

**Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer
Karlsruhe und Dresden**

Strömungsmechanik
Immissionsschutz
Windkanaluntersuchungen

An der Roßweid 3
76229 Karlsruhe

Telefon: 0721 / 6 25 10 - 0

Telefax: 0721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

USt-IdNr.: DE 143545044

**QUANTIFIZIERUNG DER
PM10-EMISSIONEN DURCH STAUB-
AUFWIRBELUNG UND ABRIEB VON
STRASSEN AUF BASIS VORHANDENER
MESSDATEN**

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Dr. rer. nat. I. Düring

Dr.-Ing. W. Bächlin

Dr.-Ing. A. Lohmeyer

unter Mitarbeit von
UMEG, Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-
Württemberg, Karlsruhe und
IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg

Februar 2003
Projekt 1772

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUFGABENSTELLUNG	9
3	VORGEHENSWEISE	10
4	DATENGRUNDLAGEN	12
4.1	Immissionen und Verkehr	12
4.2	Emissionsbestimmung (IFEU).....	12
4.2.1	Ermittlung der Fahrleistung für Pkw und Lkw in den ausgewählten Straßen.....	13
4.2.2	Zuordnung der EWS-Typen zu den Straßen	13
4.2.3	Zuordnung der Verkehrssituationen	14
4.2.4	Kriterien für die Auswahl der Straßen auf Basis der Daten für die Emissionsbestimmung (Rangliste 1)	14
4.3	Begehungen	15
4.4	Kriterien für die Auswahl der Straßen auf Basis der Begehungen und der vorliegenden Immissionsdaten (Rangliste 2)	15
5	CHARAKTERISIERUNG DES STRASSENZUSTANDES IM SINNE DER PM10- EMISSIONSMODELLIERUNG	17
5.1	Allgemeines	17
5.2	Parameter für die Beschreibung des Straßenzustandes im Sinne der PM10- Emissionsmodellierung	17
5.3	Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen	18
5.4	Zustandserfassung und -bewertung der anliegenden Gehwege und Parkflächen.....	23
5.5	Bestimmung der Straßenzustandklasse für modifizierte EPA-Formel.....	23
5.6	Aufzunehmende Parameter für die Straßen anhand von Begehungen.....	24
6	ERGEBNISSE	26
6.1	Straßenzustand.....	26

6.1.1	Schadenswertklassen der Fahrbahnen	26
6.1.2	Material der Fahrbahnen	27
6.1.3	Gehwege/Parkflächen	27
6.1.4	Straßenzustandsklasse	28
6.2	PM10-Immissionen	28
6.3	PM10-Emissionsfaktoren	31
6.3.1	Vorgehensweise	31
6.3.2	Spektrum der Emissionsfaktoren.....	33
7	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	34
7.1	Vergleich Ergebnisse aus Messungen mit Rechenwerten Emissionsmodell	34
7.2	Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von den Straßeneigenschaften	36
7.3	Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von den LKW-Anteilen	40
7.4	Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von Tempolimits.....	40
7.5	Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von weiteren lokalen Gegebenheiten..	42
7.6	Fazit	42
8	FEHLERDISKUSSION	45
9	LITERATUR	50
A N H A N G A1:	FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ALLGEMEINEN STRASSENDATEN.....	52
A N H A N G A2:	FORMULARE ZUR VISUELLEN ZUSTANDSERFASSUNG VON STRASSEN	54
A N H A N G A3:	FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ZUSÄTZLICHEN STRASSENDATEN.....	58
A N H A N G A4:	SCHEMA FÜR DIE FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION.....	60
A N H A N G A5:	ERGEBNISSE DER RECHERCHE DER UMEG	62

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft.

Fahrmuster / Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten der Kfz ab, die sich in unterschiedlichen Betriebszuständen wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. befinden. Das typische Fahrverhalten der Kfz kann zu so genannten Fahrmustern zusammengefasst werden. Durch Messungen wurden vom TÜV Rheinland die Emissionen für Straßen außerhalb bzw. innerhalb von Ortschaften für 10 typische Fahrmuster bestimmt. Vom Umweltbundesamt wurden darüber hinaus so genannte Verkehrssituationen definiert (als Kombination von Fahrmustern) und dafür die Emissionen gegeben. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert.

Kantenschäden

Zustandsmerkmal von Zementbetonfahrbahnen: Feine bis klaffende Brüche oder Zerstörungen im Bereich der Kanten von Betonfahrbahnplatten, die breiter als 3 cm sind. Aus FGSV (2001).

Längs- und Querrisse

Zustandsmerkmal von Zementbetonfahrbahnen: Feine bis klaffende offene oder vergossene Brüche in Betonplatten, die nicht in Plattenecken oder an Plattenrändern auftreten. Aus FGSV (2001).

Netzrisse und Risshäufungen

Zustandsmerkmal von Asphaltfahrbahnen: Häufung von Rissen, die netzartig miteinander verbunden sein können, wobei die Maschenweite des Netzes sehr unterschiedlich sein kann. Aus FGSV (2001).

Oberflächenschäden

Erkennbare Schäden an der Verkehrsfläche (Riss, Loch, Flickstelle, Ausmagerung usw.) Aus FGSV (2001).

PM10

Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

Schadenswert einer Gehweg- oder Parkfläche

Er kann die Werte 1 (sehr guter Zustand), 2 oder 3 (sehr schlechter Zustand) annehmen. Siehe Abschnitt 5.4.

Schadenswertklasse

Ganzzahliger Wert zwischen 1 und 8. Ist eine einfache Zuordnung des Schadenwertes TWRIO einer Fahrbahnoberfläche zu einer Klasse. Siehe **Tab. 5.2**. Schadenswertklasse 1 bedeutet sehr gut, 8 bedeutet sehr schlecht. Aus FGSV (2001).

Schadenswert TWRIO

Zahlenwert für eine Fahrbahnoberfläche, zusammenfassend berechnet aus den einzelnen Zustandswerten dieser Fahrbahnoberfläche. Siehe **Abb. 5.2** und **Tab. 5.1**. Er kann Werte zwischen 1 und 5 annehmen. Aus FGSV (2001).

Straßenzustand

Zusammenfassender Zahlenwert, gebildet aus der Schadenswertklasse der Fahrbahnoberfläche, dem Schadenswert der Gehweg/Parkflächen und dem Material der Fahrbahnoberfläche. Siehe **Tab. 5.3**.

Straßenzustandsklasse

Parameter, gebraucht für Anwendung des modifizierten EPA-Modells. Dort wird unterschieden zwischen 2 Klassen: gut oder schlecht. Ist im vorliegenden Projekt definiert als gut, wenn Zahlenwert für Straßenzustand < 3.5, sonst schlecht. Siehe **Tab. 5.3**.

Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Vorbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz - bei Anwendung von MLuS 02: auf der zu beurteilenden Straße - hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Vorbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m³ oder mg/m³ angegeben.

Zustandsgrößen

Dienen der Quantifizierung der Zustandsmerkmale einer Fahrbahnoberfläche, z.B. prozentualer Anteil der Oberfläche der Fahrbahn mit Rissen, Rissbreite in mm etc. Aus FGSV (2001).

Zustandsmerkmal

Parameter einer Fahrbahnoberfläche zur Beschreibung der Schäden, z.B. Risse, Abplatzungen, Flickstellen etc. Aus FGSV (2001).

Zustandswerte

Dimensionslose Noten zur Beurteilung einer Fahrbahnoberfläche. Sie werden errechnet aus den Zustandsgrößen. Es gibt Zustandswerte für Griffigkeit, Unebenheiten, Längsquerrisse, Abplatzungen etc. Aus FGSV (2001).

1 ZUSAMMENFASSUNG

Veranlassung:

Mit der Novellierung vom 11.09.2002 enthält die 22. BImSchV nun auch PM10-Immissionsgrenzwerte. Im Luftmessnetz des Landes Baden-Württemberg werden die höchsten PM10-Immissionen an den Verkehrsmessstationen festgestellt. Derzeit herrscht Mangel an Wissen über die Qualität, Quantität und Herkunft der Emissionen, die für diese Immissionen verantwortlich sind und wie diese gemindert werden können. Verfügbar zur Emissionsberechnung für den Straßenverkehr ist ein Modell, welches basiert auf einem Regressionsmodell der US-amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA), welches aufgespalten wurde in auspuff- und nicht auspuffbedingte Emissionen, dessen Parameter anhand der wenigen Ende 2000 verfügbaren Daten auf die Verhältnisse in Deutschland gefittet wurden und in das der Parameter „jährliche Anzahl der Regentage“ eingefügt wurde. Es arbeitet aber nachweislich unbefriedigend, vermutlich weil es wichtige Parameter nicht berücksichtigt. Zur Verbesserung der Emissionsmodellierung fehlen derzeit zweierlei Arten von Information und zwar

- a) Detailinformation an einer Straße auf Basis von Messungen, welche die Daten stündlich (nicht nur als Tagesmittelwerte) erfassen, gleichzeitig luv- und leeseitig der Straße stattfinden und alle sonstigen Parameter wie Wind, Regen, Feuchtigkeit, Verkehr, Inhaltsstoffe der PM10-Zusatzbelastung, des Straßenmaterials etc. dokumentieren. Mit diesen Daten ist es dann möglich, im Detail zu erkunden, was an dieser Straße passiert. Zusätzlich dazu braucht man aber auch
- b) Information an den vielen in Deutschland existierenden Straßen, denn der Einfluss von Parametern wie Material der Straßenoberfläche, Zustand der Straßenoberfläche, Einfluss von Geschwindigkeitsbegrenzungen etc. kann nur durch die Betrachtung vieler Straßen erkannt werden.

Ziel des vorliegenden, zur Kategorie b gehörenden Projektes war es, ohne zusätzliche Messungen die bereits vorliegenden Messdaten an deutschen Verkehrsmessstationen zu verwenden, die dortigen PM10-Emissionen zu bestimmen, emissionsrelevante Parameter zu isolieren, Emissionsfaktoren zu quantifizieren und die Grundlagen für die Emissionsmodellierung für Abrieb und Aufwirbelung zu verbessern.

Vorgehensweise:

Die Untersuchungen wurden durch das Ingenieurbüro Lohmeyer (Koordinator), das IFEU Heidelberg und die UMEG Karlsruhe durchgeführt. Als Basis der Untersuchungen dienten zugängliche verkehrsnaher PM10- und NO_x-Immissionsmesswerte (Jahresmittel) aus den

Luftmessnetzen der Länder zusammen mit den jeweiligen verkehrlichen Informationen (DTV, LKW-Anteil, Tempolimit etc.). Anhand von Begehungen wurden die örtlichen Situationen, die Materialien und die Beschaffenheiten der Fahrbahnoberflächen und Gehwegbereiche sowie anderweitige Besonderheiten erfasst. Von den nach Befragungen der zuständigen Landesbehörden zugearbeiteten Informationen über 47 Messstellen wurden nach einer ersten Vorwertung die Daten von 36 Messstellen einer weiterführenden Qualitätseinschätzung unterzogen. Für 31 Messstellen wurden Begehungen durchgeführt. Nach Abschluss der Begehungen und abschließenden Qualitätseinschätzungen verblieben noch 16 Datensätze, die detailliert ausgewertet und systematisiert wurden. Davon waren 3 an Autobahnen. Die starke Einschränkung des Datenkollektives war im wesentlichen von der Datenqualität und Verfügbarkeit (insbesondere Verkehrsdaten und PM10-Vorbelastungen) geprägt aber auch dadurch, dass sich eine Vielzahl von Stationen im unmittelbaren Kreuzungsbereich stark befahrener Straßen befinden, für welche die Emissionsberechnung im hier notwendigen Sinne nicht möglich war. Die Bestimmung der gesuchten PM10-Emissionsfaktoren erfolgte mittels der berechneten NO_x-Emissionen und des gemessenen Verhältnisses von PM10- zu NO_x-Zusatzbelastung (Methode NO_x als Tracer, s. Kapitel 3).

Ergebnisse:

Da für das Projekt keine zusätzlichen Messdaten erhoben werden, sondern nur bereits vorliegende Daten verwendet wurden, muss die Fehlerbandbreite der Aussagen des vorliegenden Projektes größer sein als bei Forschungsprojekten zu einzelnen Straßen. Dieses vorausgestellt konnte festgestellt werden:

- 1) Die ermittelten PM10-Gesamtemissionsfaktoren (auspuff- plus nicht auspuffbedingte Emissionen) liegen an den untersuchten Straßen bis zu sechsmal höher als die Auspuffemissionsfaktoren. Dies zeigt die hohe Relevanz des Abriebs- und Aufwirbelungsanteils, eine Relevanz die bisher schon diskutiert wurde, an der aber selbst in jüngster Vergangenheit einige Forschergruppen Zweifel artikulierten.
- 2) Das modifizierte EPA-Modell überschätzt die nicht auspuffbedingten Emissionen vor allem im Bereich kleiner Emissionsfaktoren (bis 0.15 g/km). Vor allem hohe Emissionsfaktoren (0.15 g/km bis zum höchsten hier gefundenen Wert von 0.37 g/km) scheinen vom Emissionsmodell jedoch eher unterschätzt zu werden. Die Anzahl der hier untersuchten Straßen ist zu gering um letzteres mit Sicherheit aussagen zu können.
- 3) Die Streubreiten der Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Emissionsfaktoren liegen im Rahmen der bisherigen Annahmen (ca. 50 % der Abweichungen innerhalb Faktor 2, ca. 80 % innerhalb eines Faktors 3).

- 4) In der Abweichung zwischen berechneten und beobachteten Emissionsfaktoren zeigt sich eine deutliche Systematik, die Hinweise für eine Methodik zur Modifikation des PM10-Emissionsmodells gibt.
- 5) Erstmals für Deutschland konnten im vorliegenden Projekt für Autobahnabschnitte Emissionsfaktoren ermittelt werden. Sie zeigen für Kenzingen und Holzhausen relativ zum mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Wert von 0.35 bis 0.37 g/km niedrige Werte von ca. 0.06 g/km. Für den Lerchpfad in Berlin zeigt sich mit 0.24 g/km (Rechenwert 0.17 g/km) in der Tendenz ein höherer Emissionsfaktor als in Kenzingen und Holzhausen, allerdings bei einer deutlich größeren Unsicherheit in der Emissionsbestimmung. Der Grund für die niedrigen Werte in Holzhausen/Kenzingen und die hohen Werte des Lerchpfades ist unklar.
- 6) Der Einfluss des LKW-Anteils auf die PM10-Emissionsfaktoren konnte aufgezeigt werden. Mit zunehmendem LKW-Anteil steigen im allgemeinen die Emissionen. Allerdings kann der funktionale Zusammenhang nur unzureichend beschrieben werden, da die Datenstreuung bei den Straßen mit hohem LKW-Anteil sehr groß war.
- 7) In einer der Straßen (Stresemannstraße, Hamburg) gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h. Die mit der Tracer-Methode berechneten PM10-Emissionsfaktoren liegen dort deutlich niedriger als die an allen anderen Straßen ermittelten Werte und auch niedriger als mit dem modifizierten EPA-Modell errechnet. Grund dafür könnte einerseits die Unsicherheit der Auspuffemissionsfaktoren sein, denn es wurden hilfsweise Auspuff-Emissionsfaktoren für 50 km/h verwendet, da in TREMOD keine Emissionsfaktoren für 30 km/h vorliegen. Andererseits könnte hier ein weiterer Hinweis auf die Notwendigkeit vorliegen, die Fahrzeuggeschwindigkeit in das Emissionsberechnungsmodell für Aufwirbelung/Abrieb einzubeziehen.
- 8) Für eine möglichst objektive Quantifizierung der Zustände der Fahrbahnoberflächen der Straßen wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes eine Methodik entwickelt, die auf den „Arbeitspapieren zur Systematisierung der Straßenerhaltung“ der FGSV basiert. Diese Methodik wurde auf die vorgefundenen Straßenzustände angewendet. Ein Einfluss des Straßenzustandes auf die PM10-Emission konnte dabei aber weder bestätigt noch widerlegt werden, da zu wenig Messpunkte vorhanden und die Streuungen in den Fahrbahneigenschaften zu gering waren. Insbesondere war keine Straße mit „schlechtem“ Fahrbahnzustand in der Auswertung enthalten. Die Straßen mit den schlechtesten Fahrbahnzuständen zeigten aber im wesentlichen die höchsten PM10-Emissionsfaktoren.

9) Nichts herausgefunden werden konnte über

- Einfluss der Regenhäufigkeit, da die Variationen in den Regenhäufigkeiten zu gering waren.
- Einfluss der Fahrbahnmaterialien, da alle betrachteten Straßen einen Asphaltbelag hatten.

Im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen (Kapitel 8) wurde festgestellt, dass insbesondere die genaue Bestimmung der PM10-Vorbelastung eine grundlegende Voraussetzung für die Ableitung belastbarer Emissionsfaktoren mit der hier verwendeten Methodik darstellt.

Konsequenzen aus dem Untersuchungsergebnis für die praxiserichtete Nutzenanwendung

1. Bei PM10 Emissions- und Immissionsberechnungen für Straßen ist zusätzlich zum auspuffbedingten Anteil ein nicht auspuffbedingter Anteil zu berücksichtigen. Dieser kann in vielen Fällen höher sein als der auspuffbedingte Anteil.
2. Das modifizierte EPA-Modell (Lohmeyer et al., 2001) erscheint vor allem im Bereich hoher Emissionsfaktoren (auf Basis der wenigen hier vorliegenden Daten) realistisch, bei niedrigen Emissionsfaktoren scheint es jedoch deutlich zu überschätzen.
3. Bisher durchgeführte Immissionsprognosen, welche PM10-Grenzwertüberschreitungen aufgrund hoher PM10-Emissionsfaktoren, also aufgrund hohen LKW-Anteils vorhersagten, scheinen daher realistisch zu sein. Überschätzungen der PM10-Immissionen scheinen bei der jetzigen Emissionsmodellierung eher dann vorzuliegen, wenn die Emissionsfaktoren klein, also die prognostizierten Immissionen eher gering sind.
4. Es muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass PM10 Emissions- und Immissionsprognosen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Bei ca. 50 % der Straßen ist bei den Emissionen mit Abweichungen innerhalb eines Faktors 2 zu rechnen, bei ca. 80 % innerhalb eines Faktors 3.

An die Untersuchung zweckmäßig anschließende Fragestellungen weiterer Untersuchungen und Vorgehensweisen

1. Datenbasis an einigen interessanten Straßen verbessern, so dass diese in die Auswertung aufgenommen werden können. Beispiel Corneliusstraße (Düsseldorf). Ist interessant wegen dort gemessener Grenzwertüberschreitungen und wegen der kürzlich erneuerten Fahrbahnoberfläche. Vorschlag: PM10-Vorbelastung ermitteln lassen und Daten in vorliegende Auswertung einbeziehen.

2. Straßen mit außergewöhnlich hohen nicht auspuffbedingten PM10-Emissionen (z.B. Triebseer Damm (Stralsund), Lerchpfad (Berlin), Am Pferdemarkt (Neubrandenburg)) oder mit außergewöhnlich niedrigen Emissionen z.B. in der Stresemannstraße (Hamburg) oder dem Westring (Kiel) näher betrachten. Dort Datenbasis verbessern, prüfen ob die außergewöhnlichen Verhältnisse dort tatsächlich auftreten und im Sinne des Erkundens emissionsmindernder Maßnahmen herausfinden, warum dort diese Verhältnisse auftreten.
3. Tempolimit in Stresemannstraße (Hamburg) scheint dort zu niedrigen Emissionsfaktoren zu führen, diese konnte jedoch mit der im vorliegenden Projekt angewendeten Tracer-Methode nicht näher untersucht werden, außerdem ist dort die Datenlage für die Vorbelastung unsicher. Vorschlag: Informationsbasis für diese Straße verstärken und erkunden, inwieweit Tempolimit ein mögliches planerisches Mittel zur Minderung der PM10-Emissionsfaktoren darstellt.
4. An den Autobahnabschnitten Kenzingen und Holzhausen wurden sehr niedrige PM10-Emissionsfaktoren bestimmt, an der Autobahn Lerchpfad (Berlin) dagegen sehr hohe Werte, allerdings bei einer unsicheren Vorbelastung. Vorschlag: Vorbelastungsinformation am Lerchpfad verbessern. Dieser Diskrepanz nachgehen. Klären warum an einigen Autobahnabschnitten hohe Emissionen, an anderen niedrige auftreten. Dazu Ergebnisse der Messungen an der B 10 (Karlsruhe) abwarten.
5. Derzeit benutztes modifiziertes EPA-Emissionsmodell verbessern auf Basis der Daten aus vorliegendem Projekt, den Ergebnissen der Messungen des Zentrums für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg (UMEG) Karlsruhe an der B 10 in Karlsruhe, den Ergebnissen derzeit im Abschluss befindlicher Arbeiten der Niedersächsischen Landesanstalt für Ökologie (NLÖ) in Hannover für die Göttinger Straße und anderer derzeit laufender PM10-Projekte. Geprüft werden könnte die Einführung der Parameter Fahrmuster/Geschwindigkeitsbegrenzung, Material und Zustand der Straßenoberfläche, Längsneigung der Fahrbahn sowie eine Verbesserung der Erfassung des Einflusses von Regen und eine Modifikation des Einflusses des LKW-Anteils.

