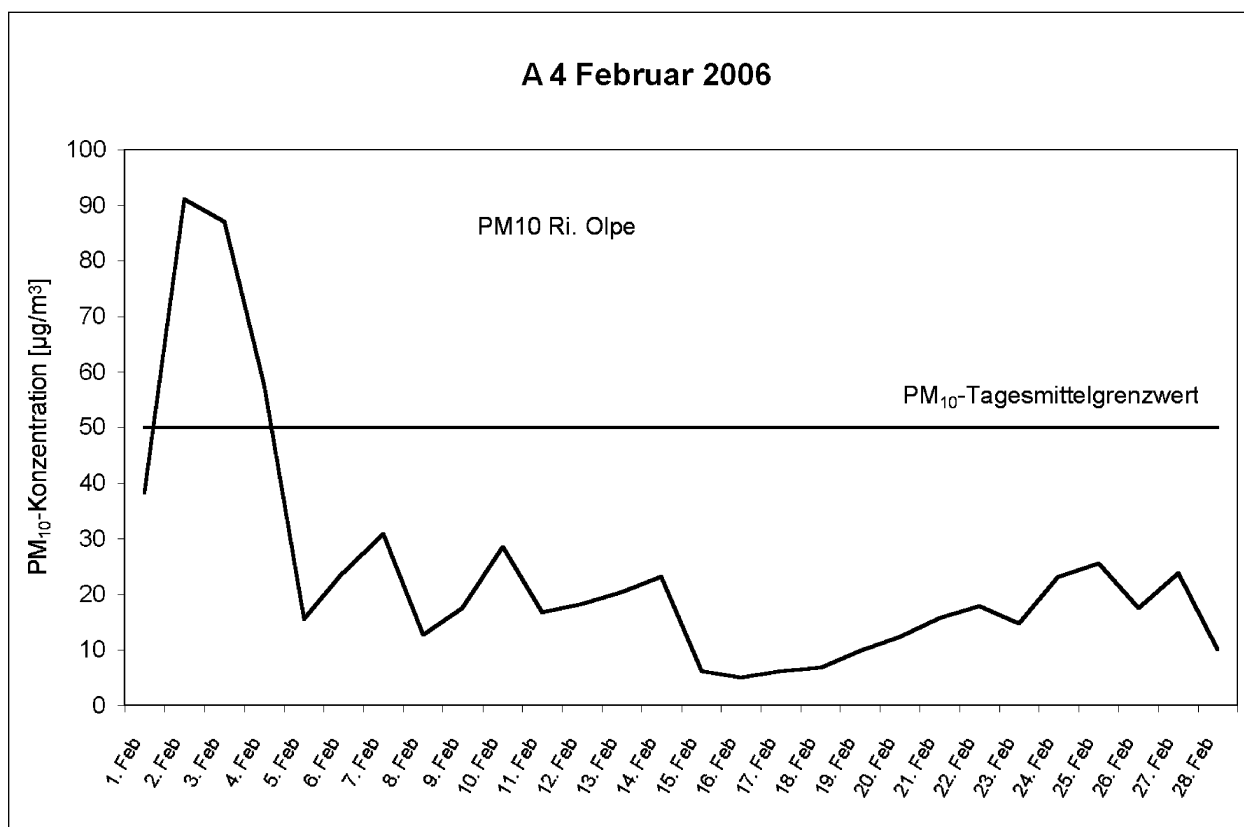
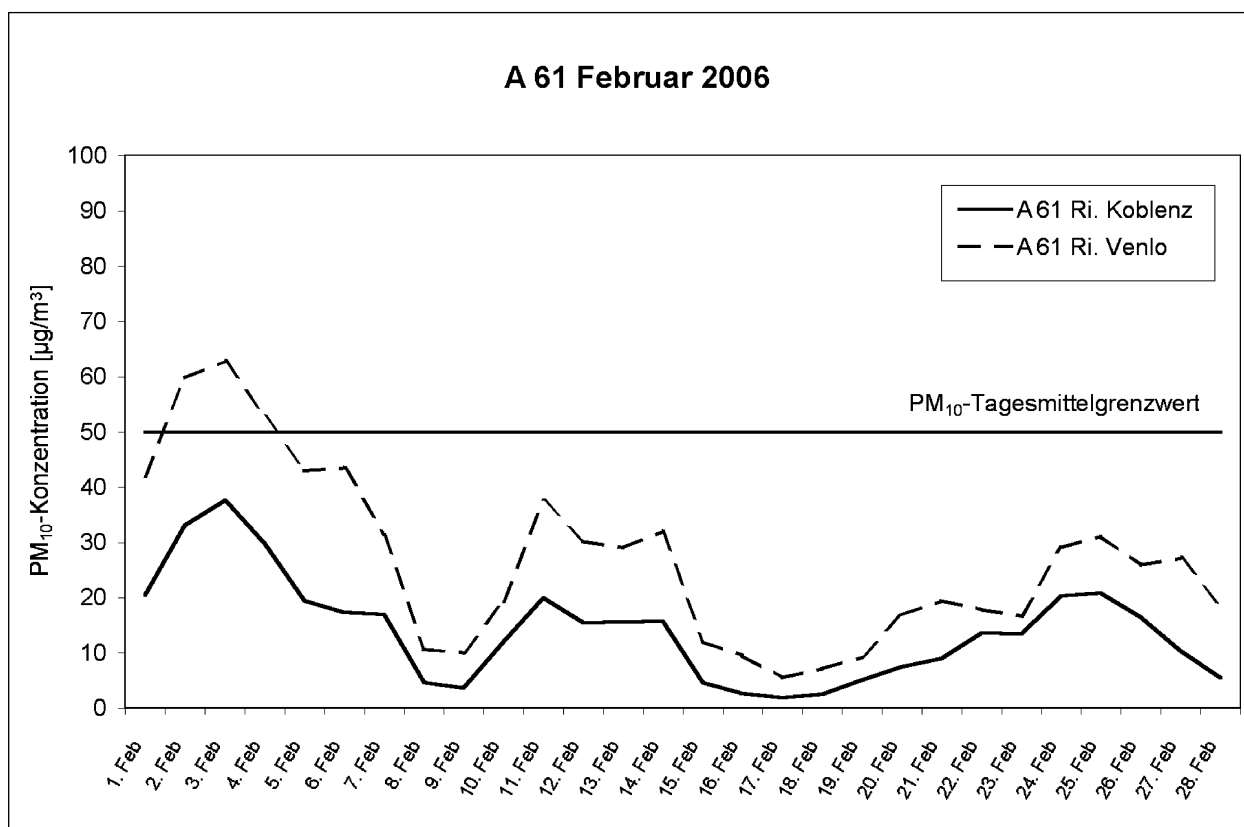


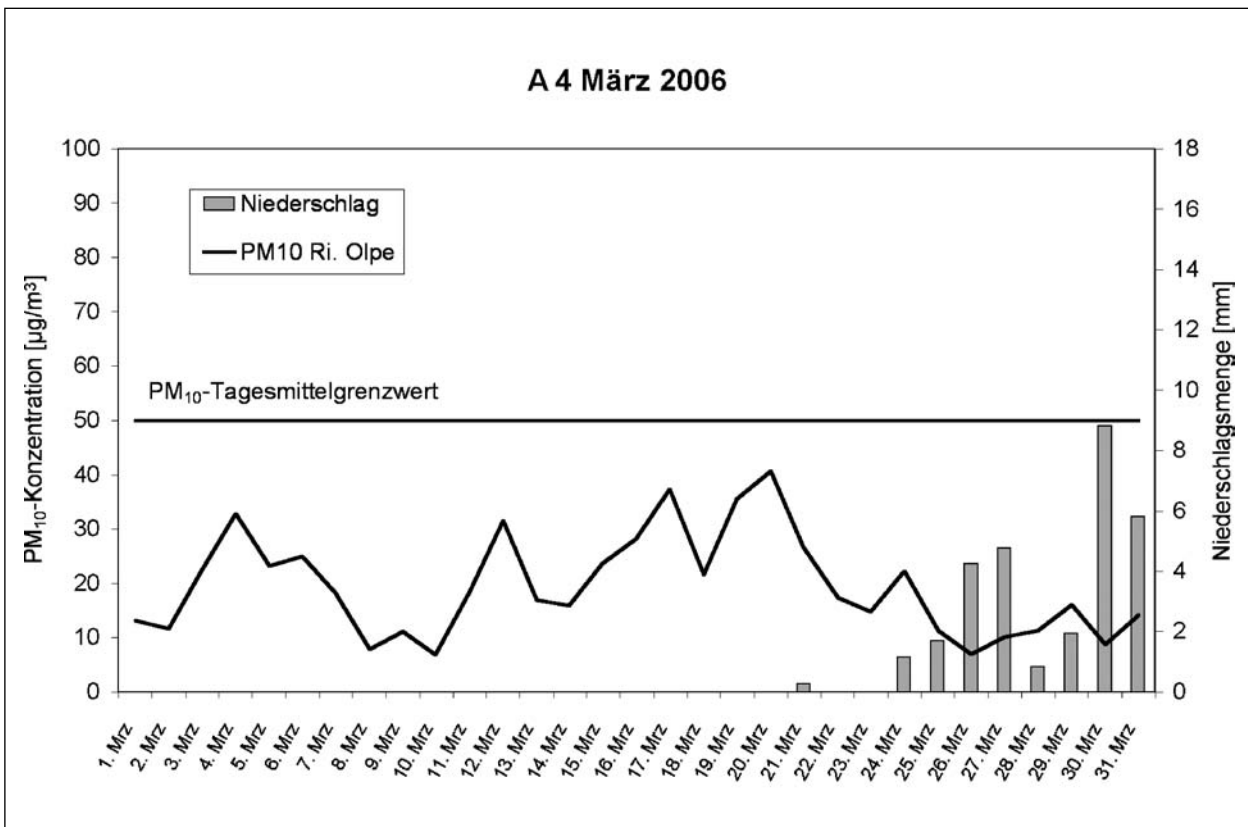
Bild 4.13: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Januar 2006



