

Materialien

„Umwelt und Gesundheit“ Nr. 39

Verkehr und Gesundheit in Nordrhein-Westfalen

Heinrich Huhmann (Chem. Ing.)
Wolfgang Hellmeier (Dr.p.h., Dipl.-Math.)

Elögd

Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW, Bielefeld/Münster
Abteilung Umweltmedizin, Umwelthygiene

Dr. Wolfgang Hellmeier
Telefon (0521) 8007-246
E-Mail: wolfgang.hellmeier@loegd.nrw.de

Heinrich Huhmann, Chem. Ing.
Telefon (0521) 8007-244
E-Mail: heinrich.huhmann@loegd.nrw.de

lögd Bielefeld
Dezernat Umweltepidemiologie
Telefax (0521) 8007-299

Review:
Dr. Rudolf Welteke
lögd Bielefeld

Druck und Verlag:

Landesinstitut für den Öffentlichen
Gesundheitsdienst des Landes
Nordrhein-Westfalen, Bielefeld
Direktor: Dr. Helmut Brand
Westerfeldstr. 35/37
33611 Bielefeld
Telefon (0521) 8007-0
Telefax (0521) 8007-200
<http://www.loegd.nrw.de>

Das Landesinstitut ist eine Einrichtung des Landes
Nordrhein-Westfalen und gehört zum Geschäftsbereich
des Ministeriums für Gesundheit, Soziales, Frauen und
Familie (MGSFF) sowie des Ministeriums für Umwelt und
Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV)

Nachdruck und Vervielfältigung nur mit
schriftlicher Genehmigung des Landesinstitutes

Bei namentlich gekennzeichneten Artikeln liegt die
inhaltliche Verantwortung bei der Verfasserin
bzw. dem Verfasser

Bielefeld, Deutschland, November 2002

Verkehr und Gesundheit
in Nordrhein-Westfalen

Inhalt

	Seite
Verzeichnis der Tabellen	i
Verzeichnis der Abbildungen	iii
Zusammenfassung	vii
Zu diesem Bericht	1
1. Mobilität in Wirtschaft und Gesellschaft	3
2. Das Verkehrssystem und seine Nutzung in NRW	7
2.1 Straßenverkehr	7
2.1.1 Kraftfahrzeugbestand und Motorisierungsgrad	7
2.1.2 Das Straßenverkehrsnetz in Nordrhein-Westfalen	9
2.1.3 Die Verkehrsentwicklung in Nordrhein-Westfalen	11
2.1.3.1 Das Verkehrsaufkommen	11
2.1.3.2 Fahrleistung	14
2.1.3.3 Verkehrsleistung	15
2.2 Schienenverkehr	15
2.3 Flugverkehr	15
2.4 Binnenschiffverkehr	17
2.5 Verkehrsleistungen (Modal Split)	18
2.6 Öffentlicher Personennahverkehr	20
2.7 Pendler in Nordrhein-Westfalen	21
3. Ressourcenverbrauch und Emissionen	25
3.1 Verbrauch an Verkehrsfläche	25
3.2 Energieverbrauch	26
3.3 Emissionen	27
3.3.1 Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs	27
3.3.1.1 Schadstoffemissionen durch Katalysatoren	30
3.3.1.2 Schadstoffemissionen beim Befüllen von Tankanlagen und Betanken von Kraftfahrzeugen mit Ottomotor	32
3.3.2 Schadstoffemissionen des Luftverkehrs	32
3.3.3 Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs	33
3.3.4 Schadstoffemissionen des Schiffsverkehrs	34
3.3.5 Gesamtschadstoffemissionen durch den motorisierten Verkehr	34
3.3.6 Verkehrsbedingte Lärmemissionen	36
4. Verkehrsbedingte Immissionen	37
4.1 Verkehrsbedingte Luftimmissionen	37
4.1.1 Schadstoffimmissionsmessungen in NRW	38
4.1.1.1 Das Luftqualitäts-Überwachungs-System (LUQS) des Landesumweltamtes NRW	38
4.1.1.2 Luftqualitätsmessungen in den Kommunen	39
4.1.2 Verkehrsbedingte Luftimmissionssituation in NRW	39
4.2 Verkehrsbedingte Belastung von Grund- und Trinkwasser	49

4.3 Verkehrsbedingte Belastung des Bodens	50
4.4 Verkehrsbedingte Belastung der Nahrungsmittel	50
4.5 Verkehrsbedingte Lärmimmission	50
5. Exposition gegenüber Verkehrsbelastungen	53
5.1 Bestimmung von Expositionen	53
5.2 Belastung der Menschen gegenüber Verkehrsimmisionen	54
5.2.1 Exposition gegenüber verkehrsbedingten Luftschadstoffen in NRW	54
5.2.2 Exposition gegenüber Verkehrslärm	56
5.2.3 Exposition gegenüber Verkehrsunfällen	57
6. Gesundheitliche Wirkungen des Verkehrs	59
6.1 Gesundheitliche Wirkungen verkehrsbedingter Schadstoffe	59
6.1.1 Gesundheitliche Wirkungen einzelner Abgaskomponenten	59
6.1.2 Allergien durch Exposition gegenüber Kraftfahrzeugimmisionen	63
6.1.3 Gesundheitliche Bewertung der Luftqualität an den Meßstationen in NRW	64
6.1.3.1 Bewertung der Abgaskomponenten anhand der Immissionsgrenzwerte der TA-Luft und der 23. BImSchV	64
6.1.3.2 Bewertung der Abgaskomponenten anhand der europäischen Luftqualitätsrichtlinien	65
6.1.3.3 Bewertung kanzerogener Abgaskomponenten	66
6.2 Gesundheitliche Auswirkungen von Verkehrslärm	67
6.2.1 Belästigung durch Lärm	68
6.2.2 Aurale Lärmwirkungen	69
6.2.3 Extraaurale Lärmwirkungen	69
6.3 Verletzungen und Todesfälle durch Verkehrsunfälle	74
7. Maßnahmen, gesetzliche Regelungen	85
7.1 Fallstudie zum OECD-Projekt "Environmental Sustainable Transport (EST)"	85
7.2 Schutzmaßnahmen, gesetzliche Regelungen	86
7.2.1 Schutzmaßnahmen im Bereich Emissionen und Immissionen gesundheitsschädlicher Stoffe	86
7.2.2 Gesetzliche Regelungen im Bereich Emissionen und Immissionen gesundheitsschädlicher Stoffe	87
7.3 Lärmschutzmaßnahmen	94
7.3.1 Lärminderung im Straßenverkehr	94
7.3.2 Lärminderung im Schienenverkehr	95
7.3.3 Schutz gegen Fluglärm	96
7.3.4 Gesetzliche Regelungen im Lärmschutz	96
7.3.5 Empfehlungen der WHO	101
7.4 Unfallschutz	103
8. Literatur	105

Verzeichnis der Tabellen

- Tab. 1: Entwicklung des Kfz-Bestandes in Nordrhein-Westfalen
- Tab. 2: Entwicklung des Straßenverkehrsnetzes in Nordrhein-Westfalen, Straßen des überörtlichen Verkehrs einschließlich Ortsdurchfahrten in km, 1990 - 2000
- Tab. 3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 - 1997
- Tab. 4: BAB-Abschnitte mit sehr hohen durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken, 1998 (AS : Autobahnanschluss)
- Tab. 5: Fahrleistung auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs in Nordrhein-Westfalen (in Mrd. Kfz-km), 1990 - 1998
- Tab. 6: Beförderungsaufkommen der Deutschen Bahn AG in NRW einschließlich S-Bahn- und Verbundverkehr (in Mio. Personen)
- Tab. 7: Starts und Landungen auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 - 2000
- Tab. 8: Anzahl der Fluggäste auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 - 1998
- Tab. 9: Luftgüterverkehr (ohne Post) auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 - 2000
- Tab. 10: Gesamtlänge schiffbarer Flüsse und Kanäle in NRW
- Tab. 11: Verkehrsleistungen im Personenverkehr in Deutschland in Mrd. Pkm, 1992 - 2000
- Tab. 12: Verkehrsleistungen im Güterverkehr in Deutschland in Mrd. tkm, 1992 - 2000
- Tab. 13: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und Pendler in Nordrhein-Westfalen, 1990 - 1997
- Tab. 14: Pendler in kreisfreien Städten in Nordrhein-Westfalen, 1997
- Tab. 15: Verkehrsfläche in Nordrhein-Westfalen, 31. Dez. 2000
- Tab. 16: Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in NRW, 1997 (nach Fahrzeugarten)
- Tab. 17: Verteilung der wichtigsten Abgaskomponenten auf die verschiedenen Verkehrsträger in NRW, 1997 (in t/a)
- Tab. 18: Kfz-Dieselußmissionen in den kreisfreien Städten in Nordrhein-Westfalen, 1994 und 1997 (t/Jahr)
- Tab. 19: Entwicklung des Pkw-Bestandes nach Schadstoffgruppen in Nordrhein-Westfalen, 1990 - 2000
- Tab. 20: Emissionsfaktoren von neuen Katalysatoren bei verschiedenen Betriebsbedingungen (in ng Platin/km)

- Tab. 21: Schadstoffemissionen des Flugverkehrs in NRW 1995
- Tab. 22: Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs
- Tab. 23: Schadstoffemissionen des Schiffsverkehrs in NRW 1996
- Tab. 24: Vergleich von Verkehrsemissionen mit Emissionen aus Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen in NRW, 1997
- Tab. 25a: Jahresmittelwerte der verkehrsnahen Meßstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen im Jahr 2000 (anorganische Stoffe)
- Tab. 25b: Jahresmittelwerte der verkehrsnahen Meßstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen im Jahr 2000 (organische Stoffe)
- Tab. 26: Trend der Jahresmittelwerte für Ruß für die Verkehrsstationen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Tab. 27: Pegelbereiche für Lärmimmissionen in der Umwelt
- Tab. 28a: Jahresmittelwerte für das Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und ländliche Gebiete (Waldstationen), 2000 (anorganische Stoffe)
- Tab. 28b: Jahresmittelwerte für das Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und ländliche Gebiete (Waldstationen), 2000 (organische Stoffe)
- Tab. 29: Berechnete Geräuschbelastung der Bevölkerung (alte Bundesländer) durch Straßen- und Schienenverkehr
- Tab. 30: Anzahl von Personen in NRW mit unterschiedlich hohen Expositionen gegenüber Straßenverkehrslärm (geschätzt nach Angaben für die alten Bundesländer insgesamt)
- Tab. 31: Jahresmittelwerte der verkehrsnahen Messstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen mit zugehörigen Immissionsgrenzwerten für das Jahr 2000
- Tab. 32: Unit Risk - Werte für in Kfz-Abgasen enthaltene kanzerogene Stoffe
- Tab. 33: Jahresmittelwerte von kanzerogenen Abgaskomponenten der verkehrsnahen Messstationen für das Jahr 2000 und der LAI-Zielwert
- Tab. 34: Lärmbedingte Infarktrisiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken
- Tab. 35: Unfallrisiko, Vergleich NRW mit dem gesamten Bundesgebiet
- Tab. 36: Lärmschutz an Bundesfernstraßen in NRW
- Tab. 37: Grenzwerte der 16. BImSchV (Verkehrslärmschutz-VO)
- Tab. 38: Wichtigste Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Umweltgeräusche

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Fahrleistung auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Mrd. Kfz-km in NRW im Jahr 1998
- Abb. 2: Prozentuale Veränderung der Fahrleistung auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 - 1998
- Abb. 3: Verkehrsleistung in Mrd. Personen-km für die Verkehrszwecke Beruf, Einkauf und Freizeit für die Bundesrepublik Deutschland, im Jahr 1999
- Abb. 4: Arten des Verkehrs
- Abb. 5: Motorisierungsgrad (Kraftfahrzeuge bzw. Pkw je 1000 Einwohner) für die Regierungsbezirke, NRW, Kreise und kreisfreie Städte, Juli 2000
- Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 2000
- Abb. 7: Netzdichte für die Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW in Kfz/km bzw. Pkw/km am 1. Januar 2001
- Abb. 8: Entwicklung der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) für alle Kraftfahrzeuge (Kfz) auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 - 1998
- Abb. 9: Fahrleistung auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs in Nordrhein-Westfalen (in Mrd. Kfz-km)
- Abb. 10: Entwicklung des Gesamtgüterumschlags in den wichtigsten Binnenhäfen in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 11: Modal-Split der Personenverkehrsleistung in Deutschland, 1992/2000
- Abb. 12: Modal-Split der Güterverkehrsleistung in Deutschland, 1992/2000
- Abb. 13: Beförderte Personen im öffentlichen Personennahverkehr in NRW (in Mio. Pers.)
- Abb. 14: Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr in NRW (in Mio. Pkm)
- Abb. 15: Prozentuale Veränderung der Beschäftigten am Arbeitsort, Einpendler und Wohnort gleich Arbeitsort in NRW
- Abb. 16: Kraftstoffverbrauch für den Straßenverkehr und Luftverkehr in Deutschland in 1000 t, 1990 - 2000
- Abb. 17: Bestand an PKWs insgesamt und schadstoffreduzierter Pkw in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 18: Prozentualer Anteil der Emissionen durch den Verkehr, Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen für Benzol, NMVOC, NO_x und CO
- Abb. 19a: Trend der Jahresmittelwerte für Schwefeldioxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 19b: Trend der Jahresmittelwerte für Schwebstaub an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000

- Abb. 19c: Trend der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 19d: Trend der Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 19e: Trend der Jahresmittelwerte für Kohlenmonoxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 20a: Trend der Jahresmittelwerte für Benzol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 20b: Trend der Jahresmittelwerte für Toluol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 20c: Trend der Jahresmittelwerte für m+p-Xylol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 21a: Trend der Jahresmittelwerte für Benzo(a)pyren an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 20b: Trend der Jahresmittelwerte für Coronen an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 22a: Trend der Jahresmittelwerte für Blei an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 22b: Trend der Jahresmittelwerte für Cadmium an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000
- Abb. 23: Veränderung des Lärmpegels an einer langen geraden Straße mit Abstand von der Lärmquelle
- Abb. 24: Grobe Abschätzung der exponierten Bevölkerung nach Ballungsgebieten und ländlichen Gebieten
- Abb. 25: Straßenverkehrsunfälle gesamt und mit Personenschaden in Nordrhein-Westfalen, 1990 - 2000
- Abb. 26: Durch Straßenverkehrsunfälle verletzte Personen in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 27: Durch Straßenverkehrsunfälle tödlich Verletzte in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 28: Prozentuale Veränderung des fahrleistungsbezogenen Unfallgeschehens in NRW, 1990 - 1998
- Abb. 29: Anzahl der im Straßenverkehr verunglückten Personen nach Altersgruppen im Jahr 1999
- Abb. 30: Verunglückte Personen nach Altersgruppen je 100.000 Personen der jeweiligen Altersgruppe, 1990 - 1999
- Abb. 31: Anteil der durch Verkehrsunfälle Getöteten an der Gesamtmortalität im Jahr 2000
- Abb. 32: Im Straßenverkehr verunglückte Fahrradfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 - 2000

- Abb. 33: Im Straßenverkehr tödlich verletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 34: Im Straßenverkehr schwerverletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 35: Im Straßenverkehr leichtverletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 - 2000
- Abb. 36: Verunglückte in den kreisfreien Städten je 100.000 Einwohner im Jahr 2000

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick zur Verkehrssituation in Nordrhein-Westfalen mit seinen Folgen für Mensch und Umwelt. Entsprechend seiner Belastung ist der Kraftfahrzeugverkehr Schwerpunkt des Berichtes, aber auch Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr werden angesprochen.

Nach einer kurzen Beschreibung der Bedürfnisse an Mobilität in Wirtschaft und Gesellschaft, wird in Kapitel 2 das Verkehrssystem und seine Nutzung in NRW beschrieben. Am 1. Juli 2000 waren in NRW über 10,7 Mio Kraftfahrzeuge gemeldet. Diese gliedern sich in über 9 Mio Pkw, ca. 480.000 Lkw und 740.000 Krafträder. Umgerechnet auf die mittlere Bevölkerung entspricht dies einem Motorisierungsgrad von 597 Kfz/1000 Einwohner (EW) bzw. für Personenkraftwagen einem Motorisierungsgrad von 508 PKW/1000 EW. Von 1990 – 2000 erhöhte sich der Bestand an PKW um 12,8 %, LKW um 38 % und Krafträder um 167 %.

Die Belastung des Straßennetzes wird vor allem durch die „Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke“ (DTV) und die Fahrleistung beschrieben. Die DTV stieg in NRW auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs von 1990 – 2000 auf den Autobahnen um 15,3 % auf 55.400 Kfz/24h, auf den Bundesstraßen um 18 % auf 10.500 Kfz/24h und auf den Landesstraßen um 12,8 % auf 5.300 Kfz/24h.

Die Fahrleistung (gefahren km/Jahr) ist eine bisher ständig steigende Größe. Sie stieg auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs von 1990 – 2000 um 15,4 %. Die größte Steigerung war mit ca. 20 % auf den Autobahnen zu verzeichnen.

Die Verkehrsleistung (Multiplikator aus Fahrstrecke und Personen bzw. Güter in t) gibt Aufschluss über die Verkehrsmittelbenutzung in den einzelnen Verkehrsbereichen. Die prozentuale Aufteilung der Verkehrsleistungen auf die verschiedenen Verkehrsmittel wird durch den sogenannten „Modal Split“ veranschaulicht. Der motorisierte Individualverkehr nimmt in Bezug auf die gesamte Personenverkehrsleistung mit über 80 % eine dominierende Stellung ein. In der Güterverkehrsleistung beträgt der Anteil des Straßengüterverkehrs ca. 50 %.

Der Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs trägt zur Entlastung der Straßen und damit auch von Mensch und Umwelt bei. Die Zahl der beförderten Personen im öffentlichen Personennahverkehr betrug in NRW im Jahr 2000 1.850,8 Mio. Die Zahl der beförderten Personen stieg von 1.716,9 Mio. im Jahr 1992 auf 1.855,5 Mio. im Jahr 1997 um 8 %. Die nächsten Jahre blieb die beförderte Anzahl von Personen in etwa konstant, um im Jahr 2000 wieder etwas zu fallen.

Entsprechend der Fahrleistung der verschiedenen Verkehrsträger und dem damit verbundenen Kraftstoffverbrauch sind die Abgasemissionen durch den Straßenverkehr besonders hoch (Kapitel 3). Der Emissionsanteil der wichtigsten Abgaskomponenten des Straßenverkehrs lag 1997 in Bezug zu den Gesamtemissionen in NRW zwischen ca. 74 % beim Gesamtstaub und fast 100 % beim Benzol. Bei einem Kraftstoffverbrauch von ca. 10,4 Mio t/a kam es 1997 u.a. zu folgenden Emissionsbelastungen: 6.538 t Schwefeldioxid (SO₂), 186.547 t Stickoxide (NO_x), 904.035 t Kohlenmonoxid (CO), 7.157 t Ammoniak (NH₃), 117.060 t flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC), 4.760 t Benzol und 3.350 t Dieselruß. Im Vergleich zu den Emissionen aus Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen lag der Anteil der vom Verkehr emittierten Stoffe besonders hoch für NMVOC, Benzol, NH₃, Dieselruß, CO und NO_x.

Kapitel 4 beschreibt verkehrsbedingte Luftimmissionen für anorganische und organische Stoffe an Verkehrsschwerpunkten in NRW im Vergleich mit den Durchschnittswerten für das Rhein-Ruhr-Gebiet, mit den Durchschnittswerten aller Verkehrsstationen und den Messstationen der Waldgebiete (Hintergrundbelastungen) für das Jahr 2000. Für die wichtigsten Abgaskomponenten werden die Konzentrationsverläufe der Jahresmittelwerte für

1990 bis 2000 in Diagrammen dargestellt. In diesem Zeitraum ist ein kontinuierlicher Rückgang bei fast allen Abgaskomponenten erkennbar.

Das Kapitel 5 gibt Hinweise zur Exposition gegenüber Luftschadstoffen, Lärm und Verkehrsunfällen sowie zu deren messtechnischen Bestimmung. Die Exposition ist die Schnittstelle zwischen Immission und den Betroffenen. Sie beschreibt, welcher Belastung ein Betroffener ausgesetzt ist. Die Expositionssituation aus Bevölkerungssicht gibt an, wieviele Menschen über welche Zeiträume mit welchen Immissionshöhen leben.

Das Kapitel „Gesundheitliche Wirkungen des Verkehrs“ (Kap. 6) gliedert sich in Auswirkungen von Luftschadstoffen, Lärm und Unfällen. Zunächst werden potenzielle Gesundheitseffekte durch die wichtigsten Abgaskomponenten beschrieben. Es folgt eine gesundheitliche Bewertung der Luftqualität durch Vergleich von Immissionsmesswerten mit zugehörigen Grenz- oder Richtwerten.

- Der Vergleich der Jahresmittelwerte mit den zugehörigen Immissionsgrenzwerten der TA-Luft und der 23. BImSchV zeigt, dass im Jahr 2000 die Immissionsgrenzwerte von keinem Schadstoff überschritten wurden. Dies gilt sowohl für die Einzelmessstationen als auch für die gebietsbezogenen Messwerte.
- Ein Vergleich mit den EU-Grenzwerten, die bis zum Jahr 2005 bzw. 2010 erreicht sein müssen, mit den Messwerten der verkehrsnahen Messstationen zeigt, dass insbesondere die Luftverunreinigungen von Benzol, Stickstoffoxiden und Staub die künftigen Grenzwerte der EU-Richtlinie übersteigen. Diese Schadstoffe werden überwiegend durch den Verkehr emittiert.
- Ein Vergleich der Jahresmittelwerte der kanzerogenen Stoffe mit den Zielwerten des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zeigt, dass die Jahresmittelwerte für Benzol an allen 4 verkehrsnahen Messstationen über dem LAI-Zielwert von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Für Ruß liegen ebenfalls alle Messwerte über dem LAI-Zielwert von $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Messwerte von Benzo(a)pyren und Cadmium blieben im Jahr 2000 an allen Verkehrsstationen unter den LAI-Zielwerten.

Für den überwiegenden Teil der Bevölkerung bildet der Verkehr – und hier der Straßenverkehr – die dominierende Quelle von Lärmexposition. Nach Berechnung des Umweltbundesamtes sind ca. 50 % der Bevölkerung tagsüber und ca. 18 % nachts einem Lärmpegel von $>55 \text{ dB(A)}$ ausgesetzt. Ein Wert, der zumindest das Wohlbefinden stark beeinträchtigt. Geräusche können je nach Dauer und Intensität die Lebensbedingungen durch Belästigungen, Störungen oder Gesundheitsgefährdungen beeinträchtigen. Hierzu gehören u.a.:

- Störung der Kommunikation
- Verminderung der Konzentrationsfähigkeit
- Störung von Schlaf und Erholung
- Psychische Belastung, Stressreaktionen
- Negative Beeinflussung des vegetativen Nervensystems
- Risikoerhöhung für Herz-/Kreislaufkrankungen
- Beeinträchtigung bzw. Schädigung des Hörvermögens.

Zu den Hauptwirkungen des Umweltlärms und damit des Verkehrslärms zählen die Belästigungen. Sie werden vor allem durch die Störung der Kommunikation, der Erholung und Entspannung einschließlich des Nachtschlafes hervorgerufen und beeinträchtigen das Wohlbefinden. Belästigung durch Lärm kann bereits bei mittleren Schallpegeln auftreten und ist daher die häufigste Wirkung von Umweltlärm. Nach Umfragen durch das Umweltbundesamt fühlen sich etwa zwei Drittel der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm belästigt. Unter Fluglärm leiden mehr als 30 % der Bevölkerung, unter Schienenverkehrslärm ca 20 %.

Lärm ist ein Risikofaktor, der insbesondere im mittleren Lärmpegelbereich psychologische und physiologische Auswirkungen auf den gesamten Organismus haben kann. Das vegetative Nervensystem wird direkt oder indirekt über zentralnervöse Strukturen erregt und beein-

flusst dann eine Reihe von vegetativen Funktionen wie erhöhte Konzentrationen der Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol in Körperflüssigkeiten.

Es gibt nur wenige epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und kardiovaskulären Wirkungsendpunkten. Befunde aus mehreren Studien werden im „Sondergutachten Umwelt und Gesundheit“ (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen Hrsg., 1999) so interpretiert, dass das relative Risiko für ischämische Herzkrankheiten bei Personen aus Wohngebieten mit Verkehrslärm-Immissionspegeln bei Tageswerten von mehr als 65 dB(A) leicht erhöht ist, und zwar in einer Größenordnung von ca. 20 - 30 %. Als mögliche Schwelle für den Nachweis gesundheitlicher Effekte durch Straßenverkehrslärm kann damit ein Tages-Mittelungspegel von 65 – 70 dB(A) angenommen werden. Ein aus epidemiologischen Studien abgeleitetes Gesundheitsqualitätsziel für Straßenverkehrslärm außerhalb von Wohnungen wird in der Literatur mit 65 dB(A) am Tage und 55 dB(A) in der Nacht angegeben.

Einige Studienergebnisse lassen vermuten, dass die nächtliche Lärmbelastung und die damit verbundenen Schlafstörungen einen engeren Zusammenhang mit den Herz-Kreislauf-Wirkungen zeigen als die Lärmbelastung am Tage. Von besonderer gesundheitlicher Bedeutung ist neben dem Lärmmittelungspegel der Maximalpegel einzelner Schallereignisse. Schallereignisse mit einzelnen hohen Maximalpegeln können durch Flugzeuge, Motorräder und auch Lkw's auftreten. Aurale Lärmwirkungen mit irreparablen Hörschäden spielen beim Verkehrslärm keine bzw. nur in Ausnahmefällen eine Rolle.

In Nordrhein-Westfalen ereigneten sich in den letzten 10 Jahren jährlich zwischen 500.000 und 560.000 Straßenverkehrsunfälle. Bei durchschnittlich 78.000 Unfällen wurden Personen verletzt. Bei den Unfällen mit Personenschäden verunglückten in den letzten 10 Jahren jährlich zwischen 95.000 und 108.000 Personen, davon zwischen 1.000 und 1.500 Personen tödlich. 20.000 bis 26.000 Personen wurden schwer verletzt, und 73.000 bis 80.000 erlitten leichte Verletzungen.

Die Zahl der Straßenverkehrsunfälle zeigt von 1990 bis 1997 fallende Tendenz. 1998 und 1999 stieg die Zahl der Unfälle wieder an. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden variierten in den letzten 10 Jahren. Von 1990 bis 2000 konnten die Verkehrsunfälle mit Personenschaden aber um 10 % gesenkt werden. Insgesamt zeigte die Zahl der leicht-, schwer- und tödlich verletzten Personen von 1990 - 2000 eine sinkende Tendenz. Prozentual fiel die Zahl der Leichtverletzten von 1990 – 2000 um 6,5 % (von 80.407 auf 75.230), der Schwerverletzten um 25,2 % (von 26.400 auf 19.750) und der tödlich Verletzten um 30 % (von 1.520 auf 1.067).

In der Altersgruppe 15 - 34 Jahre ist die Anzahl der Verunglückten besonders hoch. Die Berechnung der Verunglückten pro 100.000 Personen der verschiedenen Altersgruppen zeigt für die Altersgruppe 15 – 34 Jahre mit ca. 1.000 Verunglückten/100.000 dieser Altersgruppe mehr als doppelt so hohe Zahlen wie in den anderen Altersgruppen. In der Häufigkeit folgen die Gruppen 35 - 64 Jahre und 0 - 14 Jahre mit ca. 425 Verunglückten je 100.000 Personen dieser Gruppen. In der Gruppe 65 Jahre und älter verunglückten um 240 Personen je 100.000 Personen dieser Altersgruppe.

Der Unfalltod im Straßenverkehr ist die häufigste Todesursache für Jugendliche und junge Erwachsene. Während im Jahr 2000 nur 0,56 % aller in Nordrhein-Westfalen verstorbenen Menschen infolge eines Straßenverkehrsunfalles starben, war ein solcher Unfall die Ursache für 31 % der Sterbefälle in der Altersgruppe 15 – 24 Jahre. Danach folgt die Altersgruppe 25 – 34 Jahre mit einem Anteil von 11 %.

Im Jahr 2000 starben 117 Radfahrer und 205 Fußgänger bei Verkehrsunfällen. Für beide Gruppen ist ein abnehmender Trend erkennbar. Die Zahl der tödlich verletzten Radfahrer

sank von 1990 – 2000 von 173 auf 117 um ca. 33 %. Für die tödlich verletzten Fußgänger war in diesem Zeitraum ein Rückgang von 371 auf 205 um ca. 45 % zu verzeichnen.

Die Zahl der im Straßenverkehr Verunglückten (Verletzte und Getötete) variiert zwischen den kreisfreien Städten in NRW beträchtlich. Die niedrigste Zahl mit 387 Verunglückten/100.000 EW hatte die Stadt Herne, die höchste Zahl mit 682 Verunglückten/100.000 EW hatte Köln zu verzeichnen. Damit liegt die Zahl der Verunglückten in Herne pro 100.000 EW um 44 % niedriger als in Köln.

Das Kapitel „Maßnahmen, gesetzliche Regelungen“ enthält jeweils eine kurze Einleitung zu Schutzmaßnahmen im Bereich der verkehrsbedingten Luftverunreinigung, Lärmschutz und Unfallschutz sowie extrahierte Texte aus einschlägigen Rechtsvorschriften der deutschen Gesetzgebung.

Zu diesem Bericht

Steigende Mobilität gehört zu den Charakteristika unserer modernen Welt. Der Transport von Gütern über immer größere Entfernungen, wachsende Entkopplung von Wohnort und Arbeits- bzw. Ausbildungsplatz aber auch längere und häufigere Urlaubs- und Ausflugsfahrten in der Freizeit lassen den Verkehr stetig ansteigen. Dies hat positive Aspekte für die Lebensqualität und die Handlungsfreiheit vieler Menschen, es gibt aber auch negative Effekte für die Umwelt und damit auch für die Menschen.

Für die menschliche Gesundheit verbessern ein gutes Verkehrsnetz und hohe Mobilität die Erreichbarkeit medizinischer Einrichtungen und die schnelle Hilfe bei Notfällen. Auf der anderen Seite werden durch Verkehr Luftschadstoffe und Lärm emittiert, die bei vielen Betroffenen zu Gesundheitsstörungen und Erkrankungen führen können. Durch Verkehrsunfälle entsteht zudem regelmäßig hoher Schaden an Gesundheit und Material.

Die hier vorgelegte Veröffentlichung beschreibt unter dem Titel „Verkehr und Gesundheit in NRW“ Größenordnung und Art des Verkehrs in Nordrhein Westfalen, die gesundheitsschädigenden Emissionen und die Gesundheitseffekte. Eine direkte Quantifizierung der durch Verkehr bedingten Gesundheitsschäden ist allerdings nur für Unfälle möglich. Luftschadstoffe und Verkehrslärm bilden Risiken für multikausale Erkrankungen, so dass aus einem Erkrankungsfall nicht direkt auf die Ursache geschlossen werden kann. In diesen Fällen muss der verkehrsbedingte Anteil der jeweiligen Erkrankungen abgeschätzt werden. Dazu werden Informationen darüber benötigt, wie hoch die Werte verkehrsbedingter Luftschadstoffe oder von Verkehrslärm an verschiedenen Orten des Landes sind, mit welchem zusätzlichen Risiko das Leben unter diesen Belastungen verbunden ist und wie viele Menschen den unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt sind. Für eine solche Abschätzung sind zur Zeit noch nicht alle Variablen bekannt. Insbesondere fehlen Angaben darüber, wie viele Personen in welchem Ausmaß durch Schadstoffe und Lärm belastet sind. Mehrere Ansätze zur Abschätzung der Belastung der Bevölkerung durch Verkehrslärm und –abgase werden zur Zeit erprobt, sind aber noch nicht anwendungsreif. Auch in einem gemeinsamen Projekt der Universität Bielefeld und des Iögd wird an einem solchen Modell gearbeitet.

Gesundheitsberichterstattung soll die gesundheitliche Lage der Bevölkerung beschreiben und bewerten sowie Handlungsfelder für Verbesserungen identifizieren. Eine isolierte Betrachtung des Gesundheitszustandes reicht dafür nicht aus. Vielmehr sind Ursachen bzw. Risikofaktoren für Gesundheitsschäden darzustellen und wenn möglich auch die Entwicklungen, die zur Entstehung oder dem Anwachsen einer Exposition gegenüber Risikofaktoren führen.

Einen Ansatz zu einer derart strukturierten Darstellung bietet das in diesem Text benutzte Strukturmodell **DPSEEA**. **D**Driving forces = gesellschaftliche Entwicklungsdynamik, **P**ressure = Druck auf die Umwelt, **S**tate = derzeitige Umweltbelastung, **E**xposure = Exposition der Bevölkerung und **E**ffekt = gesundheitliche Effekte sind die Stufen, die es letztlich ermöglichen, **A**ctions = Handlungsbedarf und -möglichkeiten an den jeweils erfolversprechenden Stellen des gesamten Prozesses zu identifizieren. Aus einer Anwendung des DPSEEA-Modells auf Verkehr und Gesundheit sind die folgenden Kapitel dieses Berichts entstanden:

Driving forces	Mobilität in Wirtschaft und Gesellschaft
Pressure	Das Verkehrssystem und seine Nutzung, Ressourcenverbrauch und Emissionen
State	Verkehrsbedingte Immissionen
Exposure	Exposition von Menschen gegenüber Verkehrsbelastungen
Effect	Gesundheitliche Auswirkungen des Verkehrs
Action	Maßnahmen, gesetzliche Regelungen

Die Veröffentlichung beruht wesentlich auf Daten und Informationen aus veröffentlichten Berichten anderer Landesbehörden. Neu ist die Zusammenführung in einem Text und der Versuch, einen Bogen vom Verkehrsgeschehen über die daraus entstehenden Gesundheitsgefahren und die Zahl der Betroffenen zu den verkehrsbedingten Gesundheitseffekten zu schlagen. Dieser Blickwinkel kann helfen, die Relevanz des Verkehrsgeschehens für die menschliche Gesundheit zu erkennen und die vordringlichen Handlungsnotwendigkeiten zu verdeutlichen. Eine breite Diskussion dieses Themas zwischen unterschiedlichen Fachrichtungen kann den Stellenwert verkehrsbedingter Gesundheitsrisiken im Vergleich zu anderen Gesundheitsrisiken klären und eventuell interdisziplinäre Lösungsansätze anstoßen. Die praktische Umsetzung in verkehrspolitische Aktionen liegt bei den Fachbehörden.

Um den Umfang des Berichtes trotz der Breite der Thematik in einem bestimmten Rahmen zu halten, wurden einige Themen verkürzt dargestellt. Eine Vertiefung dieser Teilthemen ist vorgesehen.

Da ein Großteil der Daten für Kreise und kreisfreie Städte vorliegt, können Kommunen das Material für ein Benchmarking im Vergleich mit anderen Städten des Landes verwenden und so Bereiche identifizieren, in denen sie besonders gut abschneiden oder in denen Handlungsbedarf besteht.

Bielefeld, im November 2002

Wolfgang Hellmeier

Hinweis: Die jeweils weibliche Form wird zugunsten der Lesbarkeit in der Regel nicht benannt, dies bedeutet aber in keiner Weise eine Bevorzugung oder Benachteiligung einer der beiden Geschlechtsgruppen.

1. Mobilität in Wirtschaft und Gesellschaft

Die Entwicklung von Industrie und Gesellschaft ist geprägt durch ein hohes Bedürfnis an Mobilität sowohl im gewerblichen als auch im privaten Bereich. Die Sicherung der Mobilität ist eine Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit und damit wirtschaftliche Leistungsfähigkeit unserer Gesellschaft. Die starke Zunahme des Berufsverkehrs und des Güterverkehrs ist eine Folge der arbeitsteiligen Wirtschaft, der Globalisierung der Märkte und der Veränderungen in den logistischen Abläufen. Viele Wirtschaftsgüter werden insbesondere auf den Straßen über weite Strecken transportiert. Der Transport über die Straße ist für viele Unternehmen auch über weite Entfernungen preiswert und zuverlässig.

Angebot und Preis entscheidet unabhängig vom Transportweg über den Kauf beim preiswertesten Anbieter. Dies gilt z.B. für die Lebensmittelindustrie mit zentralem Einkauf für angegliederte Geschäfte über große Gebiete, dies gilt aber auch für den Bürger, der nicht am Wohnort, sondern in anderen Städten einkauft. Zum anderen werden in der Industrie vielfach Produktteile von Zulieferfirmen angefertigt, die zur Fertigung des Endproduktes über weite Strecken an einen Montageort transportiert werden müssen.

Neben der starken Zunahme des Berufsverkehrs und des Güterverkehrs haben der Freizeitverkehr und der private Versorgungsverkehr einen großen Einfluß auf die Verkehrsentwicklung. In einer Studie des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik NRW (MWMEV / LDS NRW, Hrsg.: Verkehrsverhalten 2000) sollte durch Befragung von 11.000 Haushalten das individuelle Verkehrsverhalten quantifiziert werden.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Mobilitätsrate (= durchschnittliche Zahl der zurückgelegten Wege pro Person und Tag) von 2,7 Wegen/Tag im Jahr 1989 auf 3,1 Wege/Tag angestiegen ist. Dieser Anstieg der Mobilität ist vor allem auf die zunehmenden Freizeitaktivitäten sowie auf Versorgungszwecke (Einkäufe, Arztbesuche u. a.) zurückzuführen. Die Zahl der Arbeits- und Ausbildungswege ist dagegen nur wenig angestiegen.

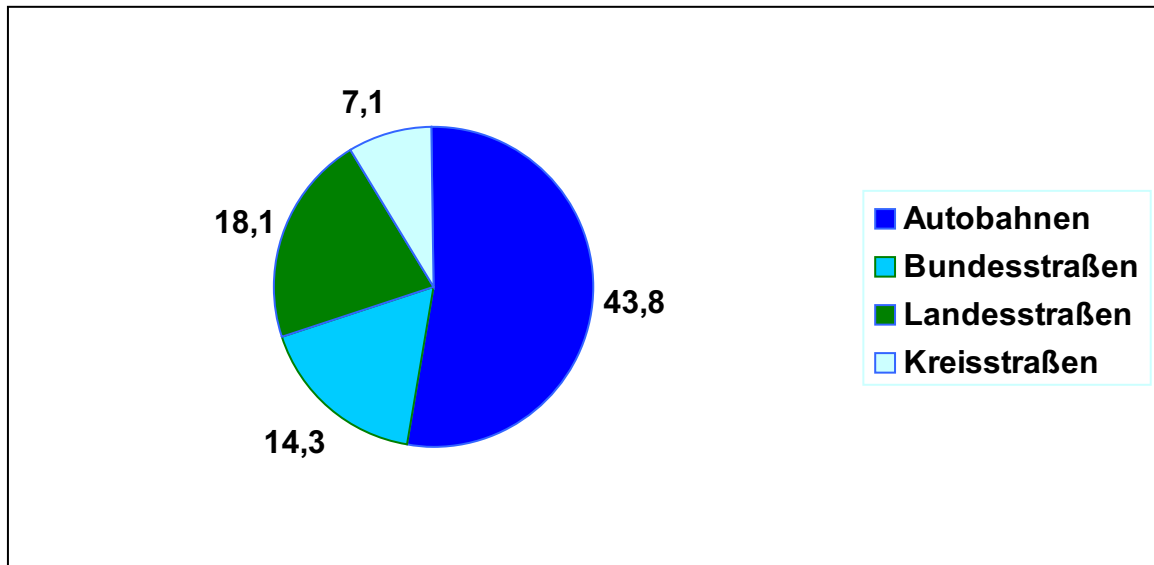
Freizeitaktivitäten dominieren mit über 80 % naturgemäß an den Wochenenden und an Feiertagen. An den Werktagen haben die zurückgelegten Freizeitwege aber wachsende Bedeutung. So stieg der Anteil der Freizeitwege von 25,6 % (1989) auf 30,8 % (2000), und der Anteil der Versorgungswege von 30,2 % (1989) auf 35,5 % (2000).

Die Zunahme der Freizeitaktivitäten bewirken eine Zunahme des motorisierten Individualverkehrs, insbesondere der Pkw-Nutzung. Im Jahr 2000 wurden über 50 % aller Freizeitwege mit dem Auto zurückgelegt, 1989 ca. 45 %.

Sowohl der Personenverkehr als auch der Güterverkehr verläuft zum größten Teil über die Straßen. Der Verkehrspolitik / Verkehrsplanung ist es bisher nicht gelungen, größere Teile des Verkehrs auf die umweltfreundlicheren Verkehrsträger Bahn und Schiff zu verlagern. Ca. 90 % der Personenverkehrsleistung und 66 % der Güterverkehrsleistung werden in NRW über das Straßennetz abgewickelt.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Fahrleistung (gefahrenen Kfz-km) auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW im Jahr 1998. Mit 43,8 Mrd. Kfz-km wurden über 50 % der Gesamtkilometer auf den Autobahnen gefahren.

Abb. 1: Fahrleistung auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Mrd. Kfz-km in NRW im Jahr 1998



Datenquelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Abbildung 2 zeigt den prozentualen Verlauf der Fahrleistung für den überörtlichen Verkehr in Nordrhein-Westfalen von 1990 bis 1998. Die Fahrleistung für 1990 wurde gleich 100 gesetzt. Den größten Zuwachs an Fahrleistung verzeichneten in diesem Zeitraum die Autobahnen mit 20 % gefolgt von Kreisstraßen mit 16,4 %, Landesstraßen mit 15,3 % und Bundesstraßen mit 2,8 %. Die durchschnittliche Zunahme der Fahrleistung auf allen Straßen des überörtlichen Verkehrs lag bei 15,3 %. Dies entspricht einer Fahrleistungszunahme von 11,1 Mrd Kfz-km.

Die Fahrleistung in Kraftfahrzeugkilometer addiert sich aus dem Personenverkehr und dem Güterverkehr. Der Personenverkehr hat durch den Berufsverkehr und insbesondere durch den Freizeitverkehr in den letzten 10 Jahren erhebliche Zuwächse erfahren.

Abbildung 3 gibt für das Jahr 1999 für die Bundesrepublik Deutschland einen Überblick zur Verkehrsleistung in Mrd. Personen-km nach folgenden Verkehrszwecken (für NRW liegen keine Daten für Verkehrsleistungen vor):

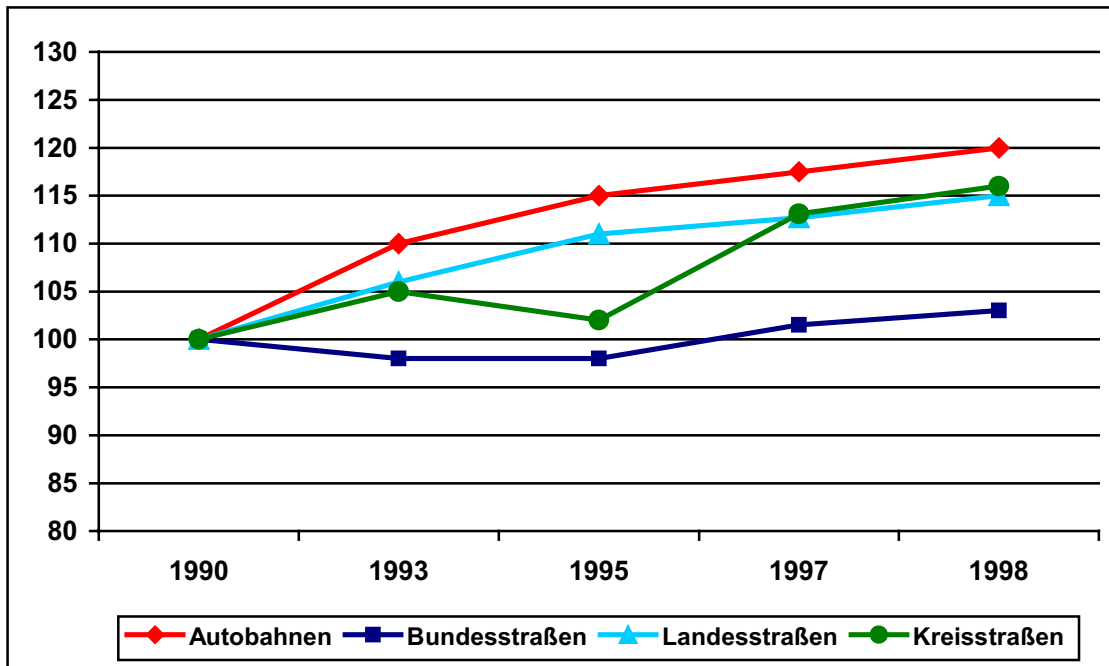
- Berufsverkehr, einschließlich Ausbildungsverkehr sowie Geschäfts- und Dienstverkehr,
- Einkaufsverkehr, einschließlich Besuch bei Ärzten, Behörden, Dienstleistungsbetrieben,
- Freizeitverkehr, einschließlich Urlaubsverkehr.