2 AUFGABENSTELLUNG

Mit der Novellierung vom 11.09.2002 enthält die 22. BImSchV nun auch PM10-Immissionsgrenzwerte. Im Luftmessnetz des Landes Baden-Württemberg werden die höchsten PM10-Immissionen an den Verkehrsmessstationen festgestellt. Die gemessenen Feinstäube (PM10) setzen sich aus primären und sekundären Partikeln zusammen. Die primären Partikel werden direkt emittiert infolge Abgas aus dem Auspuff, Fahrzeugabrieb v.a. am Reifen und Bremsen, Straßenabrieb und Staubaufwirbelung. Der Anteil der Emissionen des Verkehrs an den dortigen Immissionen ist hoch. Während andere verkehrsrelevante Emissionen, wie Benzol und Ruß, schon abgenommen haben und in Zukunft wegen strengerer Abgasgrenzwerte und besserer Kraftstoffqualitäten noch weiter abnehmen werden, ist bei den PM10-Immissionen damit nicht im selben Maße zu rechnen, weil zwar die auspuffbedingte PM10-Emissionen absinken wird, aber offenbar ein Großteil der PM10-Emissionen einer Straße durch Straßenabrieb und Aufwirbelung von Staub verursacht und durch die Abgasgesetzgebung nicht gemindert wird.

Das mangelnde Wissen über die Qualität, Quantität und Herkunft dieser Emissionen hat sich als gravierender Mangel bei der Erstellung von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVPs) erwiesen, ebenso bei Meldungen an die EU und bei Analysen von Maßnahmen gegen die festgestellten PM10-Grenzwertüberschreitungen. Eine von Lohmeyer et al. (2001) durchgeführte detaillierte Suche nach Modellen, welche die PM10-Emissionen befriedigend beschreiben und eine Analyse von Minderungsmaßnahmen ermöglichen, ist ergebnislos geblieben. Gefunden wurde lediglich ein einfaches Regressionsmodell der US-EPA, welches in vorangegangenen Studien (Lohmeyer et al., 2001) auf Basis der wenigen damals vorhandenen Daten für die Anwendung in Deutschland modifiziert wurde durch

- Abspaltung der auspuffbedingten Emissionen (um das deutsche Handbuch für Emissionsfaktoren einsetzen zu können)
- Anpassung einiger der Parameter an die im Jahr 2000 bekannten Messwerte in Deutschland sowie
- Erweiterung des Modells um den Parameter „jährliche Anzahl der Regentage“.

Dieses modifizierte EPA-Modell kann jedoch - wie auch die vorliegende Studie zeigt – nicht befriedigen.

Ziel des vorliegenden Projektes war deshalb der Versuch, emissionsrelevante Parameter zu isolieren, Emissionsfaktoren zu quantifizieren und dadurch die Grundlagen für die Modellierung von Abrieb und Aufwirbelung zu verbessern.

3 VORGEHENSWEISE

Folgende Arbeitsschritte wurden im Detail durchgeführt:

- a) Beschaffung und Analyse in Deutschland zugänglicher verkehrsnaher PM10- und NO_x-Immissionsmesswerte (Jahresmittel) aus den Luftmessnetzen der Länder und aus bekannt gewordenen Sondermessprogrammen. Beschaffung der für eine Ursachenanalyse an diesen Stellen erforderlichen weiteren zugänglichen Daten wie PM10- und NO_x-Immissionen an den Hintergrundmessstellen, meteorologische Daten wie Wind, Niederschlag und Feuchte etc. Erkundung, ob die Emissionen umliegender Quellgruppen (Industrie, Gewerbe, Hausbrand, aber nicht Verkehr) höher liegen als gewöhnlich der Gebietsnutzung entsprechend und ob an diesen Messstellen zusätzliche relevante Daten vorliegen.
- b) Beschaffung der vorhandenen relevanten verkehrlichen Daten auf den Straßen (Verkehrsaufkommen, LKW-Anteil, Verkehrssituationen etc.) an denen die Immissionen analysiert werden sollen. Falls diese Daten nicht vorlagen wurden Expertenschätzungen durchgeführt. Auf der Basis dieser Daten erfolgte dann die Ermittlung der Abgasemissionen des Verkehrs (NO_x und Partikel aus Auspuff) mit TREMOD (2002).
- c) Durchführung von Begehungen, damit Beschaffung sonstiger Daten wie Material der Straßenoberfläche, Zustand der Straße und anliegender Gehwege, Abstand zur nächsten Kreuzung etc.
- d) Analyse der vorhandenen Datensätze, Auswertung und Ableitung erster Emissionsfaktoren, dazu:
 - Durchführung der PM10-Emissionsbestimmungen mit NO_x als Tracer. Rückschluss auf die lokale Verdünnung aus dem Verhältnis der Emission von NO_x (Berechnung mit TREMOD) zu der Zusatzbelastung von NO_x (Messwerte) und daraus Abschätzung der PM10-Gesamtemissionen der Straße. Die Subtraktion der Emissionen aus dem Auspuff von den PM10-Gesamtemissionen ergab dann die gesuchte Emission infolge Straßenabrieb, Fahrzeugabrieb und Staubaufwirbelung. Die Division durch das Verkehrsaufkommen lieferte den gesuchten lokalen Emissionsfaktor.
 - Vergleich dieser Emissionsfaktoren mit Rechenwerten nach dem modifizierten EPA-Modell.

- Identifizierung relevanter Parameter für die Emissionsfaktoren durch Vergleich mehrerer Emissionssituationen. Dabei vor allem Analyse des Einflusses vom Zustand der Straßenoberfläche der Gehwege und angrenzender Parkflächen, der Fahrgeschwindigkeit, der Art der Straße (Autobahn/sonstige Straße) und dem LKW-Anteil auf die Emissionsfaktoren.

e) Systematisierung der Ergebnisse, Erstellung einer Gesamtschau der Ergebnisse einschließlich der Identifizierung der Schwachpunkte.

Dieser Arbeitsprogramm wurde koordiniert vom Ingenieurbüro Lohmeyer (LOH), Karlsruhe und bearbeitet zusammen mit den zwei Partnern IFEU, Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, zuständig für Detailerhebungen Verkehr und auspuffbedingte Emissionsbestimmung und UMEG, Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit, Karlsruhe, zuständig für Datensammlung Immissionen und Vorerhebungen begleitender Parameter.

4 DATENGRUNDLAGEN

4.1 Immissionen und Verkehr

Die Datengrundlagen in Form der PM10- und die NO_x-Immissionswerte lieferte die UMEG, Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit, Karlsruhe. Dabei wurden bei den zuständigen Fachbehörden der Bundesländer neben den Immissionsdaten auch Daten zur Charakterisierung der Straße angefragt. Der Fragebogen auf dessen Basis die Fachbehörden befragt wurden, ist in Anhang A1 aufgezeigt. In eine erste Datensammlung (Anhang A5) konnten als Reaktion auf diese Anfragen für 47 Messstellen Werte aufgenommen werden. Diese Daten wurden einer ersten Sichtung auf Vollständigkeit der Informationen, Relevanz der Messstellen (im Sinne von sehr hoch, mittel oder niedrig belastet) und einer Plausibilisierung unterzogen. Als Resultat dieser Vorauswertung wurden 13 Datensätze wegen Mängeln verworfen, damit reduzierte sich der Datenbestand auf 34 Datensätze (**Tab. 4.1**), die zusammen mit ihren verkehrlichen Charakterisierungen im Abschnitt 4.2 des vorliegenden Berichtes aufgezeigt werden. Diese Datensätze wurden dann auf Basis der Begehungen (Abschnitt 4.3) noch weiteren Qualitätseinschätzungen unterzogen.

4.2 Emissionsbestimmung (IFEU)

Auf der Basis des Emissionsmodells TREMOD (2002) unter Einbezug eines von IFEU entwickelten Staumodells wurden die Emissionen berechnet. Dazu waren folgende Schritte notwendig:

- Ermittlung der Gesamtfahrleistung nach Fahrzeugkategorien für jeden berücksichtigten Streckenabschnitt,
- Charakterisierung der Straßen nach EWS-Klassifizierung (1997) und
- Zuordnung der Emissionsfaktoren aus TREMOD zu den Straßencharakterisierungen.

Mit TREMOD wurden dazu Emissionsfaktoren für die Fahrzeugklassen

- < 3.5 t (Pkw, Zweiräder, LNFZ),
- < 2.5 t (Pkw, Zweiräder),
- > 3.5 t (Busse, schwere Nutzfahrzeuge),
- >2.5 t (Busse, schwere Nutzfahrzeuge, leichte Nutzfahrzeuge)

für alle in TREMOD/HANDBUCH Emissionsfaktoren vorhandenen Verkehrssituationen ermittelt. Dabei wurde zu dieser Berechnung die neueste Version von TREMOD (2002) verwendet, die gegenüber dem offiziellen Handbuch-Emissionsfaktoren (INFRAS, 1999) im Gegensatz zu diesem bereits in einigen Bereichen überarbeitet wurde (Anpassung des Anteils der Diesel-Pkw an der Flotte, Anpassung der Bestandsanteile der Emissionsschichten an die neueste Statistik, ACEA-Selbstverpflichtung....).

Noch nicht enthalten ist allerdings eine geplante Aktualisierung des Handbuchs Emissionsfaktoren (INFRAS, 1999), mit der für LKW höhere PM₁₀- und NO_x-Emissionsfaktoren als bisher anzusetzen sind. Eine Abschätzung darüber, in welche Richtung sich dies als Fehler auf die im vorliegenden Projekt ermittelten Daten auswirkt, findet sich in Kapitel 8.

Problematisch bei der Bestimmung der auspuffbedingten PM₁₀-Emissionen und der dadurch straßennah verursachten PM₁₀-Immissionen ist die Tatsache, dass die PM-Messverfahren auf der Emissionsseite nicht vergleichbar sind mit denen auf der Immissionsseite. Dadurch können Fehler bei der Zuordnung entstehen (Lambrecht et al., 2000), auf die jedoch im vorliegenden Projekt nicht näher eingegangen werden konnte.

Um die Verkehrssituationen von TREMOD/HANDBUCH Emissionsfaktoren den einzelnen Messstellen zuordnen zu können, wurden diese auf Basis der vorhandenen Informationen nach den EWS (1997) klassifiziert. Anschließend an diese Klassifizierung wurden auf Basis der Straßenbelastungen und -kennung mit einem Belastungsmodell die Verkehrssituationen zugeordnet.

4.2.1 Ermittlung der Fahrleistung für Pkw und Lkw in den ausgewählten Straßen

Die Daten für den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV-Werte) liegen nach verschiedenen Erfassungsmethoden vor (als DTV-Werktag/DTV-Jahresmittel; verschiedene Größenklassenunterscheidungen). Die DTV-Werktagsdaten wurden in Jahresmittelwerte umgerechnet. Diese Berechnung war Grundlage für die Berechnung der Jahresfahrleistungen.

4.2.2 Zuordnung der EWS-Typen zu den Straßen

Eine Zuordnung der ausgewählten Straßen zu den EWS-Typen (**Tab. 6.1**) und damit auch zu den Verkehrssituationen erwies sich als sehr aufwendig. Die Zuordnungen sind nicht immer eindeutig und mussten manchmal nach den Begehungen nachgearbeitet werden. So fehlten z.B. anfangs bei den zweispurigen Straßen nähere Angaben zu einer eindeutigen Zuordnung (offene, geschlossenen Bebauung, Geschäftsstraße). Weiterhin war zu beachten, ob sich die

Angabe der Fahrstreifen auf die durchgehenden Fahrstreifen beziehen, oder ob auch Abbiegespuren mitgezählt wurden.

4.2.3 Zuordnung der Verkehrssituationen

Im „TREMODO/HANDBUCH Emissionsfaktoren“ sind Emissionsfaktoren für verschiedene Verkehrssituationen angegeben. Dabei wird auf Autobahnen zwischen freiem, teilgebundenen und gebundenem Verkehr sowie Stau unterschieden, auf den anderen Straßen zwischen Verkehr mit keiner, geringer, mittlerer und starker Störung sowie Stau. Diese Verkehrssituationen liegen für verschiedene Bebauungszustände vor, die einzelnen EWS-Typen zugeordnet wurden. Die Verkehrssituationen wurden den ausgewählten Straßen, die durch EWS-Typen gekennzeichnet sind, mit Hilfe eines DTV-abhängigen vereinfachten Staumodells zugeordnet. Dabei wurde die Kompatibilität der ermittelten Stauanteile mit den von den Behörden angegebenen Stauanteilen geprüft. Die wichtigsten Eingangsparameter und die Ergebnisse der Berechnung sind in **Tab. 6.1** aufgenommen.

4.2.4 Kriterien für die Auswahl der Straßen auf Basis der Daten für die Emissionsbestimmung (Rangliste 1)

Um bewerten zu können, welche Straßen für die entgeltliche Berechnung ausgewählt werden sollten, wurden Kriterien zur Evaluierung der Qualität der Emissionsberechnungen aufgestellt. Auf Basis dieser Kriterien wurde Rangliste 1 aufgelistet mit Klassen A - D sowie X (siehe auch **Tab. 4.1**). Dabei nimmt die Qualität von A nach D ab, X heißt die Straße wurde nicht aufgenommen.

Folgende Kriterien wurden der weiter unten dargestellten Rangliste zugrundegelegt:

Qualität der Verkehrsdaten:

Wurden der DTV-Wert und der Lkw-Anteil für das gleiche Bezugsjahr wie die Immissionsdaten erhoben ?

Basieren die Werte auf Messungen oder Schätzungen ?

Handelt es sich um eine kontinuierliche Zählung oder um eine Stichprobe ?

Zuordnung zu EWS-Typen:

Reichen die Angaben aus für eine eindeutige Zuordnung der Straßenabschnitte zu den EWS-Typen ?

Sind die Angaben über DTV-Wert und Stauanteil für die betrachteten Straßenabschnitte plausibel?

Sonstige Angaben

Gibt es sonstige Hinweise auf Besonderheiten (Bautätigkeit, Kreisverkehr)

Sind Angaben widersprüchlich ?

4.3 Begehungen

Für die oben genannten in der näheren Auswahl befindlichen Straßen wurden Begehungen durchgeführt. Diese dienten dazu:

- Die Fahrbahnbeschaffenheiten entsprechend Erfassungsbogen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) aus Anhang A2 zu erfassen,
- die zusätzlichen Straßendaten entsprechend Anhang A3 aufzunehmen,
- weitere Besonderheiten der Messstelle vor Ort zu erfassen und
- eine Fotodokumentation entsprechend Schema im Anhang A4 zu erstellen.

Insgesamt wurden für 32 Straßen Begehungen durchgeführt (alle Straßen der **Tab. 4.1** außer Nr. 14).

4.4 Kriterien für die Auswahl der Straßen auf Basis der Begehungen und der vorliegenden Immissionsdaten (Rangliste 2)

Anhand der Einschätzung der örtlichen Gegebenheiten sowie der Einschätzung der vorliegenden Immissionsmessdaten wurde ebenfalls ein Ranking durchgeführt. Dabei wurde die selbe Bewertungsskala (A bis D, sowie X) wie in Abschnitt 4.2.4 verwendet. Als Bewertungsgrößen gingen ein die Verfügbarkeit der benötigten Immissionsdaten und die Einschätzung, ob die ableitbare Zusatzbelastung an der Messstelle für die Straße repräsentativ ist. In **Tab. 4.1** wird in der Spalte „Begründung“ jeweils eine kurze Begründung für die jeweilige Einschätzung gegeben.

Die 15 Stationen mit der Wertung A bis C wurden weiter ausgewertet. Die Stationen mit der Wertung D und X wurden nicht weiter betrachtet. Hier ist die Datenlage so unsicher, dass Fehlinterpretationen der Ergebnisse wahrscheinlich sind. Eine Ausnahme wird mit der Stresemannstraße (Hamburg) gemacht. Obwohl bzgl. der Emissionsbestimmung wegen einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h der Rang X vergeben wurde, wird diese Messstelle wegen des besonderen Interesses am Einfluss der Geschwindigkeitsbegrenzung weiter ausgewertet. Hilfsweise wird mit Tempolimit 50 km/h gerechnet. Daraus folgende Besonderheiten bzw. Konsequenzen werden diskutiert.

Nr.	Straße: Messort:	Ort:	Bundesland:	Rang bzgl. Em- best.	Begründung	Rang bzgl. Em- best.	Begründung	sonstiges	Ge- samt- rang
1	Neuenlander / Langemarckstraße	Bremen	Bremen	B	DTV Stichprobe	B	geringer Einfluß von Langemarckstraße		B
2	Bismarckstr./ Schwachhauser Heerstraße	dto	dto	X	DTV Stichprobe; Kreuzung	X	starker Kreuzungseinfluss		X
3	Holbeinplatz	Rostock	Mecklenburg-	B	DTV Stichprobe	B			B
4	Triebseer Damm	Stralsund	Vorpommern	B	DTV Stichprobe	C	ev. Einfluss von Tischlerei u. einm. Straße		C
5	Bürgermeister-Bade-Platz	Schwerin	dto	B	DTV Stichprobe	D	Kreuzungseinfluss		D
6	Am Pferdemarkt	Neubrandenburg	dto	B	DTV Stichprobe	C	ca. 4 m unter FOK, von Bäumen umgeben		C
7	Göttinger Straße	Hannover	Niedersachsen	B	LKW-Anteil unklar	A			B
8	Heddesdorfer Straße	Neuwied	Rheinland-	D	Kreuzung, EWS unklar	X	mittlerer Kreuzungseinfluss, keine PM10-VB		X
9	Zentralplatz	Koblenz	Pfalz	D	Stauanteil unklar, Kreuzung	X	mittlerer Kreuzungseinfluss, keine PM10-VB		X
10	Parcusstraße	Mainz	dto	B	ev. geringer Einfluß von Bahnhofstr.	X	keine PM10-VB	Bautätigkeit	X
11	Stresemannstraße	Hamburg	Hamburg	X	Busspur, Tempo 30	A		Tempo 30	X
12	Max-Brauer-Allee	dto	dto	C	Busspur, Bautätigkeit	D		Bautätigkeit	D
	Kaiser-Friedrich-Ring / Rheinstraße								
13	(Kreuzung)	Wiesbaden	Hessen	X	Kreuzung, DTV Schätzung	D	mittlerer Kreuzungseinfluss		X
14	Damaschkeplatz	Magdeburg	Sachsen	X	Kreuzung, EWS unklar	X	Kreuzung		X
15	Dessauer Straße	Wittenberg	dto	A		A			A
16	Müllerstr. / Str. der Nationen	Chemnitz	dto	X	DTV von 1997, Tempo 30	D	mittlerer Kreuzungseinfluss	Tempo 30	X
17	Antonstr. / Hainstr. (Schlesischer Platz)	Dresden	dto	D	DTV von 1997, Keuzung, 3 Fahrstreifen	D	mittlerer Kreuzungseinfluss	Bautätigkeit	D
18	Trödlinring (Willy-Brandt-Platz)	Leipzig	dto	D	DTV von 1997, Kreuzung	D	mittlerer Kreuzungseinfluss		D
19	Bahnhofstraße	Aue	dto	B	DTV von 1997	C	geringe Verkehrsstärke		C
20	Dr.-Friedrichs-Ring	Zwickau	dto	D	DTV von 1997 und EWS unklar	D	sehr geringe Verkehrsstärke		D
21	Zeppelinstraße	Görlitz	dto	C	DTV von 1997, 3 Fahrstreifen	C	VB grob geschätzt		C
22	Pfalzgrafplatz	Ludwigshafen	Rheinland-Pfalz	X	EWS unklar und kein DTV	X	Kreuzung		X
23	Corneliusstr. (DDCS)	Düsseldorf	Nordrhein-Westf.	X	mehrere DTV; Stau unklar	X	keine PM10-VB da		X
24	Westring	Kiel	Schleswig-	A		A			A
25	Lindenplatz	Lübeck	Holstein	X	DTV und Stau unklar, Kreisverkehr	X	Kreisverkehr, andere lokale Emmitt.		X
26	Hügelstraße	Darmstadt	Hessen	D	DTV Schätzung, Einbahnstraße	B	ev. Einfluß von Tunnel		B
27	Schildhornstraße	Berlin	Berlin	B	DTV von 2000	A			D
28	Frankfurter Allee	dto	dto	B	DTV von 1999	A			B
29	Stadtautobahn Lerchpfad	dto	dto	C	DTV von 1998 und Stauanteile unklar	C	Vorbelastung abgeschätzt		C
32	Reinhold-Frank-Straße	Karlsruhe	Baden-Württemb.	D	DTV von 1995, Stau und EWS unklar	B	geringer Kreuzungseinfluss		D
34	Friedrichsring	Mannheim	dto	D	DTV von 1995, 7 Fahrstreifen	D	mittlerer Kreuzungseinfluss		D
38	A 5 bei Holzhausen	Holzhausen	dto	C	DTV von 1995, Bautätigkeit	C		Bautätigkeit	C
39	A 5 bei Kenzingen	Kenzingen	dto	B	DTV von 1995	A			B
40	Arnulf-Klett-Platz	Stuttgart	dto	B	DTV von 1995	A			B

Tab. 4.1: Die 34 Straßen mit Qualitätsrängen bezüglich Emissionsbestimmung, Immissionsbestimmung und Gesamtrang, übriggeblieben aus den 47 von der UMEG beschafften Datensätzen.