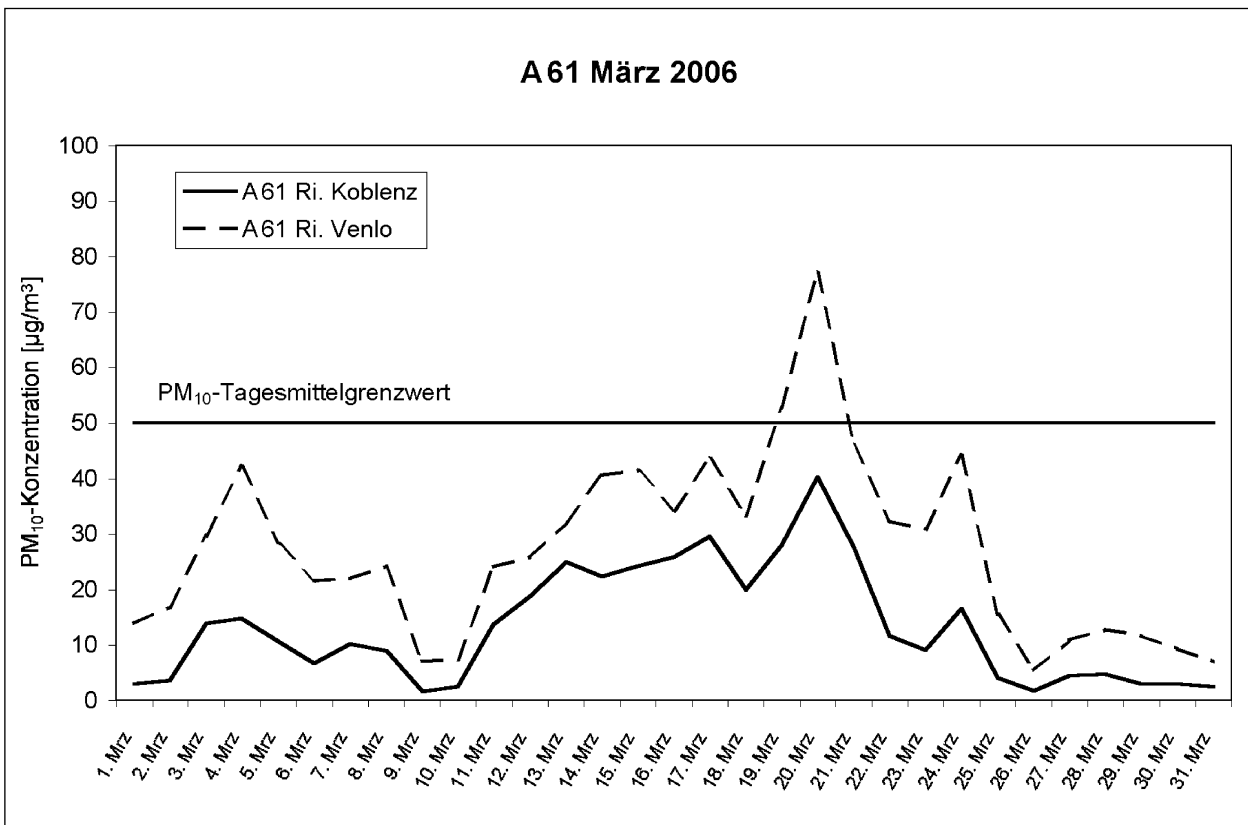
**Bild 4.14:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Februar 2006



