



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 (NO₂) 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/m³, 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 NO₂ 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 Schadstoffemissionen¹ auf Art und Umfang der verschiedensten Emittenten, die natürlichen und anthropogenen Ursprungs sein können, zurückzuführen sind, werden die gemessenen Schadstoffimmissionen² 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).

lat.: emittere, aussenden, an die Umwelt abgegebene Schadstoffmenge

lat.: immittere, 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.

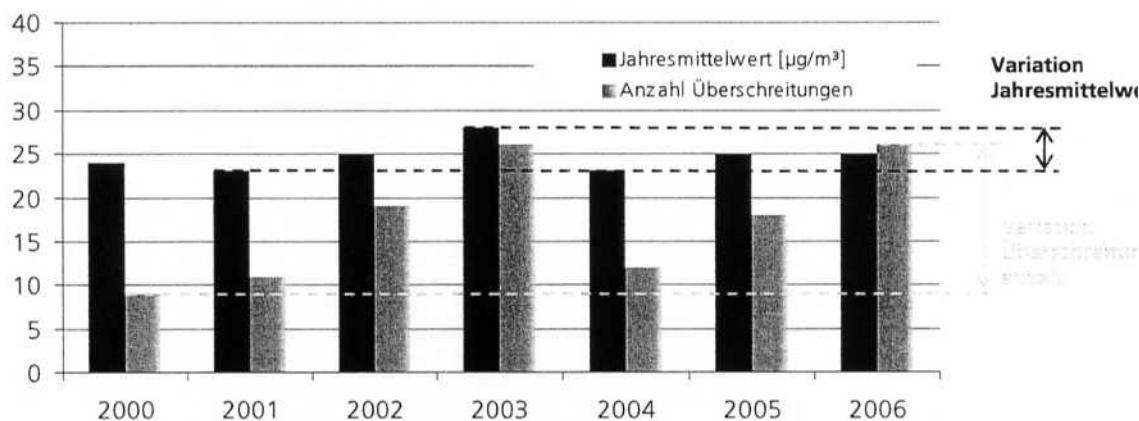


Bild 1: PM10-Jahresmittelwert und Anzahl Grenzwertüberschreitungen in Ulm, Böblingerstraße

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.

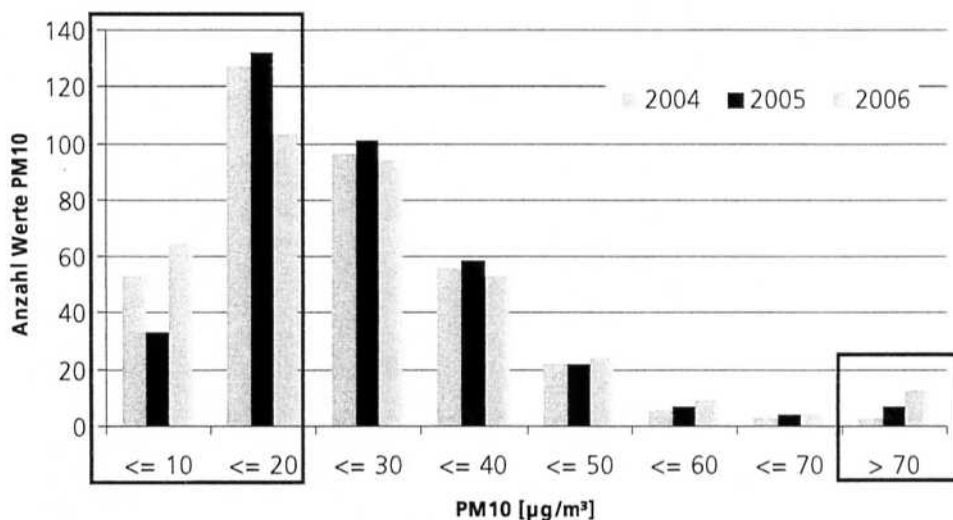


Bild 2: Verteilung der PM10-Tagesmittelwerte in Ulm, Böblingerstraße

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 **± 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 Spotmessstation 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 Spotmessstation 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).

