

**Technische Universität Berlin
Fachgebiet Luftreinhaltung**

Rußimmission in Berlin

**Herkunftsbestimmung
KFZ-Flottenemissionsfaktoren
Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden**

von

**Prof. Dr. rer. nat. Gerhard W. Israel
Dipl.-Ing. Christian Schlums
Dipl.-Ing. Renate Treffeisen
Dipl.-Ing. Markus Pesch**

**Abschlußbericht zum Vorhaben:
"Messung der Rußimmission in Berlin"
B 281 KF**

**Im Auftrag
der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz**

Februar 1996

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
I	Allgemeiner Teil	5
2	Beschreibung des Meßprogrammes	5
2.1	Meßkampagnen	5
2.2	Auswahl der Staubsammelgeräte	7
2.3	BLUME-Meßgeräte und meteorologische Daten	8
3	Beschreibung der Analyseverfahren	10
3.1	Gravimetrie	10
3.2	Kohlenstoffanalyse	10
3.3	Atomabsorptionsspektroskopie	11
4	Methoden der Qualitätssicherung	12
4.1	Gravimetrie	12
4.2	Staub- und Staubinhaltsdaten der Dichotomous-Sammler	12
4.3	Atomabsorptionsspektroskopie	15
4.4	Staubanalyseverfahren	15
5	Allgemeine Gesichtspunkte zur Datenauswertung	16
5.1	Ermittlung von Meßwertausreißern	16
5.2	Blindwertkorrektur der Dichotomous-Daten	16
5.3	Normierte mittlere Tagesgänge	17
5.4	Interpolation von Meßwerten	18
5.5	Behandlung negativer Werte bei der Differenzbildung von Schadstoffkonzentrationen	19
II	Ergebnisse der Vergleichsmessungen	20
6	Vergleichsmessungen zur Rußabscheidung unterschiedlicher Probenahmegeräte	21
6.1	Vergleich der einzelnen Staubmeßgeräte	23

6.1.1	Vergleich der Gesamtstaubmeßgeräte (G)-FH, (G)-KFG und (G)-HV	26
6.1.2	Vergleich der PM10-Sammelgeräte (10)-KFG und (10)-DC	26
6.1.3	Vergleich der Gesamtstaubsammelverfahren mit den PM10-Meßverfahren	28
6.2	Abschätzung der Rußimmission aus Black-Smoke-Messungen ..	31
6.2.1	Vergleich von EC- und Black-Smoke-Messungen	33
III	Emissionsfaktoren für LKW- und PKW-Verkehr	36
7	Theoretische Grundlagen zur Bestimmung der Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte in einem selbstlüftenden Tunnel	38
7.1	Der Tegeler Autobahntunnel als Bilanzraum	39
7.2	Ermittlung der Immissionsbeiträge des Verkehrs	41
7.3	Ermittlung des PKW- und LKW-Aufkommens	42
7.4	Ermittlung der Tunnelluftgeschwindigkeit im Tegeler Tunnel	44
7.4.1	Strömungsphysikalisches Modell zur Berechnung der Tunnelluftgeschwindigkeit durch Selbstlüftung	45
7.4.2	Bestimmung der Tunnelluftgeschwindigkeit aus CO ₂ -Immissionsmessungen	46
7.4.3	Modifizierte Formel für die Tunnelluftgeschwindigkeit im Tegeler Tunnel	49
7.4.4	Überprüfung der Belüftungsformel	51
7.5	Darstellung der Immissions- und Emissionsbeiträge des Verkehrs	53
7.5.1	Mittlere Immissionsbeiträge des Verkehrs	53
7.5.2	Mittlere Emissionsbeiträge des Verkehrs	55
7.5.3	Mittlere Tagesgänge der Verkehrsbeiträge	56
7.5.4	Regressionsanalyse	61
8	Bestimmung der Flottenemissionsfaktoren für PKW- und LKW-Verkehr im Tegeler Tunnel	64
8.1	Vorgehensweise zur Ermittlung und Überprüfung der Emissionsfaktoren	64
8.2	Zusammenstellung und Diskussion der Emissionsfaktoren	67