**Bild 4.15:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Februar 2006



**Bild 4.16:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat März 2006



**Bild 4.17:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat März 2006

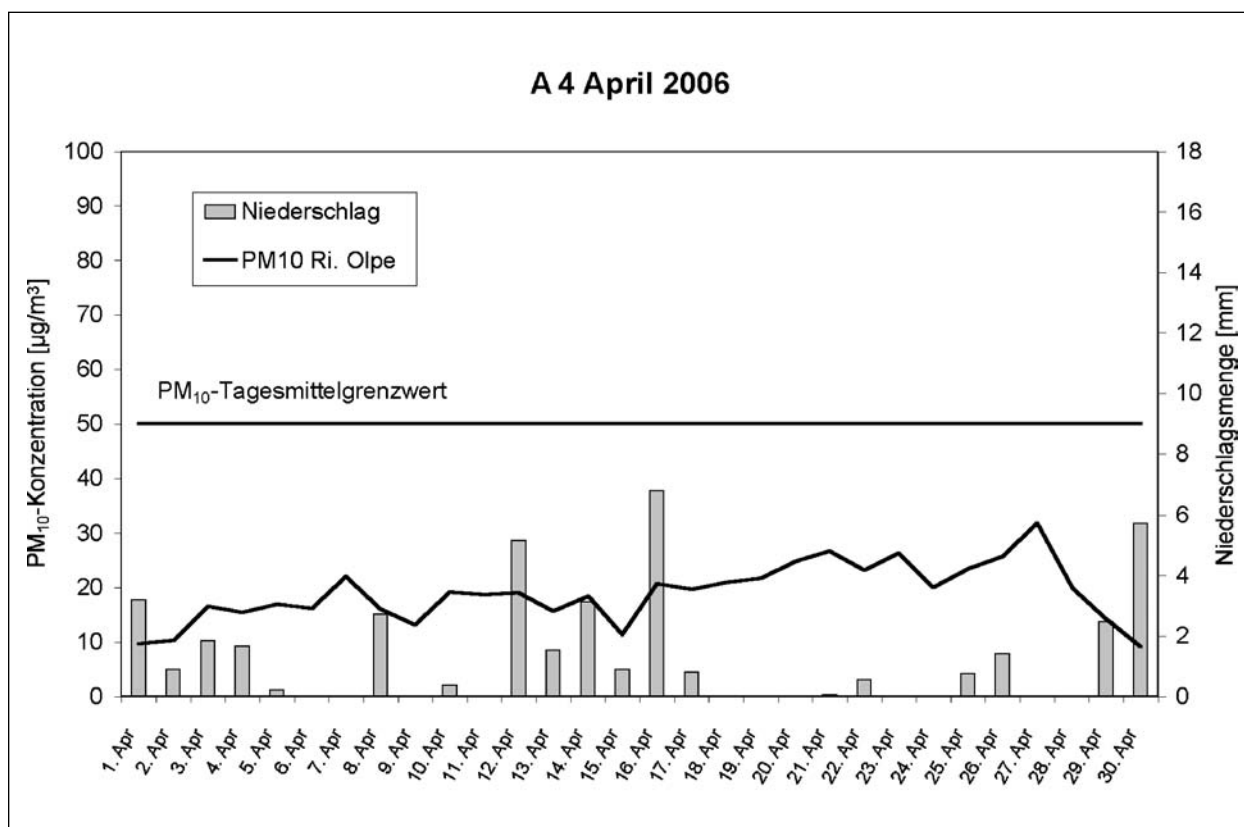


Bild 4.18: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat April 2006

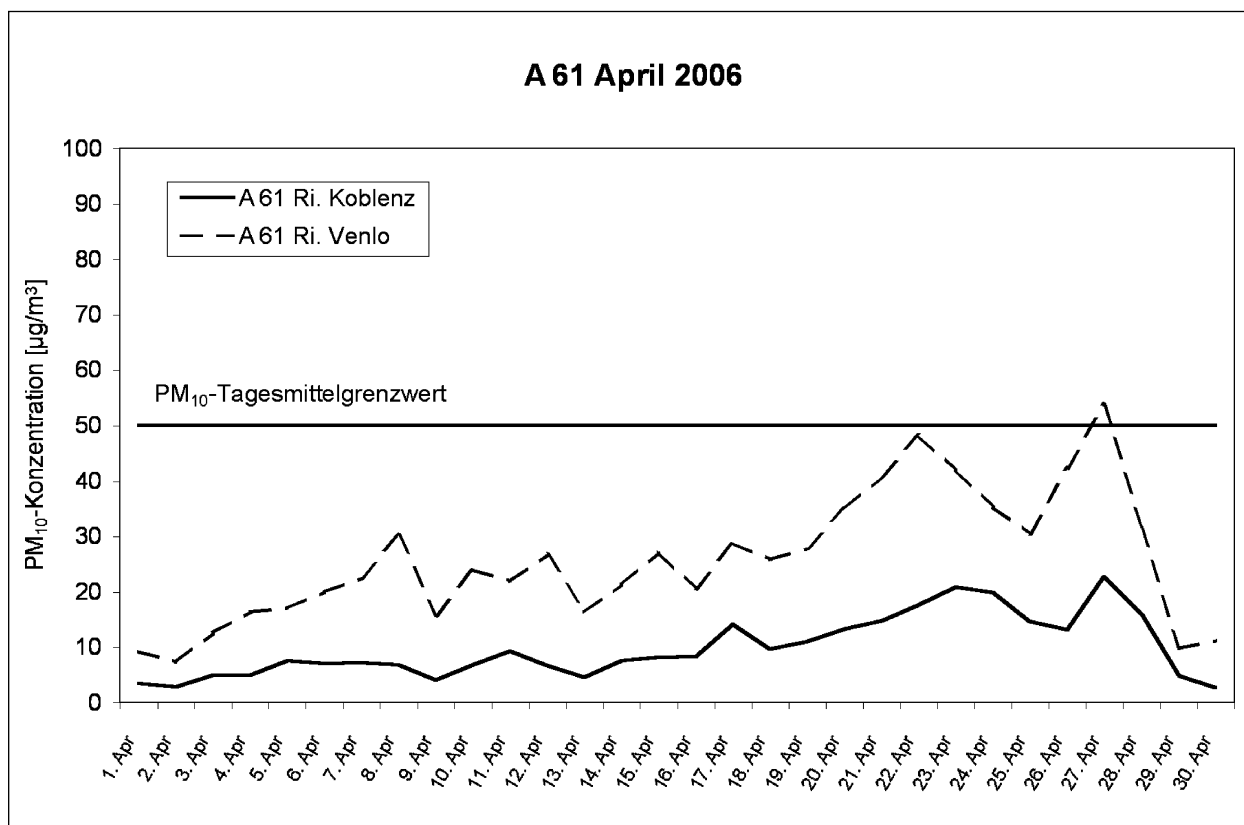


Bild 4.19: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat April 2006



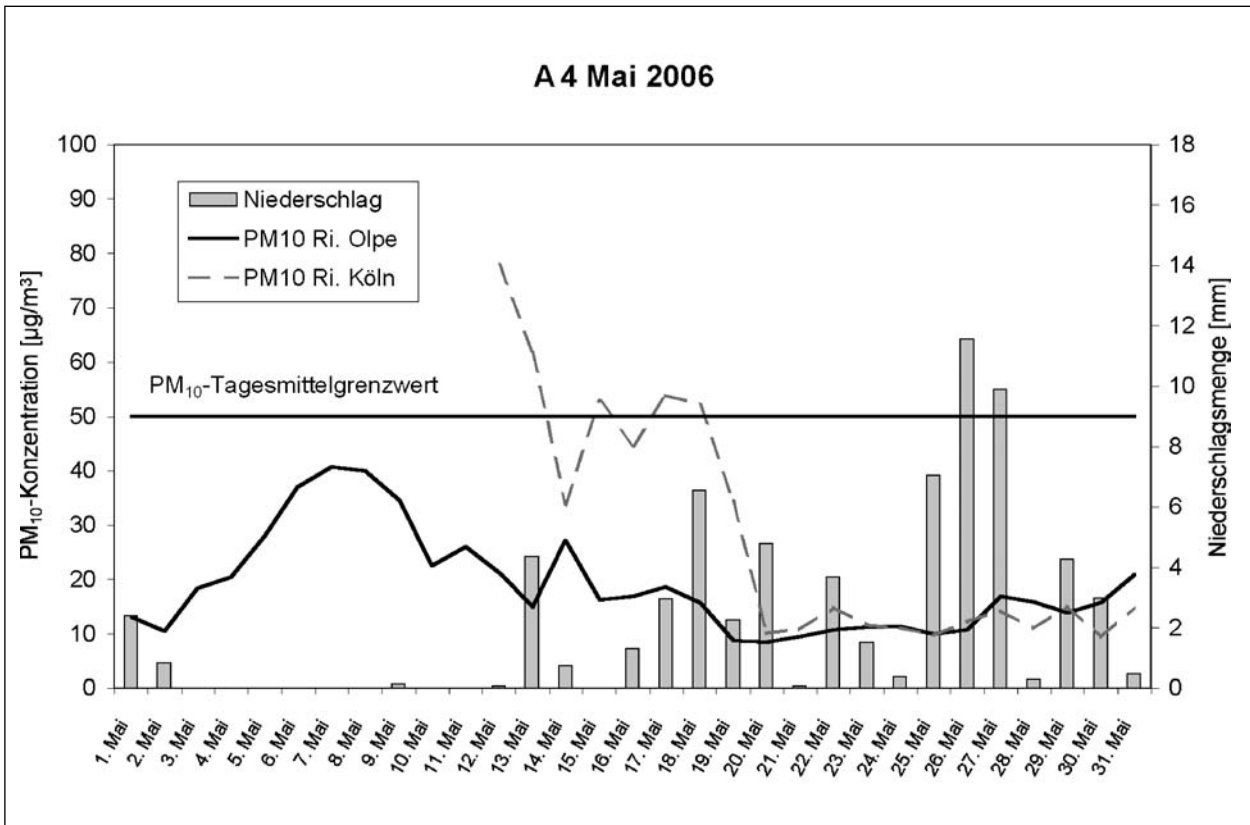