Der motorisierte Individualverkehr stellt für das Jahr 1999 für alle drei Verkehrszwecke den weitaus größten Bereich dar. Dieser Verkehrsbereich umfasst die PKWs, Kombi und die motorisierten Zweiräder. Besonders ausgeprägt ist der motorisierte Individualverkehr beim Verkehrszweck Freizeit.

Über die letzten 20 Jahre zeigen die Daten deutliche Zuwächse für den motorisierten Individualverkehr für alle Verkehrszwecke. Nur für den Bereich Urlaub ist ein Gegentrend zu erkennen. Hier hat der Luftverkehr starke Zuwächse zu verzeichnen. Alle Prognosen deuten auf eine weitere Zunahme des motorisierten Individualverkehrs und auch des Straßengüterverkehrs.

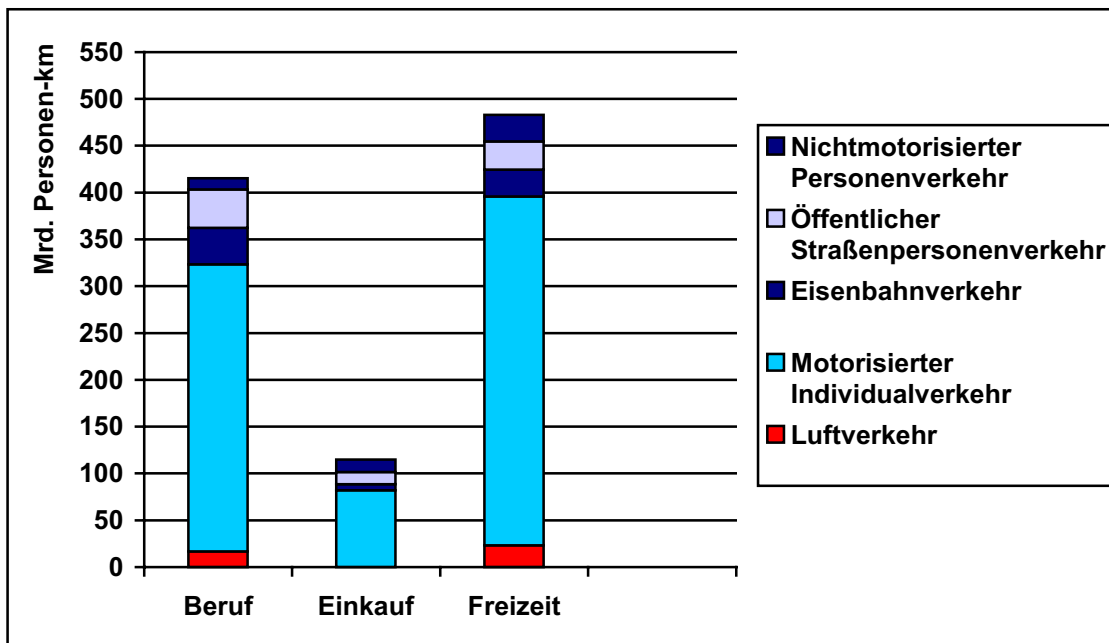
Abb 2: Prozentuale Veränderung der Fahrleistung auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 - 1998

Index: 1990 = 100



Datenquelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Abb. 3: Verkehrsleistung in Mrd. Personen-km für die Verkehrszwecke Beruf, Einkauf und Freizeit für die Bundesrepublik Deutschland, im Jahr 1999



Datenquelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2001/2002. Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag (2001) 331 S.

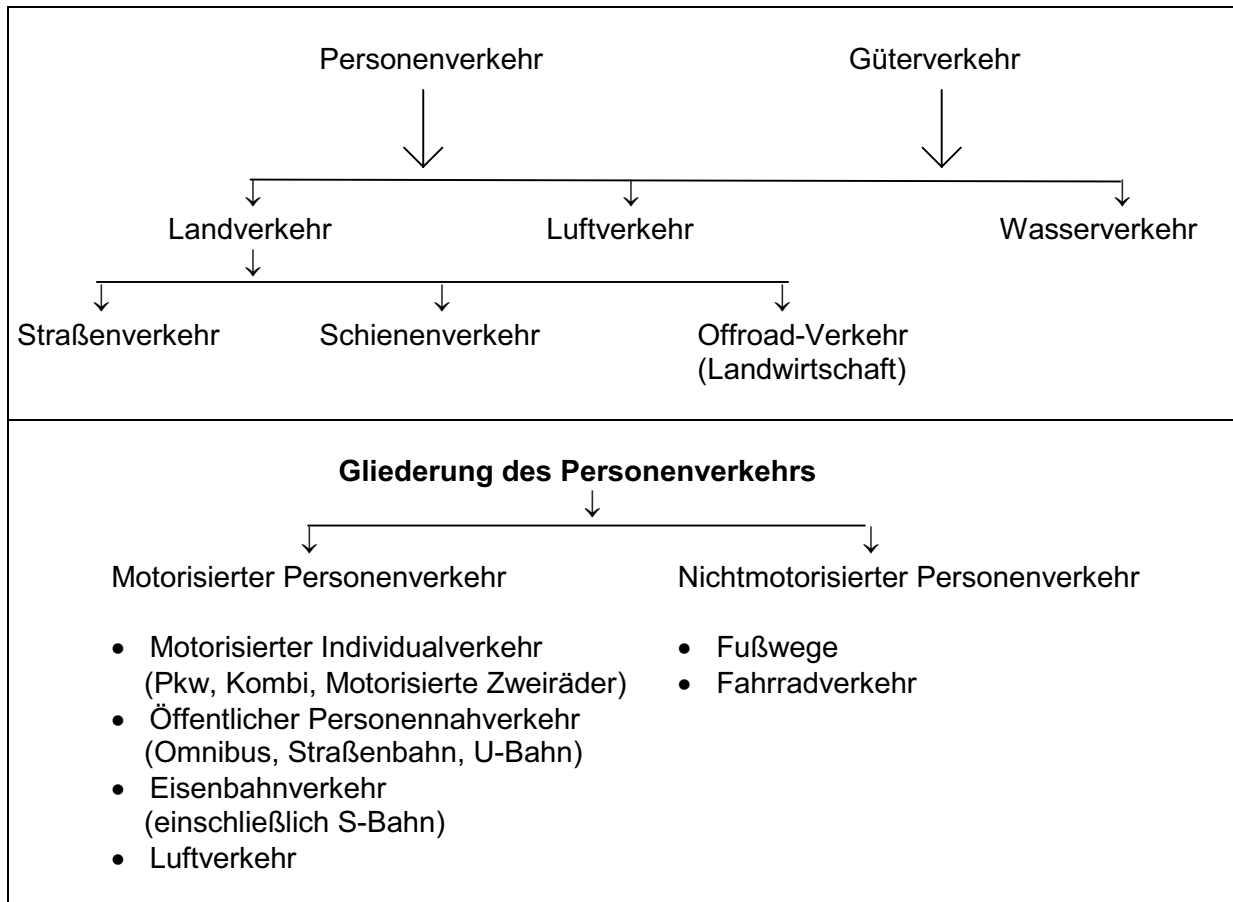
Verkehr und wirtschaftliche Entwicklung stehen in einer engen wechselseitigen Beziehung. Wirtschaftliches Wachstum induziert in der Regel ein höheres Verkehrsaufkommen. Die sozialen Entwicklungsmöglichkeiten werden durch das Verkehrsgeschehen beeinflusst. Neben dem bestehenden allgemeinen Zusammenhang zwischen ökonomischer und sozialer Lage spielen konkret der individuelle und gesellschaftsgruppenspezifische Mobilitätsgrad eine Rolle bei der Gestaltung sozialer Strukturen.

Den positiven Wirkungen stehen die negativen Auswirkungen gegenüber. Mit Zunahme der Mobilität, insbesondere des motorisierten Straßenverkehrs und des Luftverkehrs, sind Mensch und Umwelt einer erheblichen Emission von Schadstoffen und Lärm ausgesetzt. Zu diesen gesundheitlichen Beeinträchtigungen addieren sich die gesundheitlichen Auswirkungen durch Verkehrsunfälle.

2. Das Verkehrssystem und seine Nutzung in NRW

Die Art des Verkehrs kann in Land-, Luft- und Wasserverkehr gegliedert werden. Zum Landverkehr zählen der Straßenverkehr, der Schienenverkehr und der Offroad-Verkehr. Sowohl der Personen- als auch Güterverkehr bezieht sich auf alle Verkehrsarten. Darüber hinaus sind beim Personenverkehr der Individualverkehr und der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) hervorzuheben.

Abb. 4: Arten des Verkehrs



2.1 Straßenverkehr

In Nordrhein-Westfalen ist wie auch in anderen Bundesländern der Kfz-Verkehr dominierend. Er verzeichnet in den letzten Jahren stetige Zuwachsraten. Die Grenzen der jährlichen Wachstumsraten sind derzeit nicht zu erkennen. Der wachsende Bedarf an Personen- und Güterverkehr bedingt die steigende Nachfrage nach Kraftfahrzeugen und den damit verbundenen Bedarf an Verkehrsfläche.

2.1.1 Kraftfahrzeugbestand und Motorisierungsgrad

Am 1. Juli 2000 waren in NRW über 10,7 Mio Kraftfahrzeuge gemeldet. Diese gliedern sich in über 9 Mio Pkw, ca. 480.000 Lkw und 740.000 Krafträder. Umgerechnet auf die mittlere

Bevölkerung entspricht dies einem Motorisierungsgrad von 597 Kfz/1000 Einwohner (EW) bzw. für Personenkraftwagen einem Motorisierungsgrad von 508 Pkw/1000 EW.

Der Kraftfahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen nahm und nimmt wie in den anderen Bundesländern stetig zu (Tabelle 1). Allein der Pkw-Bestand erhöhte sich in Nordrhein-Westfalen von 1990 bis 2000 um über 1 Mio. auf 9.154.280 Personenkraftwagen. Dies entspricht einer Zunahme von 12,8 %. Einen besonders starken Anstieg verzeichneten in dieser Zeit die Krafträder mit 167 %, gefolgt von den Lastkraftwagen mit 38,1 %. Entsprechend dem Kfz-Anstieg stieg in den letzten 10 Jahren auch der Motorisierungsgrad von 522 auf 597 Kfz/1000 EW und bei Personenkraftwagen von 470 auf 508 Pkw/1000 EW.

Tabelle 1: Entwicklung des Kfz-Bestandes in Nordrhein-Westfalen

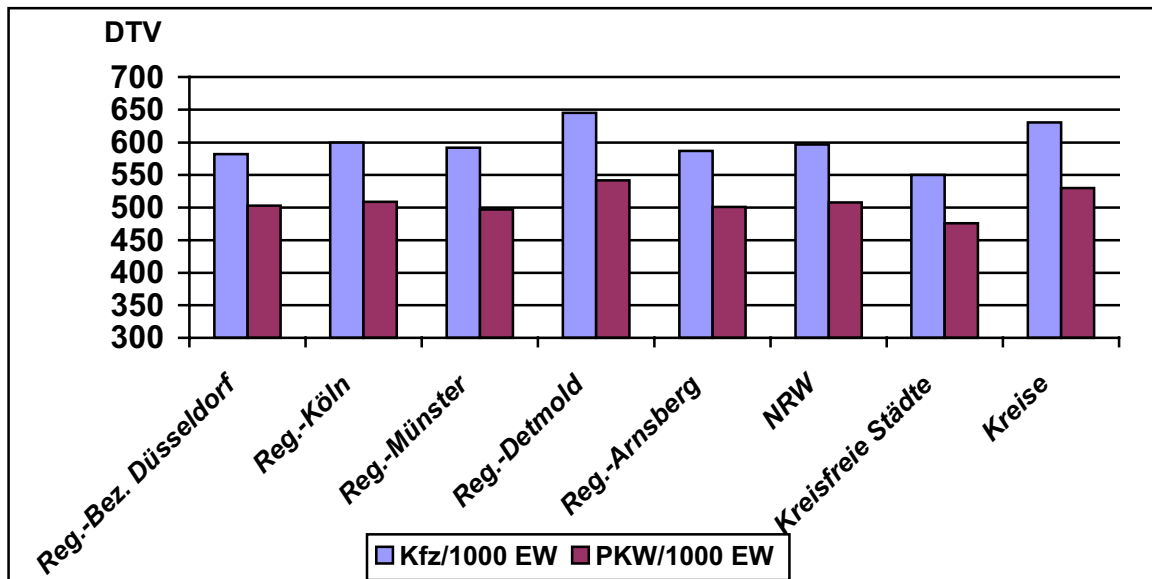
Jahr (am 1. Juli)	Kraftfahr- zeuge gesamt	Krafträder	Pkw	Lkw	Motorisierungsgrad (bezogen auf die mittlere Bevölkerung)	
					Kfz gesamt /1000 EW	PKW /1000 EW
1990	9 068 209	277 994	8 118 318	349 150	522	470
1992	9 461 395	331 314	8 422 100	374 148	537	478
1994	9 828 184	415 705	8 679 887	390 944	552	488
1995	9 994 708	460 131	8 786 223	403 944	560	492
1996	10 144 119	505 090	8 877 831	414 429	566	495
1997	10 269 552	543 049	8 951 585	425 583	571	498
1998	10 357 392	574 349	8 979 844	450 525	576	499
1999	10 606 152	608 521	9 063 178	471 524	589	504
2000	10.741.517	743.186	9.154.280	482.231	597	508

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990-2001

In ländlich strukturierten Regionen ist aus Gründen der Mobilität in der Regel ein höherer Motorisierungsgrad zu erwarten als in Ballungsräumen. Die Arbeitsstätten und Einkaufszentren sind in der Regel weit entfernt, die Struktur der öffentlichen Verkehrsmittel hat aber nicht den Ausbau erfahren wie in den Städten. So lag im Jahr 2000 der Motorisierungsgrad in den Kreisen von Nordrhein-Westfalen mit 630 Kraftfahrzeugen pro 1.000 EW um 14,5 % höher als in den kreisfreien Städten mit 550 Kfz/1.000 EW. Beim Vergleich der Regierungsbezirke weist der Regierungsbezirk Detmold mit seinen ausgeprägt ländlichen Regionen mit 645 Kfz/1.000 EW den höchsten Motorisierungsgrad auf (siehe Abb. 5).

Bei der Betrachtung des auf Personenwagen (Pkw/1.000 EW) bezogenen Motorisierungsgrades zeigt sich eine ähnliche Verteilung. Für das Jahr 2000 liegt der Motorisierungsgrad in den Kreisen mit 530 Pkw/1.000 EW um 11,3 % höher als in den kreisfreien Städten mit 476 Pkw/1.000 EW. Beim Vergleich der Regierungsbezirke weist der Regierungsbezirk Detmold auch bezüglich Personenkraftwagen mit 542 Pkw/1.000 EW den höchsten Motorisierungsgrad auf.

Abb. 5: Motorisierungsgrad (Kraftfahrzeuge bzw. Pkw je 1000 Einwohner) für die Regierungsbezirke, NRW, Kreise und kreisfreie Städte, Juli 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990-2001

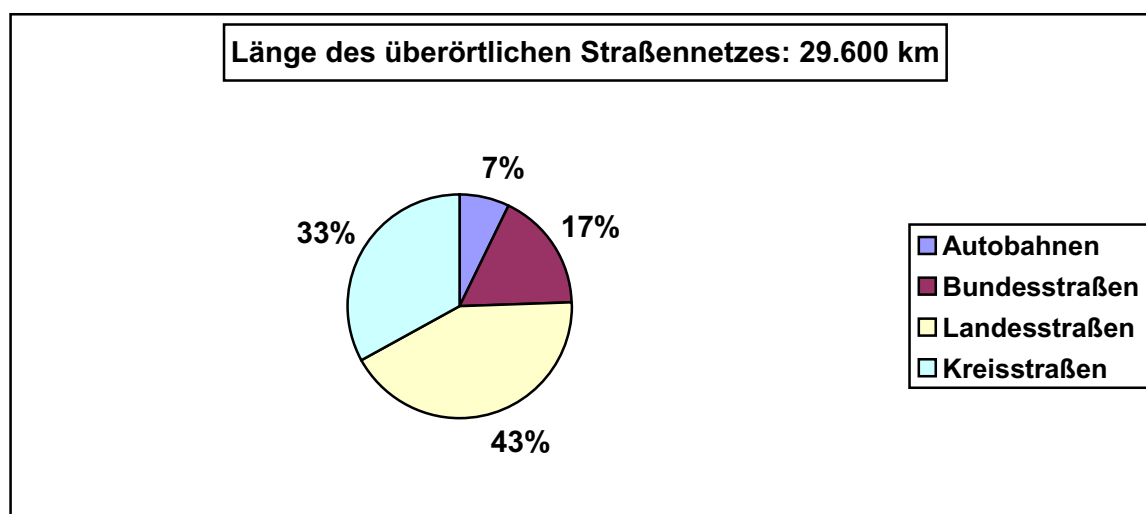
2.1.2 Das Straßenverkehrsnetz in Nordrhein-Westfalen

Am 1. Januar 2001 hatte das Straßenverkehrsnetz in Nordrhein-Westfalen für den überörtlichen Verkehr eine Länge von ca. 29.600 km. Dieses Straßennetz gliedert sich in ca. 2.177 km Autobahnen, 5.046 km Bundesstraßen, 12.568 km Landesstraßen und 9.807 km Kreisstraßen. Die prozentuale Verteilung der Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW zeigt Abb. 6.

Für die Längen von Gemeindestraßen in NRW liegen keine genauen Daten vor. Aufgrund der fortschreitenden Siedlungsentwicklung in den letzten Jahren kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das innerörtliche Straßenverkehrsnetz wesentlich erweitert wurde. Schätzungen haben für das Jahr 1998 für Gemeindestraßen in NRW eine Gesamtlänge von 64.700 km ergeben. Dies ist mehr als die doppelte Länge des überörtlichen Straßennetzes. Die Länge des gesamten Straßennetzes in NRW liegt damit geschätzt bei 94.000 km.

(<http://www.mwmtv.nrw.de>)

Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1. Januar 2001



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

In Nordrhein-Westfalen gab es im letzten Jahrzehnt beim Straßenverkehrsnetz des überörtlichen Verkehrs nur geringe Veränderungen (Tabelle 2). Während die Autobahnen im Zeitraum 1990 – 2000 um ca. 100 km und die Landesstraßen um ca. 200 km ausgebaut wurden, verringerte sich das Netz der Bundes- und Kreisstraßen.

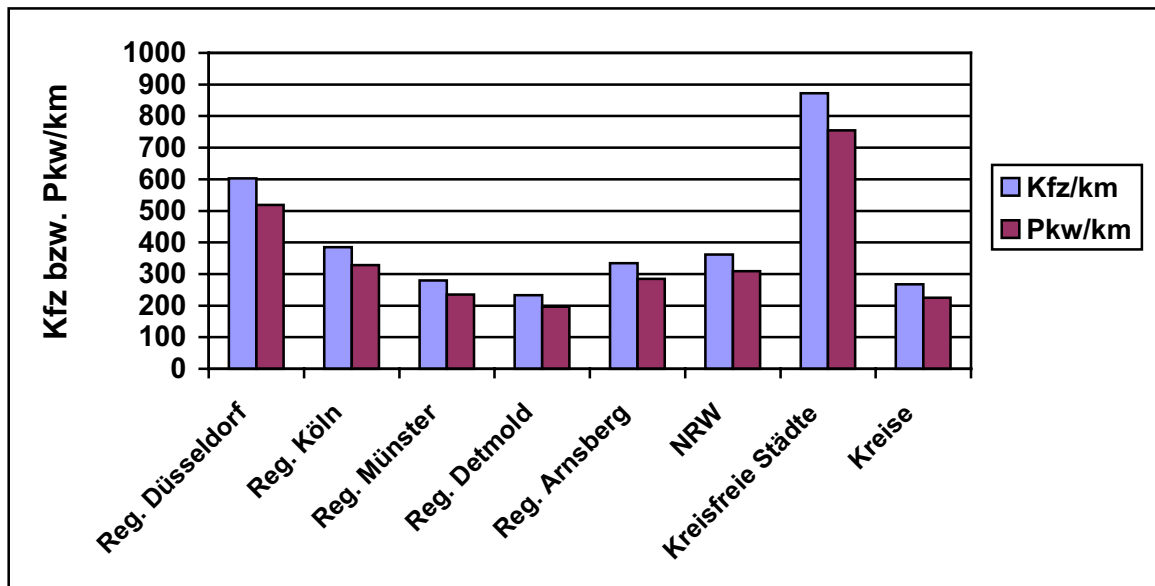
Tabelle 2: Entwicklung des Straßenverkehrsnetzes in Nordrhein-Westfalen, Straßen des überörtlichen Verkehrs einschließlich Ortsdurchfahrten in km 1990 - 2000

Jahr	gesamt	Autobahnen	Bundesstraßen	Landesstraßen	Kreisstraßen
1990	29 851	2 061	5 469	12 392	9 936
1993	29 843	2 142	5 143	12 586	9 971
1995	29 861	2 149	5 096	12 653	9 961
1996	29.818	2.153	5.133	12.596	9.936
1997	29 764	2 169	5 107	12 603	9 883
1998	29 686	2 179	5 098	12 622	9 797
1999	29 586	2 168	5 080	12 588	9 748
2000	29.600	2.177	5.047	12.568	9.807

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990-2001

Neben dem Motorisierungsgrad (Anzahl Kfz bzw. Pkw je 1000 EW) liefert die Kfz-Netzdichte bzw. Pkw-Netzdichte (Anzahl Kfz bzw. Pkw pro km Straßenlänge) Vergleichszahlen über die Belastung einer Region. Die Zahlen zur Netzdichte in Abb. 7 beinhalten Ungenauigkeiten, da die Gemeindestraßen in die Berechnung nicht eingegangen sind. Sie zeigen aber, dass in den kreisfreien Städten bzw. Regierungsbezirken mit höherer Einwohnerdichte eine wesentlich höhere Netzdichte besteht als in ländlichen Regionen. Beim Motorisierungsgrad verhalten sich die Werte umgekehrt. Hier liegen die Zahlen in ländlichen Regionen höher.

Abb. 7: Netzdichte für die Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW in Kfz/km bzw. Pkw/km am 1. Januar 2001



Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

2.1.3 Die Verkehrsentwicklung in Nordrhein-Westfalen

Die Belastung von Mensch und Umwelt durch den Kfz-Verkehr kann neben dem Kraftfahrzeugbestand mit zugehörigem Motorisierungsgrad und Netzdichten vor allem durch

- das Verkehrsaufkommen,
 - die Fahrleistung und die
 - Verkehrsleistung
- beschrieben werden.

Zur Feststellung von Verkehrsaufkommen, Fahrleistung und Verkehrsleistung werden sowohl kontinuierliche automatische Dauerzählungen als auch manuell durchgeführte Zählaktionen im fünfjährigen Turnus auf allen Straßen des überörtlichen Verkehrs vorgenommen. Die Zählungen erfolgen bundesweit nach einheitlichen Richtlinien. Dabei werden Anzahl und Art der Kraftfahrzeuge erfasst. In Nordrhein-Westfalen gibt es 80 Dauerzählstellen an den Autobahnen, 65 an Bundesstraßen und 54 an Landesstraßen.

2.1.3.1 Das Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen (Anzahl der Kraftfahrzeuge pro Zeit) schwankt insbesondere nach Art der Straße, Tageszeit, Jahreszeit, Ortslage, Industriegebiet oder Wohngebiet usw. Aus den Ergebnissen der landesweiten manuellen Straßenverkehrszählungen und automatischen Dauerzählungen werden die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für Streckenabschnitte bzw. Straßenarten berechnet. Dazu werden DTV-Klassen gebildet (z.B. 10.000 bis 12.000 Kfz/24 h) und die Strecken berechnet, auf denen dieses Verkehrsaufkommen vorliegt. Aus den verschiedenen DTV-Klassen mit den zugehörigen Streckenangaben wird eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke für die Straßenarten berechnet.

Die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) zeigen den Trend des Verkehrsaufkommens für eine bestimmte Straßenart. Sie geben jedoch die Belastungssituation für einen bestimmten Ort und Zeitpunkt nicht wieder. Um die Belastungssituation für die Anwohner einzelner Straßen oder für begrenzte Ortsteile zu verdeutlichen, muss die Verkehrsdichte an entsprechenden Verkehrsschwerpunkten bzw. Straßenabschnitten gemessen werden. Auch diese für die Verkehrsschwerpunkte angegebenen durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) sind insbesondere durch den morgendlichen und nachmittäglichen Berufsverkehr starken Schwankungen unterworfen.

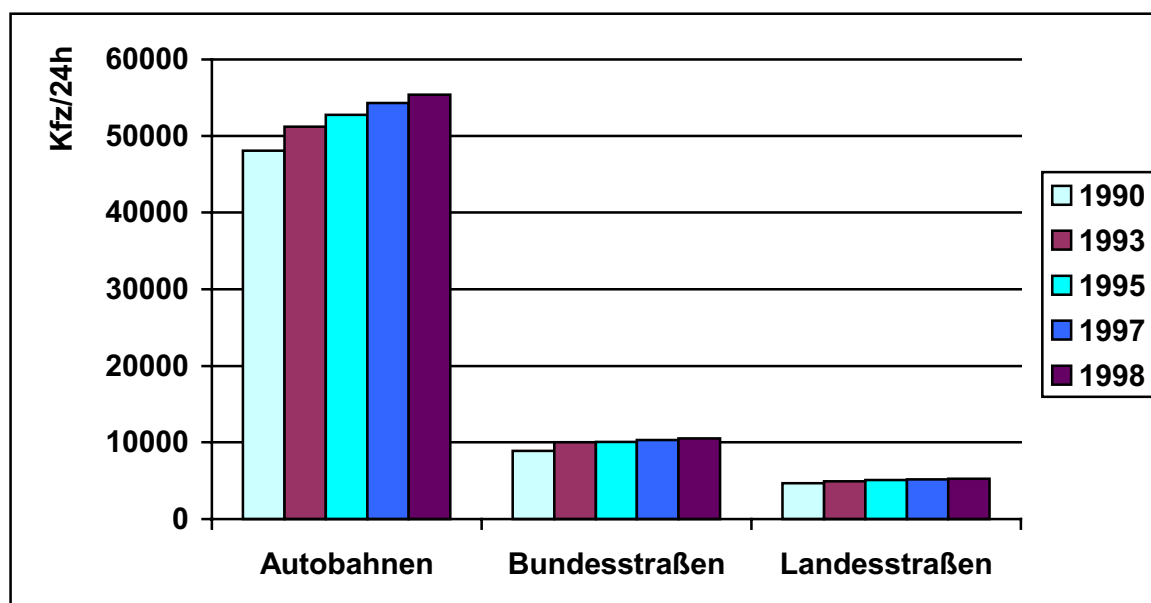
Tabelle 3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 – 1998

		1990	1993	1995	1997	1998	Veränderung 1990-1998
Autobahn	Kfz/24h	48.050	51.200	52.750	54.300	55.400	+ 15,3%
	GV/24h	7.200	7.700	8.200	8.600	8.900	+ 23,6%
Bundesstr.	Kfz/24h	8.900	10.000	10.050	10.300	10.500	+ 18,0%
	GV/24h	910	920	940	960	980	+ 7,7%
Landesstr.	Kfz/24h	4.700	4.950	5.100	5.200	5.300	+ 12,8%
	GV/24h	360	370	380	400	410	+ 13,8%

Quelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Tabelle 3 und Abb. 8 zeigen die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) für Kraftfahrzeuge insgesamt (Kfz) und für den Güterverkehr (GV) nach Straßenart in Nordrhein-Westfalen auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in den Jahren 1990 – 1998.

Abb 8: Entwicklung der durchschnittlichen tägl. Verkehrsstärke (DTV) für alle Kraftfahrzeuge (Kfz) auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in NRW, 1990 - 1998



Datenquelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Da die Belastung durch den Güterverkehr (GV) besonders hoch ist, wird dieser Bereich neben Kraftfahrzeugen insgesamt in Tab. 3 gesondert ausgewiesen. Auf den Autobahnen war die Entwicklung des Güterverkehrs von 1990-1998 mit 23,6 % Steigerung am stärksten ausgeprägt. Auf den Landesstraßen war eine Steigerung, durch den Güternahverkehr, von 13,8 % und auf Bundesstraßen von 7,7 % zu verzeichnen. Der Güterverkehr belastet die Autobahnen mit ca. 16%. An den Werktagen von Montag bis Freitag ist die Belastung wesentlich höher. Auf Bundes- und Landesstraßen liegt der Anteil des Güterverkehrs am Gesamtverkehr bei ca. 8-9 %.

Tabelle 4 zeigt 10 Autobahnabschnitte in Nordrhein-Westfalen mit starkem Kfz-Verkehr im Jahr 1998. Bei den ersten fünf Autobahnabschnitten handelt es sich um 6-spurige und bei den restlichen um 4-spurige Autobahnen.

Tabelle 4: BAB-Abschnitte mit sehr hohen durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken, 1998 (AS= Autobahnanschluß)

Autobahn	Abschnitt zwischen	Kfz/24h
A 3	AS Köln-Dellbrück und Kreuz Köln-Ost	159.900
A 3	Kreuz Leverkusen und AS Leverkusen	149.500
A 40	Dreieck Essen-Ost und AS Essen-Frillendorf	132.800
A 3	AS Mettmann und Kreuz Hilden	123.500
A 3	AS Opladen und Kreuz Leverkusen	120.000
A 1	AS Köln-Lövenich und Kreuz Köln-West	118.700
A 46	AS Düsseldorf-Eller und Kreuz Düsseldorf-Süd	113.400
A 40	AS Gelsenkirchen und AS Bochum-Wattenscheid-West	103.700
A 59	Dreieck Porz und Kreuz Flughafen	103.300
A 46	AS Wuppertal-Elberfeld und AS Wuppertal-Barmen	102.200

Quelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Die Belastungen durch diese hohen Verkehrsstärken sollen durch folgende Zahlen noch einmal verdeutlicht werden:

- bei 100.000 Kfz/Tag auf 4spurigen Autobahnen kommt es in Spitzenstunden zu Verkehrsstärken von bis zu 8.000 Kfz/Std., d. h. in jede Richtung alle 0,9 sec. 1 Fahrzeug
- bei 150.000 Kfz/Tag auf 6spurigen Autobahnen kommt es in Spitzenstunden zu Verkehrsstärken von bis zu 12.000 Kfz/Std., d. h. je Richtung alle 0,6 sec. 1 Fahrzeug. Je Fahrstreifen sind das 2.000 Kfz/Std., womit etwa die maximale Belastbarkeit erreicht ist.

Auf den Straßen im Innerortsbereich werden keine flächendeckenden, regelmäßigen Verkehrszählungen durchgeführt. Nach Schätzungen lagen im Jahr 1995 die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken aller Straßenklassen im Innerortsbereich jeweils deutlich über den Werten im Außenortsbereich. So lag die DTV im Jahr 1995 auf den Bundesstraßen im Außenortsbereich bei 10.050 Kfz/24h. Für die Bundesstraßen innerorts wurde eine um 67% höhere DTV von 16.700 Kfz/24h ermittelt.

2.1.3.2 Fahrleistung

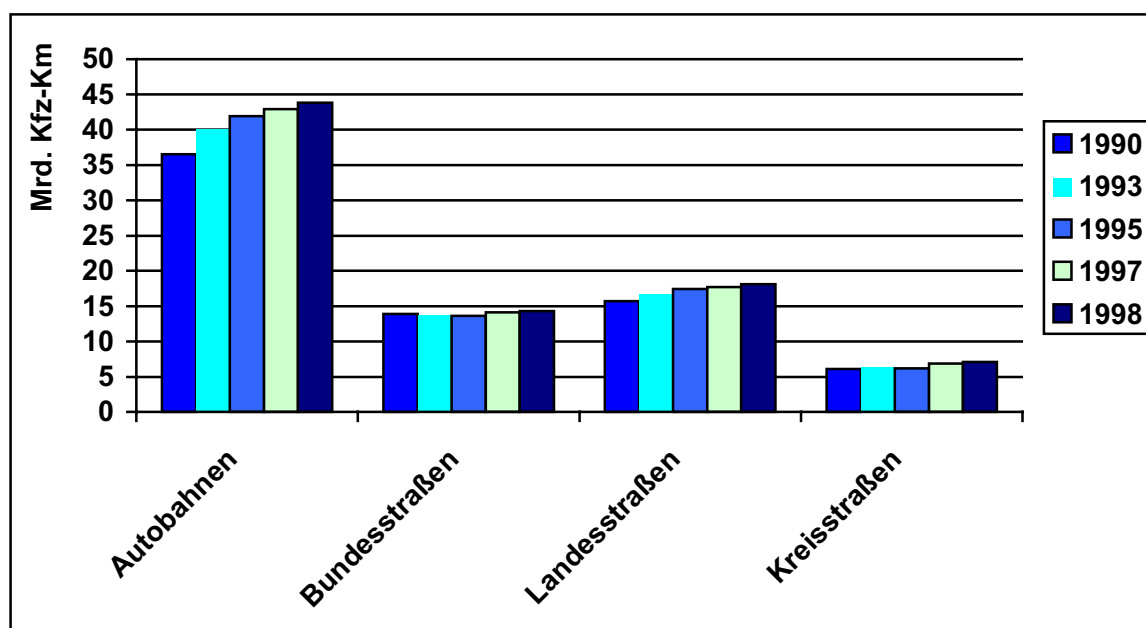
Die Fahrleistung gibt die zurückgelegte Strecke in Kilometer der Verkehrsmittel in einem bestimmten Zeitraum an. Sie stellt neben den Faktoren Geschwindigkeit und Art der Fahrzeuge die wichtigste Größe zur Ermittlung von Schadstoff- und Lärmemissionen dar. Die Gesamtfahrleistung im Straßenverkehr zeigt eine ständig steigende Tendenz. Tabelle 5 und Abb. 9 zeigen die Entwicklung der Fahrleistung von 1990 - 1998 in Nordrhein-Westfalen auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs und die prozentualen Veränderungen.

Tabelle 5: Fahrleistung auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs in Nordrhein-Westfalen (in Mrd. Kfz-km), 1990 - 1998

	1990	1993	1995	1997	1998	Veränderung 1990 - 1998
Autobahnen	36,5	40,0	41,9	42,9	43,8	+ 20,0%
Bundesstraßen	13,9	13,6	13,6	14,1	14,3	+ 2,9%
Landesstraßen	15,7	16,7	17,4	17,7	18,1	+ 15,3%
Kreisstraßen	6,1	6,4	6,2	6,9	7,1	+ 16,4%
gesamt	72,2	76,7	79,1	81,6	83,3	+ 15,4%

Quelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Abb. 9: Fahrleistung auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs in Nordrhein-Westfalen (in Mrd. Kfz-km)



Datenquelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Zur Erstellung eines landesweiten Emissionsmodells wurden für das Jahr 1995 Fahrleistungen für die Innenorte unter Berücksichtigung aktueller Strukturentwicklungen abgeschätzt. Danach lagen die Fahrleistungen 1995 innerorts mit insgesamt rund 50 Mrd. Kfz-km um ca. 30 Mrd. Kfz-km niedriger als die Fahrleistungen im Außenbereich. Von der gesamten Innerortsfahrleistung entfiel rund die Hälfte auf die Gemeindestraßen, die mit ca. 86% den größten Längenanteil am Innerortsnetz haben.

2.1.3.3 Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistungen ergeben sich aus der Multiplikation aus Fahrstrecke und Zahl der Personen (Personenkilometer PKM) bzw. Multiplikation der Fahrstrecke und transportierte Güter in Tonnen (Tonnenkilometer tKM). Die Verkehrsleistung gibt Aufschluss über die Verkehrsmittelbenutzung wie Straße, Schiene, Luft und Schiff im Personenverkehr und Güterverkehr, sogenannter Modal Split (s. Kap. 2.5).

2.2 Schienenverkehr

Die Strecke der Eisenbahn in Nordrhein-Westfalen betrug 1994 rund 5.300 km, davon waren insgesamt 2.900 km elektrifiziert. Für den Personenverkehr stand ca. 4.700 km Schienenweg zur Verfügung. Rund 500 km entfielen davon auf S-Bahnen.

Tabelle 6 zeigt das Beförderungsaufkommen im Personenverkehr der Deutschen Bahn AG in Nordrhein-Westfalen. Nachdem die Zahl der beförderten Personen, ausgehend von 1992 bis 1994, zunächst anstieg, nahm die Nutzung der Bahn bis 1997 wieder ab. Die Zahl der beförderten Personen fiel von knapp 234 Mio. im Jahre 1992 auf 218 Mio. im Jahr 1997 um ca. 6 %.

Tabelle 6: Beförderungsaufkommen der Deutschen Bahn AG in NRW einschließlich S-Bahn- und Verbundverkehr (in Mio. Personen)

Beförderte Personen im	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Berufsverkehr	16,807	17,698	17,647	17,668	15,190	13,698
Schülerverkehr	17,194	16,141	16,394	15,549	13,654	12,567
Sonstige	46,304	53,604	54,835	46,114	41,342	31,160
S-Bahn- u. Verbundverkehr	153,174	149,039	149,886	150,859	154,933	154,610
Gesamt	233,779	236,797	239,081	230,485	225,118	218,035

Quelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

2.3 Flugverkehr

Je nach Flugplatzgröße und Funktion wird zwischen militärischen Flugplätzen, zivilen Flughäfen, Landeplätzen und Segelfluggeländen unterschieden. Flughäfen sind Flugplätze, die nach Art und Umfang des vorgesehenen Flugbetriebs zur Sicherung einen Bauschutzbereich nach § 12 des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) haben müssen. Landeplätze sind dagegen Flugplätze, für die ein solcher Bauschutzbereich nicht erforderlich ist und die nicht nur als Segelfluggelände dienen. Im Jahr 1993 waren 26 Flughäfen in Deutschland genehmigt. Darüber hinaus bestehen über 200 Landeplätze und mehr als 500 Segelfluggelände.

Die Entwicklung des gewerblichen Luftverkehrs in NRW zeigt Tabelle 7 – 9 anhand der 3 internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln-Bonn und Münster-Osnabrück. Mit 179036 Starts und Landungen (immer addiert) im Jahr 2000 ist Düsseldorf in NRW der größte Flughafen. Für die drei Flughäfen nahmen die Anzahl der Starts und Landungen im Durchschnitt von 1993 bis 2000 um 26,5 % zu.

Tabelle 7: Starts und Landungen auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 – 2000

Flughafen	Anzahl der Starts und Landungen			
	1993	1996	1998	2000
Düsseldorf	153 084	165 523	173 056	179.036
Köln/Bonn	106 005	126 145	122 120	135.024
Münster-Osnabrück	20 629	31 781	31 236	39.877
gesamt	279 718	323 449	326 412	353.037

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Auf dem Flughafen Düsseldorf wurden im Jahr 2000 über 15,9 Mio Fluggäste (Ein- und Aussteiger) abgefertigt. Das sind ca. 67 % der Fluggäste dieser drei Flughäfen. Für die drei Flughäfen stieg die Zahl der Fluggäste von 1993 – 2000 im Durchschnitt um 38 %. Der starke Zuwachs an Fluggästen ist neben dem Berufsverkehr insbesondere durch den stark gestiegenen Urlaubsverkehr bedingt.

Tabelle 8: Anzahl der Fluggäste auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 - 1998

Flughafen	Anzahl der Fluggäste, Ein- und Aussteiger			
	1993	1996	1998	2000
Düsseldorf	12 872 952	14 182 701	15 609 205	15.911.464
Köln/Bonn	3 785 161	5 112 062	5 305 349	6.092.397
Münster-Osnabrück	489 104	961 586	1 191 647	1.667.198
gesamt	17 147 217	20 256 349	22 106 201	23.671.061

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Der größte Transport an Gütern erfolgte über der Flughafen Köln/Bonn. 2000 betrug die Fracht in Köln/Bonn mit 419742 t ca. 87 % der Gesamtfracht dieser drei Flughäfen. Der Zuwachs des Luftgüterverkehrs für diese drei Flughäfen betrug von 1993 – 2000 48,9 %.

Tabelle 9: Luftgüterverkehr (ohne Post) auf den internationalen Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster-Osnabrück 1993 – 2000

Flughafen	Fracht in t (ohne Post)			
	1993	1996	1998	2000
Düsseldorf	45 355	56 114	66 119	59.253
Köln/Bonn	188 866	311 439	348 072	419.742
Münster-Osnabrück	596	678	901	450
gesamt	234 817	368 231	415 092	479.442

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

2.4 Binnenschiffverkehr

Für den Personenverkehr spielt die Binnenschifffahrt in der Regel nur für Ausflugsfahrten eine Rolle. Dies liegt einmal an der geringen Geschwindigkeit der Schiffe, zum anderen an der Infrastruktur der Flüsse/Kanäle. Nur wenige Orte mit Berufs- und Geschäftsverkehr sind direkt über das Schiff erreichbar. Tabelle 10 zeigt die Längen der schiffbaren Flüsse und Kanäle in Nordrhein-Westfalen. An diesen Binnenstraßen gibt es in NRW ca. 180 Häfen sowie Lösch- und Ladeplätze.

