

# Luftqualität an BAB 2007

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 172

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 edge of the cover.

# Luftqualität an BAB 2007

von

Anja Baum  
Hakki Hasskelo  
Ingrid Siebertz  
Wilfried Weidner

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 172

**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, Stabsstelle Presse und 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, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt 07630 des Arbeitsprogrammes der Bundesanstalt für Straßenwesen:**  
Luftschadstoffe an BAB 2007

### Herausgeber

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

### Redaktion

Stabsstelle Presse und 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 978-3-86509-852-8

Bergisch Gladbach, September 2008

## Kurzfassung – Abstract

### Luftqualität an BAB 2007

Im Rahmen dieses Projektes wurden über das Kalenderjahr 2007 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 2007 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, zeigt sich für die NO-Komponente auch im Jahr 2007 weiterhin eine stetige Abnahme. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration dagegen nimmt am Mittelstreifen nach einem Abfall in den vergangenen drei Jahren wieder zu, stagniert jedoch an den anderen Messstellen.

An den beiden Messquerschnitten der BAST konnte der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert gemäß 22. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup> an keiner Messstelle eingehalten werden. Auch wenn die Toleranzmarge von 6 µg/m<sup>3</sup> für das Kalenderjahr 2007 mitberücksichtigt wird, konnte diese Anforderung nicht erfüllt werden.

Der maximale Stundenmittelwert lag an beiden Messquerschnitten über dem Grenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup> (ab 2010) bzw. 230 µg/m<sup>3</sup> (mit Toleranzmarge für das Jahr 2007); lediglich der maximale Stundenmittelwert an der Messstelle in Fahrtrichtung Koblenz (A 61) lag unter dem Grenzwert plus Toleranzmarge für 2007. Die Anzahl der Überschreitungen lag an drei Messstellen unter der maximal zulässigen Zahl von 18 pro Kalenderjahr. An der A 4 in Fahrtrichtung Olpe konnte auch diese Anforderung nicht erfüllt werden.

In Bezug auf die Partikelbelastung wurde im Kalenderjahr 2007 an der A 4 der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelgrenzwert der 22. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup> eingehalten.

Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> wurde an der A 4 in beide Richtungen 8-mal und an der A 61 10- bzw. 1-mal überschritten mit Maximalwerten von 88,5 µg/m<sup>3</sup> (A 4) bzw. 91,8 µg/m<sup>3</sup> (A 61).

Der Originalbericht enthält als Anhänge die Stundenmittelwerte NO<sub>2</sub> für das gesamte Kalenderjahr 2007 an der BAB A 4, der BAB A 61 und seit Juni 2007 an der BAB A 555. Die Anhänge befinden sich auf der dem vorliegenden Heft beigelegten CD. Verweise auf die Anhänge im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

### Air quality on the federal motorway in 2007

This project involved measurements of air pollution data at measuring profiles of the Federal Highway Research Institute (BAST) on the federal motorways A4 and A61. The proportion of heavy traffic at the measuring profile on the A61 is twice as high as the one at the profile on the A4. The measuring values are also used as data sources for other evaluation and planning as well as research and development projects.

The pollution data relating to the traffic-induced immission load caused by nitric oxides, ozone and particles were evaluated with regard to the strongly reduced limit values of the 22<sup>nd</sup> and the new 33<sup>rd</sup> Federal Immission Protection Ordinance (BImSchV) for the calendar year 2007.

The trend of the NO and NO<sub>2</sub> immissions in the last 20 years at the BAST measuring profile on the A4 shows that the NO component continued its steady decline in 2007. However, the NO<sub>2</sub> concentration at the road divider started to increase after dropping for the past three years. The NO<sub>2</sub> values at other measuring points stagnated.

The annual mean limit value for NO<sub>2</sub>, which is 40 µg/m<sup>3</sup> according to the 22<sup>nd</sup> BImSchV, was not adhered to at any measuring point of both measuring profiles. Even when the tolerance margin of 6 µg/m<sup>3</sup> for the calendar year 2007 was considered, this requirement could not be met.

The maximum hourly mean at both measuring profiles was above the limit value of 200 µg/m<sup>3</sup>.

(from 2010 onwards) or  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (considering the tolerance margin for 2007); only the maximum hourly mean at the measuring site in the driving direction towards Koblenz (A61) was below the limit value plus tolerance margin for 2007. The number of occurrences when the limit was exceeded was below the maximum permitted number of 18 per calendar year at three measuring sites. However, this requirement could not be fulfilled on the A4 in the driving direction towards Olpe.

The  $\text{PM}_{10}$  annual mean limit value for particle load, which is  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  according to the 22<sup>nd</sup> BImSchV, was adhered to on the A4 in the calendar year 2007. The daily mean limit value of  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  was exceeded 8 times in both directions on the A4 and 10 and 1 times in the two driving directions on the A61. The maximum values were  $88.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (A4) and  $91.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (A61).

The original report includes appendices with the hourly means for  $\text{NO}_2$  for the whole calendar year 2007 on the federal motorways A4, A61 and from June 2007 on the A555. The appendices are provided on the CD attached to this document. References to appendices in the report text were retained for the benefit of the reader.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Messquerschnitte</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Messung</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Messergebnisse</b> .....	<b>9</b>
4.1	Stickstoffoxide NO <sub>x</sub> .....	9
4.2	Ozon O <sub>3</sub> .....	14
4.3	Partikel PM <sub>10</sub> /PM <sub>x</sub> .....	16
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> ....	<b>32</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>33</b>

## 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.
		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 <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> ) 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 <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 an drei 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 sowie der BAB A 61 und seit Juni 2007 wird ein dritter Standort an der A 555 betrieben. 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 (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 wird 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  $\text{PM}_{10}$  (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 (siehe Tabelle 1.3). Im Zuge einer Harmonisierung der Luft-

	$\text{NO}_2$		
	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 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 $\mu\text{m}^3$ ]

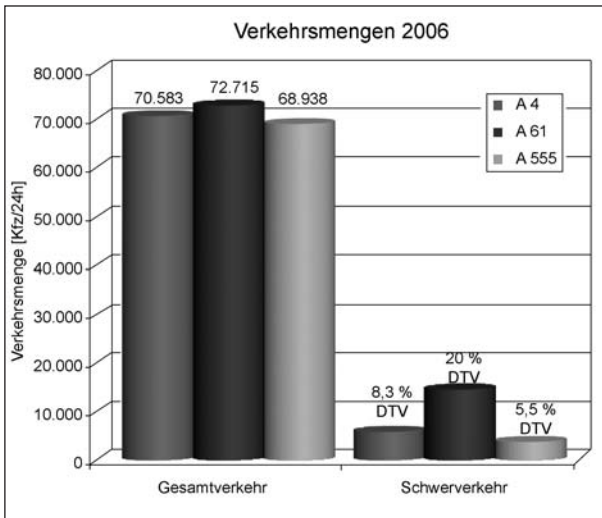
Tab. 1.3: Grenzwert für Partikel  $\text{PM}_{10}$  gemäß 22. BImSchV (BGBl, 2002)

qualitätsrahmenrichtlinie sowie ihrer ersten drei Tochterrichtlinien 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 70.583 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 8,3 % auf (siehe Bild 2.1). Nördlich der Autobahntrasse liegt 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:** Gegenüberstellung des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) und des prozentualen Lkw-Anteils der Messquerschnitte an der BAB A 4, der BAB A 61 und der BAB A 555 (Bezugsjahr 2006)



**Bild 2.2:** Messquerschnitt an der BAB A 4



**Bild 2.3:** Messquerschnitt an der BAB A 61



**Bild 2.4:** Messquerschnitt an der BAB A 555

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 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 72.715 Kfz/24h mit einem Schwerverkehranteil von 20 %. 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.

An der A 555 wurde ein Standort zwischen Wesseling und Bornheim gewählt in der Nähe des Betriebsgeländes der Autobahnmeisterei Bonn. Umgeben ist der Querschnitt sonst nur von landwirtschaftlichen Nutzflächen und gleicht darin dem Standort an der A 61. Es wird ein DTV von 68.938 Kfz/24h sowie ein Schwerverkehranteil von 5,5 % verzeichnet.

### 3 Messung

#### NO<sub>x</sub>-Analysegeräte

Alle verwendeten NO<sub>x</sub>-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<sub>2</sub>-Konzentration liegt die Reaktion zwischen dem zu messenden

Stickoxid und dem mit einem Ozonisorator 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 Kugelform der Partikel die Partikelmasse aus der Partikelanzahl abgeleitet werden.

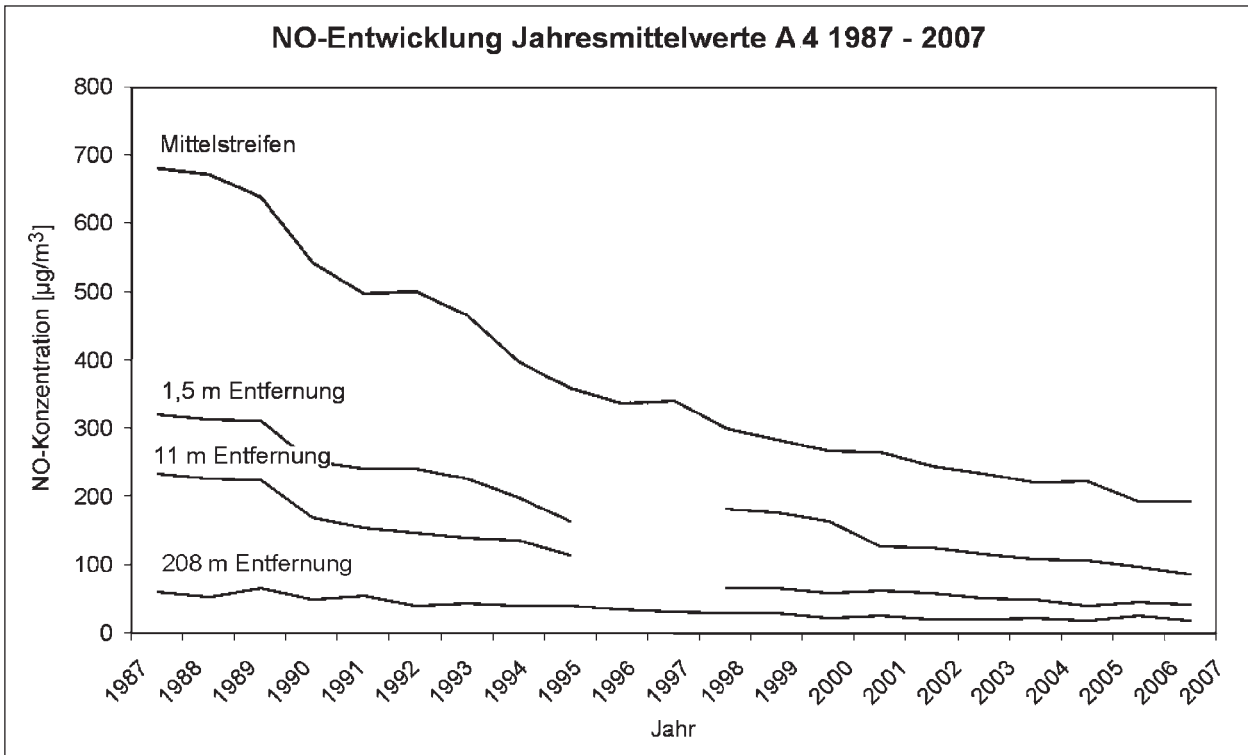
## **4 Messergebnisse**

### **4.1 Stickstoffoxide $NO_x$**

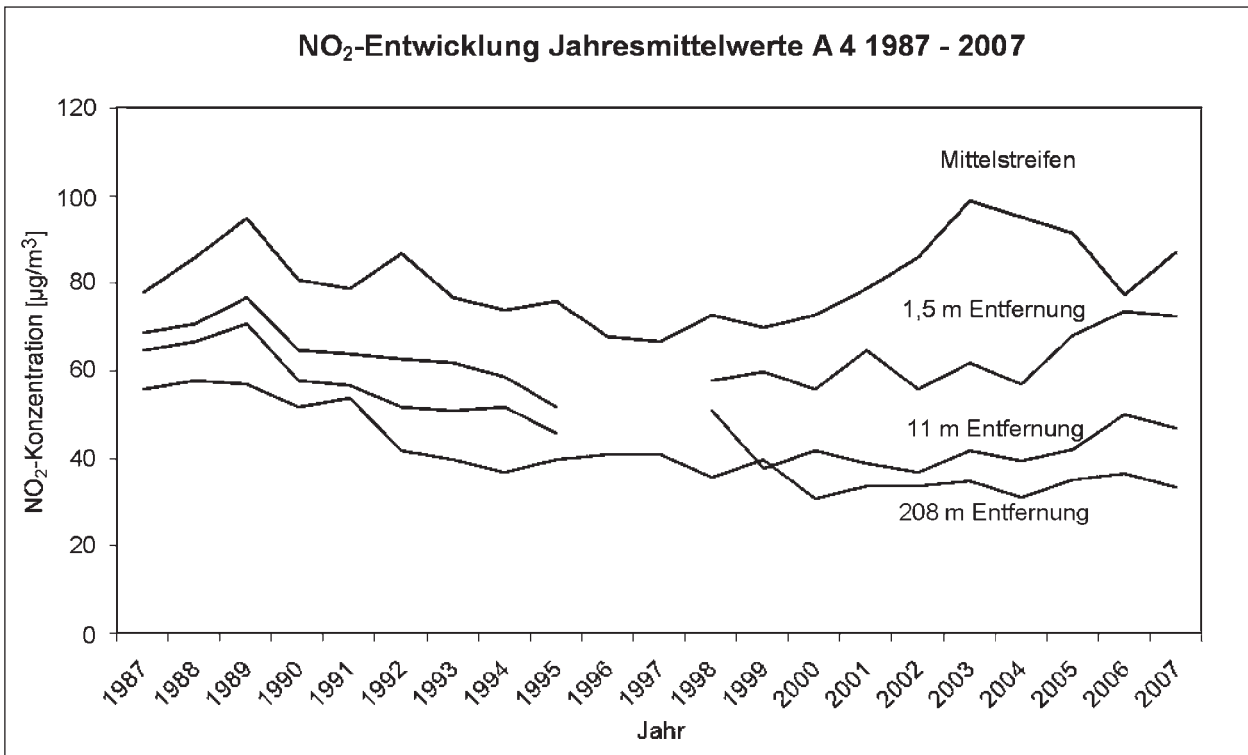
Die  $NO_x$ -Emissionen in Deutschland stiegen bis Ende der 80er Jahre deutlich an, jedoch konnte seit 1991 nach einer Stagnation eine stetige Abnahme verzeichnet werden. Im Bereich des Straßenverkehrs trug vor allem die Einführung moderner Abgasminderungstechniken zu dieser Reduzierung bei. So konnte zunächst trotz Anstiegs der Fahrleistung und Zunahme des Schwerlastverkehrs eine Abnahme der straßenverkehrsbedingten  $NO_x$ -Emissionen von 35 % registriert werden (UBA, 2003). Dieser abnehmende Trend kann in den Immissionswerten der  $NO$ -Komponente an beiden Messquerschnitten größtenteils bestätigt werden (Bilder 4.1 und 4.3).

Betrachtet man jedoch den Verlauf der  $NO_2$ -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 sowie in 1,5 m Entfernung eine stetige Zunahme bzw. eine Stagnation der Schadstoffkonzentration an den beiden anderen Messstellen. Die Werte am Messquerschnitt an der A 61, der sich erst seit dem Jahr 2002 in Betrieb befindet, zeigen nach 2003, einem Jahr mit extremen meteorologischen Situationen und dadurch sehr hohen Stickoxidkonzentrationen im Sommer, eher eine Stagnation der  $NO_2$ -Jahresmittelwerte (Bild 4.4).

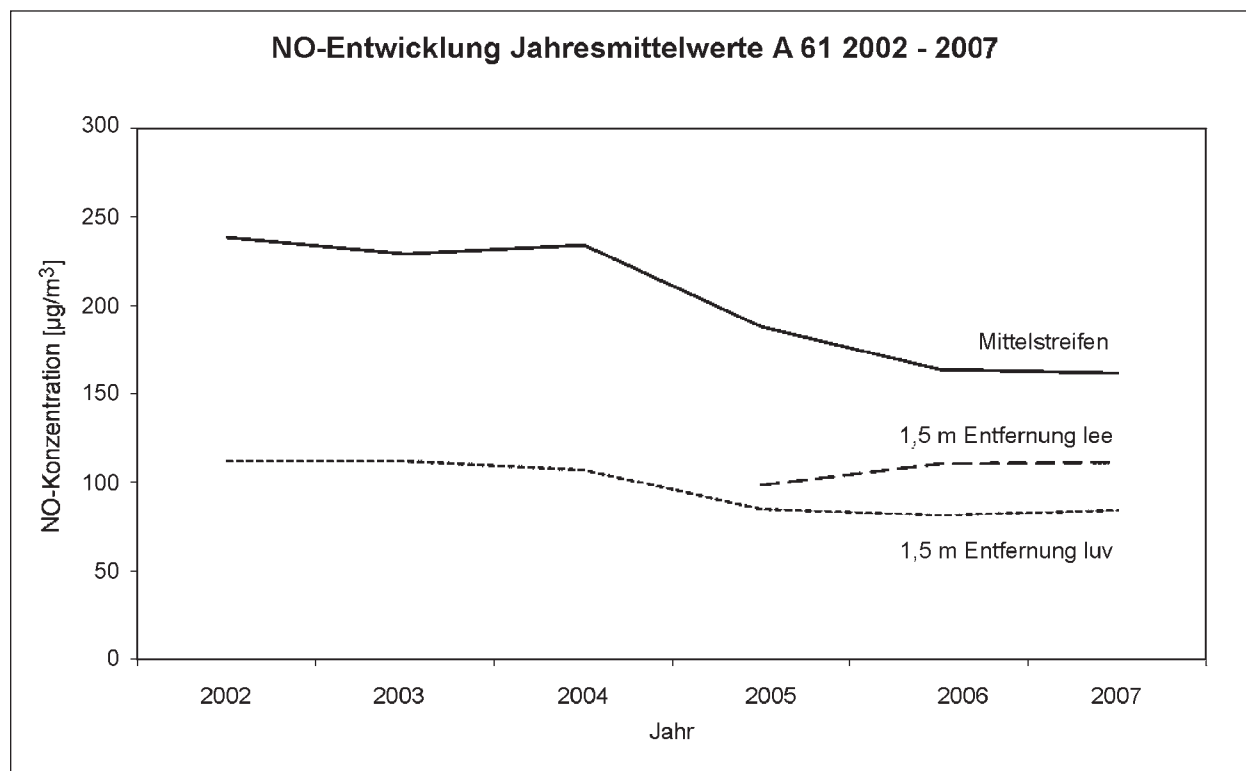
Ähnliche Stagnationen bzw. zum Teil auch deutliche Zunahmen insbesondere der  $NO_2$ -Komponente wurden im gesamten Bundesgebiet insbesondere an hoch frequentierten Stadtstraßen beobachtet (Fachgespräch BMU, 2005). Anhand der an dem Messquerschnitt der BAST gewonnenen Daten wird ersichtlich, dass dieses Phänomen auch an Verkehrswegen außerorts zu beobachten ist. Es stellt sich also die Frage nach den Gründen für diese Entwicklung.