Bild 4.20: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Mai 2006

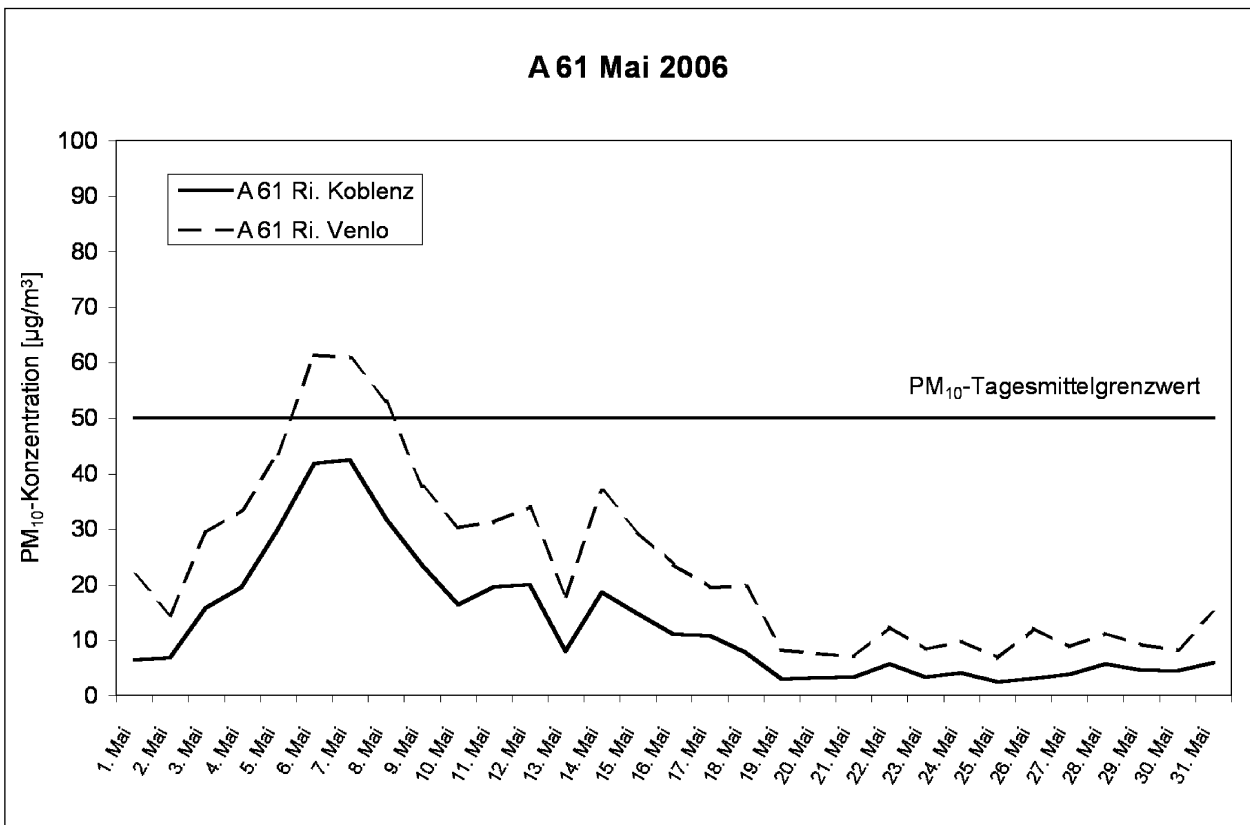


Bild 4.21: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Mai 2006

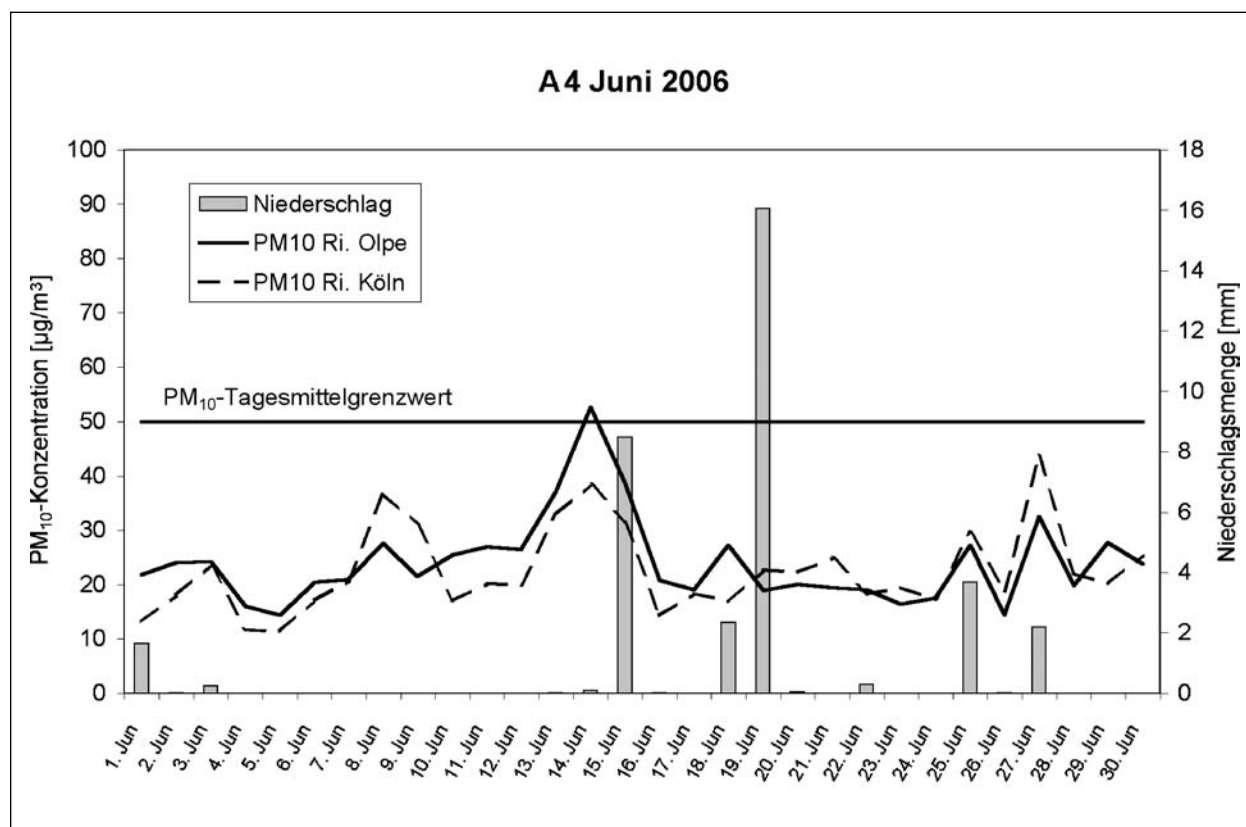


Bild 4.22: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juni 2006

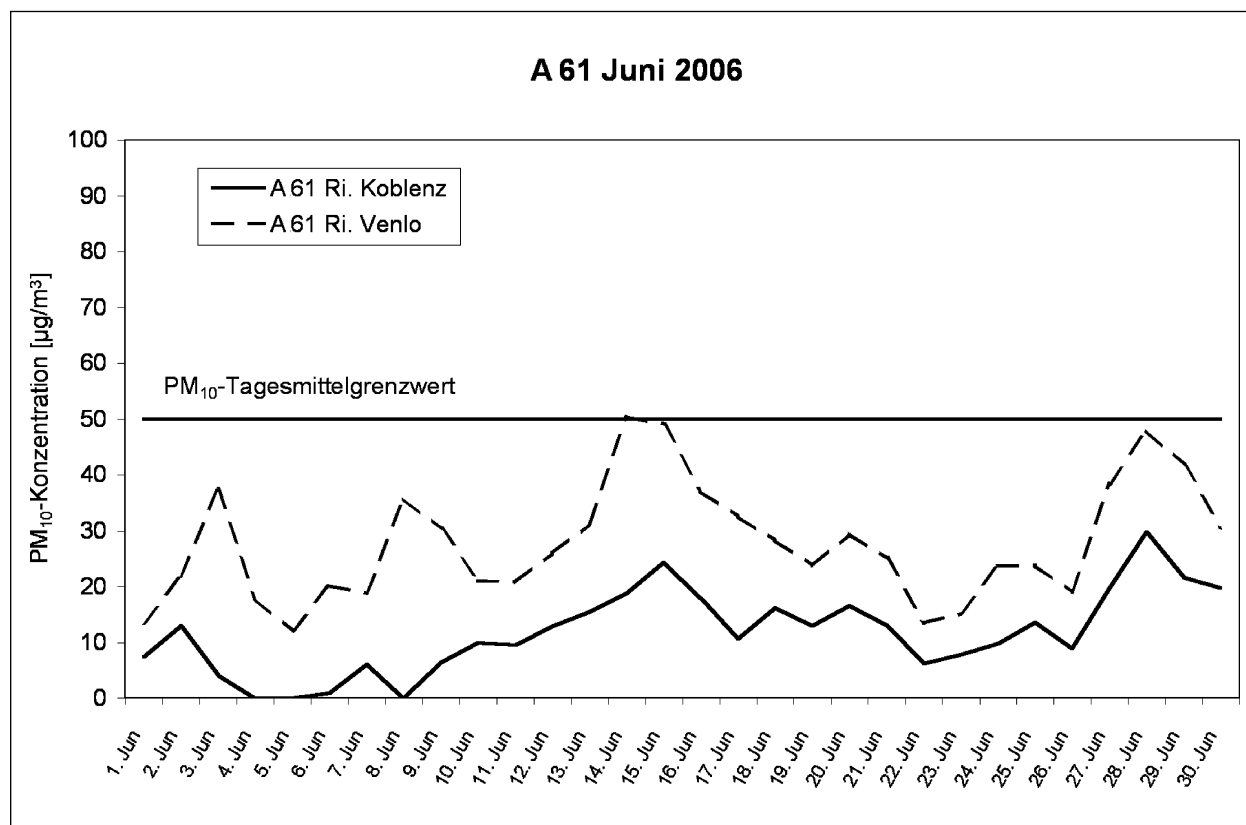


Bild 4.23: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juni 2006

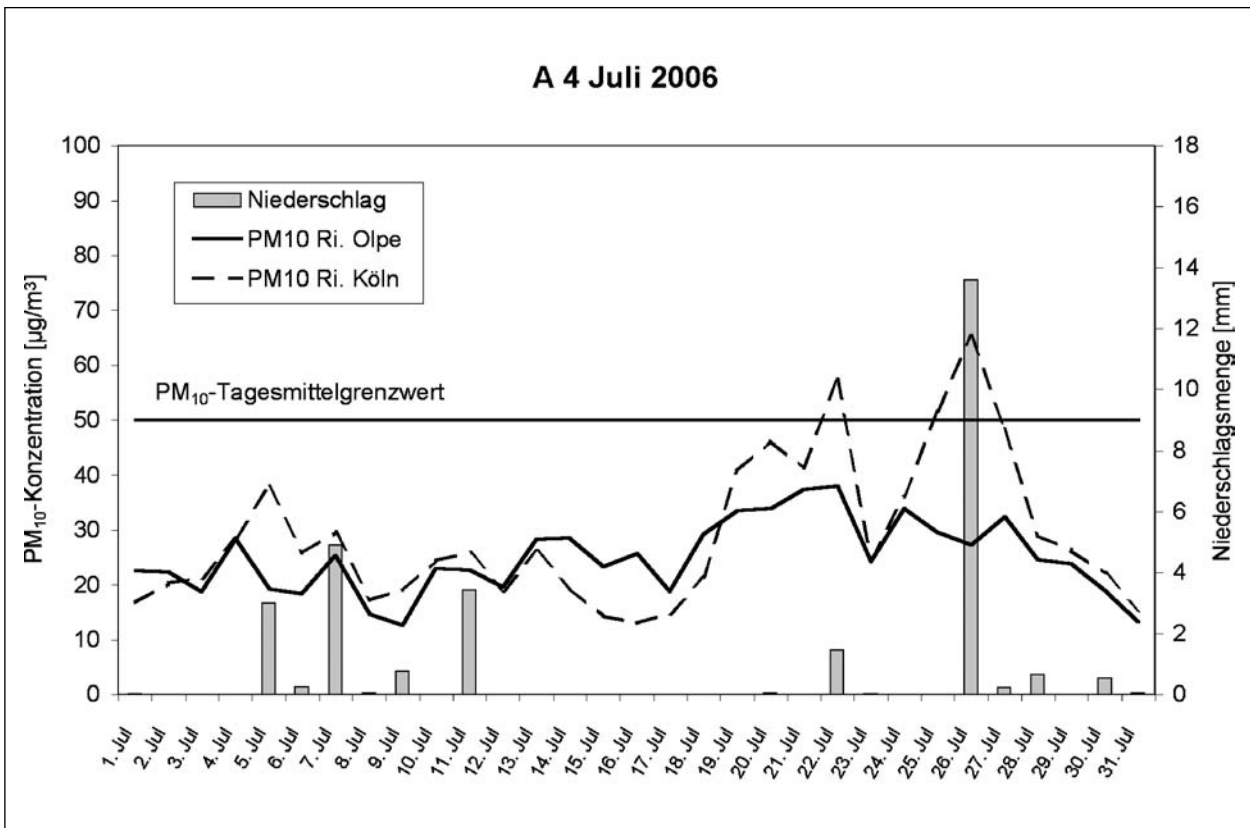