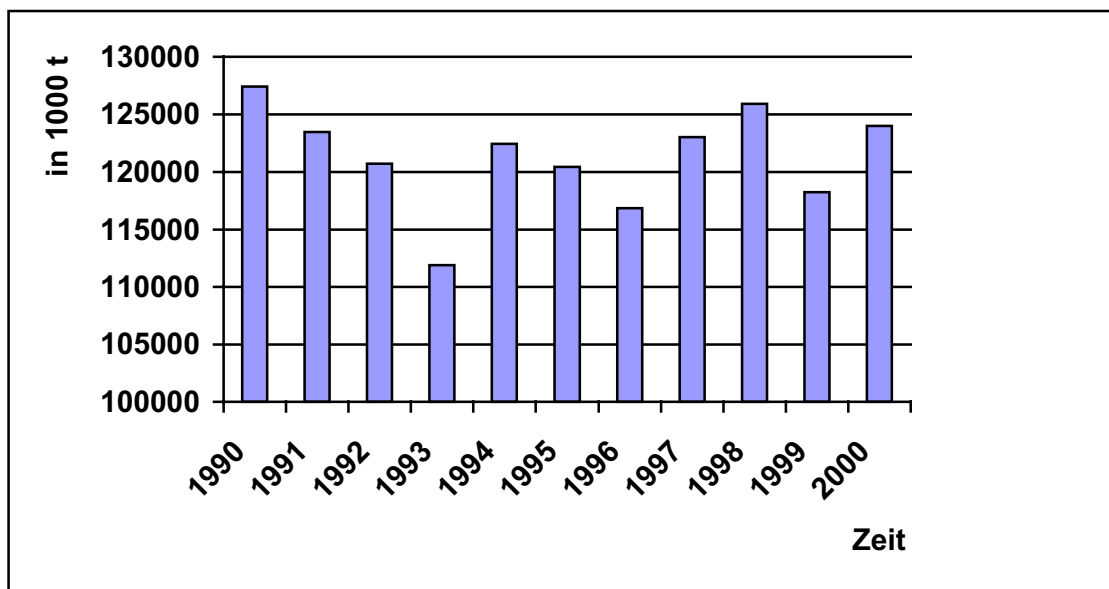
Tabelle 10: Gesamtlänge schiffbarer Flüsse und Kanäle in NRW

	km
Rhein	226
Ruhr	214
Ems	163
Weser	115
Dortmund-Ems-Kanal	121
Mittellandkanal	64
Weser-Datteln-Kanal	60
Datteln-Hamm-Kanal	47
Rhein-Herne-Kanal	46

Quelle: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999. Düsseldorf: 2000, 25 S.

Die Binnenschifffahrt dient in erster Linie dem Transport von Gütern. Das Transportaufkommen in Nordrhein-Westfalen erreichte 1984 einen Güterumschlag von 139,7 Mio. Tonnen. Danach ging das Transportaufkommen langfristig zurück. Ein Tiefstand wurde 1993 mit 111,9 Mio. Tonnen erreicht. Im Jahr 2000 lag der Güterumschlag bei 123 Mio. Tonnen. Die Entwicklung des Güterumschlags in den wichtigsten Binnenhäfen in NRW zeigt Abb. 10.

Abb. 10: Entwicklung des Gesamtgüterumschlags in den wichtigsten Binnenhäfen in NRW, 1990 - 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

2.5 Verkehrsleistungen (Modal Split)

Die Verkehrsleistungen ergeben sich aus der Multiplikation der Fahrstrecke und Zahl der Personen (Personenkilometer Pkm) bzw. Multiplikation der Fahrstrecke und transportierten Güter in Tonnen (Tonnenkilometer tkm). Die Verkehrsleistung gibt Aufschluss über die Verkehrsmittelbenutzung in den einzelnen Verkehrsbereichen. Die prozentuale Aufteilung der Verkehrsleistungen auf die verschiedenen Verkehrsmittel wird durch den sogenannten „Modal Split“ veranschaulicht.

Für Nordrhein-Westfalen liegen keine aufgeschlüsselten Daten zur Verkehrsmittelbenutzung vor. Um trotzdem einen Eindruck über die Anteile der einzelnen Verkehrsleistungen zu erhalten, werden nachfolgend die Pkm und tkm für Deutschland dargestellt.

Die Personenverkehrsleistung ist eine ständig wachsende Größe (Tabelle 11). Die gesamte Personenverkehrsleistung betrug im Jahr 2000 ca. 935 Mrd. Pkm. Der motorisierte Individualverkehr nimmt mit über 80 % eine dominierende Stellung ein. Von besonders starkem Wachstum war in den 90er Jahren (1992 – 2000) der Luftverkehr mit 77,7 % gekennzeichnet. Aber auch bei der Nutzung der Eisenbahn, als vergleichsweise weniger umweltbelastendes Verkehrsmittel, stieg die Verkehrsleistung in diesen Zeitraum um 31%. Die Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) stieg um 18 % und beim motorisierten Individualverkehr um 1,3 %.

Tabelle 11: Verkehrsleistungen im Personenverkehr in Deutschland in Mrd. Pkm, 1992 - 2000

Verkehrsmittel	1992	1994	1996	1998	2000 ^{*)}	Veränder. 1992-2000
Eisenbahn ¹⁾	57,2	66,4	76,0	72,4	75,1	+ 31,3 %
Öffentl. Personennahverkehr ²⁾	77,8	83,8	92,3	89,4	91,2	+ 18,1 %
Luftverkehr	25,6	30,0	33,6	37,5	42,7	+ 77,7 %
Motorisierter Individualverkehr ³⁾	731,5	732,4	744,3	754,2	740,1	+ 1,3 %
Personenverkehrsleistung gesamt	894,8	906,2	930,6	939,8	935,7	+ 4,6 %

1) Schienenverkehr einschl. S-Bahnverkehr

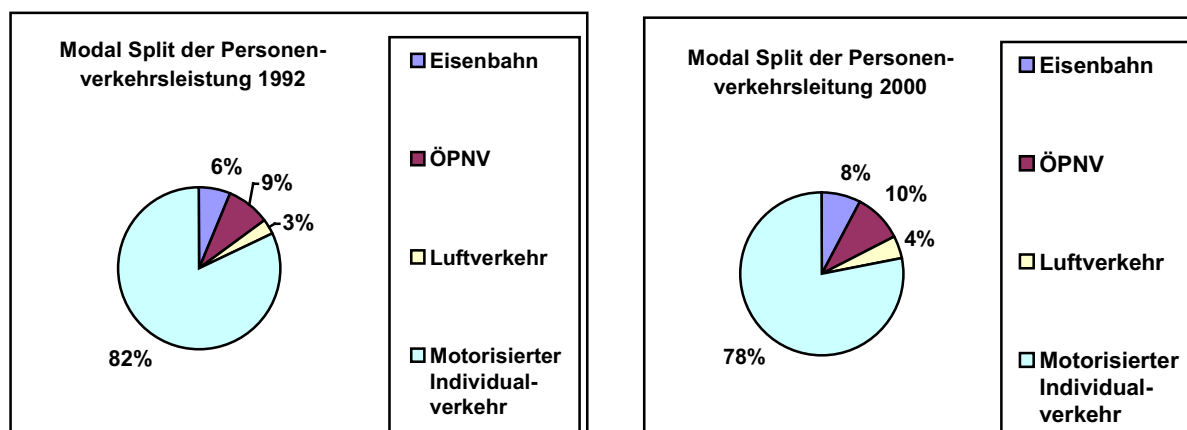
2) Schienennahverkehr und öffentl. Straßenpersonenverkehr

3) Personen- und Kombikraftwagen, Krafträder, Taxi- und Mietwagen

*) vorläufige Werte

Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2001/2002. Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag (2001) 331 S.

Abb. 11: Modal Split der Personenverkehrsleistung in Deutschland, 1992/2000



Die Modal Splits der Personenverkehrsleistung für die Jahre 1992 und 2000 zeigen, dass der motorisierte Individualverkehr in bezug auf die gesamte Personenverkehrsleistung mit ca. 80 % eine dominierende Größe ist (Abb. 11). Der Anteil an der gesamten Personenverkehrsleistung ging jedoch von 1992 bis 2000 etwas zurück, während sich der Anteil bei Eisenbahn, ÖPNV und Luftverkehr leicht erhöhte.

Die Güterverkehrsleistung betrug im Jahr 2000 in Deutschland 505,3 Mrd. tkm (Tab. 12). Der Straßengüterverkehr hatte mit 347,2 Mrd. tkm einen Anteil von 69% an den gesamten Güterverkehrsleistungen. Die Eisenbahn hatte mit 76 Mrd. tkm nur einen Anteil von 15,0%.

Die Verkehrsleistung im Güterverkehr nahm 1992 bis 2000 um 27,7 % zu. Wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung hat der Straßengüterverkehr mit einem Plus von 37,6%. Die Verkehrsleistung im Güterverkehr der Eisenbahn hatte in diesem Zeitraum einen Zuwachs von 8,8 %.

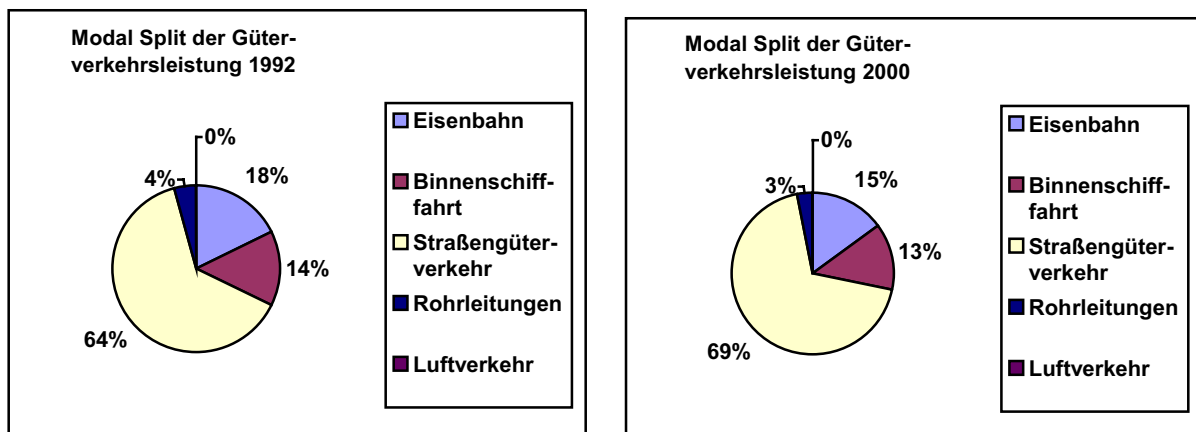
Tabelle 12: Verkehrsleistungen im Güterverkehr in Deutschland in Mrd. tkm, 1992 - 2000

Transportmittel	1992	1994	1996	1998	2000	Veränder. 1992 - 2000
Eisenbahn	69,8	69,9	67,4	73,6	76,0	+ 8,8 %
Binnenschifffahrt	57,2	61,8	61,3	64,3	66,5	+ 16,3 %
Straßengüterverkehr	252,3	272,5	280,7	315,9	347,2	+ 37,6 %
Rohrfernleitungen	15,7	16,8	14,4	14,8	15,0	- 4,5 %
Luftverkehr	0,436	0,503	0,544	0,657	0,696	+ 59,8 %
Güterverkehrsleistungen gesamt	395,4	411,5	434,3	469,4	505,3	+ 27,7 %

Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2001/2002. Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag (2001) 331 S.

Der Trend zur Straße gilt wie für den Personenverkehr auch für den Güterverkehr. Die Modal Splits der Jahre 1992 und 2000 zeigen, dass der Straßengüterverkehr in bezug auf die gesamte Güterverkehrsleistung die dominierende Größe ist (s. Abb. 12). Der Anteil an der gesamten Güterverkehrsleistung stieg beim Straßengüterverkehr von 1992 bis 2000 um etwa 5 %. Die Anteile für Eisenbahn, Binnenschifffahrt und Rohrleitungen verringerten sich entsprechend. Für den Luftverkehr liegt der Anteil der Güterverkehrsleistung unter 0,5 %.

Abb. 12: Modal Split der Güterverkehrsleistung in Deutschland, 1992/2000



2.6 Öffentlicher Personennahverkehr

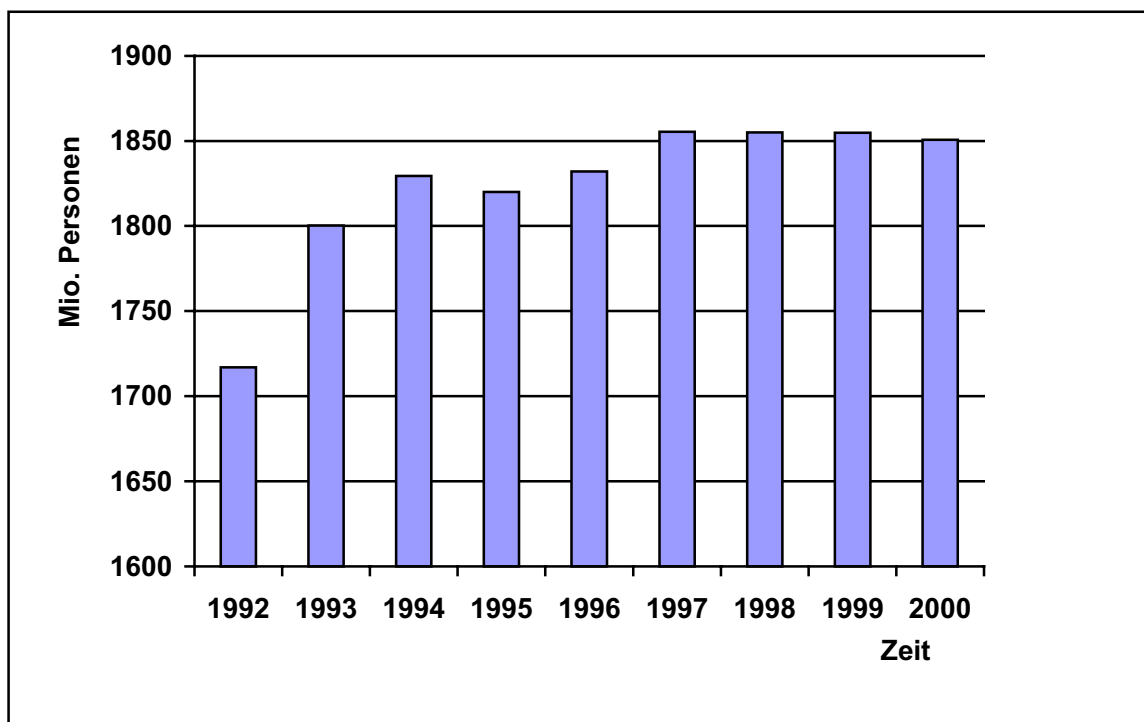
Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) in Deutschland hat in den 90er Jahren erhebliche strukturelle und ordnungspolitische Veränderungen erfahren. Zum 1. Januar 1996 erfolgte die Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs. Die Länder übernahmen damit die Verantwortung für den gesamten ÖPNV einschließlich des Schienen-Personennahverkehrs (SPNV).

In Nordrhein-Westfalen wurden mit dem Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Schienen-Personenverkehrs sowie der Weiterentwicklung des ÖPNV (Regionalisierungsgesetz NW) Zweckverbände als Aufgabenträger bestimmt. Der Einstieg in eine zweckverbandübergreifende Koordination der Fahrpläne wurde genutzt, um einen landesweiten integralen Taktfahrplan (ITF) auszuarbeiten. Ein integraler Taktfahrplan unterscheidet sich vom traditionellen Taktfahrplan dadurch, dass nicht nur die Linien, sondern auch alle Anschlüsse vertaktet sind. Die weitere Vernetzung von Bahn, Bus und differenzierten Bedienungsformen des ÖPNV zu integrierten Nahverkehrssystemen verbessert die Attraktivität einzelner Verkehrsmittel gerade auch im ländlichen Raum. Auch die mögliche organisatorische Zusammenführung des gesamten ÖPNV bietet Chancen zur weiteren Effizienzsteigerung.

Abb. 13 - 14 zeigen die Entwicklung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Bussen und Bahn in NRW (ohne Deutsche Bahn AG).

Die Zahl der beförderten Personen im öffentlichen Personennahverkehr betrug in NRW im Jahr 2000 1.850,8 Mio. Die Zahl der beförderten Personen stieg von 1.716,9 Mio. im Jahr 1992 auf 1.855,5 Mio. im Jahr 1997 um 8 %. Die nächsten Jahre blieb die beförderte Anzahl von Personen in etwa konstant, um im Jahr 2000 wieder etwas zu fallen.

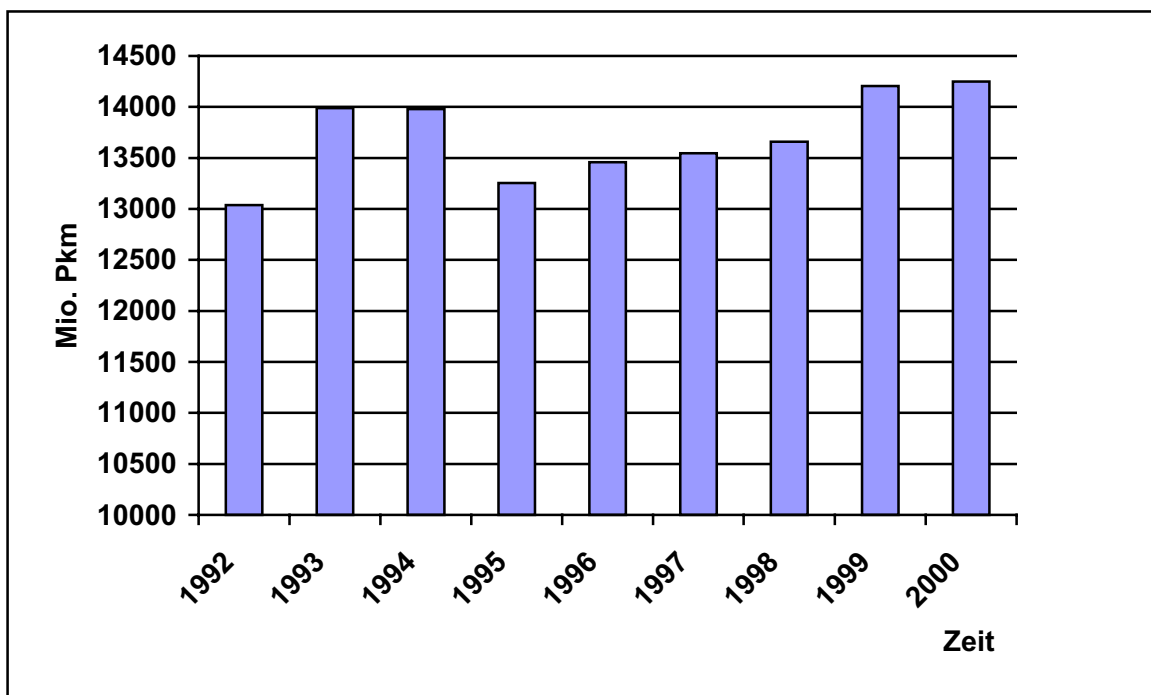
Abb. 13: Beförderte Personen im öffentlichen Personennahverkehr in NRW (in Mio. Pers.)



Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Die Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr betrug in NRW im Jahr 2000 1.4247,9 Mio. Pkm. Von 1994 auf 1995 fiel diese Verkehrsleistung um 6 %. Danach stieg sie wieder kontinuierlich bis zum Jahr 2000 an (Abbildung 14). Die fallende Verkehrsleistung von 1994 auf 1995 ist einmal in der fallenden Zahl der beförderten Personen von 1.829 Mio. auf 1.820 Mio. begründet, aber auch die Fahrleistung sank von 765 Mio auf 724 Mio. Wagenkilometer. Weniger gefahren wurde mit dem öffentlichen Personennahverkehr u.a. im Schüler- und Berufsverkehr aber auch im Ausflugsverkehr und bei Ferienfahrten.

Abb. 14: Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr in NRW (in Mio. Pkm)



Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

2.7 Pendler in Nordrhein-Westfalen

Die Entwicklung der räumlichen Trennung von Wohnung und Arbeitsplatz bedingt eine Zunahme der Ein- und Auspendlerströme in die Ballungsräume mit ihren Konzentrationen an Arbeitsplätzen. Die Pendler haben einen hohen Anteil am Personenverkehrsaufkommen.

Im Jahr 1997 gab es in Nordrhein-Westfalen 5.741.031 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. 2.693.163 (= 47 %) der Beschäftigten waren Einpendler. Obwohl die Beschäftigungsentwicklung der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Arbeitnehmer in Nordrhein-Westfalen von 6.126.999 Beschäftigten im Jahr 1992 auf 5.741.031 Beschäftigte 1997 im 5. Jahr hintereinander rückläufig war, erreichte die Zahl der Pendler im Jahr 1997 einen neuen Höchststand. Tabelle 13 zeigt die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und die Mobilität der Beschäftigten von 1990 bis 1997 in Nordrhein-Westfalen. Zu Anteilen der Pendlerströme, die dem individuellen Straßenverkehr oder dem ÖPNV zuzurechnen sind, liegen keine Daten vor.

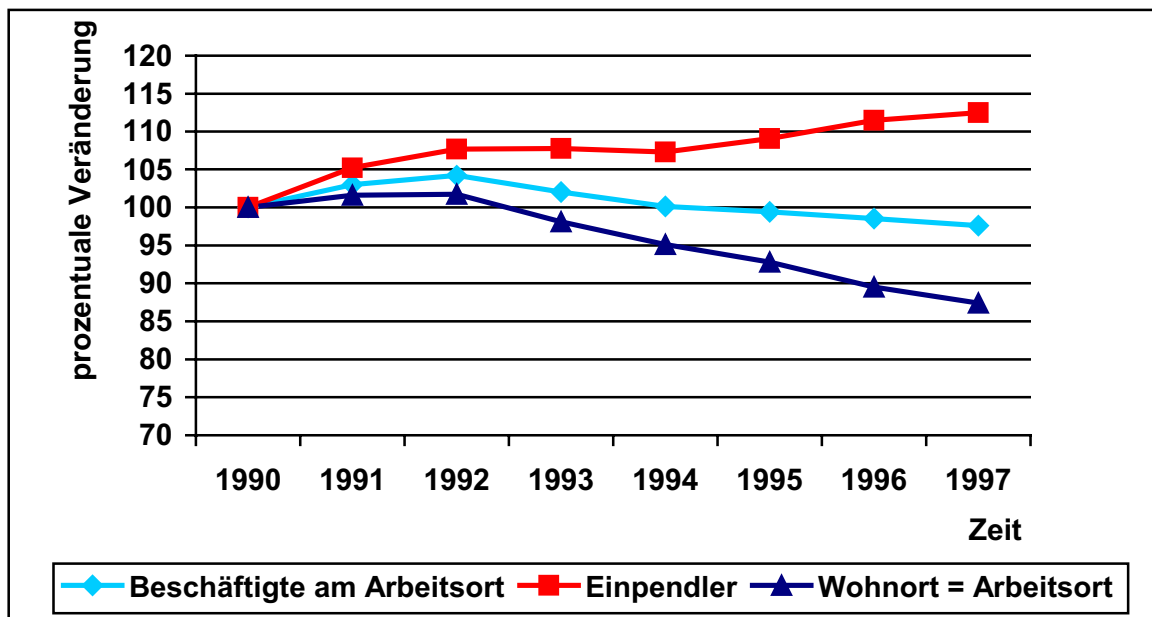
Tabelle 13: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und Pendler in Nordrhein-Westfalen, 1990 - 1997

Jahr	Beschäftigte am Arbeitsplatz	Ei pendler
1990	5 880 214	2 393 908
1991	6 058 681	2 517 211
1992	6 126 999	2 580 869
1993	6 002 336	2 581 629
1994	5 886 813	2 570 873
1995	5 845 738	2 611 146
1996	5 789 336	2 668 555
1997	5 741 031	2 693 163

Quelle: Landesarbeitsamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Pendler in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 1998, 28 S.

Abb. 15: Prozentuale Veränderung der Beschäftigten am Arbeitsplatz, Ei pendler und Wohnort gleich Arbeitsplatz in NRW

Index: 1990 = 100



Datenquelle: Landesarbeitsamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Pendler in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 1998, 28 S.

Tabelle 14 dokumentiert die am Ort Beschäftigten, Einpendler und Auspendler der kreisfreien Städte in Nordrhein-Westfalen im Jahr 1997.

Tabelle 14: Pendler in kreisfreien Städten in Nordrhein-Westfalen, 1997

kreisfreie Stadt	Beschäftigte am Arbeitsort	Einpendler	Auspendler
Köln	432 112	183 822	61 864
Düsseldorf	333 553	183 999	45 895
Essen	217 237	86 738	54 045
Dortmund	196 727	72 865	49 018
Duisburg	157 511	57 639	55 641
Bonn	143 212	76 510	23 969
Bochum	132 192	54 294	39 552
Wuppertal	129 764	37 932	30 798
Bielefeld	127 342	44 962	21 974
Münster	118 065	53 138	15 960
Krefeld	87 811	39 152	24 176
Mönchengladbach	83 503	28 587	28 304
Gelsenkirchen	82 036	33 920	32 845
Hagen	70 976	23 605	18 907
Aachen	69 684	38 659	60 006
Leverkusen	67 227	30 378	18 558
Oberhausen	59 315	25 420	33 792
Mülheim	59 144	29 079	24 258
Hamm	51 809	14 553	16 327
Solingen	49 793	11 375	16 966
Remscheid	48 410	16 539	10 261
Herne	41 441	19 036	26 459
Bottrop	31 306	14 146	18 506

Quelle: Landesarbeitsamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Pendler in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 1997, 28 S.

3. Ressourcenverbrauch und Emissionen

Die vom Verkehr und seiner Infrastruktur ausgehenden Belastungen für Mensch und Umwelt sind im wesentlichen gekennzeichnet durch den Verbrauch an Ressourcen, Zerschneidung von großen Flächen unabhängig von gewachsener Natur oder Verwaltungsgrenzen sowie den Emissionen und Immissionen von chemischen und physikalischen Noxen.

3.1 Verbrauch an Verkehrsfläche

Der Bau von Verkehrsanlagen verursacht in der Regel tiefgreifende Beeinträchtigungen der Umwelt. Neben dem Verlust an Naturflächen ist mit dem Ausbau des Straßenverkehrsnetzes eine zunehmende Versiegelung des Bodens verbunden, die zu Störungen des Wasserhaushaltes durch direkte Ableitung als Oberflächenwasser führt. Zusätzlich kann die Versiegelung des Bodens durch erhöhte Wärmespeicherung, wachsende Rückstrahlung und verminderte Verdunstung zu Veränderungen der mikroklimatischen Verhältnisse führen. Über die direkte Flächennutzung hinaus sind mit dem Ausbau des Verkehrsnetzes Nutzungs- und Funktionseinschränkungen verbunden, insbesondere durch Zerschneidung zusammenhängender Lebensräume für Tiere und Erholungsgebiete für Menschen.

Die Verkehrsfläche setzt sich aus Flächen für Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr zusammen. Davon fallen in NRW ca. 88% auf das Straßennetz. Die Verkehrsfläche umfasste Ende 2000 in Nordrhein-Westfalen 226.800 ha (2.268 km²). Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Verkehrsflächennutzung nach Regierungsbezirken. Der Anteil der Verkehrsfläche an der Bodennutzung steigt örtlich mit der Besiedlungsdichte, da hier die Dichte des Straßennetzes auch höher ist.

Tabelle 15: Verkehrsfläche in Nordrhein-Westfalen, 31. Dez. 2000

Verwaltungsbezirk	Verkehrsfläche (in ha)	Anteil der Verkehrsfläche an der Katasterfläche (in %)
Reg.-Bez. Düsseldorf	43 721	8,26
Reg.-Bez. Köln	53.660	7,28
Reg.-Bez. Münster	40 589	5,87
Reg.-Bez. Detmold	36 763	5,63
Reg.-Bez. Arnsberg	52.068	6,50
Nordrhein-Westfalen	226.801	6,65
kreisfreie Städte	48 399	12,45
Kreise	178.402	5,90

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Bei einer Gesamtfläche von 34.081 km² hat Nordrhein-Westfalen mit 2.268 km² einen Verkehrsflächenanteil von 6,65%. Dies entspricht in etwa dem Anteil der Verkehrsfläche in Deutschland.

Entsprechend der relativ geringen Zunahme des öffentlichen Straßenverkehrsnetzes in km nahm in den letzten Jahren auch die Verkehrsfläche nur gering zu. So stieg der Anteil der Verkehrsfläche an der Gesamtfläche in Nordrhein-Westfalen von 1990 (6,37 %) bis 2000 (6,58 %) nur leicht an.

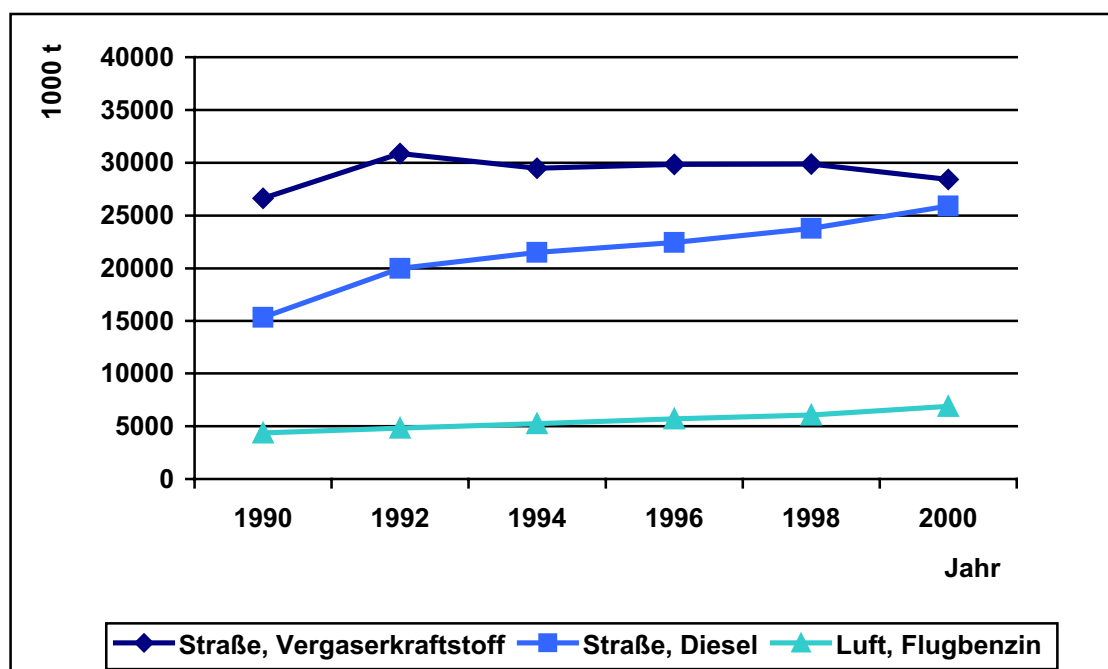
3.2 Energieverbrauch

Abbildung 16 zeigt den Kraftstoffverbrauch für den Straßenverkehr und den Luftverkehr in Deutschland für 1990 bis 2000 (für NRW liegen keine Zeitreihen vor). Danach wurden im Jahr 2000 im Straßenverkehr ca. 28,4 Mio. t Benzin und 25,9 Mio. t Dieselkraftstoff verbraucht. Im Zeitraum von 1990 bis 2000 stieg im Straßenverkehr der Benzinverbrauch um 6,6 % und der Dieserverbrauch um über 68 %. Während der Dieserverbrauch kontinuierlich anstieg, war beim Vergaserkraftstoffverbrauch von 1990 zum Jahr 1992 ein starker Zuwachs zu verzeichnen. Danach sank der Verbrauch wieder etwas ab.

Das Verhältnis zwischen Benzin- und Dieselkraftstoffverbrauch wurde von 1990 bis zum Jahr 2000 im Straßenverkehr immer kleiner. Während 1990 noch über 11 Mio. t mehr Benzin verbraucht wurden, waren es im Jahr 2000 nur noch 2,6 Mio. t. Die starke Zunahme im Verbrauch an Dieselkraftstoff liegt einmal im Zuwachs der Pkw mit Dieselmotoren, ist aber insbesondere auch im starken Anstieg des Kraftstoffverbrauchs im Güterverkehr begründet.

Das steigende Bedürfnis am Flugverkehr hat ein Wachstum an Luftfahrzeugen, Flugbewegungen und damit verbundenem Verbrauch an Kraftstoffressourcen zur Folge. Der Verbrauch an Flugbenzin von 4,4 Mio. t im Jahr 1990 auf 6,9 Mio. t im Jahr 2000 entspricht einer Steigerung von 56,5 %.

Abb.16: Kraftstoffverbrauch für den Straßenverkehr und Luftverkehr in Deutschland in 1000 t, 1990 – 2000



Kraftstoffverbrauch Straße: errechnet als Inlandsfahrleistung
 Flugbenzin: Lieferungen an die Luftfahrt

Datenquelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2001/2002
 Dt. Verkehrsverlag: 2001, 331 S.

Der Dieserverbrauch im Schienenverkehr und in der Binnenschifffahrt ist seit 1992 kontinuierlich zurückgegangen. Der Dieselkraftstoffverbrauch für die Binnenschifffahrt verringerte

sich um ca. 40 % von 699.000 t im Jahr 1992 auf 276.000 t im Jahr 2000. Für den Schienenverkehr reduzierte sich der Dieselverbrauch um 30 % von 797.000 t im Jahr 1992 auf 555.000 t im Jahr 2000.

Der Minderverbrauch an Kraftstoffen im Schienenverkehr erklärt sich durch die Umstellung auf elektrischen Antrieb. Die zunehmende Elektrifizierung der Bahn hat eine Zunahme an Stromverbrauch zur Folge. Von 1992 bis 2000 stieg der Stromverbrauch für den Schienenverkehr von 14.895 Mio. kWh auf 16.100 Mio. kWh. Dies ist ein Anstieg um ca. 8 %. (Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.). Verkehr in Zahlen 2001/2002).

3.3 Emissionen

Unter Emission versteht man im Bereich des Umweltschutzes den Ausstoß von luftverunreinigenden Stoffen bzw. physikalischen Noxen. Auf Grundlage verkehrsspezifischer Kenngrößen wie Verkehrsstärken und Fahrleistungen können mit Hilfe von Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von kraftfahrzeugspezifischen Einflussfaktoren die Gesamtemissionen durch den Verkehr modelliert und berechnet werden. Die Emissionen zeigen die Zu- oder Abnahme von Gesamtbelastungen in einer Region, machen aber keine Aussage über Verteilung in Luft, Wasser, Boden oder Nahrungsmittel an einem bestimmten Ort.

Die durch Kraftfahrzeuge, Luftfahrzeuge, Schiffe und Eisenbahnen verursachten Emissionen haben bei einer Reihe von Luftschadstoffen einen großen Anteil an den Gesamtemissionen. Insbesondere der Kraftfahrzeugverkehr stellt für eine Reihe von Schadstoffkomponenten derzeit die bedeutendste Umweltbelastung dar. Dies bedeutet nicht, dass bis heute alle Schadstoffkomponenten aus den unterschiedlichen Quellen kontinuierlich gestiegen sind. Vielmehr wurden die Emissionen aus Kraftwerken, Hausbrand und Großfeuerungsanlagen in den letzten Jahrzehnten durch Ausbau der Rauchgasreinigung, Filtertechnologie und andere Schutzmaßnahmen drastisch reduziert. Der Verkehr wurde damit bei einer verminderten Gesamtbelastung für einige Schadstoffe zur relativ stärksten Emittentengruppe.

In Nordrhein-Westfalen wurde vom Landesumweltamt NRW ein Emissionskataster für die wichtigsten Emittentengruppen Industrie, Gewerbe, Kleinfeuerungsanlagen und Verkehr aufgebaut (Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97). Beobachtet und berechnet werden anorganische Gase, NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds), Stäube, Schwermetalle, krebserzeugende Stoffe und klimarelevante Stoffe.

3.3.1 Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs

Die Emissionen durch den Verkehr werden auf der Grundlage verkehrsspezifischer Kenngrößen wie Verkehrsstärken und Fahrleistungen mit Hilfe von Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von kraftfahrzeugspezifischen Einflussfaktoren modelliert und berechnet.

In Nordrhein-Westfalen wurde im Straßenverkehr im Jahr 1997 ca. 70 % (=7.222.163 t) des Kraftstoffs im Pkw-Verkehr verbraucht (siehe Tabelle 16). Entsprechend hoch waren die Emissionen durch den Pkw-Verkehr. Ammoniak, Kohlenmonoxid und NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) werden hauptsächlich von Pkws emittiert. NMVOC gelangen darüber hinaus durch Verdunstungsemissionen der Kraftstoffe in die Umwelt. Bei den anorganischen Gasen ist der starke Einfluss der dieselgetriebenen schweren Lkw erkennbar. Trotz des im Verhältnis zum Pkw-Verkehr geringen Kraftstoffverbrauchs sind die schweren Nutzfahrzeuge mit ca. 40 % der Schwefeldioxid-Emissionen und etwa 45 % der Stickoxide-Emissionen an den jeweiligen Gesamtmengen beteiligt. Auch für die Staubemissionen sind in erster Linie die Dieselfahrzeuge, insbesondere die schweren Nutzfahrzeuge,

verantwortlich. Der durch den Verkehr emittierte Gesamtstaub besteht zu ca. 80 % aus Feinstaub mit einem Partikeldurchmesser <2,5 µm.

Bei den kanzerogenen Abgaskomponenten steht Benzol neben Ruß im Vordergrund. Benzol wird den Motorkraftstoffen zur Erhöhung der Oktanzahl zugesetzt, entsteht aber auch bei der Verbrennung anderer Kohlenwasserstoffe. Dieselruß- und Benzo(a)pyren-Emissionen sind in erster Linie direkte Folge von dieselgetriebenen Motoren. Die Emissionen von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) durch Kraftfahrzeuge wurde wiederholt diskutiert. In mehreren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass bei der Verbrennung von verbleitem Benzin, dem chlorierte und bromierte Kohlenwasserstoffe zugesetzt wurden (sogenannte Scavenger), Dioxine und Furane mit dem Abgas emittiert wurden. Mit dem Verbot des Einsatzes dieser Scavenger (19. BImSchV) und der Umstellung der Treibstoffversorgung auf unverbleites Benzin wurde in Deutschland dieser Kenntnis Rechnung getragen. Neuere Studien zur Dioxinbelastung der Umwelt durch Dieselmotoren zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Eine vom LUA im Rahmen des EU-Dioxin-Projektes durchgeführte Studie zu Emissionsmessungen von Dioxin durch Dieselmotoren ergab nur geringe freigesetzte PCDD/F-Mengen, die im Vergleich zu Emissionen anderer Quellen als vernachlässigbar angesehen werden können (Landesumweltamt NRW: Jahresbericht 1998).

Klimarelevante Abgase wie Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O) werden durch Fahrzeuge mit Ottomotoren emittiert. Mit ca. 86 % bei den CH₄- und mit 92 % bei den N₂O-Emissionen liegen die Pkw an der Spitze der Emissionsskala. Die Kohlendioxid-Freisetzungen korrelieren mit der Verteilung des Kraftstoffverbrauchs.

Tabelle 16: Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in NRW, 1997 (nach Fahrzeugarten)

Fahrzeugarten	Kraftstoffverbrauch t/a	Anorganische Gase				NMVOG	Stäube	
		SO _x als SO ₂ t/a	NO _x als NO ₂ t/a	CO t/a	NH ₃ t/a	NMVOG t/a	Gesamtstaub t/a	
Pkw	7.222.163	3.476	97.011	800.990	7.075	68.263	2.010	
Leichte Nfz (< 3,5 t)	461.673	417	5.667	22.728	32	1.993	831	
Krad	84.039	34	563	55.531	20	6.918	<1	
Schwere Nfz (> 3,5 t)	2.611.107	2.611	83.306	24.787	29	11.052	4.134	
Verdunstungsemissionen	-	-	-	-	-	28.834	-	
Summe	10.378.982	6.538	186.547	904.035	7.157	117.060	6.975	
Fahrzeugarten	Schwermetalle Pb t/a	Krebserzeugende Stoffe				Klimarelevante Emissionen		
		Benzol t/a	BaP kg/a	Dioxine/ Furane als TE g/a	Dieseleruß t/a	CO ₂ kt/a	CH ₄ t/a	N ₂ O t/a
Pkw	12	4.072	235	02,	1.198	21.806	5.042	4.263
Leichte Nfz (< 3,5 t)	<1	85	30	<0,1	498	1.431	93	85
Krad	<1	388	23	<0,1	-	260	449	22
Schwere Nfz (> 3,5 t)	-	215	358	<0,1	1.653	8.139	272	286
Verdunstungsemissionen	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	13	4.760	646	0,2	3.350	31.636	5.856	4.656

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

Tabelle 17 zeigt den Anteil der Emissionen der verschiedenen Verkehrsträger für die wichtigsten Abgaskomponenten. Für den Straßenverkehr wird zusätzlich der prozentuale Anteil der Abgaskomponenten angegeben. Dabei wird die dominierende Rolle des Straßenverkehrs deutlich. Bei den wichtigsten Abgaskomponenten liegt der Emissionsanteil des Straßenverkehrs zwischen ca. 74 % beim Gesamtstaub und fast 100 % beim Benzol.

Tabelle 17: Verteilung der wichtigsten Abgaskomponenten auf die verschiedenen Verkehrsträger in NRW, 1997 (in t/a)

	Straßenverkehr		Luftverkehr	Schieneverkehr	Schiffsverkehr	Offroadverkehr
Schwefeldioxid	6.538	77 %	95	116	1.506	200
Stickoxide	168.547	81 %	971	5.225	21.258	10.016
Kohlenmonoxid	904.035	98 %	7.821	1.254	2.569	5.336
Kohlendioxid	31.636	92 %	298	366	1.395	627
Gesamtstaub	6.975	74 %		137	1.108	1.169
Benzol	4.760	99,5 %	16			
Dieselruß	3.350	77 %		55	443	467
NMVOG	117.060	96 %	532	333	1.446	2.688

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

Tabelle 18: Kfz-Dieselrußemissionen in den kreisfreien Städten in Nordrhein-Westfalen, 1994 und 1997 (t/Jahr)

kreisfreie Stadt	1994	1997	Veränderung (in %)
Duisburg	218	71	- 67,4
Krefeld	84	29	- 65,5
Herne	70	26	- 62,8
Essen	171	68	- 60,2
Mönchengladbach	98	41	- 58,1
Aachen	76	33	- 56,6
Bochum	129	56	- 56,6
Bonn	88	39	- 55,7
Remscheid	47	21	- 55,3
Köln	399	180	- 54,9
Hamm	61	28	- 54,1
Dortmund	216	100	- 53,7
Mülheim a.d. Ruhr	72	34	- 52,7
Hagen	114	54	- 52,6
Oberhausen	81	39	- 51,8
Bielefeld	121	59	- 51,2
Düsseldorf	174	86	- 50,6
Münster	109	55	- 49,5
Wuppertal	138	73	- 47,1
Gelsenkirchen	77	42	- 45,5
Leverkusen	73	45	- 38,4
Solingen	41	26	- 36,5
Bottrop	39	27	- 30,8
kreisfreie Städte, gesamt	2 696	1 232	- 54,3
Nordrhein-Westfalen	7 120	3 350	- 52,9

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

1994 wurden in NRW durch den Straßenverkehr 7.120 t Ruß emittiert (Tab. 18). Obwohl die Anzahl der Dieselfahrzeuge gestiegen ist, reduzierte sich die Rußemission bis 1997 um fast 53 % auf 3.350 t. Beispielhaft wird die Dieselrußemission für die Jahre 1994 und 1997 in Tab. 18 für die kreisfreien Städte dargestellt.

3.3.1.1 Schadstoffemissionen durch Katalysatoren

Ein wichtiger Faktor bezogen auf Umwelt und Gesundheit ist die Größe des Anteils schadstoffreduzierter Pkw. Wie aus Tabelle 19 ersichtlich vergrößert sich der Anteil schadstoffreduzierter Pkw mit jedem Jahr. Während 1990 in Nordrhein-Westfalen der Anteil bei 38,8 % lag, waren Mitte 2000 bereits 94 % der Personenkraftwagen als schadstoffarm eingestuft.

