



**Fraunhofer** Institut  
Verkehrs- und  
Infrastruktursysteme

# Möglichkeiten und Grenzen verkehrsbeschränkender Maßnahmen zur Einhaltung der zulässigen PM10-Tagesgrenzwerte in der Stadt Ulm



Matthias Klingner  
Elke Sähn

Im Auftrag der  
IHK Ulm

Dresden, September 2007 / April 2008

## Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellung.....	3
2	Hintergrund der Untersuchungen.....	4
3	Immissionssituation der Stadt Ulm.....	4
4	Reduktionspotential verkehrsbeschränkender Maßnahmen.....	6
5	Datenanalyse Spotmessstation Zinglerstraße.....	7
6	Untersuchung zur PM10-Überschreitungswahrscheinlichkeit.....	10
7	Szenarienanalysen hinsichtlich Art und Umfang verkehrsbeschränkender Maßnahmen ...	13
8	Handlungsempfehlung.....	14
9	Zusammenfassung.....	17
	Literatur.....	18
	Anhang.....	19

## 1 Zielstellung

Sowohl durch europäische Richtlinien als auch nationale Gesetze [1;2;3] sind Grenzwerte für Luftschadstoffe wie Feinstaub (PM10) und Stickoxide (NO<sub>2</sub>) festgelegt, deren Einhaltung jedoch nach wie vor ein Problem darstellt.

Nicht zuletzt der heute wesentlich verbesserte Erkenntnisstand hinsichtlich Entstehung, Ausbreitung und Deposition von Luftschadstoffen, aber auch zu Messgrößen und -methodik führten dazu, dass die **EU-Luftqualitätsrichtlinie** im Dezember 2007 einer **grundlegenden Novellierung** unterzogen wurde. Auf die Einführung der ehemals für 2010 vorgesehenen 2. Stufe (PM10-Jahresmittelwert von 20 µg/m<sup>3</sup>, 7 erlaubte Überschreitungen des Tagesgrenzwertes pro Jahr) wurde verzichtet.

Da PM10 nur zu einem geringen Teil anthropogen verursachten Feinstaub beinhaltet, findet in der Neufassung nun auch die **verkehrsrelevantere Messgröße PM2.5** Berücksichtigung.

Außerdem gewinnen sowohl

- **Standortbedingungen** als auch
- **meteorologische Einflüsse**

in den Ausnahmebedingungen **deutlich mehr an Gewicht**. Zudem wurden **Fristverlängerungen** zur Einhaltung beider Grenzwerte beschlossen, für PM10 drei Jahre, für NO<sub>2</sub> fünf Jahre, gerechnet vom Zeitpunkt der Überführung in nationales Recht.

Bereits die bestehende Gesetzgebung schreibt vor, Verursacheranteile zu ermitteln und Minderungsmaßnahmen entsprechend der Verhältnismäßigkeit gegen alle Emittenten, die zur Überschreitung der Immissionsgrenzwerte führen, zu richten.

Dazu ist es notwendig,

- die **Verursacheranteile** messtechnisch abzusichern und
- dabei das **Verhältnis zwischen Aufwand und Wirkung** bei der Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen von Luftreinhalteplänen zu wahren,

um in Hinblick auf eine verbesserte Luftqualität auch **wirtschaftliche und individuelle Interessen** ausreichend berücksichtigen zu können.

Die vorgeschlagene Umweltzone für Ulm wirft in diesem Zusammenhang Fragen auf, deren Beantwortung Ziel des folgenden Papiers sein soll.

- Ist die in Ulm **verfügbare Messdatengrundlage** geeignet, darauf aufbauend einen Luftreinhalte- und Aktionsplan zu erstellen?
- Ist die Maßnahme „**Umweltzone**“ ein adäquates Mittel, einen wesentlichen Beitrag zur Luftreinhaltung zu leisten?
- Welche **alternativen Maßnahmen** sind geeignet, maßgeblich zur Verbesserung der Luftqualität beizutragen?

## 2 Hintergrund der Untersuchungen

Die Notwendigkeit, für die Stadt Ulm einen Luftreinhalte-/Aktionsplan zu erstellen, ergab sich aus der Nichteinhaltung der zulässigen Zahl von 35 Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Spotmessstation Zinglerstraße im Jahr 2006. Kernpunkt dieses Planes ist die dauerhafte Einrichtung einer Umweltzone mit dem vorrangigen Ziel, den Jahresmittelwert von PM10 zu senken.

Die Immissionsdatenreihen der Messstationen Böblingerstraße und der Zinglerstraße lassen jedoch erkennen, dass die **Einhaltung des vorgeschriebenen Jahresmittelgrenzwertes** derzeit **kein Problem** darstellt.

Daher stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer Umweltzone sowie deren Wirkung auf die Überschreitungshäufigkeit des Tagesgrenzwertes, da derartige Überschreitungen im allgemeinen **nicht auf extreme Verkehrsspitzen, sondern auf meteorologische Einflüsse** zurückzuführen sind [4;5].

Somit ist es erforderlich, den Nachweis zu erbringen, in wieweit man durch das Einrichten einer Umweltzone diesen meteorologisch bedingten Schwankungen wirkungsvoll begegnen und damit die Anzahl der zulässigen PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen einhalten kann.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf bestehende PM10-Messdaten der Stadt Ulm, um die konkreten Ausbreitungs- und meteorologischen Bedingungen des Stadtgebietes ausreichend zu berücksichtigen.

Zur Auswertung herangezogen wurden im Wesentlichen Daten (PM10, Temperatur, Windgeschwindigkeit und Niederschlag) des Zeitraumes 1. Januar 2004 bis 30. Juni 2007 der Station Böblingerstraße (städtischer Hintergrund). Ergänzende Informationen lieferten die seit 1. Januar 2006 erfassten PM10-Tagesmittelwerte der Spotmessstation Zinglerstraße.

## 3 Immissionssituation der Stadt Ulm

Während die Höhe der Schadstoffemissionen<sup>1</sup> auf Art und Umfang der verschiedensten Emittenten, die natürlichen und anthropogenen Ursprungs sein können, zurückzuführen sind, werden die gemessenen Schadstoffimmissionen<sup>2</sup> sehr stark von der Meteorologie sowie den Standort- und Ausbreitungsbedingungen geprägt.

Grenzwertregelungen, die die Grundlage für die Erstellung von Luftreinhalteplänen darstellen, beziehen sich ausschließlich auf Immissionen.

Meteorologische Parameter unterliegen nicht nur deutlichen jahreszeitlichen Schwankungen, sie variieren auch von Jahr zu Jahr. Dementsprechend verschieden sind auch die Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration an ein und derselben Messstation bei nahezu gleichbleibenden Emissionen (Anhang, Abbildung 1).

---

<sup>1</sup> lat.: emittieren, aussenden, an die Umwelt abgegebene Schadstoffmenge

<sup>2</sup> lat.: immitieren, hineinsenden, im Umfeld messbare Schadstoffkonzentration

Bei PM10 erweist sich vor allem die Einhaltung der zulässigen 35 erlaubten Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  generell als schwierig. Obwohl davon ausgegangen wird, dass bei einem PM10-Jahresmittel unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [6] man auch dieser Limitierung gerecht werden kann, treten von Jahr zu Jahr gerade bei der Anzahl der Überschreitungen des PM10-Kurzzeitwertes große Differenzen in Abhängigkeit von der Wettersituation auf.