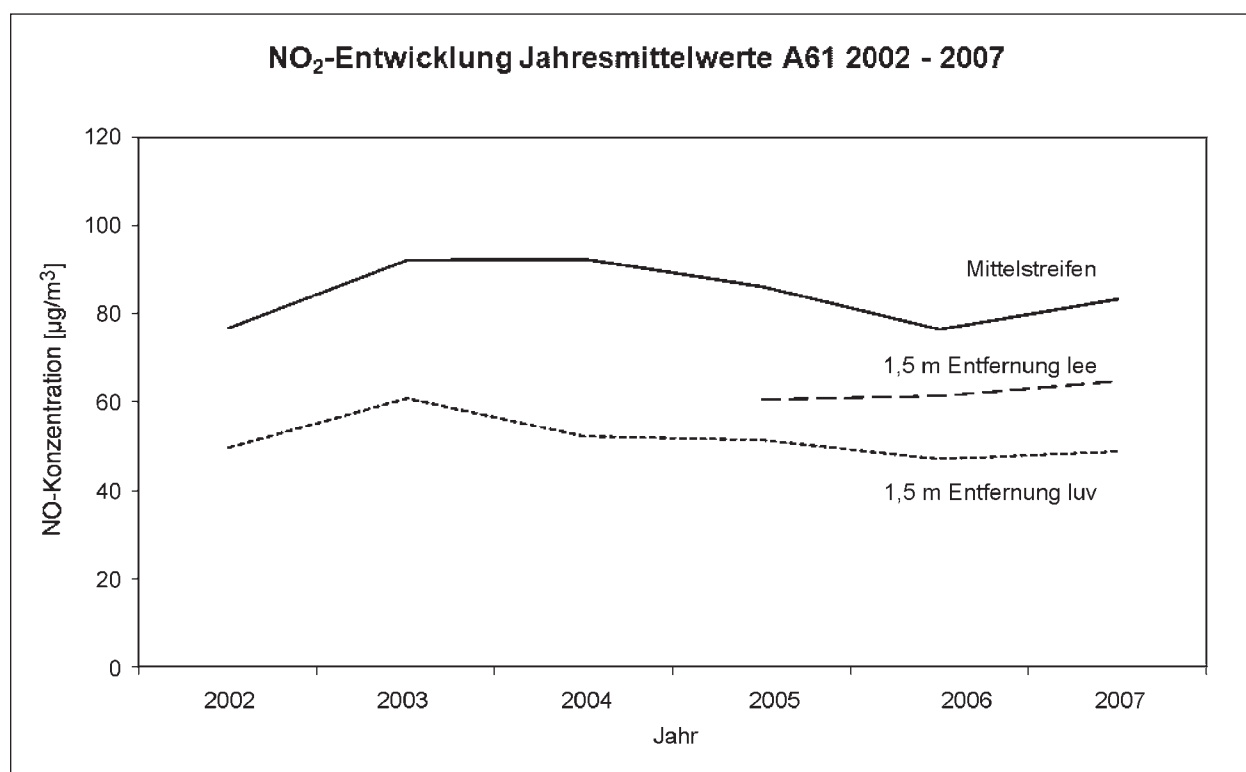
**Bild 4.1:** Jahresmittelwerte der NO-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 von 1987 bis 2007 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehender Baumaßnahmen)



**Bild 4.2:** Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 von 1987 bis 2007 (der Datenausfall in den Jahren 1996 und 1997 ist zurückzuführen auf die Errichtung einer Lärmschutzwand und damit einhergehender Baumaßnahmen)



**Bild 4.3:** Jahresmittelwerte der NO-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 von 2002 bis 2007



**Bild 4.4:** Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 von 2002 bis 2007

Neben einer Zunahme der großflächigen Ozonkonzentration in den vergangenen Jahren wird insbesondere der Einfluss von bestimmten Abgasfilter- und Katalysatortechniken auf die  $\text{NO}_2$ -Konzentration in Straßennähe diskutiert. Durch die Wechselwirkung zwischen Stickoxiden und Ozon, bedingt nicht nur eine erhöhte  $\text{NO}_2$ -Konzentration eine Zunahme der  $\text{O}_3$ -Konzentration, sondern auch umgekehrt. So könnte eine sich überregional geänderte Ozonchemie der Atmosphäre auch zu einer Stickoxidhöhung beigetragen haben.

Auf der anderen Seite wird in so genannten Oxidationskatalysatoren zunächst  $\text{NO}$  mit Sauerstoff zu  $\text{NO}_2$  oxidiert. Die im Filter angesammelten Partikel entziehen dann dem  $\text{NO}_2$  Sauerstoff  $\text{O}_2$  und werden dabei verbrannt. Im Idealfall entstehen bei diesem Vorgang Stickstoff  $\text{N}_2$ , Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  und Wasser  $\text{H}_2\text{O}$ . Jedoch muss für diese Reaktion ein Temperaturbereich von 250 bis 400 Grad eingehalten werden. Bei zu hohen Abgastemperaturen wird wiederum mehr  $\text{NO}_2$  produziert als zum Oxidieren der Partikel benötigt wird. So entsteht ein Überschuss an Stickstoffdioxid. Insgesamt muss jedoch ein  $\text{NO}_2$ -Überschuss gebildet werden, damit der Filter jederzeit einwandfrei funktioniert, was letztendlich einen erhöhten  $\text{NO}_2$ -Ausstoß zur Folge hat.

An der A 4 liegt die Messstelle am Fahrbandrand in Fahrtrichtung Olpe luvseitig zur dort vorherrschenden

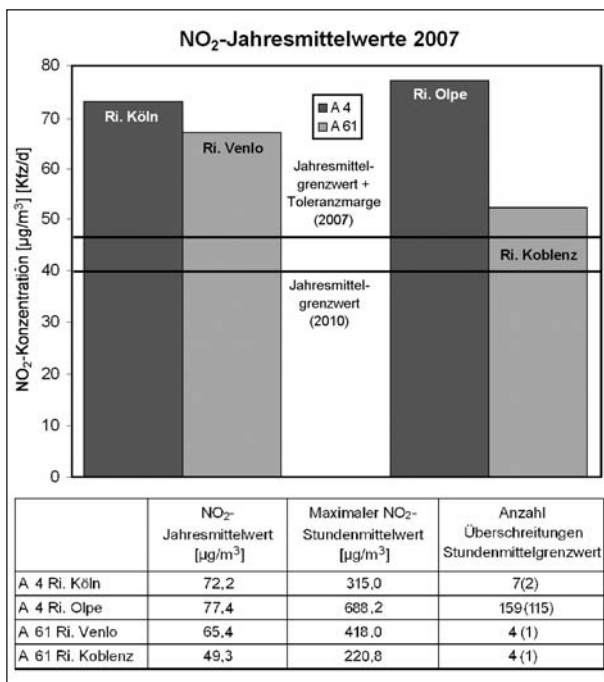
Windrichtung, so dass sich die Messstelle auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite in Richtung Köln im Lee zur Hauptwindrichtung befindet. An der A 61 liegt die Fahrbahnseite in Richtung Koblenz im Luv und die in Richtung Venlo im Lee zur dort vorherrschenden Windrichtung. Der Schadstoffausstoß der Autobahntrasse 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 an der A 61 insbesondere auch in den mittleren Tagesgängen der  $\text{NO}_2$ -Konzentration (Bild 4.7). An der A 4 (Bild 4.6) weisen die im Lee der Hauptwindrichtung stehenden Messstellen in Fahrtrichtung Köln (A 4) jedoch geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen auf als die Messstellen auf der gegenüberliegenden Luv-Seite in Fahrtrichtung Olpe (A 4). Grund hierfür kann ein leichtes Gefälle der A 4 an diesem Streckenabschnitt sein, so dass der Verkehr in Richtung Olpe bergan fahren muss und so höhere Emissionen hervorruft.

In den Tagesganglinien weist die  $\text{NO}_2$ -Schadstoffkonzentration an der A 4 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 zwischen Stickoxiden und Ozon. Hierbei beeinflussen viele meteorologische Parameter die chemischen Reaktionen, deren Auswirkungen auf die  $\text{NO}_2$ -Konzentration sich den Auswirkungen der verkehrsbildenden Prozesse des Berufspendlerverkehrs überlagern.

Am Messquerschnitt an der A 61 fällt auf, dass die  $\text{NO}_2$ -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 Maxi-



**Bild 4.5:**  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2007

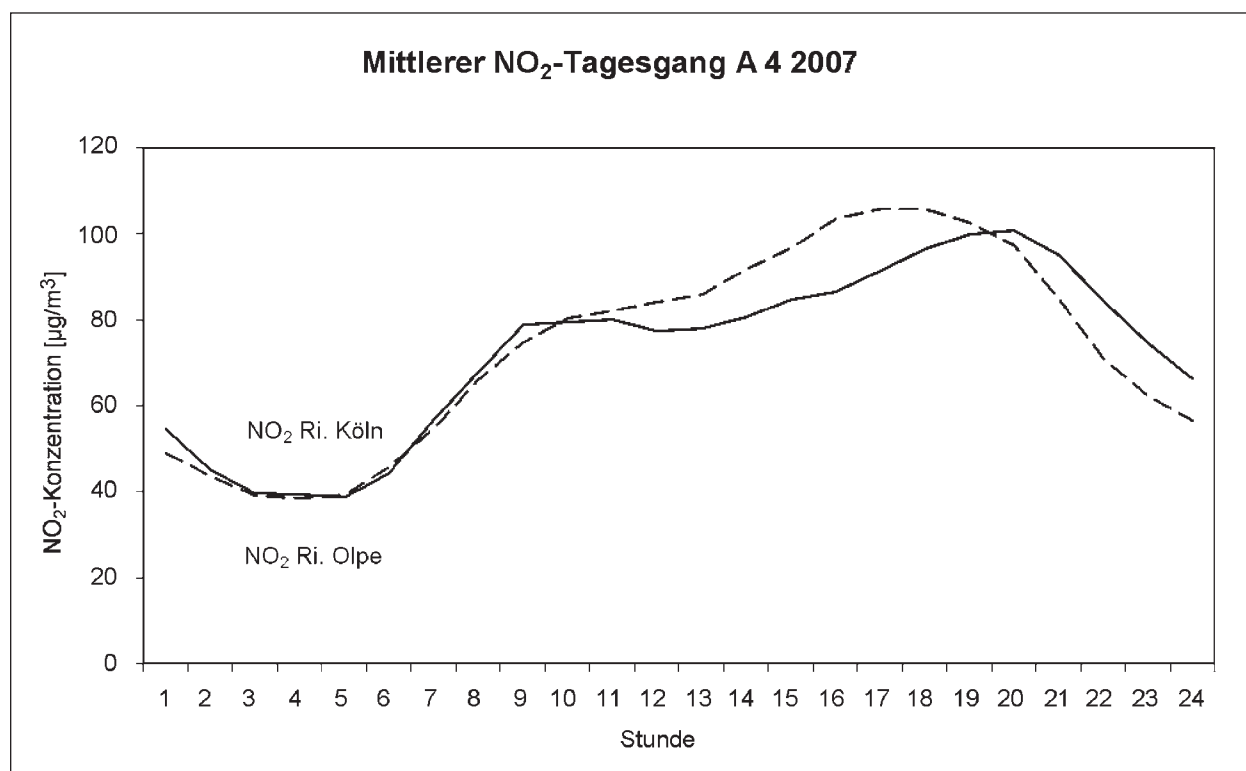


Bild 4.6: Mittlerer Tagesgang der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2007

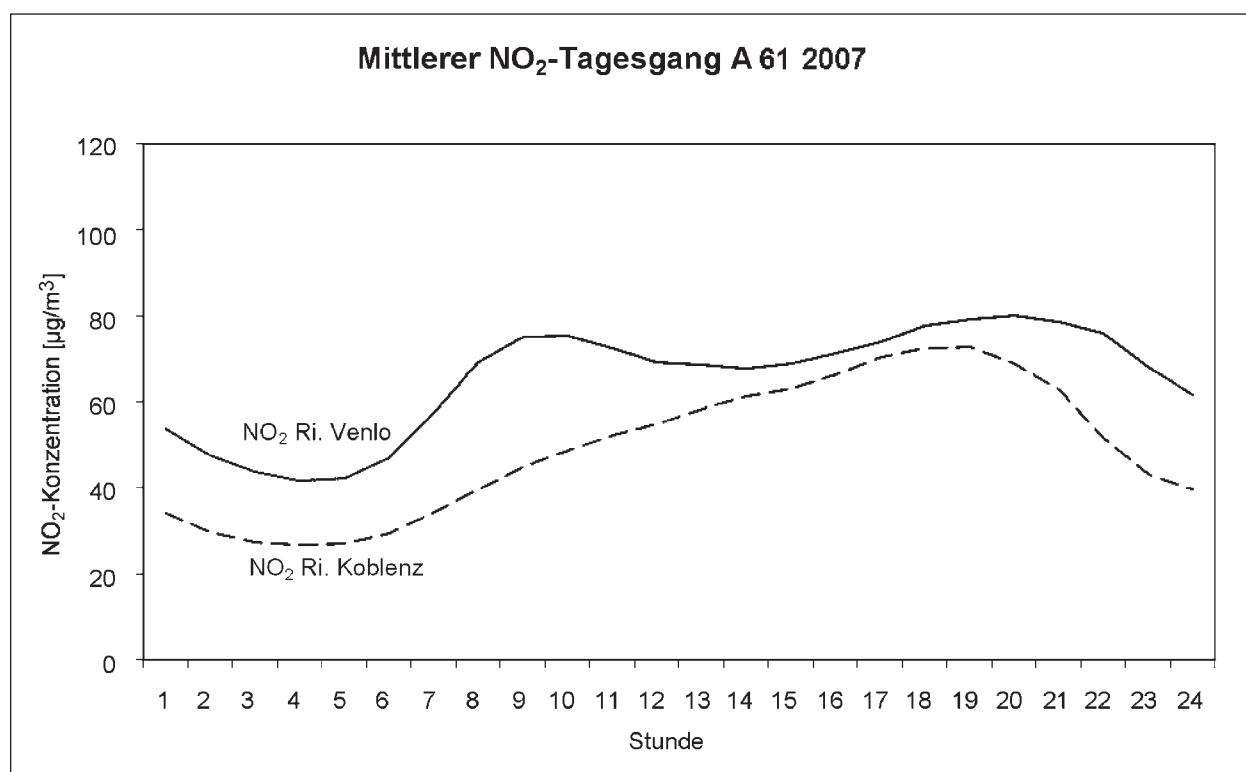


Bild 4.7: Mittlerer Tagesgang der NO<sub>2</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2007



mum 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 (siehe beiliegende CD) sind die Stundenmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an allen Messquerschnitten für das gesamte Kalenderjahr 2007 dargestellt.

Insgesamt traten die in der Tabelle von Bild 4.5 (rechte Spalte in Klammern) aufgeführten Überschreitungen des im Kalenderjahr 2007 gültigen Stundenmittelgrenzwertes von 230 µg/m<sup>3</sup> auf. Dieser setzt sich zusammen aus dem Stundenmittel-

grenzwert, der ab dem Kalenderjahr 2010 in Kraft tritt, plus der Toleranzmarge für das Jahr 2007 (siehe hierzu auch Kapitel 1).

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 Ausbreitungsbedingungen 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.

## 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> (siehe Kapitel 1). An den beiden Messquerschnitten der BAST wurde an den straßennahen O<sub>3</sub>-Messstellen im Kalenderjahr 2007 beide Schwellwerte eingehalten (siehe Tabelle 4.1).