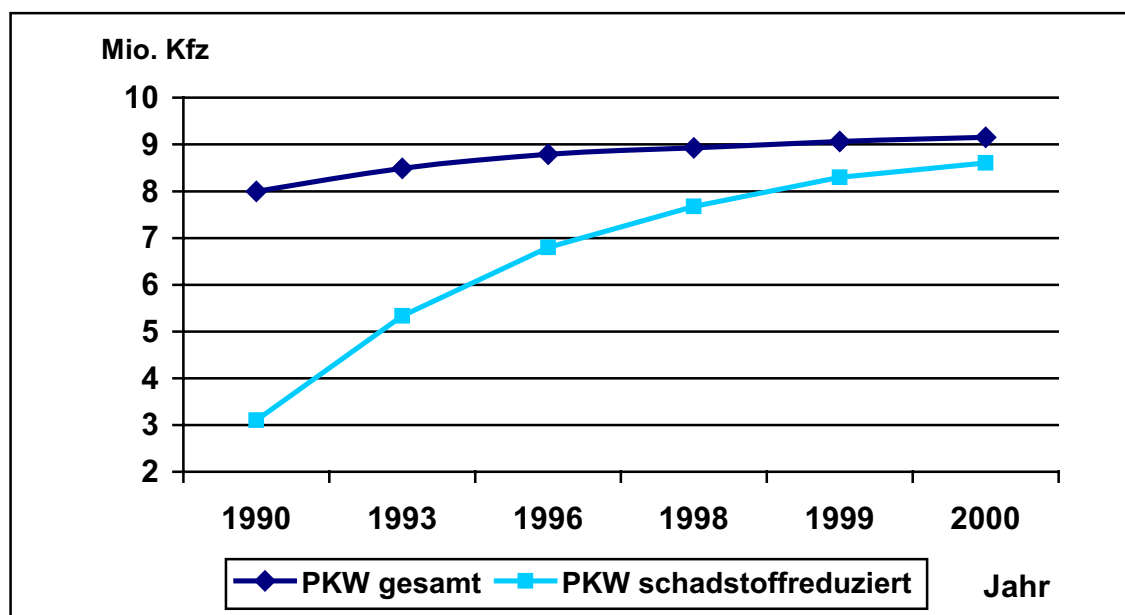
Ein Vergleich schadstoffreduzierter Pkws nach Regierungsbezirken zeigt nur geringe Unterschiede. Im Jahr 2000 lag der Anteil der schadstoffreduzierten Personenkraftwagen zwischen 93,4 % im Regierungsbezirk Köln und 95 % im Regierungsbezirk Detmold.

Tabelle 19: Entwicklung des Pkw-Bestandes nach Schadstoffgruppen in Nordrhein-Westfalen, 1990 - 2000

Jahr Stand 1.Juli	Pkw gesamt	mit Ottomotor	mit Dieselmotor	Pkw schadstoffreduziert		
				gesamt	Ottomotor	Dieselmotor
1990	7 999 102	6 921 419	1 069 566	3 103 186	2 128 103	973 627
1993	8 491 098	7 312 249	1 178 556	5 334 488	4 248 382	1 086 106
1996	8 790 820	7 500 239	1 290 153	6 802 045	5 578 873	1 223 172
1998	8 928 133	7 678 489	1 249 088	7 671 776	6 488 051	1 183 725
1999	9 063 178	7 810 857	1 248 424	8 299 775	7 093 932	1 205 865
2000	9.154.280	7.858.513	1.294.270	8.604.781	7.340.555	1.263.589

Quelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990-2001

Abb. 17: Bestand an Pkws insgesamt und schadstoffreduzierter Pkw in NRW, 1990 – 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990-2001

Mit Einführung und Verschärfung von Emissionsgrenzwerten für Personenkraftwagen wurde der Einbau von Katalysatoren in Pkw erforderlich. Nutzfahrzeuge unterliegen inzwischen auch Emissionsgrenzwerten und müssen daher ebenfalls mit emissionsreduzierenden Techniken ausgestattet werden. Seit 1986 werden in der Bundesrepublik Deutschland Drei-Wege-Katalysatoren zur Reinigung von Abgasen aus Kraftfahrzeugen mit Otto-Motoren ausgestattet. Seit 1989 müssen alle Neuwagen mit Drei-Wege-Katalysatoren ausgerüstet werden. Im Jahr 2000 sind noch eine begrenzte Anzahl älterer Pkws ohne Katalysator zugelassen.

Mit Einführung der Katalysatorentechnik konnten trotz starken Anstiegs der zugelassenen Pkw die Kfz-bezogenen Gesamtemissionen gesenkt werden, insbesondere für Stoffe wie Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe. Der Drei-Wege-Katalysator mit Lambda-Sonde reinigt die Kfz-Abgase zu etwa 90 % von den genannten Schadstoffen. Aber auch auf andere Abgaskomponenten kann der Drei-Wege-Katalysator positive Effekte ausüben. So wird in der Literatur über Reduktionen um 80 % des als krebserregend eingestuften Benzols im Abgas bei Pkw mit geregelter Drei-Wege-Katalysator berichtet.

Der unbestrittene Nutzeffekt der Katalysatortechnik in der Automobilindustrie bringt aber auch negative Nebenwirkungen für Mensch und Umwelt mit sich. Neue Emittenten werden freigesetzt, die früher nicht zu den verkehrstypischen Emissionen zählten. Hierzu gehören die Katalysatormetalle der Platinmetallgruppe sowie das Distickstoffoxid, dem ein hohes Potenzial zur Verstärkung des sog. Treibhauseffektes zukommt.

Während früher so genannte Schüttgutkatalysatoren eingesetzt wurden, in denen das mit der aktiven Schicht belegte Trägermaterial in Form einzelner Pallets vorlag, werden heute fast ausschließlich monolithische Katalysatoren verwendet. Ein 1-Liter-Monolith eines herkömmlichen Drei-Wege-Katalysators enthält ca. 0,9 bis 2,0 g Platin und 0,1 bis 0,4 g Rhodium. Neu entwickelte Drei-Wege-Katalysatoren enthalten nur noch bis zu 0,3 g Platin, dafür aber 1,5 bis 5 g Palladium und ebenfalls 0,1 bis 0,4 g Rhodium.

Durch ständige thermische und mechanische Belastung des Katalysatormaterials werden Platin, Palladium und Rhodium oder deren Oxide als Abrieb in die Atmosphäre freigesetzt. Der Abrieb ist bei höheren Geschwindigkeiten größer als bei niedrigeren Geschwindigkeiten mit Stop-and-go-Passagen. Emissionswerte werden über Motorstandversuche ermittelt bzw. über Platinkonzentrationsanalysen in verkehrsnahen Böden oder Pflanzen in unmittelbarer Nähe von Autobahnen hochgerechnet. Beide Arten der Emissionsberechnungen sind mit Unsicherheitsfaktoren behaftet. Bei Schüttgutkatalysatoren werden Platinemissionen zwischen 400 und 1.900 Nanogramm pro km und Fahrzeug angenommen.

Bei den heute eingesetzten Monolithkatalysatoren ist von geringeren Emissionen auszugehen. In Tabelle 20 sind Emissionsfaktoren für Platin von neuen Katalysatoren bei verschiedenen Betriebsbedingungen aufgeführt. Die unterschiedlichen Testmethoden und Betriebsbedingungen haben unterschiedliche Platinemissionsmengen zur Folge. So ist z.B. die Emission bei konstanter Geschwindigkeit von 80 km/h wesentlich geringer als bei hoher Geschwindigkeit, z.B. bei 130 km/h.

Diese über Motorstandsversuche ermittelten Emissionsfaktoren für Platin werden von anderen Autoren als Unterbewertung der Realsituation angesehen, was mit erhöhten Platinkonzentrationen in verkehrsnahen Böden oder Pflanzen in unmittelbarer Nähe von Autobahnen begründet wird. So berichten andere Autoren über Emissionsfaktoren von bis zu 9.700 ng/km, die aus Bodenkonzentrationen und Verkehrszahlen hochgerechnet wurden. Hier sind noch Fehlerquellen aufzudecken. Während bei Motorstandversuchen die realen Fahrweisen der Pkw nicht ausreichend berücksichtigt sein können, ist es vorstellbar, dass auf Autobahnen über mehrere Jahre auch größere nicht aerosolfähige platinhaltige Partikel freigesetzt wurden, die bei Rückrechnung entsprechend hohe Emissionsfaktoren ergeben.

Tabelle 20: Emissionsfaktoren von neuen Katalysatoren bei verschiedenen Betriebsbedingungen (in ng Platin/km)

Betriebszustand	Geom. Mittel	Arithm. Mittel	Unteres Quartil	Oberes Quartil
US 72-Zyklus ¹⁾	29	37	14	57
80 km/h konstant	7	12	2	20
US 72-EUDC-Zyklus ²⁾	19	19	8	40
130 km/h konstant	75	90	41	136

- 1) Stadtzyklusbetrieb mit zusätzlichen Außerortsfahrten
 2) Stadtzyklusbetrieb ohne zusätzliche Außerortsfahrten

Quelle: Rosner, G.; Merget, R.: Abschätzung des Gesundheitsrisikos von Platinemissionen aus Automobilabgaskatalysatoren. In: Zereini, F.; Alt, F. (Hrsg.): Emissionen von Platinmetallen: Analytik, Umwelt- und Gesundheitsrelevanz. Berlin: Springer (1999) S. 293 - 313

Das aus Automobilabgaskatalysatoren freigesetzte Platin wird überwiegend in partikulärer und elementarer Form emittiert. Die nanokristallinen Platinpartikel sind an μm -große Aluminiumoxid-Partikel gebunden. Der größte Teil dieser platinhaltigen Partikel ist größer als $10,2 \mu\text{m}$. Der Anteil der alveolengängigen Fraktion mit einem Durchmesser $<3,14 \mu\text{m}$ wird mit 11 bis 36 % angegeben. Der Anteil an emittierten Platinoxiden liegt unter 5 %. Der Anteil an löslichen Platinverbindungen lag bei den alten Schüttgutkatalysatoren bei ca. 10 %, bei den neuen Katalysatoren wird der Anteil löslicher Platinverbindungen an der Gesamtplatinemission als sehr gering angesehen ($<1 \%$). Die sekundäre Bildung von löslichen Platinpartikeln ist nicht auszuschließen.

3.3.1.2 Schadstoffemissionen beim Befüllen von Lagertanks und beim Betanken von Kraftfahrzeugen mit Ottomotor

Die 20. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes begrenzt die Kohlenwasserstoffemissionen beim Befüllen von Lagertanks. Über Gaspendelleitungen werden verdampfte Kohlenwasserstoffe zurückgeführt. Abgesehen von Tropfverlusten ist die Gaspendelung annähernd emissionsfrei.

Die 21. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes begrenzt die Kohlenwasserstoffemission beim Betanken von Fahrzeugen mit Ottomotor. Nach Ablauf der Übergangsfristen wurde bis Ende 1997 jede Tankstelle mit einem größeren Umsatz als 1.000 m^3 Ottokraftstoff pro Jahr mit einem Gaspendelsystem zur Rückführung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen ausgestattet. Dennoch werden nach Schätzungen des TÜV Rheinland ca. 120 mg Kohlenwasserstoffe pro Liter Ottokraftstoff beim Tanken emittiert. Seit Geltungsbeginn der 21. BImSchV im Jahre 1992 konnte jedoch eine Emissionsminderung um ca. 60 % der Kohlenwasserstoffe erreicht werden (LUA Jahresbericht 2000).

3.3.2 Schadstoffemissionen des Luftverkehrs

Flughäfen sind lokale Emissionsschwerpunkte, wobei die Emissionsmengen je nach Anzahl der Starts und Landungen sowie Flugzeugtypen unterschiedlich ausfallen. Der in Tabelle 21 angegebene Treibstoffverbrauch sowie die emittierten Abgase beziehen sich jeweils auf den Bereich des Flughafengeländes mit seinen Starts und Landungen. Grundlage der Emissionsermittlungen sind der Treibstoffverbrauch und die Emissionsfaktoren für den Landeanflug,

Rollen auf dem Flugfeld, Start mit Beschleunigung und Aufstieg bis zu einer Höhe von 450 m. Entsprechend der hohen Zahl der Bewegungen auf den Flughäfen Düsseldorf und Köln-Bonn wird hier auch der Großteil der Emissionen freigesetzt. Dort kommt es z. B. zu einer Emission von fast 400 t NMVOC. Das entspricht ca. 75 % der NMVOC-Emissionen im Bereich aller in Tabelle 7 angegebenen Flughäfen.

Tabelle 21: Schadstoffemissionen des Flugverkehrs in NRW 1995

Flughäfen/ Verkehrslandeplätze	Bewegungen Anzahl/Jahr	Treibstoff- verbrauch t/a	Anorganische Gase			NMVOC	Krebserz. Stoffe	Klimarel. Emissionen	
			SO _x als SO ₂ t/a	NO _x als NO ₂ t/a	CO t/a	NMVOC t/a	Benzol t/a	CO ₂ kt/a	CH ₄ t/a
			Düsseldorf	184.145	55.780	56	649	944	213
Köln/Bonn	135.609	28.863	29	270	771	185	6	91	10
Münster/Osnabrück	54.842	2.224	2	22	172	19	1	7	1
Dortmund	35.726	592	1	5	72	12	<1	2	1
Mönchengladbach	63.148	238	<1	1	252	5	<1	1	<1
Paderborn	43.709	2.707	3	19	215	24	1	9	1
Essen/Mülheim	41.888	203	<1	<1	241	4	<1	1	<1
Siegerland	33.626	223	<1	<1	227	5	<1	1	<1
Verkehrslandeplätze	533.392	3.673	4	4	4.926	65	2	12	3
NRW	1.126.085	94.504	95	971	7.821	532	16	298	28

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

3.3.3 Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs

Der Gesamtverbrauch des dieselgetriebenen Schienenverkehrs beläuft sich in NRW auf 116.000 t Dieseltreibstoff pro Jahr. Durch die zunehmende Elektrifizierung des Bahnverkehrs haben die schienenstrangnahen, luftschadstoffbezogenen Emissionen in den letzten Jahren kontinuierlich abgenommen (Tab. 22).

Tabelle 22: Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs in NRW 1996/97

Schienenfahrzeuge	Brennstoff- verbrauch t/a	Anorganische Gase			NMVOC	Stäube	Krebserz. Stoffe	Klimarel. Emissionen	
		SO _x als SO ₂ t/a	NO _x als NO ₂ t/a	CO t/a	NMVOC t/a	Gesamtstaub t/a	Dieselfuß t/a	CO ₂ kt/a	CH ₄ t/a
		Personenzüge DB AG	36.925	37	1.754	453	-	36	14
Güterzüge DB AG	16.336	16	807	193	-	17	7	51	-
NE-Bahnen	29.769	30	1.040	339	-	49	19	95	-
Rangierbahnhöfe	32.703	33	1.625	270	-	35	14	103	-
Alle Eisenbahnen	115.734	116	5.225	1.254	333¹⁾	137	55	366	10*

1) Werte können nur für den Schienenverkehr insgesamt ausgewiesen werden.
* Werte einzeln nicht ausgewiesen

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

3.3.4 Schadstoffemissionen des Schiffsverkehrs

Der Brennstoffverbrauch des Schiffsverkehrs ist mit 443.000 t viermal so hoch wie der des Schienenverkehrs. Etwa 95 % aller Emissionen werden auf der dicht befahrenen Wasserstraße Rhein emittiert.

Tabelle 23: Schadstoffemissionen des Schiffsverkehrs in NRW 1996

Brennstoffverbrauch t/a	Anorganische Gase			NMVOG	Stäube	Krebserz. Stoffe	Klimarel. Emissionen	
	SO _x als SO ₂ t/a	NO _x als NO ₂ t/a	CO t/a	NMVOG t/a	Gesamtstaub t/a	Dieselfuß t/a	CO ₂ kt/a	CH ₄ t/a
442.869	1.506	21.258	2.569	1.446	1.108	443	1.395	60

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/97
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

3.3.5 Gesamtschadstoffemissionen durch den motorisierten Verkehr

Tabelle 24 zeigt die Gesamtemission des motorisierten Verkehrs in NRW im Vergleich zu Emissionen aus Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen für das Jahr 1997. Besonders hohe Emissionen werden vom Verkehr im Vergleich zur Industrie von den Stoffen NMVOG, Benzol, NH₃, Dieselfuß, CO und NO_x verursacht.

Obwohl der verkehrsbedingte Staubanteil an der Gesamtstaubemission nur bei 25 % liegt, wird diesem Anteil eine hohe gesundheitliche Bedeutung beigemessen.

- Bei dem verkehrsbedingte Staubanteil handelt es sich fast ausschließlich um lungengängigen Feinstaub,
- Die verkehrsbedingten Emissionen haben einen wesentlichen stärkeren Einfluss auf die Schwebstaubkonzentration im Nahbereich des Menschen als Staubemissionen aus Industrie-/ Feuerungsanlagen, die über hohe Schornsteine über große Flächen emittiert werden. Besonders in Ballungsräumen ist die Bevölkerung direkt den Emissionen des Verkehrs ausgesetzt.
- Die Inhaltsstoffe der verkehrsbedingten Emissionen sind z. T. karzinogen.

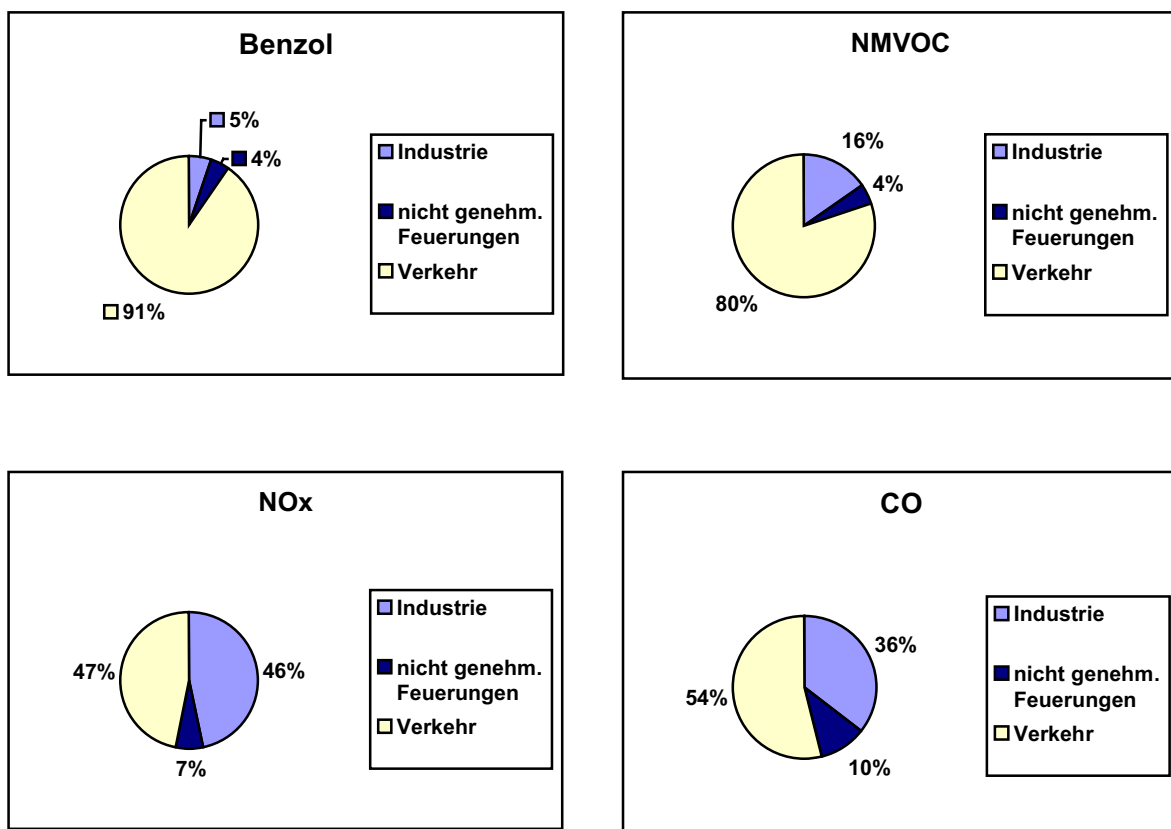
Tabelle 24: Vergleich von Verkehrsemissionen mit Emissionen aus Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen in NRW, 1997

Emission	Einheit	Industrie	nicht genehm. Feuerungen	Verkehr
SO ₂	kg/a	172.658.349	29.926.850	8.448.516
NO _x	kg/a	222.478.236	31.145.970	223.848.021
CO	kg/a	608.689.784	178.314.253	920.884.188
NH₃	kg/a	1.871.968		7.157.939
NMVOC	kg/a	23.827.524	6.642.304	122.059.335
Gesamtstaub	kg/a	35.386.855	4.883.583	9.387.788
Feinstaub	kg/a	25.292.801	4.135.165	9.387.788
Blei	kg/a	105.352	9.782	12.732
Benzol	kg/a	283.902	232.100	4.775.725
BaP	kg/a	673	1.236	646
Dioxine/Furane (TE)	mg/a	133.994	1.588	211
Dieseldruß	kg/a			4.315.305
CO ₂	t/a	223.487.300	42.147.594	34.303.306
CH ₄	kg/a	5.151.366	7.664.797	5.999.346
N ₂ O	kg/a	15.339.384	1.099.448	4.912.929

Quelle: Landesumweltamt NRW: http://www.lua.nrw.de/emikat97/ekl_info/1h000000.htm

In Abb. 18 werden noch einmal für die wichtigsten Verkehrsemittenten (aus Tab. 24) die prozentualen Anteile der Emissionen durch den Verkehr, Industrie und nicht-genehmigungsbedürftigen Feuerungen dargestellt.

Abb. 18: Prozentualer Anteil der Emissionen durch den Verkehr, Industrie und nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen für Benzol, NMVOC, NOx und CO



3.3.6 Verkehrsbedingte Lärmemissionen

Als Lärmemission bezeichnet man die Schallabstrahlung einer Schallquelle, die sich aus der Messung des Schalldrucks um die Schallquelle ergibt. Bei der Lärmausbreitung geben die Schallwellen Energie an das umgebende Medium ab. Damit wird das Geräusch mit zunehmendem Abstand von der Quelle leiser.

Lärmemissionen durch den Straßenverkehr entstehen im wesentlichen durch Motor, Getriebe und Abgasanlage sowie durch die Reifen-Abrollgeräusche. Die Antriebsgeräusche moderner Pkw wurden aufgrund der stufenweise verschärften Grenzwerte bereits soweit abgesenkt, dass das Motorgeräusch bereits ab Geschwindigkeiten zwischen 50 und 60 km/h vom Abrollgeräusch der Reifen übertroffen wird, d.h. bei höheren Geschwindigkeiten dominieren bei modernen Pkw heute die Reifen-Abrollgeräusche. Diese wiederum sind abhängig von der Art des Straßenbelags und der Art der Reifen.

Die zulässige Geräuschemission ist auf Bundes- und EU-Ebene gesetzlich geregelt. Nach der Straßenverkehrszulassungsordnung müssen Fahrzeuge so beschaffen sein, dass ihre Geräuscentwicklung das nach dem Stand der Technik unvermeidbare Maß nicht überschreitet. In der EG-Richtlinie 92/97/EWG sind Grenzwerte für Fahrgeräusche von Kraftfahrzeugen festgelegt. Am 04.08.01 ist die neue Reifen-Richtlinie der EU zur Begrenzung der Abrollgeräusche in Kraft getreten, die bis August 2002 in nationales Recht umgesetzt werden muss. Seit 1989 sind die Anforderungen an die Geräuschemissionen nach dieser Richtlinie für Pkw, Busse und Kleinbusse und Lieferwagen, Lkw und Krafträder in 2 Stufen verschärft worden. Auch die lautesten Neufahrzeuge bei den Lkw und Bussen dürfen seit 1996 keine höheren Geräuschemissionen aufweisen als Pkw, die bis Ende der 80er Jahre gebaut wurden.

Nach § 41 des Bundesimmissionsschutzgesetzes ist beim Bau oder wesentlichen Änderungen öffentlicher Straßen sowie von Eisenbahnen und Straßenbahnen sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Für eine umfassende Verminderung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche ist neben der Entwicklung leiserer Reifen auch die Entwicklung und der Bau lärmindernder Fahrbahnen erforderlich. Im Straßenbau werden zur Zeit erhebliche Anstrengungen unternommen, um leisere Fahrbahnbeläge zu entwickeln und in der Praxis einzusetzen. Dabei kann es zu einem Zielkonflikt mit der Sicherheit und Standfestigkeit der Fahrzeuge auf den Fahrbahnen kommen.

Beim Schienenverkehr verursacht das Rad-Schiene-Geräusch den Hauptteil der Lärmemission. Dieses Geräusch entsteht beim Abrollen der Räder auf den Schienen und hängt im wesentlichen von Rad- und Schienenzustand sowie der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeuges ab. Die Lärmintensität wird aber auch von der Gleiskonstruktion und vom Gleisoberbau beeinflusst (Schotter oder feste Fahrbahn). Weitere Geräusche entstehen durch den Fahrzeugantrieb, die Stromabnehmer sowie durch aerodynamische Geräusche bei hohen Geschwindigkeiten.

Die Lärmbelastung der Bevölkerung durch den Flugverkehr ist auf räumlich eng begrenzte Gebiete konzentriert. Da Flughäfen mit ihren Start- und Landebahnen häufig in der Nähe von Großstädten angesiedelt wurden, sind trotz der begrenzten Gebiete viele Menschen von den hohen Geräuschemissionen insbesondere durch die startenden und landenden Flugzeuge betroffen. Mit Zunahme der Flugbewegungen und damit auch der Geräuschbelastung versuchte man durch die Entwicklung leiserer Triebwerke und aerodynamischer Verbesserungen an den Flugzeugen der Lärmbelastung entgegenzuwirken.

4. Verkehrsbedingte Immissionen

Unter Immission versteht man die Verteilung der emittierten Noxen in der Atmosphäre bzw. den Medien. Immissionskonzentrationen von einzelnen Schadstoffen können gemessen oder berechnet werden zu einem bestimmten Zeitpunkt oder als Mittel- bzw. Höchstwerte z.B. einer Stunde, eines Tages oder eines Jahres.

Die Schwierigkeit der Bestimmung der verkehrsspezifischen Immissionen besteht zum einen in der Trennung von Immissionen aus anderen Quellen wie Industrie oder Hausbrand; zum anderen weisen Immissionen aus dem Kfz-Verkehr zum Teil extrem hohe Fluktuationen räumlicher und zeitlicher Art auf. Zusätzlich müssen mögliche luftchemische Reaktionen bei Immissionen berücksichtigt werden. Im Gegensatz zur Messung und Abschätzung der Schadstoffemission durch den Verkehr ist die Bestimmung des Anteils der verkehrsbedingten Immission also mit einer Reihe erheblicher Probleme verbunden.

Die von den Kraftfahrzeugen freigesetzten Schadstoffkomponenten können in unveränderter Form (Primärkomponenten) direkt als Immission wirksam werden. Erfolgt eine chemische Umwandlung der emittierten Schadstoffe in der Atmosphäre, so werden die neu gebildeten Schadstoffe als Sekundärkomponenten bezeichnet. Die Konzentrationen der Sekundär-schadstoffe steigen mit wachsendem Abstand zur Emissionsquelle.

Zu den Primärkomponenten der Kfz-Abgase zählen:

- Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenwasserstoffe wie Alkane und Alkene
- Aromaten: Benzol, Toluol, Xylol
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe mit der Leitsubstanz Benzo(a)pyren
- Oxidierte Kohlenwasserstoffe: Aldehyde, Phenole, organische Säuren
- Partikel: Dieselruß, Bremsen-, Reifen- und Straßenbelagsabrieb
- Schwermetalle wie Blei oder Cadmium.

Zu den Sekundärkomponenten gehören:

- Stickstoffdioxid (NO₂)
- Ozon (O₃).

4.1 Verkehrsbedingte Luftimmissionen

Das Aufkommen von Luftverunreinigungen durch den Verkehr wird durch die Emissions-quellstärke, durch die Belüftung der Straße, durch die atmosphärischen Ausbreitungsbedin-gungen und durch chemische Umwandlungen der Luftverunreinigungen bestimmt. Vor allem im innerstädtischen Bereich sind die verkehrsbedingten Immissionsbelastungen sowohl räumlich als auch zeitlich häufig sehr heterogen.

Einflussgrößen auf die Belüftung einer Straße und deren Umgebung sind einerseits die bau-lichen Gegebenheiten wie Breite der Straße, Dichte und Höhe der Randbebauung. Anderer-seits werden die Ausbreitungsbedingungen durch Windstärke, Windrichtung und Stabilität der Luftschichtung bestimmt. Schwache Winde mit stabiler Luftschichtung bedingen hohe Konzentrationen von Luftverunreinigungen. Eine stabile Luftschichtung (sogenannte Boden-inversion) herrscht vor, wenn die Luft in Bodennähe kalt ist und nach oben immer wärmer wird. In dieser Situation findet kein Austausch zwischen Luftschichten statt. Darüber hinaus ist es einleuchtend, dass mit der Entfernung von der Emissionsquelle (z. B. verkehrsreiche Straße) die Immissionskonzentrationen der Primärkomponenten abnehmen. Die höchsten Konzentrationen von Sekundärkomponenten sind dagegen infolge der zunächst ablaufenden

chemischen Prozesse erst in einiger Entfernung von der Emissionsquelle anzutreffen, z.B im Fall von Ozon.

4.1.1 Schadstoffimmissionsmessungen in NRW

4.1.1.1 Das Luftqualitäts-Überwachungs-System (LUQS) des Landesumweltamtes NRW

Das Landesumweltamt NRW (LUA) betreibt zur Ermittlung der Luftqualität in Nordrhein-Westfalen entsprechend den Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ein mehrstufiges Luftqualitäts-Messsystem aus kontinuierlich registrierenden ortsfesten Immissionsmessstationen, mobilen Messkontainern und diskontinuierlichen Messprogrammen. Im Rahmen der Neukonzeption wurde das frühere Messnetz des LUA (TEMES) von 76 auf 51 Stationen reduziert. In Ballungsräumen mit mehr als 250.000 Einwohnern wurden dagegen neue Stationen errichtet. 2000 wurde die Luftqualität in NRW an insgesamt 68 ortsfesten Messstationen im jetzigen LUQS-Messnetz überwacht. Davon stehen die folgenden 7 Messstationen an Brennpunkten des Kfz-Verkehrs:

- Aachen/Kaiserplatz,
- Düsseldorf/Corneliusstr.,
- Düsseldorf/Mörsenbroich,
- Essen/Ruhrallee,
- Essen-Ost/Steelerstr.,
- Hagen/Emilienplatz und
- Wuppertal/Fr. Eng.-Allee.

Die Stationen in Aachen und Wuppertal wurden erst 1999 installiert.

Kontinuierliche Messungen werden zu Außenluftkonzentrationen von Kohlenmonoxid, Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Schwebstaub durchgeführt. Die Konzentrationen werden durch ständig arbeitende Messplätze erfasst. Im Regelfall wird in 3,5 m Höhe die Luft angesaugt und durch Probenahmeleitungen in die Messstation geführt. Zusätzlich werden an zwei verkehrsbelasteten Standorten die Stoffe NO, NO₂ und CO auch in 1,5 m Höhe über dem Boden erfasst.

Die kontinuierlichen Messwerte werden wie folgt ermittelt: minütlich wird jedes Messgerät abgetastet und der Messwert über eine Standleitung zum zentralen Prozessrechner des LUA übertragen. Sind innerhalb einer halben Stunde mindestens 20 Abtastwerte vorhanden, so wird ein Mittelwert gebildet und als Halbstundenmittelwert gespeichert. Die Tagesmittelwerte werden aus den Halbstundenwerten berechnet, sofern mindestens 2/3 der möglichen 48 Halbstundenwerte vorliegen. Für Schwebstaub wird aus messtechnischen Gründen nach jeder halben Stunde ein Mittelwert für die zurückliegenden 3 Stunden berechnet (gleitendes 3-Stundenmittel).

Diskontinuierliche Messungen werden je nach Fragestellung mit unterschiedlicher Häufigkeit und Probenahmedauer durchgeführt. Die Probenahme erfolgt an den Standorten der kontinuierlich arbeitenden LUQS-Messstationen mit Hilfe von Filtern bzw. Sorptionsmitteln. Die analytische Bestimmung wird im Labor durchgeführt.

Im Rahmen der diskontinuierlichen Messungen werden Analysen zu folgenden Stoffen durchgeführt: Metallverbindungen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Ruß, Kohlenwasserstoffe, aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe, polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane sowie polychlorierte Biphenyle (PCB).

4.1.1.2 Luftqualitätsmessungen in den Kommunen

Das Luftqualitäts-Überwachungs-System des LUA ist für eine Beurteilung bezüglich der Verteilung verkehrsbedingter Schadstoffbelastungen auf kommunaler Ebene nicht ausreichend. Das LUQS dient mehr der Überwachung der mittleren Belastung der Bevölkerung. Die 23. BImSchV legt für kleinräumige Gebiete oder Straßen mit besonders hohem Verkehr Konzentrationswerte für NO₂, Ruß und Benzol fest, bei deren Überschreitung Maßnahmen nach § 40 BImSchG zu überprüfen sind.

Die Beurteilung und Messung der Luftbelastung im Nahbereich von Straßen erfolgt nach einem abgestuften Verfahren:

1. Grobscreening und Nachscreening
2. Feinscreening und Priorisierung
3. Immissionsmessprogramm an ausgewählten Standorten

Im Rahmen des Grob- und Feinscreening werden, ausgehend von den Emissionen, Ausbreitungsberechnungen vorgenommen, die Einflussgrößen wie Randbebauung, Straßenschluchten, Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Hintergrundbelastung berücksichtigen. Die Bestimmung der Hintergrundbelastung erfolgt durch Abschätzung anhand der Daten der umliegenden Messstationen. Im Grobscreening werden zunächst für alle Straßen einer Kommune obere Emissionsbelastungen abgeschätzt. Nur in solchen Straßenzügen, in denen anhand des Grobscreenings eine Überschreitung der Prüfwerte nicht auszuschließen ist, findet im Rahmen des Feinscreenings eine detaillierte Untersuchung statt. Im Feinscreening werden mit Hilfe komplexer Modelle die örtlichen Einflussparameter berücksichtigt. Ergeben sich aus den Modellrechnungen im Feinscreening Überschreitungen der Prüfwerte, so werden im dritten Schritt die tatsächlichen Belastungen vor Ort durch Messungen erfasst.

4.1.2 Verkehrsbedingte Luftimmissionssituation in NRW

Luftimmissionen allgemein und ihre verkehrsbedingten Anteile insbesondere, variieren lokal und zeitlich sehr stark. Ursache dafür sind neben den variierenden Verkehrszahlen und Industrieemissionen klimatische Effekte. Es ist daher praktisch unmöglich, aus den wenigen, landesweit vorliegenden Messwerten die Immissionen an stark befahrenen Straßen abzuleiten. Für eine grobe Abschätzung werden daher nachfolgend die Messergebnisse der verkehrsnahen Messstationen mit der durchschnittlichen Belastung der Ballungsräume und der Hintergrundbelastung ländlicher Gebiete (Waldstationen) verglichen. Als Belastung in Ballungsräumen dient der Mittelwert aus 37 Messstellen im Rhein-Ruhr-Gebiet, die Hintergrundbelastung wird von Stationen im Eggegebirge, in der Eifel und im Rothaargebirge ermittelt.

Tabelle 25a und 25b zeigen Immissionsmesswerte (Jahresmittelwerte) für anorganische und organische Stoffe an den Messstationen mit Verkehrsschwerpunkten sowie Durchschnittswerte für die Gebiete Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG), Verkehrsstationen und Waldgebiete für das Jahr 2000.

Tabelle 25a: Immissionsmesswerte (Jahresmittelwerte) der verkehrsnahen Messstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen im Jahr 2000 (anorganische Stoffe)

Messstationen /Einheit	Schwefel-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoff-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoff-monoxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Schweb-staub ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kohlen-monoxid (mg/m^3)	Blei ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cadmium (ng/m^3)
Aachen/Kaiserplatz	7	44	46	40	0,8	0,02	0,5
Düsseldorf/Corneliusstr.	-	56	86	55	1,2	-	-
Düsseldorf/Mörsenbroich	8	46	55	44	0,8	0,02	0,7
Essen/Ruhrallee	-	-	-	-	-	-	-
Essen-Ost/Steelerstr.	8	42	35	45	0,7	0,03	0,7
Hagen/Emilienplatz	6	40	50	39	1,9	0,02	0,5
Wuppertal/Fr. Eng.-Allee	8	46	54	37	0,9	-	-
Verkehrsstationen	8	44	45	45	0,8	0,03	0,68
RRG	8	30	15	38	0,4	0,03	0,90
Waldstationen	5	10	4	24	-	0,01	3,27

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Tabelle 25b: Immissionsmesswerte (Jahresmittelwerte) der verkehrsnahen Messstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen im Jahr 2000 (organische Stoffe)

Messstationen /Einheit	Benzol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	m+p-Xylol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzo(a)-pyren (ng/m^3)	Coronen (ng/m^3)	Ruß ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Aachen/Kaiserplatz	3,21	15,87	3,91	0,38	0,31	-
Düsseldorf/Corneliusstr.	5,65	22,56	8,73	-	-	6,5
Düsseldorf/Mörsenbroich	6,04	20,94	8,58	0,44	0,33	6,2
Essen/Ruhrallee	-	-	-	-	-	5,5
Essen-Ost/Steelerstr.	3,98	14,12	6,29	0,72	0,50	-
Hagen/Emilienplatz	5,36	18,85	6,93	0,67	0,54	-
Wuppertal/Fr. Eng.-Allee	-	-	-	-	-	-
Verkehrsstationen	5,01	17,50	7,43	0,58	0,41	-
RRG	1,77	5,74	3,05	0,48	0,21	-
Waldstationen	0,54	1,15	0,71	0,09	0,05	-

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Die folgenden Abbildungen 19 - 22 zeigen für die in Tabelle 25a und 25b aufgeführten verkehrsbedingten Schadstoffe jeweils den Trend der Durchschnittswerte (Jahresmittelwerte) von 1990 – 2000 für das Rhein-Ruhr-Gebiet, die Verkehrsstationen und für die Waldgebiete.

Die verkehrsbedingten Immissionen sind in den Abbildungen in folgende 4 Gruppen geordnet:

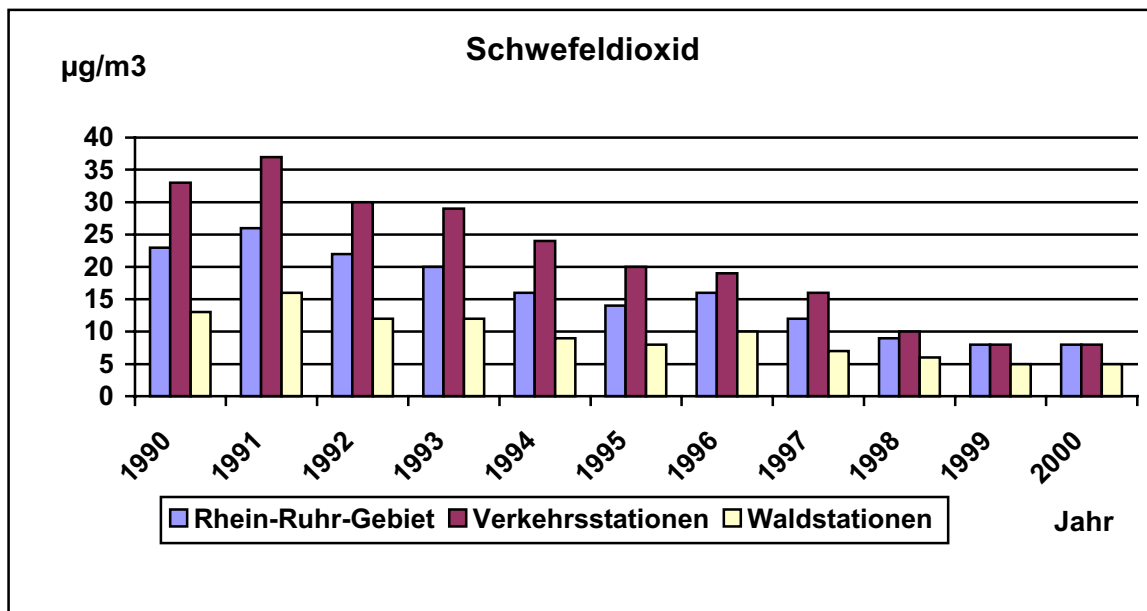
- Abb. 19a – 19e: Anorganische Nichtmetallverbindungen
- Abb. 20a – 20c: Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe
- Abb. 21a – 21b: Benzol und Homologe
- Abb. 22a – 22b: Metalle

Für alle in Abbildung 19a - 19e dargestellten anorganische Nichtmetallverbindungen sind die Durchschnittskonzentrationen für die Verkehrsstationen höher als für das Rhein-Ruhr-Gebiet. Besonders hoch sind die Konzentrationen durch den Verkehr für Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxide und Kohlenmonoxid. Für Schwefeldioxid geht die Mehrbelastung an den Verkehrsstationen gegenüber dem Rhein-Ruhr-Gebiet im Jahr 1999 gegen null. Sowohl für die Verkehrsstationen als auch für das Rhein-Ruhr-Gebiet betrug 1999/2000 der Jahresmittelwert $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Reduzierung ist gesetzlich begründet. Nach der 3. BImSchV war der Schwefelgehalt im Dieselmotorkraftstoff und leichtem Heizöl von 0,55 % im Jahr 1975 auf 0,05 % (schwefelarm) im Jahr 1996 zu senken.

Wie beim Schwefeldioxid ist der langjährige Rückgang der Luftkonzentration an den Verkehrsstationen auch beim Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid aus den Diagrammen erkennbar. Für Stickstoffdioxid wurden an den Verkehrsstationen seit 1990 in etwa gleichbleibend hohe Werte gemessen. Beim Schwebstaub ist kein einheitlicher Trend erkennbar. Die Konzentrationen an den Verkehrsstationen liegen für Schwebstaub aber immer über dem jeweiligen Mittelwert für das Rhein-Ruhr-Gebiet. Diesem durch den Verkehr verursachten Zuwachs an Staubkonzentrationen kommt eine besondere Bedeutung zu, da der gemessene Schwebstaub auch kanzerogene Stoffe enthält.

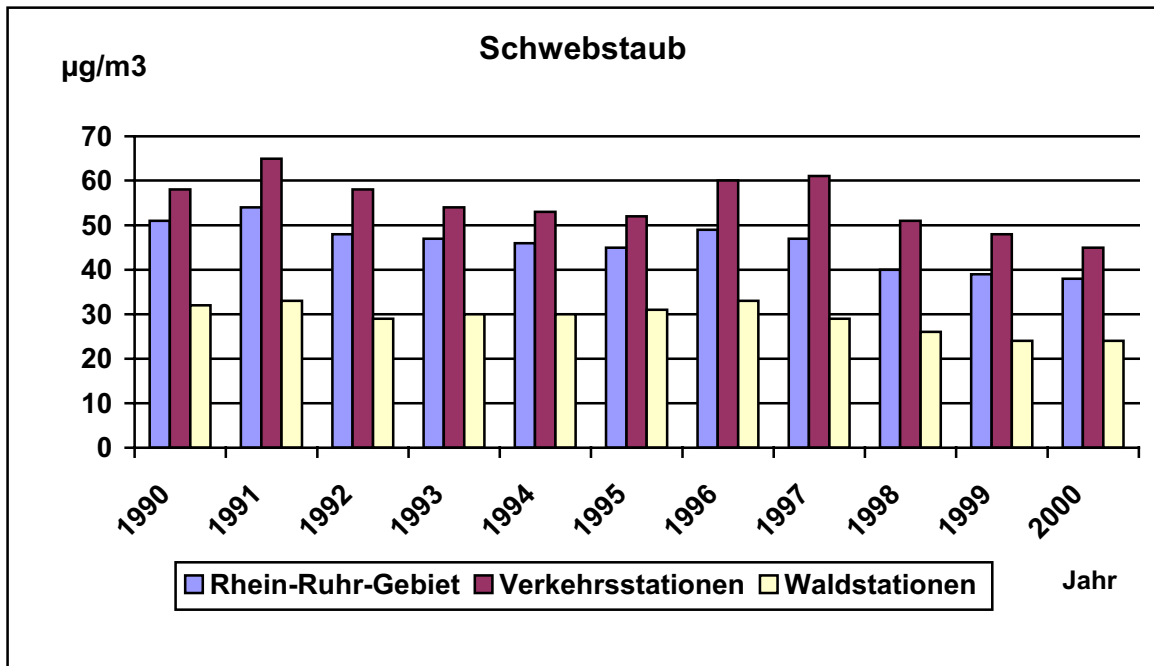
Für Schwefeldioxid, Schwebstaub, Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid werden auch die Konzentrationen der nicht durch Verkehr und Industrie belasteten Waldstationen als Hintergrundbelastung angegeben. Relativ hoch sind die Durchschnittswerte an den Waldstationen für Schwebstaub. Die Ursache ist darin zu suchen, dass die schwebenden Teilchen durch Luftbewegung über weite Strecken von der Quelle auch in Reingebiete getragen werden. Die sehr niedrigen Konzentrationen von Stickstoffmonoxid an den Waldstationen sind Folge der Oxidation von NO zu NO₂ während des Transports von der Quelle bis zum Messpunkt.