Bild 4.24: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juli 2006

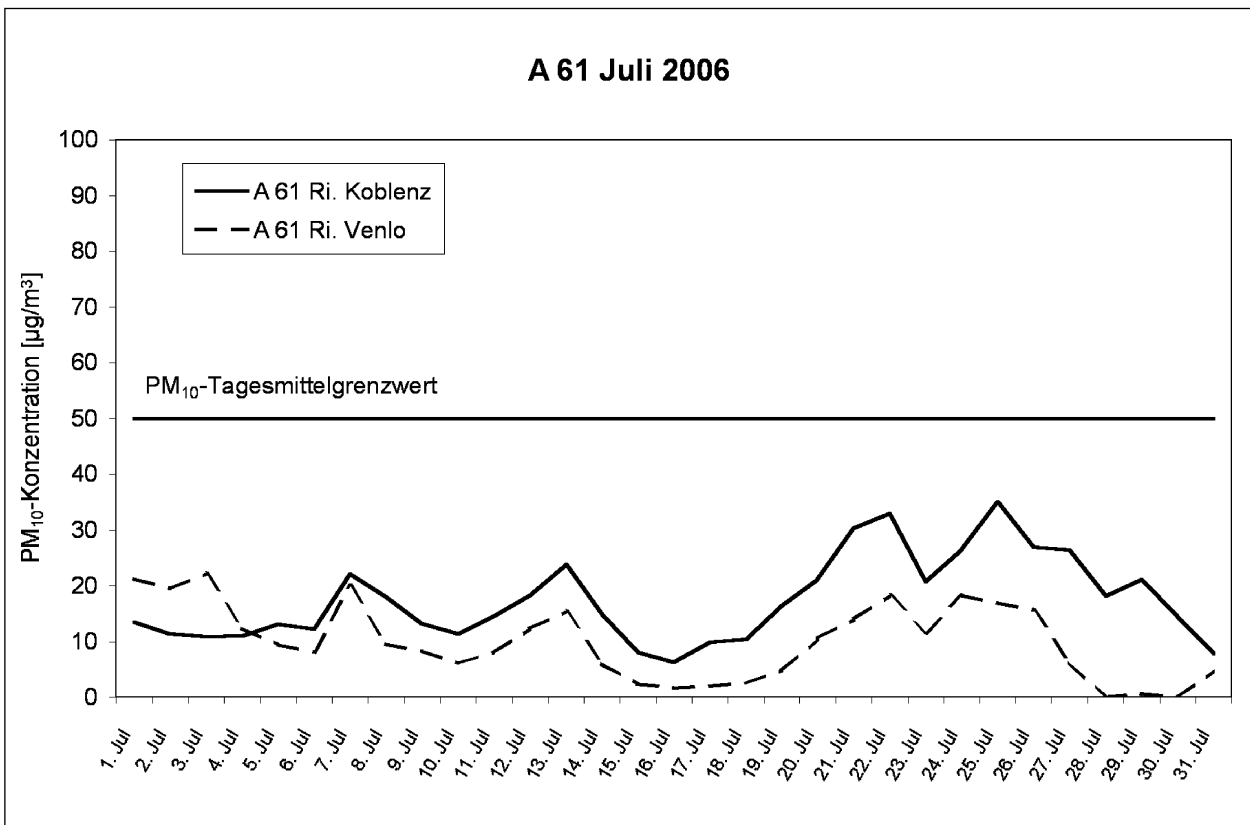


Bild 4.25: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juli 2006

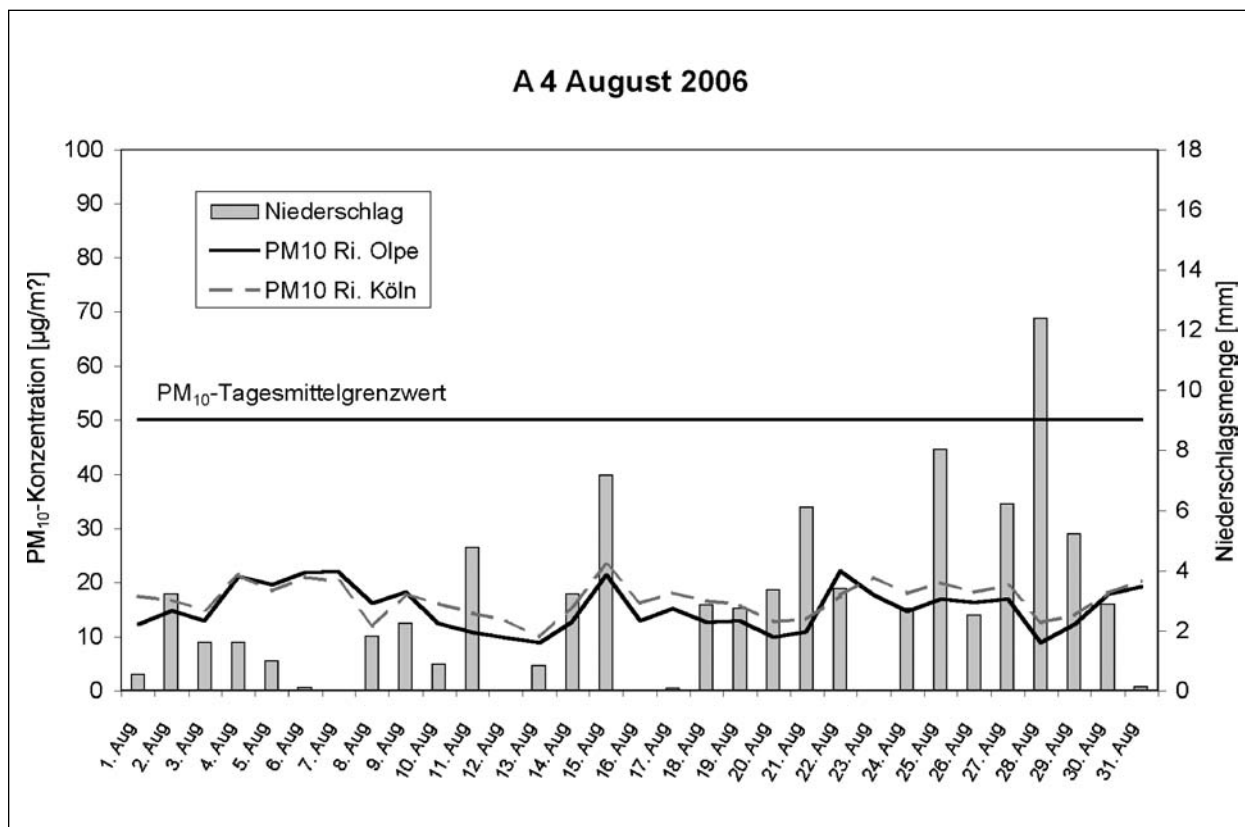


Bild 4.26: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat August 2006

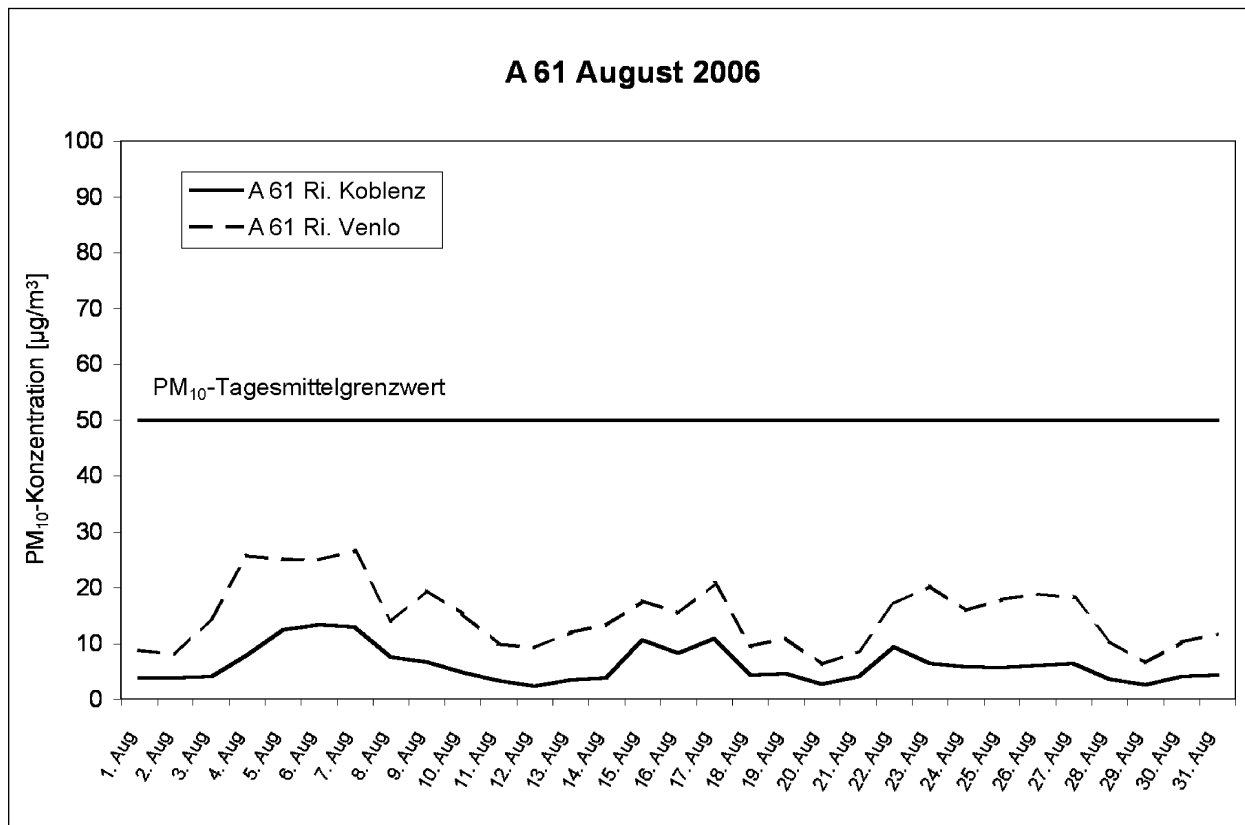


Bild 4.27: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat August 2006

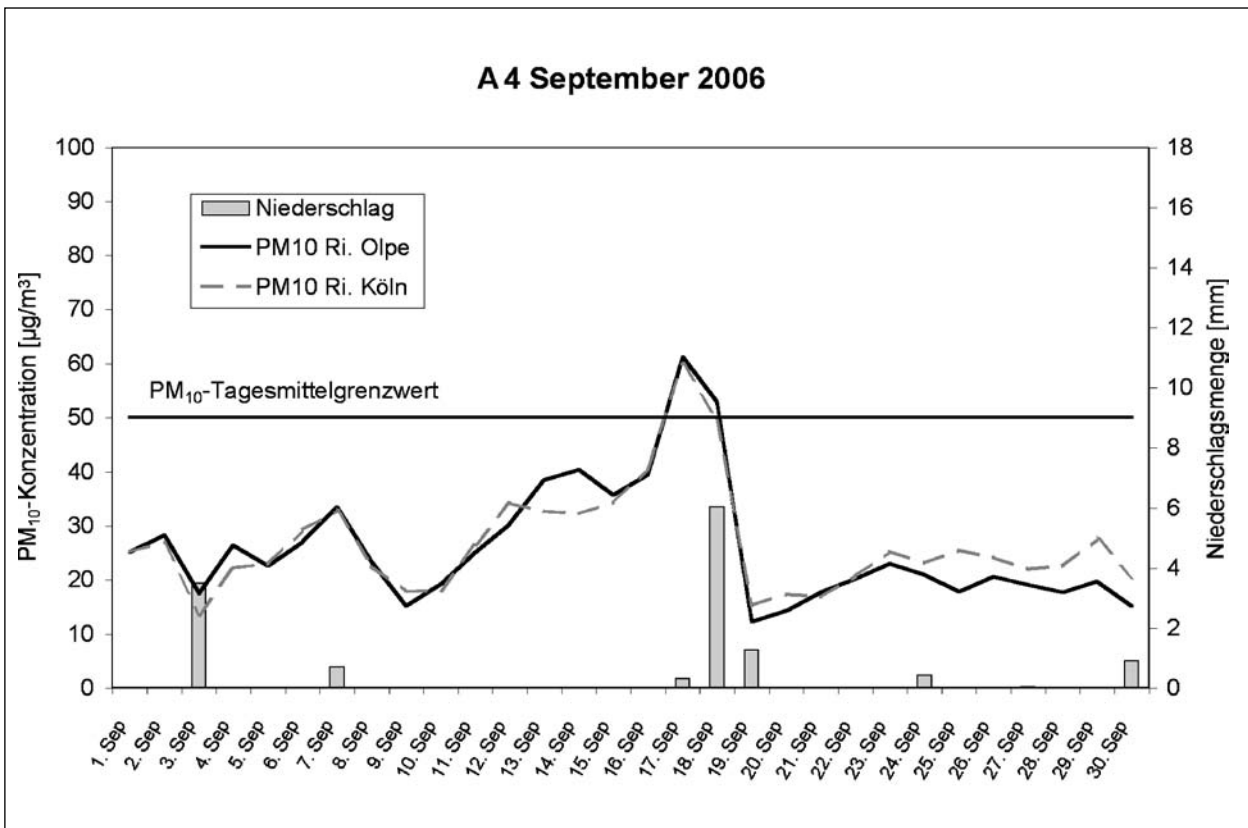


Bild 4.28: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat September 2006