5 CHARAKTERISIERUNG DES STRASSENZUSTANDES IM SINNE DER PM10-EMISSIONSMODELLIERUNG

5.1 Allgemeines

Messergebnisse in der Lützener Straße in Leipzig (Lohmeyer et al., 2001), einer Straße mit vielfach geflicktem, rissigem Asphaltbelag, zeigen ungewöhnlich hohe PM10-Emissionen, die vermutlich zum größten Teil dem Abrieb entstammen. Als Konsequenz aus diesen Untersuchungen beinhaltet das derzeit in Deutschland angewendete modifizierte EPA-PM10-Emissionsmodell (Lohmeyer et al., 2001) einen Parameter zur Unterscheidung des Straßenzustandes. Es gibt die Straßenzustandsklassen „gut“ und „schlecht“. Bisher wurde diese Unterscheidung im wesentlichen subjektiv gemacht, basierend auf den Beispielen Lützner Straße in Leipzig als „schlecht“ und Schildhornstraße sowie Frankfurter Allee (beides Berlin) als „gut“.

Um diese Einteilung für das vorliegende Projekt möglichst zu objektivieren wird im Folgenden ein Vorschlag zu einem Abfrage- und Bewertungsschema für die Straßenzustandsklasse vorgestellt.

5.2 Parameter für die Beschreibung des Straßenzustandes im Sinne der PM10-Emissionsmodellierung

Derzeit existieren keine objektiven Ansätze für die Ermittlung der Straßenzustandsklasse, welche in eine PM10-Emissionsmodellierung einfließen könnten. Ausgangspunkt der im Folgenden vorgeschlagenen Parametrisierung sind die Erfahrungen aus den Messkampagnen in der Lützner Straße in Leipzig und der Schildhornstraße sowie Frankfurter Allee in Berlin sowie Erwartungen und Hinweise aus der Literatur.

Es wird für das vorliegende Projekt vorgeschlagen, die nicht auspuffbedingten Emissionen der Straßen als von folgenden Größen abhängig zu beschreiben:

1. Art des Fahrbahnmaterials. Hier sollte zunächst differenziert werden in Beton, Asphalt und Pflaster. Nur diese 3 Materialien sind auch visuell eindeutig unterscheidbar. Unterschiedliche Abriebsfestigkeiten sind in der Literatur qualitativ beschrieben (z.B. Sieker et al., 1988).
2. Zustand der Fahrbahnoberfläche. Die o. g. Untersuchungen vor allem in Leipzig deuteten auf einen hohen Einfluss dieses Parameters hin.

3. Zustand der an die Straße angrenzenden Bürgersteige und/oder Parkflächen. Die Untersuchungen in Leipzig deuteten auf die mögliche Relevanz eines solchen Einflusses hin.

Die Fahrbahnmaterialien sind visuell eindeutig zuordenbar. Der Zustand der Fahrbahnoberfläche, aber auch der angrenzenden Gehwege und Parkflächen wird allerdings charakterisiert durch eine Vielzahl von Eigenschaften. Eine Möglichkeit für eine objektive Zuordnung wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

5.3 Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) - Arbeitsausschuss Systematik der Straßenerhaltung - veröffentlichte im Jahr 2001 mehrere Arbeitspapiere (AP) zur Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB).

Die Veranlassung für diese Arbeitspapiere liegt darin, dass Zitat: „nach den gültigen Rechts- und Haushaltsbestimmungen die Straßenbaulastträger entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit einen Straßenzustand aufrecht zu erhalten haben, der dem Verkehrsteilnehmer ein Höchstmaß an Sicherheit und eine angemessene Befahrbarkeit bei gleichzeitig minimalen gesamtwirtschaftlichen Kosten und höchstmöglicher Umweltverträglichkeit gewährleistet. ... Die Entscheidungen über Erhaltungsmaßnahmen sollten dabei auf Grundlage systematischer Analysen nach möglichst objektiven Gesichtspunkten getroffen werden. ... Die erstellten AP beinhalten dabei noch keine Regeln der Technik, sondern Hinweise und Empfehlungen, die sich bisher in der Praxis bewährt haben.“

Das objektive Bewertungsprinzip besteht darin, dass so genannte Zustandsmerkmale (Risse, Kantenabbrüche etc.) über messtechnisch oder visuell erfassbare Zustandsgrößen (z.B. Anteil der Fahrbahnoberfläche mit Rissen in %, Rissbreite in mm) beschrieben und diese wiederum in dimensionslose Zustandswerte (zwischen 1 und 5 im Sinne einer Notenskala) überführt werden. Anschließend können die verschiedenen Zustandswerte (z.B. für Unebenheiten, Risse etc.) zu generellen Zustandswerten (= Teilzielwerte) und diese wiederum zu einem Gesamtwert verknüpft und als Zahlenwert beurteilt werden. Die **Abb. 5.1** zeigt dies schematisch auf. In der **Abb. 5.2** wird dies anhand des Beispiels von Beton-Fahrbahnen untersetzt.

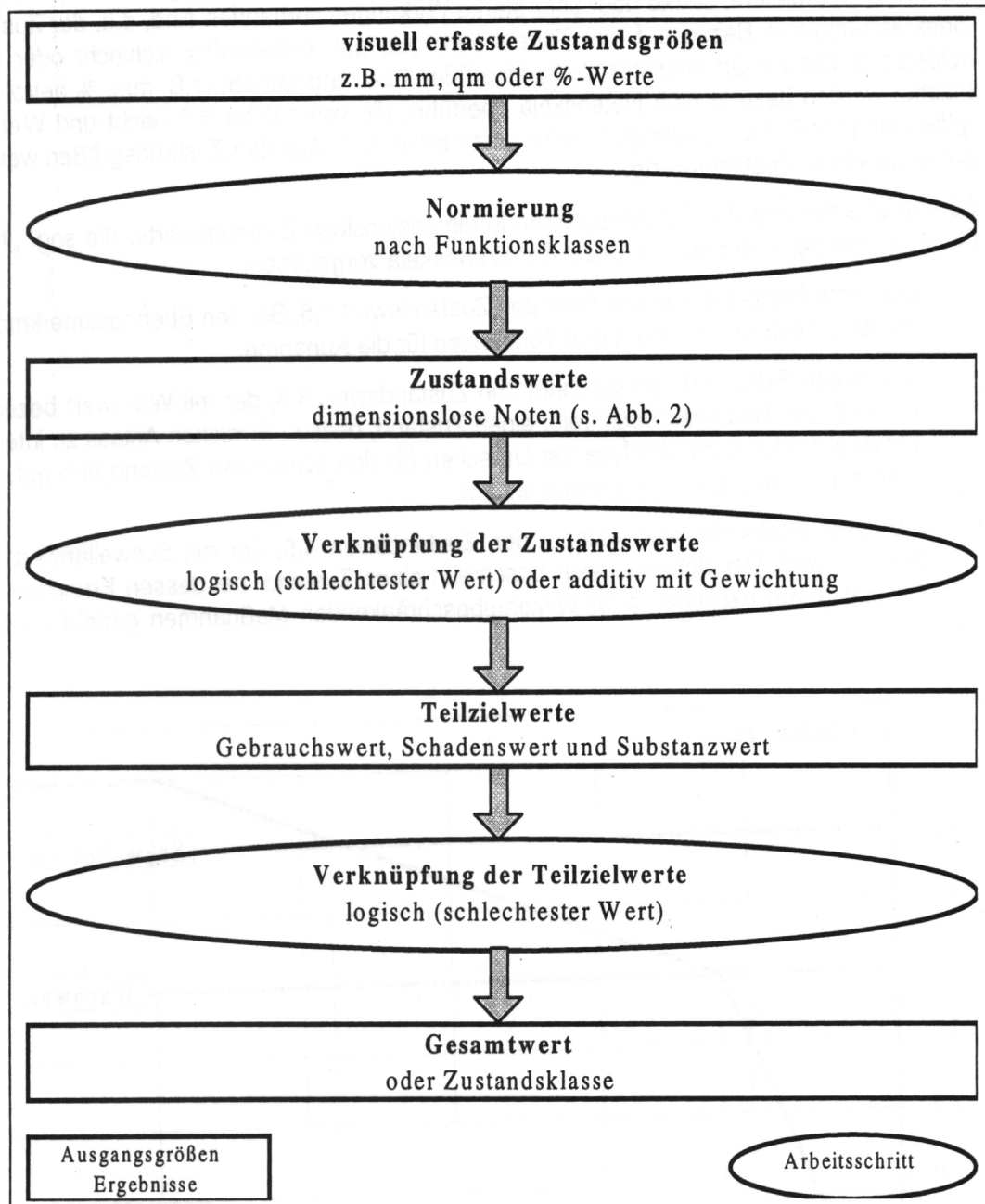


Abb. 5.1: Teilschritte bei der Zustandsbewertung einer Fahrbahnoberfläche (Quelle: FGSV, 2001).

Als Parameter auf dem Weg zur Beurteilung des Straßenzustandes im Sinne der PM10-Emissionsmodellierung schlagen wir vor, den so genannten Schadenswert (TWRIO) zu verwenden. Dieser charakterisiert die Oberflächenbeschaffenheit anhand von Merkmalen wie betroffene Fläche mit Netzrissen- und Risshäufungen, betroffene Fläche mit Flickstellen, betroffene Fläche mit sonstige Oberflächenschäden wie Abrieb, Ausmagerung, Splittverlust, Abplatzungen, Bindemittelanreicherungen etc. Es wird hierbei auch unterschieden in Beton-,

Asphalt- und Pflasterstraßen. Dieses Verfahren zur Erfassung des Schadenswertes TWRIO wird im Folgenden unverändert aus dem ZEB übernommen.

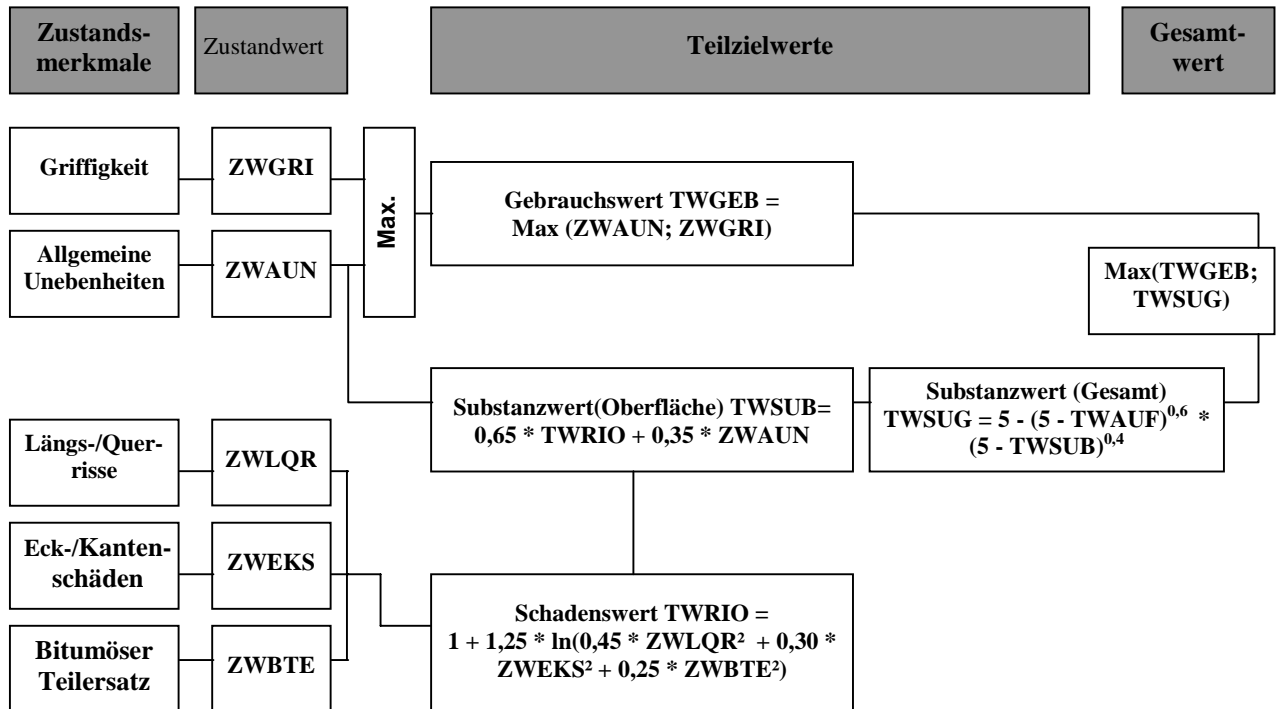


Abb. 5.2: Bildung der Teilzielwerte und des Gesamtwertes am Beispiel von Betonfahrbahnen entsprechend ZEB (Quelle: FGSV, 2001). Siehe auch **Tab. 5.1**.

Die Parameter des Gebrauchswertes einer Straße werden (in erster Näherung) für die PM10-Emissionsmodellierung als nicht relevant angesehen und somit nicht betrachtet. Deshalb erfolgt die Charakterisierung der Oberfläche der Straße im folgenden nur anhand des Schadenswertes TWRIO.

Die im ZEB vorgegebene Verknüpfung der Zustandswerte zum Schadenswert gilt strenggenommen nur für die Erfordernisse der Straßenunterhaltung. Ob genau diese Verknüpfung oder eventuell eine andere Wichtung für die PM10-Emissionscharakterisierung besser wäre, ist derzeit unklar. Das Verfahren aus ZEB wird für das vorliegende Projekt mangels Alternativen unverändert übernommen.

Zur Verdeutlichung der o.a. Ausführungen sind die konkreten Einflussparameter und deren Weiterverarbeitung anhand eines Beispiels in **Tab. 5.1** (= Excel-Arbeitsblatt) dargestellt.

Das Arbeitsblatt zeigt die Messwerte für die Zustandsgrößen. Daraus werden die einzelnen Zustandswerte berechnet. Die einzelnen Zustandswerte stellen normierte (dimensionslose) Größen im Sinne einer Benotung (z.B. 1.0 = „sehr gut“, 5.0 = „sehr schlecht“) dar. Die Umrechnung erfolgt in dem Arbeitsblatt mit Hilfe der im ZEB vorgegebenen Beziehungen. Laut ZEB gibt es folgende Bewertungen für den Zustandswert:

Asphalt:					
Zustandsmerkmal	Zustandsgröße		Einheit	Zustandswert	
betroffene Fläche mit Netzrisen- und Risshäufungen	RIS=	5	[%]	ZWRIS=	2,07
betroffene Fläche mit Flickstellen	FLI=	10	[%]	ZWFLI=	2,25
betroffene Fläche mit sonstige Oberflächenschäden wie: Abrieb, Ausmagerung, Splittverlust, Abplatzungen, Bindemittelanreicherungen	OBS=	10	[%]	ZWOBS=	2,25
Schadenswert TW R D =				2,93	
Schadenswertklasse =				4	
Betondecken:					
Zustandsmerkmal	Zustandsgröße		Einheit	Zustandswert==>	
mittlere Länge der Längs- und Querrisse	LQRL	1	[m]	ZWLQRL	2,45
betroffene Platten mit Längs- und Querrissen	LQRP	20	[%]	ZWLQRP	3,23
mittlere Länge der Eck- und Kantenschäden	EKSL	2	[m]	ZWEKSL	3,50
betroffene Platten mit Eck- und Kantenschäden	EKSP	15	[%]	ZWEKSP	2,77
mittlere Fläche bituminöser Teilersatz	BTEF	5	[m ²]	ZWBTEF	3,75
betroffene Platten Bituminöser Teilersatz	BTEP	10	[%]	ZWBTEP	2,32
Schadenswert TW R D =				3,64	
Schadenswertklasse =				6	
Pflaster:					
Zustandsmerkmal	Zustandsgröße		Einheit	Zustandswert	
Anteil Fläche mit offenen Pflasterfugen	RIS=	25	[%]	ZWRIS=	4,50
betroffene Fläche mit Flickstellen ohne vergossene Risse	FLI=	1	[%]	ZWFLI=	1,50
betroffene Fläche mit sonstige Oberflächenschäden wie: Verschleiß, Abplatzungen und Zertrümmerungen	OBS=	1	[%]	ZWOBS=	1,50
Schadenswert TW R D =				4,03	
Schadenswertklasse =				7	

Tab. 5.1: Zustandsmerkmale, Zustandsgrößen und Zustandswerte für Fahrbahnoberflächen entsprechend FGSV Arbeitspapier Nr. 9/A1.2 anhand von Beispielen. Eingabe = Zustandsgrößen. Ausgabe = Zustandswerte, Schadenswert TW R IO und Schadenswertklasse.

Die Straßenbaubehörden sollen laut ZEB daraus wie folgt urteilen:

- Der Zustandswert 1.5 kennzeichnet den Zielwert für eine Straße
- Der Zustandswert 3.5 wird mit Warnwert bezeichnet. Der Warnwert beschreibt einen Zustand, dessen Erreichen Anlass zu intensiver Beobachtung, zur Analyse der Ursachen für den schlechten Zustand und ggf. zur Planung von geeigneten Maßnahmen gibt.

- Der Zustandswert 4.5 wird mit Schwellenwert bezeichnet. Der Schwellenwert beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen die Einleitung von baulichen oder verkehrsbeschränkenden Maßnahmen geprüft werden muss.

Die Zustandsgrößen (in **Tab. 5.1** links inklusive ihrer Zustandsmerkmale aufgeführt) müssen visuell erfasst werden. Dafür gibt die ZEB, Reihe V, z.B. Abschnitt V2 (Visuelle Zustandserfassung Außerortsstraßen) Handlungshinweise und Erfassungsbögen vor. Erfassungsbögen für Beton-, Asphalt- und Pflasterstraßen sind in der Anhang A2 aufgeführt.

Die Erfassung der Zustandsgrößen auf Asphalt (und auch Pflasterstraßen) sollte laut ZEB grundsätzlich auf Basis eines Flächenrasters erfolgen. Die Erfassung der Zustandsgrößen auf Betonfahrbahnen sollte grundsätzlich auf der Basis der einzelnen Platten erfolgen. Die Erfassung sollte bei weitgehend trockenen Fahrbahnen durchgeführt werden. Die Ergebnisse sollten repräsentativ für einen ca. 100 m langen Abschnitt der Straße im Bereich der betrachteten Messstelle sein.

Sind für einen Straßenabschnitt die Zustandsgrößen aufgenommen und der Schadenswert TWRIO berechnet kann dieser noch in eine Schadenswertklasse eingeordnet werden. Die ZEB schlägt 8 Klassen vor: Schadenswert < 1.5 entspricht Klasse 1 (sehr gut) bis hin zu ≥ 4.5 entspricht Klasse 8 (sehr schlecht). Siehe **Tab. 5.2**.