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

Des Weiteren kann sich an dem Messquerschnitt an der A 4 die Nähe zum Ballungsgebiet Köln be-

	Maximaler O <sub>3</sub> -Stundenmittelwertwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl Überschreitungen Informationsschwelle	Anzahl Überschreitungen Alarmschwelle
A 4	127,2	-	-
A 61	167,1	-	-

**Tab. 4.1:** 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 2007

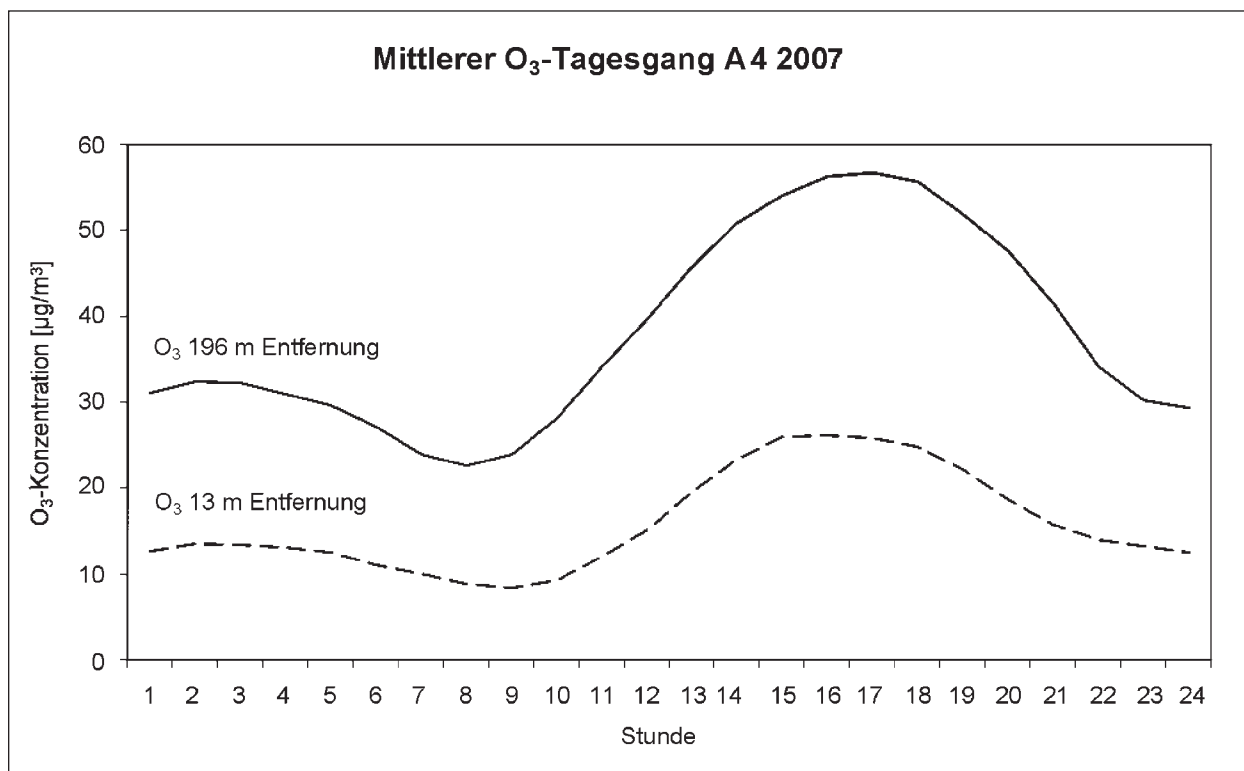


Bild 4.8: Mittlerer Tagesgang der O<sub>3</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2007

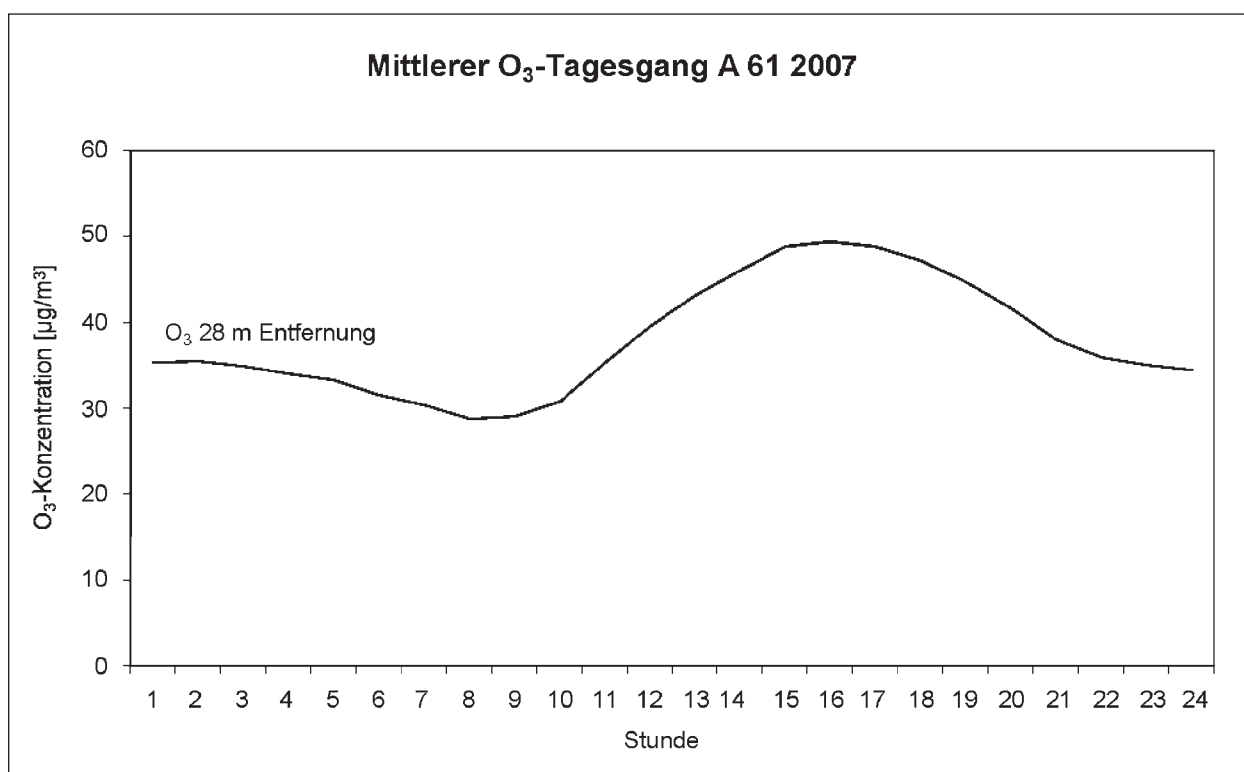
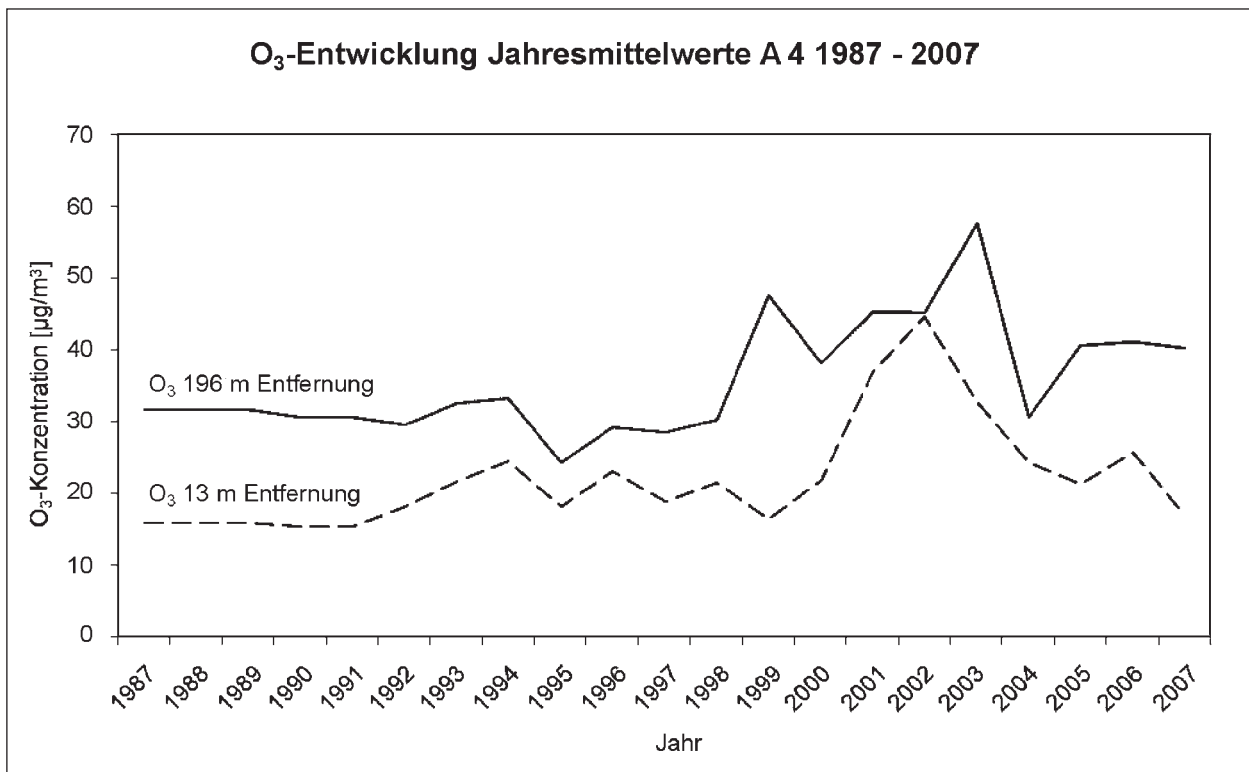


Bild 4.9: Mittlerer Tagesgang der O<sub>3</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2007





**Bild 4.10:** O<sub>3</sub>-Schadstoffbelastung für die Kalenderjahre 1987 bis 2007 am Messquerschnitt an der A 4 in zwei unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand

merkbar 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 Uhr. Während der Nacht wird das O<sub>3</sub> durch den dominierenden Prozess der NO<sub>2</sub>-Bildung aus O<sub>3</sub> und NO vermehrt abgebaut, so dass 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 wer-

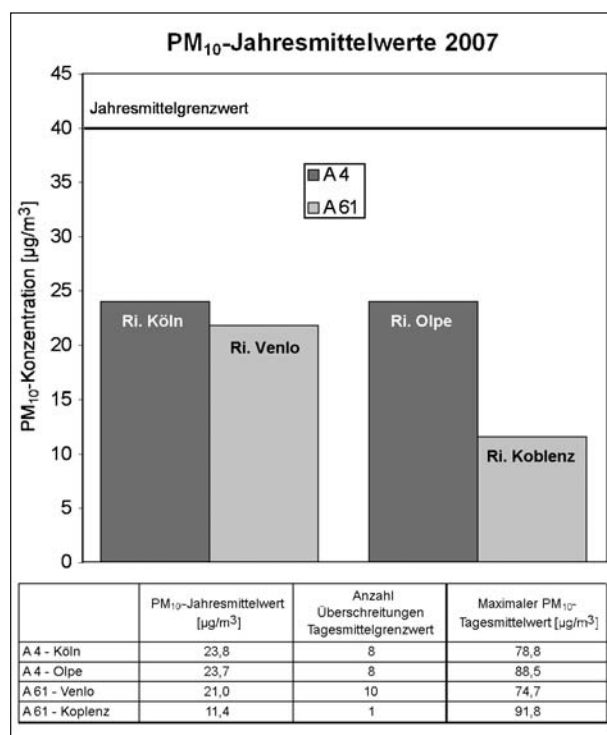
den, kann auch die langfristige Entwicklung der Ozonkonzentration betrachtet werden (Bild 4.10). In beiden Entfernungen vom Fahrbahnrand ist seit Beginn der 90er Jahre ein steigender Trend zu beobachten.

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. HUG, 2006; SenStadt Berlin, 2005).

### 4.3 Partikel PM<sub>10</sub>/PM<sub>x</sub>

Im Kalenderjahr 2006 wurde an beiden Messstandorten der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelgrenzwert gemäß 22. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup> eingehalten (siehe Bild 4.11). 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 µg/m<sup>3</sup> (A 4) bzw. 77,7 µg/m<sup>3</sup> (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 Bedin-



**Bild 4.11:** Gegenüberstellung des PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwertes, der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes sowie des maximalen PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwertes der Messquerschnitte an der BAB A 4 und der BAB A 61 im Kalenderjahr 2007

gungen 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<sub>10</sub>-Konzentrationen an den beiden Messquerschnitten an der A 4 und der A 61 für alle Monate des Jahres 2007. Es treten häufig Übereinstimmungen der Messwert-Peaks an beiden Standorten auf. 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 hoch belastete Außerortsstraße beeinflusst wird.

Meteorologische Parameter wie relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie Niederschlag scheinen somit selbst in Straßennähe auf die Höhe der PM<sub>10</sub> weit mehr einzuwirken als z. B. Verkehrsstärke oder typische Geschwindig-

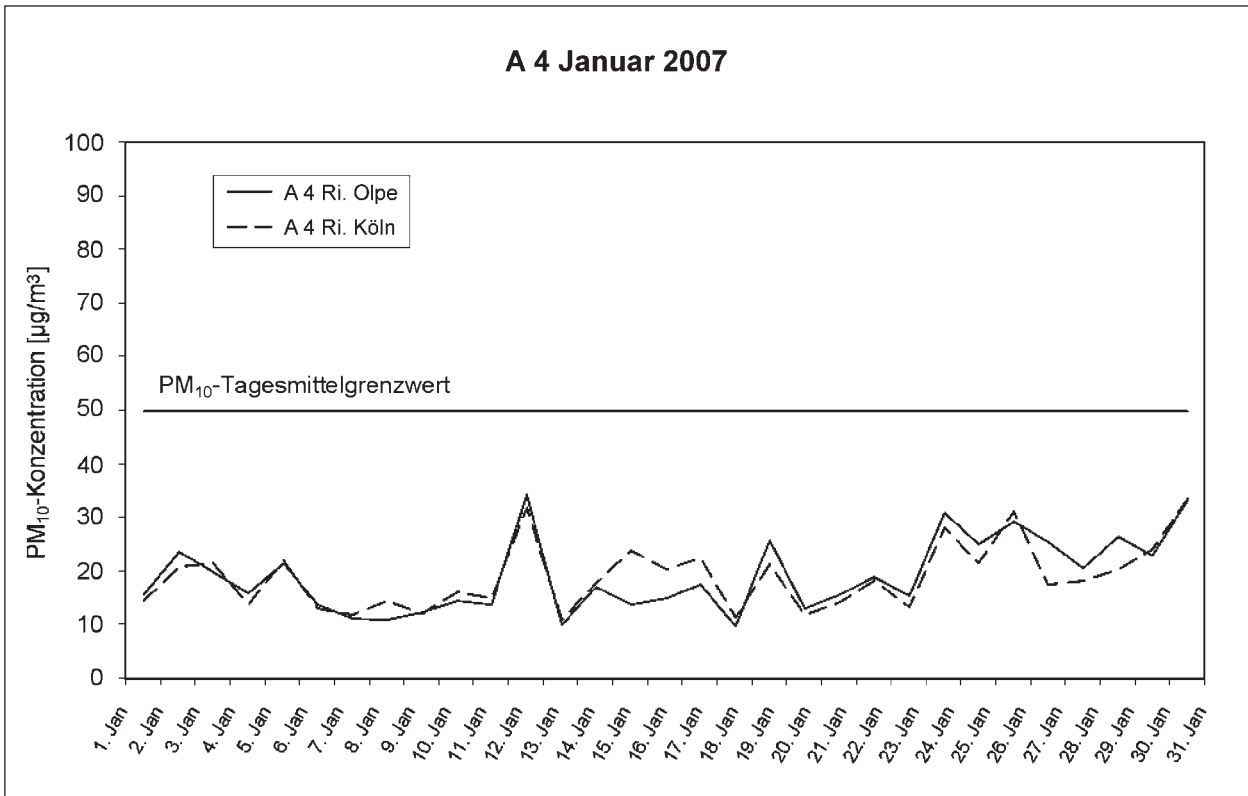
keitsverläufe. Insbesondere bei Inversionswetterlagen treten aufgrund fehlender Austauschprozesse zwischen den unteren und oberen Luftschichten Episoden mit stark erhöhten PM<sub>10</sub>-Werten auf. Hierbei kehrt sich der in der Troposphäre übliche negative Temperaturgradient ins Positive um. Diese 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 zulassen und somit die Inversion auflösen könnte. Ein Austausch wird meist erst wieder durch starke Winde während Westwetterlagen in Gang gesetzt.