9	Vergleich der im Tegeler Autobahntunnel ermittelten Flottenemissionsfaktoren mit der Literatur	71
9.1	Überblick über Herkunft und Randbedingungen der Vergleichsfaktoren	71
9.2	Vergleich der gemessenen und berechneten Emissionsfaktoren .	74
9.3	Leitkomponenten für EC- und Benzolkonzentrationswerte	76
9.3.1	NO _x als Leitkomponente für die EC-Immission	76
9.3.2	CO als Leitkomponente für die Benzol-Immission	77
IV	Ergebnisse des einjährigen Meßprogramms an den Standorten Frankfurter Allee, Nansenstraße und Müggelsee	79
10	Methode zur Bestimmung des Ferntransport-, Stadt- und Verkehrsbeitrages aus dem Datensatz des Feldmeßprogramms	79
10.1	Bestimmung des Ferntransportbeitrages	80
10.2	Bestimmung des Stadtbeitrages	82
10.3	Bestimmung des Verkehrsbeitrages	83
10.4	Erstellung von Schadstoffwindrosen	83
10.5	Umrechnung der Grunewald FH-62 I/N Daten auf das Niveau des Dichotomous-Sammlers	85
10.6	Vergleich der städtischen Hintergrundmeßstellen Nansenstraße und Samariterstraße	87
11	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Messungen an den Stationen Frankfurter Allee, Nansenstraße und Müggelsee	96
11.1	Jahresgang	100
12	Ferntransportbeitrag nach Berlin	103
12.1	Charakterisierung der Ferntransportbeiträge	103
12.2	Schwebstaubeintrag als Leitkomponente für den EC-Eintrag . .	106
12.3	Veränderungen beim Ferntransportbeitrag gegenüber der Situation 1990	110
13	Charakterisierung des Stadtbeitrages in Berlin	114
13.1	Kennzahlen der Stadtbeiträge in Berlin	114
13.2	Regressionsanalyse Stadtbeitrag	119

13.3	Mittlere Schadstoffverhältnisse für den Stadtbeitrag	121
13.4	Veränderungen im Stadtbeitrag gegenüber der Situation 1990 .	122
14	Charakterisierung des Verkehrsbeitrages in der Frankfurter Allee	124
14.1	Kennzahlen des Verkehrsbeitrages in der Frankfurter Allee . .	124
14.2	Regressionsanalyse der Verkehrsbeiträge	126
14.3	Jahres- und Wochengang der Verkehrsbeiträge	129
14.4	Windrosen der Verkehrsbeiträge in der Frankfurter Allee	132
14.5	Zusammenfassende Darstellung der Immissionsbelastung in der Frankfurter Allee	133
V	Intensivmeßkampagnen in der Frankfurter Allee	137
15	Ergebnisse der Intensivmeßkampagnen und Ermittlung von EC-Emiss- sionsfaktoren in der Frankfurter Allee aus Immissionsmessungen	137
15.1	Intensivmeßkampagnen in der Frankfurter Allee zur Bestim- mung des EC-Verkehrsbeitrages	137
15.1.1	Ermittlung und Darstellung des PKW- und LKW-Aufkommens .	137
15.1.2	Ermittlung und Darstellung der Immissionsbeiträge des Verkehrs	142
15.1.3	Mittlere Tagesgänge der Verkehrsbeiträge	143
15.2	Bestimmung der EC-Flottenemissionsfaktoren für PKW- und LKW-Verkehr in der Frankfurter Allee	150
15.2.1	Vorgehensweise zur Ermittlung der EC-Emissionsfaktoren aus Immissionsmessungen	150
15.2.2	Untersuchungen zur atmosphärischen Verdünnung in der Frankfurter Allee	152
15.2.3	Ermittlung von EC-Emissionsfaktoren für PKW und LKW in der Frankfurter Allee	155
15.3	NO _x als Leitkomponente für die EC-Immission	158
16	Zusammenfassung	161

17	Anhang	164
	Anhang 1 Fahrzeugaufkommen während der Tunnelmeßkampagne in 2h-Intervallen	165
	Anhang 2 Herleitung der Formel zur Berechnung der Tunnelluftge- schwindigkeit durch Selbstlüftung	167
	Anhang 3 Zeitverlauf der Immissionsbelastung und windrichtungs- abhängige Immissionsbelastung	173
	Anhang 4 Windrichtungsabhängiger Stadt- und Verkehrsbeitrag	184
	Anhang 5 Fahrzeugaufkommen in 2h-Intervallen während der Winter- und Sommermeßkampagne	189
18	Literaturverzeichnis	192