



Messung und Bewertung von Verkehrsemissionen

Dieter Klemp, Djuro Mihelcic, Bernhard Mittermaier

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)
Troposphäre (IEK-8)

Messung und Bewertung von Verkehrsemissionen

Dieter Klemp, Djuro Mihelcic, Bernhard Mittermaier

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 21

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-546-3

Inhalt

1 Einleitung	9
Teil 1 Onboard-Untersuchungen zum Abgasausstoß von Fahrzeugen im realen Straßenverkehr und Vergleiche mit Prüfstandsmessungen	11
2 Experimentelle Grundlagen	12
2.1 Das Messfahrzeug	12
2.2 Erstellung von Sekundendaten	14
2.3 Proportionale Probennahme der Kohlenwasserstoff-Kanisterproben	16
2.4 Gaschromatographische Analyse	18
2.4.1 Das gaschromatographische System	18
2.4.2 Kalibrationen	22
2.4.3 Fehlerabschätzung	32
2.5 Messvergleiche	34
2.5.1 Vergleich der MOBINET-Analytik mit der Prüfstandsanalytik des RWTÜV-Essen	34
2.5.2 Vergleich der Resultate redundanter Meßsysteme der MOBINET-Analytik	41
2.5.2.1 Differenzierte Kohlenwasserstoffmessungen und Gesamt-HC-Messungen	41
2.5.2.2 Differenzierte Stickoxidmessungen	43
2.6 Zusammenfassung	45
3 Onboard-Messungen in München	46
3.1 Der Routenverlauf der Münchener Messfahrten	46
3.2 Ermittlung der Emissionskennfelder aus den Münchener Onboard- Messungen	50
3.3 Kaltstartemissionen	53
3.4 Zusammenfassung	55

4 Prüfstandsmessungen	56
4.1 Einsatz von Rollenprüfständen zur quantitativen Bestimmung von Abgasemissionen	56
4.2 Der MOBINET-Prüfstandszyklus	56
4.3 Vergleich des neuen MOBINET-Prüfstandszyklus' mit etablierten Prüfstandszyklen	61
4.3.1 Charakteristische Eigenschaften	61
4.3.2 Statistische Vergleiche	61
4.3.3 Analyse von Geschwindigkeit- vs. Geschwindigkeit * Beschleunigung (v- vs. v*b-Diagramme)	69
4.4 Weitere Fahrzyklen	72
4.5 Streckenemissionen verschiedener Prüfstandszyklen	82
4.6 Vergleich zwischen „real-world“-Emissionsverhalten und Prüfstandsemission im MOBINET-Zyklus	85
4.7 Zusammenfassung	91
5 Vorhersagbarkeit des realen Emissionsverhaltens mittels verschiedener Emissionskennfelder	93
5.1 Beschreibung des Emissionsverhaltens für die MOBINET-Fahrkurve durch verschiedene Kennfeld-Basissätze und Vergleich mit „real-world“-Emissionen	93
5.2 Einflussfaktoren auf die Beschreibung des Emissionsverhaltens durch Emissionskennfelder	96
5.3 Vorhersagbarkeit des Emissionsverhaltens durch das Emissionskennfeld ONBOARD	98
5.4 Zusammenfassung	102
6 Einordnung der Abgasemissionen in das Gesamt-Emissionsszenario	105
6.1 Überprüfung von Emissionsberechnungsmodellen	105
6.2 Emissionsspannbreiten aktueller Fahrzeuge	108
6.3 Vergleich der streckenbezogenen Emissionen für unterschiedliche Antriebskonzepte und Trendanalyse im Bereich von Dieselmotoren	111