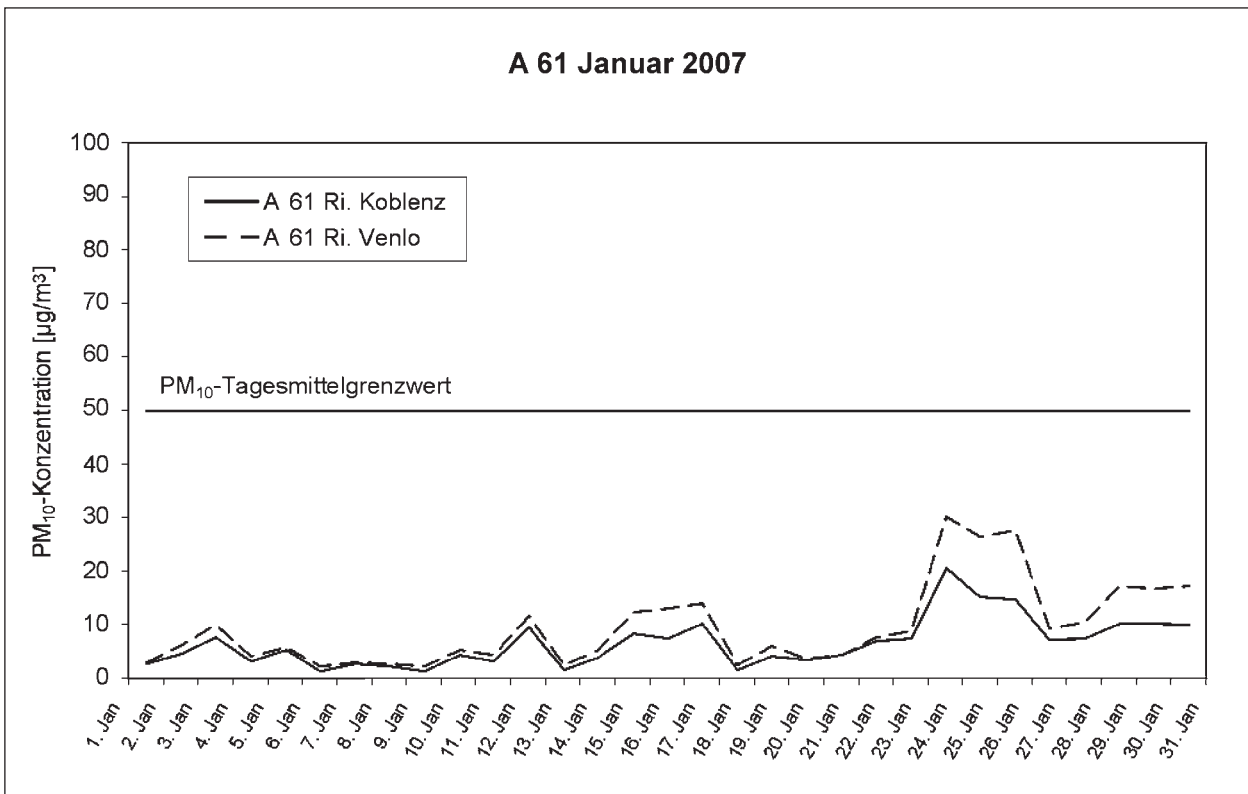
Durch das vermehrte Auftreten von Inversionen können so genannte PM<sub>10</sub>-Episoden insbesondere in den Wintermonaten beobachtet werden. Während dieser Episoden nimmt die Partikelbelastung stetig zu und führt in Ballungsgebieten häufig zu Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Tagesmittelgrenzwertes gemäß 22. Bundesimmissionschutzverordnung, die über mehrere Tage hinweg andauern können.

Jedoch nehmen auch andere meteorologische Parameter Einfluss auf die Luftschadstoffbelastung. So können Niederschlagsereignisse zu einer Senkung der Feinstaubbelastung beitragen oder auch andere Naturereignisse auf die Feinstaubkonzentrationen einwirken und zu deutlichen Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Tagesmittelgrenzwertes führen. Ein solches Ereignis konnte europaweit am 24. März 2007 beobachtet werden, als sich eine Staubwolke über die Slowakei, Polen und die Tschechische Republik nach Deutschland ausbreitete.

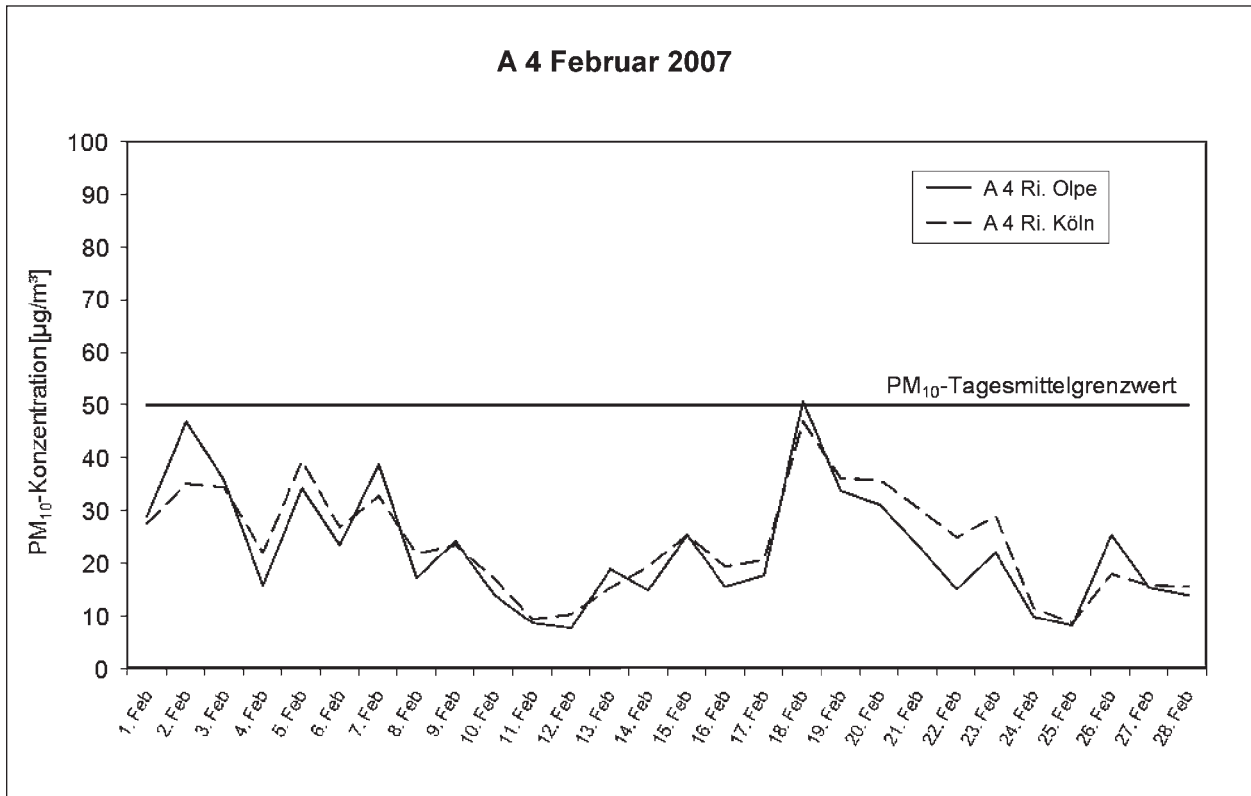
Ursache waren Windböen von bis zu 90 km/h, die in der Ukraine große Mengen an Schwarzerdeboden aufwirbelten. Dieser ist sehr fruchtbar, aber auch sehr fein und konnte so über mehrere tausend Kilometer weit durch die Atmosphäre getragen wer-



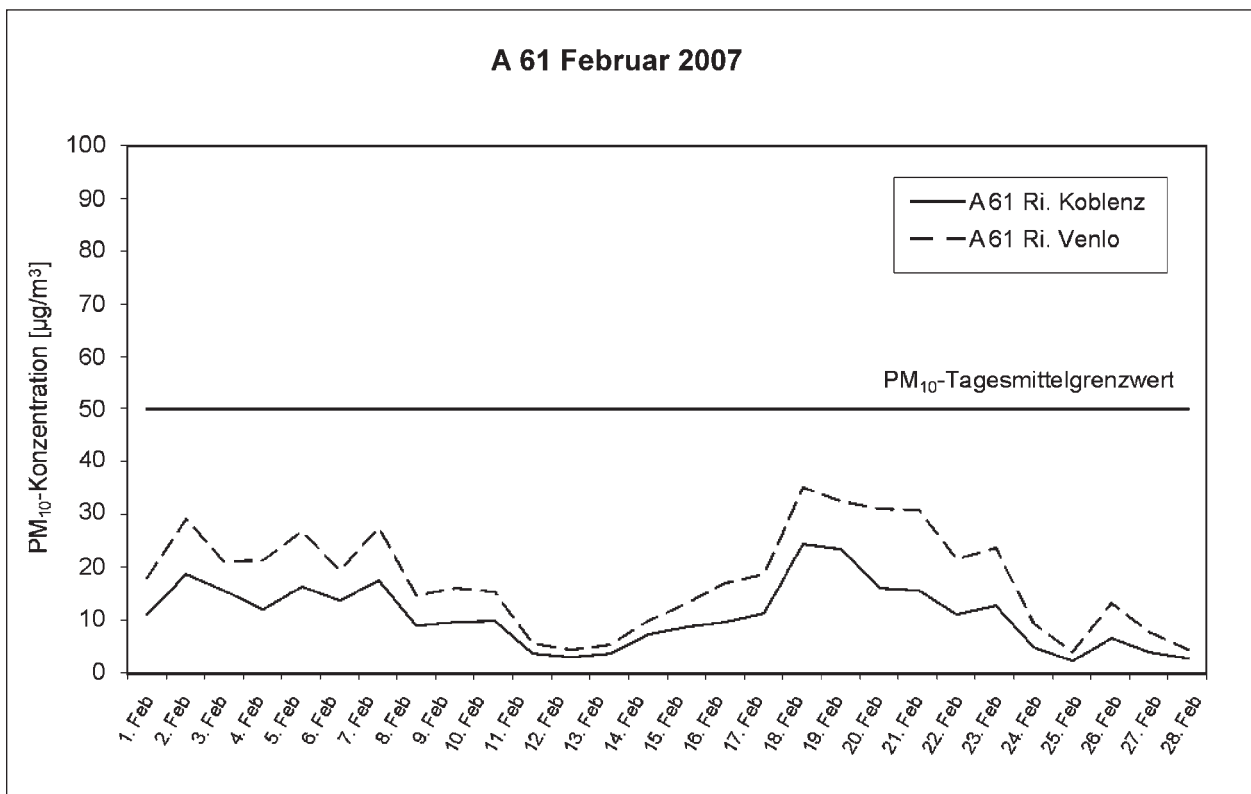
**Bild 4.12:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Januar 2007



**Bild 4.13:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Januar 2007



**Bild 4.14:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Februar 2007



**Bild 4.15:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Februar 2007

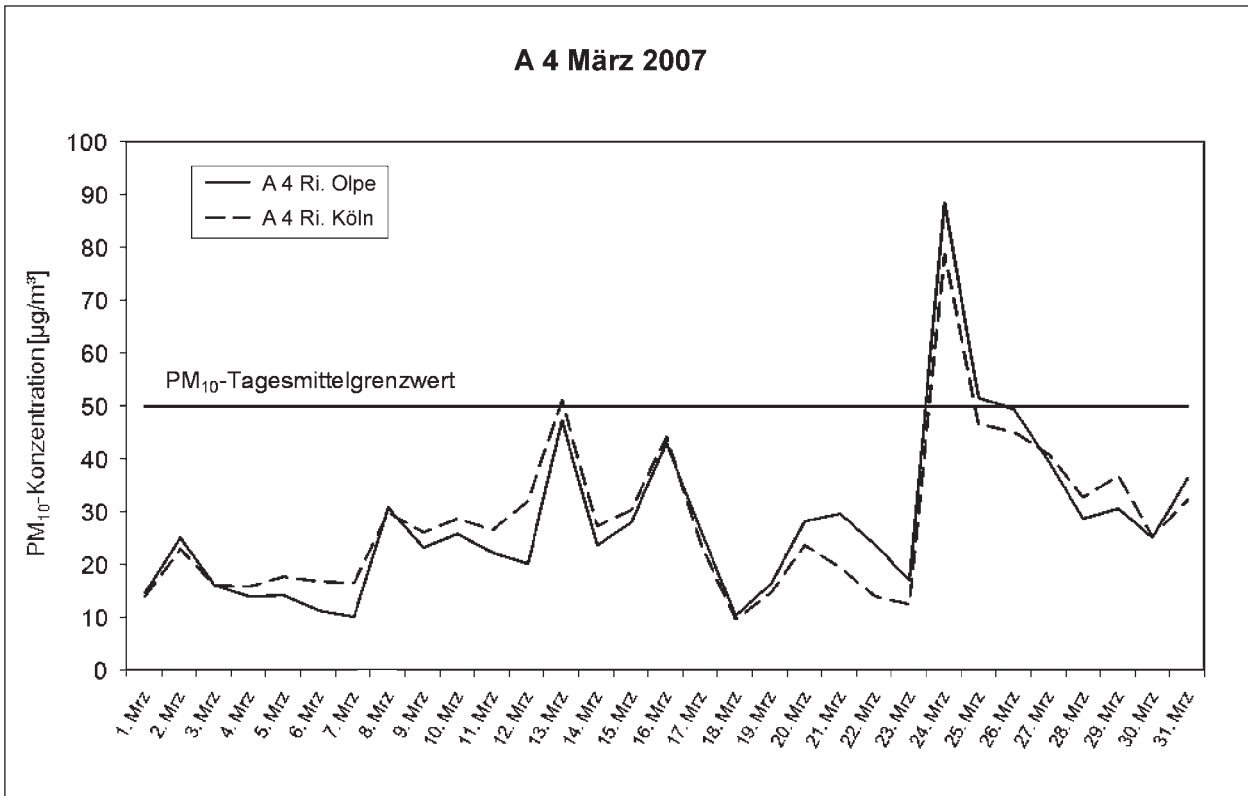


Bild 4.16: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat März 2007

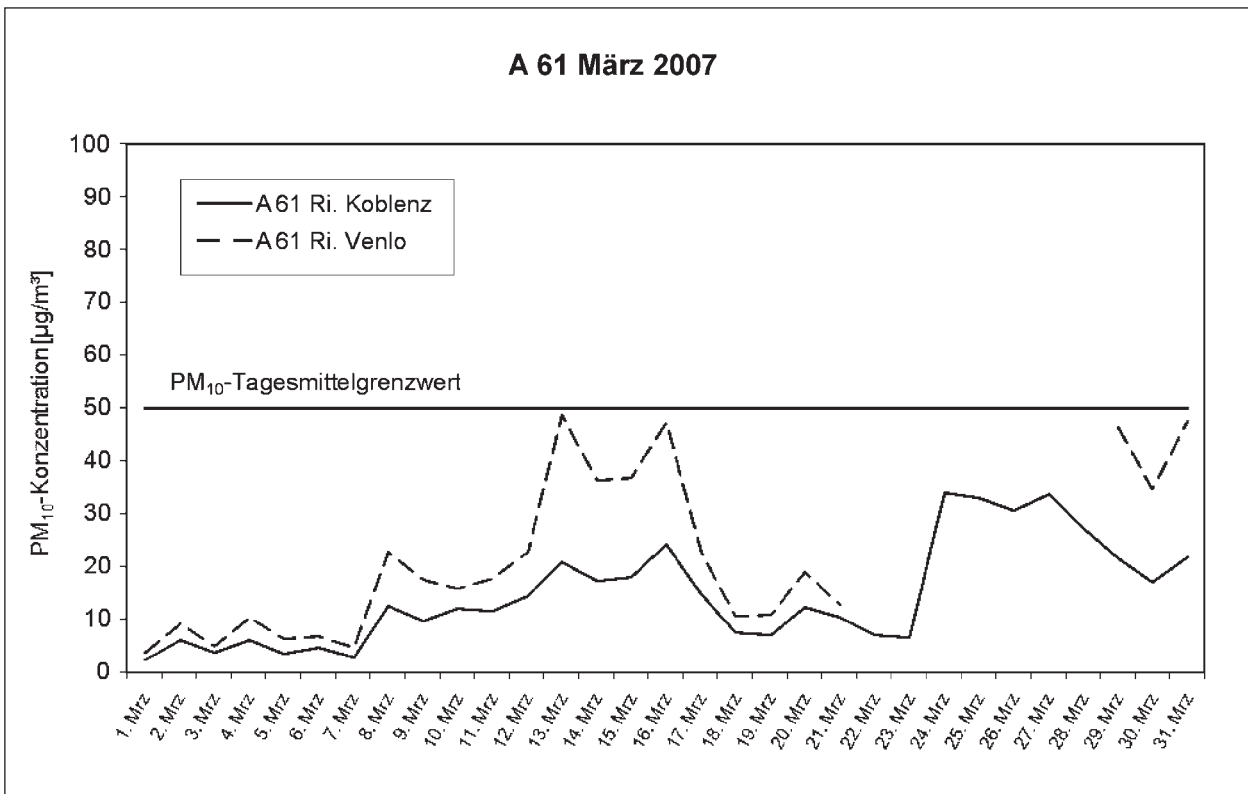
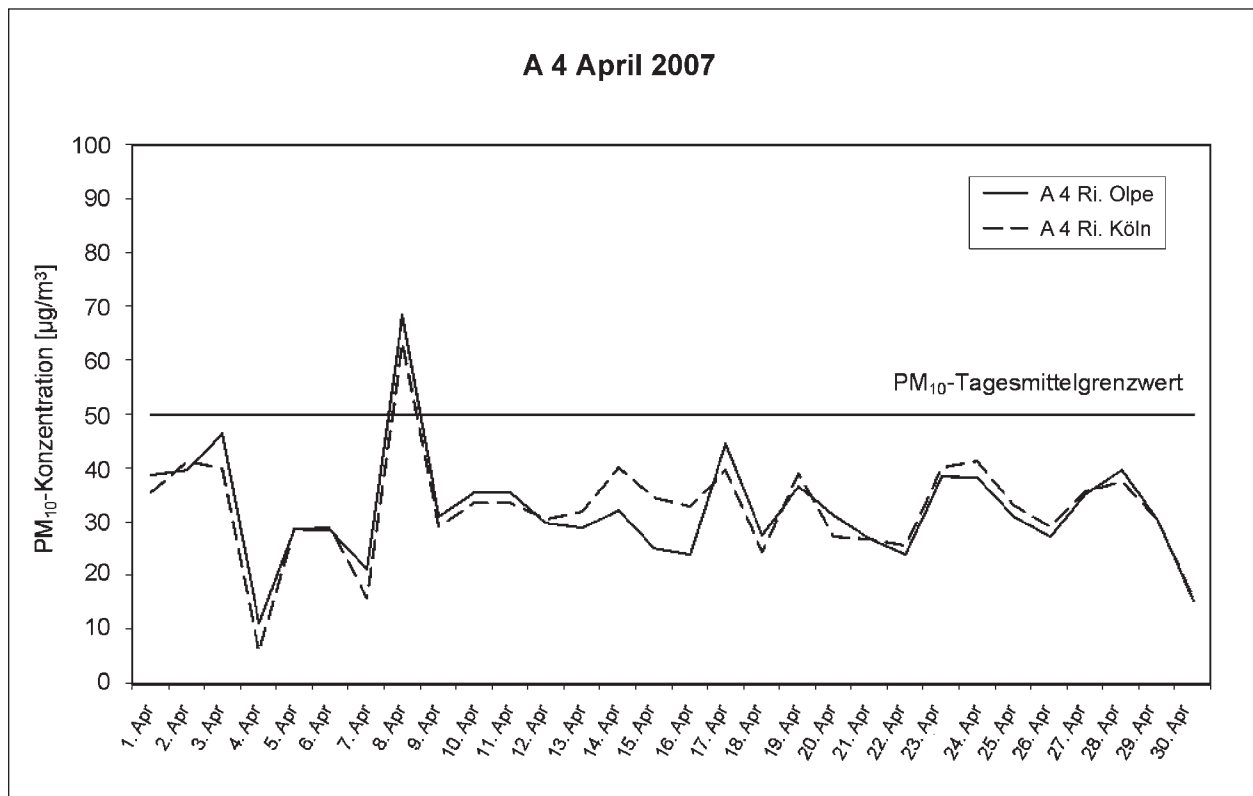
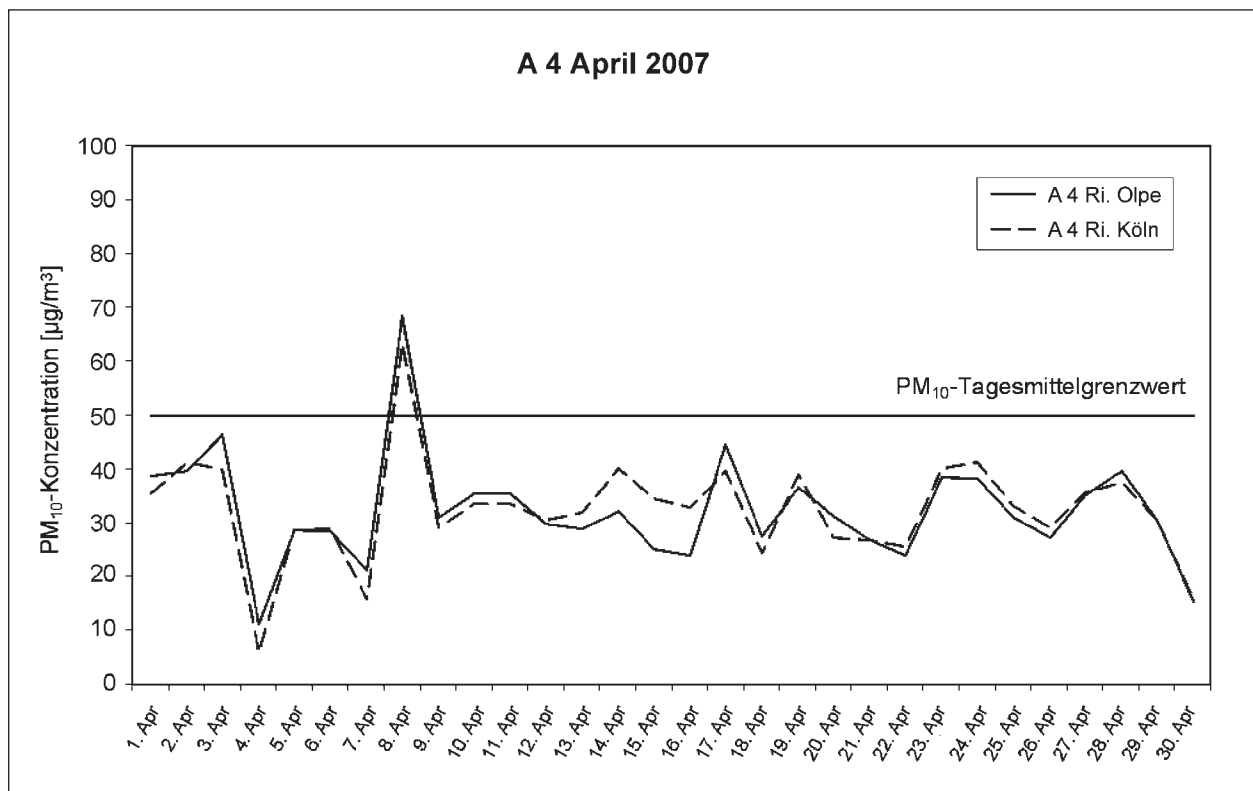