Schadenswert-klasse	Schadenswert TWRIO	Farbe	Vorschlag für verbale Beurteilung
1	< 1.5	blau	sehr gut
2	1.5 bis < 2.0	grün	gut
3	2.0 bis < 2.5		gut
4	2.5 bis < 3.0		gut
5	3.0 bis < 3.5		gut
6	3.5 bis < 4.0		gelb	schlecht
7	4.0 bis < 4.5	gelb	schlecht
8	≥ 4.5	rot	sehr schlecht

Tab. 5.2: Klassifizierung des Schadenswertes TWRIO von Fahrbahnoberflächen in Schadenswertklassen inklusive deren farblicher Zuordnung bei grafischen Darstellungen und Vorschlag für verbale Beurteilung in Anlehnung an FGSV (2001).

5.4 Zustandserfassung und -bewertung der anliegenden Gehwege und Parkflächen

Die Übernahme des Erfassungs- und Bewertungsverfahrens für Fahrbahnoberflächen wird für die an die Straße anliegenden Bereiche als nicht sinnvoll angesehen, denn hier wird insbesondere das vorhandene Staubpotential für die Emission bzw. die Verschleppung von Staub auf die Straße wichtig sein. Die Erfahrungen an der Lützner Straße und an der Schildhornstraße deuten an, dass dort insbesondere die Befestigungsart der Parkflächen (unbefestigt, schlecht befestigt etc.), das Vorhandensein von Parkflächen (befestigt, unbefestigt etc.) und die vorliegende Sauberkeit eine Rolle gespielt haben könnte.

Deshalb wird folgende dreistufige Einteilung für den Schadenswert der Gehwege/Parkflächen vorgeschlagen:

- 1: sehr guter Zustand, Bürgersteige/Parkflächen befestigt und sauber
- 2: weniger guter Zustand, Bürgersteige/Parkflächen zwar befestigt, aber verschmutzt oder rissig und löchrig
- 3: schlechter Zustand, Bürgersteige/Parkflächen unbefestigt oder sehr stark verschmutzt.

5.5 Bestimmung der Straßenzustandklasse für modifizierte EPA-Formel

Für die Ermittlung der Straßenzustandklasse („gut“ oder „schlecht“) für die Anwendung der modifizierten EPA-Formel wird die in **Tab. 5.3** aufgezeigte Zusammenführung der Parameter Fahrbahnmaterial, Schadenswertklasse der Fahrbahn nach ZEB und Schadenswert Gehweg/Parkflächen vorgeschlagen. Dabei wird ein Wichtungsfaktor festgelegt, die den Schwerpunkt auf die Fahrbahnoberfläche (50 %) legt. Als zweitwichtigster Parameter wird das Fahrbahnmaterial (Wichtungsfaktor 30 %) angesehen, wobei Beton günstigster als Asphalt bewertet wird. Nach Sieker et al. (1988) beträgt der Abrieb bei Zementbetonfahrbahnen ca. 1/3 des Abriebs bei Asphaltfahrbahnen. Deshalb erhält Beton den Abriebswert 1, Asphalt den Abriebswert 3. Über die Abriebsfestigkeit von Pflastersteinen liegen keine Informationen vor, sie sind wohl aber deutlich abriebsfester als z.B. Asphalt. Deshalb wird dem Pflaster die Klasse 0.5 zugeordnet. Die restlichen 20 % werden dem Einfluss des Schadenswertes Gehweg/Parkflächen zugeordnet. In **Tab. 5.3** ist dies an den Beispielen Lützner Straße und Schildhornstraße aufgezeigt. Für die Abriebswerte und Wichtungsfaktoren in **Tab. 5.3** gibt es keine näheren Informationen bzgl. deren Plausibilität. Mangels Informationen wurden sie in vorliegender Untersuchung als Schätzwerte angesetzt.

Für die derzeitige für die Anwendung des modifizierten EPA-Modells erforderliche Unterteilung in die Straßenzustandsklassen „gut“ oder „schlecht“ wird (allerdings ohne diesbezügliche Erfahrung) vorgeschlagen, die Schwelle bei einem Wert für den Straßenzustand von 3.5 anzusetzen, mit < 3.5 als gut.

Dieses o.a. Bewertungsverfahren wurde im Rahmen des Projektes für die Analyse der vorliegenden Daten verwendet.

1. Klassifizierung Fahrbahnmaterial				Abriebswert:	
Pflaster				0,5	
Beton				1	
Asphalt				3	
2. Schadenswertklasse der Fahrbahn:					
Berechnet aus Zustandswerten der Straße entsprechend Arbeitspapier Nr. 9/A1.2 zur Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB)				1 bis 8	
3. Schadenswert der Gehwege und/oder anliegenden Parkflächen					
sehr guter Zustand, Gehwege/Parkflächen befestigt und sauber				1	
weniger guter Zustand, Gehwege/Parkflächen zwar befestigt, aber verschmutzt oder rissig und löchrig				2	
schlechter Zustand, Gehwege/Parkflächen unbefestigt oder sehr stark verschmutzt				3	
Grenze für die Straßenzustandsklasse gut/schlecht: Straßenzustand = 3,5					
	Schadenswertklasse Material Straße		Schadenswertklasse Gehweg/Parkflächen	Straßen- zustand	Straßenzustands- klasse für mod. EPA-Formel:
Wichtungsfaktor:	0,3	0,5	0,2		
Lützner Straße:	3	6	3		Lützner Straße:
	0,9	3	0,6	4,50	SCHLECHT
Schildhornstraße:	3	1	1		Schildhornstraße:
	0,9	0,5	0,2	1,60	GUT

Tab. 5.3: Schema zur Ermittlung des Straßenzustandes und der Straßenzustandsklasse zur PM10-Emissionsbestimmung mit modifizierter EPA-Formel und Angabe zweier Beispiele.

5.6 Aufzunehmende Parameter für die Straßen anhand von Begehungen

Entsprechend dem in den vorhergehenden Abschnitten erläuterten Bewertungsverfahren wurden für jede Straße im Bereich der jeweiligen Messstelle folgende Parameter aufgenommen:

1. Allgemeine Straßendaten entsprechend Anhang A1
2. Visuelle Zustandserfassung der Straßen entsprechend Erfassungsbogen aus Anhang A2.
3. Einschätzung des Schadenswertes der Gehwege und/oder anliegenden Parkflächen entsprechend Abschnitt 5.4.
4. Zusätzliche Straßendaten entsprechend Anhang A3.

Zusätzlich wurden die Fahrbahnen entsprechend Anhang A4 in einer genau definierten Reihenfolge mit festgelegtem Schema fotografiert.

6 ERGEBNISSE

6.1 Straßenzustand

Mit der im Kapitel 5 erläuterten Vorgehensweise zur Einstufung des Straßenzustandes wurden die in **Tab. 6.1** aufgeführten Parameter abgeleitet. Sie werden im Folgenden zusammenfassend erläutert.

6.1.1 Schadenswertklassen der Fahrbahnen

Bezüglich Schadenswertklassen werden zunächst die 31 Straßen diskutiert, für die Begehungen stattgefunden hatten. Der Wertebereich der untersuchten Fahrbahnen umfasst die Schadenswertklassen 1 bis 6, wobei

- die überwiegende Mehrheit der Fahrbahnen (ca. 75 %) in einem guten und sehr guten Zustand sind und
- nur 2 Fahrbahnen (ca. 7 %) mit der Note 6 in einem schlechten Zustand sind. Dies betrifft den Zentralplatz in Koblenz und den Friedrichsring in Mannheim.
- Keine Straßen sind in Schadenswertklasse 7 und 8.

Schadenswertklasse	Anzahl	Häufigkeit [%]
1	17	55
2	6	19
3	4	13
4	2	6.5
5	-	-
6	2	6.5
Summe:	31	100

Für die Fahrbahn, die bezüglich der Bestimmung der PM10-Emissionsfaktoren in die Endauswertung kommen, stellt sich die Situation wie folgt dar:

Schadenswertklassen	Anzahl	Häufigkeit [%]
1	10	62
2	3	19
3	2	12.5
4	1	6.5
5	-	-
6	-	-
Summe:	16	100

Es gibt hier somit keine Schadenswertklassen 5 und 6, dafür 13 (entspricht ca. 80 %) mit der Bewertung „gut“ und „sehr gut“. Den schlechtesten Zustand dieser Fahrbahnen hat mit dem Schadenswert 4 die Zeppelinstraße in Görlitz.

6.1.2 Material der Fahrbahnen

Alle Fahrbahnen im Bereich der Messstellen waren asphaltiert. Es waren keine Beton- und keine Pflasterfahrbahnen vorhanden. Somit konnte keine Analyse der Emissionsfaktoren in Abhängigkeit vom Fahrbahnmaterial vorgenommen werden.

6.1.3 Gehwege/Parkflächen

Der Zustand der Gehwege bzw. anliegenden Parkflächen stellt entsprechend Kapitel 5 einen weiteren Parameter bei der Bewertung der Umgebungsbedingungen dar. Betrachtet man alle 31 Straßen für die eine Begehung durchgeführt wurde dann erhält man folgende Statistik:

Zustand Gehweg	Anzahl	Häufigkeit [%]
1	16	52
2	8	26
3	7	22
Summe:	31	100

Das heißt ca. die Hälfte aller Straßen verfügen im Bereich der Messstellen über einen sehr guten Zustand der Gehwege/Parkflächen. Ca. 22 % der an die Messstellen anliegenden Gehwege bzw. Parkflächen befinden sich in einem Zustand, der mit „unbefestigt oder sehr stark verschmutzt“ bewertet wird.

Für die Straßen die in die Endauswertung kamen, liegt die folgende Verteilung vor. Es müssten also Straßen mit Gehwegen aller Schadenswerte aus der Auswertung genommen werden.

Zustand Gehweg	Anzahl	Häufigkeit [%]
1	6	38
2	6	38
3	4	24
Summe:	16	100

6.1.4 Straßenzustandsklasse

Es kann festgestellt werden, dass sich mittels der vorgeschlagenen Methodik eine differenzierte Beschreibung der Straßenzustände erreichen lässt. Die Straßenzustände durchlaufen einen Wertebereich von 1.6 bis 4.1. Die schlechteste Straßenzustand lag am Friedrichsring in Mannheim bzw. am Zentralplatz in Koblenz mit jeweils 4.1 vor. Geht man von einem Straßenzustand von < 3.5 als Schwelle zwischen „gut“ bzw. „schlecht“ im derzeitigen PM10-Emissionsmodell aus (siehe Abschnitt 5.5), dann finden sich nur drei Straßen in der Straßenzustandsklasse „schlecht“. Bei keiner dieser Straßen ist allerdings die Datenlage so, dass diese in die Endbewertung übernommen werden konnten. Bei den Straßen der Endauswertung liegt ein Wertebereich für den Straßenzustand zwischen 1.6 bis 3.3 vor. Die im Sinne der vorgeschlagenen Klassifizierung „schlechteste Straße“ ist hierbei die Zeppelinstraße in Görlitz.

6.2 PM10-Immissionen

Die Konzentrationsangaben für die Straßen aus der Endauswertung (Qualitätsrang A bis C, **Tab. 4.1**) sind in der **Tab. 6.2** aufgeführt. Bei Betrachtung der PM10-Gesamtbelastung im Jahresmittel zeigt sich bei diesen Stationen ein etwa ausgeglichenes Konzentrationsniveau von ca. 25 bis 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Es liegen hier somit keine Stationen vor, an denen der im Jahr 2005 einzuhaltende Grenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wird. Stationen, an denen dieser Grenzwert überschritten wurde, wie z.B. an der Parcusstraße oder der Corneliusstraße, konnten aufgrund der ungenügenden Datenlage nicht in die Auswertung einbezogen werden.

Nr.	Straße:	Ort:	Bundesland:	Jahr	EWS- Typ	Straßen- kate- gorie	DTV- JM	Lkw- Klasse	Anteil Lkw	NOx	Partikel	Gesamt- rang Qualität	Stra- ßen- zu- stand	Mate- rial	Schadens- wert- klasse Fahrbahn	Park- fläche Gehweg
											Emission (kg/m/Jahr)					
1	Neuenlander Straße	Bremen	Bremen	2000	522	IO	42000	> 3,5 t	8,1%	20,9	1,02	B	2,1	3	2	1
2	Bismarckstr./Schwachhauser Heerstr.	dto	dto	2000	522	IO	52700	> 3,5 t	2,4%	16,1	0,73	X	1,6	3	1	1
3	Holbeinplatz	Rostock	dto	2000	522	IO	52000	> 3,5 t	11,0%	30,9	1,54	B	1,6	3	1	1
4	Triebseer Damm	Stralsund	Mecklenburg-	2000	522	IO	24600	> 3,5 t	11,0%	12,5	0,57	C	2,3	3	2	2
5	Bürgermeister-Bade-Platz	Schwerin	Vorpommern	2000	522	IO	35000	> 3,5 t	7,5%	16,7	0,81	D	1,6	3	1	1
6	Am Pferdemarkt	Neubrandenburg	dto	2000	522	IO	49500	> 3,5 t	10,0%	27,8	1,38	C	1,8	3	1	2
7	Göttinger Straße	Hannover	Niedersachsen	2001	521	IO	32000	> 3,5 t	8,0%	15,0	0,72	B	1,8	3	1	2
8	Heddesdorfer Straße	Neuwied	Rheinland-Pfalz	2000	512	IO	9569	> 3,5 t	4,3%	3,2	0,14	X	1,6	3	1	1
9	Zentralplatz	Koblenz	dto	2000	521	IO	25465	> 3,5 t	6,9%	10,2	0,45	X	4,1	3	6	1
10	Parcusstraße	Mainz	dto	2000	521	IO	34593	> 3,5 t	1,6%	9,6	0,45	X	1,6	3	1	1
11	Stresemannstraße	Hamburg	Hamburg	2001	512*	IO	25000	> 2,5 t	10,0%	9,2	0,38 Busspur	X	2,8	3	3	2
12	Max-Brauer-Allee	dto	dto	2001	521*	IO	29000	> 2,5 t	4,0%	8,1	0,33 temp. Busspur	D	1,6	3	1	1
15	Dessauer Straße	Wittenberg	Sachsen	2000	513	IO	10763	> 3,5 t	8,3%	6,2	0,33	A	2	3	1	3
16	Müllerstr. / Str. der Nationen	Chemnitz	dto	2000	522	IO	29100	> 2,5 t	6,9%	13,3	0,64	X	3	3	3	3
17	Antonstr./Hainstr. (Schlesischer Platz)	Dresden	dto	2000	523	IO	42900	> 3,5 t	6,5%	20,5	1,07	D	1,6	3	1	1
18	Trödlinring (Willy-Brandt-Platz)	Leipzig	dto	2000	531	IO	73850	> 2,5 t	8,2%	28,5	1,43	D	3	3	3	3
19	Bahnhofstraße	Aue	dto	2000	412	IO	10000	> 2,5 t	5,0%	3,0	0,11	C	2,8	3	3	2
20	Dr.-Friedrichs-Ring	Zwickau	dto	2000	512	IO	5430	> 2,5 t	4,2%	1,5	0,06	D	3,5	3	4	3
21	Zeppelinstraße	Görlitz	dto	2000	523	IO	21000	> 2,5 t	8,0%	8,5	0,44	C	3,3	3	4	2
23	Corneliusstraße (DDCS)	Düsseldorf	Nordrhein-Westfalen	2000	522	IO	49381	> 3,5 t	2,5%	15,2	0,69	X	3,6	3	1	1
24	Westring	Kiel	Schleswig-Holstein	2000	521	IO	34000	> 3,5 t	3,5%	11,6	0,54	A	1,6	3	1	1
25	Lindenplatz	Lübeck	dto	2000	513	IO	44518	> 3,5 t	6,9%	21,4	1,09	X	2,3	3	2	2
26	Hügelstraße	Darmstadt	Hessen	2000	522	IO	26830	> 3,5 t	4,3%	9,1	0,42	D	2,1	3	2	1
27	Schildhornstraße	Berlin	Berlin	2000	522	IO	43200	> 3,5 t	5,6%	17,8	0,85	B	1,6	3	1	1
28	Frankfurter Allee	dto	dto	2000	431	IO	62300	> 3,5 t	4,8%	20,6	1,01	B	1,6	3	1	1
29	Stadtautobahn Lerchpfad	dto	dto	2000	331	AB	177258	> 3,5 t	5,8%	55,2	2,17	C	2	3	1	3
32	Rheinhold-Frank-Straße	Karlsruhe	Baden-Württemberg	2001	512	IO	28992	> 3,5 t	2,7%	8,4	0,36	D	2,3	3	2	2
34	Friedrichsring	Mannheim	dto	2001	531	IO	34987	> 3,5 t	1,5%	9,1	0,46	D	4,1	3	6	1
38	A 5 bei Holzhausen	Holzhausen	dto	2001	121	AB	60682	> 3,5 t	12,9%	28,0	1,10	C	2	3	1	3
39	A 5 bei Kenzingen	Kenzingen	dto	2001	121	AB	56744	> 3,5 t	13,1%	28,6	1,12	B	2	3	1	3
40	Arnulf-Klett-Platz	Stuttgart	dto	2001	532	IO	63280	> 3,5 t	2,3%	18,2	0,92	B	2,1	3	2	1

Tab. 6.1: Charakterisierung der Straßen.

Nr.	Straße:	Ort:	Bundesland:	Jahr	DTV-JM	Anteil Lkw	Gesamtrang	NOx-GB µg/m ³	NOx-VB µg/m ³	PM10-GB µg/m ³	PM10-VB µg/m ³	NOx-ZB µg/m ³	PM10-ZB µg/m ³	NOx/PM10-ZB [-]
1	Neuenlander Straße	Bremen	Bremen	2000	42000	8,1%	B	138	44	31	22	94	9	10
3	Holbeinplatz	Rostock	Mecklenburg-Vorpommern	2000	52000	11,0%	B	46	17	17	15	29	2	15
4	Triebseer Damm	Stralsund	dto	2000	24600	11,0%	C	62	16	27	15	46	12	4
6	Am Pferdemarkt	Neubrandenburg	dto	2000	49500	10,0%	C	74	16	23	15	58	8	7
7	Göttinger Straße	Hannover	Niedersachsen	2001	32000	8,0%	B	217	39	33	20	178	13	14
11	Stresemannstraße	Hamburg	Hamburg	2001	25000	10,0%	X	166	48	31	29	118	2	59
15	Dessauer Straße	Wittenberg	Sachsen	2000	10763	8,3%	A	152	22	34	24	130	10	13
19	Bahnhofstraße	Aue	dto	2000	10000	5,0%	C	77	35	25	20	42	5	8
21	Zeppelinstraße	Görlitz	dto	2000	21000	8,0%	C	96	40	31	22	56	9	6
24	Westring	Kiel	Schleswig-Holstein	2000	34000	3,5%	A	116	30	25	22	86	3	29
27	Schildhornstraße	Berlin	Berlin	2000	43200	5,6%	B	164	43	35	28	121	7	17
28	Frankfurter Allee	dto	dto	2000	62300	4,8%	B	117	43	36	28	74	9	8
29	Stadtautobahn Lerchpfad	dto	dto	2000	177258	5,8%	C	147	136	32	28	11	3	4
38	A 5 bei Holzhausen	Holzhausen	Baden-Württemberg	2001	60682	12,9%	C	193	34	25	18	159	7	23
39	A 5 bei Kenzingen	Kenzingen	dto	2001	56744	13,1%	B	171	34	24	18	137	6	23
40	Arnulf-Klett-Platz	Stuttgart	dto	2001	63280	2,3%	B	204	69	35	24	135	11	12

Tab. 6.2: Gemessene PM10- und NO_x-Konzentrationen an den Messstellen, die einer weiteren Datenauswertung unterzogen wurden.
GB = Gesamtbelastung, VB = Vorbelastung, ZB = Zusatzbelastung.

Weiterhin wurde in **Tab. 6.2** das Verhältnis von NO_x-Zusatzbelastung zu PM10-Zusatzbelastung aufgeführt. Da NO_x als Tracer für die Auspuffemissionen anzusehen ist, bei der PM10-Zusatzbelastung neben den Partikel-Auspuffemissionen nach derzeitigem Verständnis auch die Prozesse von Aufwirbelung und Abrieb eine wesentliche Rolle spielen, könnten Unterschiede in diesem Verhältnis auch auf die Abriebs- und Aufwirbelungsanteile hinweisen. Die aus den Messdaten abgeleiteten Verhältnisse von NO_x- zu PM10-Zusatzbelastung differieren in der Tat sehr stark zwischen 4 (z.B. Lerchpfad, Berlin) über 29 (Westring, Kiel) bis hin zu 59 (Stresemannstraße, Hamburg).