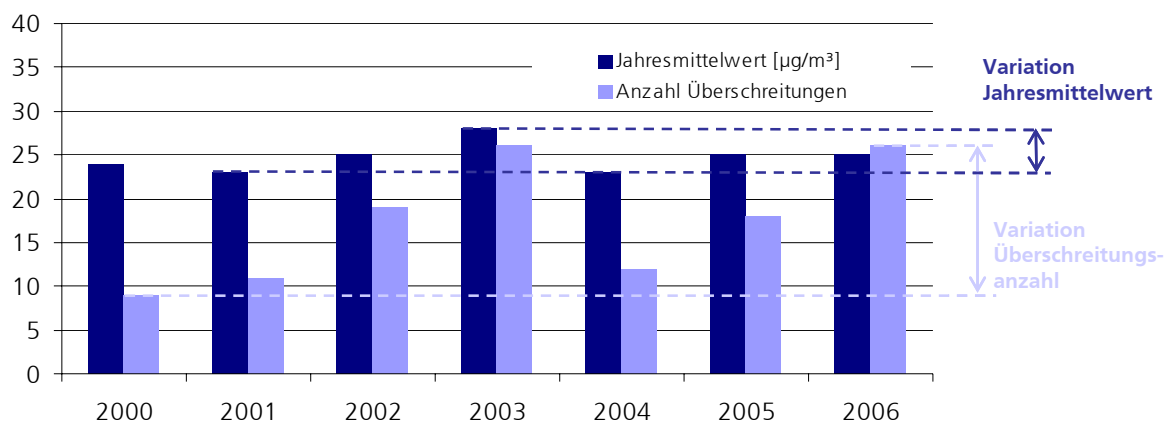


Bild 1: PM10-Jahresmittelwert und Anzahl Grenzwertüberschreitungen in Ulm, Böblingerstraße

Bild 1 veranschaulicht gut, dass bei einem nahezu **konstanten PM10-Jahresmittel** die im jeweiligen Jahr **aufgetretenen Grenzwertüberschreitungen** extrem **variieren**.

So steigt die mittlere PM10-Konzentration von 2004 auf 2005 um 8.7 Prozent, die Anzahl der Werte über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  um 50 Prozent.

Im Vergleich zu 2005 bleibt 2006 das PM10-Jahresmittel konstant, während die Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes nochmals um 44 Prozent zunimmt und sich somit zu 2004 mehr als verdoppelt.

Das Diagramm im Bild 2 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der PM10-Tageswerte in den Jahren 2004 bis 2006.

Im mittleren Bereich ( $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3 < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lassen sich gute Übereinstimmungen zwischen den unterschiedlichen Jahren feststellen. Dagegen sind große Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens sehr geringer sowie besonders hoher PM10-Konzentrationen erkennbar (rot markiert).

Derartig niedrige bzw. hohe Messwerte stehen für Wettersituationen, die sich einerseits besonders positiv andererseits aber auch extrem negativ auf die Immissionssituation auswirken und deren Häufigkeit des Auftretens von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ist.

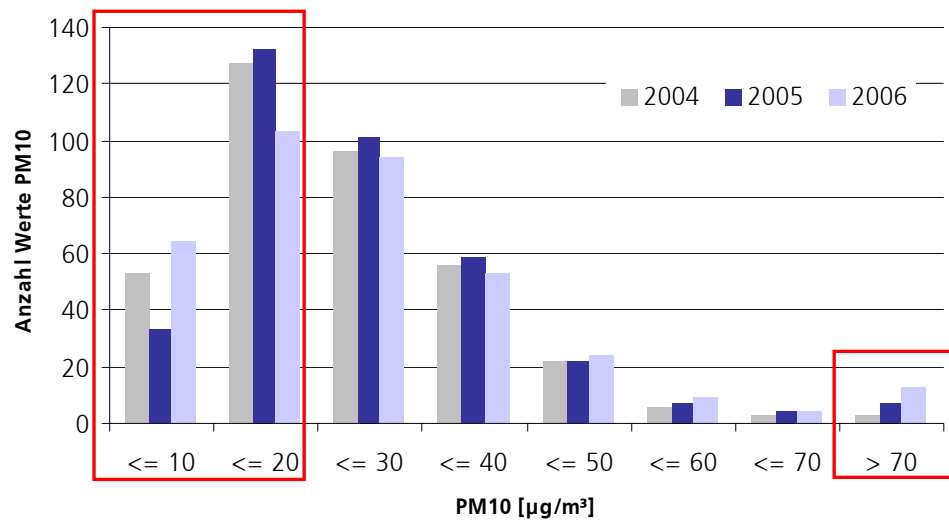


Bild 2: Verteilung der PM10-Tagesmittelwerte in Ulm, Böblingerstraße

#### 4 Reduktionspotential verkehrsbeschränkender Maßnahmen

Ursprüngliche Abschätzungen zur Wirkung verkehrsbeschränkender Maßnahmen auf die Immissionsituation [7] stützten die Annahme, mit der Erstellung und Umsetzung von Luftreinhalteplänen, den PM10-Grenzwertüberschreitungen in den Städten gezielt begegnen zu können.

Inzwischen liegen offizielle Zahlen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [8] vor, die die Möglichkeiten der Beeinflussung der Immissionsituation im städtischen Bereich wesentlich realistischer beschreiben. Basierend auf Ergebnisse eines UBA-Projektes [9] wird in dieser Veröffentlichung auch die Thematik „Lokale Maßnahmen im Verkehrsbereich“ behandelt.

##### Allgemeine Verkehrsvermeidung bzw. -verlagerung

Durch eine **Senkung der verkehrsbedingten PM10-Emissionen um 30 Prozent** ist nach heutigem Stand der Erkenntnisse eine Senkung der PM10-Immissionen von höchstens **4 Prozent, bezogen** auf einen **PM10-Jahresmittelwert von 35 µg/m³**, zu erwarten [8;9].

##### Umweltzone

**In Abhängigkeit des gesteckten Rahmens** (Größe der Zone, Umfang der ausgesperrten Fahrzeuge, Zeitpunkt der Einführung) gehen die verkehrsbedingten PM10-Emissionen um mehr als 30 Prozent zurück, die **maximale Immissionsminderung** im Umfeld der Straßen liegt aber auch hier nur **bei 4 bis 6 Prozent** [8;9]. Bei diesen Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die Fahrleistungen der ausgesperrten Fahrzeuge nicht durch andere Fahrzeuge mit höherem Umweltstandard ersetzt werden.

Die Abschätzung 4 bis 6 Prozent Immissionsminderung kann somit als eine obere Schranke betrachtet werden. Dennoch werden in den weiteren Untersuchungen die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die Umweltzone veranschlagten 4 Prozent PM10-Reduktion bezogen auf das Jahresmittel als Schätzwerte zugrunde gelegt.

Da alle Fahrzeuge zur Staubbelastung beitragen und nach einer Übergangsfrist die gleiche Fahrleistung in der Umweltzone mit einer entsprechend aufgewerteten Fahrzeugflotte erbracht werden wird, ist perspektivisch von einem deutlich geringeren Minderungspotential auszugehen.

Für weit weniger umfassende Maßnahmen wie **Lkw-Durchfahrverbote** oder die Nachrüstung von Partikelfiltern wurde eine PM10-Verringerung von **maximal 3 bis 6 Prozent** ermittelt.

Diese Annahmen messtechnisch nachzuweisen, ist problematisch, stellt man die **durch Verkehrsbeschränkungen** möglichen **4 Prozent** den **meteorologisch bedingten PM10-Variationen von 20 Prozent** (im Jahresmittel) gegenüber. So beträgt der PM10-Jahresmittelwert in Ulm, Böblingerstraße  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und lag seit 1999 zwischen  $23$  und  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [10].

Die **Anzahl der PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen** schwankte seit dem Jahr 2000 zwischen 9 und 26 pro Jahr [11] und lag in der Vergangenheit im Mittel bei **17 pro Jahr** mit Abweichungen im Bereich  **$\pm 50$  Prozent**.

Aufgrund der großen Schwankungen ist der Nachweis anthropogen bedingter Trendentwicklungen in den Immissionsbelastungen, z. B. infolge luftreinhaltender Maßnahmen, nur auf der Basis langjähriger Messungen zu erbringen.