Abb. 19a: Trend der Jahresmittelwerte für Schwefeldioxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



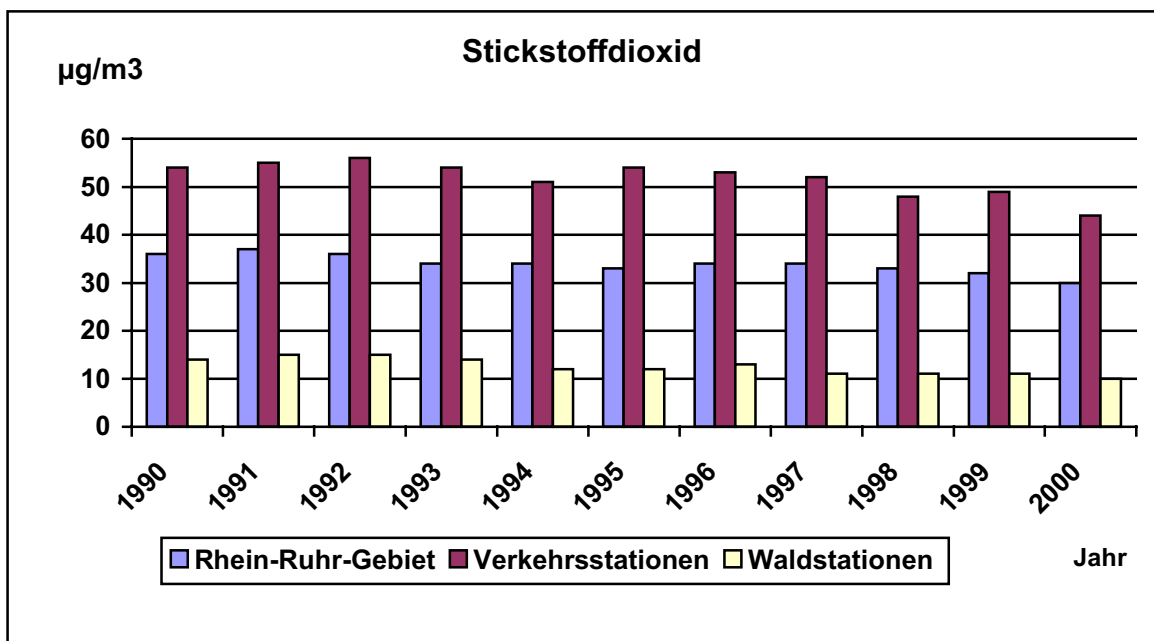
Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 19b: Trend der Jahresmittelwerte für Schwebstaub an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



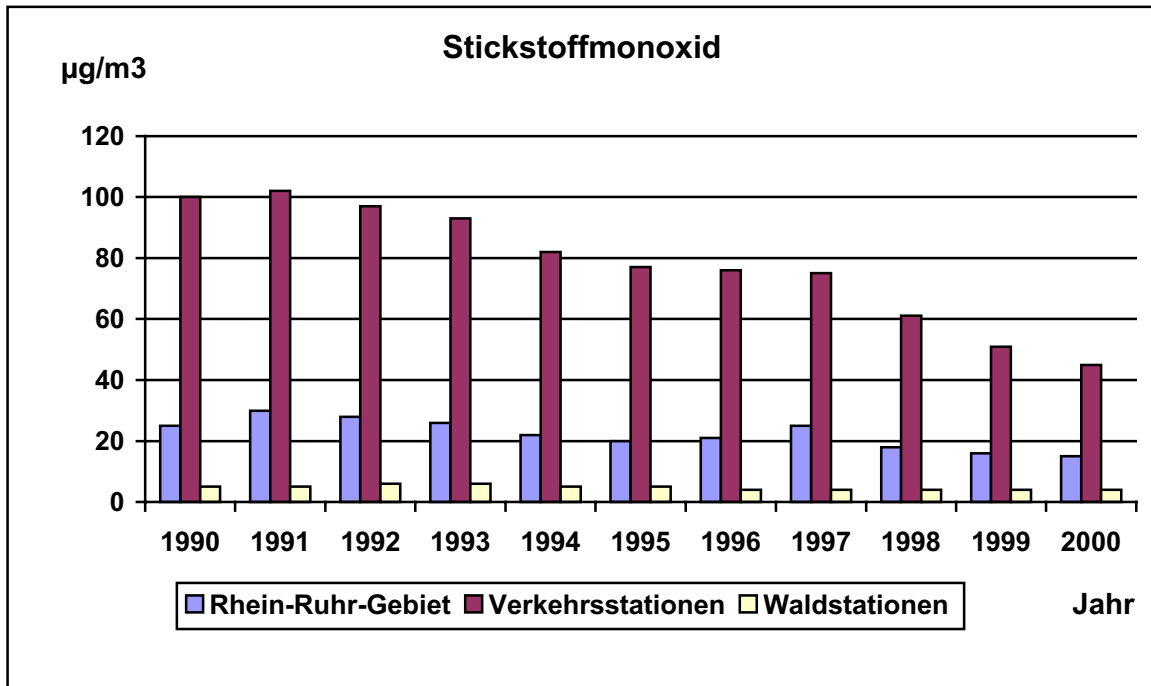
Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 19c: Trend der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



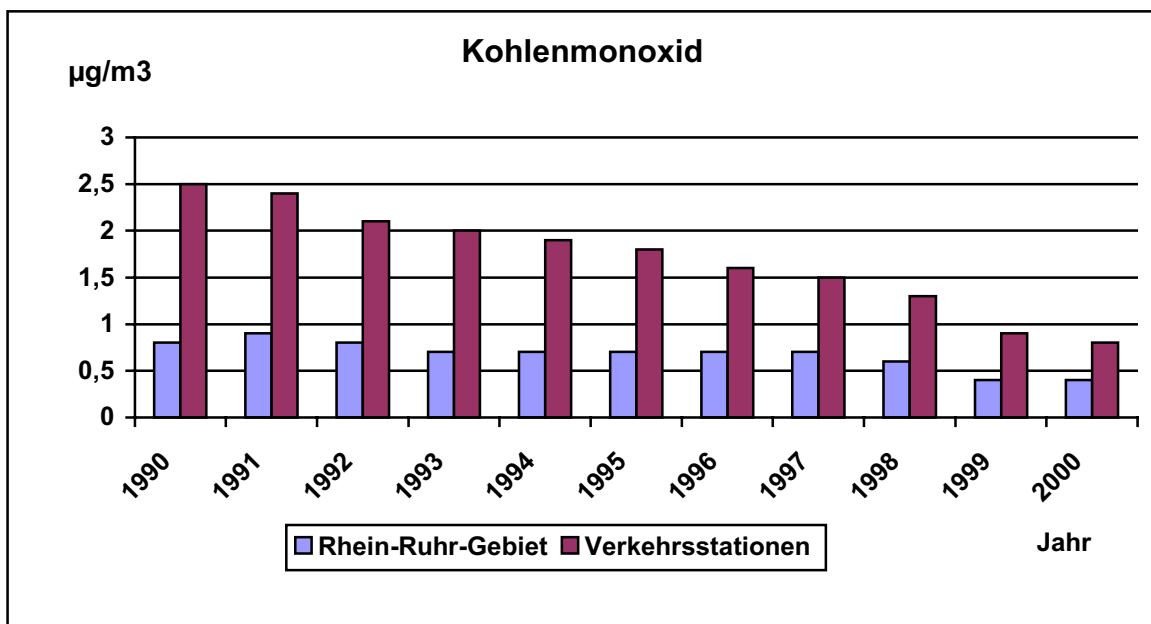
Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 19d: Trend der Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 19e: Trend der Jahresmittelwerte für Kohlenmonoxid an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



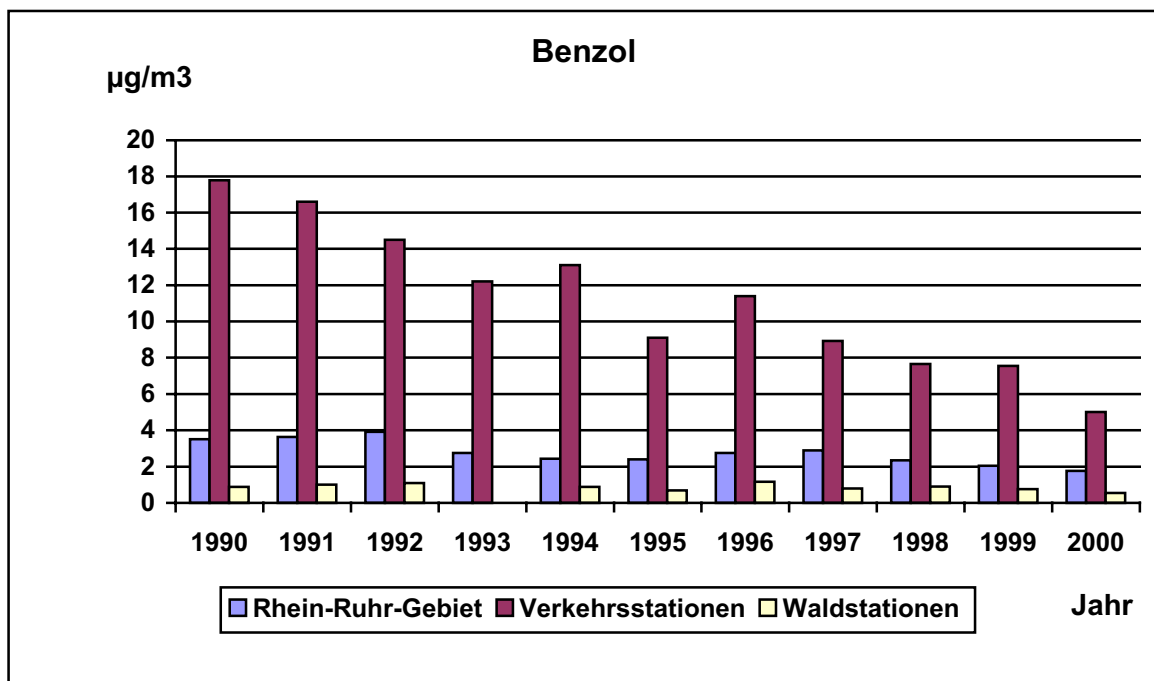
Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Die Abbildungen 20a – 20c zeigen die hohen Benzol-, Toluol- und Xylolkonzentrationen an den Verkehrsstationen im Vergleich zur Durchschnittsbelastung im Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen. Das typische Verhältnis von Toluol zu Benzol von ca. 2,7 deutet auf den überwiegenden Einfluss des Kfz-Verkehrs auf die Luftbelastung hin.

Beispiel für 1999: $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Toluol) : $7,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Benzol) = 2,74

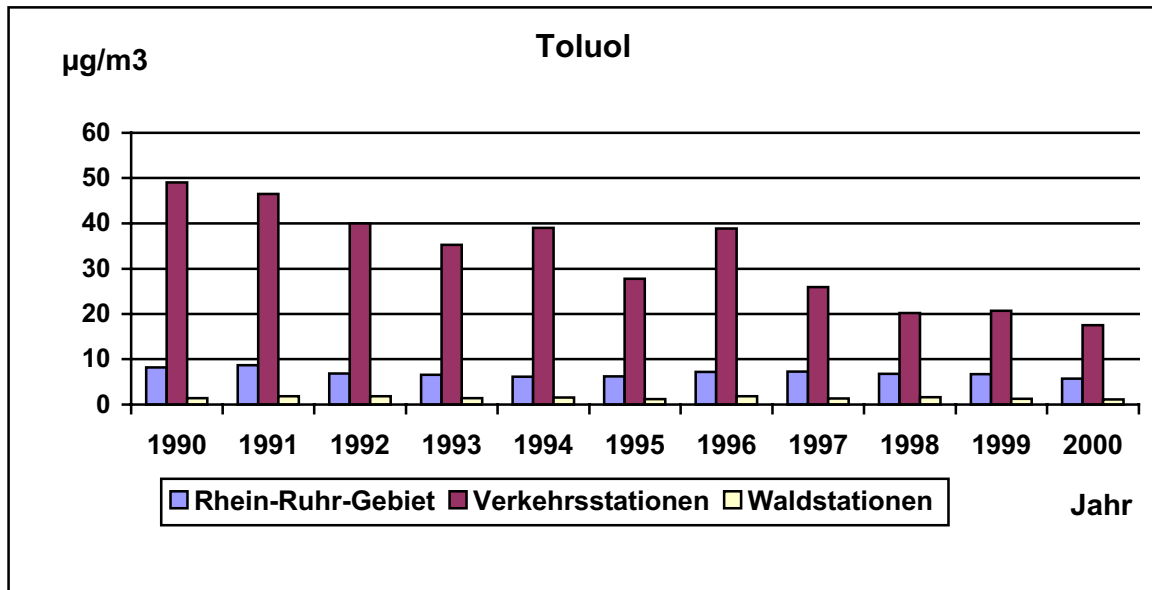
Obwohl zwischen den Jahren 1990 bis 2000 Schwankungen auftraten, ist doch ein Abwärtstrend der Jahresmittelwerte bei allen drei Komponenten festzustellen. In den Jahren 1994 und 1996 stiegen die Jahresmittelwerte für alle drei Stoffe an, um danach wieder zu sinken. Die Benzolwerte des Jahres 2000 lagen im Mittel der Verkehrsstationen um 72 % unter denen des Jahres 1990. Beim Toluol lagen die Jahresmittelwerte 2000 um 65 % und beim m+p-Xylol um 76 % niedriger als 1990.

Abb. 20a: Trend der Jahresmittelwerte für Benzol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



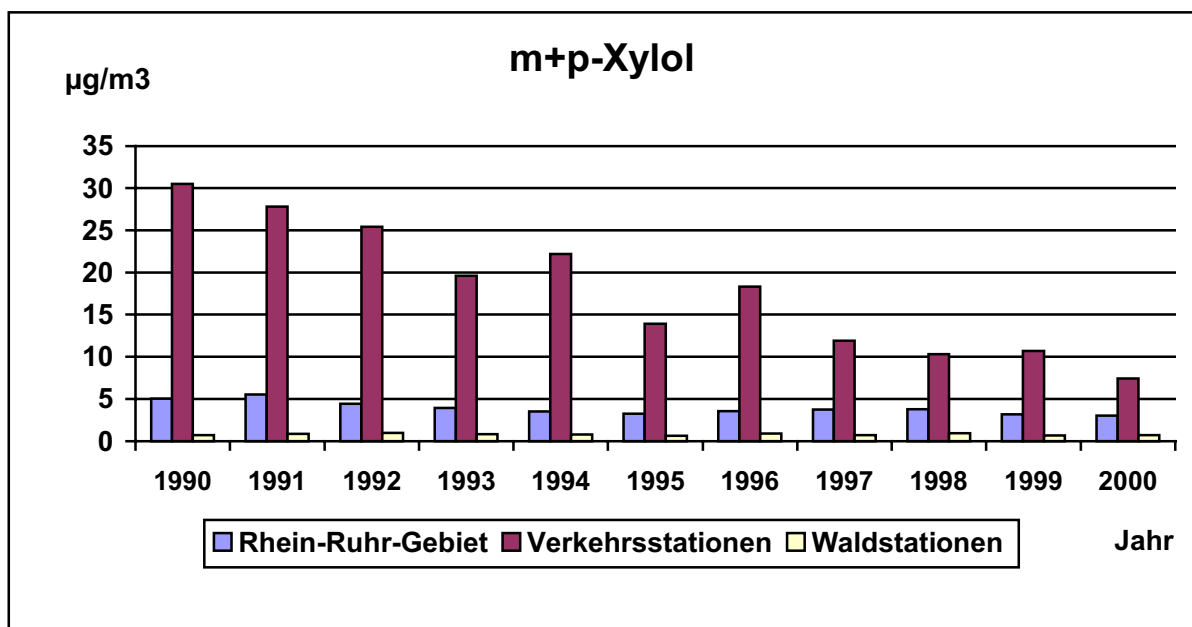
Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 20b: Trend der Jahresmittelwerte für Toluol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 20c: Trend der Jahresmittelwerte für m+p-Xylol an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000

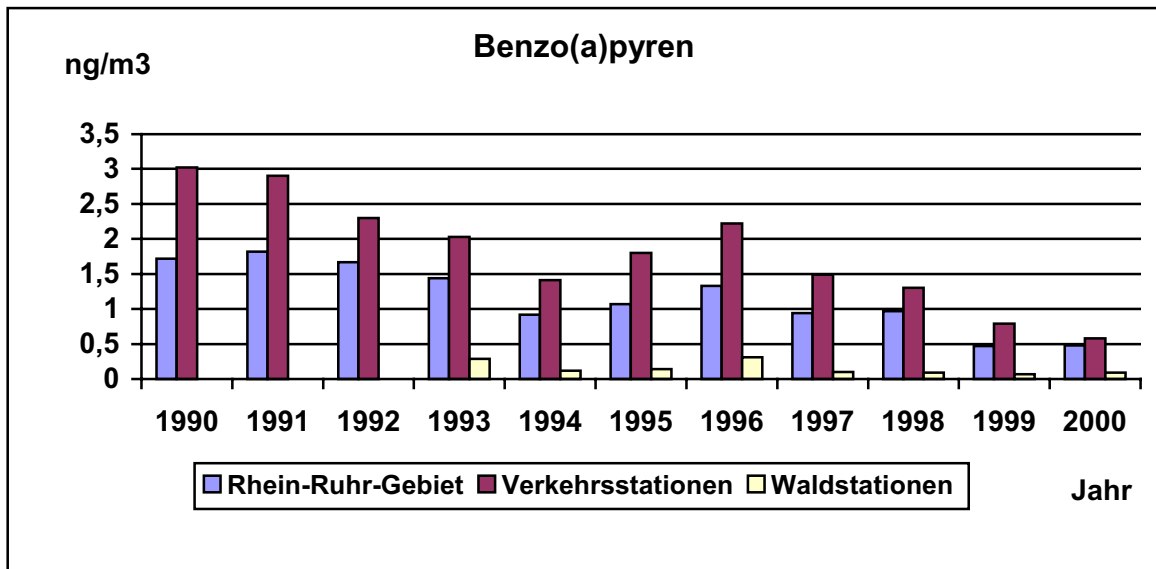


Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Die Abbildungen 21a – 21b zeigen den Konzentrationsverlauf für die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzo(a)pyren und Coronen an den Verkehrsstationen im Vergleich zur Durchschnittsbelastung im Rhein-Ruhr-Gebiet und ab 1993 auch zur Durch-

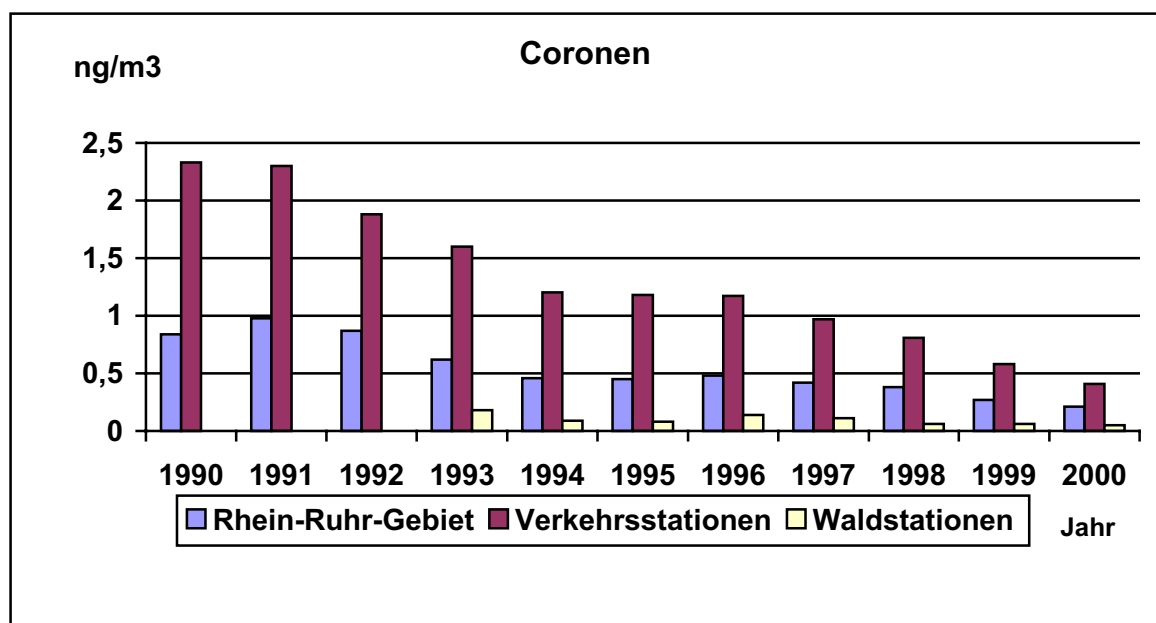
schnittsbelastung der Waldstationen. Beide Komponenten weisen einen Rückgang der Jahresmittelwerte für die Verkehrsstationen auf. Die Jahre 1995/96 zeigen einen Anstieg der Werte, danach gehen sie kontinuierlich zurück. Für Benzo(a)pyren lag der Jahresmittelwert an den Verkehrsstationen im Jahr 2000 um ca. 80 % und für Coronen um 82 % unter den Werten von 1990.

Abb. 21a: Trend der Jahresmittelwerte für Benzo(a)pyren an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 21b: Trend der Jahresmittelwerte für Coronen an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000

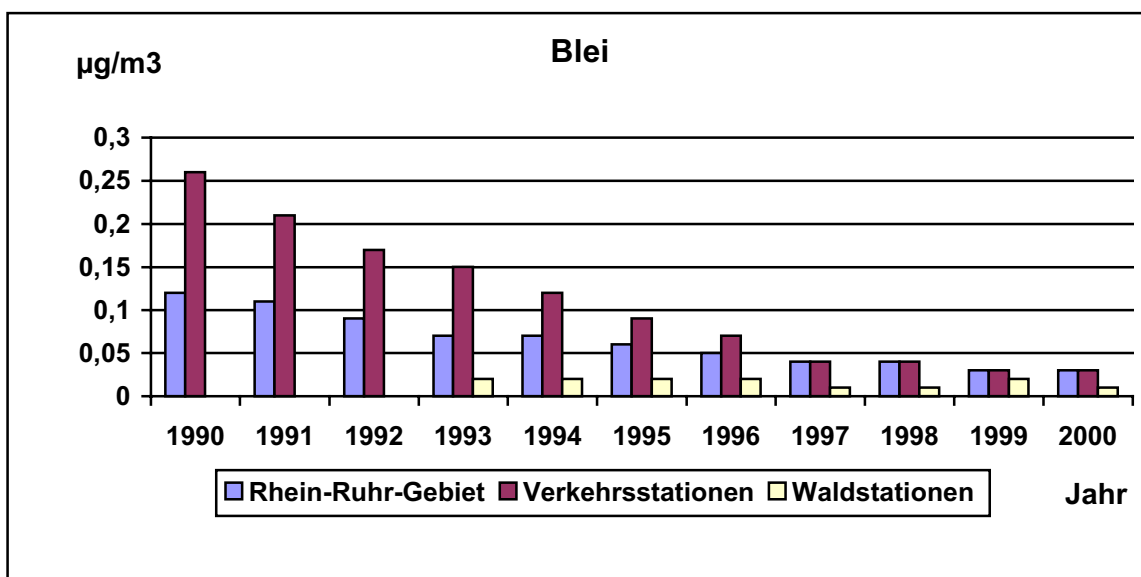


Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Die Abbildungen 22a – 22b zeigen die Jahresmittelwerte für die Metalle Blei und Cadmium an den Verkehrsstationen im Vergleich zur Durchschnittsbelastung im Rhein-Ruhr-Gebiet und ab 1993 auch zur Durchschnittsbelastung der Waldstationen. Die Bleikonzentrationen zeigen von 1990 bis 2000 einen kontinuierlichen Rückgang. Für Blei ist seit 1997 an den Verkehrsstationen keine Mehrbelastung mehr erkennbar. Die Durchschnittswerte für Blei lagen 2000 sowohl für die Verkehrsstationen als auch für das Rhein-Ruhr-Gebiet bei $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Reduzierung der Bleiemission durch den Verkehr ist gesetzlich begründet. Das Benzin-Blei-Gesetz legt in seiner Änderung von Dezember 1987 eine erhebliche Reduzierung der Bleigehalte in Otto-Kraftstoffen fest. Für Blei lag der Jahresmittelwert im Jahr 2000 an den Verkehrsstationen 88 % niedriger als 1990.

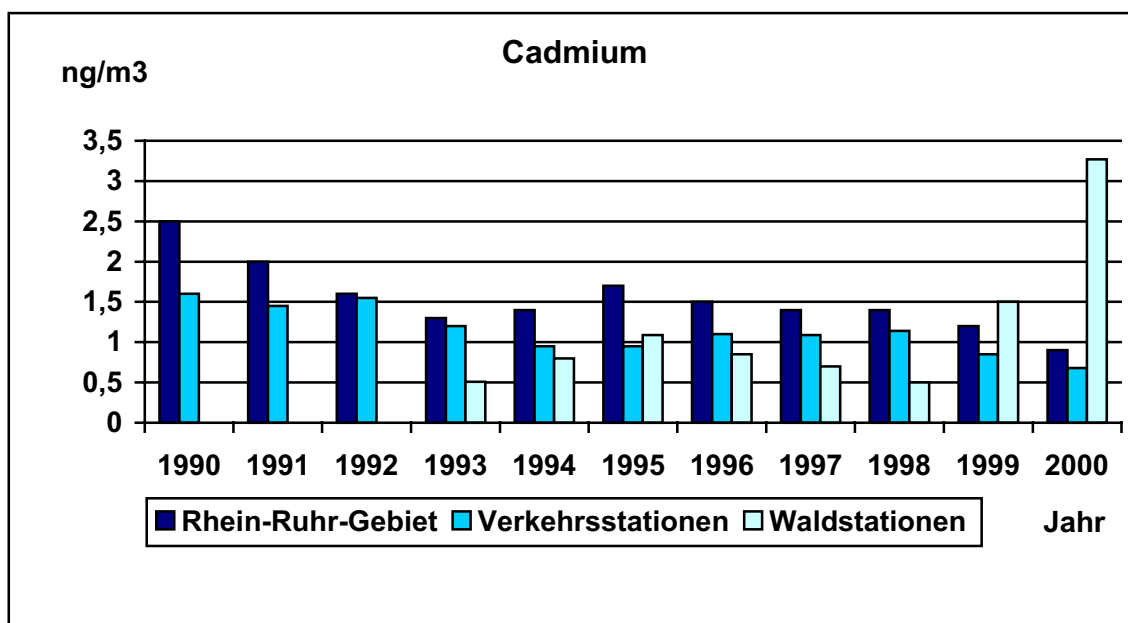
Die Jahresmittelwerte liegen für Cadmium im Rhein-Ruhr-Gebiet höher als an den Verkehrsstationen. Dies deutet darauf hin, dass die Hauptbelastung nicht durch den Verkehr, sondern durch Industrieemissionen erfolgt. Die Jahresmittelwerte für Cadmium gehen von 1990 bis 2000 zurück, zeigen aber sowohl für die Verkehrsstationen als auch für das Rhein-Ruhr-Gebiet und in den Waldgebieten einen uneinheitlichen Verlauf. An den Verkehrsstationen lag der Jahresmittelwert im Jahr 2000 um 58 % niedriger als 1990.

Abb. 22a: Trend der Jahresmittelwerte für Blei an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Abb. 22b: Trend der Jahresmittelwerte für Cadmium an den Verkehrsstationen im Vergleich zum Rhein-Ruhr-Gebiet und den Waldstationen, 1990 - 2000



Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg): Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999
<http://www.lua.nrw.de>

Ruß-Immission

Ruß wurde im Rahmen des LUQS-Messprogramms nicht flächendeckend gemessen. Lediglich an zwei (seit 1995) bzw. drei (seit 1997) Messstationen mit hoher Verkehrsdichte werden in diskontinuierlichen Messverfahren Rußmessungen vorgenommen. Für Ruß können daher keine Vergleiche zwischen Verkehrsstationen und dem Rhein-Ruhr-Gebiet aufgestellt werden. Für weitere Analysen von Rußimmissionen in Orten oder an Straßen mit zu erwartenden höheren Luftverunreinigungen sind die Kommunen zuständig (s.a. 1.1.2). Diese Messergebnisse werden jedoch nicht zentral gesammelt und ausgewertet. Die Rußkonzentrationen nehmen von 1995 bis 2001 im Trend geringfügig ab (Tab. 26). Ein Vergleich mit Durchschnittswerten eines größeren Messgebietes ist nicht möglich, da keine weiteren Messergebnisse vorliegen.

Tabelle 26: Trend der Jahresmittelwerte für Ruß für die Verkehrsstationen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Messstationen	1995	1996	1997	1998	1999	2001
Düsseldorf-Mörsenbroich	7,2	7,1	6,9	6,6	6,6	5,03
Düsseldorf/Corneliusstraße	8,4	8,3	7,1	7,0	6,5	6,89
Essen/Ruhrallee			6,1	5,9	5,5	-

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Dass trotz der Zunahme der Kraftfahrzeuge mit Dieselmotoren, sowohl im PKW- als auch im LKW-Bereich, die Rußkonzentrationen in der Außenluft nicht angestiegen sind, ist auf die verbesserte Abgastechik und Anwendung von Partikelfiltern zurückzuführen. Abgasmessungen an neuen Dieselmotortechnologien mit Hochdruckeinspritzung haben gezeigt, dass im Vergleich zu früheren Technologien hinsichtlich der Partikelmasse deutliche Verbesserungen erzielt wurden. Dieser positiven Entwicklung, nämlich der Abnahme der Partikelmas-

se, stehen neue Erkenntnisse zur Partikelanzahl gegenüber. In der Literatur wird über eine Zunahme feiner Partikel ($< 10 \mu\text{m}$) und ultrafeiner Partikel ($< 0,1 \mu\text{m}$) in Abgasen von Dieselmotoren kontrovers diskutiert. In mehreren Veröffentlichungen wird die These vertreten, dass durch die neuen Dieseltechnologien vermehrt kleinere und auch eine höhere Anzahl von Partikeln ausgestoßen wird. Die Abnahme der Partikelmasse sei im Rückgang der größeren Partikel begründet. Gleichzeitig wird vermutet, dass die feinen bzw. ultrafeinen Partikel ein größeres Gesundheitsrisiko darstellen als die großen Partikel. Die Zunahme der feinen Partikel und die damit verknüpften Gesundheitsrisiken werden von anderen Autoren nicht bestätigt bzw. werden dementiert (Spallek, M.).

Bei den Dieselmoterabgasen handelt es sich in der Regel nicht um reine Rußpartikel, sondern um ein heterogenes Gemisch aus Teilchen unterschiedlicher Größe und morphologischer Struktur. Neben der Hauptkomponente Ruß enthalten die Abgase weitere organische und anorganische Komponenten. Die Zusammensetzung variiert in Abhängigkeit von der Motortechnologie und insbesondere von der Qualität der Kraftstoffe. Während des Verbrennungsvorganges von Dieselöl unter Sauerstoffmangel entstehen zunächst rußhaltige Partikel. Kleinste Primärpartikel schließen sich durch Kollisionsvorgänge zu größeren auch verzweigten Strukturen zusammen. Beim Verlassen des Brennraumes kondensieren gasförmige Komponenten und bilden flüssige Tröpfchen oder adsorbieren auf der Oberfläche vorhandener Partikel. Beim Verlassen des Auspuffrohres erfolgen weitere strukturelle und inhaltliche Veränderungen an der Partikelemission.

Verkehrsbedingte Luftimmission in Innenräumen

Hohe verkehrsbedingte Luftimmissionen in innerstädtischen Bereichen belasten nicht nur die Verkehrsteilnehmer, sondern auch die Straßenanwohner, da die Innenraumluft unter Umständen stark von der Außenluftqualität beeinflusst wird. Messergebnisse aus verschiedenen Studien zu Stickstoffdioxid und Benzol zeigen erhöhte Konzentrationen in der Wohnraumluft an innerstädtischen Straßen. Eine Abschätzung des Gefährdungspotentials durch Kfz-Abgase für die Anwohner stark befahrener Straßen ist schwierig, da noch zu wenig Messergebnisse vorliegen. Die nach der 23. BImSchV geforderten Einzelmessungen innerhalb eines Straßenzuges reichen in vielen Fällen nicht aus. Durch die mesoklimatischen Besonderheiten kann die Schadstoffausbreitung stark variieren, so dass Messungen an mehreren Messstellen erforderlich werden.

4.2 Verkehrsbedingte Belastung von Grund- und Trinkwasser

Die Belastung des Grundwassers und damit auch des Trinkwassers durch den Verkehr kann erfolgen

- durch den normalen ungestörten Straßen-, Schienen-, Luft- oder Schiffsverkehr, z. B. über die Abgase, Reifenabrieb oder Auslaufen von kleineren Mengen Kraftstoff oder Öl,
- durch Streugut, insbesondere Streusalz, im Winter,
- durch Anwendung von Herbiziden zur Unkrautbekämpfung an Straßenrändern, Rastplätzen oder Schienenstrecken,
- durch Abwasser aus Personenzügen,
- durch Abspülungen von Straßen oder Startbahnen,
- durch Unfälle, insbesondere von Gefahrguttransporten.

Die Belastungen des Grundwassers durch Verkehrswege erfolgen nicht flächendeckend, sondern sind durch den linienhaften Verlauf des Verkehrs geprägt. Örtliche Belastungen sind durch Unfälle zu verzeichnen. Die durch den Verkehr resultierenden Grundwasserbelastungen durch Schadstoffe sind vielfältig und können sowohl anorganischer als auch organischer Natur sein. Zu den anorganischen Belastungen zählen im Wesentlichen verschiedene Schwermetalle, Chloride und Sulfate. Zu den organischen Schadstoffen zählen aliphatische

und aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Benzol, Toluol, Xylol, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe.

Die direkten Auswirkungen des Straßenverkehrs auf das Grundwasser sind im allgemeinen räumlich eng begrenzt. Mit zunehmendem Abstand vom Verkehrsweg nimmt die Belastung durch den Verkehr ab. Bodenarten und Bodenschichtbeschaffenheit beeinflussen die Versickerung der Schadstoffe entscheidend.

4.3. Verkehrsbedingte Belastung des Bodens

Durch Kfz-bedingte SO₂- und NO_x-Immissionen kommt es zur Zunahme der Bodenversauerung mit der Folge einer verstärkten Löslichkeit/Mobilität von beispielsweise Schwermetallen im Boden. Die höhere Löslichkeit/Mobilität hat eine höhere Pflanzenverfügbarkeit sowie eine stärkere Versickerung ins Grundwasser zur Folge.

Die Belastung des Bodens im Nahbereich von Verkehrsstraßen ist in erster Linie geprägt durch Stäube und Staubinhaltsstoffe wie Schwermetalle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Abriebe von Fahrbahnen, Bremsbelägen und Reifen sowie Verluste bei Leckagen und durch Unfälle. Gase wie Schwefeldioxid oder Stickoxide können dagegen je nach Klima und Witterung weite Strecken zurücklegen, bis sie sich am Boden ablagern.

4.4 Verkehrsbedingte Belastung der Nahrungsmittel

Im Nahbereich von Verkehrsstraßen kommt es zur Deposition von partikelgebundenen Schadstoffen wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Platin, Blei u. a. auf die Pflanzenoberfläche. Im Bereich von Tankstellen kann es zusätzlich zur Kontamination der Lebensmittel mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen kommen. Mit zunehmender Bodenversauerung und einer damit verstärkten Löslichkeit/Mobilität von Schadstoffen können Pflanzen beispielsweise verstärkt Schwermetalle aufnehmen.

4.5 Verkehrsbedingte Lärmimmission

Als Lärmimmission werden die messbaren Schalleinwirkungen am jeweils ausgewählten Aufenthaltsort, dem Immissionsort, bezeichnet. Mit zunehmendem Abstand von der Lärmquelle verlieren die Schallwellen an Energie, die messbare Lärmimmission nimmt ab.

Grundsätzlich ist unter Lärm jede Art von Geräusch zu verstehen, das unerwünscht ist, stört oder belästigt und das physische, psychische oder das soziale Wohlbefinden beeinträchtigt. Der Begriff Lärm ist jedoch physikalisch nicht definiert. Lärm kann nicht gemessen werden, sondern nur die physikalischen Bestandteile des Schalles. Diese beinhalten den Schalldruck und die Frequenzverteilung der Geräusche sowie die Veränderung dieser Größen über die Zeit. Physikalisch handelt es sich beim Schall um mechanische Wellen, die sich im Raum ausbreiten. Sie entstehen durch Druckschwankungen, die durch Schlag, Reibung, strömende Gase, u.a. ausgelöst werden.

Die meisten Umweltgeräusche bestehen aus einem komplexen Gemisch verschiedener Frequenzen. Die Frequenz beschreibt die Anzahl der Schwankungen des Luftdrucks pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) gemessen. Der für den Menschen hörbare Bereich erstreckt sich bei jüngeren Hörern mit gutem Hörvermögen üblicherweise zwischen 20 Hz und 20.000 Hz. Allerdings ist das Gehör nicht für alle Frequenzen gleich empfindlich. Um diese Eigenschaften des Ohres nachzubilden, sind Messgeräte mit Bewertungsfiltern ausgestattet. Das Bewertungsfilter L_A zeigt für die üblichen Umweltgeräusche die beste Übereinstimmung zwi-

schen Ohr und Messgerät. Die korrigierten Schalldruckpegel werden deshalb in dB(A) angegeben.

Der vom menschlichen Ohr wahrnehmbare Bereich der Druckschwankungen in der Luft liegt zwischen der Hörschwelle von 20 µPa (Mikropascal) und 200 Mio. µPa (Schmerzgrenze). Zur Vereinfachung dieser Zahlen wurde ein logarithmisches Maß eingeführt, die sogenannte Dezibel (dB)-Skala. Dabei entspricht 20 µPa 0 dB(A) und 200 Mio. µPa entspricht 140 dB(A). Die Dezibel-Skala, die den Schalldruckpegel (L) beschreibt, ist damit keine absolute Maßeinheit, sondern sie beschreibt nur das Verhältnis zur Hörschwelle.

Zur Beurteilung längerfristiger im Schallpegel schwankender Geräusche wird bei einer kontinuierlichen Pegelmessung der mittlere Verlauf als Mittelungspegel L_m oder energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{Aeq} berechnet. Bei stark schwankenden Geräuschen oder kurzen Geräuschimpulsen, wie z. B. Schienen- und Luftverkehr mit lauten Einzelereignissen und relativ langen Ruhepausen, wird der Mittelungspegel allein der Wirkung der Geräusche nicht gerecht. Dies gilt insbesondere bei Prüfungen auf mögliche Störungen der Nachtruhe. Dann muss die Grundmessgröße L_{Aeq} durch weitere Werte ergänzt werden, die die zeitliche Schwankung und die zeitliche Struktur der Signale stärker berücksichtigen.

Tabelle 27 zeigt einige Geräusch-/Lärmquellen aus dem Umweltbereich, die das Verhältnis der Geräusche in dB(A) aufzeigen.

Tabelle 27: Pegelbereiche für Lärmimmissionen in der Umwelt

dB(A)	Beispiele
0	Definierte Hörschwelle
10	Blätterrauschen im Wald
20	Tropfender Wasserhahn
30	Flüstern
40	Brummen eines Kühlschranks; leise Radiomusik
50	Leise Radiomusik; übliche Tagespegel im Wohnbereich
60	Umgangssprache; Pkw in 15 m Abstand
70	Rasenmäher; Schreibmaschine in 1 m Abstand
80	Pkw mit 50 km/h in 1 m Abstand; max. Sprechlautstärke
90	Lkw-Motor in 5 m Abstand; Pkw mit 100 km/h in 1 m Abstand
100	Kreissäge; Lärm in einem Kraftwerk; Posaunenorchester
110	Propellerflugzeug in 7 m Abstand; Bohrmaschine
120	Verkehrsflugzeug in 7 m Abstand; (Beginn der Schmerzgrenze)
130	Düsenjäger in 7 m Abstand; Walkman Maximalbelastung;
160	Gewehrschuß in Mündungsnähe

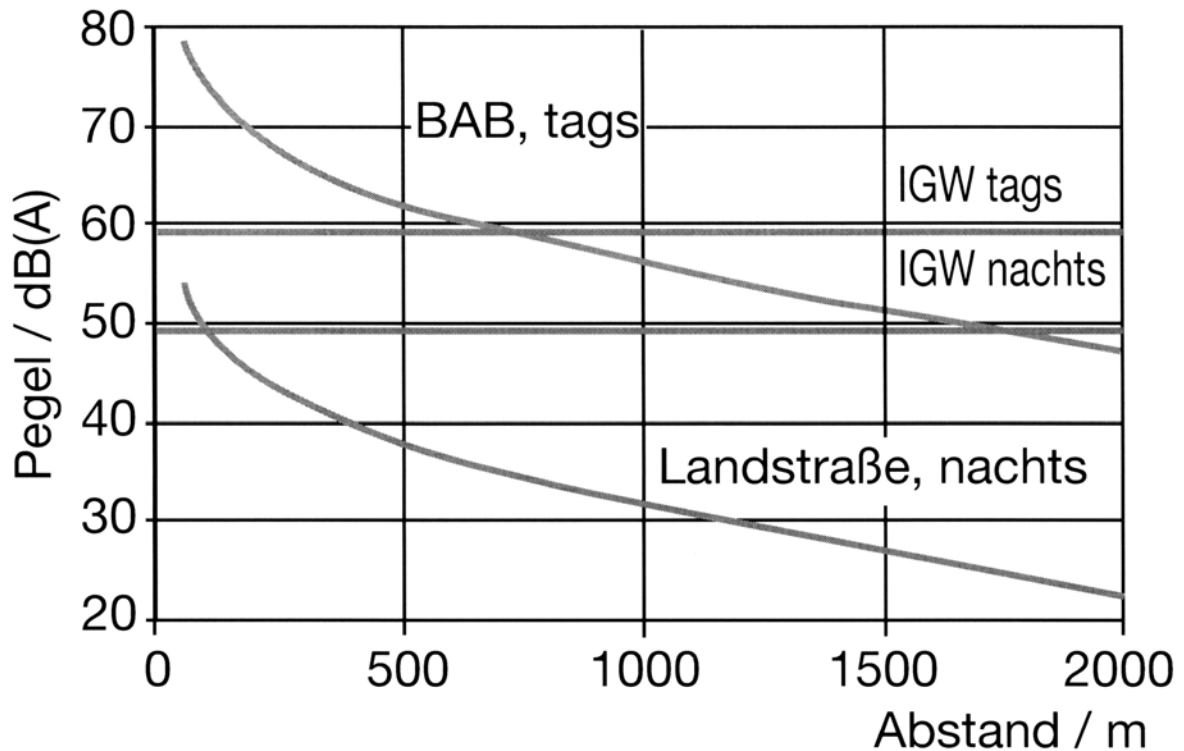
Quelle: Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg): Umwelt und Gesundheit - Sondergutachten 1999

Die messbare Lärmimmission nimmt mit Abstand von der Lärmquelle ab. Dies zeigt beispielhaft Abbildung 23 für verkehrsbedingten Schallpegel immissionen. Der Schallpegel wird für eine Autobahn mit einer durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV = 100.000 Kfz/24h und einer Landstraße mit einer DTV = 10.000 Kfz/24h in Abhängigkeit von der Entfernung der Lärmquelle bei freier Schallausbreitung dargestellt (Berechnungsparameter s. unten).