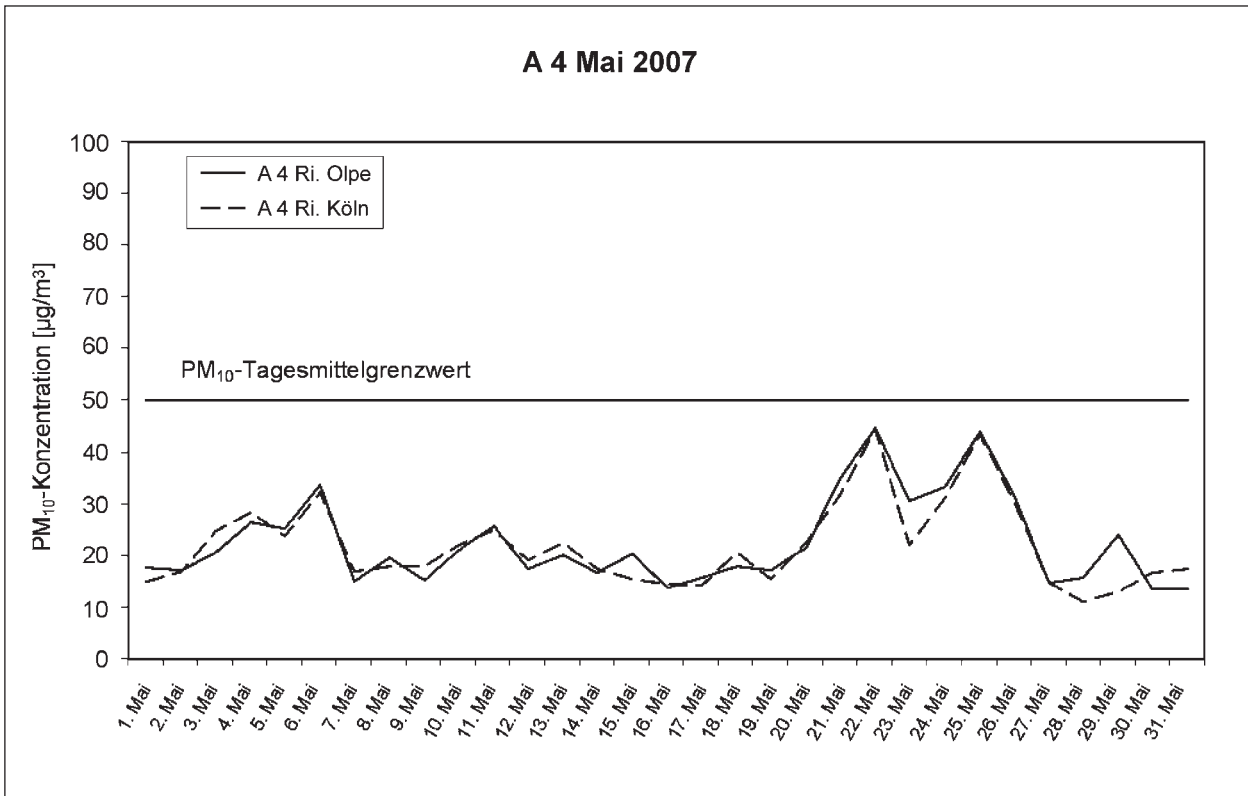
Bild 4.17: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat März 2007



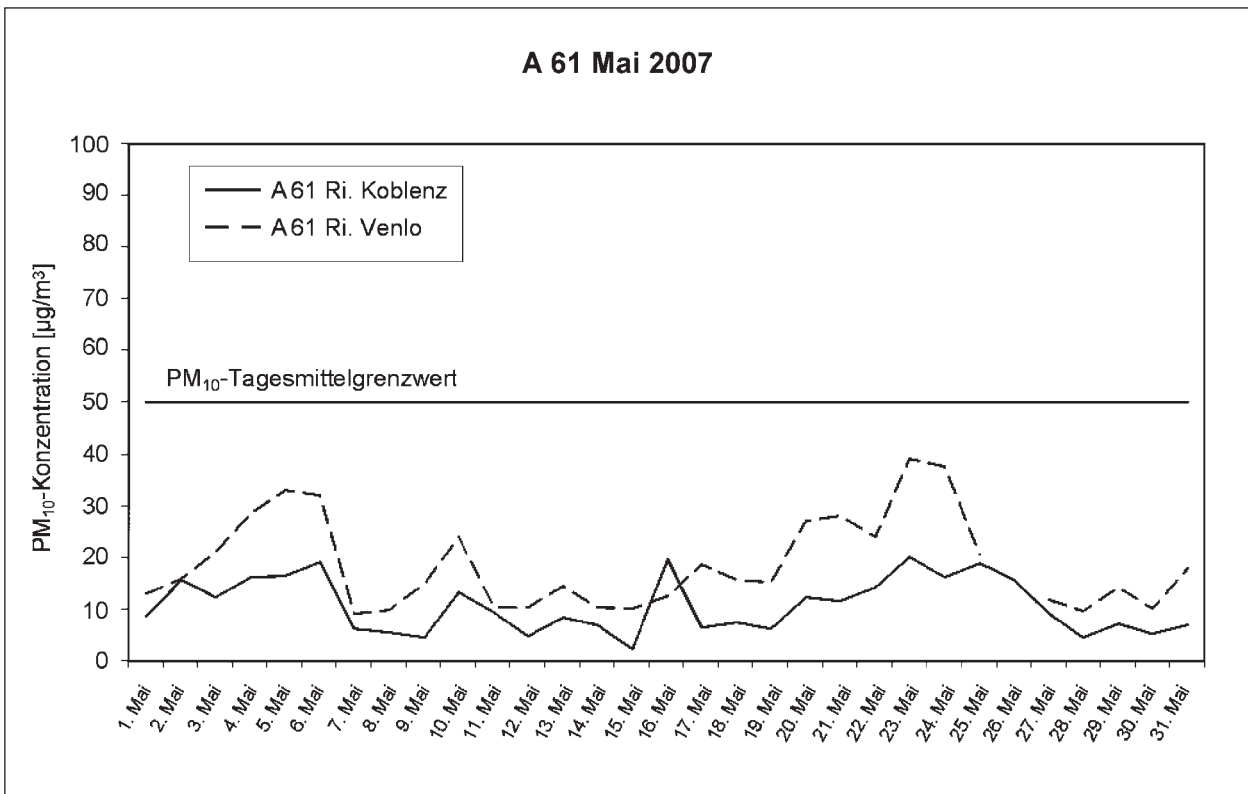
**Bild 4.18:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat April 2007



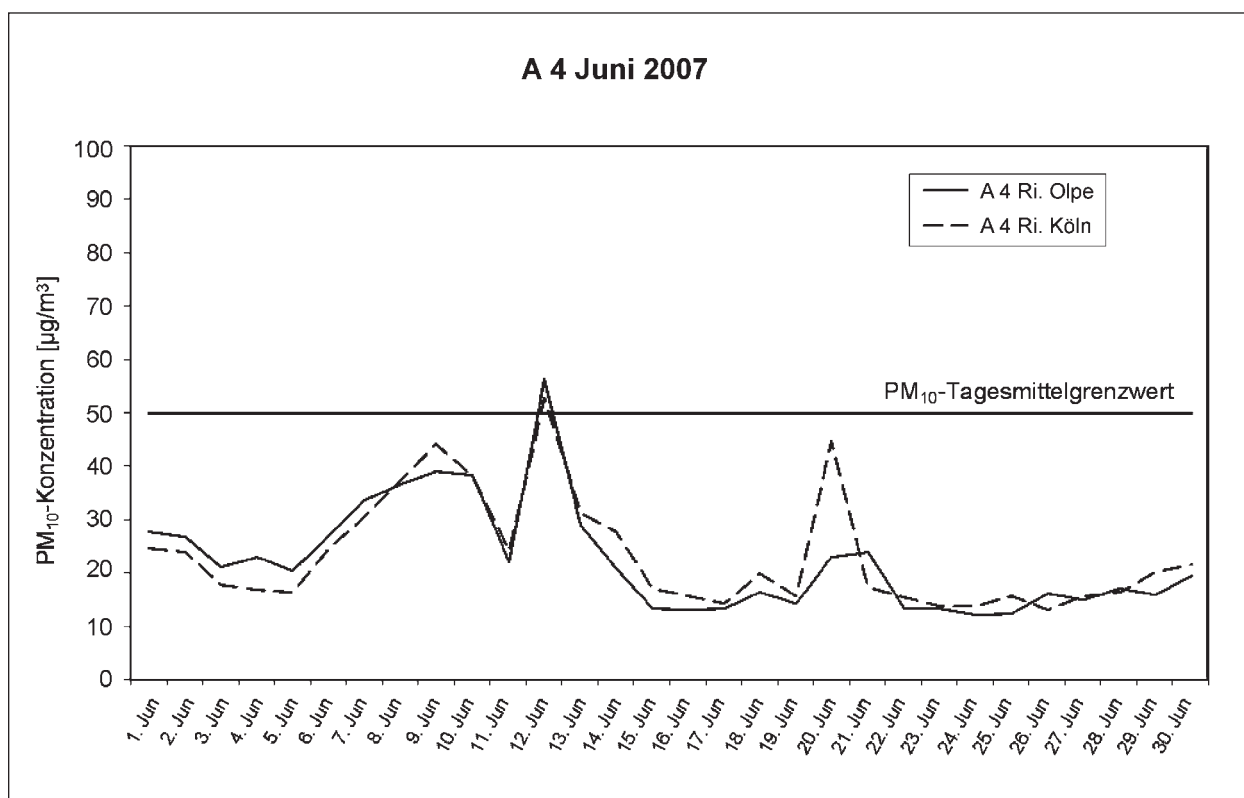
**Bild 4.19:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat April 2007



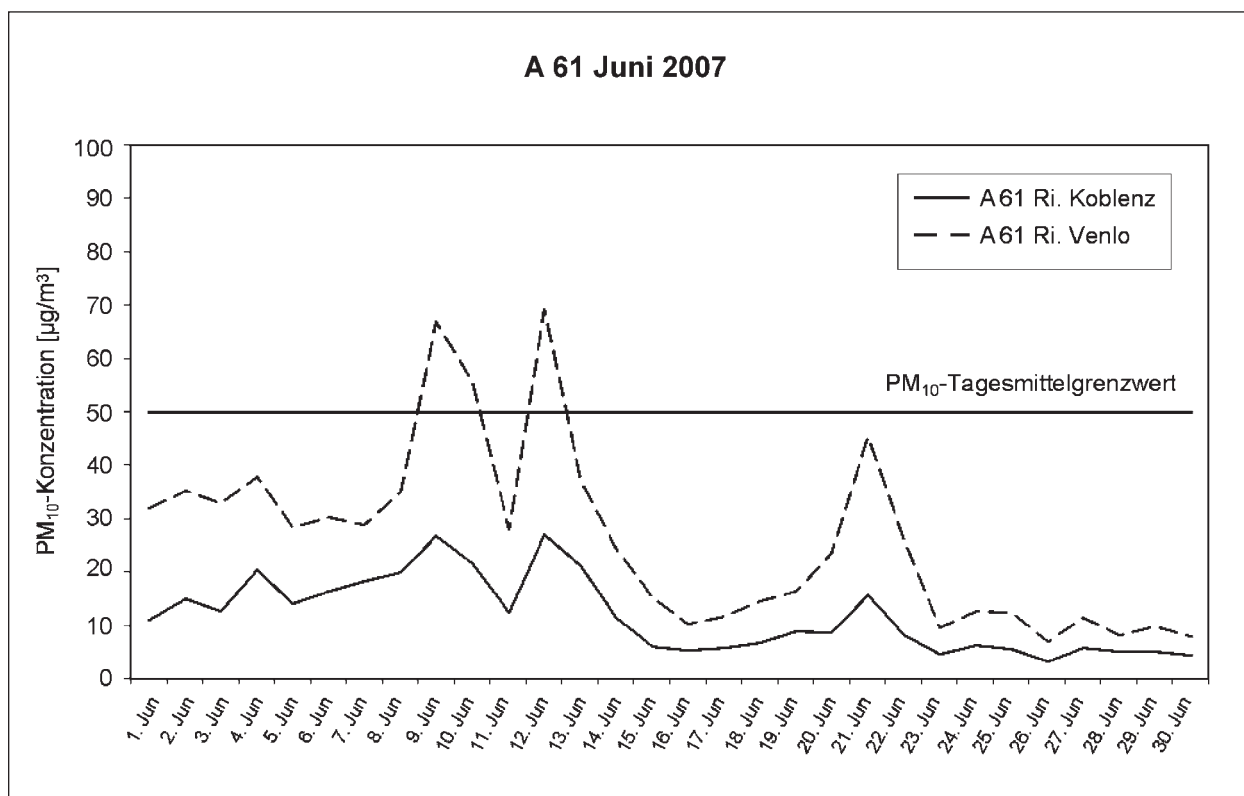
**Bild 4.20:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Mai 2007