Mögliche Ursachen bzw. Schlussfolgerungen werden weiter unten diskutiert.

6.3 PM10-Emissionsfaktoren

6.3.1 Vorgehensweise

Grundlage für die nachfolgende Ableitung der PM10-Gesamtemissionsfaktoren (auspuff- plus nicht auspuffbedingte Emission, Maßeinheit g/(km und Fahrzeug)) ist die Annahme, dass das Ausbreitungsverhalten von PM10 und dem Tracerschadstoff NO_x gleich ist. Es gilt dann die Beziehung:

$$\text{NO}_x\text{-ZB} / E(\text{NO}_x) = \text{PM10-ZB} / E(\text{PM10}) = \text{konst. bzw.}$$

$$E(\text{PM10}) = \text{PM10-ZB} * E(\text{NO}_x)/\text{NO}_x\text{-ZB},$$

wobei

NO_x-ZB und PM10-ZB die Differenz zwischen Gesamtbelastung und Vorbelastung für NO_x bzw. PM10 kennzeichnen und

E die Emissionsdichte der Straße in g/km für NO_x und PM10.

Aus dem Vergleich der von IFEU Heidelberg ermittelten NO_x-Emissionsdichten und den aus den vorliegenden Messdaten abgeleiteten NO_x- und PM10-Zusatzbelastungen können somit mittels des o. g. Dreisatzes die jeweiligen PM10-Emissionsdichten und daraus dann die Emissionsfaktoren bestimmt werden. Diese Emissionsfaktoren stellen die PM10-Gesamtemissionsfaktoren (= auspuff- plus nicht auspuffbedingte Emission) dar.

Durch Subtraktion des PM10-Gesamtemissionsfaktors mit den von IFEU Heidelberg ermittelten PM10-Auspuffemissionsfaktoren (**Tab. 6.1**) erhält man den nicht auspuffbedingten PM10-Emissionsfaktor. Diese Größen sind zusammen mit anderen Größen zur Charakterisierung der Straßen in **Tab. 6.3** zusammengestellt. Auftragen sind ebenfalls die Werte, die

Nr.	Straße:	Ort:	Bundesland:	Jahr	Str. kat.	DTV-JM	Anteil Lkw	Anteil Regent.	PM10-Gesamt g/(km*FZG)	PM10-Auf/Ab g/(km*FZG)	Auf/Ab (mEPA) g/(km*FZG)	Gesamt (mEPA) g/(km*FZG)
1	Neuenlander Straße	Bremen	Bremen	2000	IO	42000	8,1%	0.5*	0,13	0,06	0,13	0,20
3	Holbeinplatz	Rostock	Mecklenburg-Vorpommern	2000	IO	52000	11,0%	0,43	0,11	0,03	0,19	0,27
4	Triebseer Damm	Stralsund	dto	2000	IO	24600	11,0%	0,42	0,36	0,30	0,19	0,25
6	Am Pferdemarkt	Neubrandenburg	dto	2000	IO	49500	10,0%	0,44	0,21	0,14	0,17	0,25
7	Göttinger Straße	Hannover	Niedersachsen	2001	IO	32000	8,0%	0,48	0,09	0,03	0,14	0,20
11	Stresemannstraße	Hamburg	Hamburg	2001	IO	25000	10,0%	0.5*	0,02	-0,03	0,16	0,20
15	Dessauer Straße	Wittenburg	dto	2000	IO	10763	8,3%	0,43	0,12	0,04	0,14	0,22
19	Bahnhofstraße	Aue	Sachsen	2000	IO	10000	5,0%	0.5*	0,10	0,07	0,10	0,13
21	Zeppelinstraße	Görlitz	dto	2000	IO	21000	8,0%	0.5*	0,18	0,13	0,13	0,18
24	Westring	Kiel	Schleswig-Holstein	2000	IO	34000	3,5%	0,54	0,03	-0,01	0,08	0,12
27	Schildhornstraße	Berlin	Berlin	2000	IO	43200	5,6%	0,48	0,07	0,01	0,11	0,16
28	Frankfurter Allee Stadtautobahn	dto	dto	2000	IO	62300	4,8%	0,48	0,10	0,06	0,10	0,14
29	Lerchpfad	dto	dto	2000	AB	177258	5,8%	0,48	0,25	0,21	0,13	0,17
38	A 5 bei Holzhausen	Holzhausen	Baden-Württemberg	2001	AB	60682	12,9%	0,42	0,06	0,01	0,30	0,35
39	A 5 bei Kenzingen	Kenzingen	dto	2001	AB	56744	13,1%	0,42	0,06	0,01	0,31	0,36
40	Arnulf-Klett-Platz	Stuttgart	dto	2001	IO	63280	2,3%	0,47	0,06	0,02	0,08	0,12

Tab. 6.3: Aus den Messdaten abgeleitete PM10-Emissionsfaktoren. Zusätzlich sind neben den Verkehrsdaten die Straßenkategorien (IO = innerorts, AB = Autobahn), der Anteil von Tagen mit Niederschlagssummen größer 0.1 mm (= Regentag) sowie die entsprechend Lohmeyer et al. (2001) mit der modifizierten EPA-Formel (mEPA) berechneten PM10-Emissionsfaktoren aufgeführt. (*=Messdaten nicht vorhanden, Schätzwert.)

man mit dem modifizierten EPA-Verfahren (Lohmeyer et al., 2001) für die Gesamtemission und die nicht auspuffbedingte Emission errechnet. Hierbei wird auf die Straßen eingeschränkt, die im Qualitätsranking zwischen A und C liegen.

6.3.2 Spektrum der Emissionsfaktoren

Es werden PM10-Gesamtemissionsfaktoren zwischen 0.02 g/km bis 0.36 g/km abgeleitet. Für den nicht auspuffbedingten Anteil können aus den Messdaten Emissionsfaktoren zwischen -0.03 g/km und 0.3 g/km abgeleitet werden, wenn man von den ermittelten Gesamtemissionen die Auspuffemissionen abzieht. Ein negativer Emissionsfaktor weist natürlich auf Probleme bei der Emissionsbestimmung (sei es durch ungenaue Konzentrationsmessungen oder -abschätzungen, sei es durch ungenaue andere Eingangsdaten) hin. Dies ist bei zwei Messpunkten (Westring, Kiel und Stresemannstraße, Hamburg) der Fall. Bei der Stresemannstraße (Hamburg) ist als Begründung zu berücksichtigen, dass für die Berechnung keine Emissionsfaktoren für eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h vorlagen und damit Hilfsweise mit Faktoren für 50 km/h gerechnet wurde.

7 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

7.1 Vergleich Ergebnisse aus Messungen mit Rechenwerten Emissionsmodell

In **Abb. 7.1** sind die aus den Messdaten abgeleiteten PM10-Emissionsfaktoren den mit dem modifizierten EPA-Modell (Lohmeyer et al., 2001) berechneten Werten gegenübergestellt. Zusätzlich werden die PM10-Auspuffemissionen aus TREMOD separat ausgewiesen. Es zeigt sich, dass man bei alleiniger Verwendung der Auspuffemissionen die aus den Messdaten abgeleiteten PM10-Emissionsfaktoren z.T. deutlich (bis zum Faktor 6, siehe auch **Tab. 6.3**) unterschätzen würde. Dies zeigt die erwartete Relevanz der Quellgruppe Aufwirbelung und Abriebe.

Ergänzt man die berechneten Auspuffemissionen noch um den berechneten Anteil Abriebe/Aufwirbelung entsprechend modifiziertem EPA-Modell, dann werden die mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Emissionsfaktoren zum Teil deutlich überschätzt. Es gibt aber vor allem bei hohen Emissionsfaktoren auch Unterschätzungen mit dem modifizierten EPA-Modell. Am Messpunkt Triebseer Damm (Stralsund) könnte dazu aber auch eine nahegelegene Tischlerei beitragen. Eine Diskussion der Relevanz von Fehlern in den Eingangsdaten auf diese Aussagen der **Abb. 7.1** erfolgt im Kapitel 8.

Erstaunlicherweise zeigen die Abweichungen zwischen Berechnung mit modifiziertem EPA-Modell zu Messung (Tracer-Methode) einen Zusammenhang zum PM10-Gesamtemissionsfaktor in der Weise, dass bei hohem Emissionsfaktor die Messungen durch das Modell gut wiedergegeben bzw. leicht unterschätzt werden, bei kleinen Emissionsfaktoren aber eine deutliche Überschätzung erfolgt (**Abb. 7.2a**). **Abb. 7.2b** zeigt dieses Verhalten auch für den Absolutwert der Differenz. Eine mögliche Ursache hierfür wird in Abschnitt 7.3 diskutiert.

Es ist festzustellen, dass ca. 50 % der modellierten Emissionen innerhalb einer Fehlerbandbreite mit Faktor 2 liegen, ca. 80 % innerhalb eines Faktors von 3. Dies entspricht in etwa den Erwartungen, die seinerzeit für das EPA-Emissionsmodell genannt wurden.

Die sehr hohen modellmäßigen Überschätzungen (ca. Faktor 12) betreffen die Stresemannstraße (Hamburg), dabei wurde zuvor als Besonderheit auf das Problem mit Tempo 30 hingewiesen bzw. die Autobahnmessstellen Kenzingen und Holzhausen (Faktor 6).

Die modellierten Unterschätzungen betreffen den Lerchpfad (Stadtautobahn, Berlin) und den Triebseer Damm (Stralsund).

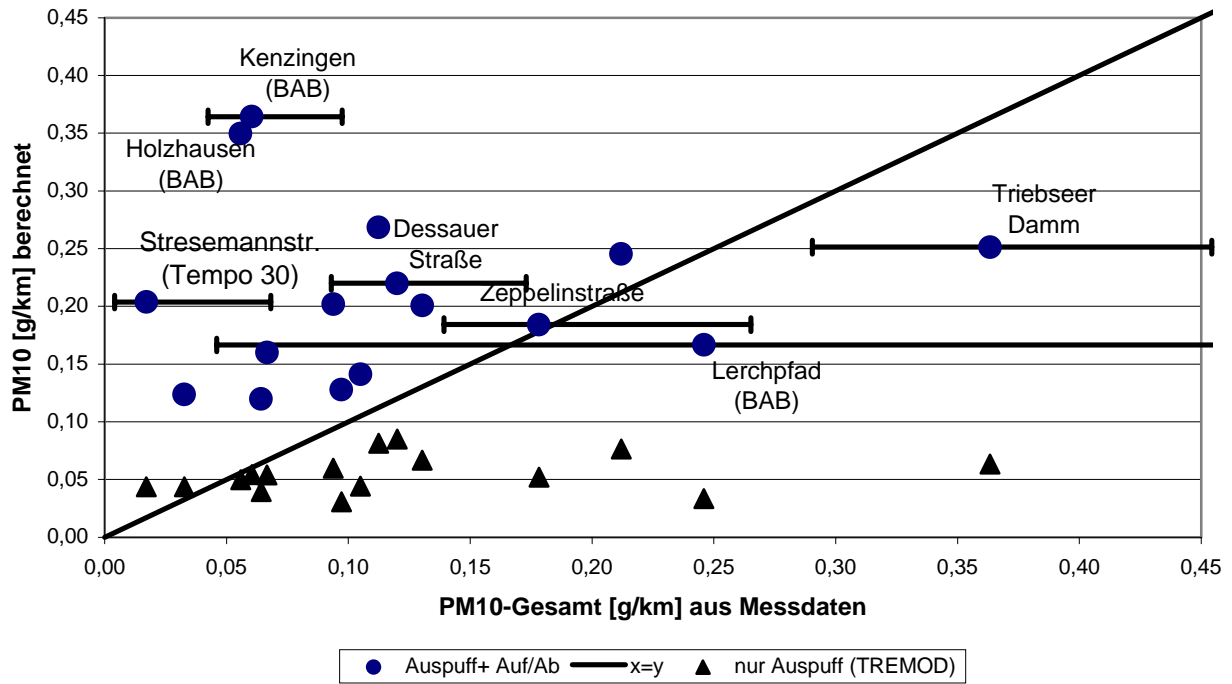


Abb. 7.1: Vergleich der mit TREMOD berechneten Auspuffemission bzw. der nach dem modifiziertem EPA-Modell berechneten PM10-Gesamtemissionsfaktoren mit den aus den Messdaten abgeleiteten Gesamtemissionsfaktoren. Incl. einiger Fehlerbandbreiten, siehe Kapitel 8. Die Linie $y=x$ bedeutet Messwert = Rechenwert.

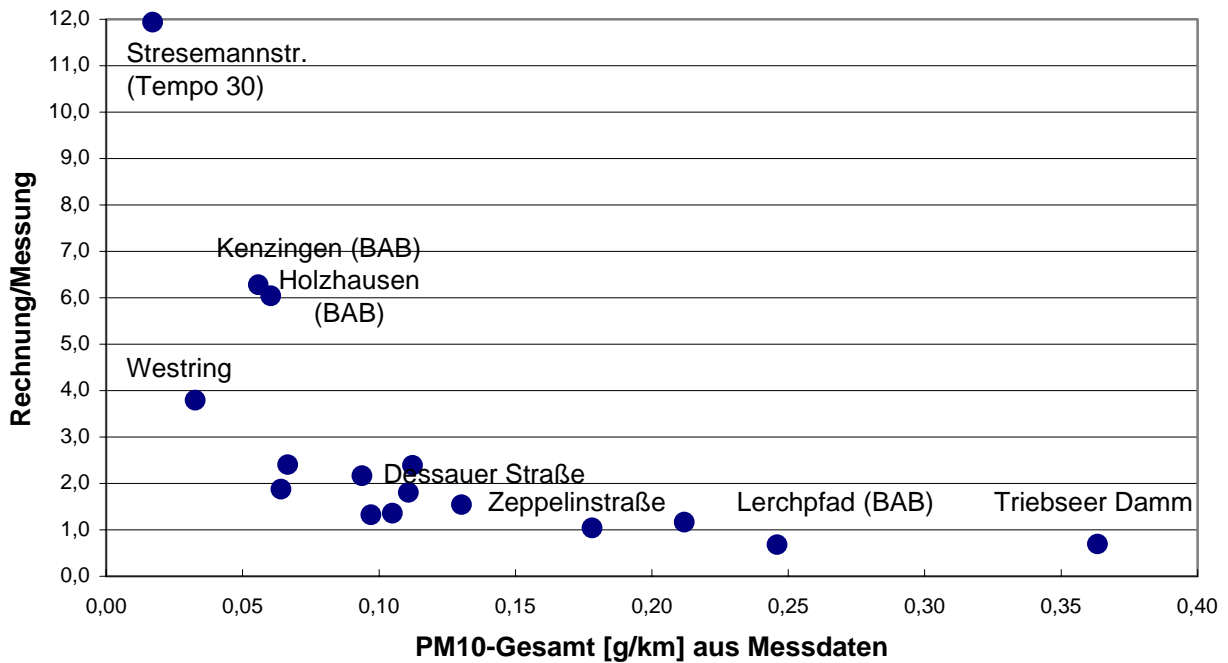


Abb. 7.2a: Quotient aus Gesamtemissionsfaktoren berechnet mit modifiziertem EPA-Modell zu aus Messdaten mit der Tracer-Methode abgeleiteten Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von aus Messdaten mit der Tracer-Methode abgeleiteten Gesamtemissionsfaktoren. Wichtige Messpunkte wurden gekennzeichnet.

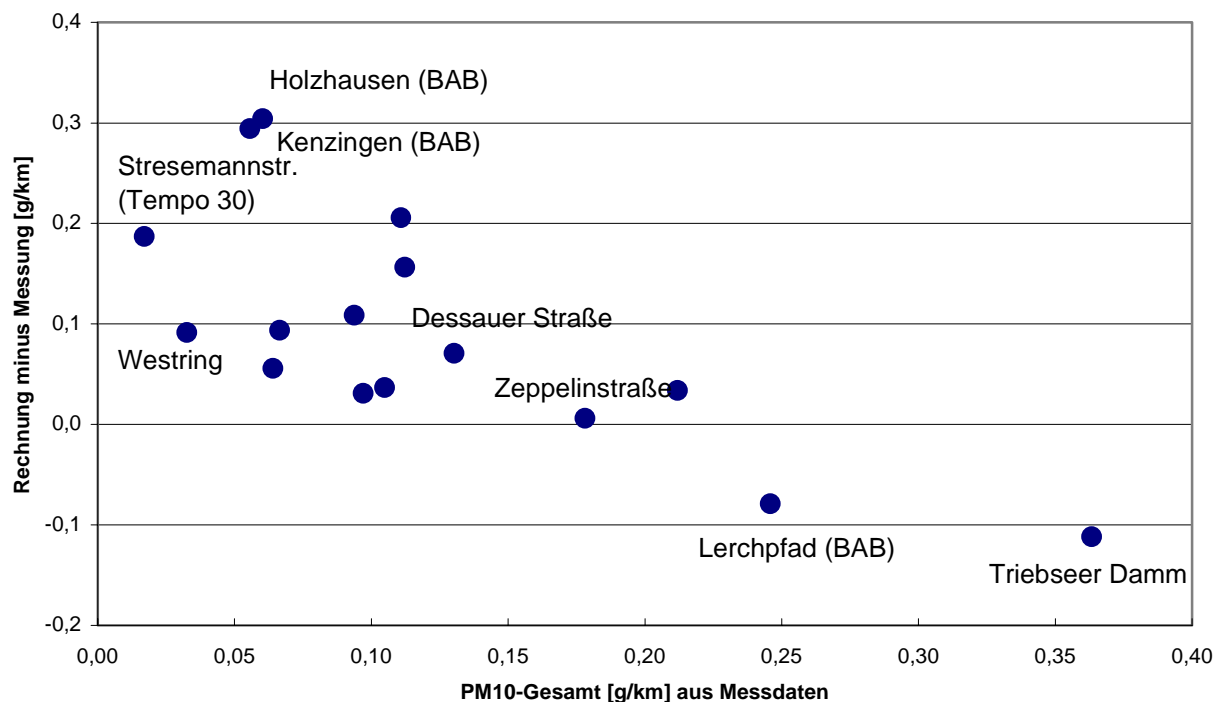


Abb. 7.2b: Gesamtemissionsfaktoren berechnet mit modifiziertem EPA-Modell minus aus Messdaten mit der Tracer-Methode abgeleiteten Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von aus Messdaten mit der Tracer-Methode abgeleiteten Gesamtemissionsfaktoren. Wichtige Messpunkte wurden gekennzeichnet.

Vergleicht man nun nicht die berechneten und beobachteten Gesamtemissionsfaktoren, sondern nur die Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebe zeigen sich die Daten der **Abb. 7.3**. Auch hier gibt es bei den hohen Emissionsfaktoren die Unterschätzungen und bei den niedrigen Emissionsfaktoren die Überschätzungen.