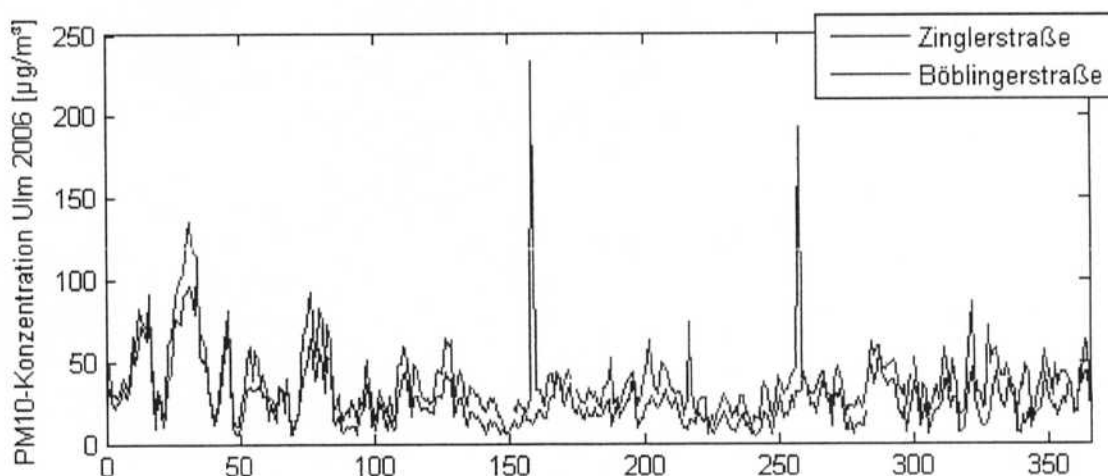


Bild 4: PM10-Ganglinien der Ulmer Messstationen (2006)

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
PM10-GWÜ		
2006	26	60
PM10-GWÜ		
2. HJ06/1. HJ07	8	26

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

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

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.

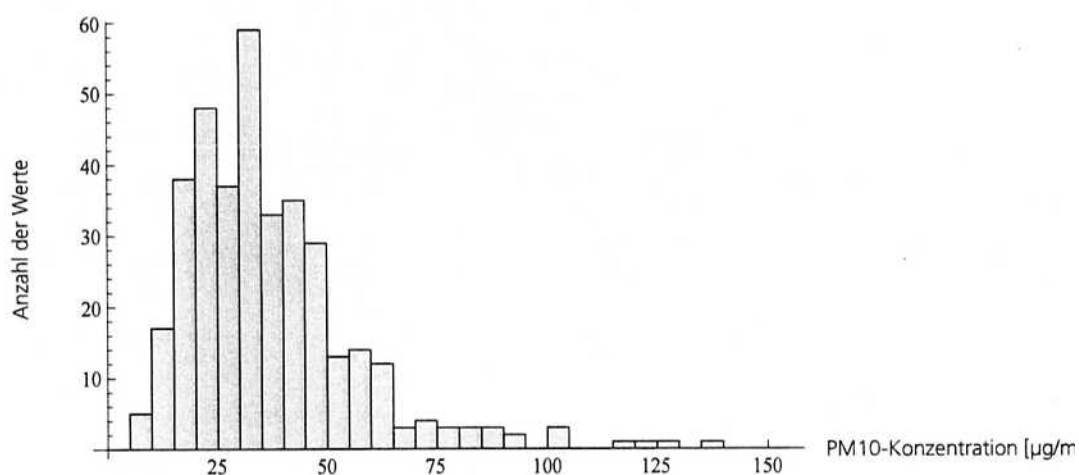


Bild 6: PM10-Histogramm 2006, Zinglerstraße