**Bild 4.21:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Mai 2007



**Bild 4.22:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juni 2007



**Bild 4.23:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juni 2007



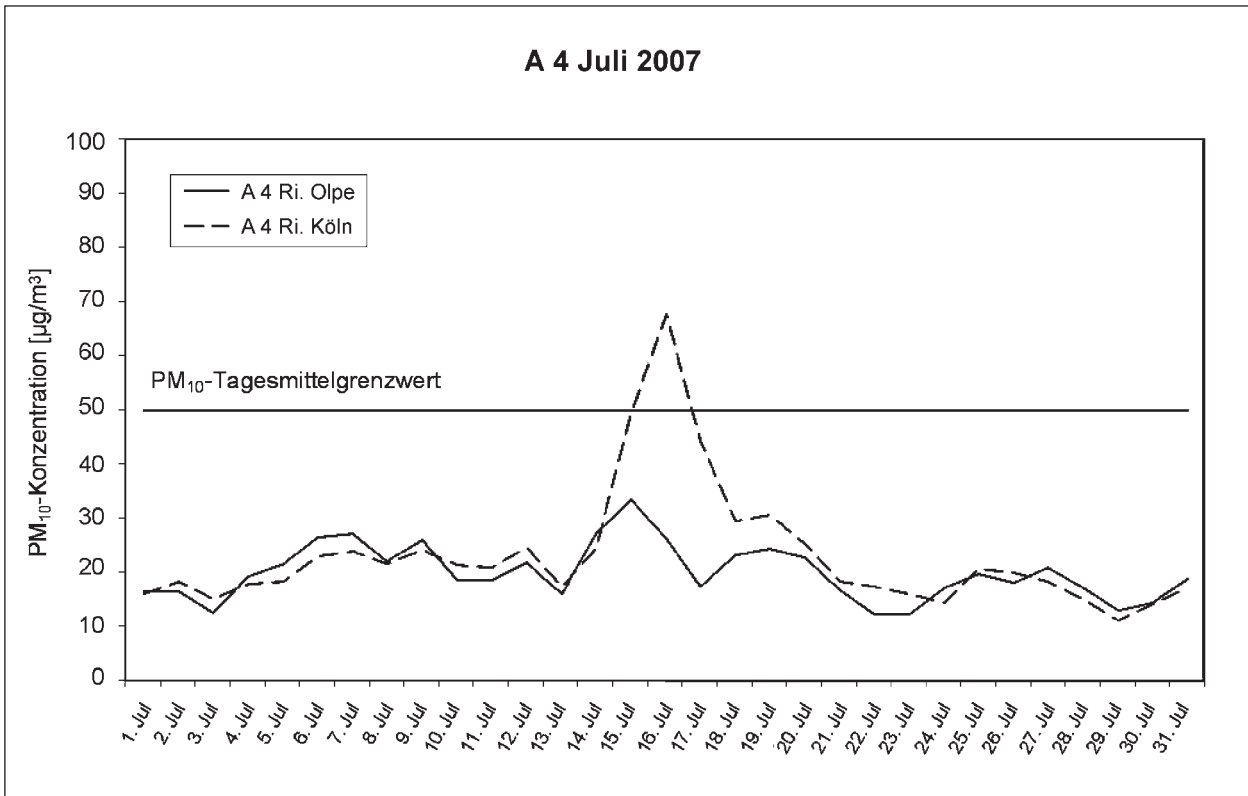


Bild 4.24: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Juli 2007

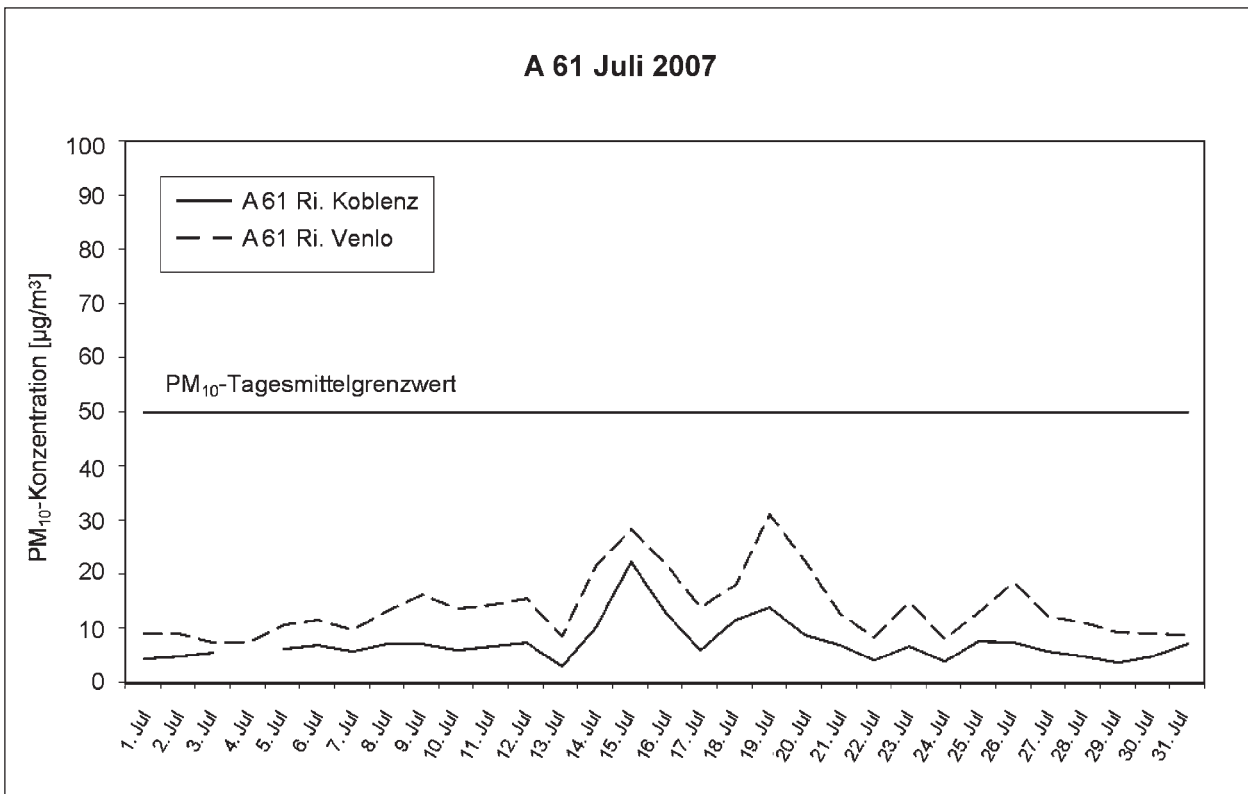
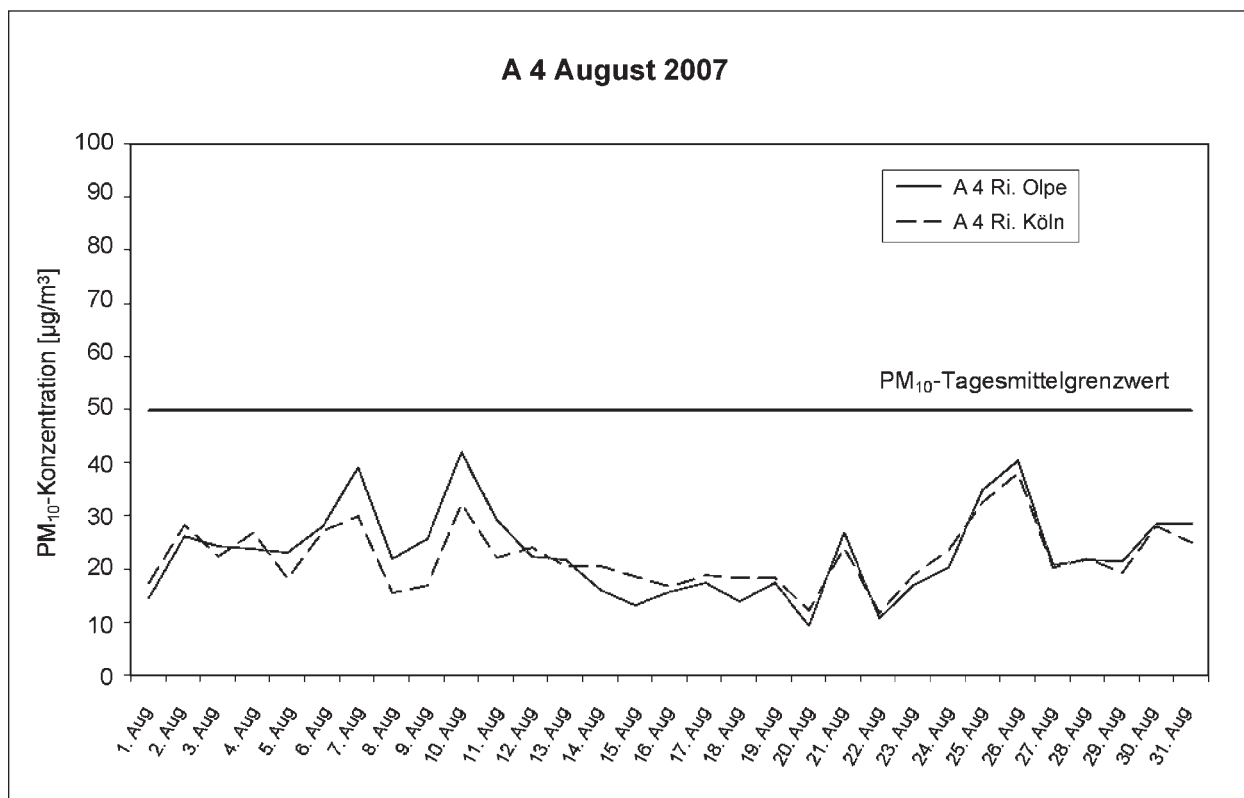
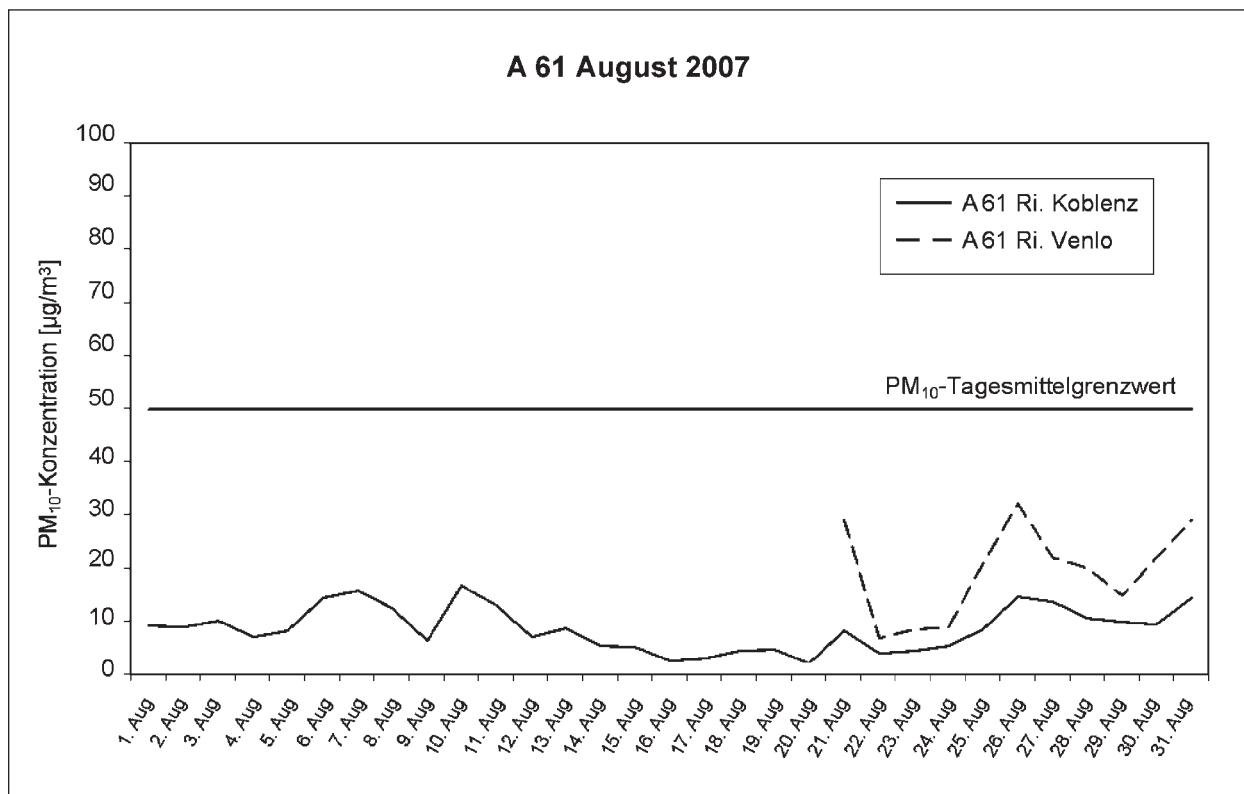


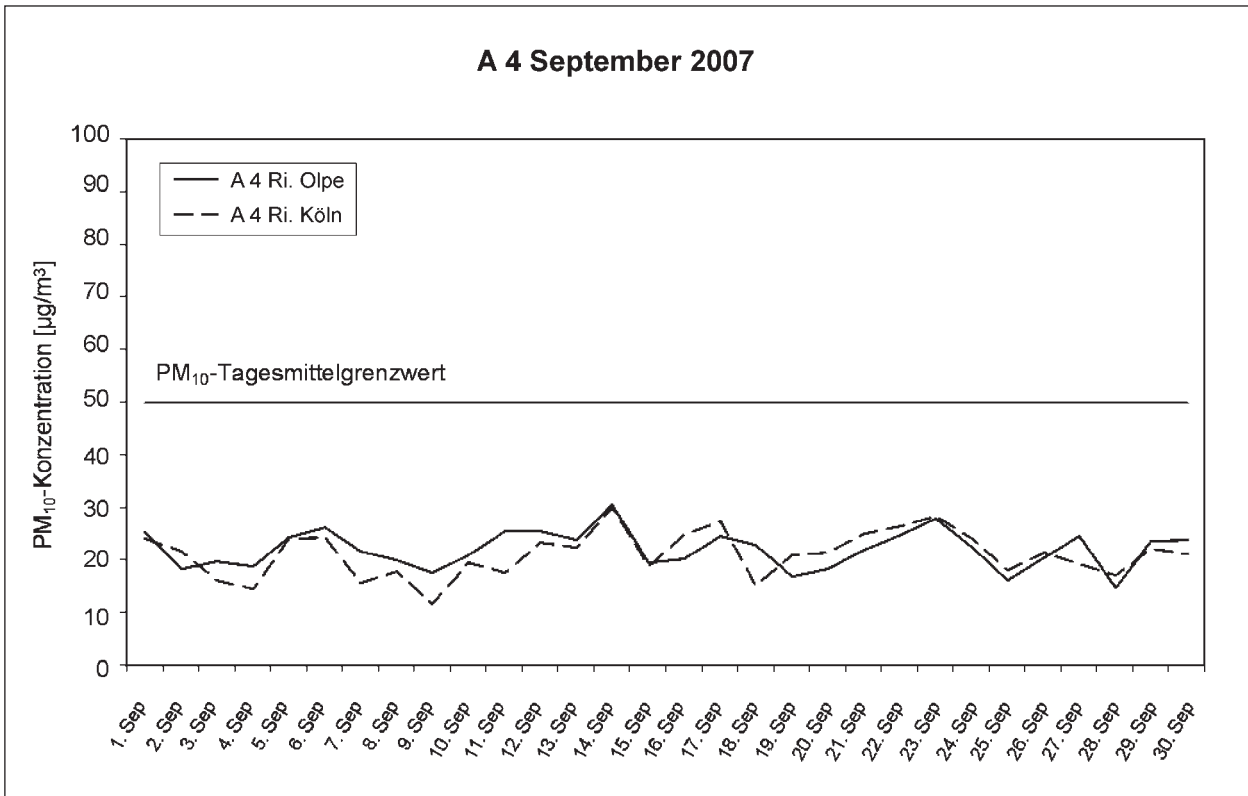
Bild 4.25: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Juli 2007



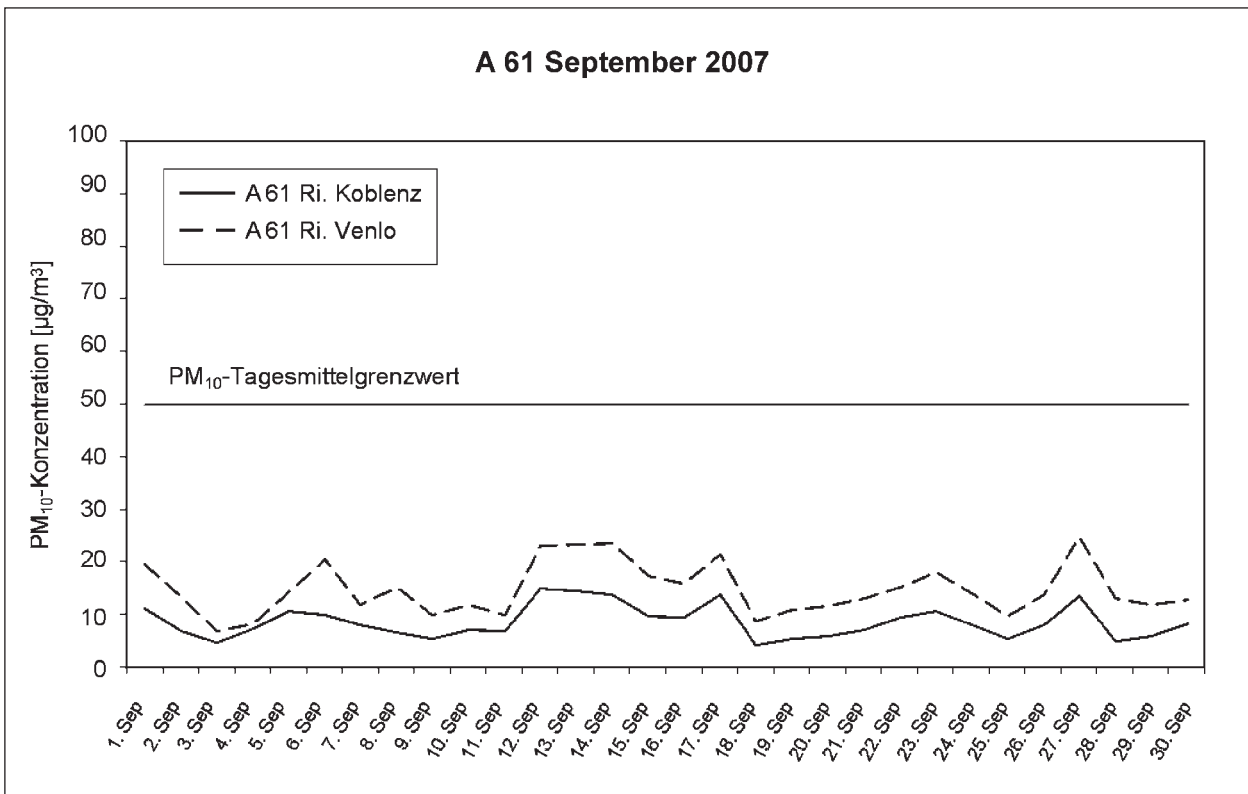
**Bild 4.26:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat August 2007