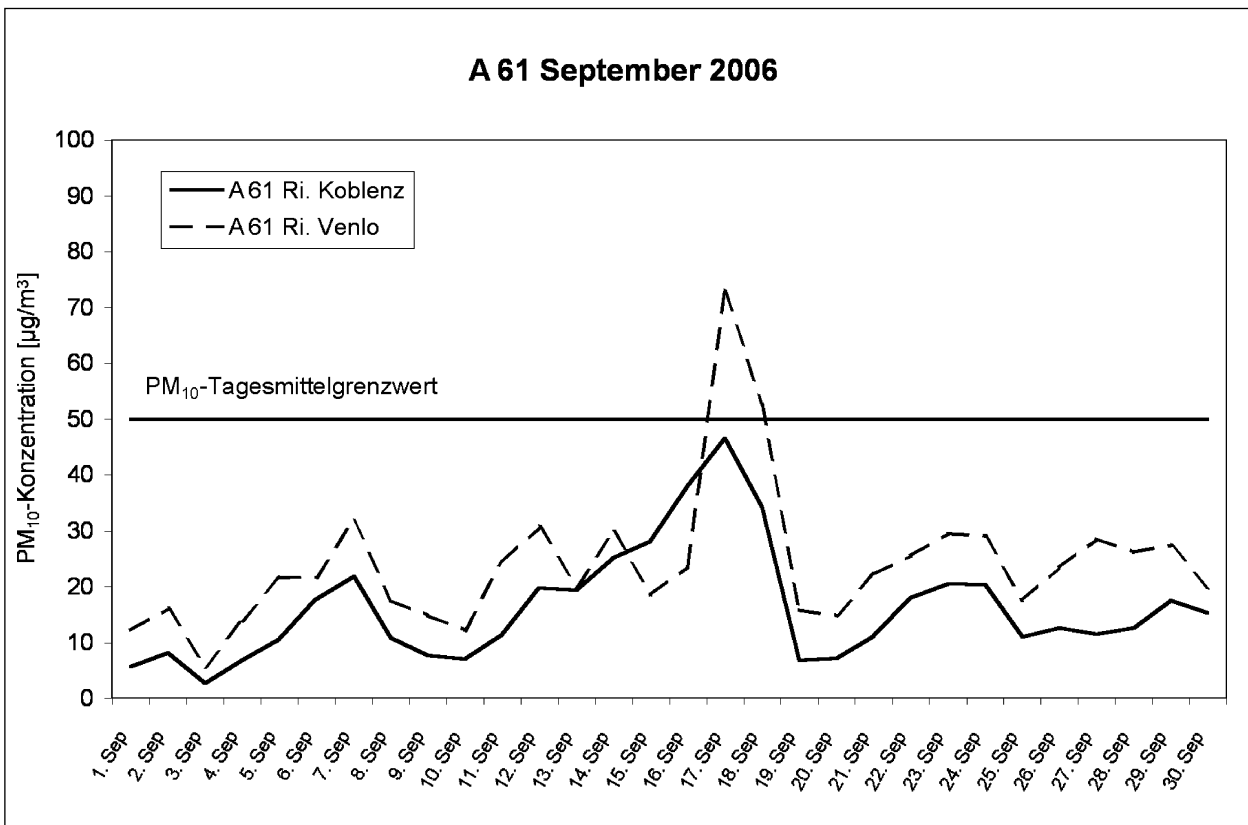


Bild 4.29: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat September 2006

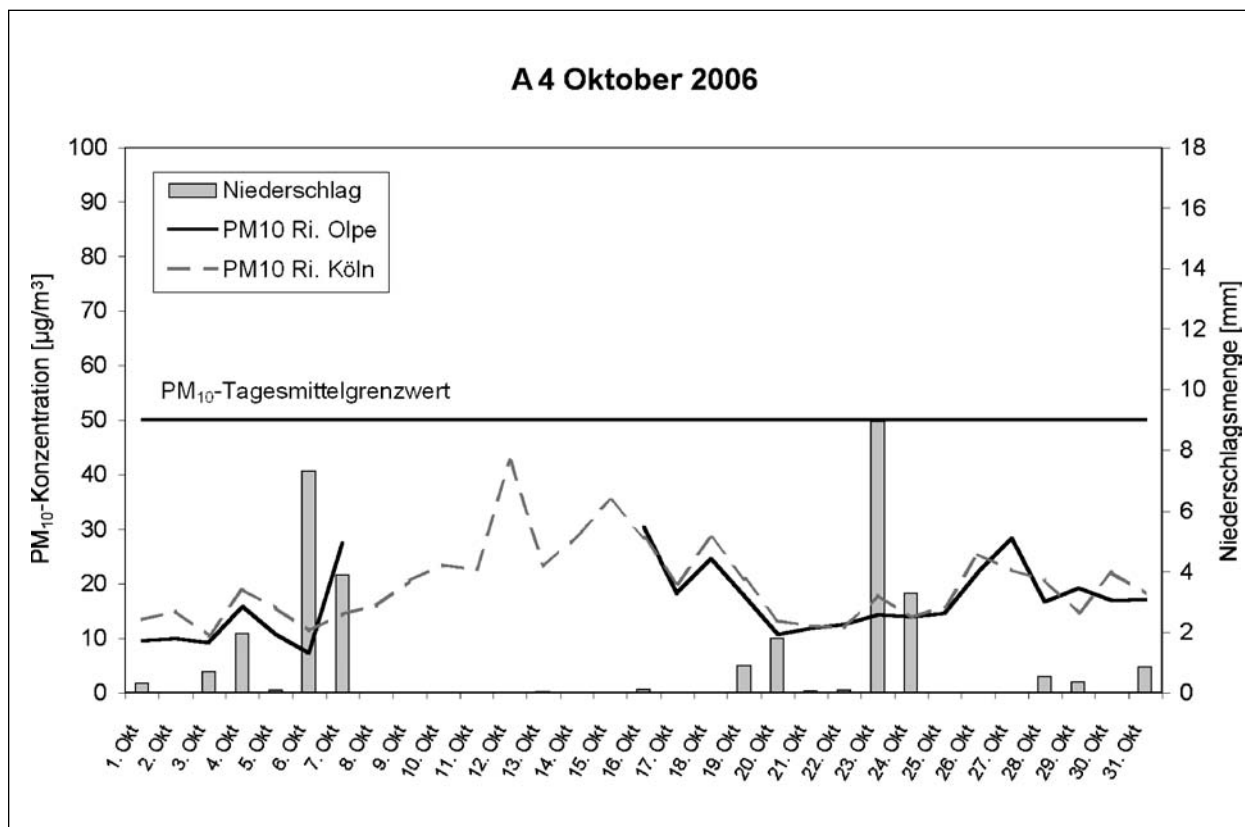


Bild 4.30: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Oktober 2006

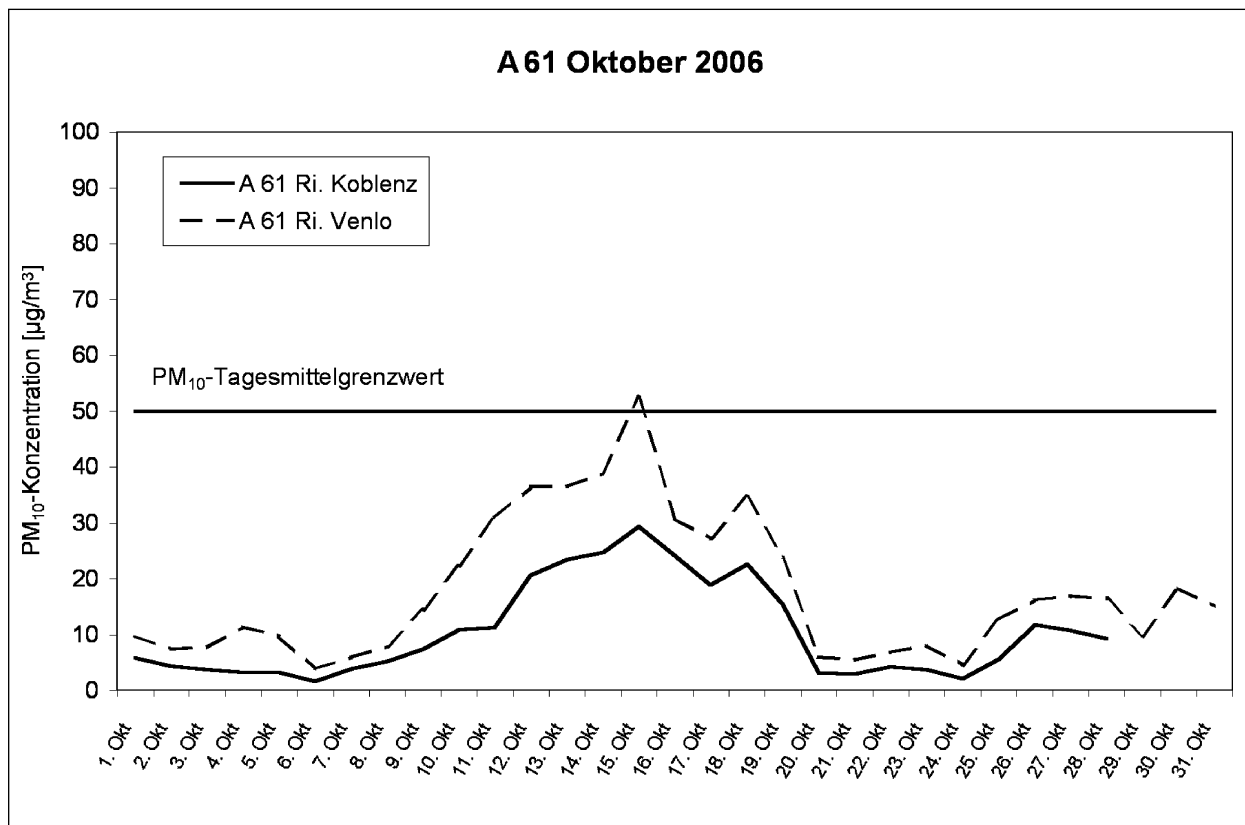


Bild 4.31: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Oktober 2006

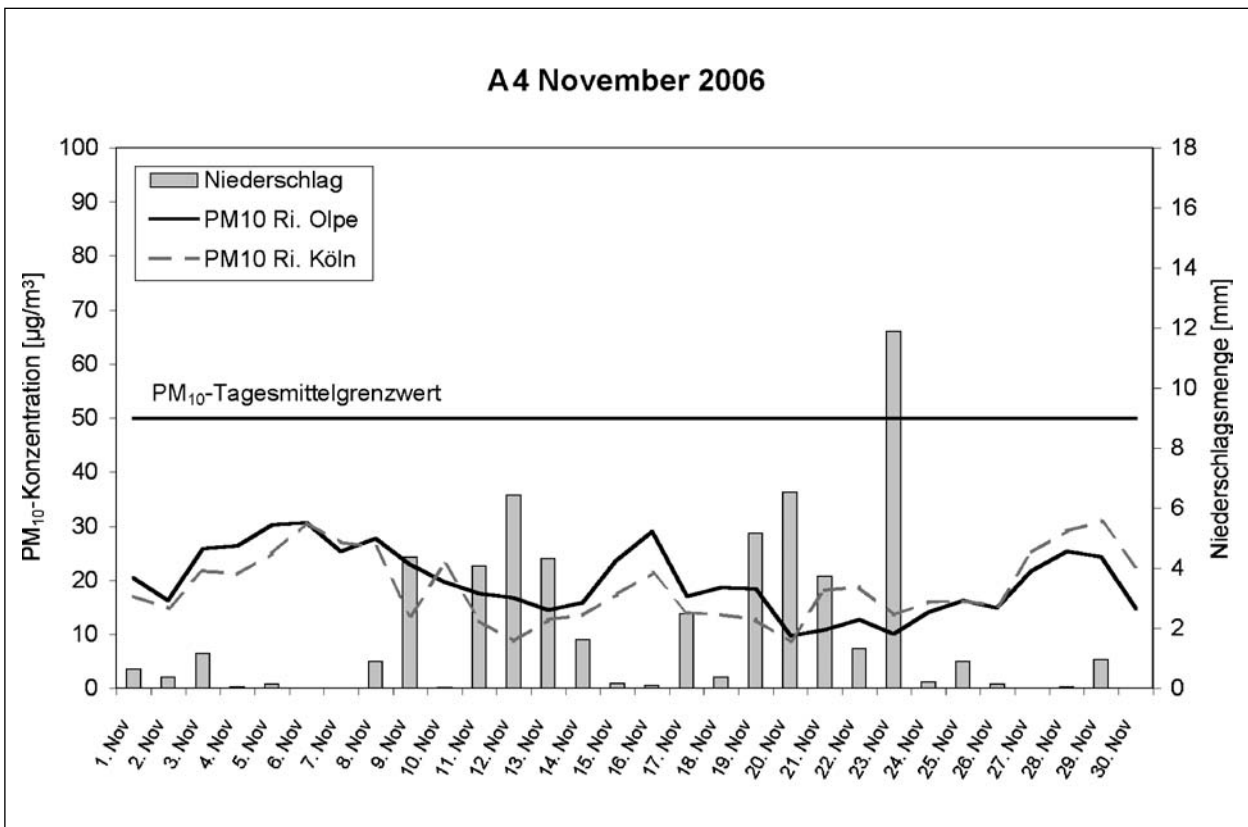


Bild 4.32: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat November 2006