Wäre beispielsweise per 1. Januar 2007 in Ulm bereits das Einrichten einer Umweltzone erfolgt, würde man die im Vergleich zu 2006 meteorologisch bedingte überdurchschnittliche Immissionsminderung fälschlicher Weise zu großen Teilen auf die Aussperrung der stark schadstoffbelasteten Fahrzeuge zurückführen.

## 5 Datenanalyse Spotmesstation Zinglerstraße

Anhand der Messdatenreihen der Böblingerstraße vergangener Jahre lässt sich belegen, dass die meteorologisch bedingten **PM10-Variationen** auch **im städtischen Hintergrund gravierend** sind, selbst wenn die aufgetretenen Spitzenwerte keine Probleme hinsichtlich der Einhaltung der Grenzwerte bereiten.

Wie stellt sich aber die Situation an der Spotmesstation Zinglerstraße dar? Kann die Messstation als repräsentativ im Sinne einer Verkehrsmessstation sowie hinsichtlich der Immissionssituation in Ulm eingeschätzt werden? Wie umfassend müssen verkehrsbeschränkende Maßnahmen angeordnet werden, um glaubhaft der Bevölkerung einen Nutzen im Sinne von einer verbesserten Luftqualität zu vermitteln und nachweisen zu können?

Die Messstation Zinglerstraße befindet sich südwestlich des Stadtzentrums von Ulm auf der rechten Seite einer **dreispurigen, leicht ansteigenden und schlecht belüfteten (Straßenschlucht) Einbahnstraße**, die in ihrem weiteren Verlauf die **Eisenbahntrasse** überquert.

Die unmittelbar neben der Messstation vorhandenen **Parkbuchten** führen dazu, dass Emissionen aus dem Anfahr- und Bremsvorgängen direkt dem Messgerät zugeführt werden (Bild 3).



Bild 3: Spotmesstation Zinglerstraße

Hauptproblem an der **Zinglerstraße** im Jahr 2006 war die Einhaltung der zulässigen 35 Tagesgrenzwertüberschreitungen, die mit 66 gemessenen Werten über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht gewährleistet werden konnte.

Im Gegensatz zur städtischen Hintergrundstation lässt die **Datenqualität** an der erst 2006 installierten Spotmesstation Zinglerstraße allerdings zu wünschen übrig.

Die Einzelanalyse ergab unplausible Messwerte am 7. Juni und 14. September mit  $234$  und  $193 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die in keiner Weise weder im Vergleich zur Hintergrundstation noch zur PM10-Konzentration des Vor- bzw. Folgetages begründbar sind (Bild 4). Ebenfalls in die Statistik einbezogen wurden weitere vier Messdaten am 4. August ( $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegen  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Hintergrund), 23. November ( $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegen  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Hintergrund), 20. Juli ( $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegen  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Hintergrund) und am 6. Juli ( $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegen  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Hintergrund).

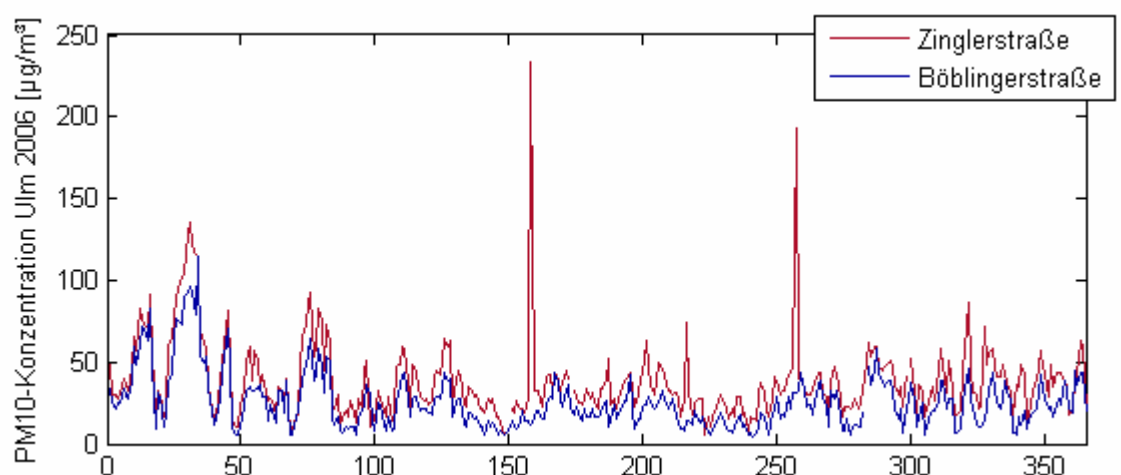


Bild 4: PM10-Ganglinien der Ulmer Messstationen (2006)



Als Ursache für die teilweise großen Abweichungen von den Werten der Hintergrundmessstation Böblingerstraße kommen somit folgende zusätzlichen Standortfaktoren in Betracht:

- Eisenbahntrasse weniger als 200 m entfernt
- Bautätigkeit (Bild 5) in unmittelbarer Nähe (< 100 m)
- Parkflächen direkt neben dem Messgerät

Ob sich das zur Verfügung stehende Datenmaterial als solide Grundlage für die Ableitung von Minderungseffekten erweist, sollte kritisch hinterfragt werden.

Diese offensichtlichen Fehlmessungen bleiben in der weiteren Betrachtung unberücksichtigt.



Bild 5: Hinweis auf Bauarbeiten an der Spotmessstelle Zinglerstraße in Ulm

Gehen wir von dem in Kapitel 4 dargelegten Reduktionspotential aus, ergibt sich bei einem Mittelwert von  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2006 durch das **Einrichten einer Umweltzone mittelfristig ein Reduktionspotential von maximal  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  (4 Prozent).

Auch langfristig sind durch diese Maßnahme keine wesentlich größeren Minderungseffekte zu erwarten, da

- sich die Anzahl der ausgesperrten Fahrzeuge aufgrund der Flottenverjüngung reduzieren wird und
- die Fahrleistung innerhalb der Umweltzone nicht in dem Maße abnimmt, wie Fahrzeuge ausgesperrt werden.

Man wird also davon ausgehen müssen, dass diese **geringe Immissionsminderung in den Variationen der meteorologischen Einflüsse kaum wahrzunehmen** sein wird.

Anhand des Datenmaterials der Spotmessstation Zinglerstraße kann im Abschnitt 6 gezeigt werden, wie umfangreich eine spürbare PM10-Reduzierung aussehen muss, mit der in Jahren wie 2006 auch ein Einhalten der Kurzzeitgrenzwerte mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt werden kann.

Verschiebt man den Untersuchungszeitraum um ein halbes Jahr, d.h. man betrachtet mit dem 2. Halbjahr 2006 und dem 1. Halbjahr 2007 wiederum ein ganzes Kalenderjahr, zeigt sich ein völlig anderes Bild (Tabelle 1).

Allein durch meteorologische Einflüsse wird bezüglich der Anzahl von PM10-Werten über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aus der Spotmessstelle Zinglerstraße quasi eine Hintergrundstation mit 26 Überschreitungen.

Tabelle 1: Vergleich der PM10-Grenzwertüberschreitungen (ohne Ausreißer)

	Böblingerstraße	Zinglerstraße
<b>PM10-GWÜ</b>		
<b>2006</b>	<b>26</b>	60
<b>PM10-GWÜ</b>		
<b>2. HJ06/1. HJ07</b>	8	<b>26</b>

Tabelle 2: Vergleich der PM10-Jahresmittelswerte (ohne Ausreißer)

	Böblingerstraße	Zinglerstraße
<b>PM10-MW</b>		
<b>2006</b>	<b><math>25 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	$37 \mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM10-MW</b>		
<b>2. HJ06/1. HJ07</b>	$21 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b><math>33 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>

Interessant ist der Vergleich der PM10-Jahresmittel von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im städtischen Hintergrund- und  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Spotmessstation bei einer identischen Anzahl von 26 Überschreitungen. Daran erkennt man, dass es **keinen einfachen linearen Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und Überschreitungsanzahl gibt**.