Die waagerechte Linie bei 59 dB(A) gibt den Immissionsgrenzwert *IGW tags* und die Linie bei 49 dB(A) gibt den Immissionsgrenzwert *IGW nachts* für Wohngebiete an. Für die vorliegenden Berechnungsparameter werden für die Autobahn der *IGW tags* bei 700 m und der

IGW *nachts* bei 1700 m Abstand unterschritten. Für die Landstraße wird der IGW *nachts* bei etwa 100 m Abstand unterschritten.

Abb. 23: Veränderung des Lärmpegels an einer langen geraden Straße mit Abstand von der Lärmquelle



IGW: Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV
 BAB: Bundesautobahn

Quelle: Landesumweltamt, NRW (Hrsg): Umwelt NRW – Daten und Fakten 2000, 431 S.

Berechnungsparameter:

Bundesautobahn:

DTV: 100.000 Kfz/24h
 Lkw-Anteil: 25 %
 V_{PKW} : 130 km/h
 V_{Lkw} : 80 km/h
 Strichbesen-Längs-
 geglätteter Beton

Landstraße:

DTV: 10.000 Kfz/24h
 Lkw-Anteil: 10 %
 V_{PKW} : 100 km/h
 V_{Lkw} : 80 km/h
 Splittmatrix-Asphalt 0/8

5. Exposition gegenüber Verkehrsbelastungen

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Emissionen und Immissionen gelten für Gebiete und Areale. Für die gesundheitlichen Auswirkungen der Immissionen ist zusätzlich wichtig, wie viele Menschen den Immissionen ausgesetzt sind. Wenn ein Flughafen in eine dünn besiedelte Region verlegt oder eine Umgehungsstraße um einen Ortskern herum geführt wird, verringert das nicht unbedingt die Emissionen und Immissionen, die durch die Flugzeuge bzw. Kfz verursacht werden, aber es sind weniger Menschen davon betroffen und die negativen Auswirkungen des Flugplatzes oder der Straße auf die menschliche Gesundheit werden geringer. Das Ausmaß der Belastung von Menschen durch Immissionen wird im DPSEEA-Modell durch den Begriff der Exposition beschrieben. Die individuelle Exposition einer Person gibt an, welchen Mengen der jeweiligen Immission, seien es chemische Stoffe, Lärm oder Strahlungen, ein Betroffener ausgesetzt ist. Die Expositionssituation aus Bevölkerungssicht gibt also an, wie viele Menschen über welche Zeiträume bestimmten Immissionskategorien ausgesetzt sind.

5.1 Bestimmung von Expositionen

Die Bestimmung der Exposition gegenüber niedrig dosierten Umweltbelastungen, die erst nach langer Wirkungszeit und dann eventuell mit Latenzzeiten einen Effekt bewirken, ist sehr komplex. Die meisten Menschen verändern ihren Aufenthaltsbereich mehrmals täglich, und in verschiedenen Lebensphasen kommen großräumige Veränderungen dazu. An jedem Aufenthaltsort werden sie gegen unterschiedliche Arten und Mengen von Immissionen exponiert, wobei auch die Immissionen selbst variabel im Zeitverlauf sind. Die Gesamtexposition eines Menschen gegenüber einer Umweltbelastung müsste aus den unterschiedlichen Expositionen zu verschiedenen Zeiten zusammengefasst werden. Dies ist praktisch nicht zu berechnen.

Für die Bestimmung der individuellen Exposition von Personen gibt es drei Ansätze: Das Biomonitoring (Human Biomonitoring – HBM), das personal monitoring (pm) und die Abschätzung über Durchschnittsbelastung in Arealen.

Biomonitoring (HBM) bedeutet die Bestimmung von Stoffrückständen oder Stoffwechselprodukten in Körperflüssigkeiten oder anderen körpereigenen Substanzen. HBM ist allerdings teuer und aufwendig und daher nur für kleine Personengruppen einsetzbar. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Personen ist sehr schwierig.

Bei personal monitoring (pm) führt der Proband ein Messgerät am Körper mit. Für den Einsatz von pm in der Umweltepidemiologie gilt ähnliches wie für HBM. Personal monitoring ist zu aufwendig für große Gruppen oder längere Zeiträume und nur schwer auf andere Personen zu übertragen.

Eine grobe Einstufung der Exposition von Bevölkerungsgruppen kann erreicht werden durch die Angabe der Immission am Ort des längsten oder wesentlichsten Aufenthalts. Lärmbelastung ist z.B. besonders während der Ruhephasen relevant. Der Lärmpegel in der Umgebung der Wohnung kann daher als relevante Lärmbelastung angesehen werden. Die Schwierigkeit dieser Methode besteht hauptsächlich in der ausreichend kleinräumigen Bestimmung der Immissionen. Sowohl Lärm als auch Abgase des Straßenverkehrs variieren über die Tages- und Jahreszeit, über verschiedene Straßenklassen und zwischen einzelnen Straßen derselben Klasse. Die Schadstoffe verteilen sich zudem unterschiedlich je nach Wetter und Bebauung. Es sind daher Durchschnittswerte zu bilden, die eine weitere Unsicherheitsquelle in die Abschätzung einbringen. Außerdem ist bei vielen Expositionen nicht sicher, ob Durchschnittswerte zutreffende Maße für die gesundheitliche Konsequenz der Exposition sind. Bei nächtlichem Fluglärm geht die Wirkung z.B. von den plötzlichen hohen

Lärmpegeln aus, die sich in Durchschnittsberechnungen kaum niederschlagen. Ähnliches gilt für die Belastung durch bodennahes Ozon.

5.2 Belastung der Menschen gegenüber Verkehrsimmissionen

Die wesentlichen Belastungen des Verkehrs sind Immission von Lärm und Luftschadstoffen sowie die Unfallgefahr. Abgase und Lärm treffen nicht nur die Verkehrsteilnehmer sondern die Bevölkerung in verschiedenen Situationen (Einkaufen, Erholung) und auch am Arbeitsplatz und in der Wohnung. Auswirkungen von Verkehrsunfällen sind in der Regel auf Verkehrsteilnehmer beschränkt.

Bei der Belastung durch Schadstoffe sind kleinräumige Immissionen in der Nähe der Emissionsquellen und großräumige Hintergrundbelastungen zu unterscheiden. In der direkten Umgebung von Straßen ist die Immission relativ hoch, aber auch sehr variabel. Gleichzeitig wird großräumig eine Belastung erzeugt, die relativ stabil ist. Letztere führt zu erhöhten Immissionen in Ballungsgebieten gegenüber ländlichen Regionen. Von der Hintergrundbelastung sind alle Einwohner von Ballungsgebieten betroffen, unabhängig davon, ob und wie sie am Verkehr teilnehmen.

Lärmimmissionen sind räumlich sehr eng an die Quelle gebunden. Von Lärmexposition sind daher hauptsächlich Verkehrsteilnehmer und direkte Anwohner von Verkehrswegen betroffen.

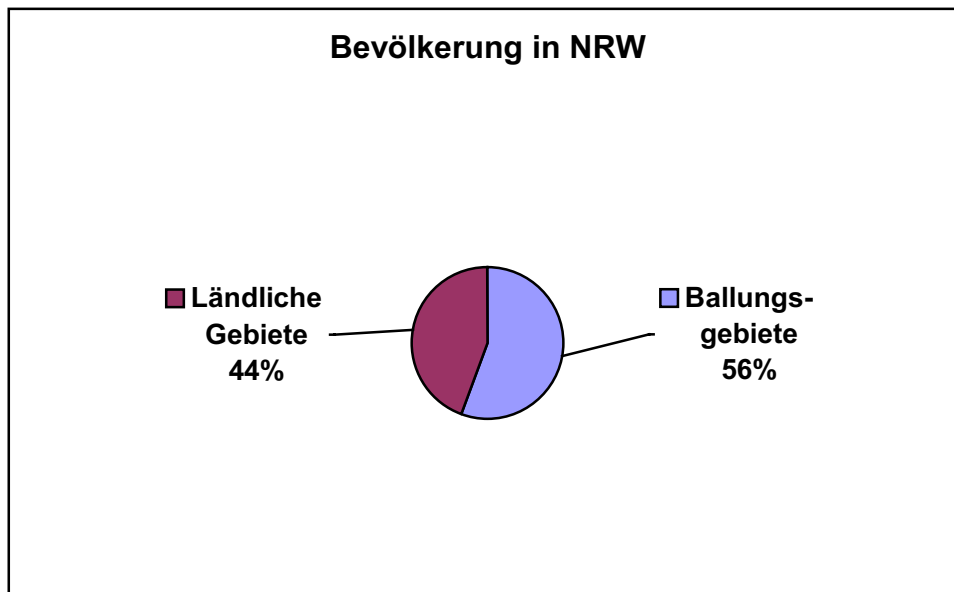
5.2.1 Exposition gegenüber verkehrsbedingten Luftschadstoffen in NRW

Die Informationen über die Belastung unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gegenüber verkehrsbedingten Luftschadstoffen sind relativ schlecht. Zwar gibt es Immissionsdaten aus dem Messnetz des Landesumweltamtes mit 68 Messstellen, aber diese Daten sind nur schwer auf die gesamte Fläche zu interpolieren und kaum mit Bevölkerungszahlen in Verbindung zu bringen. Die Daten des Messnetzes ermöglichen eine Abschätzung der relativ stabilen Hintergrundbelastung, aber die Immission in der Nähe stark befahrener Straßen ist es lediglich für 7 Stationen in ganz NRW vorhanden. Eine Ableitung der Belastung an anderen stark befahrenen Straßen ist aus mehreren Gründen problematisch. Die Berechnung der Exposition erforderlichen Angaben zu Zahl und Struktur der betroffenen Bevölkerung ist ebenfalls zur Zeit kaum zu ermitteln.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Verwendung der Messdaten aus LUQS für Expositionsabschätzungen besteht auch darin, dass der verkehrsbedingte Anteil der gemessenen Werte nur indirekt geschätzt werden kann.

Eine erste grobe Abschätzung der Schadstoffexposition verschiedener Bevölkerungsgruppen ist durch eine Trennung von Ballungsräumen und ländlichen Bezirken möglich. Als Ballungsgebiet wurde das Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) sowie einzelne Großstädte wie Münster, Bielefeld, Wuppertal und Aachen definiert.

Abb. 24: Grobe Abschätzung der exponierten Bevölkerung in NRW in Ballungsgebieten und ländlichen Gebieten



Nach dieser Einteilung sind in NRW etwa 10 Mio. Menschen gegen eine Luftbelastung, exponiert, die derjenigen im RRG entspricht (siehe Abb. 24). Etwa 8 Mio. Menschen leben mit Hintergrundbelastungen, die der Luftkonzentration von ländlichen Räumen entspricht. Menschen, die an stark befahrenen Straßen wohnen oder sich aus anderen Gründen dort häufig aufhalten, sind einer Exposition ausgesetzt, deren Größenordnung durch die verkehrsnahen Stationen beschrieben wird, wobei die räumlichen Unterschiede nicht bekannt sind. Die Zahl der Personen, die einer verkehrsnahen Exposition ausgesetzt sind, ist nicht bekannt. Tab. 28a und 28b zeigen Jahresmittelwerte der Belastung mit einigen anorganischen Stoffen für das Jahr 2000, die den Durchschnittskonzentrationen in Ballungsgebieten (RRG), ländlichen Gebieten (Waldgebiete) und an Verkehrsstationen entsprechen.

Tabelle 28a: Jahresmittelwerte für das Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG), ländliche Gebiete (Waldstationen) und Verkehrsstationen, 2000 (anorganische Stoffe)

	Schwefel-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoff-dioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoff-monoxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Schweb-staub ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kohlen-monoxid (mg/m^3)	Blei ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cadmium (ng/m^3)
Messstationen /Einheit							
RRG	8	30	15	38	0,4	0,03	0,90
Waldstationen	5	10	4	24	-	0,01	3,27
Verkehrsstationen	8	44	45	45	0,8	0,03	0,68

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Tabelle 28b: Jahresmittelwerte für das Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG), ländliche Gebiete (Waldstationen) und Verkehrsstationen 2000 (organische Stoffe)

	Benzol	Toluol	m+p-Xylol	Benzo(a)-pyren	Coronen	Ruß
Messstationen /Einheit	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ng/m^3)	(ng/m^3)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
RRG	1,77	5,74	3,05	0,48	0,21	-
Waldstationen	0,54	1,15	0,71	0,09	0,05	-
Verkehrsstationen	5,01	17,50	7,43	0,58	0,41	-

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Über die Schadstoffimmissionen aus Flug- Schienen- und Wasserverkehr liegen keine Abschätzungen vor. Ihr Anteil an den großflächigen Expositionen ist in den Messungen von LUQS enthalten.

5.2.2 Exposition gegenüber Verkehrslärm

Für den überwiegenden Teil der Bevölkerung bildet der Verkehr – und hier der Straßenverkehr – die dominierende Quelle von Lärmexposition. Detaillierte Daten sind auch hier nicht vorhanden. Das Umweltbundesamt hat für das Jahr 1999 bzw. 1997 auf Bundesebene die Bevölkerungsanteile berechnet, die bestimmten Lärmpegeln durch Straßen- und Schienenverkehr ausgesetzt sind.

Tabelle 29: Berechnete Geräuschbelastung der Bevölkerung (alte Bundesländer) durch Straßen- und Schienenverkehr

Mittelungspegel dB(A)	Anteil der Bevölkerung (%), belastet durch			
	Straßenverkehr im Jahr 1999		Schieneverkehr im Jahr 1997	
	tags	nachts	tags	nachts
> 45 - 50	16,4	17,6	12,4	15,5
> 50 - 55	15,8	14,3	14,9	10,8
> 55 - 60	18,0	9,3	10,4	6,2
> 60 - 65	15,3	4,2	6,2	2,7
> 65 - 70	9,0	2,9	2,3	0,9
> 70 - 75	5,1	0,2	0,7	0,4
> 75	1,5	0,0	0,1	0,1

Quelle: Umweltbundesamt (Hrsg.) Jahresbericht 1999

Überträgt man diese Prozentzahlen auf NRW, so sind etwa 8,7 Millionen Personen (ca. 50 %) tagsüber einem Lärmpegel von über 55 dB(A) ausgesetzt. Ein Wert, der zumindest das

Wohlbefinden stark beeinträchtigt. Nachts wären nach dieser Abschätzung noch über 3 Mio. Menschen in NRW einer Lärmbelastung über 55 dB(A) ausgesetzt.

Tabelle 30: Anzahl von Personen in NRW mit unterschiedlich hohen Expositionen gegenüber Straßenverkehrslärm (geschätzt nach Angaben für die alten Bundesländer insgesamt)

Mittelungspegel dB(A)	Tags	Nachts
➤ 45 – 50	2,9 Mio. (16,4 %)	3,2 Mio. (17,6 %)
➤ 50 – 55	2,8 Mio. (15,8 %)	2,6 Mio. (14,3 %)
➤ 55 – 60	3,2 Mio. (18,0 %)	1,7 Mio. (9,3 %)
➤ 60 – 65	2,7 Mio. (15,8 %)	0,8 Mio. (4,2 %)
➤ 65 – 70	1,6 Mio. (9,0 %)	0,5 Mio. (2,9 %)
➤ 70 – 75	0,9 Mio. (5,1 %)	0,04 Mio. (0,2 %)
➤ >75	0,3 Mio. (1,5 %)	-

Auf lokaler oder regionaler Ebene kann die Zahl der gegen Verkehrslärm exponierten Personen relativ gut abgeschätzt werden, wenn man Ausbreitungsrechnungen des Landesumweltamtes zugrunde legt. Diese existieren für alle Kreise und kreisfreien Städte in NRW straßengenau. Eine Zusammenführung mit Angaben aus dem kommunalen Einwohnerregister ist möglich.

5.2.3 Exposition gegenüber Verkehrsunfällen

Folgt man auch für Verkehrsunfälle der Definition von Exposition als Zusammentreffen von Immission und Mensch, so könnte man als Exposition einer Person gegenüber Verkehrsunfällen die Anzahl gefährlicher Situationen im Verkehr bezeichnen, die sie im Laufe des Lebens erlebt. Diese Angabe ist allerdings praktisch nicht zu ermitteln. Der Begriff der Exposition ist allerdings bei Verkehrsunfällen nicht so wesentlich wie bei den anderen Belastungen, weil per Definition ein eindeutiger Ursache-Wirkungszusammenhang zwischen Verkehr und den durch Verkehr verursachten Unfällen existiert. Die von verkehrsbedingten Schadstoffen und Lärm verursachten Gesundheitsstörungen sind demgegenüber multikausal und können auch ohne Verkehrsbelastung auftreten. Die Exposition dient in diesen Fällen wesentlich dazu, den Anteil an Erkrankungen, die durch den Verkehr verursacht werden, abzuschätzen. Dies kann bei Verkehrsunfällen entfallen.

Gefährliche Situationen können entstehen durch Nichteinhalten von Verkehrsvorschriften, durch Naturereignisse wie Nebel oder Glätte, durch fahrzeugtechnische Sicherheitsmängel, u.a. Als praktikable und leicht zu ermittelnde Zahl zur Abschätzung der Gefahr, einen Verkehrsunfall zu erleiden, kann die Verkehrsdichte und die Fahrleistung herangezogen werden. Je höher die Fahrleistung ist, umso größer ist die Gefahr eines Unfalls. Andere Maße für die Unfallgefährdung sind denkbar aber nicht üblich.

6. Gesundheitliche Wirkungen des Verkehrs

6.1 Gesundheitliche Wirkungen verkehrsbedingter Schadstoffe

Die negative Wirkung vieler Abgaskomponenten auf den menschlichen Organismus ist bekannt. Im Einzelfall ist der kausale Zusammenhang zwischen Gesundheitseffekten und spezifischen Abgaskomponenten aus dem Kfz-Verkehr aber schwierig nachzuweisen, da sich in der Praxis regelmäßig zahlreiche Einflüsse überlagern. Darüber hinaus erschwert oftmals die lange Latenzzeit zwischen meist niedrig konzentrierter Schadstoffeinwirkung und dem resultierenden Gesundheitseffekt diesen Nachweis.

Zu den Primärkomponenten der Kfz-Abgase zählen:

- Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenwasserstoffe wie Alkane und Alkene
- Aromaten: Benzol, Toluol, Xylol
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe mit der Leitsubstanz Benzo(a)pyren
- Oxidierte Kohlenwasserstoffe: Aldehyde, Phenole, organische Säuren
- Partikel: Dieselruß, Bremsen-, Reifen- und Straßenbelagsabrieb
- Schwermetalle wie Blei oder Cadmium.

Zu den Sekundärkomponenten gehören:

- Stickstoffdioxid (NO₂)
- Ozon (O₃).

6.1.1 Gesundheitliche Wirkungen einzelner Abgaskomponenten

Der folgende Abschnitt beschreibt die wichtigsten durch den Verkehr emittierten Schadstoffe mit ihren potenziellen gesundheitlichen Wirkungen. Einige der beschriebenen chemischen Stoffe werden auch in verkehrsbelasteten Gebieten in Konzentrationen vorkommen, die noch keine gesundheitschädlichen Wirkungen erwarten lassen. Hierbei handelt es sich um Schadstoffe mit sogenannten Schwellenwerten, d.h., Konzentrationen eines Stoffes die noch keine Effekte bei den betrachteten Parametern in den untersuchten Lebewesen erkennen lässt. Effekte ohne Schwellenwert treten auf bei Stoffen mit genotoxischer und kanzerogener Wirkung.

Stickstoffdioxid

Kraftfahrzeuge zählen zu den Hauptemittenten von Stickstoffoxiden. Wegen der Ableitung der Abgase im Aufenthaltsbereich von Menschen kommt dem Kfz-Verkehr eine besondere Bedeutung bei der Luftverunreinigung mit Stickstoffoxiden zu. Bei Verbrennungsvorgängen entsteht ein Gemisch von Stickstoffoxiden (NO_x) das zunächst aus über 90% Stickstoffmonoxid (NO) besteht. Bei normaler Außentemperatur wird NO durch verschiedene Reaktionen zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert, so dass mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle der Anteil von NO₂ wesentlich höher ist.

Stickstoffdioxid wirkt bereits in den oberen Atemwegen, wird aber aufgrund seiner geringen Wasserlöslichkeit auch bis in die Lungenperipherie transportiert. Akute Wirkungen von Stickstoffdioxid sind im Wesentlichen die Beeinträchtigung der Lungenfunktion und eine Zunahme der bronchialen Reagibilität. Asthmatiker und Kinder haben ein erhöhtes Risiko. Bereits bei chronischer Einwirkung sehr geringer Konzentrationen kann es zu Lungenfunktionsstörungen, Reizerscheinungen im Bereich des Respirationstraktes, Husten und chronischer Bronchitis kommen. Auch Störungen der Blutbildung sind beobachtet worden. Die bisherigen epi-

demiologischen Studien lassen vermuten, dass eine NO₂-Belastung der Außenluft eine Zunahme respiratorischer Erkrankungen bei Kindern bewirken kann.

Schwefeldioxid

Schwefeldioxid ist ein saures Reizgas, das inhalativ aufgenommen wird. Es löst sich schnell auf den Schleimhäuten des Atemtraktes. Bei Astmatikern und bei forcierter Mundatmung kann Schwefeldioxid schon im Bereich von deutlich unter 1 mg/m³ gesundheitliche Effekte auslösen. In der praktischen Expositionssituation liegt nahezu immer eine Kombinationsbelastung vor, meist mit Staub oder zusätzlich mit Stickstoffoxiden sowie anderen Schadstoffen. In epidemiologischen Studien werden Wirkungen auf die Mortalität und auf die Häufigkeit akuter Atemwegserkrankungen bei 24-Stunden-Mittelwerten über 500 µg/m³ beschrieben. Verminderte Lungenfunktionsmesswerte bei Kindern werden schon bei Tagesmittelwerten um 200 µg/m³ angegeben. Dies gilt jeweils in Kombination mit erhöhten Staubwerten.

Durch die 3. BImSchV musste der Schwefelgehalt im Dieselmotorkraftstoff drastisch gesenkt werden. Demzufolge ging auch die Schwefeldioxid-Belastung durch Kfz-Abgase in den letzten Jahren ständig zurück.

Schwebstaub

Die Stäube unterscheiden sich durch Parameter wie Korngröße, chemische Zusammensetzung, Form, Konzentrationen u. a.. Für Staubemissionen durch den Kfz-Verkehr sind in erster Linie die Dieselfahrzeuge, insbesondere die schweren Nutzfahrzeuge, verantwortlich. Der durch den Verkehr emittierte Gesamtstaub besteht zu ca. 80 % aus Feinstaub mit einem Partikeldurchmesser < 2,5 µm.

Bei den partikelförmigen Luftverunreinigungen (Staub) sind neben der Masse pro Luftvolumen und den Inhaltsstoffen auch die Korngrößen von gesundheitlicher Relevanz. Gerade die Bedeutung der Korngröße und die Anzahl der Partikel pro m³ Luftvolumen werden in der neuen Literatur verstärkt diskutiert. Die gesundheitlichen Effekte werden mit der Anzahl Feinstpartikel in Zusammenhang gebracht. Damit wird die Partikelmassenkonzentration (z.B. in mg/m³) zumindest als alleiniges Dosismaß für Grenzwertüberschreitungen von Staub in Frage gestellt.

Fragen der Wirkungsschwelle, Wirkungsmechanismen und Kombinationswirkungen werden derzeit weltweit diskutiert. Feinste Partikel können im Lungengewebe entzündliche Reaktionen hervorrufen. Entzündliche Gewebeeränderungen werden als mögliche Vorstufe einer Lungenkrebsinduktion in Betracht gezogen. Eine wachsende Anzahl epidemiologischer Studien dokumentiert einen Zusammenhang zwischen einer erhöhten Mortalität, der Häufigkeit von stationären Aufnahmen in Krankenhäuser, Störungen von Lungenfunktionen, Asthmaanfällen und der Konzentration an atmosphärischen Schweb- und Feinstäuben. Für diese Effekte werden atembare (Partikeldurchmesser < 10 µm) und lungengängige (Partikeldurchmesser < 2,5 µm) Feinstäube verantwortlich gemacht. Besonders gefährdet durch Feinstaub sind vor allem Kinder und Menschen mit chronischer Bronchitis und Asthma bronchiale.

Ozon

Bodennahes Ozon wird nicht direkt durch Kraftfahrzeuge emittiert, sondern über photochemische Prozesse aus Sauerstoff mit Hilfe anthropogener Luftverunreinigungen gebildet. Zu diesen sogenannten Vorläufersubstanzen zählen insbesondere Stickstoffdioxid, aber auch organische Kohlenwasserstoffe.

Ozon ist ein gasförmiger Schadstoff, der schon nach kurzzeitiger Exposition zu Reizungen der Schleimhäute der oberen Atemwege und zu Beeinträchtigungen der Lungenfunktion führen kann. Auch Augenreizungen wurden beobachtet. Die akute Einwirkung höherer Konzentrationen kann zu zentralnervösen Erscheinungen wie Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit oder Koordinationsstörungen führen. Nach Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation treten ab 1-Stunden-Mittelwerten von 200 µg/m³ leichte und ab 300 µg/m³ mittelschwere Ge-

sundheitseffekte auf. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass die individuelle Empfindlichkeit gegenüber Ozon stark variiert. Eine Gesundheitsgefährdung besteht insbesondere bei Personen, die hohen körperlichen Belastungen im Freien ausgesetzt sind, sowie bei Kleinkindern und Säuglingen.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen überwiegend durch unvollständige Verbrennung organischer Substanzen. Bei den Abgasen des Kfz-Verkehrs stehen aus der Gruppe der PAK Coronen, Benz(a)pyren und Benzo(ghi)perylen im Vordergrund. In der Luft sind die PAK überwiegend an Schwebstaubpartikeln gebunden.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) besitzen nur eine relativ geringe akute und chronische Toxizität. Bedeutend ist die krebserzeugende Wirkung einiger Verbindungen aus dieser Substanzklasse, vor allem die der PAK mit 4 bis 6 Ringen. Benzo(a)pyren ist bisher am besten von den PAK auf gesundheitsschädliche Eigenschaften untersucht worden und wird als Leitsubstanz für eine kanzerogene Umweltbelastung durch die PAK-Gruppe angesehen. Benzo(a)pyren wirkt durch DNA-Addukt-Bildung erbgutschädigend. Die individuelle Empfindlichkeit gegenüber Benzo(a)pyren-DNA-Addukt-Bildung scheint genetisch bestimmt und individuell unterschiedlich zu sein. Benzo(a)pyren wird in der Gefahrstoffverordnung als krebserzeugend beim Menschen und nach der International Agency for Research on Cancer (IARC) für den Menschen als wahrscheinlich karzinogen eingestuft (Gruppe 2 a). Coronen und Benzo(ghi)perylen werden durch die IARC in die Gruppe 3 „Diese Substanz ist nicht klassifizierbar bezüglich der Karzinogenität für den Menschen“ eingestuft.

Benzol

Durch die Beimischung von Benzol zu Motorkraftstoffen zur Erhöhung der Oktanzahl ist die Hauptemissionsquelle für Benzol in der Bundesrepublik Deutschland eindeutig der Kraftfahrzeugverkehr geworden. Dies zeigen die hohen Immissionswerte in stark verkehrsbelasteten Gebieten. Hauptemissionsquelle sind hier die Motorabgase, insbesondere von Ottomotoren. Aber auch Verdunstungsemissionen bei Lagerung, Umschlag und Transport der Treibstoffe sowie beim Betanken der Fahrzeuge tragen zur Luftverunreinigung durch Benzol bei.

Benzol wird bei dauerhafter Inhalation zu ca. 50 % resorbiert. Es verteilt sich im gesamten Organismus und reichert sich in den fetthaltigen Organen an. Teilweise wird es unverändert über die Atmung ausgeschieden, teilweise aber auch oxidativ metabolisiert, wobei zunächst Benzolepoxid und aus diesem neben anderen Metaboliten Chinone und Semichinone entstehen, die als eigentliche Kanzerogene angesehen werden. Bei chronischer Exposition kann es zu Schädigungen des hämatopoetischen Systems kommen. Betroffen können alle Knochenmarksfunktionen sein. Leukozyten, Erythrozyten und Thrombozyten werden in ihrer Bildung und Reifung beeinträchtigt. Im peripheren Blutbild werden neben zahlenmäßigen Schwankungen der zirkulierenden Blutbestandteile morphologische Veränderungen und funktionelle Störungen beobachtet. Neben fest abzugrenzenden Krankheitsbildern (z. B. Anämien und Koagulopathien) treten verschiedenste hämatologische Veränderungen auf, die mit unterschiedlichen Knochenmarksbefunden einhergehen. Es liegen eine Vielzahl von Berichten über das Auftreten von Leukämien bei Exposition gegenüber Benzol am Arbeitsplatz vor. Die Latenzperiode zwischen der Exposition und dem Auftreten schwerer Knochenmarksschäden kann bis zu 20 Jahren betragen. In der Gefahrstoffverordnung ist Benzol in die Gruppe Carc.Cat. 1, Stoffe, die beim Menschen krebserzeugend wirken, eingestuft. Auch nach IARC ist Benzol eine für den Menschen karzinogene Substanz (Gruppe 1).

Toluol und Xylole

Toluol und Xylole sind wie Benzol nicht deklarierte Bestandteile der Benzine und dienen zur Erhöhung der Oktanzahl in Motorkraftstoffen. Das Immissionsverhältnis von Toluol zu Benzol in Gebieten mit starkem Kraftfahrzeugverkehr beträgt im Durchschnitt etwa 2,7 für Xylole zu Benzol etwa 2,1. Da das Verhältnis von Toluol zu Benzol im Kraftstoff selbst etwa 6 : 1 und

von Xylol zu Benzol 5 : 1 beträgt, ist davon auszugehen, dass bei der Verbrennung eine Umsetzung von Toluol und Xylol auch zu Benzol erfolgt.

Hauptaufnahmeweg für Toluol und Xylole ist die inhalative Exposition. Nach Resorption wird das Toluol rasch im Körper verteilt. Als Folge einer akuten Exposition stehen Wirkungen auf das ZNS mit unspezifischen Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Koordinationsstörungen im Vordergrund. Reizerscheinungen an Augen, Haut und Atemwegen sowie Lungenfunktionsstörungen sind möglich. Xylole werden nach Resorption schnell in fettreichen Geweben und Organen abgelagert. Bei chronischer Exposition können darüber hinaus Leber- und Nierenschädigungen und Schädigung der Blutbildung auftreten. Dermale Kontakte können zu Hauterkrankungen führen.

Ruß

Ruß entsteht überwiegend durch unvollständige Verbrennung organischer Substanzen. Aufgrund der weitgehenden Reduktion von Rußemissionen aus Verbrennungsprozessen von Feuerungsstellen ist der Kraftfahrzeugverkehr heute die Hauptquelle für Rußemissionen. Dieselrußemissionen sind zu etwa 90 % auf den Kfz-Verkehr zurückzuführen, wobei die Nutzfahrzeuge den größten Anteil emittieren. Entsprechend finden sich in verkehrsbelasteten Gebieten deutlich erhöhte Immissionswerte für Ruß.

Nachdem Rußpartikel über lange Zeit als toxikologisch unbedenklich eingestuft wurden, zeigten zahlreiche Arbeiten in den 80er Jahren, dass Dieselruß für Mensch und Tier ein kanzerogenes Potential besitzt. Dieselrußpartikel gelangen wegen ihres geringen Durchmessers (etwa zwischen 10 nm und 2 µm) mit der inhalierten Luft bis tief in die Atemwege und werden nur zu ca. 50% sofort wieder ausgeatmet. Partikel, die nach der Einatmung auf die mit Zilien versehenen Atemwege auftreffen, werden größtenteils in den Rachenraum transportiert und geschluckt. In den Endverzweigungen der Alveolen deponierte unlösliche, nicht toxische Partikel werden mit einer langen Halbwertszeit von über 500 Tagen mit Hilfe des Makrophagensystems über die Bronchien aus der Lunge entfernt. Die akute Toxizität von Ruß ist praktisch unbedeutend. Bei chronischer Exposition sind Dieselrußemissionen im Tierversuch als kanzerogen erkannt. Während man früher davon ausging, dass die an den Rußpartikeln adsorbierten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) die eigentlich kanzerogenen Substanzen sind, zeigen neuere Tierversuche bei der Wirkung von Dieselrußemissionen auf die Rattenlunge, dass dem Rußkern (reiner Kohlenstoff) in Form kleiner lungengängiger Partikel eine entscheidende Bedeutung bei der Tumorentstehung zukommt.

Nach neuen umweltepidemiologischen Studien wird vermutet, dass die toxische Wirkung von Dieselabgaspartikeln nicht spezifisch auf die Rußkomponente zurückzuführen ist, sondern dass die gesundheitlichen Effekte mit der inhalierten Anzahl der Feinstpartikel korreliert. Bei den Feinstpartikeln der Dieselabgase handelt es sich nicht um reinen Ruß, sondern um ein heterogenes Gemisch unterschiedlicher organischer und anorganischer Stoffe mit der Hauptkomponente Ruß. Diese heterogenen Feinstäube können wie andere Feinstäube im Lungengewebe entzündliche Reaktionen hervorrufen. Entzündliche Gewebeveränderungen werden als mögliche Vorstufe einer Lungenkrebsinduktion in Betracht gezogen. Die Dieselrußproblematik wird dadurch in die Feinstaubproblematik einbezogen, d.h., bei den Dieselabgasen handelt es sich nicht nur um ein gesundheitliches Problem durch Rußpartikel, sondern um alle emittierten Feinstäube. Den Dieselrußpartikeln wird in diesem Zusammenhang aber eine wichtige Rolle zugewiesen, da sie mit 10 nm bis 2 µm in einem Größenbereich liegen, der gut inhalierbar ist.

Auf Basis der tierexperimentellen Befunde und epidemiol. Studien wurden Dieselmotoremissionen als kanzerogener Stoff wie folgt eingestuft: MAK-Liste Gruppe III A 2 (Stoffe, die sich bislang nur im Tierversuch als krebserzeugend erwiesen haben, und zwar unter Bedingungen, die der möglichen Exposition des Menschen am Arbeitsplatz vergleichbar sind). IARC: Gruppe 2 B, d.h. diese Substanz ist möglicherweise karzinogen für den Menschen.

Platinmetalle

Der unbestrittene Nutzeffekt der Katalysatortechnik in der Automobilindustrie bringt auch negative Nebenwirkungen für Mensch und Umwelt mit sich. So werden neue Emittenten freigesetzt, die früher nicht zu den verkehrstypischen Emissionen zählten. Hierzu gehören die Katalysatormetalle der Platinmetallgruppe sowie das Distickstoffoxid dem ein hohes Treibhauspotential zukommt. Durch ständige thermische und mechanische Belastung des Katalysatormaterials werden die Platinmetalle Platin, Palladium und Rhodium oder deren Oxide als Abrieb freigesetzt. In der Katalysatortechnik wird überwiegend Platin eingesetzt. Die umweltbedingte Exposition liegt im Bereich niedriger Dosen.

Der Hauptaufnahmeweg ist die Inhalation oder Ingestion von Staubpartikeln. Bezüglich der Wirkung muss zwischen metallischem Platin und Platinsalzen unterschieden werden. Während Platinmetall als inert gilt, gibt es für Palladium und Rhodium Hinweise auf ein allergenes Potential bei Hautkontakt. Platinsalze weisen mit zunehmender Löslichkeit ein hohes Sensibilisierungspotential auf. Platinoxide sind gering löslich und zeigen nur geringe toxische Wirkungen. Eine Exposition gegenüber löslichen Platinsalzen kann dagegen zur Sensibilisierung führen mit Symptomen wie Schnupfen, Niesen, Augenbrennen und Atemnot. Neben der atemwegssensibilisierenden Wirkung wird in der Literatur auch von einigen Fällen einer Kontakturtikaria als Anzeichen einer Platinsalz-Allergie berichtet.

Emissionsanalysen deuten darauf hin, dass fast ausschließlich metallisches Platin freigesetzt wird. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass geringe Mengen lösliche halogenhaltige Platinsalze emittiert bzw. unter physiologischen Bedingungen gebildet werden.

Die Kanzerogenität von Platinsalzen ist unklar. Bisher liegen nur für das als Cytostatikum eingesetzte Cisplatin bewertungsrelevante Angaben vor. Cisplatin zeigt im Tierexperiment mutagene und kanzerogene Wirkungen.

Distickstoffoxid (Lachgas)

Bei der durch die Katalysatoren vermittelten Reduktion von Stickoxiden zu sauerstoffhaltigen Abgasen entsteht als unerwünschtes Nebenprodukt Distickstoffoxid.

Distickstoffoxid wirkt bei längerer Expositionszeit neurotoxisch. Hämopoetische Veränderungen mit Störungen in der Produktion von Leukozyten und Erythrozyten im Knochenmark wurden beobachtet. Über vermehrtes Auftreten von Tumoren bei anästhetikaexponierten Personen wurde berichtet. Distickstoffoxid inaktiviert Vitamin B12.

6.1.2 Allergien durch Exposition gegenüber Kraftfahrzeugemissionen

Über den Zusammenhang verkehrsbedingter Immissionen und allergischer Erkrankungen wird in den letzten Jahren verstärkt diskutiert. Den Anteil verkehrsbedingter Luftschadstoffe an der Entstehung bzw. Verstärkung der Allergien zu erfassen ist schwierig, da es zu Überlagerungen von Störfaktoren kommt. Erstmalig konnte in einer japanischen Studie 1987 gezeigt werden, dass in verkehrsbelasteten Gebieten signifikant höhere Prävalenzraten für Sensibilisierungen gegen Zedernpollen im Vergleich zu weniger belasteten ländlichen Gebieten auftraten. So wurde in einer Region ohne Zedern und wenigen Kraftfahrzeugen eine Häufigkeit von 1,7 %, in Zedernwäldern ohne Autoverkehr eine Häufigkeit von 5,1 %, aber in der Nähe von Autobahnen mit Zedernbestand eine Häufigkeit von 13,2 % gefunden.

Das Sondergutachten „Umwelt und Gesundheit“ (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen Hrsg., 1999) enthält eine Zusammenstellung epidemiologischer Studien die über einen Zusammenhang zwischen Kfz-Abgasen und allergischen Erkrankungen berichten. Im Ergebnis zeigen vier Studien einen Zusammenhang zwischen Verkehrsimmissionen und

dem Symptom Wheezing (pfeifende Atemgeräusche). Zwei Studien berichten über einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Angabe Lastwagenverkehr in der Wohnstraße und einer allergischen Rhinitis. In drei weiteren Studien wird über die Assoziation mit Asthma berichtet. In drei der 12 aufgeführten Studien wurde kein Zusammenhang festgestellt.

Im Rahmen der Wirkungskatasteruntersuchungen in Nordrhein-Westfalen wurden bei Schulanfängern aus Köln in verkehrsbelasteten Regionen signifikant erhöhte Sensibilisierungsraten festgestellt (MURL 1990). Im Jahr 1996/1997 wurde der Zusammenhang zwischen städtischem Kraftfahrzeugverkehr und allergologischen Parameter bei Kindern der 3. und 4. Grundschulklasse in Düsseldorf untersucht. Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen NO_2 -Außenluftwert und Pollensensibilisierung sowie Symptomen einer Allergie wie Nießanfalle und gleichzeitig juckende Augen (Medizinisches Institut für Umwelthygiene, MIU, 1997).

6.1.3 Gesundheitliche Bewertung der Luftqualität an den Messstationen in NRW

Eine Möglichkeit der gesundheitlichen Bewertung der Luftqualität besteht im Vergleich von Immissionsmesswerten mit zugehörigen Grenz- oder Richtwerten. In diesem Abschnitt werden die Jahresmittelwerte von Kfz-Abgaskomponenten

- mit den Immissionsgrenzwerten der TA-Luft und BImSchV
- den Immissionsgrenzwerten der EU-Richtlinie und
- den LAI-Richtwerten (Zielwerte)

verglichen. Die folgenden Tabellen zeigen für die wichtigsten Abgaskomponenten die Jahresmittelwerte für verkehrsnahen Einzelmessstationen sowie Jahresdurchschnittswerte für alle Verkehrsstationen, für das Rhein-Ruhr-Gebiet und für Waldgebiete mit nur wenig Luftbelastung sowie zugehörige Grenz- und Richtwerte.

6.1.3.1 Bewertung der Abgaskomponenten anhand der Immissionsgrenzwerte der TA-Luft und der 23 BImSchV

Der Vergleich der Jahresmittelwerte mit den zugehörigen Immissionsgrenzwerten der TA-Luft und der 23. BImSchV zeigt, dass im Jahr 2000 die Immissionsgrenzwerte von keinem Schadstoff überschritten wurden (siehe Tabelle 31). Dies gilt sowohl für die Einzelmessstationen als auch für die gebietsbezogenen Messwerte. Bei Unterschreitung der Immissionsgrenzwerte dürfte die Luftbelastung durch diese Stoffe keine gesundheitliche Gefahr für die Bevölkerung in Nordrhein-Westfalen darstellen. Diese Aussage muss jedoch relativiert werden:

- Für das komplexe System Staub, das durch Parameter wie chemische Zusammensetzung, Korngröße, Form u.a. definiert ist, sind die toxischen Wirkungen insbesondere im Bereich niedriger Dosen noch nicht ausreichend geklärt um entsprechende Grenzwerte sachlich begründet festlegen zu können. Fragen zu Wirkungsmechanismen, Dosis-Wirkungsbeziehungen, Wirkungsschwellen sowie zu besonderen Risikogruppen werden weiter diskutiert.
- Jahresmittelwerte sind Durchschnittswerte, die nicht für jeden Zeitabschnitt eines Jahres die gesundheitlichen Belastungen durch Luftschadstoffe anzeigen. So kommt es zeitweise, bedingt durch austauscharme Wetterlagen, zu hohen Luftbelastungen, die insbesondere für Kinder und Personen mit Atemwegserkrankungen gesundheitliche Risiken darstellen. Diese zeitweisen hohen Luftbelastungen kommen in den Jahresmittelwerten nicht zum Ausdruck.