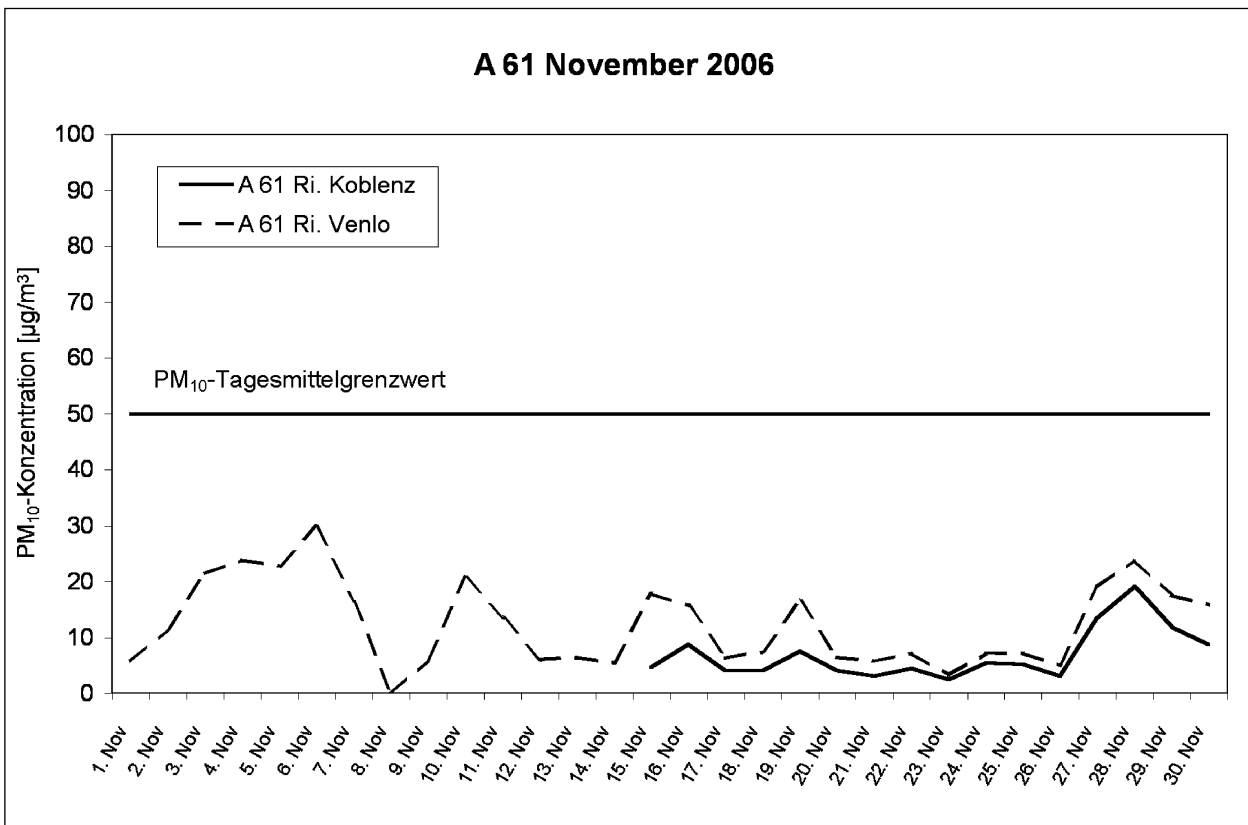


Bild 4.33: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat November 2006

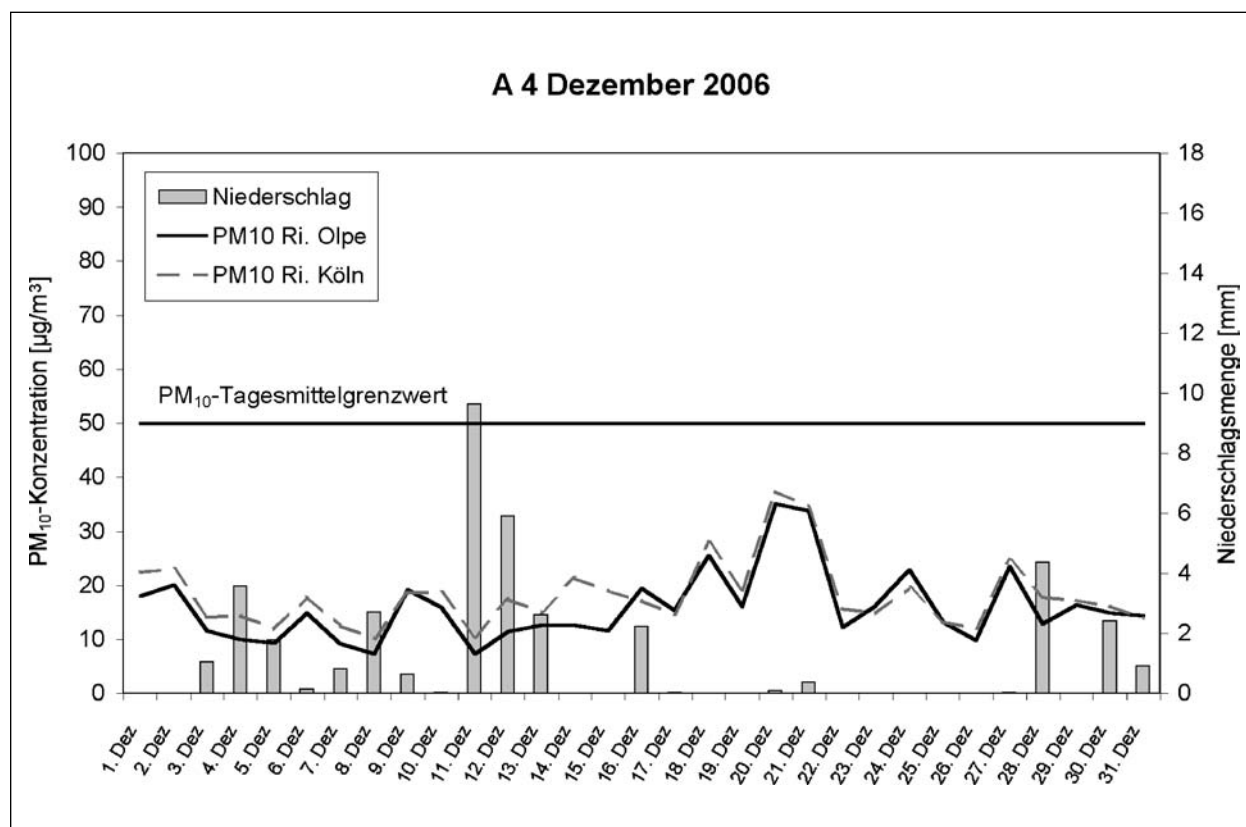


Bild 4.34: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Dezember 2006

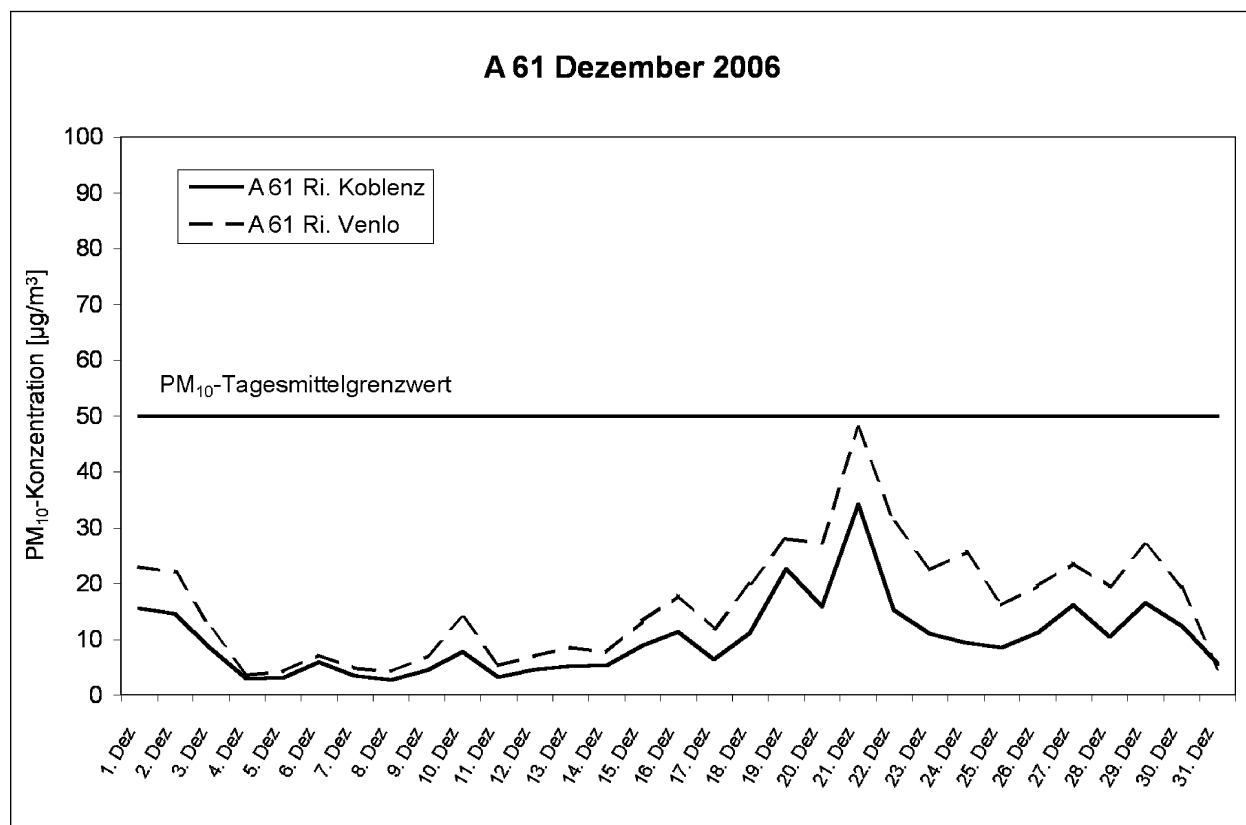


Bild 4.35: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Dezember 2006



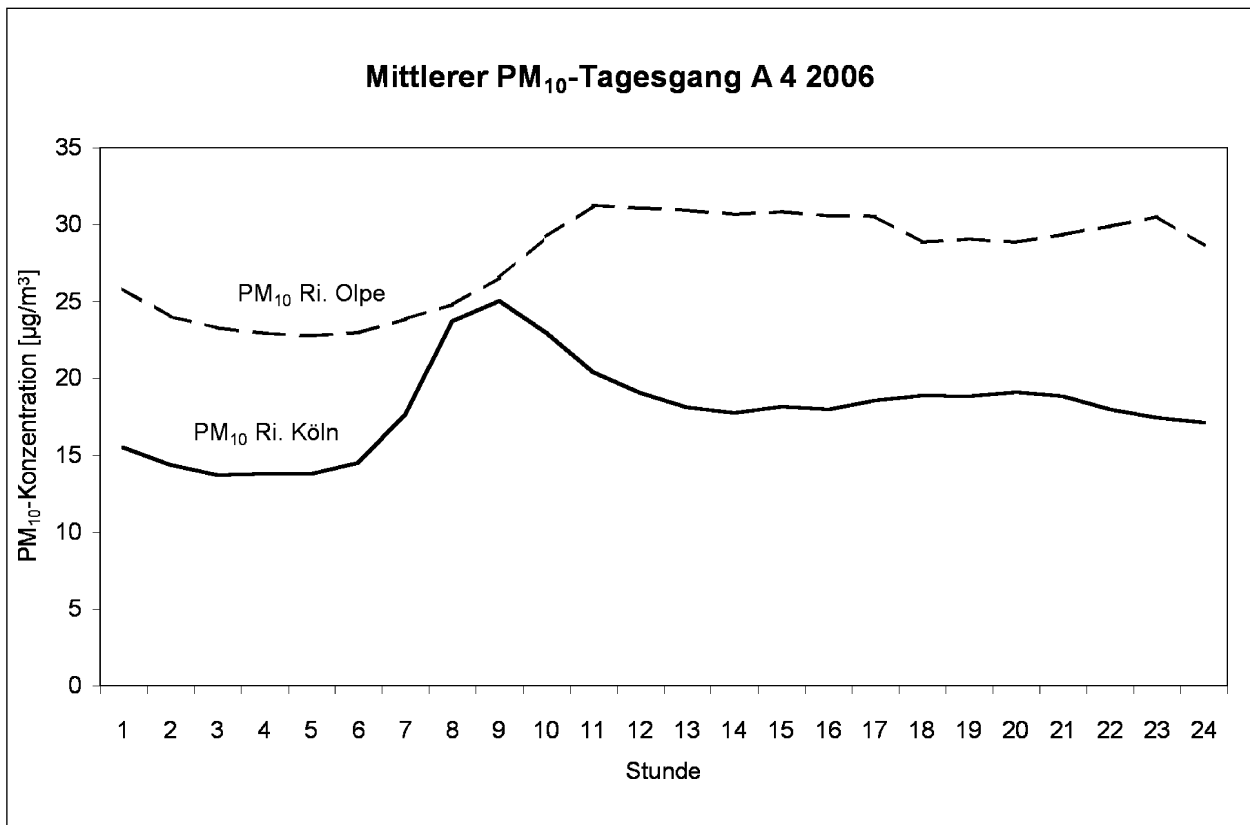


Bild 4.36: Mittlerer Tagesgang der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2006