## 6 Untersuchung zur PM10-Überschreitungswahrscheinlichkeit

Die folgenden Berechnungen zeigen, wie man durch die Realisierung verkehrsbeschränkender Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit von PM10-Grenzwertüberschreitungen unter differenzierten meteorologischen Bedingungen reduzieren kann. Betrachtet wird zunächst das komplette Jahr 2006.

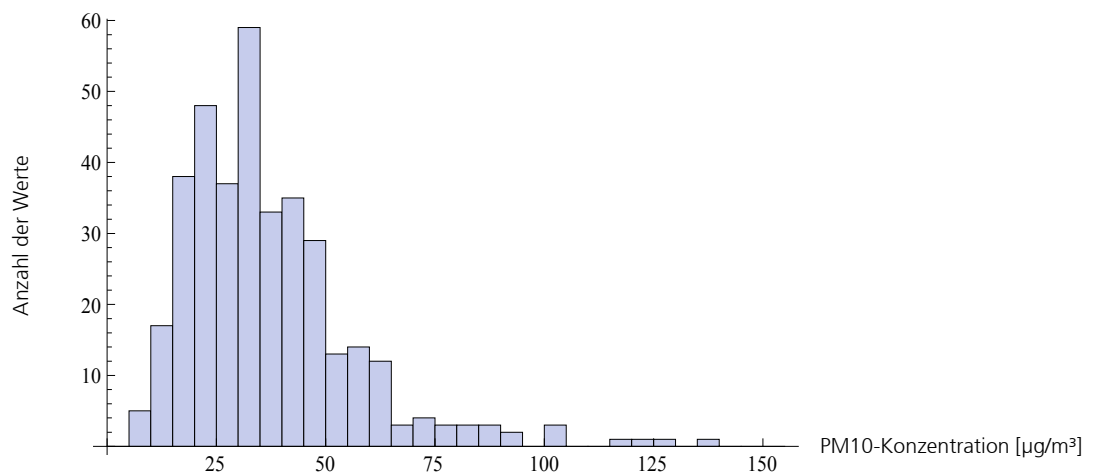


Bild 6: PM10-Histogramm 2006, Zinglerstraße

Die Grafik im Bild 6 stellt die Verteilung der PM10-Werte entsprechend ihrer Häufigkeit des Auftretens dar. Daraus abzuleiten ist für das Jahr 2006 eine Überschreitungswahrscheinlichkeit der 50- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Grenze pro Tag von 16.4 Prozent.

Unter der Annahme einer einfachen Binomialverteilung ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 99.9 Prozent, dass unter diesen Bedingungen mindestens 35 Grenzwertüberschreitungen erreicht werden.

Wäre der PM10-Jahresmittelwert durch das Einrichten einer Umweltzone um 4 Prozent geringer gewesen, ginge die Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung von 16.4 auf 14.8 Prozent zurück. Die Wahrscheinlichkeit, dass die 35-Tage-Regel nicht eingehalten werden kann, würde dennoch 99.8 Prozent betragen.

Auch Minderungseffekte um 6, 8, 10 oder 12 Prozent (Bild 7) zeigen noch keine signifikante Wirkung auf die Höhe der Überschreitungswahrscheinlichkeit.

Wie hoch die erforderliche PM10-Reduktion aussehen muss, um der Kurzzeit-Grenzwertregelung gerecht zu werden, zeigt Bild 7. Erst **ab einer PM10-Immisionsminderung um mindestens 25 Prozent, sinkt die Überschreitungswahrscheinlichkeit** spürbar.

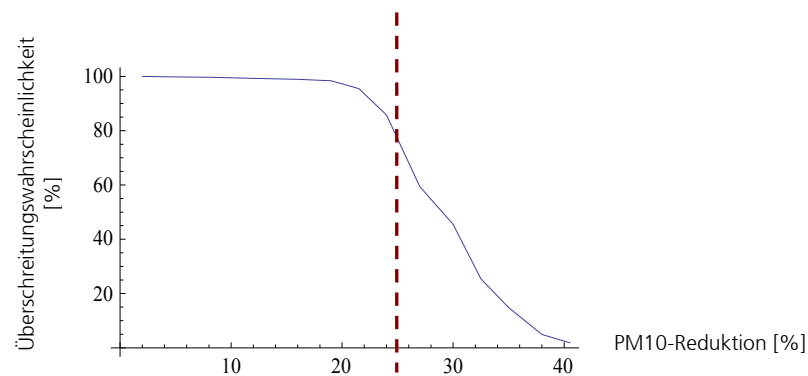


Bild 7: Zusammenhang zwischen PM10-Minderung und Überschreitungswahrscheinlichkeit

Verschiebt man nun den Datensatz um ein halbes Jahr so, dass das 1. Halbjahr 2006 eliminiert, dafür das 1. Halbjahr 2007 integriert wird, zeigt sich ein völlig anderes Ergebnis.

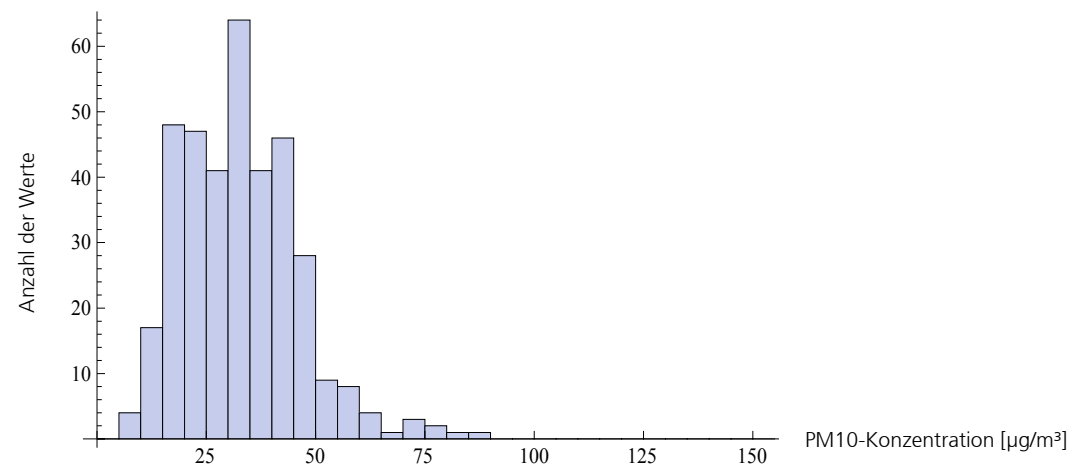


Bild 8: PM10-Histogramm 2. Halbjahr 2006 / 1. Halbjahr 2007, Zinglerstraße  
Am Histogramm (Bild 8) erkennt man bereits eine andere Verteilung der PM10-Tageswerte, die Streuung fällt deutlich geringer aus.

Die Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung des 50- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Wertes liegt nur noch bei 7.1 Prozent und würde im Falle einer vorher eingerichteten Umweltzone auf 6.3 Prozent fallen.

Dementsprechend klein ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb dieses Jahreszeitraumes mehr als 35 Grenzwertüberschreitungen auftreten. Diese beträgt unter Annahme der Binomialverteilung nur noch 3.1 Prozent, mit vorher installierter Umweltzone 0.6 Prozent.

Wodurch begründen sich diese extremen Unterschiede in den Überschreitungswahrscheinlichkeiten?