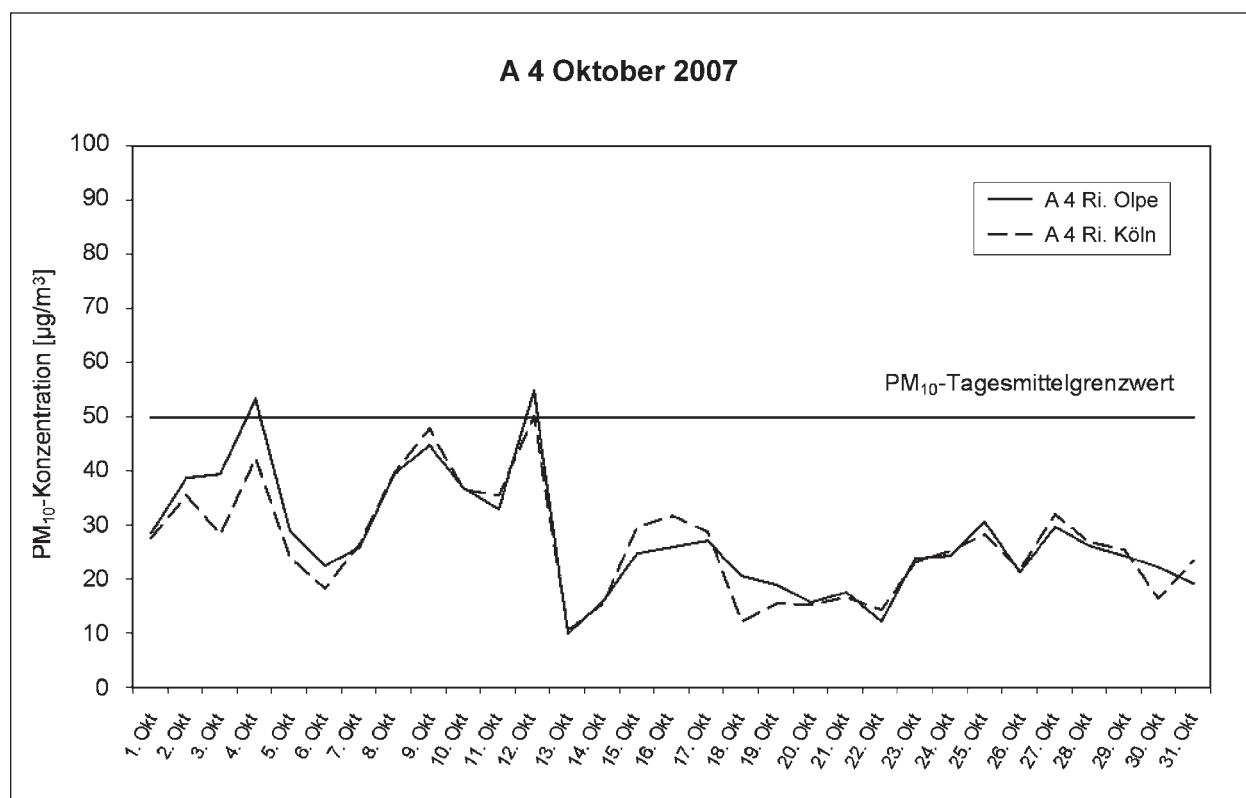
**Bild 4.27:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat August 2007



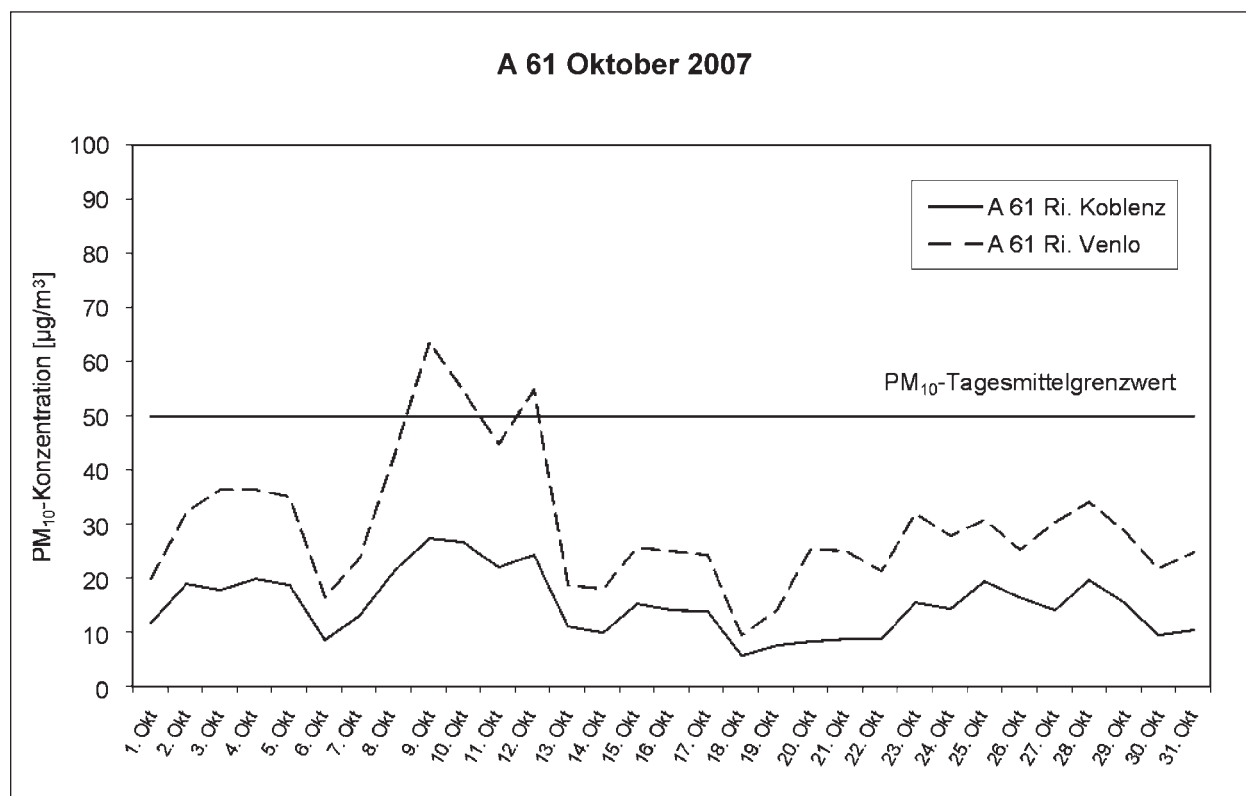
**Bild 4.28:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat September 2007



**Bild 4.29:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat September 2007



**Bild 4.30:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Oktober 2007



**Bild 4.31:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Oktober 2007

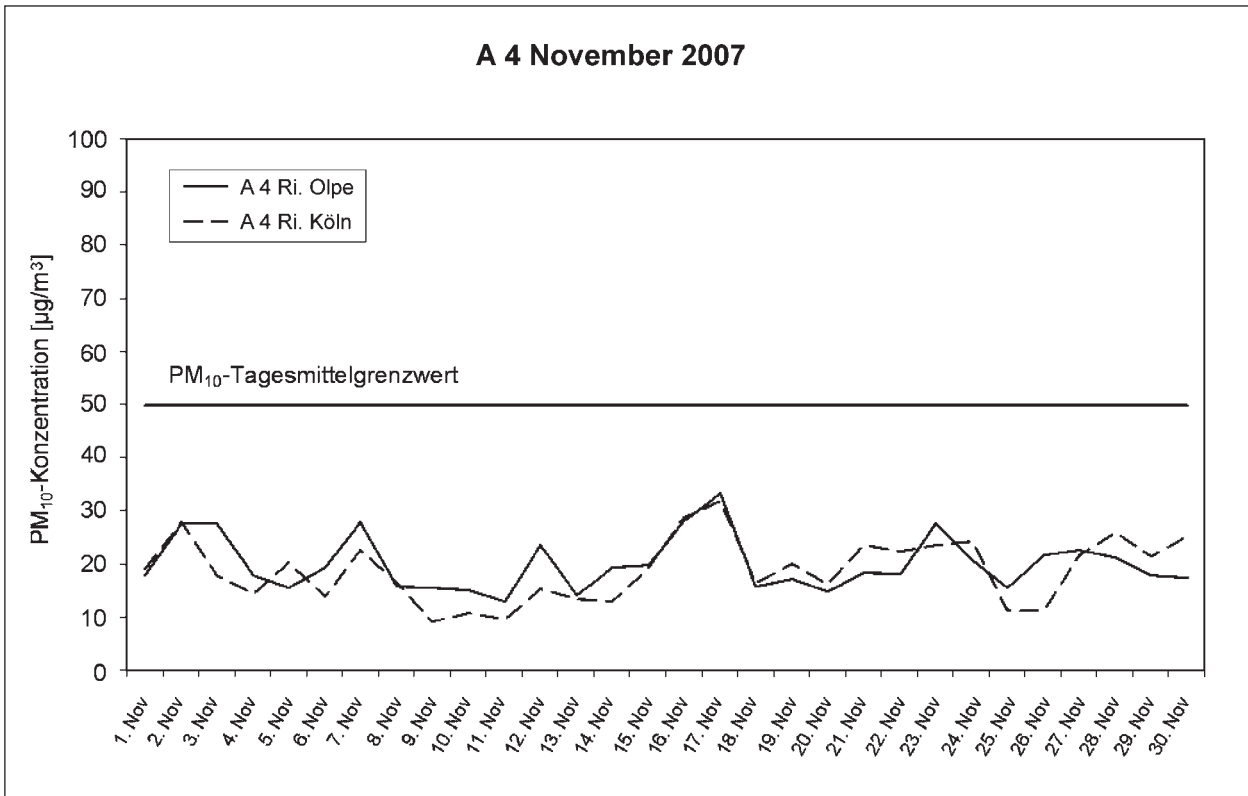


Bild 4.32: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat November 2007

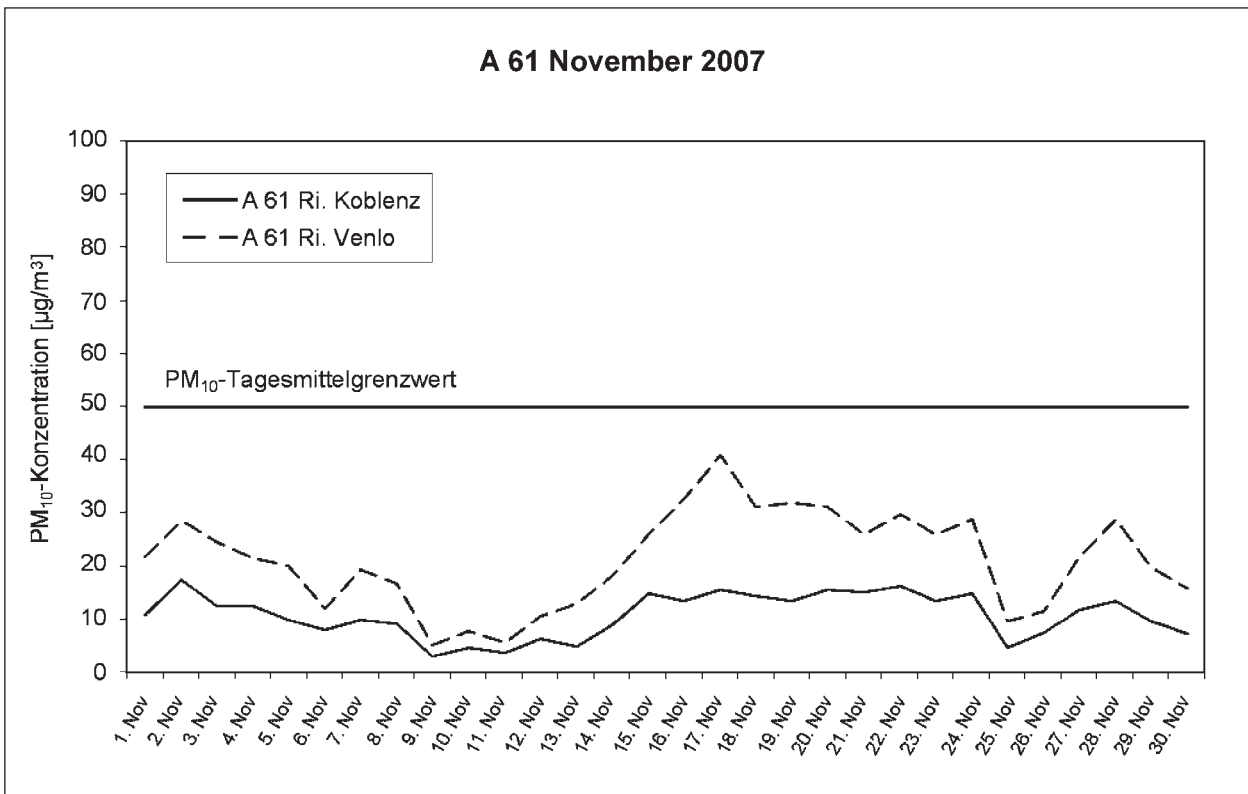
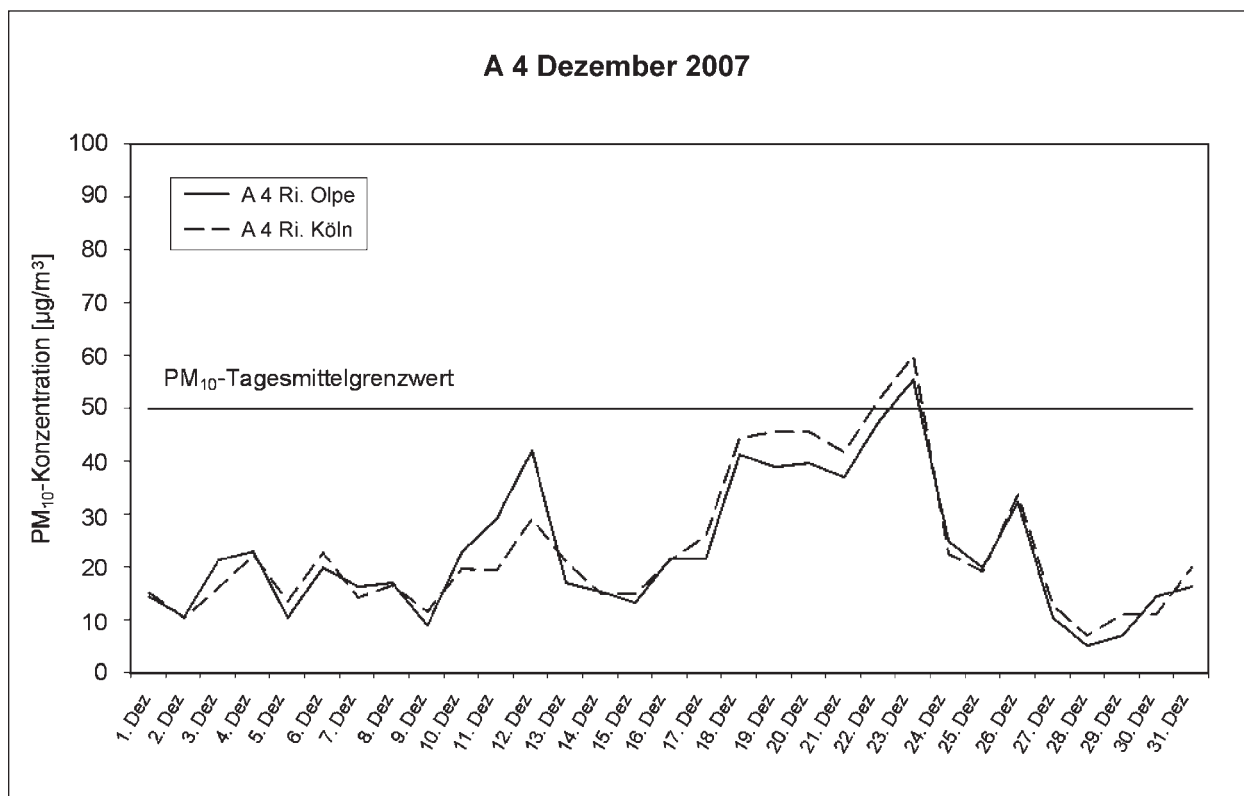
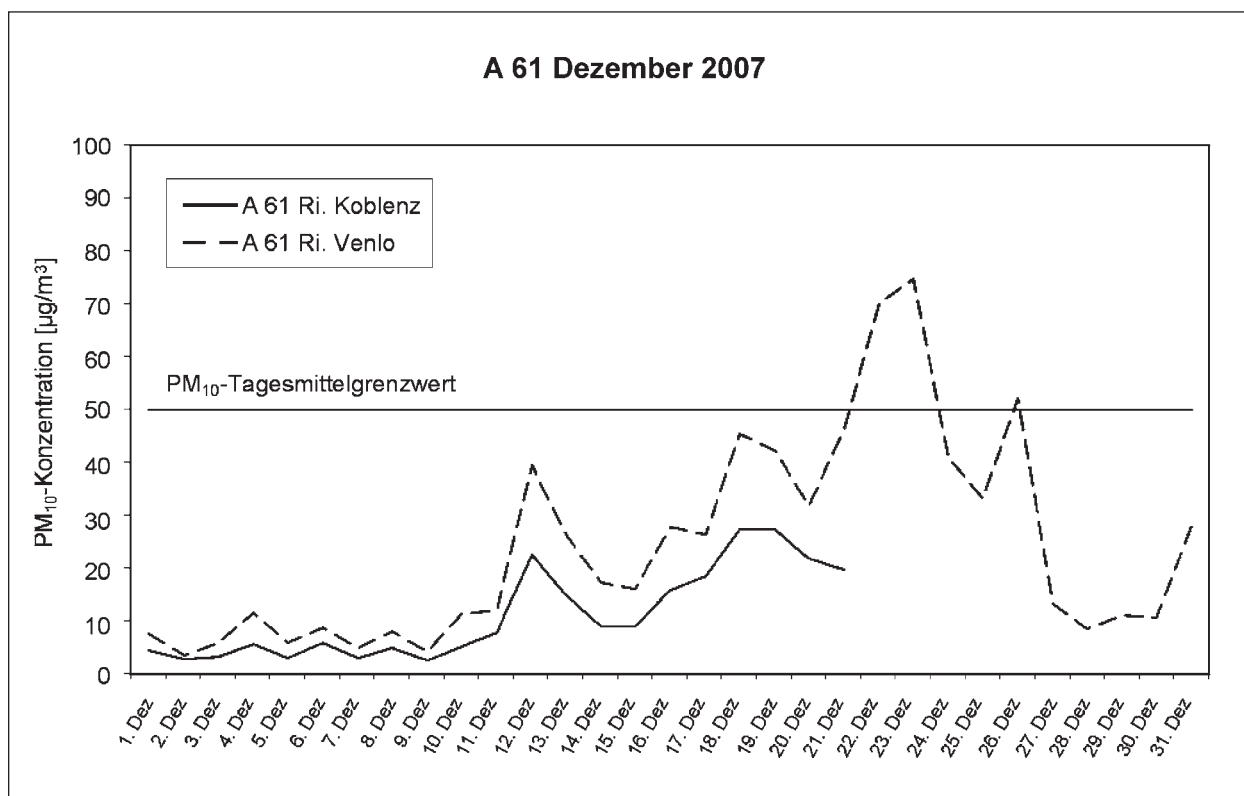