Tabelle 31: Jahresmittelwerte der verkehrsnahen Messstationen sowie Durchschnittswerte für Verkehrsstationen, Rhein-Ruhr-Gebiet (RRG) und Waldstationen mit zugehörigen Immissionsgrenzwerten für das Jahr 2000

	SO ₂	NO ₂	NO	Schwebstaub	PM 10	CO	Blei	Cadmium	Benzol	Ruß
Messstationen /Einheit	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(mg/m ³)	(µg/m ³)	(ng/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Aachen/Kaiserplatz	7	44	46	40	40	0,8	0,02	0,5	3,21	-
Düsseldorf/Corneliusstr.	-	56	86	55	55	1,2	-	-	5,65	6,5 ¹⁾
Düsseldorf/Mörsenbroich	8	46	55	44	44	0,8	0,02	0,7	6,04	6,2 ¹⁾
Essen/Ruhrallee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5 ¹⁾
Essen-Ost/Steelerstr.	8	42	35	45	45	0,7	0,03	0,7	3,98	-
Hagen/Emilienplatz	6	40	50	39	39	1,9	0,02	0,5	5,36	-
Wuppertal/Fr. Eng.-Allee	8	46	54	37	37	0,9	-	-	-	-
Verkehrsstationen	8	44	45	45	45	0,8	0,03	0,68	5,01	-
RRG	8	30	15	38	38	0,4	0,03	0,90	1,77	-
Waldstationen	5	10	4	24	24	-	0,01	3,27	0,54	-
Immissionsgrenzwert (TA-Luft, 23. BImSchV)	140 ²⁾	80 ²⁾	-	150 ²⁾	40 ²⁾	10 ²⁾	2 ²⁾	40 ²⁾	10 ³⁾	8 ³⁾
EU-Immissionsgrenzwerte		40 ⁴⁾	40 ⁴⁾		40 ⁵⁾		0,5 ⁶⁾	5 ⁴⁾		

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

1) Immissionswert aus dem Jahr 1999

2) Immissionsgrenzwert für den Jahresmittelwert, Quelle: TA-Luft

3) Immissionsgrenzwert für den Jahresmittelwert, Quelle: 23. BImSchV

4) Jahresgrenzwert ab 1. Januar 2010

5) Jahresgrenzwert ab 1. Januar 2005; ab 1. Januar 2010: 20 µg/m³

6) Jahresgrenzwert ab 1. Januar 2005

6.1.3.2 Bewertung der Abgaskomponenten anhand der europäischen Luftqualitätsrichtlinien

In der europäischen Luftqualitätsrichtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 und ihren Tochterrichtlinien sind niedrigere Grenzwerte und für einige Schadstoffe auch Stunden- und Tagesgrenzwerte festgelegt. Diese EU-Grenzwerte müssen bis zum Jahr 2005 bzw. 2010 erreicht werden. Ein Vergleich der LUA-Messwerte der verkehrsnahen Messstationen und der gebietsbezogenen Messwerte aus dem Jahr 2000 mit den Grenzwerten der EU-Richtlinie, zeigen folgende Ergebnisse (Tabelle 31):

- Der Jahresgrenzwert für Stickstoffoxide (NO₂ und NO) wurde an allen Messstationen (außer Essen-Ost / Steeler Str. für Stickstoffmonoxid) überschritten.
- Die Messwerte für Schwebstaub sind Werte für den Gesamtschwebstaub. Der Immissionsgrenzwert der EU für Jahresmittel bezieht sich jedoch auf die feinere Fraktion des Staubes PM10 (Partikel mit einem Durchmesser <10 µm). Ausgehend von einem mittleren PM10-Anteil von 83 % am Gesamtschwebstaub, kann angenommen werden, dass der Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ einem Wert von 48 µg/m³ für den Gesamtschwebstaub entspricht. Dieser Grenzwert von 48 µg/m³ wurde an der Messstelle Düsseldorf/Corneliusstr. überschritten.
- Der Jahresgrenzwert für Blei wurde weit unterschritten.
- Der Jahresgrenzwert für Benzol wurde an 3 von 5 Messstellen überschritten.

Für Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid gibt die EU-Richtlinie keine Jahresgrenzwerte an. Ein Vergleich der LUA 1h- und 24h-Messwerte für Schwefeldioxid und 8h-Messwert für Koh-

lenmonoxid, der verkehrsnahen Messstationen (in diesem Bericht nicht aufgeführt), führt zu folgenden Ergebnissen:

- Die EU-Grenzwerte, 1-Stundengrenzwert und 24-Stundengrenzwert, wurden für Schwefeldioxid von den 1h- und 24h-Messwerten an den verkehrsnahen Messstationen nicht erreicht (Quelle der Messwerte: <http://www.lua.nrw.de>).
- Der 8h-Grenzwert für Kohlenmonoxid wurde ebenfalls eingehalten (Quelle der Messwerte: <http://www.lua.nrw.de>).

Wenn man die gegenüber deutschen Grenzwerten verschärften Werte der EU als Folge neuerer Bewertungen der gesundheitlichen Relevanz der betreffenden Noxen wertet, geht von der Benzol-, Stickoxid- und Staubbelastung in verkehrsnahen Bereichen in NRW durchaus noch eine Gesundheitsgefährdung aus.

6.1.3.3 Bewertung kanzerogener Abgaskomponenten

Die Bewertung der Immissionen krebserzeugender Stoffe ist schwierig, da aus medizinischer Sicht eine Unbedenklichkeitsschwelle für diese Stoffe nicht angegeben werden kann. Es gibt keine gesetzlichen Grenzwerte, nach denen die gesundheitlichen Auswirkungen der Immissionskenngrößen (Jahresmittelwerte) kanzerogener Stoffe beurteilt werden können. Zur Abschätzung des Krebsrisikos wird auf die Methoden der quantitativen Risikoabschätzung zurückgegriffen. Hier wird mit Hilfe mathematischer Modelle von der Wirkung höherer Dosen, die aus Tierversuchen und/oder aus arbeitsmedizinisch-epidemiologischen Untersuchungen am Menschen bekannt sind, auf das Risiko niedriger Dosen, wie sie in der Umwelt vorkommen, geschlossen.

Die Bewertung beruht auf sogenannten „unit risk“ – Werten, die das geschätzte zusätzliche Risiko eines Menschen nach konstanter inhalativer Exposition über 70 Jahre gegenüber einer Konzentration von 1 µg Schadstoff pro m³ Luft beschreiben (Tabelle 32).

Auf Grundlage derartiger Risikoabschätzungen hat der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) Richtwerte (Zielwerte) zu entwickelt, um das Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen zu vermindern. Während das Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen in Ballungsgebieten derzeit auf 1:1000 geschätzt wird, beruhen die durch den LAI vorgeschlagenen Zielwerte auf der Überlegung, dass das Krebsrisiko, das durch die gesamte Luftbelastung durch bekannte krebserregende Stoffe entsteht, 1:2500 nicht überschreiten soll. 1:2500 bedeutet, dass bei 2500 Personen, die hypothetisch für 70 Jahre einer entsprechenden Exposition ausgesetzt sind, ein zusätzlicher Krebsfall zu erwarten ist. Von diesem Ziel, das Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen auf 1:2500 zu vermindern, wurden Richtwerte für die einzelnen Schadstoffe abgeleitet, für Benzol z.B. ein Richtwert von 2,5 µg/m³ (Jahresmittelwert).

Diese Ableitung beschreibt das Risiko einer Modellpopulation, die 70 Jahre lang gegenüber der jeweiligen mittleren Stoffkonzentration exponiert ist.

Tabelle 32: Unit Risk – Werte für in Kfz-Abgasen enthaltene kanzerogene Stoffe

Stoff	Unit risk (1/µg/ m ³)
Benzol	9 x 10 ⁻⁶
Cadmium	1,2 x 10 ⁻²
Dieselfuß	10 x 10 ⁻⁵
PAK (Benzo(a)pyren)	7 x 10 ⁻²

Quelle: Länderausschuss für Immissionsschutz (Hrsg): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen; Entwicklung von Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen. Düsseldorf: MURL (1992) 334 S.

Tabelle 33: Jahresmittelwerte von kanzerogenen Abgaskomponenten der verkehrsnahen Messstationen für das Jahr 2000 und der LAI-Zielwert

Messstationen /Einheit	Benzol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzo(a)pyren (ng/m^3)	Cadmium (ng/m^3)	Dieselfuß ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Aachen/Kaiserplatz	3,21	0,38	0,5	-
Düsseldorf/Corneliusstr.	5,65	-	-	6,5 ¹⁾
Düsseldorf/Mörsenbroich	6,04	0,44	0,7	6,2 ¹⁾
Essen/Ruhrallee	-	-	-	5,5 ¹⁾
Essen-Ost/Steelerstr.	3,98	0,72	0,7	-
LAI-Zielwert (Jahresmittelwert) bei einem Gesamtrisiko 1:2500	2,5	1,3	1,7	1,1

1) Immissionswert aus dem Jahr 1999

Quelle: Landesumweltamt NRW: <http://www.lua.nrw.de>

Ein Vergleich der Jahresmittelwerte der kanzerogenen Stoffe mit den LAI-Zielwerten (Tabelle 33) zeigt, dass die Jahresmittelwerte für Benzol an allen 4 verkehrsnahen Messstationen über dem LAI-Zielwert von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Für Ruß liegen ebenfalls alle Messwerte über dem LAI-Zielwert von $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Messwerte von Benzo(a)pyren und Cadmium blieben im Jahr 2000 an allen Verkehrsstationen unter den LAI-Zielwerten.

Das tatsächliche Risiko für einen einzelnen Stoff erhält man aus dem Produkt des unit risk-Wertes und der jeweiligen Konzentration (Jahresmittelwerte). Für den höchsten Wert für Benzol von $6,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Düsseldorf-Mörsenbroich würde diese Luftbelastung ein zusätzliches Risiko von 6 Krebsfällen/100.000 EW bedeuten. Für Dieselfuß liegt das geschätzte zusätzliche Risiko in Düsseldorf-Corneliusstr. bei einem Jahresmittelwert von $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 65 Krebsfällen/100.000 EW.

Für diese Schätzungen wurde eine lebenslange Exposition der angegebenen Luftkonzentrationen zugrundegelegt. Dies ist in der Regel jedoch nicht der Fall, da sich die Menschen durch Ortswechsel auch in Gebieten mit geringerer Luftbelastung aufhalten. Das tatsächliche Krebsrisiko durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe ist daher wahrscheinlich geringer.

6.2 Gesundheitliche Auswirkungen von Verkehrslärm

Die Bewertung von Schallereignissen ist in der Regel stark subjektiv geprägt und damit abhängig von der jeweiligen Einstellung zur vorhandenen Geräuschquelle, der augenblicklichen Befindlichkeit, den gesundheitlichen Befürchtungen, der gerade ausgeübten Tätigkeit, der Ruhephase oder Freizeitaktivität usw. Zur Einstufung der Lästigkeit oder Belastung durch den Lärm spielen neben den subjektiven Parametern u. a. auch folgende Einflussfaktoren eine Rolle:

- der Informationsgehalt des Geräusches
- die Zeit des Auftretens
- der zeitliche Verlauf
- der frequenzmäßige Verlauf
- die Impuls- und Tonhaltigkeit
- der Übertragungsweg
- die spezifische Quelle.

Neben den genannten Faktoren spielen die physische und psychische Konstitution der Betroffenen sowie das soziale Umfeld eine Rolle. Dabei ist die subjektive Bewertung von Geräuschen nicht unerheblich, wobei der Zeitpunkt als ein weiterer Faktor hineinspielen kann.

Geräusche können je nach Dauer und Intensität die Lebensbedingungen durch Belästigungen, Störungen oder Gesundheitsgefährdungen beeinträchtigen. Hierzu gehören u.a.:

- Störung der Kommunikation
- Verminderung der Konzentrationsfähigkeit
- Störung von Schlaf und Erholung
- Psychische Belastung, Stressreaktionen
- Negative Beeinflussung des vegetativen Nervensystems
- Risikoerhöhung für Herz-/Kreislaufkrankungen
- Beeinträchtigung bzw. Schädigung des Hörvermögens.

Ethisch vertretbare Laborversuche am Menschen tragen zum Verständnis der Wirkungsmechanismen von Lärmbelastungen bei und können individuelle Reaktionsschwellen von akuten Lärmbelastungen aufzeigen. Zu Langzeiteffekten bei chronischer Exposition, wie sie im Straßenverkehr üblich sind, erlauben diese Experimente nur bedingte Aussagen. Ebenso fragwürdig ist die Extrapolation epidemiologischer Studien zu Lärmbelastungen aus den Arbeitsbereich in den Umweltbereich, da sich sowohl die Schallintensität, die Einstellung zur Schallquelle als auch die Zeitstruktur des Arbeitslärm vom Umweltschall unterscheiden. So ist es durchaus möglich, dass ein Mittelungspegel von 85 dB(A) am Arbeitsplatz geringere körperliche Reaktionen hervorruft als 45 dB(A) während des Schlafens in der Wohnung. Die extraaurale Lärmwirkungsforschung muss daher für die Regulierung der Exposition unter Vorsorgegesichtspunkten die besondere Situation im Umweltbereich einbeziehen.

6.2.1 Belästigung durch Lärm

Zu den Hauptwirkungen des Umweltschalls und damit des Verkehrslärms zählen die Belästigungen. Sie werden vor allem durch die Störung der Kommunikation, der Erholung und Entspannung einschließlich des Nachtschlafes hervorgerufen und beeinträchtigen das Wohlbefinden. Belästigung durch Lärm kann bereits bei mittleren Schallpegeln auftreten und ist daher die häufigste Wirkung von Umweltschall. Nach Umfragen durch das Umweltbundesamt fühlen sich etwa 2/3 der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm belästigt. Die zweitwichtigste Quelle für Lärmbelästigung ist der Flugverkehr mit über 30 %, gefolgt von Schienenverkehr mit ca 20 %. Als erhebliche Belästigung im medizinischen Sinne wird im allgemeinen derjenige äquivalente Dauerschallpegel angesehen, bei dem sich 25 % der Befragten stark belästigt fühlen.

In vielen Untersuchungen ist nachgewiesen worden, dass unterschiedliche Schallquellen bei gleicher akustischer Intensität deutlich in den wahrgenommenen Belästigungen differieren. Mehrere Studien belegen eine deutlichere Belästigung durch Fluglärm, vor allem hinsichtlich Störungen der Kommunikation und der Erholung. Insbesondere die Anzahl der Flugbewegungen gehen in den Grad der Belästigung ein. Der Autobahnlärm wird belästigender erlebt als der Lärm von anderen Straßen. Der Schienenverkehr erweist sich in den meisten Untersuchungen im Vergleich mit Straßenverkehr als Lärmquelle mit insgesamt geringerer Belästigungswirkung.

Lärm löst in Abhängigkeit von der Tages-/Nachtzeit in unterschiedlichem Maße Reaktionen aus. Im allgemeinen sind bei Mittelungspegeln (L_m) innerhalb von Wohnungen, die nachts unter 25 dB(A) und tags unter 35 dB(A) liegen keine nennenswerten Beeinträchtigungen zu erwarten. Diese Bedingungen werden bei gekipptem Fenster noch erreicht, wenn die Außenpegel nachts unter 40 dB(A) und tags unter 50 dB(A) liegen. Lärmbedingte Schlafstörungen können weitgehend vermieden werden, wenn die Mittelungspegel im Schlafrum 30

dB(A) und die Einzelgeräusche 45 dB(A) nicht überschreiten. Tagsüber ist bei Mittelungspiegeln von über 55 dB(A) außerhalb des Hauses zunehmend mit Beeinträchtigungen des psychischen und sozialen Wohlbefindens zu rechnen.

Nächtliches Erwachen durch Lärm ist abhängig von der Art des Lärms, z.B. impulsartig oder gleichmäßig und von der individuellen Sensibilität auf Schallreize. In neuester Literatur werden für fluglärmbedingte Aufwachreaktionen Maximalpegel von 45 – 50 dB(A) angegeben. Ein vollständiger individueller Schutz ist auch durch die Begrenzung auf ein Maximalpegel von 45 dB(A) nicht gewährleistet. Ältere Publikationen berichteten, dass eine nächtliche Lärmbelastung dann die Gesundheit gefährdet, wenn in der Nacht sechs oder mehr Flugereignisse stattfinden, deren Maximalpegel im Schlafraum 60 dB(A) erreichen oder übersteigen.

6.2.2 Aurale Lärmwirkungen

Die Einwirkung von Lärm auf das Gehör kann je nach Dauer, Schallpegel und Impuls unterschiedliche Folgen nach sich ziehen. Die schwächste Form der Schallwirkung auf das Gehör ist eine vorübergehende Hörschwellenabwanderung. Sie tritt oberhalb von 80 dB(A) auf. Eine starke Schallbelastung von über 90 dB(A) kann zu einer Hörermüdung führen, die subjektiv als Vertäubung erlebt wird. Bei ausreichender Ruhezeit ist die Hörminderung wieder rückbildungsfähig. Bei extrem hohen Schalldruckpegeln können irreparable Hörschäden schon durch einzelne Schallereignisse verursacht werden. Extrem hohe Schalleinzelpegel können im Flugverkehr bei Tiefflügen auftreten. Üblicherweise liegen die Schallbelastungen im Umweltbereich aber unter 85 dB(A). Die Lärmemissionsrichtwerte für die Mittelungspegel liegen sowohl für den Straßen- und Schienenverkehr als auch für den Flugverkehr für die verschiedenen Wohngebiete unter 70 dB(A) (siehe Kap. Lärmschutzmaßnahmen). Die gehörbezogenen Lärmwirkungen spielen beim Verkehrslärm daher keine bzw. eine untergeordnete Rolle.

6.2.3 Extraaurale Lärmwirkungen

Lärm ist ein Risikofaktor, der neben Schädigungen des Gehörs insbesondere im mittleren Lärmpegelbereich psychologische und physiologische Auswirkungen auf den gesamten Organismus haben kann. Diese Wirkungen von Lärm außerhalb des auditorischen Systems werden als extraaurale Lärmwirkungen bezeichnet. Das vegetative Nervensystem wird direkt oder indirekt über zentralnervöse Strukturen erregt und beeinflusst dann eine Reihe von vegetativen Funktionen, z. B.

- Erhöhte Konzentrationen der Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol in Körperflüssigkeiten
- Steigerungen von Herzfrequenz, Blutdruck, Atmungsfrequenz, Schweißsekretion
- Vergrößerung der Pupillenfläche
- Erhöhung der Muskelspannung
- Verringerungen der peripheren Durchblutung und des Hautwiderstandes.

Die Stresshormone beeinflussen verschiedene Stoffwechselforgänge und die Regelung lebenswichtiger Körperfunktionen, z.B. von Blutdruck, Herzrhythmus, Blutzucker (Cholesterin, Triglyzeride, freie Fettsäuren), Blutzuckerspiegel und hämostatische Faktoren, die die Fließeigenschaften des Blutes beeinflussen. Viele dieser Wirkungsfaktoren sind in der medizinischen Forschung als Risikofaktoren für Herz-Kreislauferkrankungen nachgewiesen. So wirkt Adrenalin vor allem auf das Herz, während Noradrenalin vor allem den peripheren Gefäßwiderstand steigert und so den arteriellen Blutdruck erhöht. Die Folgen langfristiger Cortisolwerte oberhalb des Normwerts sind u. a. Cholesterinspiegelerhöhungen, Arteriosklerose und Beeinträchtigungen des Immunsystems. Aus dem Zusammenhang der erhöhten Kon-

zentration an Stresshormonen und dem daraus resultierenden Gesundheitsrisiko leitet sich die Hypothese ab, dass chronische Lärmbelastung das Risiko für Bluthochdruck und ischämische Herzkrankheiten einschließlich Herzinfarkt erhöht.

Damit ergeben sich drei Wirkungsebenen auf denen Zusammenhänge zwischen Lärm und gesundheitlichen Effekten mit epidemiologischen Methoden untersucht werden können:

- **Stressindikatoren**, z.B. Stresshormone, besitzen zunächst keine unmittelbare klinische Relevanz. Sie stehen aber in der Wirkungskette an vorderster Stelle und eignen sich für die Untersuchung von Wirkungsmechanismen.
- **Risikofaktoren**, z.B. erhöhten Blutdruck, erhöhten Blutfettwerten, hämostatischen Faktoren, wird eine unmittelbare gesundheitliche Bedeutung beigemessen
- Die **manifest gewordene Krankheit als Wirkungsendpunkt** erlaubt eine Risiko-Quantifizierung direkt auf der Grundlage der gewonnenen Daten. Für den statistisch gesicherten Nachweis von Gesundheitseffekten bedarf es in der epidemiologischen Lärmwirkungsforschung jedoch einer großen Untersuchungsstichprobe, da gerade bei der Entstehung der betreffenden Erkrankungen viele Verursachungsfaktoren aus unterschiedlichen Bereichen zusammenwirken können.

Stressindikatoren

Nach dem Lärm-Stress-Modell kommt es bei einer gesteigerten Lärmbelastung vom gewohnten Lärm über ungewohnten Lärm bis zur extremen Lärmbelastung, zunächst zu einer Freisetzung von Noradrenalin, dann zur Freisetzung von Adrenalin und schließlich zur Freisetzung von Cortisol (=Hydrocortison) in den Blutkreislauf.

Im Handbuch für Umweltmedizin, 22. Erg. Lfg.7/01, (Hrsg. Wichmann-Schlipköter-Fülgraff) sind neuere Studien zu lärmbedingten Stresshormonerhöhungen zusammengestellt. Untersucht wurden in diesen Studien u.a. Stresshormonerhöhungen durch Tieffluglärm, Straßenverkehrslärm, durch Lärmbelastungen während des Schlafes, durch gewohnte / ungewohnte Lärmbelastungen sowie durch plötzliche, unerwartete Schallereignisse. Die Ergebnisse der Studien zeigen überwiegend verkehrslärmbedingte Stresshormonerhöhungen.

- Mehrere Studien zur Tieffluglärmbelastung zeigten signifikant erhöhte Adrenalin-, Noradrenalin- und Cortisol-Ausscheidungen. Langfristige Nachtlärmexposition kann bei stressempfindlichen Menschen zu chronisch erhöhten Cortisolwerten führen.
- Drei von vier Straßenlärmstudien zeigten signifikante Zusammenhänge zwischen chronischer Lärmbelastung und Stresshormonerhöhungen.
- Im Rahmen eines Projektes „Verkehr und Gesundheit im Ballungsraum Berlin“ wurde bei 200 Frauen, die in ihren Wohnungen unterschiedlich lärmexponiert waren, die nächtliche Katecholaminausscheidung gemessen. Frauen aus Wohnungen von stärker verkehrsbelasteten Straßen (DTV >20.000 Kfz/Tag) hatten eine signifikant höhere Noradrenalin-Ausscheidung als die vergleichsweise leise wohnenden (DTV <14.000 Kfz/Tag).

Aus den Studien wird zusammenfassend der Schluss gezogen, dass jahrelange Lärmbelastungen zu chronischen Beeinträchtigungen der Stresshormonregulation führen kann.

Lärmbelastung und Herz-/ Kreislaferkrankungen

Durch lärmbedingte Stressreaktionen werden Stoffwechselfvorgänge und die Regelung lebenswichtiger Körperfunktionen wie Blutdruck, Herzrätigkeit, Blutfett und hämostatischer Faktoren beeinflusst. Da es sich bei diesen Elementen um klassische endogene Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Krankheiten handelt, wird Lärm als exogener Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Krankheiten angesehen.

Die Annahme, Umweltlärm begünstige das Hypertonie-Risiko, konnte durch neuere Studien nicht bestätigt werden. Erst bei sehr hohen Schallbelastungen, wie sie in der Umwelt in der Regel nicht vorkommen, sind dauerhafte Blutdruckerhöhungen anzunehmen

Studien über den Zusammenhang von Lärm und biochemischen Veränderungen im Blut bei etablierten Herz-Kreislauf-Risikofaktoren wurden überwiegend zum Thema „Lärm am Ar-

beitsplatz“ durchgeführt. Es gibt dagegen nur wenige epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und kardiovaskulären Wirkungsendpunkten. Im „Sondergutachten Umwelt und Gesundheit“ (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen Hrsg., 1999) sind die folgenden Studien zur Lärmbelastung durch Straßenverkehr und ischämischen Herzkrankheiten zusammengefasst.

In zwei repräsentativen Kohortenstudien in Großbritannien konnte der Zusammenhang zwischen dem Straßenverkehrslärmpegel vor der Wohnung und der Prävalenz und Inzidenz ischämischer Herzkrankheiten bei 2512 Männern (in Caerphilly) bzw. 2348 Männern (in Speedwell) untersucht werden. Bei einer Straßenverkehrslärmbelastung mit mittleren Pegeln (außen, 6 - 22 Uhr) von 66 bis 70 dB(A) gegenüber 51 bis 55 dB(A) wurde eine statistisch nicht abgesicherte Risikoerhöhung für Herzinfarkt um 10 % gefunden. Bei Berücksichtigung der Wohnungen mit Fenstern zu lauten Straßen und des Fensteröffnungsverhaltens stieg das Risiko auf 20 - 30 % an, ohne statistisch signifikant zu sein.

In der Berliner Verkehrslärmstudie begann der verkehrsbedingte Anstieg der Herzinfarkt-Inzidenz bei mittleren Außenpegeln am Tage von 71 - 75 dB(A) mit 10 % und erreichte 50 % bei 76 - 80 dB(A). Diese Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant. Bei der Betrachtung lediglich der Personen ohne Wohnungswechsel innerhalb der vergangenen Jahre ergaben sich Anstiege der Herzinfarkt-Inzidenzen um 20 % bei Lärmpegeln (außen) im Bereich zwischen 71 und 85 dB(A) und von 70 % im Bereich zwischen 76 bis 80 dB(A). Bei Kombinationen dieser Lärmkategorien ergab sich für Mittelungspegel über 70 dB(A) ein Anstieg der Inzidenz von 30 %. Dieses Ergebnis war statistisch an der Grenze zur Signifikanz. Auf der Grundlage dieser Daten wurde abgeschätzt, dass bei Zutreffen der Verkehrslärmhypothese etwa 1 - 3 % aller Herzinfarkte (entsprechend 1.000 bis 3.000 Todesfällen jährlich) dem Verkehrslärm zuzuschreiben sind.

Obwohl die Ergebnisse der einzelnen Studien zur Lärmbelastung statistisch zumeist nicht signifikant sind, lassen sich relativ einheitliche Trends erkennen. Befunde aus mehreren Studien werden so interpretiert, dass das relative Risiko für ischämische Herzkrankheiten bei Personen aus Wohngebieten mit Verkehrslärm-Immissionspegeln von tagsüber mehr als 65 dB(A) leicht erhöht ist, und zwar in einer Größenordnung von ca. 20 - 30 %. Als mögliche Schwelle für den Nachweis gesundheitlicher Effekte durch Straßenverkehrslärm deutet damit ein Tages-Mittelungspegel von 65 - 70 dB(A). Ein aus epidemiologischen Studien abgeleitetes Gesundheitsqualitätsziel für Straßenverkehrslärm außerhalb von Wohnungen wird in der Literatur mit 65 dB(A) am Tage und 55 dB(A) in der Nacht angegeben.

Einige Studienergebnisse lassen vermuten, dass die nächtliche Lärmbelastung und die damit verbundenen Schlafstörungen einen engeren Zusammenhang mit den Herz-Kreislauf-Wirkungen zeigen als die Lärmbelastung am Tage. Von besonderer gesundheitlicher Bedeutung ist neben dem Lärmmittelungspegel der Maximalpegel einzelner Schallereignisse. Schallereignisse mit einzelnen hohen Maximalpegeln können durch Flugzeuge, Motorräder und auch Lkws auftreten.

Während der Straßenverkehrslärm im Wohnbereich zur Straße wesentlich größer ist als im Wohnbereich auf der anderen Seite des Hauses, wirkt der Fluglärm auf alle Seiten eines Gebäudes ein. Auf Grund fehlender Ausweichmöglichkeiten innerhalb einer Wohnung kann angenommen werden, dass es beim Fluglärm zu höheren Belästigungsreaktionen kommt als durch den Straßenverkehr.

In einer Fluglärmstudie des Umweltbundesamtes ergaben sich folgende Schwellenbereiche für den Fluglärm:

- Bei Fluglärmbelastungen von 55 dB(A) tags und 45 dB(A) nachts werden die Grenzen zu erheblichen Belästigungen erreicht.
- Bei Fluglärmbelastungen von 60 dB(A) tags und 50 dB(A) nachts sind aus präventivmedizinischer Sicht Gesundheitsbeeinträchtigungen zu befürchten.

- Bei Fluglärmbelastungen oberhalb von 65 dB(A) tags und 55 dB(A) nachts sind Gesundheitsbeeinträchtigungen in Form von Herz-Kreislaufkrankungen zu erwarten.

Aus diesen Schwellenbereichen leitet sich die Empfehlung ab, dass ab Fluglärmbelastungen oberhalb von 55 dB(A) tags und 45 dB(A) nachts auf einen ausreichenden baulichen Schallschutz, etwa durch geeignete Schallschutzfenster, geachtet werden muss.

Tabelle 34 zeigt eine quantitative Risikobetrachtung lärmbedingter Infarkt Risiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken. Danach käme den lärmbedingten Infarkt Risiken eine ähnliche Bedeutung zu wie den Radonbelastungen in Innenräumen und dem Passivrauchen.

Tabelle 34: Lärmbedingte Infarkt Risiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken

Exposition	Wirkung	Lebenszeitrisiko (70 Jahre exponiert)*)	Anteil der exponierten Bevölkerung
Lärm > 65 dB(A) am Tag	Herzinfarkt	20 : 1000	15,8
Lärm > 75 dB(A) am Tag	Herzinfarkt	70 : 1000	1,5
Radon/Innenraum > 50 Bq/m ³	Lungenkrebs	5 : 1000	40,0
Radon/Innenraum > 250 Bq/m ³	Lungenkrebs	25 : 1000	1,8
Passivrauchen (Lebenspartner)	Lungenkrebs	1,8 : 1000	22,4
Passivrauchen (Lebenspartner)	Herzinfarkt	14 : 1000	22,4
Dieselruß/Außenluft > 20 µg/ m ³	Lungenkrebs	1,4 : 1000	Nahbereich Kfz-Verkehr

*) Das Lebenszeitrisiko bedeutet, dass von 1000 exponierten Personen (> 70 Jahre exponiert) x Personen an einem entsprechenden Gesundheitseffekt erkranken. Beispiel: bei einer Exposition von Lärm > 65 dB(A) über 70 Jahre besteht das Risiko, dass 20 von 1000 Exponierten einen Herzinfarkt erleiden.

Quelle: Boikat, U. et al. Lärmbedingte Infarkt Risiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken Umweltmedizin in Forschung und Praxis 3 (1998) Nr. 4, S. 217

Lärmbelastung bei Kindern

Die Kenntnisse über die Einflüsse von Verkehrslärm auf Kinder sind lückenhaft, so dass noch ein erheblicher Forschungsbedarf auf diesem Gebiet besteht. Die Lärmwirkung auf das kardiovaskuläre System von Kindern wurde in mehreren Studien untersucht und im „Umweltmedizinischer Informationsdienst 3/2000“ <http://www.umweltbundesamt.de> zusammengefasst.

Kardiovaskuläre Parameter von Kindern reagieren schnell auf Lärm, bilden sich aber auch schnell wieder zurück. Beobachtete Blutdruckerhöhungen waren nicht gesundheitsgefährdend. In einer Münchener Fluglärmstudie wurden Kinder im Alter von 8 – 11 Jahren untersucht. Die Studie zeigte deutliche Erhöhungen der Katecholamine, während die Veränderungen im Cortisolspiegel nicht signifikant waren.

Tieffluglärm löst insbesondere bei jüngeren Kindern Stressreaktionen aus, die Ausdruck kurzfristiger psycho-physiologischer Aktivierung sind. Auch stressbedingte Veränderungen, die im Zusammenhang mit Angstzuständen auftreten, wurden festgestellt. Ängstliche Kinder haben ein besonders hohes Aktivierungsniveau bei Tiefflügen. Das hohe Aktivierungsniveau

äußert sich auch in vegetativen Funktionen wie Herzfrequenz, Blutdruckverhalten und Hautleitwerten.

Zu Schlafstörungen von Kindern durch Lärm liegen nur wenige Studien vor. Eine schwedische Feldstudie zeigte, dass Verkehrslärm auf den Nachtschlaf von Kindern weniger Auswirkungen hat als auf den Schlaf von Erwachsenen. Zu beachten sind aber die früheren Zubettgehzeiten der Kinder. Die Immissionsgrenzwerte für den Tag liegen weit über dem Schwellenwert für Schlafstörungen.

6.3 Verletzungen und Todesfälle durch Verkehrsunfälle

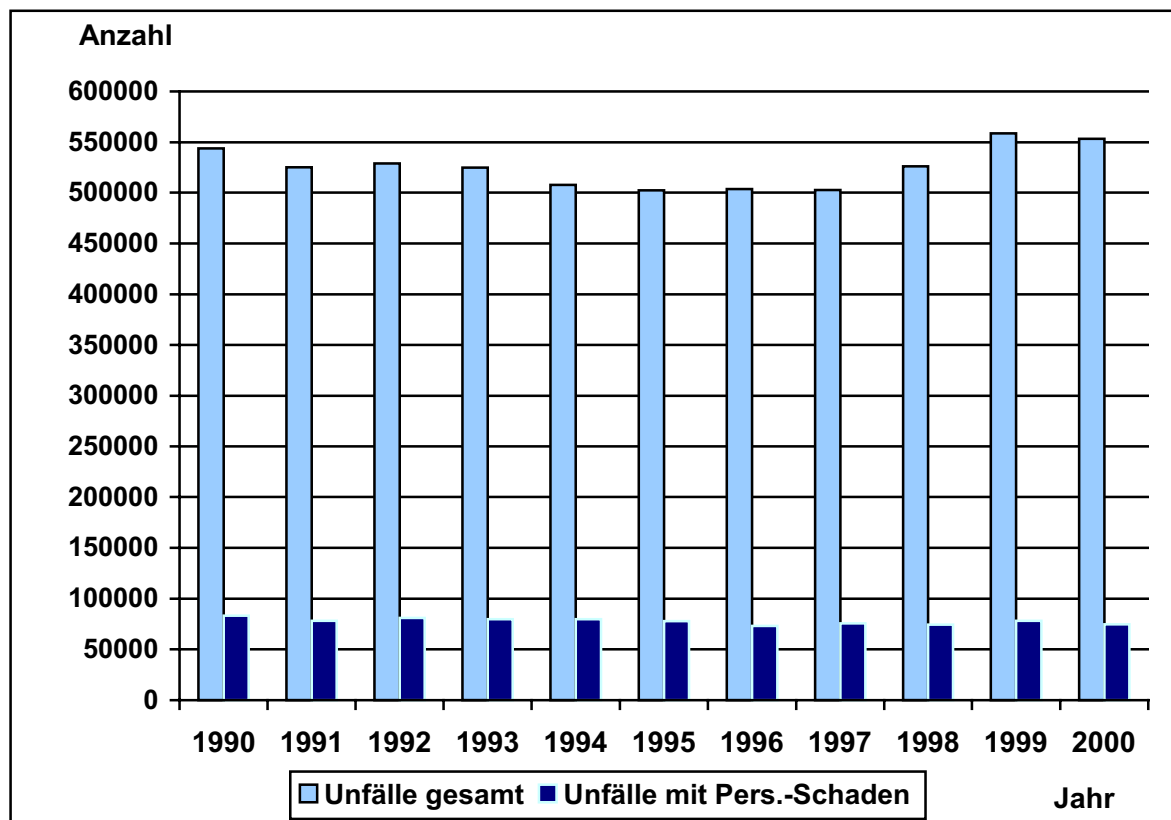
Das Verkehrsunfallgeschehen wird unabhängig von den individuellen Ursachen der einzelnen Unfälle geprägt durch eine Reihe weiterer Rahmenbedingungen wie

- gestiegene Zahl der Kraftfahrzeuge,
- höhere Fahrleistungen der einzelnen Kraftfahrzeuge,
- stellenweise überlastetes Straßennetz,
- Art und technischer Zustand der Fahrzeuge und Straßen,
- zunehmende Entfernung zwischen Wohnung und Arbeitsstätte,
- Trend zu höheren Hubraumklassen in Verbindung mit dem daraus resultierenden größeren Geschwindigkeitspotential der Fahrzeuge.

In Nordrhein-Westfalen ereigneten sich in den letzten 10 Jahren jährlich zwischen 500.000 und 560.000 Straßenverkehrsunfälle. Bei durchschnittlich 78.000 Unfällen wurden Personen verletzt. Bei den Unfällen mit Personenschäden verunglückten in den letzten 10 Jahren jährlich zwischen 95.000 und 108.000 Personen. Davon verunglückten zwischen 1.000 und 1.500 Personen tödlich. 20.000 bis 26.000 Personen wurden schwer verletzt, und 73.000 bis 80.000 erlitten leichte Verletzungen.

Die Zahl der Straßenverkehrsunfälle zeigt von 1990 bis 1997 fallende Tendenz. 1998 und 1999 stieg die Zahl der Unfälle wieder an. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden variierten in den letzten 10 Jahren. Von 1990 bis 2000 konnten die Verkehrsunfälle mit Personenschäden aber um 10 % gesenkt werden (Abb. 25).

Abb 25: Straßenverkehrsunfälle gesamt und mit Personenschaden in Nordrhein-Westfalen, 1990 – 2000

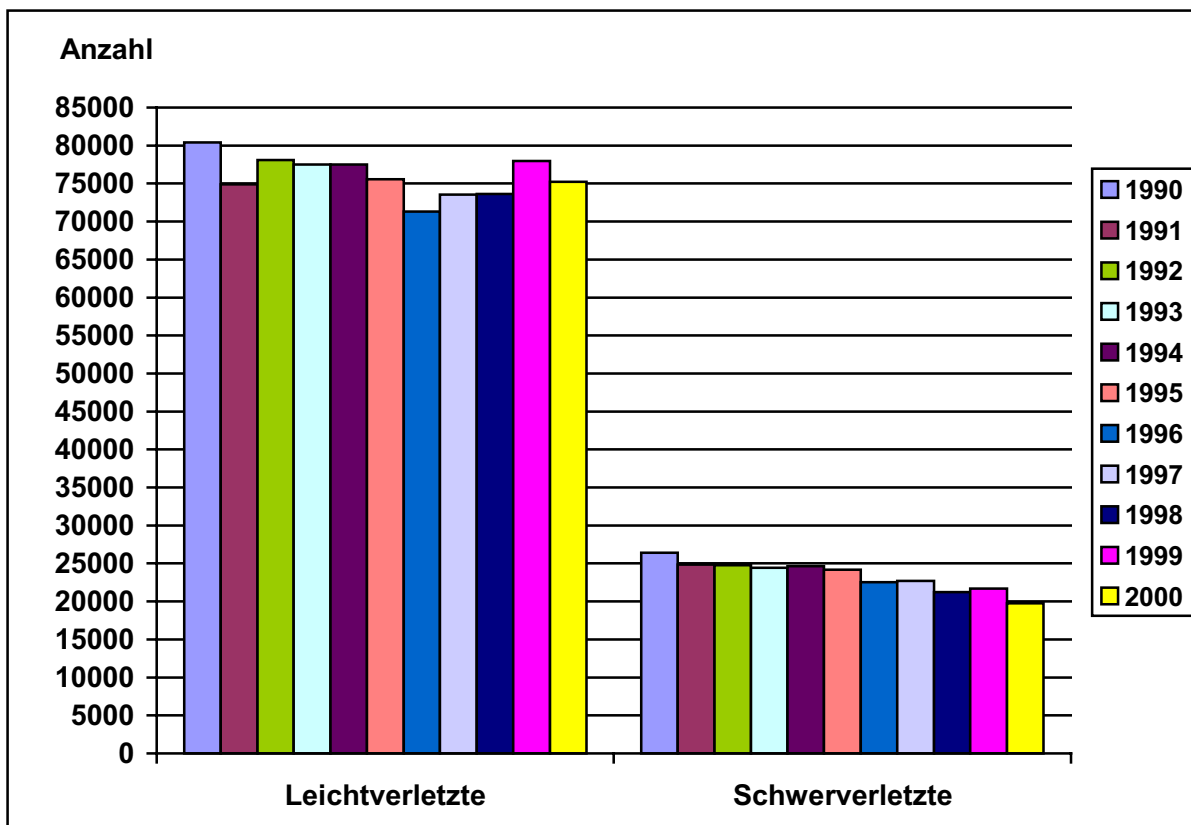


Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Die Anzahl der bei den Verkehrsunfällen Leichtverletzten variierte in den letzten 10 Jahren. Der Trend der Schwerverletzten und Getöteten ging in diesem Zeitraum gleichmäßiger zurück. Insgesamt zeigte die Zahl der leicht-, schwer- und tödlich verletzten Personen von 1990 - 2000 eine sinkende Tendenz (Abb. 26 - 27). Prozentual verringerte sich von 1990 – 2000 die Anzahl der Leichtverletzten um 6,5 % (von 80.407 auf 75.230), der Schwerverletzten um 25,2 % (von 26.400 auf 19.750) und der tödlich Verletzten um 30 % (von 1.520 auf 1.067).

Die prozentuale Veränderung des Unfallgeschehens in NRW zeigt, dass insbesondere die Anzahl der getöteten und schwerverletzten Personen am deutlichsten zurückgegangen ist. Konkrete Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Unfallschutzmaßnahmen und Rückgang der Verletzten liegen nicht vor. Mögliche Ursachen des Rückgang, insbesondere die Anzahl der getöteten Personen, liegen in der verbesserten technischen und auf Sicherheit bedachten Ausstattung der Fahrzeuge.

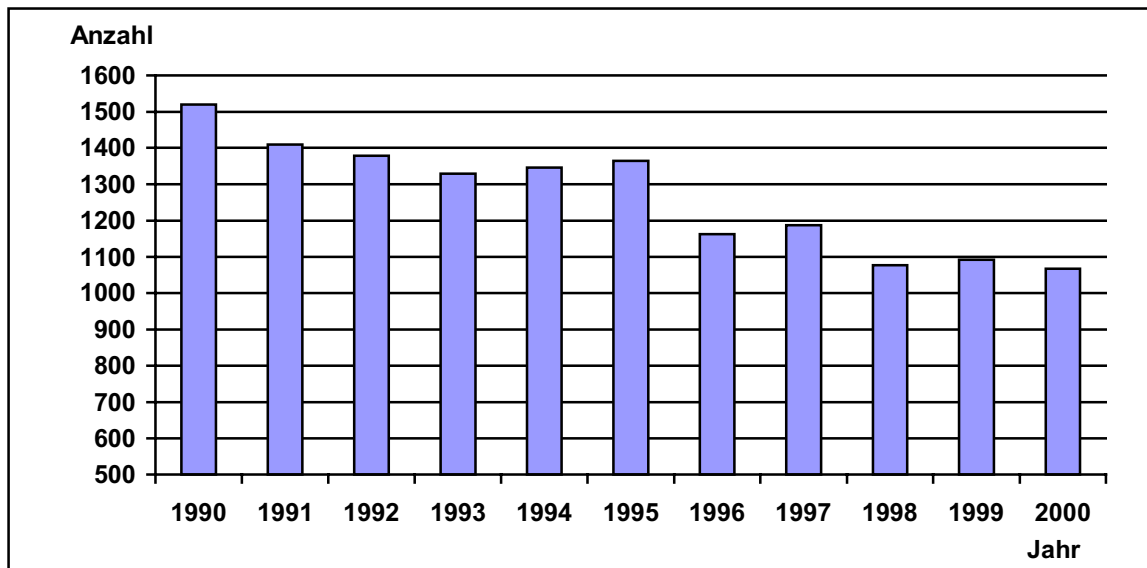
Abb. 26: Durch Straßenverkehrsunfälle verletzte Personen in NRW, 1990 - 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Für die Beurteilung der Entwicklung der Unfallhäufigkeit und der Unfallschwere eignet sich u.a. als Bezugsgröße die Fahrleistung. Die Fahrleistung gibt die zurückgelegte Strecke in Kilometer der Verkehrsmittel in einem bestimmten Zeitraum an. Sie kann sich wahlweise auf bestimmte Straßen oder auf alle Straßen beziehen. Die Unfallhäufigkeit wird hier in Anzahl der Unfälle pro 1 Mrd. Kfz-km angegeben. Diese Zahl verdeutlicht die Entwicklung des Unfallgeschehens korrekter als Unfallzahlen pro km Straßenlänge oder pro Anzahl von Kraftfahrzeugen.