Sicher handelt es sich bei den untersuchten Zeiträumen um Wintermonate, deren meteorologische Bedingungen kaum unterschiedlicher sein können. Einen Überblick zum Vergleich der Messdaten gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: Vergleich der Wintermonate 2006 / 2007

	Böblingerstr. Summe <b>Niederschlag</b> [mm]	Böblingerstr. Anzahl <b>Nieder- schlagstage</b>	Böblingerstr. Mittelwert <b>Temp.</b> [°C]	Böblingerstr. Mittelwert <b>Wind</b> [m/s]	Böblingerstr. Mittelwert <b>PM10</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zinglerstr. Mittelwert <b>PM10</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
<b>Jan-März 2006</b>	138.06	47	-2.42	1.41	<b>38.46</b>	<b>48.87</b>
<b>Jan-März 2007</b>	163.44	55	3.10	1.73	<b>22.17</b>	<b>33.72</b>

Meteorologische Faktoren wie

- eine kleinere und ungünstig verteilte Niederschlagsmenge,
- sehr niedrige Temperaturen und
- geringere Windgeschwindigkeiten

führen dazu, dass der PM10-Mittelwert der Monate Januar bis März 2006 an der Hintergrundstation höher ist als im gleichen Zeitraum des Folgejahres an der Spotmessstelle.

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch die Schaffung einer Umweltzone sich die Wahrscheinlichkeit der Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes in Abhängigkeit der meteorologischen Einflüsse um 0.1 bzw. 2.5 Prozent verbessert. Somit ist die Wirkung der Maßnahme „Umweltzone“ nahezu unbedeutend.**

Die vorliegenden Rechnungen zeigen, dass Luftreinhaltepläne, die aufgrund meteorologischer Extremsituationen zu erstellen waren oder sind und allein der Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte dienen sollen, ihre prognostizierte positive Wirkung verfehlen.

## 7 Szenarienanalysen hinsichtlich Art und Umfang verkehrsbeschränkender Maßnahmen

Um die Wirkung emissionsmindernder Maßnahmen auf die PM10-Situation der Stadt Ulm an der Spotmessstation Zinglerstraße anschaulich zu demonstrieren, wurden vier verschiedene Emissionsszenarien modellgestützt nachempfunden.

Der Verlauf der mittleren PM10-Konzentration unterliegt auch in Ulm einem typischen Wochengang (Bild 9), der ab Mitte der Woche leicht und am Sonntag stark abfällt. Ursache dafür sind die deutlich reduzierten Emissionen aller Verursacher am Wochenende.

Dieser Immissionsrückgang ist jedoch nur im Jahresmittel nachzuweisen. Umfangreiche Untersuchungen langjähriger Datenreihen Baden-Württembergs haben gezeigt, dass in Zeiten hoher PM10-Belastungen der typische PM10-Wochengang verlorengeht [12].

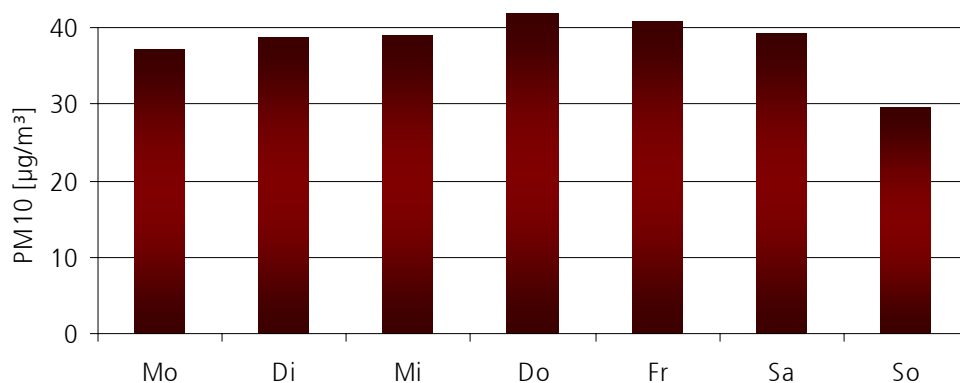


Bild 9: PM10-Wochengang der Spotmessstation 2006

Grundlage der hier durchgeführten Modellierung bildet ein am Fraunhofer IVI entwickeltes PM10-Vorhersagetool, das zunächst anhand von Messdaten beider Stationen parametrisiert und verifiziert wurde.

Als Eingangsdaten wurden die meteorologischen und die PM10-Daten der Böblingerstraße aus den Jahren 2004 und 2005 verwendet, darauf aufbauend der PM10-Verlauf der Jahre 2006 und 2007 für Spot- und Hintergrundmessstation prognostiziert und dem tatsächlich gemessenen Wert gegenübergestellt (Anhang, Abbildung 2). Da das Modell auch Daten aus der Vergangenheit benötigt, die an der Zinglerstraße nicht vorlagen, sind die ersten 10 Tage der Prognose nicht verwertbar.

Aufgrund der guten Prognoseergebnisse steht somit ein Tool zur Verfügung, mit dem der PM10-Verlauf unter der Annahme dauerhaft reduzierter Emissionsbelastungen (europaweite Samstagsbedingungen für Verkehr, Industrie, Gewerbe) simuliert werden konnte. Dabei wurde danach unterschieden, dass die Samstags-situation dauerhaft bzw. nur für einen Tag bestand (Anhang, Abbildung 3 (oben)).

Man erkennt in dieser Grafik, dass kurzfristige Emissionsreduktionen aufgrund hoher PM10-Konzentrationen aus den Vortagen nahezu wirkungslos sind. Aber auch durch eine dauerhafte Emissionsminderung um ca. 10 Prozent können nur

ganz wenige der Grenzwertüberschreitungen der Monate Januar bis März 2006 vermieden werden.

Wesentlich größer ist das Reduktionspotential, würde man die Emissionen derart verringern können, dass europaweit eine anhaltende Sonntagsruhe mit

- eingeschränkter Industrie- und Gewerbetätigkeit,
- weitestgehendem Lkw-Fahrverbot sowie
- verminderndem Individual- und
- deutlich reduziertem Öffentlichem Personennahverkehr

entsteht (Anhang, Abbildung 3 (unten)).

Aber auch dann sind PM10-Grenzwertüberschreitungen in bestimmten Wetter-situationen vor allem im Winter bei niedrigen Temperaturen und fehlendem verti-kalen Luftaustausch nicht zu vermeiden. So wäre selbst unter diesen nicht prakti-kablen Rahmenbedingungen die Hälfte aller PM10-Grenzwertüberschreitungen der Monate Januar bis März 2006 dennoch aufgetreten.

## 8 Handlungsempfehlung

### **Ist die in Ulm verfügbare Messdatengrundlage geeignet, darauf aufbauend einen Luftreinhalte- und Aktionsplan zu erstellen?**

Laut Bundes-Immissionsschutzgesetz sind Maßnahmen zur Verbesserung der Luft-qualität entsprechend des Verursacheranteils unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit gegen alle Emittenten zu richten, die zum Überschreiten der Immissionsgrenzwerte beitragen.

Das Erfordernis, für die Stadt Ulm einen Luftreinhalteplan zu erstellen, entstand aus der zu hohen Anzahl von PM10-Überschreitungstagen im Jahr 2006.

Um die Verursacheranteile aus diesen Grenzwertüberschreitungen eindeutig detektieren zu können, sind zeitlich hoch aufgelöste Messdatensätze für Ver-kehrsaufkommen und -zusammensetzung, Schadstoffbelastung an der Straße und im städtischen Hintergrund sowie meteorologische Parameter erforderlich.

Die derzeit zu Verfügung stehenden Daten der Spotmessstation beruhen bei PM10 ausschließlich auf Tagesmittelwerten.