7.2 Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von den Straßeneigenschaften

Der Vergleich der aus den Messdaten abgeleiteten PM10-Emissionsfaktoren infolge Aufwirbelung/Abrieb mit der Schadenswertklasse der Fahrbahnoberfläche (= Maß für die Schäden am Straßenbelag) zeigt die Situation in **Abb. 7.4**. Sieht man ab vom Lerchpfad, Berlin (Grund für dortige hohe Emissionen ist derzeit unklar) und vom Triebseer Damm, Stralsund (evtl. Einfluss einer nahe gelegenen Tischlerei), so zeigt die Zeppelinstraße (Görlitz) als Straße mit der höchsten Schadenswertklasse den höchsten Emissionsfaktor aber auch der

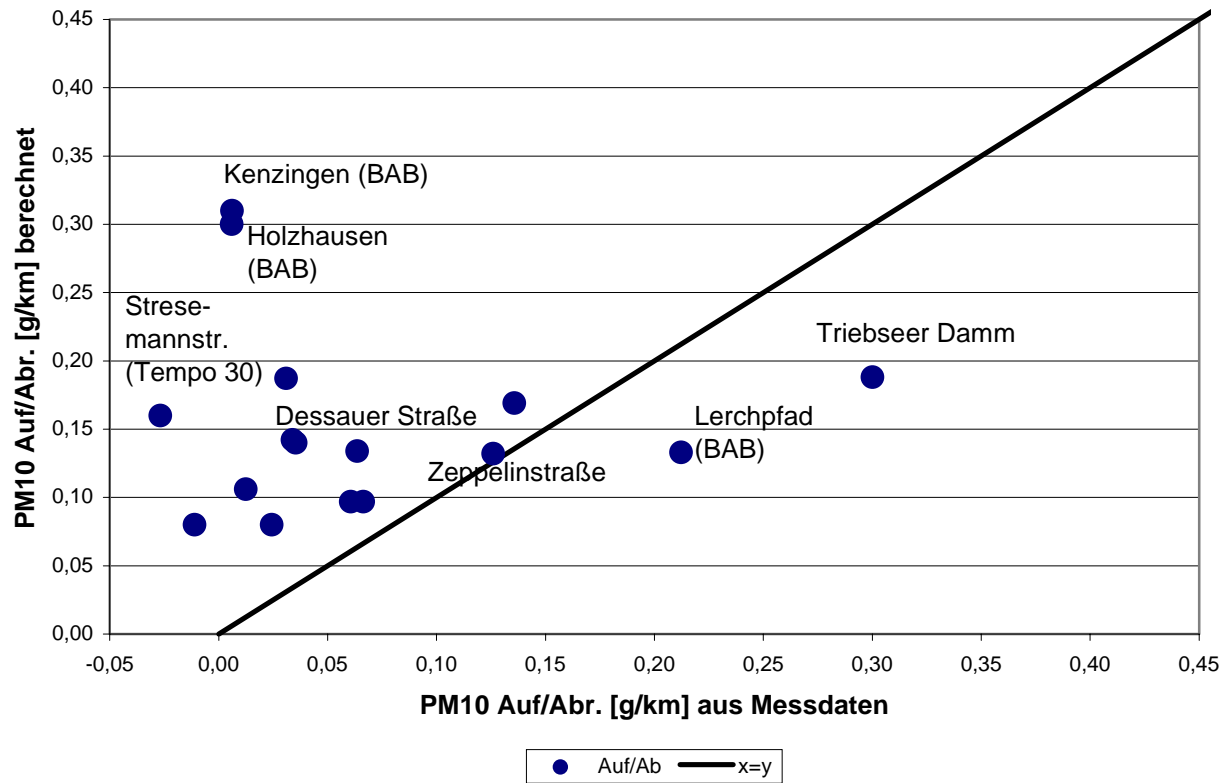


Abb. 7.3: Vergleich der mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Werte für Aufwirbelung und Abrieb mit den aus den Messdaten abgeleiteten Emissionsfaktoren. Die Linie $y=x$ bedeutet Messwert = Rechenwert.

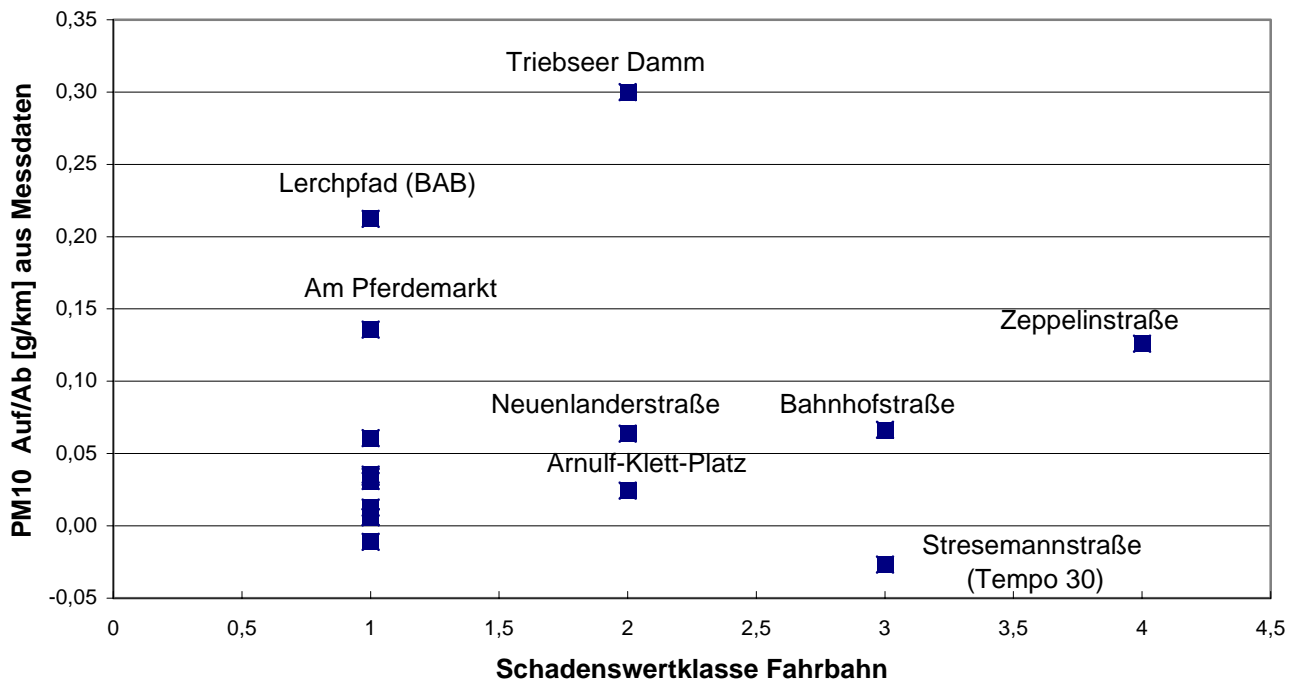


Abb. 7.4: Aus den Messdaten abgeleitete PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb in Abhängigkeit von den Schadenswertklassen der Fahrbahnen (= Maß für Schäden am Fahrbahnbelag). Zur Orientierung sind mehrere wichtige Messpunkte gekennzeichnet.

Pferdemarkt mit einer niedrigen Schadenswertklasse. Die Neuenlander Straße (Bremen) und die Bahnhofstraße (Aue) liegen mit ihren höheren Schadenswertklassen im oberen Bereich der ermittelten Emissionsfaktoren, obwohl deren LKW-Anteile (als ein wesentlicher Parameter für die Emissionsfaktoren) keine besonders hohen Werte zeigen. Infolge des nur begrenzten statistischen Kollektivs und weil auch Daten mit den höheren Schadenswertklassen 5 und 6 fehlen, können aus **Abb. 7.4** keine belastbare Schlüsse bezüglich Relevanz von Schäden der Fahrbahnoberfläche auf die PM10-Emissionen gezogen werden.

Auf der Stresemannstraße (Hamburg) liegt Tempo 30 vor. Deshalb sind die dort vorliegenden Emissionsfaktoren wahrscheinlich nicht direkt mit denen der anderen Straßen vergleichbar. Sie werden weiter unten separat diskutiert.

Den Vergleich der aus den Messdaten abgeleiteten PM10-Emissionsfaktoren infolge Aufwirbelung/Abrieb mit dem Schadenswert der Gehwege bzw. an die Straße anliegenden Flächen zeigt die **Abb. 7.5**. Die Messpunkte Lerchpfad (Berlin), Kenzingen, Holzhausen und Dessauer Straße (Wittenberg) wurden mit Schadenswert 3 eingestuft, da dort jeweils ein Großteil der Flächen um die Messstelle herum unbefestigt sind. Trotz dieser Gemeinsamkeiten differieren die Emissionsfaktoren innerhalb einer Schadenswertklasse sehr stark. Hier ist keine Abhängigkeit ableitbar oder interpretierbar.

Verknüpft man die Schadenszustandsklassen der Fahrbahnoberflächen, die Schadenswerte der Gehwege sowie den Materialparameter Asphalt entsprechend der Vorgehensweise in Abschnitt 5.5 zum sogenannten Straßenzustand der Straße so ergibt sich bzgl. der Emissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb die **Abb. 7.6**. Auch hier gibt es außer den bereits genannten Besonderheiten Stresemannstraße (Hamburg), Triebseer Damm (Stralsund) und Zeppelinstraße (Görlitz) bzw. Lerchpfad (Berlin) keine Auffälligkeiten. Geht man, wie in Abschnitt 5.5 beschrieben, von einem Übergang zwischen Straßenzustand „gut“ und „schlecht“ bei einem Schadenszustand der Straße von 3.5 aus, so war dies allerdings auch nicht zu erwarten, da alle diese Straßen unterhalb dieses Schwellwertes liegen. Die Zeppelinstraße (Görlitz) mit Schadenszustand 3.3 liegt allerdings nur knapp darunter. Die Bahnhofstraße, Aue (mit Schadenszustand 2.8) liegt im oberen Bereich der meisten aus den Messdaten abgeleiteten Emissionsfaktoren für Aufwirbelung/Abrieb, der Triebseer Damm (Stralsund) mit 2.3 zeigt den höchsten Emissionsfaktor (hier allerdings mit der Besonderheit eines möglicherweise externen Einflusses).

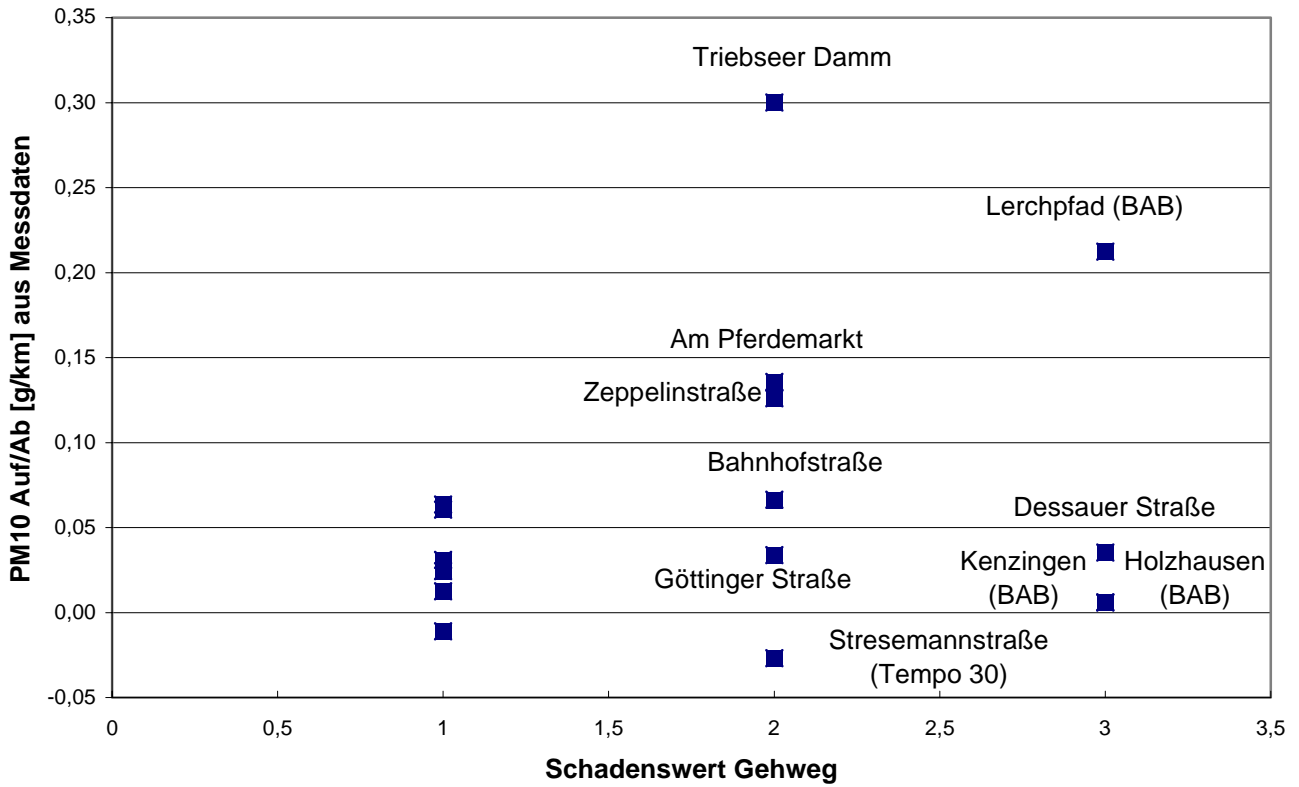


Abb. 7.5: Aus den Messdaten abgeleitete PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb mit den Schadenswerten der Gehwege bzw. umliegenden Flächen. Zur Orientierung sind mehrere wichtige Messpunkte gekennzeichnet.

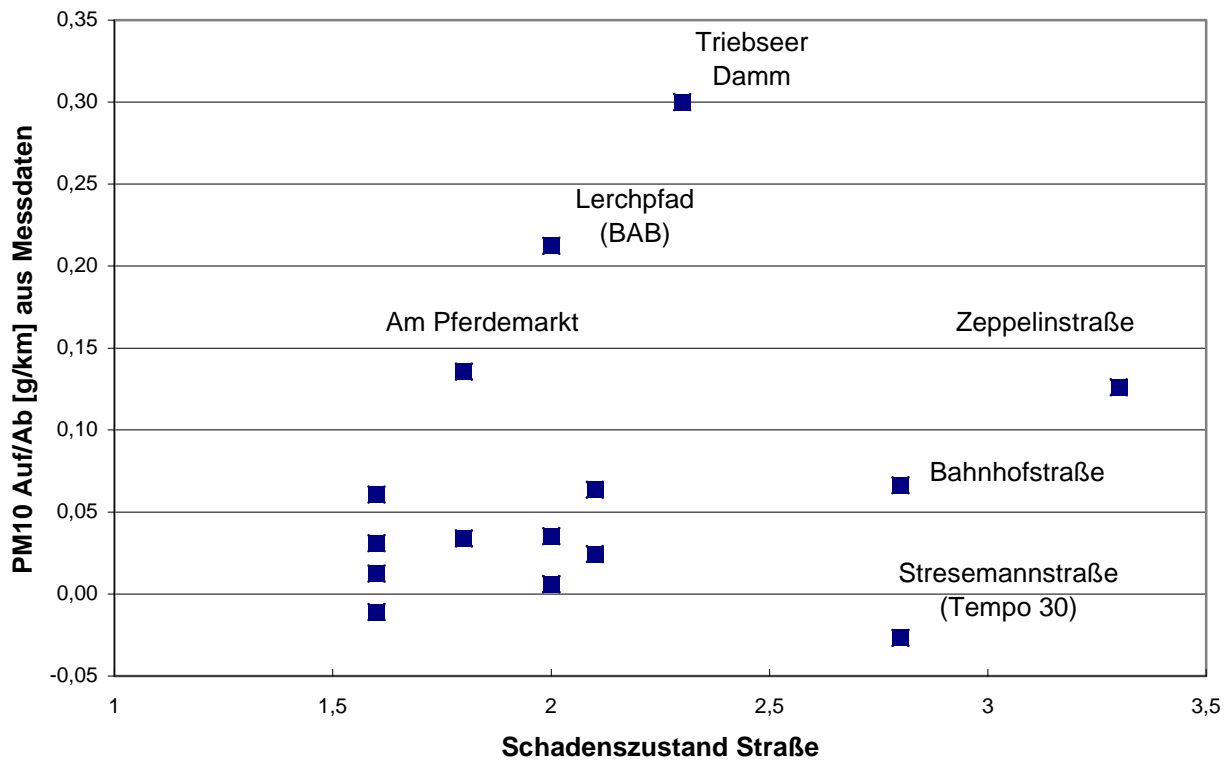


Abb. 7.6: Aus den Messdaten abgeleitete PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb in Abhängigkeit vom Schadenszustand der jeweiligen Straßen. Zur Orientierung sind mehrere wichtige Messpunkte gekennzeichnet.

7.3 Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von den LKW-Anteilen

Das modifizierte EPA-PM10-Emissionsmodell geht von einem deutlichen Einfluss des LKW-Anteils aus. **Abb. 7.7** zeigt die Abhängigkeit der beobachteten PM10-Gesamtemissionsfaktoren und **Abb. 7.8** diejenige infolge Aufwirbelung/Abrieb vom jeweiligen LKW-Anteil auf. Zusätzlich sind als durchgezogene Linie die entsprechenden Ergebnisse der Modellrechnung für Innerortsstraßen (nicht Autobahn) aufgezeigt. Hierbei zeigt sich folgendes:

- Auffällig sind Stresemannstraße (Tempo 30) und Hohlbeinplatz, dort liegen neben Holzhausen und Kenzingen die ermittelten Emissionsfaktoren deutlich unter der erwarteten Kurve, Triebseer Damm (Stralsund) liegt deutlich darüber.

Geht man davon aus, dass die genannten Messpunkte nicht in die erwartete Systematik passen, dann scheint die bisherige Abhängigkeit des Emissionsmodells vom LKW-Anteil zu flach zu verlaufen. Um die aus den Messdaten abgeleiteten Emissionsfaktoren besser zu reproduzieren, müsste die Modellkurve steiler verlaufen, allerdings mit niedrigeren Emissionen bei kleinen LKW-Anteilen. Dies ist eventuell auch die Hauptursache für die gefundene tendenzielle Überschätzung der Emissionsfaktoren bei kleinen bzw. die Unterschätzung bei großen Emissionsfaktoren (**Abb. 7.2**). Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die geringe Anzahl von Messdaten und die in Kapitel 8 geführte Fehlerdiskussion eine zweifelsfreie Aussage darüber nicht zulässt.

7.4 Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von Tempolimits

Auf den untersuchten Straßen lag im wesentlichen ein Tempolimit von 50 km/h vor. Ausnahmen hiervon sind die Stresemannstraße, Hamburg (Tempo 30), der Lerchpfad, Berlin (Stadtautobahn Tempo 80), der Autobahnabschnitt bei Holzhausen (Tempo 120) und der Autobahnabschnitt bei Kenzingen (kein Tempolimit). Aus diesem nur sehr gering differenzierten Datenkollektiv können keine belastbaren Einflüsse der Fahrzeuggeschwindigkeit auf die Emissionsfaktoren abgeleitet werden. Allerdings scheint der für die Stresemannstraße (Hamburg) gefundene niedrige Emissionsfaktor verständlich. Durch die Signalisierung des Tempolimits auf 30 km/h einschließlich der Maßnahmen zu deren Einhaltung (feste Radarstation und zusätzlich Geschwindigkeitsanzeige) wird eine gleichmäßige Fahrweise mit niedrigen Auspuffemissionen erreicht, viele Fahrzeuge rollen sogar nur an der Messstelle vorbei. Durch die niedrige und gleichmäßige Fahrzeuggeschwindigkeit könnte der Anteil an Abrieb bzw. Aufwirbelung eher gering sein. Dies kann zu der beobachteten deutlichen Reduzierung der PM10-Emissionen führen und korrespondiert mit der in Schulze (2002) an der Frankfurter Allee (Berlin) gefundenen deutlichen Reduzierung der PM10-Emissionsfaktoren bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten.

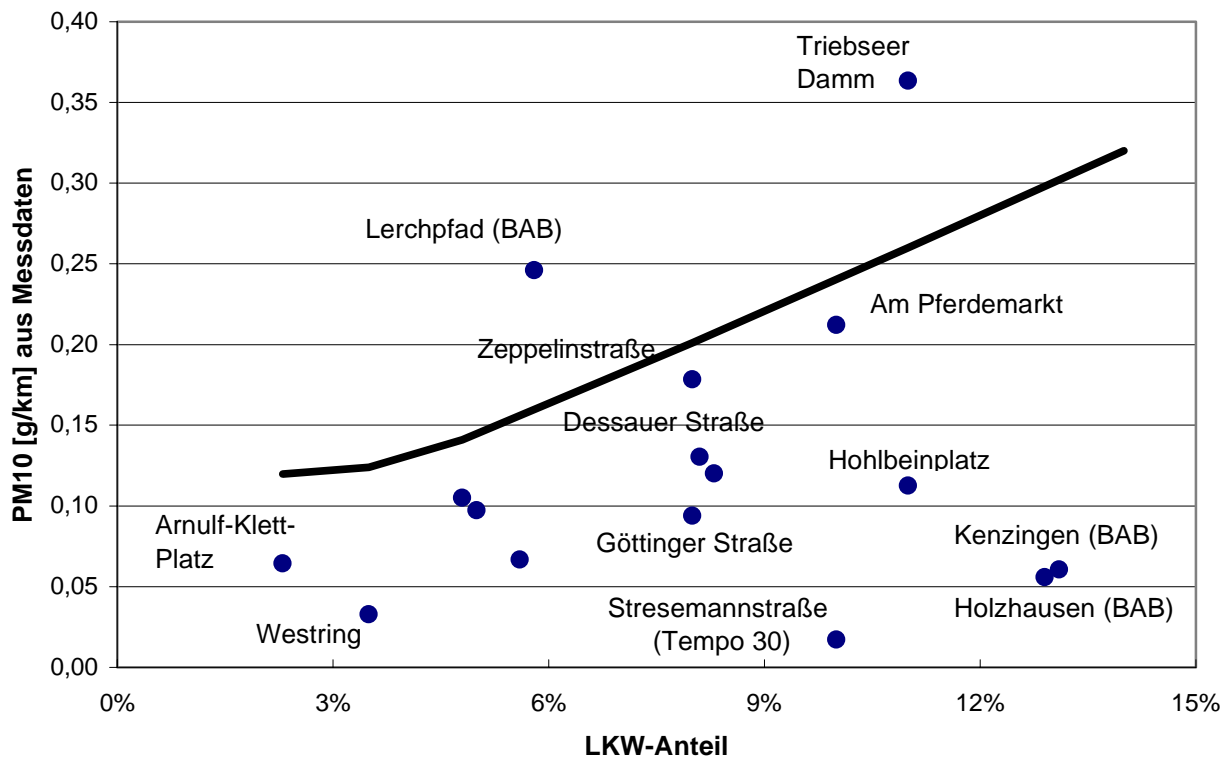


Abb. 7.7: Aus den Messdaten abgeleitete PM10-Gesamtemissionsfaktoren in Abhängigkeit von den LKW-Anteilen auf den jeweiligen Straßen. Zur Orientierung sind mehrere Messpunkte bezeichnet. Die durchgezogene Linie stellt die mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Emissionsfaktoren für Innerortsstraßen dar.