6.4	Notwendigkeit der Speziation von NO und NO ₂ bei der Beschreibung der Stickoxidemissionen	117
6.4.1	Resultate der Prüfstandsmessungen mit der MOBINET Stickoxidanalytik	118
6.4.2	Luftchemische Konsequenzen	121
6.5	Zusammenfassung	123
7	Emissionen nicht-reglementierter Abgaskomponenten: Aldehyde, Ammoniak und Distickstoffoxid	125
7.1	Aldehyde	125
7.2	Ammoniak	127
7.3	Distickstoffoxid (Lachgas)	129
7.4	Zusammenfassung	130
	Teil 2 Luftchemische Bewertungen	131
8	Luftchemische Folgewirkungen unterschiedlicher Emissionsmixe	133
8.1	Bewertungsmaßstäbe für Kohlenwasserstoff-Mixe	134
8.2	Bewertung von Abgasmixen mittels MIR-Skala	140
8.3	Zusammenfassung	145
9	Beschreibung der Troposphärischen Ozonbildung mittels photochemischer Reaktionsmodelle	147
9.1	Atmosphärenchemische Reaktionszyklen	147
9.2	Steady-State-Betrachtung des atmosphärischen Radikalbudgets und der Ozonproduktion	151
9.3	Beschreibung der photochemischen Umwandlungsprozesse durch das Boxmodell MCM-3	159
9.3.1	Anwendungsbeispiel: Der Münchener Immissionsdatensatz	159
9.3.2	Vergleiche von verschiedenen gemessenen und berechneten Ozonproduktionsraten	161
9.3.3	Darstellung wichtiger Einflußgrößen für die Ozonproduktion	164

9.3.3.1	RO ₂ /HO ₂ -Verhältnisse	167
9.3.3.2	RO ₂ -Bildungseffizienz α	176
9.3.3.3	Zahl der pro Abbauschritt gebildeten Ozonmoleküle $n_{O_3}^{MCM}$	177
9.3.3.4	Einfluß der Kenngrößen auf die „Netto“-Ozonbildung	179
9.3.4	Methoden zur experimentellen P(O ₃)-Bestimmung	182
9.3.5	Darstellung der Modellresultate mittels EKMA-Plots	188
9.3.5.1	Bewertung atmosphärischer Mixe mittels Reaktivitätsansatz	198
9.3.5.2	Konsequenzen für Ozonreduktionsstrategien	204
9.3.6	Grenzen der mixunabhängigen P(O ₃)-Betrachtungsweise	207
9.3.6.1	Einfluss der CO-Chemie	208
9.3.6.2	Einfluss der Formaldehyd-Chemie	210
9.3.6.3	Ozonolyse und zusätzliche OH-, HO ₂ - und RO ₂ - Produktion	212
9.3.6.4	Einfluß der HONO-Chemie	214
9.3.7	Untersuchungen zur photochemischen Alterung	217
9.4	Zusammenfassung	225
Teil 3 Zeitliche Entwicklungen und Perspektiven verkehrsbedingter Schadstoffe		227
10 Einfluss der Abgasemissionen auf die Luftqualität		229
10.1	Stickoxide	229
10.1.1	Trends	229
10.1.2	Atmosphärenchemische Einflüsse auf die innerstädtischen NO ₂ - Konzentrationen	233
10.1.3	Abschätzung innerstädtischer Immissionskonzentrationen von NO ₂ anhand des O _x -Konzeptes	233
10.1.4	Langzeittrend der städtischen NO ₂ -Jahresmittel	235
10.2	Kohlenmonoxid	247
10.3	Kohlenwasserstoffe	249
10.4	Zusammenfassung	251

11 Verhältnisse von VOC, CO und NO_x aus Emissions- und Immissionsstudien	253
11.1 VOC/CO-Verhältnisse	253
11.2 VOC/NO _x -Verhältnisse	258
11.3 Zusammenfassung	266
12 Bestimmung der Beiträge von Benzin- und Dieselfahrzeugen für ein aktuelles städtisches Immissionsszenario (Bezugsjahr 2008/2009)	268
12.1 Bestimmung der VOC-Beiträge durch CMB-Analyse	273
12.2 Kalkulation des NO/NO ₂ -Verhältnisses aus Tunnelmessungen	275
12.3 Bestimmung der Anteile an Benzin- und Dieselfahrzeugen im Rheinufertunnel aus den Emissionsmessungen	276
12.4 Kalkulation der Beiträge von Benzin- und Dieselfahrzeugen an der im Rheinufertunnel gemessenen NO _x -Konzentration	279
12.5 Zusammenfassung	280
13 Resümee	281
14 Ausblick	283
15 Literatur	284
16 Anhang	299
17 Register	310

Leistung vs. Geschwindigkeit

Onboard Messungen (blau), NEFZ (rot) und Mobinet-Zyklus (gelb)