Zudem sollte kritisch hinterfragt werden, ob der Standort der Spotmessstelle eine für Ulm repräsentative Immissionsituation beschreibt. So handelt es sich bei der Zinglerstraße um eine dreispurige, leicht ansteigende Einbahnstraße mit ungünsti-gen Ausbreitungsbedingungen und direkt neben dem Messgerät eingerichteten Parkbuchten. Eine in Sichtweite vorhandene Baustelle sowie die in unmittelbarer Nähe befindliche Eisenbahntrasse lassen erkennen, dass eine Vielzahl von Emit-tenten die gemessenen Immissionen prägt.

Bevor es zu einer Entscheidung über die Umsetzung der Maßnahmen des Ulmer Luftreinhalteplans kommt, wird das Einrichten einer verkehrsnahen Messstation empfohlen, an der kontinuierlich neben dem Schadstoff PM10 auch Verkehrs-parameter erfasst werden.

Auf der Basis einer mindestens einjährigen Messreihe lassen sich Rückschlüsse da-hingehend ziehen, wie sich die Variationen in den Verkehrszahlen auf die Immis-sionssituation der Stadt Ulm unmittelbar auswirken und ob durch eine geschickte Verkehrssteuerung und -verflüssigung die Schadstoffkonzentration positiv zu beeinflussen ist.

Weitere Nebeneffekte dieser umfangreichen Messkampagne wären

- die messtechnische Absicherung strategischer und politischer Entscheidungen sowie
- die umfassende Information der Bevölkerung.

**Ist die Maßnahme „Umweltzone“ ein adäquates Mittel, einen wesentlichen Beitrag zur Luftreinhaltung zu leisten?**

Die PM10-Problematik in der Stadt Ulm hat sich nachweislich durch eine extreme Winterwetterlage 2006 ergeben, die auch überregional zu besonders hohen Feinstaubimmissionen geführt hat.

Die Datenanalysen für die Stadt Ulm ergaben, dass durch die lokale Maßnahme „Umweltzone“ die hohe Zahl von PM10-Grenzwertüberschreitungen mit Sicherheit **nicht zu verhindern** gewesen wäre.

Die beiden nachfolgenden Tabellen zeigen die Wahrscheinlichkeit, dass

- es zu einer Grenzwertüberschreitung kommt und dass
- die zulässige Zahl von 35 Grenzwertüberschreitungen nicht eingehalten wird

jeweils ohne bzw. mit eingerichteter Umweltzone.

Tabelle 4: Wirkung einer Umweltzone unter den ungünstigen Bedingungen des Jahres 2006 (meteorologisch bedingte hohe Überschreitungswahrscheinlichkeit)

1. und 2. HJ 2006	Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung pro Einzeltag	Wahrscheinlichkeit der Übertretung der 35-Tage-Grenzwertregelung
<b>ohne Umweltzone</b>	16.4 %	99.9 %
<b>mit Umweltzone</b>	14.8 %	99.8 %

Tabelle 5: Wirkung einer Umweltzone unter den günstigen Bedingungen des 2. Halbjahres 2006 und des 1. Halbjahres 2007 (meteorologisch bedingte geringe Überschreitungswahrscheinlichkeit)

2. HJ 2006 / 1. HJ 2007	Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung pro Einzeltag	Wahrscheinlichkeit der Übertretung der 35-Tage-Grenzwertregelung
<b>ohne Umweltzone</b>	7.1 %	3.1 %
<b>mit Umweltzone</b>	6.3 %	0.6 %

Durch das Einrichten **einer Umweltzone verbessert sich die Wahrscheinlichkeit der Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes** in Abhängigkeit der meteorologischen Einflüsse **um 0.1 bzw. 2.5 Prozent.**

Dabei ist die Wirkung der Maßnahme „Umweltzone“ offensichtlich gerade dann am kleinsten, wenn ungünstige meteorologische Bedingungen (intensive Sonneneinstrahlung bei schlechten Luftaustauschbedingungen durch Inversion bzw. niedrige Mischungsschichthöhe, Niederschlagslosigkeit) die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte erschweren bzw. verhindern.

Auch langfristig ist kein größeres Minderungspotential zu erwarten, da der Minderungseffekt einer Umweltzone aufgrund der stetigen Erneuerung der Fahrzeugflotte im Verlauf der Zeit ohnehin nachlassen wird.

Das Ergebnis der Untersuchungen am Fraunhofer IVI unterstützt das Rechtsgutachten von RA Dr. Armin Wirsing vom 18. April 2007 zum Entwurf „Luftreinhalteplan Ulm“.

### **Welche alternativen Maßnahmen sind geeignet, maßgeblich zur Verbesserung der Luftqualität beizutragen?**

Noch immer ist die geplante Änderung der EU-Luftqualitätsrichtlinie nicht vollzogen. Doch schon jetzt zeichnet sich ab, dass den Kommunen mehr Spielraum vor allem in Hinblick auf die zulässige Zahl von Überschreitungstagen gegeben werden wird. Mit einer weiteren Verschärfung der Jahresmittelwerte ist allerdings zu rechnen. Minderungsstrategien sind deshalb vor allem unter dem Aspekt des

- Wirkungspotentials, aber auch der
- Finanzier- und
- Realisierbarkeit

zu erstellen.

Im Focus der Maßnahmeplanung sollten deshalb umfassende Verkehrs- und stadtplanerische Konzepte wie

- die dauerhafte Verlagerung des Durchgangsverkehrs,
- eine dynamische Verkehrssteuerung und
- die Begrünung der Städte

stehen.

Eine **permanente Verlagerung des Durchgangsverkehrs** ist weit besser als Umweltzonen geeignet, bereits **kurzfristig** die Immissions-, aber auch die Lärmbelastung zu reduzieren.

Mit Hilfe einer **dynamischen Verkehrssteuerung** zur Verkehrsverflüssigung und Stauvermeidung lassen sich vor allem **mittelfristig** die Emissionen verringern.

Zusätzlich trägt eine **umfangreiche Stadt Begrünung**, die

- die Sonneneinstrahlung auf versiegelte Flächen reduziert,
- die Staubbildung durch größere Oberflächen und Speicherung der Feuchtigkeit erhöht und
- das Aufwirbeln von Staub verhindert

zu einer **langfristigen Verbesserung der Immissionsituation** bei.

Ein derart weitsichtiges, umweltpolitisch und wirtschaftlich kompatibles Maßnahmenpaket erhöht zugleich die

- Akzeptanz des Umweltgedankens
- Attraktivität der Städte und die
- Lebensqualität ihrer Bewohner.



## 9 Zusammenfassung

Die Notwendigkeit, einen Luftreinhalte-/Aktionsplan zu erstellen, ergab sich für die Stadt Ulm aus der **Nichteinhaltung der zulässigen Zahl von 35 Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Kernpunkt dieses Planes ist die dauerhafte Einrichtung einer Umweltzone mit dem Ziel, den Jahresmittelwert von PM10 unter der Annahme zu senken, dass dadurch auch die Überschreitungshäufigkeit sichtlich reduziert wird.

Der häufig publizierte Zusammenhang zwischen PM10-Jahresmittelwert und Anzahl von Überschreitungstagen besteht durchaus, dennoch variiert die für beide Indizes ausschlaggebende Werteverteilung von Jahr zu Jahr deutlich.

**Meteorologische Einflüsse verursachen die meisten Grenzwertüberschreitungen**, sind nicht singuläre Ereignisse wie Bauarbeiten, Silvesterfeuerwerk oder Ferntransport (Saharastaub) dafür verantwortlich.

An der städtischen Hintergrundstation Ulm gab es in den letzten 6 Jahren 121 **Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwertes**, d.h. im Mittel ca. 17 pro Jahr mit einer **Schwankungsbreite von  $\pm 50$  Prozent**.

Aber auch der **PM10-Jahresmittelwert** unterliegt der Meteorologie und bewegte sich bei nahezu gleichbleibenden Emissionen seit 1999 zwischen  $23$  und  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lag im Mittel bei  **$25 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10$  Prozent**.