Bild 4.33: Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat November 2007



**Bild 4.34:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 für den Monat Dezember 2007



**Bild 4.35:** Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 für den Monat Dezember 2007

den, unterstützt durch ein Hoch über den skandinavischen Ländern und einem Tief, das sich vom Schwarzen Meer in Richtung Italien ausbreitete, so dass die aufgewirbelte Staubwolke sehr schnell nach Mitteleuropa driftete (UFZ, 2008). An der A 61 konnten im Zuge dieser Staubwolkendrift  $PM_{10}$ -Spitzenwerte im Stundenmittel von bis zu  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , einem für die dortigen vorliegenden Umgebungsbedingungen sehr hohen Wert.

Ähnliche Ereignisse führen am Messquerschnitt an der A 61 und ähnlich gelegenen Standorten, an denen rundherum landwirtschaftliche Nutzflächen bestellt werden, immer wieder zu hohen Feinstaubkonzentrationen.

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 Köln ein markantes Maximum der Partikelbelastung, 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. Auch ist zu beobachten, dass der typisch durch den Verkehr beeinflusste Verlauf des Tagesgangs in Fahrtrichtung Köln stärker ausgeprägt ist als in Fahrtrichtung Olpe, die morgens weniger durch Pendlerverkehr geprägt ist. Insgesamt zeichnet sich der tageszeitabhängige Verlauf durch höhere Werte in den Tagstunden und niedrigere Werten während der Nacht aus. 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 Fahrbewegung wiederaufgewirbelt wird.

Andererseits hängt 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 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 Luft-

pakete 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.

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 erwartet deutlich höhere Partikelkonzentration auch im mittleren Tagesgang gemessen. Schon in den Tagesmittelwerten konnten in Fahrtrichtung Venlo höhere Werte beobachtet werden als in Fahrtrichtung Koblenz. Auffällig ist, dass an diesem Standort so gut wie keine Tagesverlauf beobachtet werden kann. Dies hängt wahrscheinlich mit der guten Durchlüftung zusammen, da es in unmittelbarer Umgebung mit Ausnahme der benachbarten Salzhalle so gut wie keine Bebauung gibt

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 64 % (Fahrtrichtung Koblenz) bzw. 72 % (Fahrtrichtung Venlo). Die Partikel, die einen aerodynamischen Durchmesser zwischen 1 und  $2,5 \mu\text{m}$  besitzen, sind für 14 % (Ri. Koblenz) bzw. 11 % (Ri. Venlo) der gesamten  $PM_{10}$ -Belastung verantwortlich und die größte Komponente mit Durchmessern zwischen 2,5 und  $10 \mu\text{m}$  tragen 22 % (Ri. Koblenz) bzw. 17 % (Ri. Venlo) zur Gesamtbelastung bei.

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

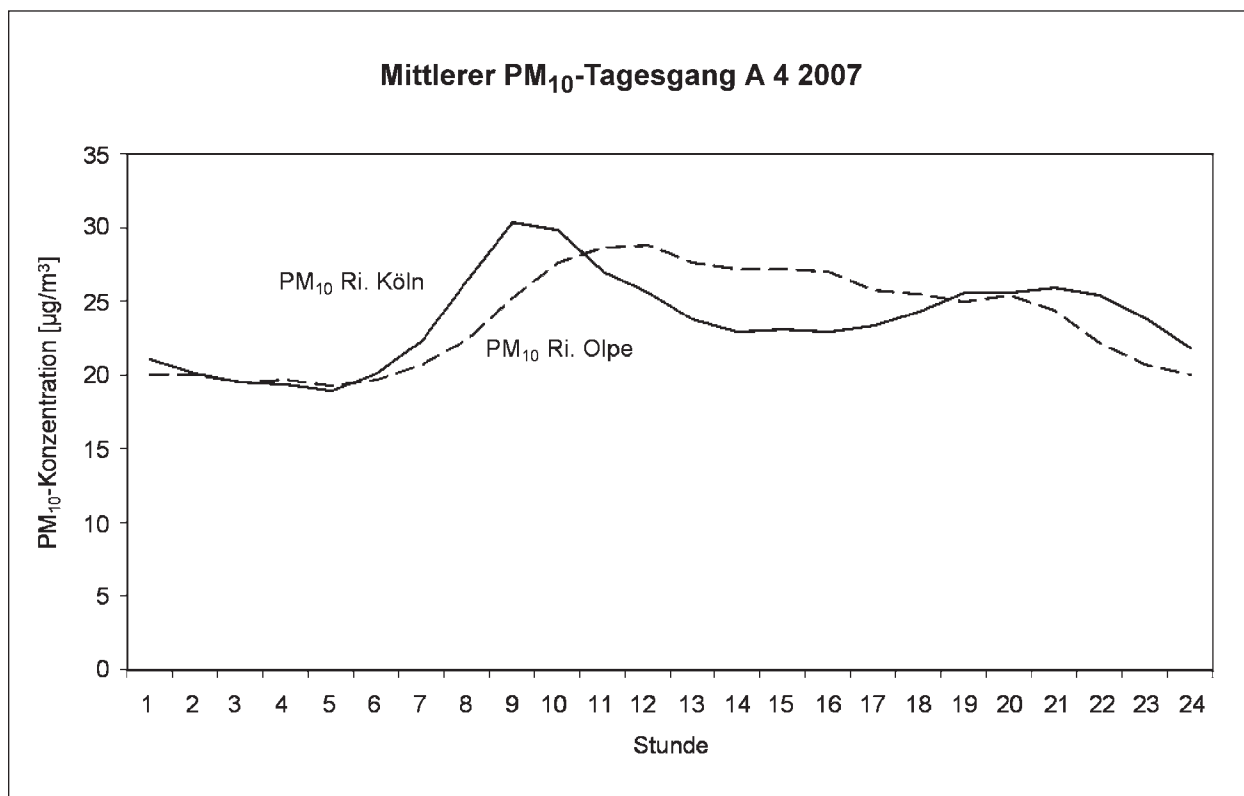


Bild 4.36: Mittlerer Tagesgang der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 4 im Kalenderjahr 2006

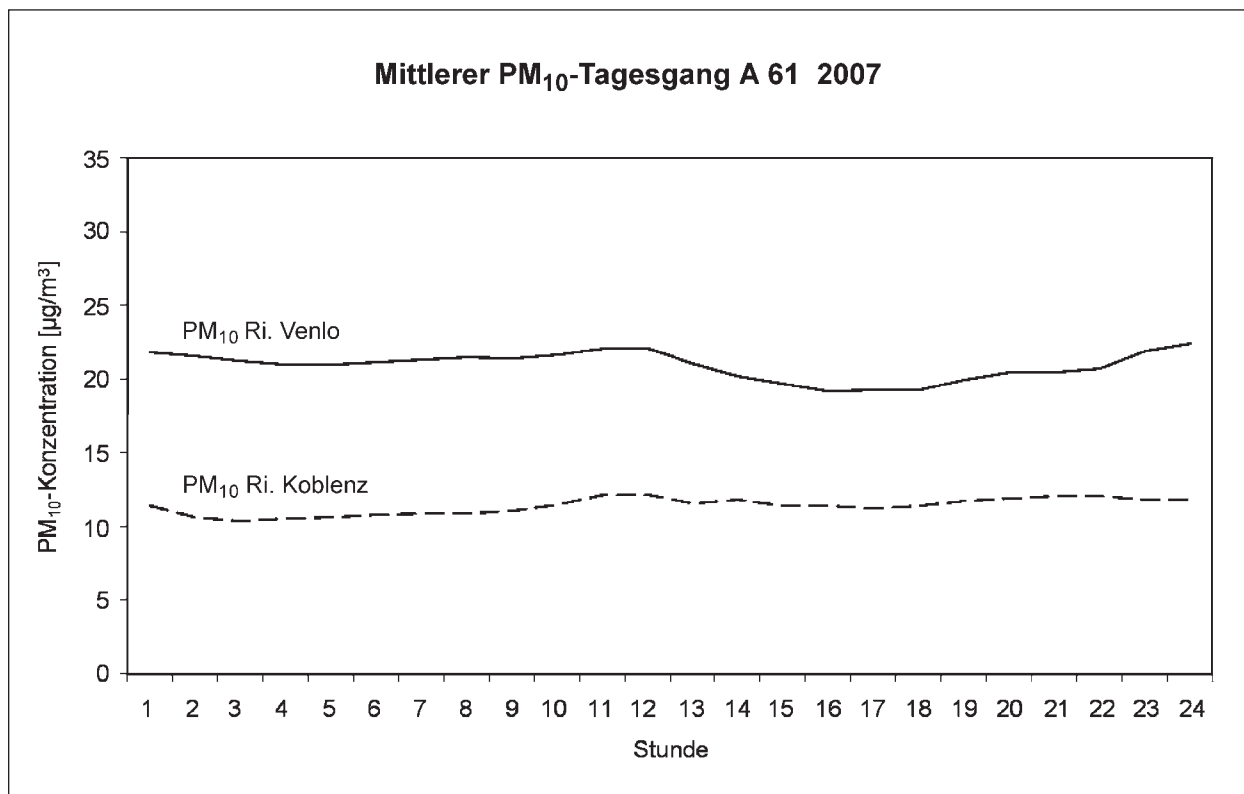


Bild 4.37: Mittlerer Tagesgang der PM<sub>10</sub>-Konzentration an dem Messquerschnitt an der A 61 im Kalenderjahr 2006

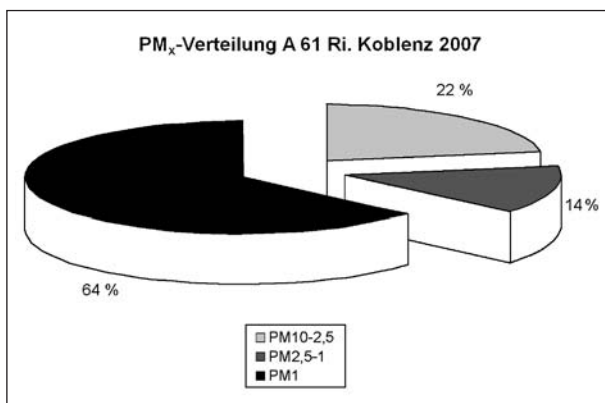


gefunden. Diese größeren Partikel sind in Ballungsräumen und Städten in stärkerem Maße vertreten als auf Außerortsstraßen und Autobahnen, da innerorts das Fahrverhalten von abrupten Fahrmanövern, Auffahren auf kleinere Hindernisse wie z. B. Bordsteinkanten sowie Vollbremsungen geprägt ist, so dass dort mehr Abriebe entstehen.

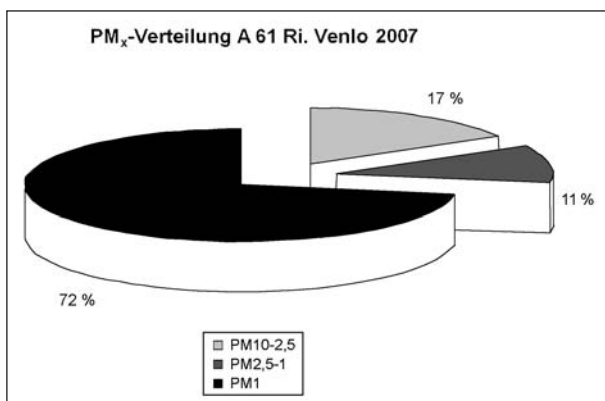
Im Vergleich weisen die Konzentrationen der kleinsten Partikel  $PM_1$  in Fahrtrichtung Venlo höhere Werte auf als in Fahrtrichtung Koblenz.

Die vorherrschende Windrichtung an diesem Standort ist SSW, so dass die Messstelle in Richtung Venlo im Mittel deutlich stärker von motorbedingten Partikeln  $PM_1$  beeinflusst wird als die zumeist luvseitig liegende Messstelle in Richtung Koblenz. Diese zeigt einen höheren Anteil größerer Partikel, die von den umliegenden Feldern hergetragen werden.

Dies und die deutlich höheren Gesamtkonzentrationen in Richtung Venlo im Vergleich zu den Werten



**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 2007



**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 2007

in Richtung Koblenz zeigen, dass die Feinstaubbelastungen an diesem Standort sehr stark von den starken Winden beeinflusst wird, die zumeist aus SSW wehen und insbesondere die NNO gelegene Messstelle mit partikelförmigen Schadstoffen aus dem Verkehr beaufschlagen.

## 5 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 2007 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 daraufhin, 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 hoch belasteten 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 hoch belastete Standorte. In Bezug auf die ab 2010 geltenden Schwellenwerte wurde im Kalenderjahr 2007 an beiden Messquerschnitten weder die Informations- noch die Alarmschwelle überschritten (siehe Kapitel 4.2).

### Partikel

Der Jahresmittelgrenzwert, der seit dem 01.01.2005 für  $PM_{10}$  gefordert wird, wurde im Kalenderjahr 2007 an allen Messstellen eingehalten. Der Tagesmittelgrenzwert hingegen wurde zwar an einigen Tagen überschritten (siehe Bild 4.11), wobei

aber die Überschreitungshäufigkeiten an beiden Standorten nicht über der maximal zulässigen Anzahl von 35 Tagen pro Kalenderjahr lag. 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 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 hat im Kalenderjahr 2007 mit Messungen an einem dritten Messquerschnitt an der BAB A 555 begonnen. 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 (siehe Kapitel 2). 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 hoch frequentierten Autobahnstandorten geben. Für eine solche Auswertung muss jedoch zunächst ein ausreichendes Datenkollektiv vorliegen, das jedoch 2007 noch nicht gesammelt werden konnte.

## 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
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ: „Ackerflächen können Luftqualität negativ beeinflussen“, Pressemitteilung vom 06.05.2008
- 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®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
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin: „Digitaler Umweltatlas Berlin“, 2005
- TEOM® 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  $NO_x$ -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“

### 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, Vortisch, 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 Straßen-seitenraum – Band1 bis Band 5  
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 Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-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 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
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 offenerporiger 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  
Bartolomeaus € 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  
Klöckner, Fleisch, Balzer-Hebborn, Ellmers, Friedrich, Kübler, Lukas € 14,50
- V 158: Zustandserfassung von Alleebäumen nach Straßenbaumaßnahmen  
Wirtz € 13,50
- V 159: Luftschadstoffe an BAB 2006  
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50
- V 160: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Fitschen, Koßmann € 25,50
- V 161: Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Infrastrukturbedingte Kapazitätsempässe  
Listl, Otto, Zackor € 14,50
- V 162: Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation – dWiSta  
Grahl, Sander € 14,50
- V 163: Kriterien für die Einsatzbereiche von Grünen Wellen und verkehrabhängigen Steuerungen  
Brilon, Wietholt, Wu € 17,50
- V 164: Straßenverkehrszählung 2005 – Ergebnisse  
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,00

## 2008

- V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM<sub>10</sub>-Emissionen von Straßen  
Quass, John, Beyer, Lindermann, Kuhlbusch, Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler € 14,50
- V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Fitschen, Koßmann € 26,00
- V 167: Schadstoffgehalte von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung  
Kocher, Brose, Siebertz € 14,50
- V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit  
Frost, Schulze € 15,50
- V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen  
Wermuth, Wulff € 15,50
- V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen  
Roos, Zimmermann, Riffel, Cypra € 16,50
- V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)  
Weinert, Vengels € 17,50
- V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007  
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.