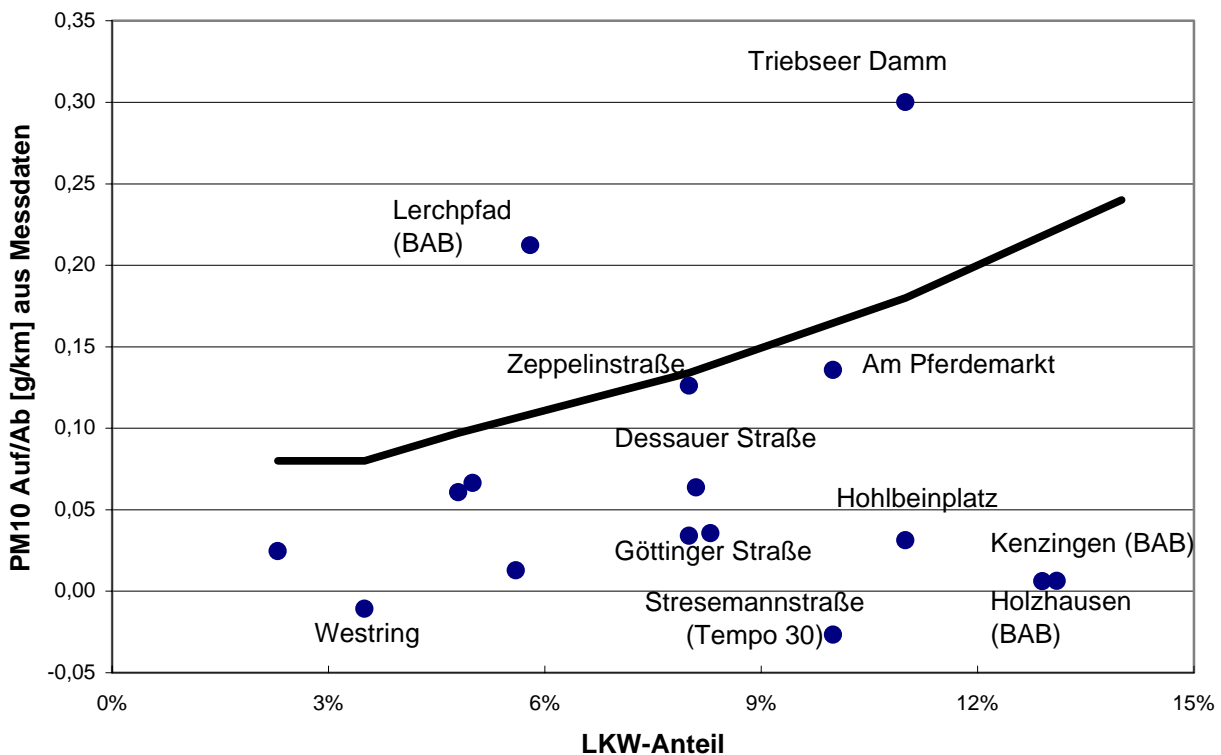


Abb. 7.8: Aus den Messdaten abgeleiteten PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb in Abhängigkeit von den LKW-Anteilen auf den jeweiligen Straßen. Zur Orientierung sind mehrere Messpunkte bezeichnet. Die durchgezogene Linie stellt die mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Emissionsfaktoren für Innerortsstraßen dar.

7.5 Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von weiteren lokalen Gegebenheiten

Vier der vierzehn Straßen verfügen über einen Grün- bzw. Mittelstreifen. Die Zuordnung der gefundenen Emissionsfaktoren zu dem Vorhandensein von Mittel- bzw. Grünstreifen brachte keinen verwertbaren Hinweis, dass dies ein wichtiger Parameter bei der PM10-Emissionsberechnung sein könnte.

7.6 Fazit

Aus den Diskussionen in den vorherigen Abschnitten kann folgendes Fazit gezogen werden:

- Der Anteil Aufwirbelung und Abriebe ist bei der PM10-Emissionsberechnung wichtig. Dies bestätigt bisherige Annahmen.
- Die mittels modifizierten EPA-Modell modellierten Aufwirbelungs-/Abriebsemissionen liegen in der Tendenz gegenüber den aus dem Messdaten mittels Tracer-Methodik abgeleiteten zu hoch. Es gibt aber auch Messpunkte, die vom Emissionsmodell unterschätzt werden. Die Streubreiten liegen allerdings im Rahmen der bisherigen Annahmen (ca. 50 % innerhalb Faktor 2, ca. 80 % innerhalb eines Faktors 3).
- Die beiden Autobahnmesspunkte Holzhausen und Kenzingen zeigen mit Emissionsfaktoren von 0.06 g/km ein ganz anderes Verhalten als der Lerchpfad (Stadtautobahn Berlin) mit 0.25 g/km. Die Ursachen hierfür sind unklar.
- Der Einfluss des Straßenzustandes auf die PM10-Emission konnte weder bestätigt noch widerlegt werden, da zu wenig Messpunkte vorhanden und die Streuungen in den Fahrbahneigenschaften zu gering waren. Insbesondere war keine Straße mit „schlechten“ Fahrbahnzustand in der Auswertung dabei. Die Straßen mit dem schlechtesten Fahrbahnzuständen zeigten aber im wesentlichen die höchsten PM10-Emissionsfaktoren.
- Der Einfluss des Fahrbahnmaterials auf die PM10-Emissionen konnte nicht untersucht werden, da nur Asphaltfahrbahnen vorlagen.
- Der Einfluss des LKW-Anteils auf die PM10-Gesamtemissionsfaktoren konnte aufgezeigt werden.
- Der Einfluss der Regenhäufigkeit konnte nicht untersucht werden, da die Variationen zu gering waren.

- In einer der Straßen gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h (Stresemannstraße). Die mit dem Tracer-Modell berechneten PM10-Emissionsfaktoren liegen deutlich niedriger als vom EPA-Modell prognostiziert. Grund dafür könnte einerseits die Unsicherheit der Auspuffemissionsfaktoren sein (es wurden Hilfsweise Auspuff-Emissionsfaktoren für 50 km/h verwendet, da in TREMOD keine Emissionsfaktoren für 30 km/h vorliegen), andererseits ein weiterer Hinweis auf die Notwendigkeit der Einbeziehung der Fahrzeuggeschwindigkeit in das Emissionsberechnungsmodell für Aufwirbelung/Abrieb.

An die Untersuchung zweckmäßig anschließende Fragestellungen weiterer Untersuchungen und Vorgehensweisen

1. Datenbasis an einigen interessanten Straßen verbessern, so dass diese in die Auswertung aufgenommen werden können. Beispiel Corneliusstraße (Düsseldorf). Ist interessant wegen dort gemessener Grenzwertüberschreitungen und wegen der kürzlich erneuerten Fahrbahnoberfläche. Vorschlag: PM10-Vorbelastung ermitteln lassen und Daten in vorliegende Auswertung einbeziehen.
2. Straßen mit außergewöhnlich hohen nicht auspuffbedingten PM10-Emissionen (z.B. Triebseer Damm (Stralsund), Lerchpfad (Berlin), Am Pferdemarkt (Neubrandenburg)) oder mit außergewöhnlich niedrigen Emissionen z.B. in der Stresemannstraße (Hamburg) oder dem Westring (Kiel) näher betrachten. Dort Datenbasis verbessern, prüfen ob die außergewöhnlichen Verhältnisse dort tatsächlich auftreten und im Sinne des Erkundens emissionsmindernder Maßnahmen herausfinden, warum dort diese Verhältnisse auftreten.
3. Tempolimit in Stresemannstraße (Hamburg) scheint dort zu niedrigen Emissionsfaktoren zu führen, diese konnte jedoch mit der im vorliegenden Projekt angewendeten Tracer-Methode nicht näher untersucht werden, außerdem ist dort die Datenlage für die Vorbelastung unsicher. Vorschlag: Informationsbasis für diese Straße verstärken und erkunden, inwieweit Tempolimit ein mögliches planerisches Mittel zur Minderung der PM10-Emissionsfaktoren darstellt.
4. An den Autobahnabschnitten Kenzingen und Holzhausen wurden sehr niedrige PM10-Emissionsfaktoren bestimmt, an der Autobahn Lerchpfad (Berlin) dagegen sehr hohe Werte, allerdings bei einer unsicheren Vorbelastung. Vorschlag: Vorbelastungsinformation am Lerchpfad verbessern. Dieser Diskrepanz nachgehen. Klären warum an einigen Autobahnabschnitten hohe Emissionen, an anderen niedrige auftreten. Dazu Ergebnisse der Messungen an der B 10 (Karlsruhe) abwarten.

5. Derzeit benutztes modifiziertes EPA-Emissionsmodell verbessern auf Basis der Daten aus vorliegendem Projekt, den Ergebnissen der Messungen des Zentrums für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg (UMEG) Karlsruhe an der B 10 in Karlsruhe, den Ergebnissen derzeit im Abschluss befindlicher Arbeiten der Niedersächsischen Landesanstalt für Ökologie (NLÖ) in Hannover für die Göttinger Straße und anderer derzeit laufender PM10 Projekte. Geprüft werden könnte die Einführung der Parameter Fahrmuster/Geschwindigkeitsbegrenzung, Material und Zustand der Straßenoberfläche, Längsneigung der Fahrbahn sowie eine Verbesserung der Erfassung des Einflusses von Regen und eine Modifikation des Einflusses des LKW-Anteils.

8 FEHLERDISKUSSION

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte für das vorliegende Projekt nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die als Tracer benutzten NO_x -Emissionen aber auch die PM_{10} -Auspuffemissionen ist festzuhalten, dass diese Emissionen nicht im Straßenverkehr direkt gemessen, sondern nur über Modellrechnungen (hier TREMOD) ermittelt werden. Die Genauigkeit dieser Emissionsdaten ist daher unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BASt (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %. Teilweise lagen im Rahmen des hier vorliegenden Projektes nur Stichprobenzählungen oder Verkehrszählungen aus vorangegangenen Jahren vor. Trotzdem wird nachfolgend nur von ± 10 % Unsicherheit ausgegangen.

Für die in TREMOD verwendeten Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird im Folgenden ein mittlerer Schätzwert von 20 % angesetzt.

Auch die Immissionsmessungen sind mit Ungenauigkeiten behaftet. Sie stellen wesentliche Eingangsgrößen für die hier durchgeführten Berechnungen dar zusammen mit den NO_x - und PM_{10} -Vorbelastungen. Letztere wurden nicht direkt vor Ort (das heißt direkt im Zusammenhang mit der jeweiligen Straßenmessstelle) erfasst, sondern aus den Messdaten naheliegender städtischer Hintergrundstationen abgeleitet. Die dafür angesetzten Unsicherheiten sind weiter unten beschrieben.

Um die Einflüsse der genannten Unsicherheiten auf die ermittelten Emissionsfaktoren aufzuzeigen werden im folgenden am Beispiel von sechs Messpunkten Sensitivitätsbetrachtungen durchgeführt. Dies betrifft die Stresemannstraße, Hamburg (Tempo 30, sehr große Abweichung zwischen Messung und Rechnung), Lerchpfad, Berlin (BAB, gegenüber den anderen BAB-Standorten Kenzingen und Holzhausen sehr hoher Emissionsfaktor), Zeppelinstraße, Görlitz (schlechtester Fahrbahnzustand), Dessauer Straße, Wittenberg (keine Besonderheiten), Kenzingen (BAB), Triebseer Damm, Stralsund (höchster ermittelter PM_{10} -Emissionsfaktor).

Diese Stationen decken also einen wichtigen Bereich der ermittelten PM10-Emissionsfaktoren ab. Zur Abschätzung der Fehlerbandbreiten der gefundenen Emissionsfaktoren wurden also folgende Variationen der Eingangsdaten angesetzt:

- Der NO_x-Emissionsfaktor wurde um plus/minus 20 % variiert.
- Die PM10-Vorbelastung wurde um 20 % reduziert bzw. um 10 % erhöht (eine Erhöhung um 20 % war im Allgemeinen nicht möglich, da die Vorbelastung höher als die Gesamtbelastung geworden wäre).
- Die NO_x-Vorbelastung wurde um 20 % reduziert bzw. um 5 % erhöht und
- die Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke wurde um plus/minus 10 % variiert.

Die Matrix der damit berechneten PM10-Emissionsfaktoren ist in **Tab. 8.1** aufgeführt. Von den unter diesen Voraussetzungen ermittelten PM10-Emissionsfaktoren wurden sowohl der kleinste als auch der größte Wert in **Abb. 8.1** und **Abb. 8.2** aufgenommen.

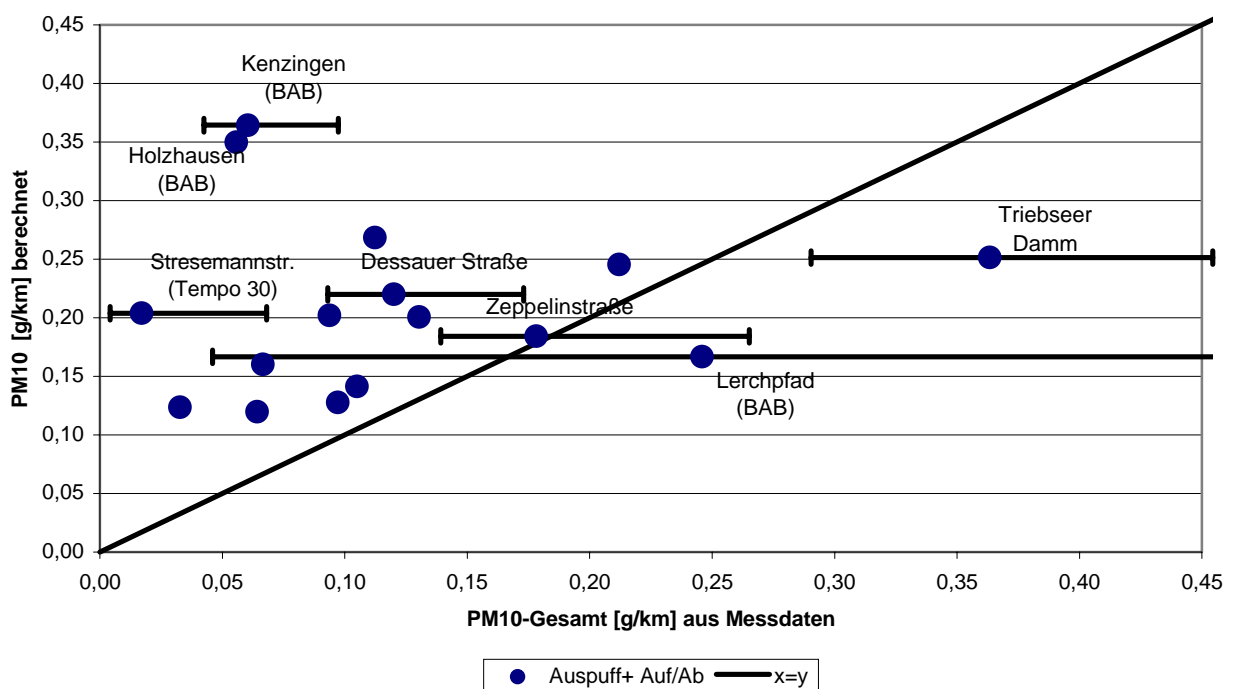


Abb. 8.1: Vergleich der aus den Immissionsmessdaten abgeleiteten PM10-Gesamtemissionsfaktoren mit den mit dem modifizierten EPA-Modell berechneten Werten. Zusätzlich wird für 6 Messpunkte eine mögliche Fehlerbandbreite für den Emissionsfaktor angegeben. Erläuterungen siehe Text. Die Linie $x=y$ bedeutet Messwert = Rechenwert.

Es zeigt sich, dass im allgemeinen das Maximum und Minimum der Fehlerbandbreite von der angesetzten PM10-Vorbelastung bestimmt wird. Das heißt, die genaue Bestimmung der PM10-Vorbelastung ist eine wesentliche Voraussetzung für eine genaue PM10-Emissionsbestimmung.

Wie in Abschnitt 4.2 erläutert, steht ein Update des Handbuchs für Emissionsfaktoren bevor mit höheren NO_x-Emissionsfaktoren für LKW als im vorliegenden Projekt zugrundegelegt werden konnte. Um welchen Prozentsatz sich dadurch die errechneten NO_x-Emissionen einer Straße erhöhen werden, ist nicht bekannt. Anhand von **Tab. 8.1** kann man aber sehen, dass bei einer Erhöhung der NO_x-Emission um einen bestimmten Prozentsatz die ermittelte PM10-Emission genau um denselben Prozentsatz steigt. Die Bedeutung der nicht-auspuffbedingten PM10-Emission würde sich damit als noch wichtiger zeigen.

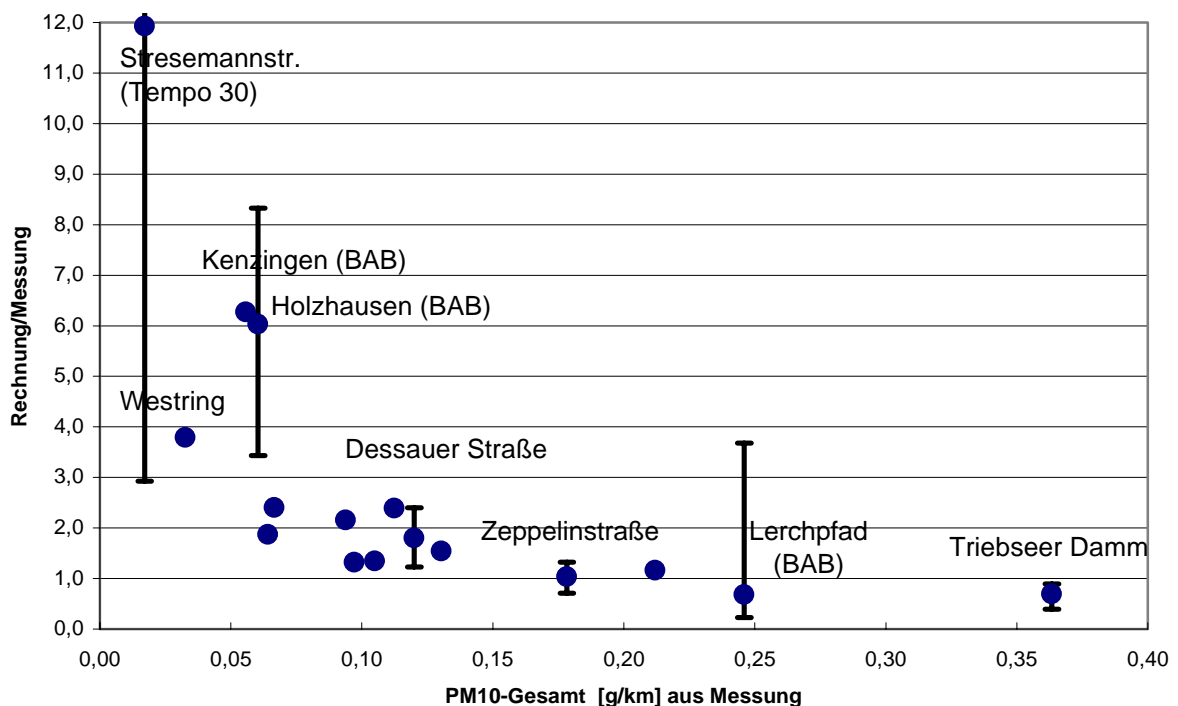


Abb. 8.2: Quotient aus PM10-Gesamtemissionsfaktor aus Rechnung mit modifiziertem EPA-Modell zu aus den Messdaten abgeleitetem PM10-Emissionsfaktor in Abhängigkeit von PM10-Gesamtemissionsfaktor. Zusätzlich wird für 6 Messpunkte eine mögliche Bandbreite angegeben. Erläuterungen siehe Text.