Dem gegenüber stehen Publikationen, dass die **Einrichtung einer Umweltzone** eine **PM10-Minderung von höchstens 4 Prozent** bewirken kann.

Durch die am Fraunhofer IVI durchgeführten Berechnungen kann nachgewiesen werden, dass erst bei einer **PM10-Reduktion von ca. 25 Prozent** die Wahrscheinlichkeit signifikant zunimmt, die **Tagesgrenzwerte unter erschwerten meteorologischen Bedingungen einzuhalten**.

In einer parallel durchgeführten Untersuchung anhand eines PM10-Prognosemodells lässt sich zeigen, dass auch durch eine dauerhafte Emissionsminderung auf das Niveau eines europaweiten Samstages nur ganz wenige der Grenzwertüberschreitungen der Monate Januar bis März 2006 hätten vermieden werden können.

Dies bedeutet, dass Luftreinhaltepläne, die aufgrund meteorologischer Extremsituationen zu erstellen waren oder sind und allein der Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte dienen sollen, ihre prognostizierte positive Wirkung verfehlen werden.

Erst eine für Europa **dauerhaft verordnete Sonntagsruhe** würde zur **gewünschten PM10-Minderung** führen. Dabei legt man das Stadtleben so still, dass das Immissionsniveau beinahe dem Hintergrund entspricht. Auch dann treten PM10-Grenzwertüberschreitungen auf, die sich allerdings im gesetzlichen Rahmen bewegen würden.

## Literatur

- [1] Richtlinie 1999/30/EG DES RATES über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft vom 22. April 1999.
- [2] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Immissionswerte - 22. BImSchV vom 11. September 2002.
- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz, BImSchG) vom 26. September 2002.
- [4] Klingner, M.; Sähn, E.; Anke, Katja; Holst, T.; Rost, J.; Mayer, H.; Ahrens, D.: Reduktionspotenziale verkehrsbeschränkender Maßnahmen in Bezug zu meteorologisch bedingten Schwankungen der PM10- und NOx-Immissionen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Juli/August 2006, Springer-VDI-Verlag, S. 326-334.
- [5] Klingner, M.; Sähn, E.: Auswirkungen von ordnungsrechtlichen Verkehrsmaßnahmen auf die lokale Feinstaubbelastung unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung sowie meteorologischer Einflüsse. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, 12. Mai 2006.
- [6] Luftreinhalte- und Aktionspläne für Baden-Württemberg (Grundlagenband 2006), herausgegeben von der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz) Baden-Württemberg:  
<http://www.rpbwl.de/stuttgart/files/luft/lrp-lhs-glb06.pdf>
- [7] Maßnahmebetrachtungen zu PM10 im Zusammenhang mit Luftreinhalteplänen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart, Dezember 2004
- [8] Görgen, R.; Lambrecht, U.: Feinstaubbelastung. Immissionsschutz 1/2007, S. 4-11
- [9] Diegmann et al: Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickoxid. IVU/IFEU im Auftrag des Umweltbundesamtes, August 2006
- [10] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg:  
[http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/langzeit/history\\_data/hstatDDEBW019PM10JMW.htm](http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/langzeit/history_data/hstatDDEBW019PM10JMW.htm)
- [11] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg:  
[http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/langzeit/history\\_data/hstatDDEBW019PM10JUeb.htm](http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/langzeit/history_data/hstatDDEBW019PM10JUeb.htm)
- [12] Holst, J.; Mayer, H.; Holst, T.: Auswirkungen meteorologischer Austauschbedingungen auf PM10-Tageswerte. METTOOLS<sup>VI</sup>, Garmisch-Partenkirchen, 24.-26. April 2007.