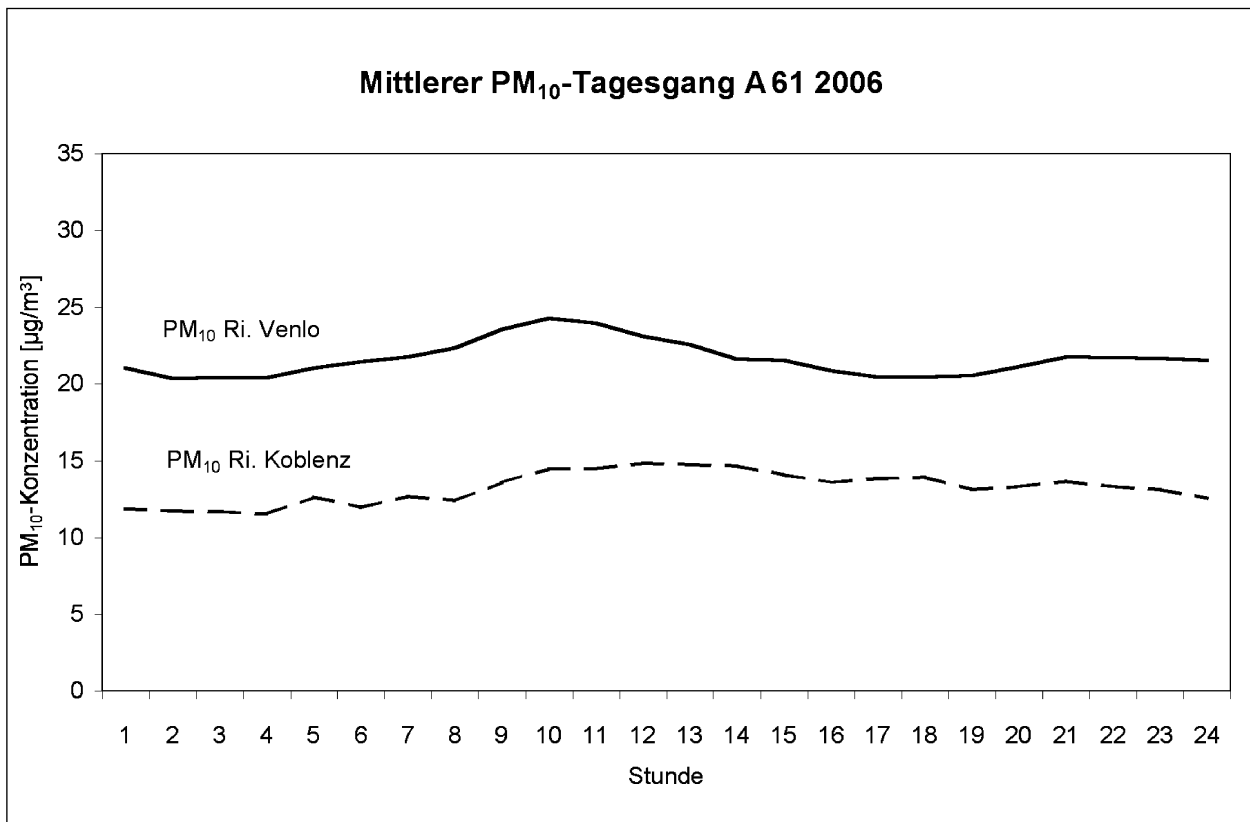


Bild 4.37: Mittlerer Tagesgang der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2006

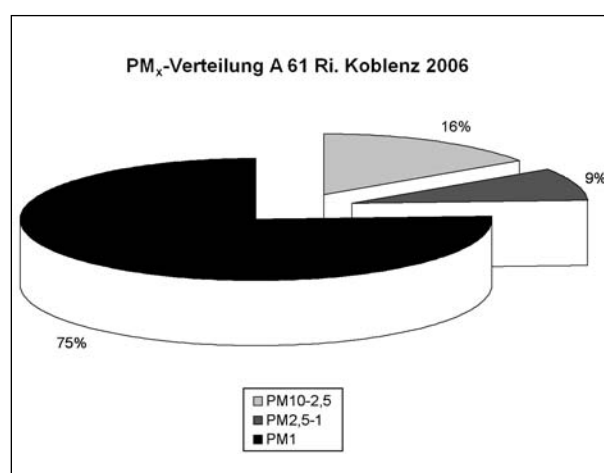
Auffällig ist dennoch ein markantes Maximum der Partikelbelastung in Fahrtrichtung Köln, welches in die Zeit des morgendlichen Berufsverkehrs zwischen 08:00 und 09:00 Uhr fällt und daher auf eine Korrelation mit einer vermehrten Verkehrsstärke in Richtung des Ballungsraums Köln hinweist. In Fahrtrichtung Olpe beginnt eine Zunahme der  $PM_{10}$ -Belastung erst ab 09:00 bis 10:00 Uhr.

An dem Messquerschnitt an der A 61 wird an der Messstelle in Fahrtrichtung Venlo, die durch die dort vorherrschende Windrichtung aus Südwest höher durch die verkehrsbedingten Schadstoffe der A 61 beaufschlagt sein sollte, eine erwartete höhere Partikelkonzentration auch im mittleren Tagesgang gemessen. Schon in den Tagesmittelwerten konnten in Fahrtrichtung Venlo höhere Werte beobachtet werden als in Fahrtrichtung Koblenz.

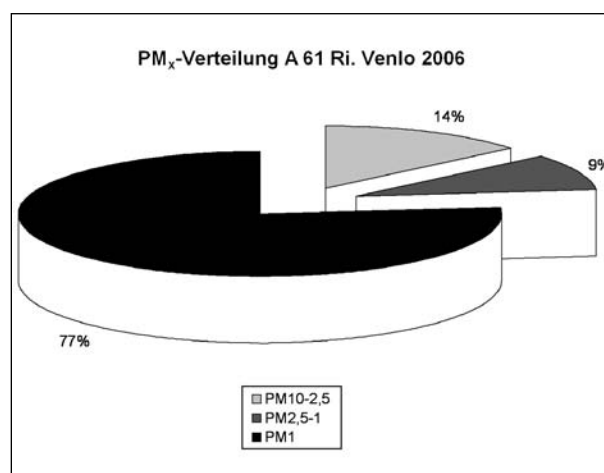
Insgesamt ist an beiden Messquerschnitten ein tageszeitabhängiger Verlauf zu erkennen, der sich durch höhere Werte in den Tagstunden und niedrigere Werte während der Nacht auszeichnet. Dieses Verhalten weist also zum einen auf eine Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung hin, da durch Abnahme der Verkehrsstärke in den Nachtstunden sowohl weniger motorbedingte Partikel emittiert werden als auch weniger zuvor deponiertes Material durch die Fahrtbewegung wieder aufgewirbelt wird.

Andererseits hängen die Schadstoffbelastung im Allgemeinen und die Partikelbelastung im Besonderen jedoch von vielen weiteren Größen wie z. B. meteorologischen Parametern ab. So nimmt der Wind, der ebenfalls ein großes Aufwirbelungspotenzial 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.

Seit Ende 2004 wird an dem Messquerschnitt an der A 61 auch eine Messwertaufnahme der kleineren Partikelkomponenten  $PM_{2,5}$  und  $PM_1$  durchgeführt. In den Bildern 4.38 und 4.39 sind die prozentualen Anteile der Fraktionen  $PM_{2,5}$  und  $PM_1$  an der  $PM_{10}$ -Konzentration dargestellt. Hieraus ergibt sich, dass der größte Beitrag durch die kleinsten Partikel  $PM_1$  mit einem Anteil von 75 % (Fahrtrichtung Koblenz) bzw. 77 % (Fahrtrichtung Venlo) erfolgt. Die Partikel, die einen aerodynamischen Durchmesser zwischen 1 und 2,5  $\mu m$  besitzen, sind auf beiden Seiten der Autobahntrasse für 9 % der gesamten  $PM_{10}$ -Belastung verantwortlich und die größte Komponente mit Durchmessern zwischen 2,5 und 10  $\mu m$  tragen 16 % (Fahrtrichtung Koblenz) bzw. 14 % (Fahrtrichtung Venlo) zur Gesamtbelastung bei.



**Bild 4.38:** Anteil der  $PM_{2,5}$  und der  $PM_1$ -Konzentration an der  $PM_{10}$ -Konzentration am Messquerschnitt an der A 61 in Fahrtrichtung Koblenz für das Kalenderjahr 2006



**Bild 4.39:** Anteil der  $PM_{2,5}$  und der  $PM_1$ -Konzentration an der  $PM_{10}$ -Konzentration am Messquerschnitt an der A 61 in Fahrtrichtung Venlo für das Kalenderjahr 2006

Es ist deutlich ersichtlich, dass die Partikelkomponente  $PM_{10}$  zum größten Teil aus den kleinsten Partikeln  $PM_1$  bestehen. 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 gröberen 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. Bordsteinkanten sowie Vollbremsungen geprägt ist, sodass dort mehr Abriebe entstehen.

## Zusammenfassung und Ausblick

### Stickoxide

In Bezug auf die  $NO_2$ -Grenzwerte der 22. BImSchV konnten Überschreitungen des Stundenmittelwertes an beiden Messquerschnitten festgestellt werden. Die Überschreitungshäufigkeiten lagen hierbei unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für das Kalenderjahr 2006 bis auf die Messstelle an der A 4 in Fahrtrichtung Köln alle unterhalb der maximal zulässigen Anzahl. Hingegen wurde der  $NO_2$ -Jahresmittelgrenzwert plus Toleranzmarge für das Jahr 2006 an allen betrachteten Messstellen außer an der A 61 in Fahrtrichtung Koblenz 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 (s. 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 im Kalenderjahr 2006 an beiden Messquerschnitten

weder die Informations- noch die Alarmschwelle überschritten (s. Kapitel 4.2).

### Partikel

Der Jahresmittelgrenzwert, der seit dem 01.01.2005 für  $PM_{10}$  gefordert wird, wurde im Kalenderjahr 2006 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 weniger von lokalen Quellen bestimmt wird und daher verkehrsregelnde Maßnahmen im Zuge von Lufteinhalteplänen allein nicht zu einem merklichen Rückgang der Partikelbelastung beitragen können. Vielmehr muss eine überregionale Absenkung der Schadstoffe erreicht werden (s. 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  $NO_2$ -Belastung“ im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 15.09.2005
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: „Umweltatlas Hessen“, 2006

- HOLZBAUR, U., KOLB, M., ROßWAG, H. (Hrsg.): „Umwelttechnik und Umweltmanagement“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 1996
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Besondere Immissionssituationen während der Inversionswetterlagen Januar/Februar 2006“, Karlsruhe, 2006
- ML<sup>®</sup>9811 Ozone Analyzer with IZS/EZS, Operation Manual, Monitor Labs, Englewood, CO, USA, 1998
- ML<sup>®</sup>9841A Nitrogen oxides Analyser, Operation Manual, Monitor Europe, Cloucestershire, UK, 2000
- MÖLLER, D.: „Luft“, Walter de Gruyter & Co. KG, Berlin, 2003
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin: „Digitaler Umweltatlas Berlin“, 2005
- TEOM<sup>®</sup> Series 1400a Ambient Particulate (PM-10) 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<sub>x</sub>-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
- 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“

## 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 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden

Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Acken € 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: PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerordnungsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen

Düring, Böisinger, 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

## 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
- V 135: 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<sub>x</sub>-Belastungen an BAB  
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00
- V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO<sub>x</sub>)- und Ozon (O<sub>3</sub>)-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 Dauerzählstellen  
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 Glättemeldeanlagen  
Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl € 18,50
- V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005  
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00

- V 148: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie –  
Becher, Baier, Steinauer, Scheuchenpflug, Krüger € 16,50
- V 149: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung  
Boltze, Friedrich, Jentsch, Kittler, Lehnhoff, Reusswig € 18,50
- V 150: Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst  
Rommeiß, Thrän, Schlägl, Daniel, Scholwin € 18,00

## 2007

- V 151: Städtischer Liefer- und Ladeverkehr – Analyse der kommunalen Praktiken zur Entwicklung eines Instrumentariums für die StVO  
Böhl, Mause, Kloppe, Brückner € 16,50
- V 152: Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer  
Gerlach, Oderwald € 15,50
- V 153: Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen  
Lemke € 13,50
- V 154: Autobahnverzeichnis 2006  
Kühnen € 22,00
- V 155: Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie in Deutsches Recht  
Bartolomaeus € 12,50
- V 156: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen  
Badelt, Seliger, Moritz, Scheurl, Häusler € 13,00
- V 157: Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317  
Klößner, Fleisch, Balzer-Hebborn € 14,50
- V 158: Zustandserfassung von Alleebäumen nach Straßenbaumaßnahmen  
Wirtz € 13,50
- V 159: Luftschadstoffe an BAB 2006  
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50

---

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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.