Die größte Fehlerbandbreite beim Quotienten aus Modellierung und Messung stellte sich bei der Stresemannstraße dar. Dies resultiert aus der dort mit nur 2 µg/m³ angegebenen PM10-Zusatzbelastung. Deshalb ist hier die Sensibilität des abgeleiteten PM10-Emissionsfaktors bzgl. der Vorbelastung deutlich größer als z.B. eine ungenaue NO_x-Emission. Die größte

absolute Variation des PM10-Emissionsfaktors ergab sich für den Lerchpfad (Berlin), hier ebenfalls aufgrund der Unsicherheiten bei der PM10-Vorbelastungsbestimmung.

Die kleinsten Variationen des PM10-Emissionsfaktors zeigen Triebseer Damm (Stralsund) und Zeppelinstraße (Görlitz). Damit scheinen sich diese hohen Emissionsfaktoren bestätigt zu haben. Der Hinweis auf eine Tischlerei beim Triebseer Damm (Stralsund) wurde bereits gegeben, aber eine abschließende Klärung im Rahmen des Projektes konnte nicht herbeigeführt werden.

Straße	DTV Kfz/d	LKW [%]	NOx-ZB µg/m³	PM10-ZB µg/m³	NOx-Efaktor g/km	Bemerkung	PM10-Efaktor g/km	Rechnung/Messung	Rechnung g/km
Lerchpfad	177258	5,8	11,1	3,2	0,85	Ausgangsdaten	0,246	0,70	0,172
	177258	5,8	11,1	3,2	0,68	NOx-Efaktor -20%	0,196	0,88	0,172
	177258	5,8	11,1	3,2	1,02	NOx-Efaktor +20%	0,295	0,58	0,172
	177258	5,8	11,1	11,1	0,85	PM10-VB -20%	0,684	0,25	0,172
	177258	5,8	11,1	0,6	0,85	PM10-VB +10%	0,046	3,74	0,172
	177258	5,8	39	3,2	0,85	NOx-VB -20%	0,070	2,46	0,172
	177258	5,8	4	3,2	0,85	NOx-VB +5%	0,682	0,25	0,172
	160000	5,8	11,1	3,2	0,85	DTV -10%	0,274	0,63	0,172
	195000	5,8	11,1	3,2	0,85	DTV +10%	0,224	0,77	0,172
Stresemannst.	25000	10	118	2	1,01	Ausgangsdaten	0,017	11,9	0,202
	25000	10	118	2	0,81	NOx-Efaktor -20%	0,014	14,4	0,202
	25000	10	118	2	1,21	NOx-Efaktor +20%	0,020	10,1	0,202
	25000	10	118	8	1,01	PM10-VB -20%	0,068	2,97	0,202
	25000	10	118	0,5	1,01	PM10-VB +5%	0,004	50,5	0,202
	25000	10	128	2	1,01	NOx-VB -20%	0,016	12,6	0,202
	25000	10	116	2	1,01	NOx-VB +5%	0,017	11,9	0,202
	22500	10	118	2	1,01	DTV -10%	0,019	10,6	0,202
	27500	10	118	2	1,01	DTV +10%	0,019	10,6	0,202
Zeppelinstr.	21000	8	56	9	1,11	Ausgangsdaten	0,178	1,00	0,178
	21000	8	56	9	0,89	NOx-Efaktor -20%	0,143	1,24	0,178
	21000	8	56	9	1,33	NOx-Efaktor +20%	0,214	0,83	0,178
	21000	8	56	13,4	1,11	PM10-VB -20%	0,265	0,67	0,178
	21000	8	56	7	1,11	PM10-VB +10%	0,139	1,28	0,178
	21000	8	64	9	1,11	NOx-VB -20%	0,156	1,14	0,178
	21000	8	54	9	1,11	NOx-VB +5%	0,185	0,96	0,178
	18900	8	56	9	1,11	DTV -10%	0,198	0,90	0,178
	23100	8	56	9	1,11	DTV +10%	0,160	1,11	0,178
Triebseer D.	24600	11	46	12	1,39	Ausgangsdaten	0,363	0,70	0,254
	24600	11	46	12	1,11	NOx-Efaktor -20%	0,290	0,88	0,254
	24600	11	46	12	1,67	NOx-Efaktor +20%	0,436	0,58	0,254
	24600	11	46	15	1,39	PM10-VB -20%	0,454	0,56	0,254
	24600	11	46	10,5	1,39	PM10-VB +10%	0,318	0,80	0,254
	24600	11	49	12	1,39	NOx-VB -20%	0,340	0,75	0,254
	24600	11	45	12	1,39	NOx-VB +10%	0,371	0,68	0,254
	22100	11	46	12	1,39	DTV -10%	0,404	0,63	0,254
	27100	11	46	12	1,39	DTV +10%	0,327	0,78	0,254
Dessauer Str.	10763	8,3	130	10	1,58	Ausgangsdaten	0,121	1,82	0,221
	10763	8,3	130	10	1,26	NOx-Efaktor -20%	0,145	1,52	0,221
	10763	8,3	130	10	1,90	NOx-Efaktor +20%	0,097	2,27	0,221
	10763	8,3	130	14,8	1,58	PM10-VB -20%	0,180	1,22	0,221
	10763	8,3	130	7,6	1,58	PM10-VB +10%	0,092	2,39	0,221
	10763	8,3	134,4	10	1,58	NOx-VB -20%	0,117	1,88	0,221
	10763	8,3	128,9	10	1,58	NOx-VB +5%	0,122	1,80	0,221
	9700	8,3	130	10	1,58	DTV -10%	0,135	1,63	0,221
	11800	8,3	130	10	1,58	DTV +10%	0,111	1,98	0,221
Kenzingen	56744	13	137	6	1,38	Ausgangsdaten	0,060	6,30	0,378
	56744	13	137	6	1,10	NOx-Efaktor -20%	0,048	7,88	0,378
	56744	13	137	6	1,66	NOx-Efaktor +20%	0,072	5,25	0,378
	56744	13	137	9,6	1,38	PM10-VB -20%	0,097	3,90	0,378
	56744	13	137	4,2	1,38	PM10-VB +10%	0,042	9,00	0,378
	56744	13	143,8	6	1,38	NOx-VB -20%	0,058	6,52	0,378
	56744	13	135,3	6	1,38	NOx-VB +5%	0,061	6,20	0,378
	51000	13	137	6	1,38	DTV -10%	0,067	5,64	0,378
	62400	13	137	6	1,38	DTV +10%	0,054	7,00	0,378

Tab. 8.1: Sensitivitätsmatrix bei Variation verschiedener Eingangsdaten für die PM10-Emissionsbestimmung. Erläuterung siehe Text.

9 LITERATUR

- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- EWS (1997): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln. Entwurf von 1997.
- FGSV (2001): Arbeitspapiere zur Systematik der Straßenerhaltung AP9, Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB), Erhaltungsplanung. Ausgabe 2001
- INFRAS (1999): HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.2 / Januar 1999. INFRAS AG, Bern/Schweiz, Hrsg.: UBA (Umweltbundesamt) Berlin.
- Lambrecht, U., Höpfner, U. (2000): Mögliche Diskrepanzen bei der Bestimmung von Partikeln. IFEU Heidelberg im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg.
- Lohmeyer, A., Düring, I. (2001): Validierung von PM10-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen. Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Umweltschutz und Technologie, Berlin und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. Juni 2001.
- MLUS 02 (2002): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Schulze, E. (2002): Räumliche und zeitliche Analyse von kontinuierlichen Luftschadstoffmessungen in Berlin. Einfluss von Regen und Luftfeuchte auf die PM10-Emission und -Immission. Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden, Institut für Geographie, Lehrstuhl für Landschafts- und Geoökologie zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Geographin.
- Sieker, F.; Grottker, M. (1988): Beschaffenheit von Straßenoberflächenwasser bei mittlerer Verkehrsbelastung. Bericht der Universität Hannover, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtsch. Wasserbau, Juni 1987, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 530, 1988. Hrsg. BMV, Abt. Straßenbau, Bonn.

TREMOT (2002): TREMOD -Transport Emission Estimation Model. Siehe Wolfram Knörr et al. (IFEU): Aktualisierung des „Daten- und Rechenmodells“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1980-2020“; Endbericht; im Auftrag des Umweltbundesamtes; UFOPLAN Nr. 201 45 112; Heidelberg, 31. Oktober 2002.

A N H A N G A 1:
FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ALLGEMEINEN STRASSENDATEN

A1 FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ALLGEMEINEN STRASSENDATEN

Straßenname:

Ort:

Bundesland:

Angaben gelten für das Jahr (.....)

<u>Frage für alle Straßen:</u>		
Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke (DTV-Wert)	.....	Kfz/24 h
Ist angegebener Wert der Jahresmittelwert (JM) oder ein Werktagwert (W)	JM / W*	
War Jahr "normal" oder gestört durch Baustellen, Umleitungen etc.	Ja / Nein*	
Quelle des DTV-Werts: K = Kont. Zählung, S = Stichprobe, A = Abschätzung, V** = Verkehrsmengenkarte	.....
LKW-Anteil	.....	%
Bezieht sich LKW-Anteil auf Kfz > 2,5 t oder > 3,5 t	2,5 t/3,5 t*	
Tempolimit	.....	km/h
Längsneigung	.....	%
Anzahl der Fahrstreifen	.....	[ - ]
Fahrtrichtung getrennt durch Mittelstreifen / Grünstreifen	Ja / Nein*	
<u>Handelt es sich um:</u>		
Autobahn	Ja / Nein*	
Außerortsstraße (nicht Autobahn) – gerade Strecke	Ja / Nein*	
Außerortsstraße (nicht Autobahn) – kurvig	Ja / Nein*	
Außerortsstraße (nicht Autobahn) – enge Kurven	Ja / Nein*	
Innerortsstraße	Ja / Nein*	
<u>Wenn Innerortsstraße:</u>		
Hauptverkehrsstraße	Ja / Nein*	
Nebenstraßen mit lockerer Randbebauung	Ja / Nein*	
Nebenstraße mit dichter Bebauung	Ja / Nein*	
wenn Lichtsignalanlage vorhanden, Abstand längs der Straße zur Messstelle in Metern	.....	[ m]
Lage zentrumsnah	Ja / Nein*	
Frage zu Stausituationen		
- häufig	Ja / Nein*	
- wenn häufig, wie viele h täglich	.....	[ h]
<u>Ausfüller des Formblatts:</u>		
Name:		
Institution:		
Tel. Nr.:		
E-Mail-Adresse:		
Falls nicht nur für das Jahr 2000 sondern auch für die Jahre davor PM10-Immissionsdaten vorliegen, wären auch diese Daten (zusammen mit den zugehörigen Verkehrsdaten) hilfreich		

* Nicht zutreffendes streichen

** Bitte auch Nr. der dem Straßenabschnitt zugeordneten Zählstation geben

A N H A N G A 2:
FORMULARE ZUR VISUELLEN ZUSTANDSERFASSUNG VON STRASSEN

A2 FORMULARE ZUR VISUELLEN ZUSTANDSERFASSUNG VON STRASSEN

FGSV-Arbeitspapier zur Zustandserfassung und -bewertung

Reihe V Abschnitt V 2 Unterabschnitt V 2.2: Visuelle Zustandserfassung Außerortsstraßen - Zementbeton

Straßenbezeichnung				Straßenbauamt				Straßenmeisterei							
von Netzknoten		von Stat.		von km		Erfassungsteam				Erfassungsdatum					
bis Netzknoten		bis Stat.		bis km		Abschnittsnummer				Teilabschnittsnummer					
Richtung/Blocknummer				Länge [km]				Gesamtzahl Platten				Plattenlänge [m]			

								SS	HF	ÜF1	ÜF2					
Allgemeine Unebenheiten				sehr schwach ausgeprägt												
				schwach ausgeprägt												
				deutlich ausgeprägt												
				stark ausgeprägt												
				sehr stark ausgeprägt												
Längs/Querrisse				Eck- und Kantenschäden				Flickstellen bitumöser Teilersatz								
Gesamtlänge in m				Gesamtlänge in m				Gesamtfläche in qm								
Platten-Nr.	SS	HF	ÜF1	ÜF2	SS	HF1	ÜF1	ÜF2	SS	HF	ÜF1	ÜF2	Platten-Nr.			
1													1			
2													2			
3													3			
4													4			
5													5			
6													6			
7													7			
8													8			
9													9			
10													10			
11													11			
12													12			
13													13			
14													14			
15													15			
16													16			
17													17			
18													18			
19													19			
20													20			
21													21			
22													22			
23													23			
24													24			
25													25			
Anzahl betroffener Platten																
Bemerkung																

Abb. 1: Erfassungsbogen für Betonstraßen

FGSV-Arbeitspapier zur Zustandserfassung und -bewertung

Reihe V Abschnitt V 2 Unterabschnitt V 2.2: Visuelle Zustandserfassung Außerortsstraßen - Zementbeton

Straßenbezeichnung	OD/FS	Straßenbauamt	Straßenmeisterei
von Netzknoten	von km	Erfassungsteam	Erfassungsdatum
bis Netzknoten	bis km	Richtung	Blocknummer
Gesamtbreite [m]	Länge [km]	Abschnittsnummer	Teilabschnittsnummer

			ÜF2	ÜF1	HF	SS
1	Allgemeine Unebenheiten	sehr schwach ausgeprägt				
		schwach ausgeprägt				
		deutlich ausgeprägt				
		stark ausgeprägt				
		sehr stark ausgeprägt				
2	Spurrinnen	Spurrinnentiefe in mm				
3	Einzelrisse Rißhäufungen Netzrisse	betroffene Fläche in %				
4	Oberflächenschäden (Abrieb, Ausmagerung, Splittverlust, Abplatzungen, Bindemittelanreicherungen)	betroffene Fläche in %				
		mit Ausbrüchen ?				
5	Flickstellen vergossene Risse	betroffene Fläche in %				

Bemerkung

Abb. 2: Erfassungsbogen für zweibahnige Asphaltstraßen

FGSV-Arbeitspapier zur Zustandserfassung und -bewertung

Reihe V Abschnitt V 2 Unterabschnitt V 2.2: Visuelle Zustandserfassung Außerortsstraßen - Zementbeton

Straßenbezeichnung	OD/FS	Straßenbauamt	Straßenmeisterei
von Netzknoten	von Station (von km)	Erfassungsteam	Erfassungsdatum
bis Netzknoten	bis Station (bis km)		
Breite [m]	Länge [km]	Abschnittsnummer	Teilabschnittsnummer

1	Allgemeine Unebenheiten	sehr schwach ausgeprägt			
		schwach ausgeprägt			
		deutlich ausgeprägt			
		stark ausgeprägt			
		sehr stark ausgeprägt			
2	Spurrinnen	Spurrinnentiefe in mm			
3	Offene Pflasterfugen	betroffene Fläche in %			
4	Oberflächenschäden (Verschleiß, Abplatzungen, Zertrümmerungen)	betroffene Fläche in %			
		mit Ausbrüchen ?			
5	Flickstellen	betroffene Fläche in %			
6	Entwässerungseinrichtungen unzureichend	Länge (Hin) in %			
		Länge (Rück) in %			

Bemerkung

Abb. 3: Erfassungsbogen für Pflasterstraßen

A N H A N G A 3:
FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ZUSÄTZLICHEN STRASSENDATEN

A3 FORMULAR ZUR ERFASSUNG DER ZUSÄTZLICHEN STRASSENDATEN

Straßenname:

Ort:

Bundesland:

Angaben gelten für das Jahr (.....) Datum der Begehung:

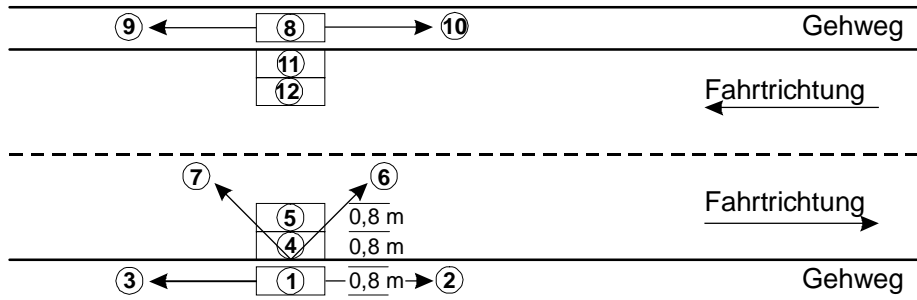
<u>Frage für alle Straßen:</u>		
Fährt auf der Straße Straßenbahn? Wenn ja welche Gleisabdeckung?	Ja / Nein*	.....
Ist die Straße Einbahnstraße?	Ja / Nein	
Bebauung dicht oder locker?	.....
Mittlere Höhe der Bebauung	.....	m
Straßenbreite (Bebauungsflucht zu Bebauungsflucht)	.....	m
Abstand Fahrbahn zur Bebauungsflucht	.....	m
Material der Gehwege und Zustand	.....	.....
Parkflächen vorhanden? Wenn ja welcher Zustand?	Ja / Nein*	.....
Sind im Bereich der Straße viele Häuser mit Hausbrand?	Ja / Nein*	
Gibt es im Nahbereich der Straße weitere lokale PM10-Quellen außer Verkehr?	Ja / Nein*	.....
<u>Ausfüller des Formblatts:</u>		
Name:		
Institution:		
Tel. Nr.:		
E-Mail-Adresse:		

- Nicht zutreffendes streichen

A N H A N G A 4:
SCHEMA FÜR DIE FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION

A4 SCHEMA FÜR DIE FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION

a) zweistreifige Straße



b) vierstreifige Straße

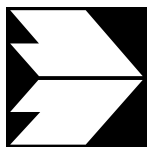
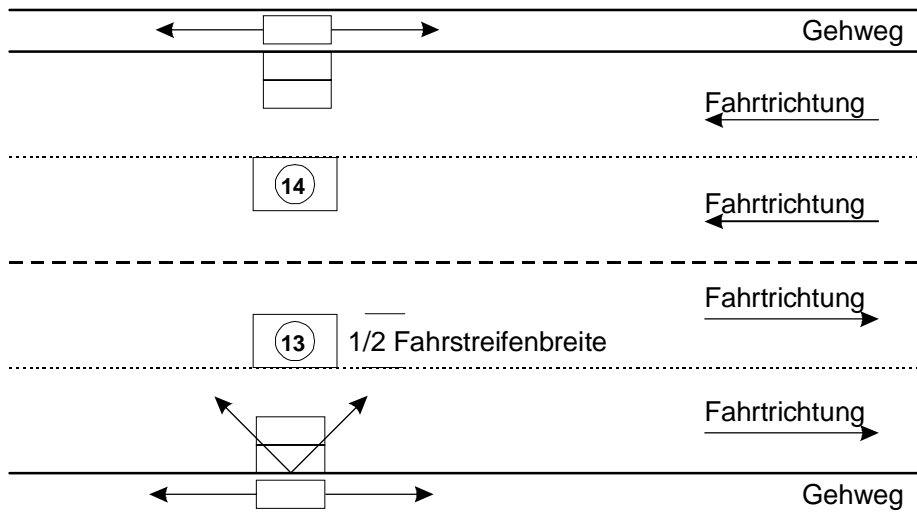


Abb.A4.1: Schema für fotografische Dokumentation. Fotos in Fahrbahnlängsachse so, das Straßenlänge von ca. 10 Fahrstreifenbreiten erfasst wird.

Maßstab liegt ggfs links im Bild, immer längs der Blickrichtung.

Dateiname: Strassenname, Stadt, Standort Straßenseite für Foto 1.

A N H A N G A 5:
ERGEBNISSE DER RECHERCHE DER UMEG

A5 ERGEBNISSE DER RECHERCHE DER UMEG