## Anhang

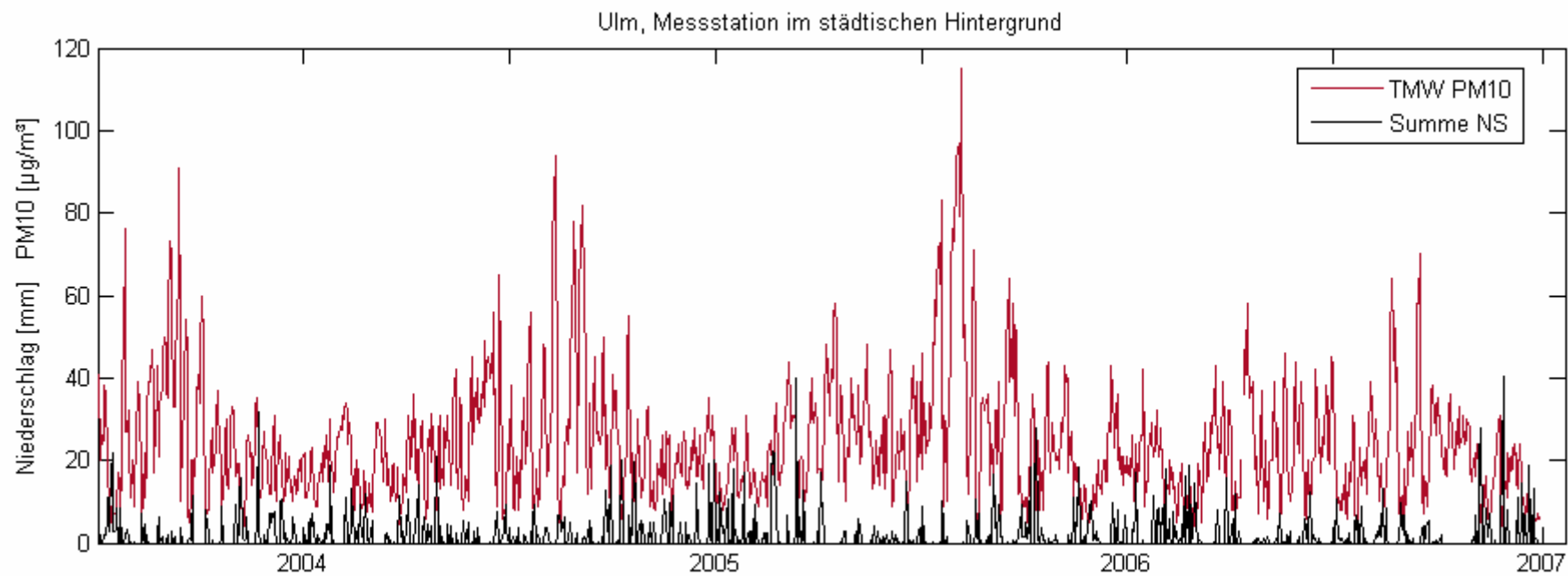


Abbildung 1: PM10-Verlauf an der Hintergrundstation Ulm 2004 bis 2007

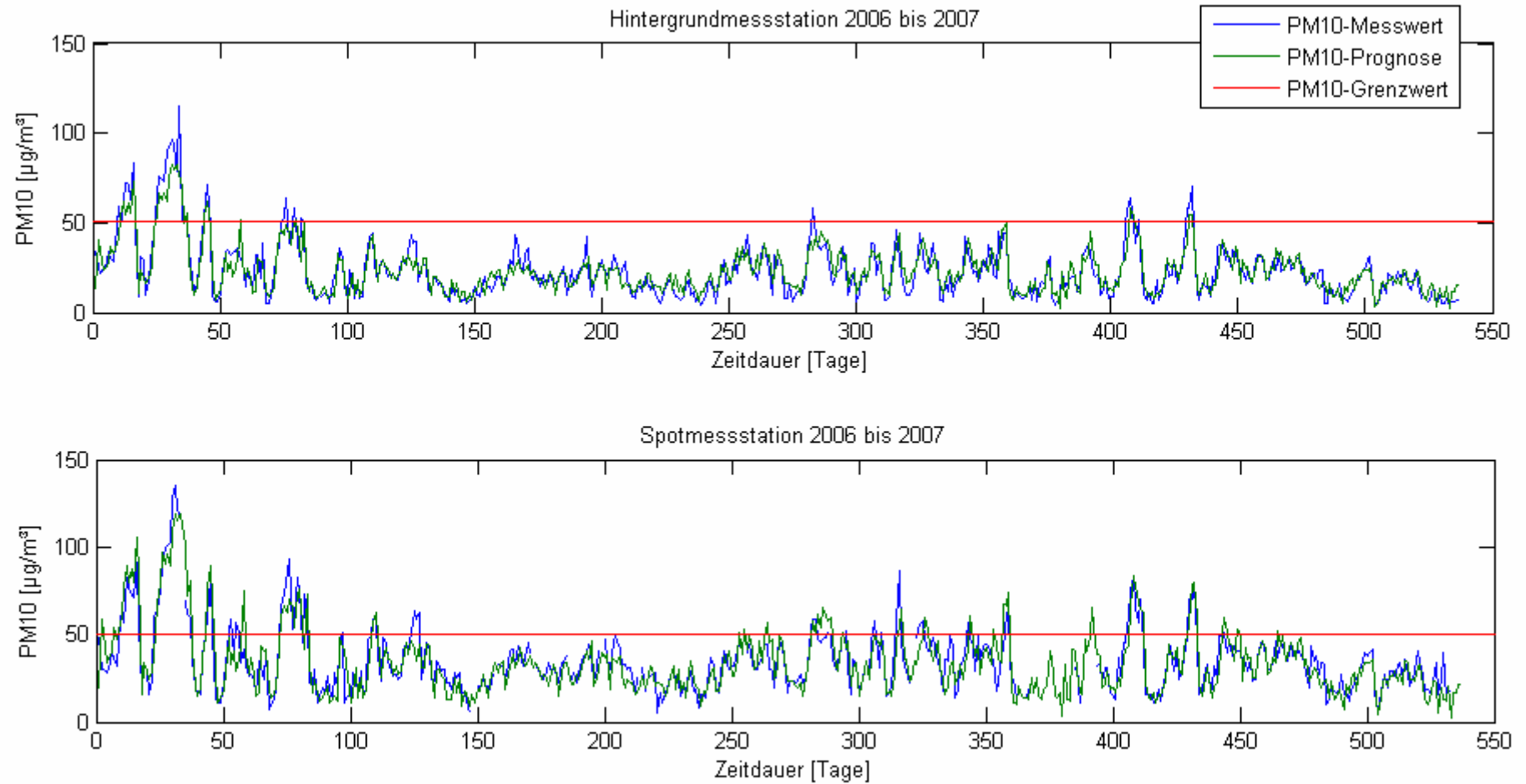
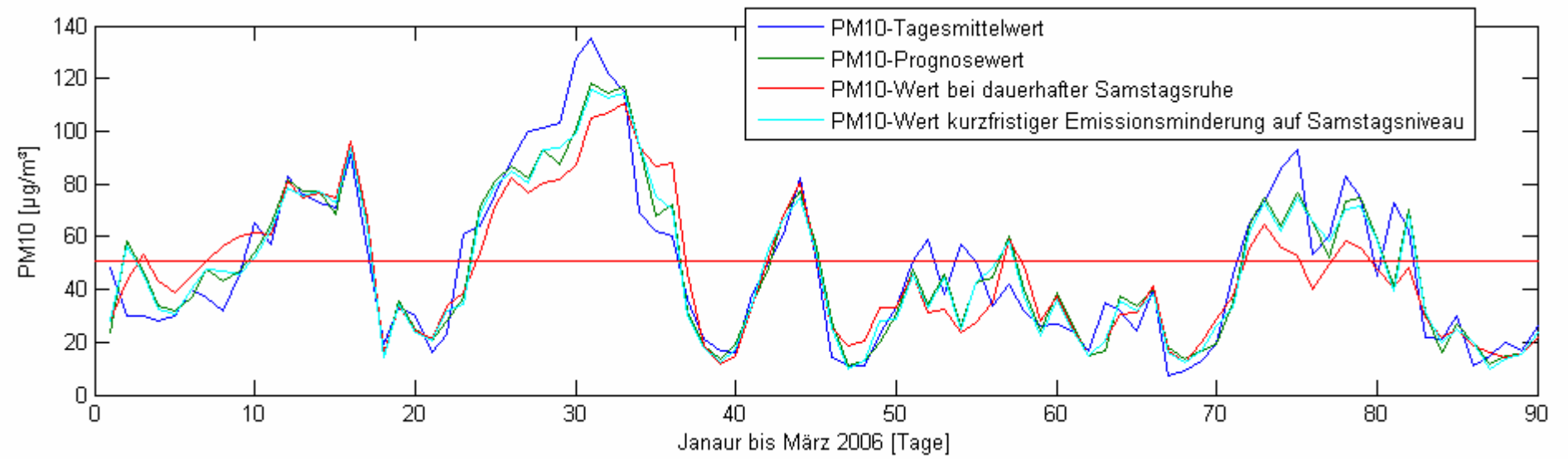


Abbildung 2: Gegenüberstellung PM10-Prognose - Messdaten



Möglichkeiten und Grenzen verkehrsbeschränkender Maßnahmen zur Einhaltung der zulässigen PM10-Tagesgrenzwerte in der Stadt Ulm

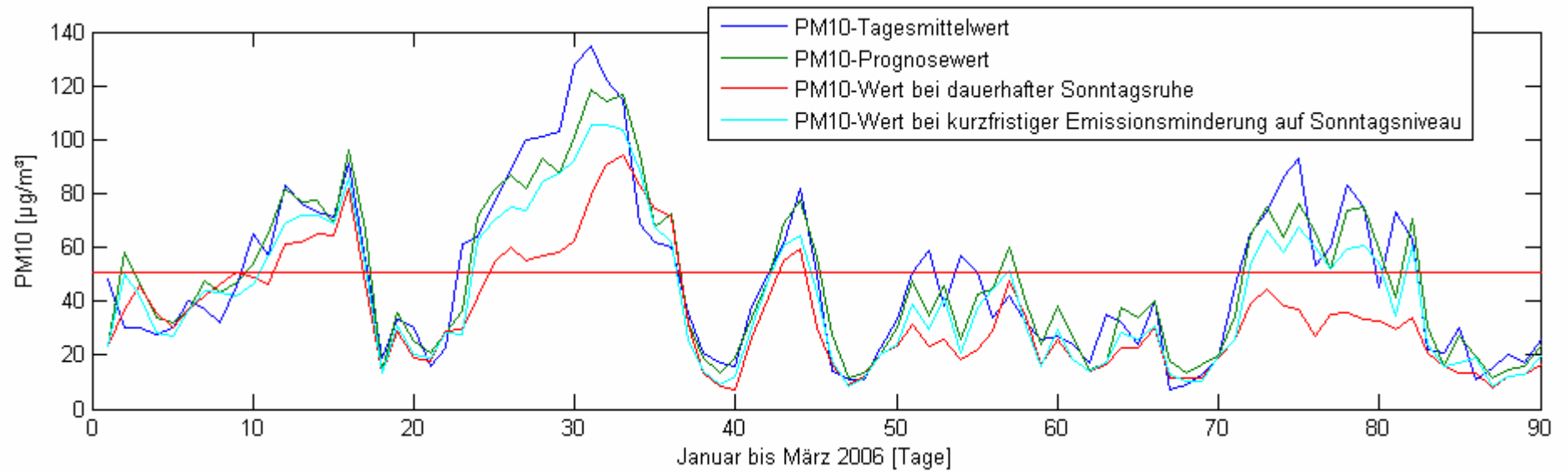


Abbildung 3: Tatsächlicher und prognostizierter Verlauf der PM10-Konzentration an der Spotmesstation in den Wintermonaten 2006