Abb. 27: Durch Straßenverkehrsunfälle tödlich Verletzte in NRW, 1990 - 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Abbildung 28 zeigt die fahrleistungsbezogenen prozentualen Veränderungen der Unfälle insgesamt, der Unfälle mit Personenschaden, der bei Unfällen getöteten Personen, der schwerverletzten Personen und der leichtverletzten Personen. Für das Jahr 1990 sind alle Werte auf 100 gesetzt. Die prozentualen Veränderungen wurden errechnet aus den Fahrleistungen auf den Straßen des überörtlichen Verkehrs und der Gesamtzahl der Unfälle auf allen Straßen. Die Fahrleistungen für das gesamte Straßennetz standen nicht zur Verfügung. Die prozentualen Veränderungen sind daher nur als voraussichtliche Trendangaben zu betrachten. Sie zeigen, dass trotz zunehmender Fahrleistung zwischen 1990 und 1998 die Unfallziffern pro Mrd. Kfz-km gesunken sind.

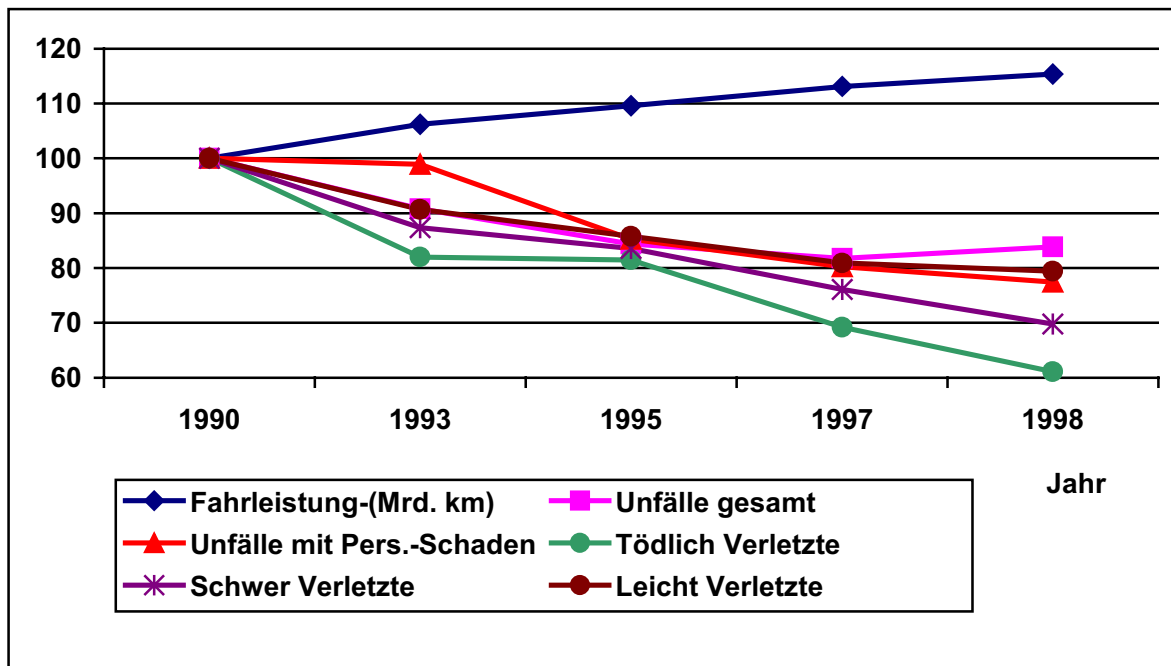
Das Unfallgeschehen bezogen auf die Fahrleistung (Unfälle pro 1 Mrd. Kfz-km) zeigt von 1990 - 1998 einen Rückgang

- bei Unfällen insgesamt von 16,1 %
- bei Unfällen mit Pers.-Schaden von 22,6 %
- bei tödlich Verletzten von 38,9 %
- bei Schwerverletzten von 30,2 %
- bei Leichtverletzten von 20,6 %.

Abb. 28: Prozentuale Veränderung des fahrleistungsbezogenen Unfallgeschehens in NRW, 1990 – 1998

Fahrleistung: auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Mrd. Kfz-km
 Unfälle: auf allen Straßen

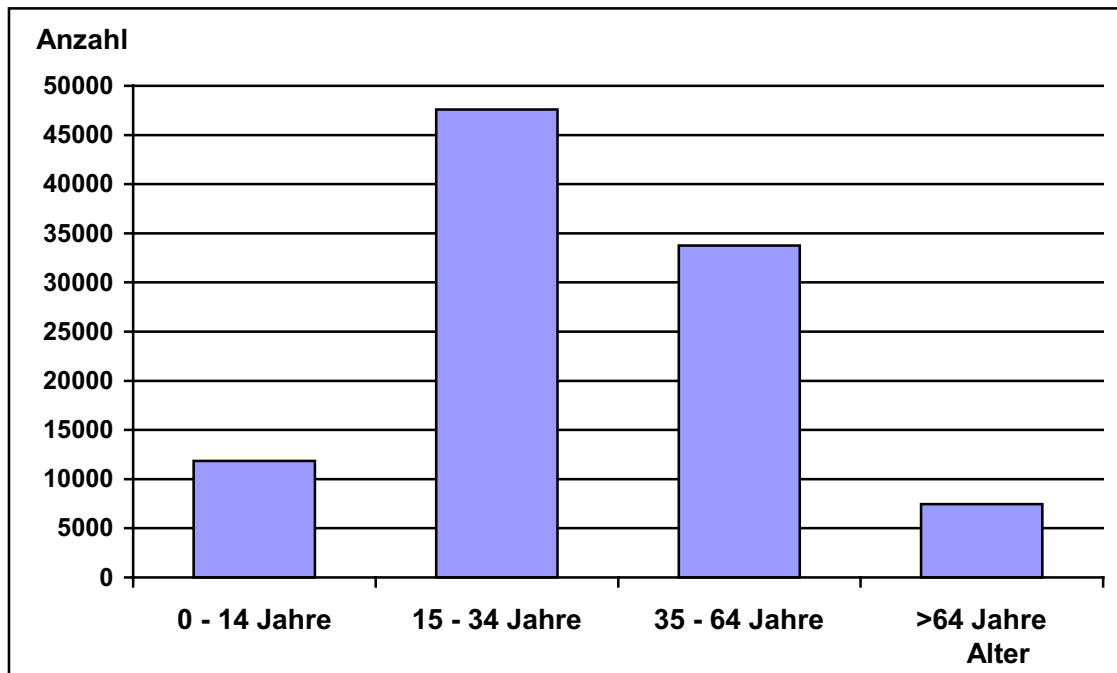
Indexwerte: 1990 = 100



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

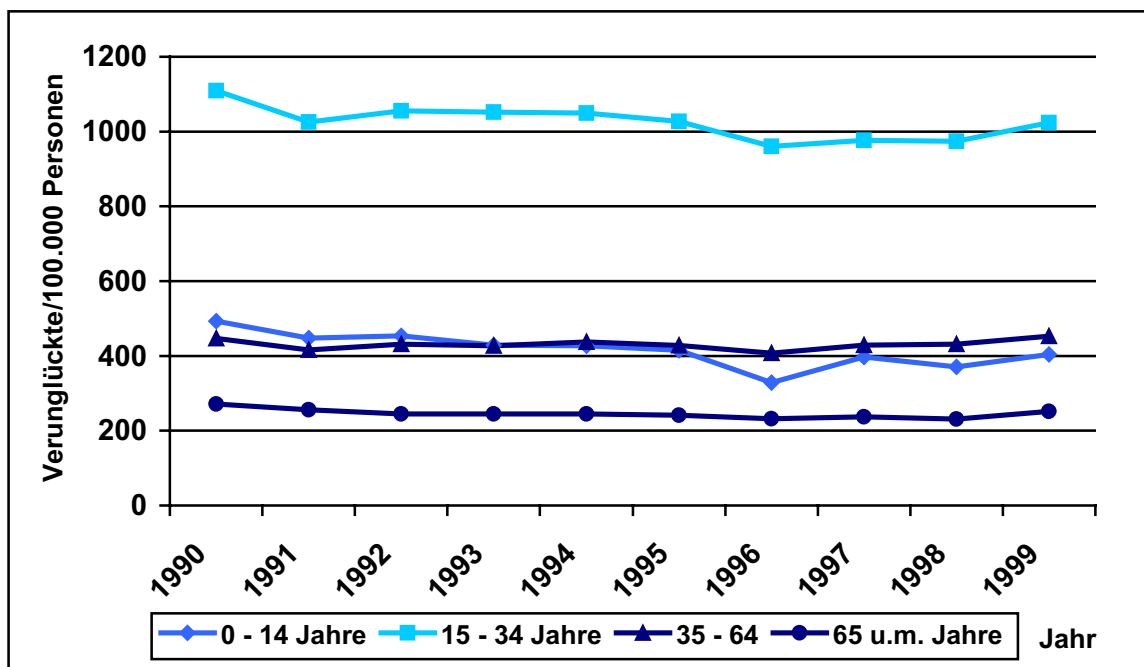
Die Anzahl der im Straßenverkehr verunglückten Personen sind für das Jahr 1999 nach Altersgruppen in Abb. 29 dargestellt. In der Altersgruppe 15 - 34 Jahre ist die Anzahl der Verunglückten besonders hoch. Die Umrechnung der Verunglückten pro 100.000 Personen der jeweiligen Altersgruppe zeigt für die Altersgruppe 15 – 34 Jahre mit ca. 1.000 Verunglückten/100.000 dieser Altersgruppe mehr als doppelt so hohe Zahlen wie in den anderen Altersgruppen (s. Abb. 30). Es folgen die Gruppen 35 - 64 Jahre und 0 - 14 Jahre mit ca. 425 Verunglückten je 100.000 Personen dieser Gruppen. In der Gruppe 65 Jahre und älter verunglückten ca. 240 Personen je 100.000 Personen dieser Altersgruppe.

Abb. 29: Anzahl der im Straßenverkehr verunglückten Personen nach Altersgruppen im Jahr 1999



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

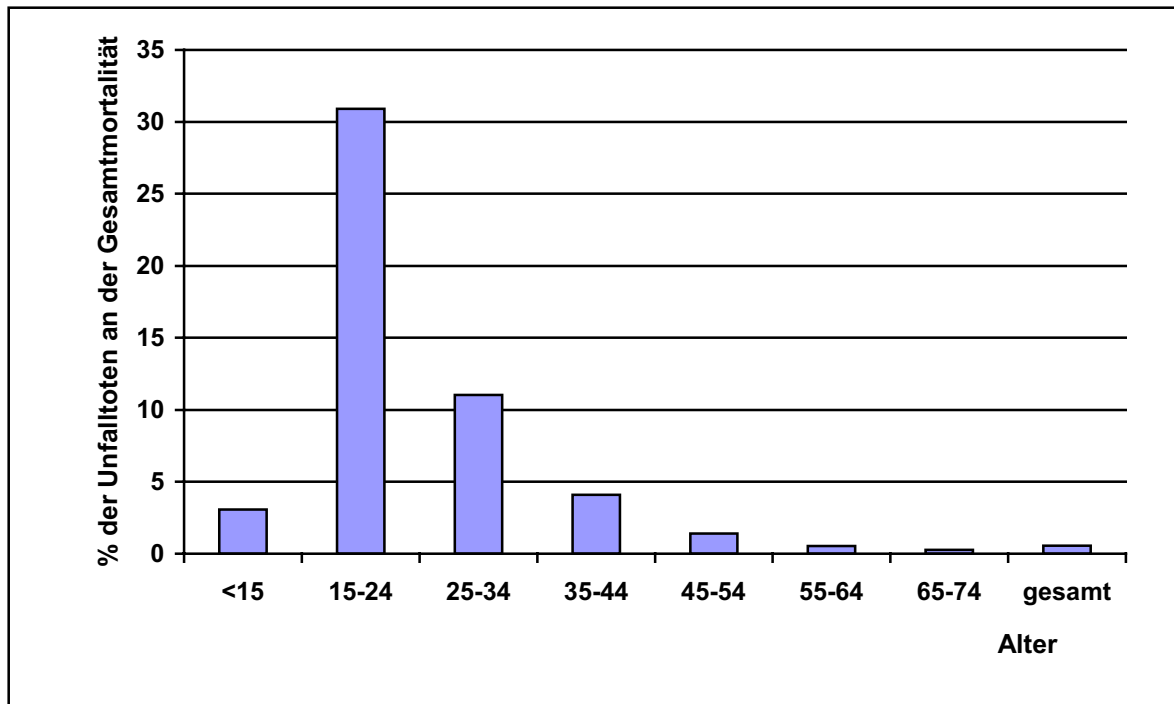
Abb. 30: Verunglückte Personen nach Altersgruppen je 100.000 Personen der jeweiligen Altersgruppe, 1990 - 1999



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Der Unfalltod im Straßenverkehr ist die häufigste Todesursache für Jugendliche und junge Erwachsene. Während im Jahr 2000 nur 0,56 % aller in Nordrhein-Westfalen verstorbenen Menschen infolge eines Straßenverkehrsunfalles starben, war ein solcher Unfall die Ursache für 31 % aller Todesfälle in der Altersgruppe 15 – 24 Jahre. Danach folgt in der Häufigkeit die Altersgruppe 25 – 34 Jahre mit einem Anteil von 11 %. Abbildung 31 zeigt den Anteil der tödlich Verletzten Personen an der Gesamtmortalität in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2000.

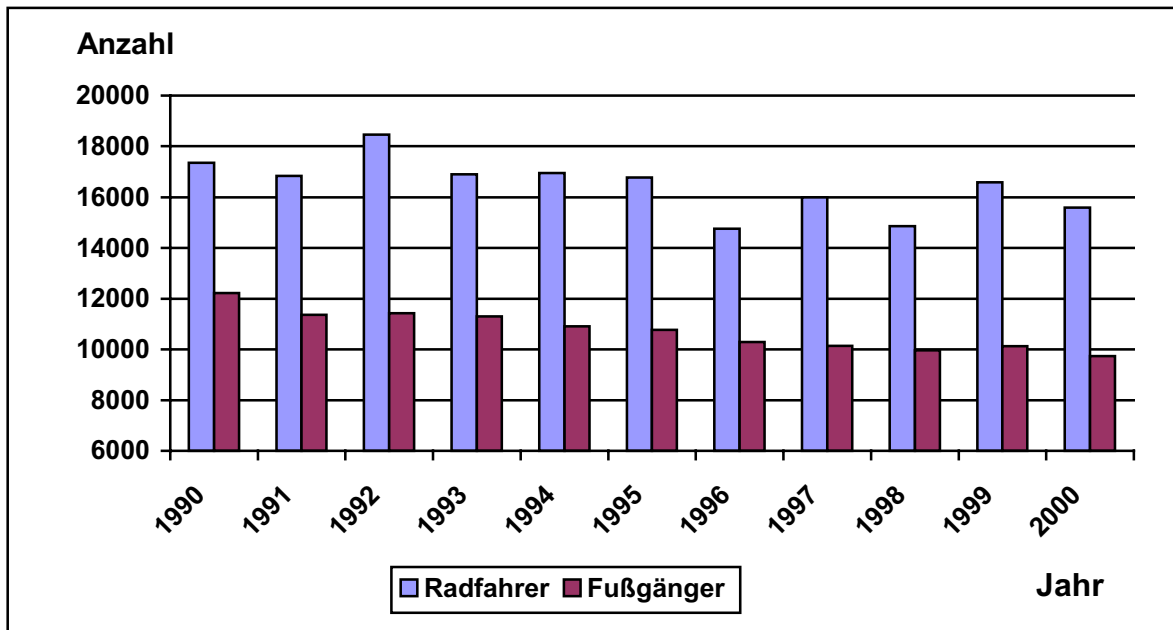
Abb. 31: Anteil der durch Verkehrsunfälle Getöteten an der Gesamtmortalität im Jahr 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Die folgenden Abbildungen 32 – 35 zeigen die verunglückten, getöteten und verletzten Radfahrer und Fußgänger in NRW von 1990 – 2000. Die Zahl der im Straßenverkehr verunglückten (verletzten und getöteten) Radfahrer reduzierte sich in Nordrhein-Westfalen von 17.365 im Jahr 1.990 auf 15.593 im Jahr 2000 um ca. 11 %. Wie Abbildung 32 zeigt, ist die Anzahl der verunglückten Radfahrer in diesem Zeitraum schwankend. Bei den verunglückten Fußgängern ist ein abnehmender Trend erkennbar. Die Zahl der verunglückten Fußgänger reduzierte sich von 12.220 im Jahr 1990 auf 9.735 im Jahr 2000 um ca. 20 %.

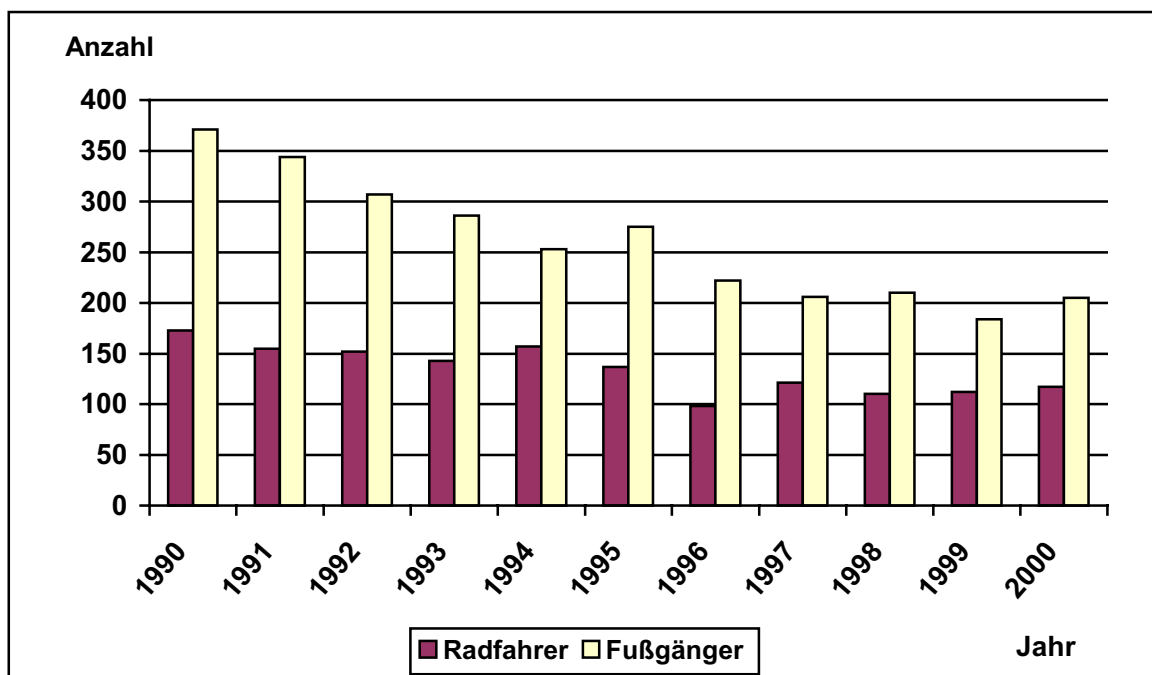
Abb. 32: Im Straßenverkehr verunglückte Fahrradfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 – 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

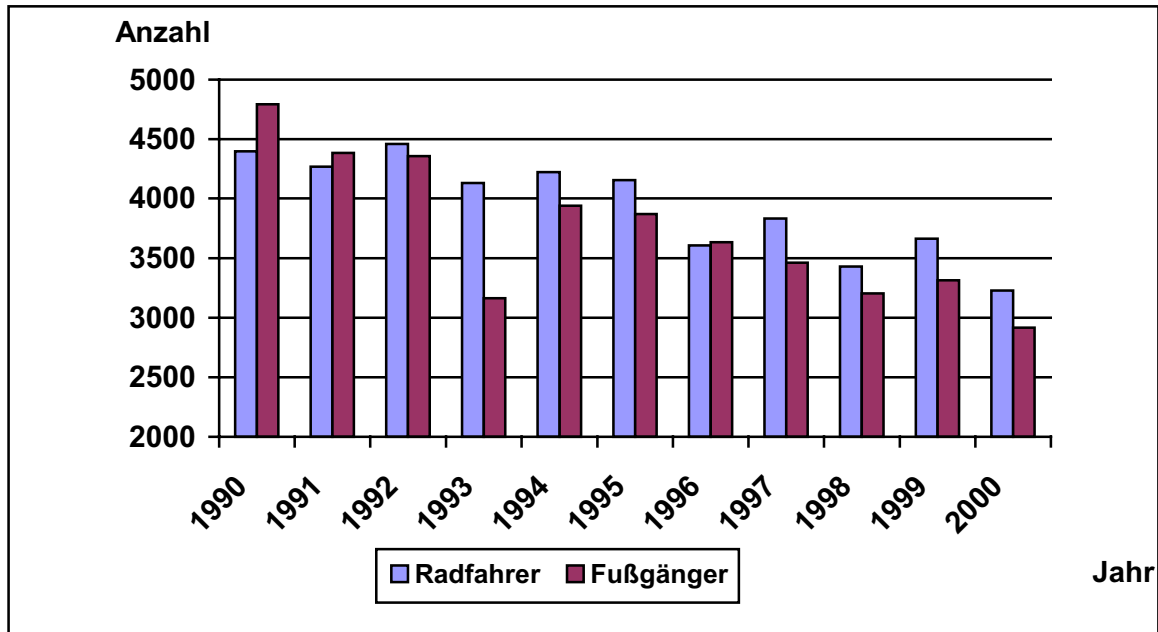
Die Zahl der tödlichen Verletzungen ist bei den Fußgängern im Durchschnitt doppelt so hoch wie bei den Radfahrern (Abb. 33). Für beide Gruppen ist hier ein abnehmender Trend erkennbar. Im Jahr 2000 starben 117 Radfahrer und 205 Fußgänger bei Verkehrsunfällen. Die Zahl der tödlich verletzten Radfahrer sank von 1990 – 2000 von 173 auf 117 um ca. 33 %. Für die Zahl der tödlich verletzten Fußgänger konnte in diesem Zeitraum ein Rückgang von 371 auf 205 um ca. 45 % beobachtet werden.

Abb. 33: Im Straßenverkehr tödlich verletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 – 2000



Im Jahr 2000 wurden in NRW bei Straßenverkehrsunfällen 3.228 Radfahrer und 2.915 Fußgänger schwer verletzt. Die Zahl der schwer verletzten Radfahrer sank von 1990 – 2000 von 4.399 auf 3.228 um ca. 27 %. Für die schwer verletzten Fußgänger konnte in diesem Zeitraum ein Rückgang von 4.792 auf 2.915 um ca. 39 % festgestellt werden (Abb. 34). Die jährlichen Zahlen zwischen den schwer verletzten Radfahrern und Fußgängern zeigen nicht die hohen prozentualen Unterschiede wie in der Statistik der tödlich Verletzten.

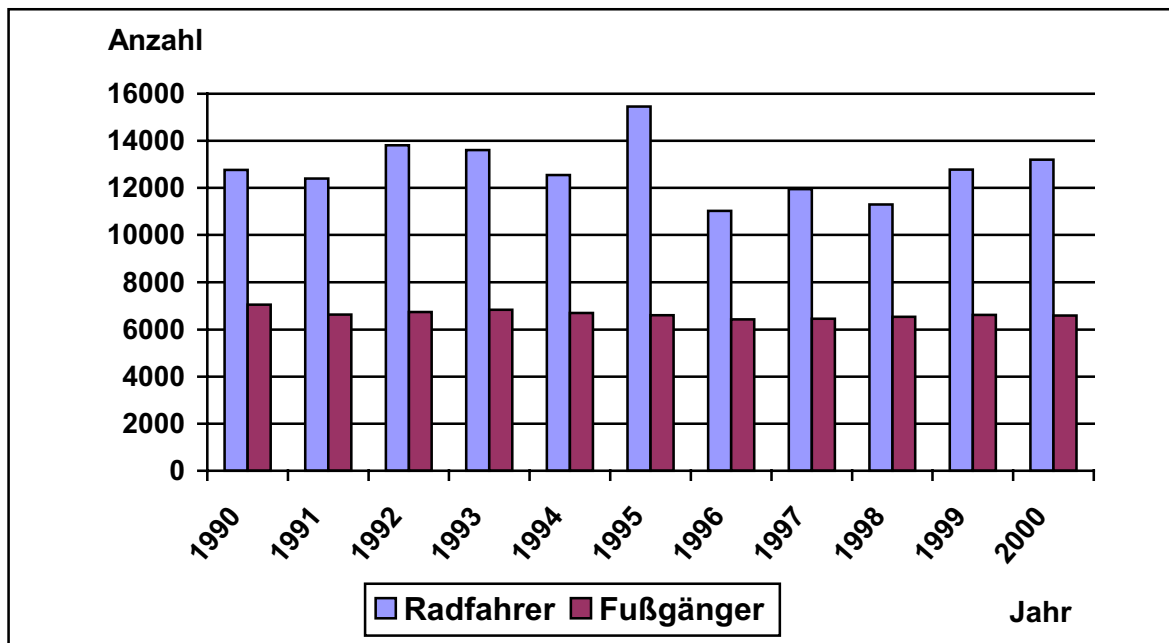
Abb. 34: Im Straßenverkehr schwerverletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 – 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Die Zahlen der leicht verletzten Radfahrer und Fußgänger zeigen in der Relation der beiden Gruppen ein umgekehrtes Bild zu Zahlen bei den tödlich Verletzten: Im Durchschnitt ist die Anzahl der leicht verletzten Radfahrer doppelt so hoch wie bei den Fußgängern (Abb. 35). Im Jahr 2000 wurden in NRW bei Straßenverkehrsunfällen 13.202 Radfahrer und 6.590 Fußgänger leicht verletzt. Die Anzahl der leicht verletzten Radfahrer war zwischen 1990 – 2000 schwankend. Im Durchschnitt ist kein Rückgang feststellbar. Für die leicht verletzten Fußgänger zeigen die Daten einen leichten Rückgang von 7.048 auf 6.590 um ca. 7 %.

Abb. 35: Im Straßenverkehr leichtverletzte Radfahrer und Fußgänger in NRW, 1990 – 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

Ein Vergleich des Unfallgeschehens in Nordrhein-Westfalen mit dem gesamten Bundesgebiet zeigt für die Jahre 1997 und 1999, bezogen auf 100.000 Einwohner, für NRW eine höhere Gesamtzahl der Unfälle. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschäden und die Zahl der bei Unfällen Getöteten liegt jedoch deutlich unter dem Durchschnitt in der Bundesrepublik Deutschland (siehe Tab. 35)

Tabelle 35: Unfallrisiko, Vergleich NRW mit dem gesamtem Bundesgebiet

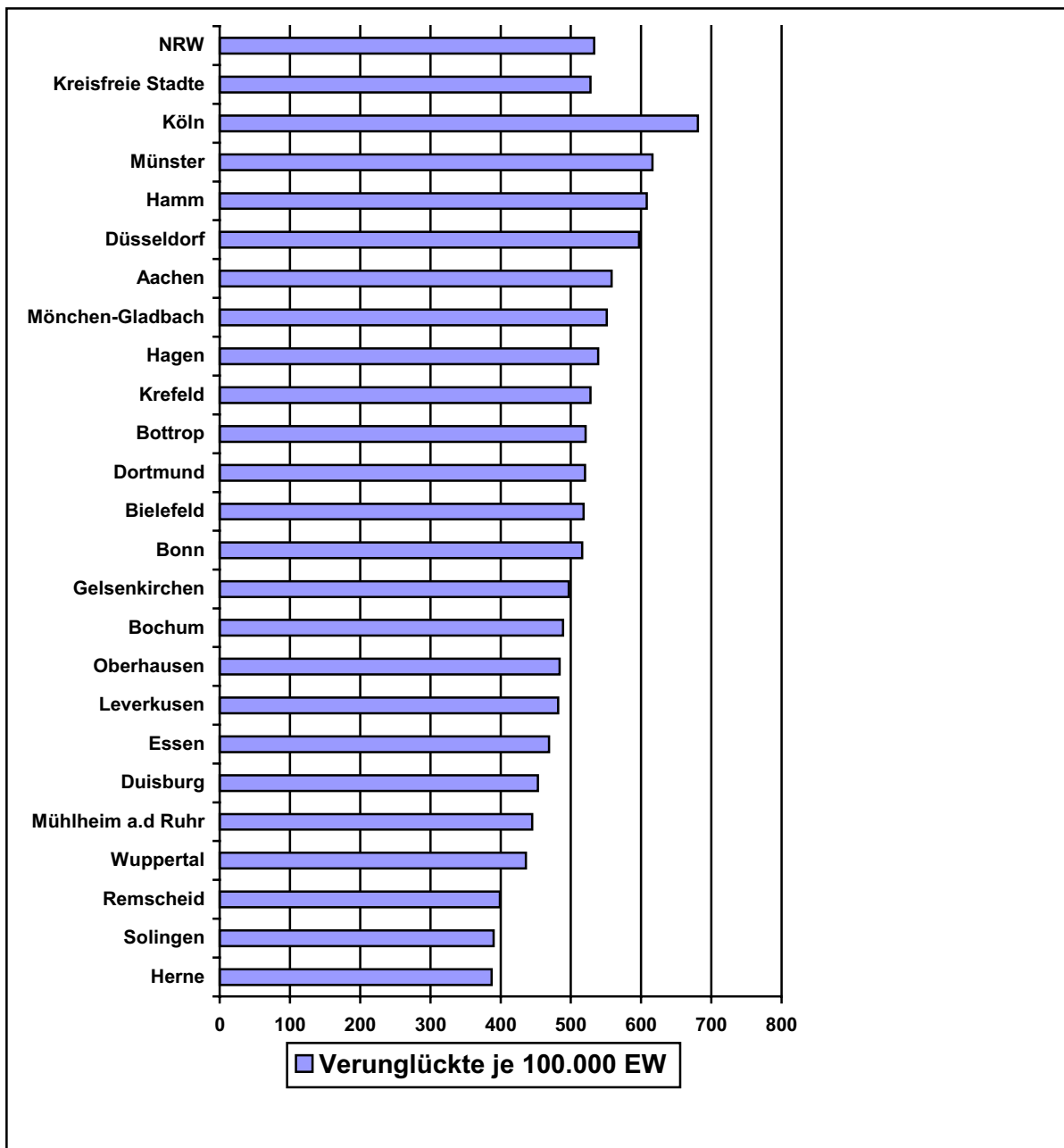
Index: je 100.000 Einwohner

	NRW		Deutschland	
	1997	1999	1997	1999
Unfälle gesamt je 100.000 EW	2 798	3 106	2 720	2 959
Unfälle mit Pers.-Schäden je 100.000 EW	420	434	464	481
Getötete je 100.000 EW	6,6	6	10,4	9,5

Datenquelle: Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland, 2001

Abbildung 36 zeigt die im Straßenverkehr Verunglückten (Verletzte und Getötete) in den kreisfreien Städten in NRW je 100.000 Einwohner im Jahr 2000. Die niedrigste Zahl mit 387 Verunglückten / 100.000 EW hatte die Stadt Herne, die höchste Zahl mit 682 Verunglückten / 100.000 EW hatte Köln zu verzeichnen. Damit liegt die Zahl der Verunglückten in Herne pro 100.000 Einwohner um 44 % niedriger als in Köln.

Abb. 36 Verunglückte in den kreisfreien Städten je 100.000 Einwohner im Jahr 2000



Datenquelle: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 2001

7. Maßnahmen, gesetzliche Regelungen

Die negativen Auswirkungen des Verkehrs auf Mensch und Umwelt sind unbestritten. Daher ist es weiterhin notwendig, über gesetzliche Maßnahmen den verkehrsbedingten Belastungen entgegenzuwirken. Entsprechende Maßnahmen, wie Reduktion von umweltbelastenden Treibstoffen, verschärften Abgaswerten, Verringerung der Lärmemissionswerte, Vorgaben für höhere Sicherheitsstandards an den Fahrzeugen, Lärmschutz in Wohngebieten, sind in den Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien verankert. Durch neue Erkenntnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen des Verkehrs müssen veränderte Grenz- oder Richtwerte und Verkehrsvorschriften in die entsprechenden Rechtsvorschriften aufgenommen werden.

7.1 Fallstudie zum OECD-Projekt "Environmental Sustainable Transport (EST)"

In einer im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführten Fallstudie zum OECD-Projekt "Environmental Sustainable Transport (EST)" werden Wege zur umweltfreundlichen Umgestaltung des Verkehrssystems und positive Wirkungen nachhaltiger Verkehrspolitik aufgezeigt (Umweltbundesamt, 2002). In dem Forschungsprojekt werden 4 Szenarien entwickelt, die die Situation des Verkehrssystems vom Basisjahr 1990 zum Zieljahr 2030 beschreiben.

Im ersten Szenario wird die nicht zukunftsfähige Entwicklung des Verkehrs beschrieben, wenn die Trends der Vergangenheit bis zum Jahr 2030 fort dauern. Danach wird die Fahrleistung der Pkw um 2/3, die der Lkw um 140 % wachsen. Der Luftverkehr wird um etwa 400 % zunehmen. Der CO₂-klimarelevante Ausstoß steigt um 30 %. Infolge der verbesserten Abgastechnik wird von einem Rückgang der anderen Emissionen ausgegangen. Die Lärmbelastung und der Flächenverbrauch werden weiter ansteigen.

Die drei anderen Szenarien (EST-Szenarien) charakterisieren unterschiedliche Entwicklungspfade zur Erfüllung der Kriterien für einen dauerhaft umweltgerechten Verkehr. Darin werden unterschiedliche Wege durch Verbesserungen in der Fahrzeugtechnik, alternative Treibstoffe und Beeinflussung der Verkehrsnachfrage (Verkehrsmanagement) aufgezeigt.

Hervorgehoben werden folgende Schwerpunkte:

- Drastische Senkung des Treibstoffverbrauchs
- Verstärkte Nutzung elektrischer Energie und Wasserstoff (Gewinnung aus regenerativen Quellen)
- Drastische Reduzierung der Fahrleistung von Pkw und Lkw sowie im Flugverkehr. Entsprechende Zunahme der Verkehrsleistung im Öffentlichen Personennahverkehr
- Mengenreduzierung der Fahrzeuge und Geschwindigkeitsbegrenzungen zur Reduzierung der Lärmbelästigung.

Um diese Ziele zu erreichen, werden vom UBA u. a. folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- CO₂-Ausstoß begrenzen durch CO₂-Grenzwerte und verbrauchsabhängige Kfz-Steuern
- Benzin verteuern, um die Fahrleistung zu reduzieren und um Benzin zu sparen
- Fahrleistungsabhängige Schwerverkehrsabgaben
- Ausbau des Schienennetzes für den Güterfernverkehr
- Verkehrsberuhigung in den Städten und Ortschaften (Tempo-30-Regelung)
- ÖPNV attraktiver gestalten
- Aufbau bahneigener Service- und Logistikzentren
- Förderung der regionalen Wirtschaftskreisläufe
- Verstärkung der Naherholung statt Fernreisen
- Verkehrsarme Siedlungsstrukturen

- Förderung von Sonne, Wind und Wasser als Stromquellen der Zukunft
- Senkung der Lärmgrenzwerte für Verkehrswege und Fahrzeuge
- Emissionsgrenzwerte für Flugzeuge.

Viele der vorgeschlagenen Maßnahmen sind bekannt und seit Jahren in der Diskussion. Die Umsetzung dieser Maßnahmen für einen dauerhaft umweltgerechten Verkehr erfordert eine sorgfältig ausgearbeitete Strategie und enorme Anstrengungen in der Durchführung. In der ersten Phase geht es um das Verständlichmachen der Ziele und dazu notwendige Maßnahmen, um eine möglichst hohe Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen. In der zweiten Phase geht es um die Umsetzung der ersten Maßnahme. Im weiteren Prozeß geht es um die Umsetzung der weiteren Beschlüsse immer in Verknüpfung der Evaluierung mit bereits angesetzten Maßnahmen. Am Schluß des Berichtes gehen die Autoren auf die Auswirkungen auf die Wirtschaft ein. Sie heben hervor, dass eine Abkehr von einer am Auto- und Straßengüterverkehr orientierten Verkehrspolitik nicht zu einem wirtschaftlichen Zusammenbruch führt. Die Auswirkungen auf die untersuchten Wirtschaftsindikatoren haben gezeigt, dass eine nachhaltige Verkehrspolitik zur Stärkung der Wirtschaftsentwicklung und Verbesserung der Beschäftigungslage führen kann.

7.2 Schutzmaßnahmen, gesetzliche Regelungen

Der vorliegende Beitrag „Maßnahmen, gesetzliche Regelungen“ gliedert sich in:

- Schutzmaßnahmen im Bereich Emission und Immission,
- Lärmschutzmaßnahmen und
- Unfallschutz.

Die Kapitel beginnen mit einer kurzen Einführung in die entsprechenden Schutzmaßnahmen, beinhalten aber im Wesentlichen eine Zusammenstellung von Gesetzen und Vorschriften aus dem Bundesrecht und Landesrecht (NRW) jeweils mit Titel, Quelle und einem kurzen textlichen Auszug mit Bezug zum Verkehrswesen.

7.2.1 Schutzmaßnahmen im Bereich Emissionen und Immissionen gesundheitsschädlicher Stoffe

Die Emissionsbelastung durch Kraftfahrzeuge wird in erster Linie bestimmt durch

- die fahrzeugspezifischen Gegebenheiten und das Fahrzeugaufkommen,
- die Zusammensetzung der Kraftstoffe,
- das Verhalten des Fahrzeugführers,
- das Verkehrsmanagement.

Zu den fahrzeugspezifischen Gegebenheiten und dem Fahrzeugaufkommen zählen

- die technische Ausrüstung und der damit verbundene Kraftstoffverbrauch, Vorhandensein von Katalysatoren, Ottomotoren, Dieselmotoren usw.,
- das durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen,
- die Fahrleistung, d. h. zurückgelegte Strecke in einem bestimmten Zeitraum.

Das Verhalten des Fahrzeugnutzers beeinflusst die Höhe des Kraftstoffverbrauchs und die damit verbundenen Emissionen durch die Personenkraftfahrzeuge und Nutzfahrzeuge. Durch sein Fahrverhalten kann der Fahrzeugnutzer wesentlich zur Minderung von Emissionen und Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges beitragen. Das Vermeiden hoher Beschleunigungen und starker Bremsmanöver, bei denen Energie unnötig vernichtet wird, trägt zur Emissionsreduktion bei.

Emissionen und Immissionen werden durch das EU-Recht und die nationale Gesetzgebung begrenzt. Ansatzpunkte zur Verringerung der über die Abgase emittierten gesundheitsschädlichen Stoffe sind die Zusammensetzung der Kraftstoffe (z. B. Benzin-Blei-Gesetz), Verschärfung der Emissionsgrenzwerte (Katalysatortechnik und Filtertechnik), Einschränkung der Fahrerlaubnis bei hohen Ozonkonzentrationen (BlmSchG § 40 a), Einschränkung des Individualverkehrs, das Umsteigen auf den öffentlichen Personennahverkehr u. a..

Die Erfolge durch die Emissionsbegrenzungsmaßnahmen für das einzelne Fahrzeug werden vielfach durch die Zunahme der Fahrzeugzahl und der jährlichen Fahrleistungen wieder aufgehoben. Der „Rat von Sachverständigen für Umweltfragen“ (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen Hrsg., 1999) schlägt daher in seinem Sondergutachten zu Umwelt und Gesundheit vor, Maßnahmen zu ergreifen, die auf eine Einschränkung des Individualverkehrs durch finanzielle Anreize abzielen. Wenn diese Strategie der Einschränkung des Individualverkehrs Erfolge zeigt, wäre ein Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs erforderlich.

7.2.2 Gesetzliche Regelungen im Bereich Emissionen und Immissionen gesundheitsschädlicher Stoffe

Die Gesetze und Verordnungen und deren Änderungen sind nachfolgend mit Titel und bibliographischen Angaben dokumentiert. Zusätzlich wurden kurze textliche Auszüge mit Bezug zum Verkehrswesen mit aufgenommen. Die einzelnen Rechtsvorschriften sind durch Linien voneinander getrennt.

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge Bundes-Immissionsschutzgesetz - BlmSchG

i.d.F. d. Bek. vom 14.05.1990 (BGBl. I S. 880)

Zul. geänd. 19.10.1998 (BGBl. I S. 3178)

Beschaffenheit und Betrieb von Fahrzeugen, BlmSchG § 38

Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger, Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeuge sowie Schwimmkörper und schwimmende Anlagen müssen so beschaffen sein, dass ihre durch die Teilnahme am Verkehr verursachten Emissionen die zum Schutz der schädlichen Umwelteinwirkungen einzuhaltenden Grenzwerte nicht überschreiten.

Verkehrsverbote bei erhöhten Ozonkonzentrationen, BlmSchG § 40a:

1. Der Verkehr mit Kraftfahrzeugen auf öffentlichen Straßen ist in dem Gebiet eines Landes oder Teilen eines Landes verboten, wenn bei mindestens drei Messstationen im Bundesgebiet, die mehr als 50 km und weniger als 250 km voneinander entfernt sind und von denen mindestens zwei, im Falle der Länder Berlin, Bremen, Hamburg und Saarland mindestens eine, in diesem Land oder in einem angrenzenden Landkreis liegen,
 - a) die Ozonkonzentration von 240 µg/m³ Luft als Mittelwert über eine Stunde an demselben Tag erreicht wird und
 - b) auf Grund der meteorologischen Erkenntnisse des Deutschen Wetterdienstes anzunehmen ist, dass die unter a) bestimmte Konzentration im Bereich dieser Messstationen im Laufe des nächsten Tages erreicht wird.
2. Die oberste Straßenverkehrsbehörde des Landes gibt Verkehrsverbote nach § 40a Abs. 1 durch Rundfunk, Fernsehen, Tageszeitungen oder auf andere Weise als durch Ver-

kehrszeichen oder Verkehrseinrichtungen allgemein bekannt. Sie beginnen an dem auf die Bekanntgabe folgenden Tag um 6 Uhr und dauern 24 Stunden.

3. Die zuständigen Behörden sollen die Führer und Halter von Kraftfahrzeugen sowie die Betreiber von Verbrennungsmotoren im nicht gewerblichen Bereich auffordern, diese nach Möglichkeit nicht zu benutzen, sobald ein Ozonkonzentrationswert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft erreicht wird.

Verfahren bei Verkehrsverboten, BImSchG § 40b

Die oberste Straßenverkehrsbehörde des Landes gibt Verkehrsverbote nach § 40a durch Rundfunk, Fernsehen oder Tageszeitungen allgemein bekannt. Sie beginnen an dem auf die Bekanntgabe folgenden Tage um 6 Uhr und dauern 24 Stunden.

Ausnahmen, BImSchG §§ 40c - 40e

1. Das Verkehrsverbot des § 40a Abs. 1 gilt nicht für Kraftfahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoß gemäß dem Anhang zu diesem Gesetz.
2. Die Kraftfahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoß dürfen bei einem Verkehrsverbot nur betrieben werden, wenn sie mit einer amtlichen Plakette gekennzeichnet sind. Einzelheiten regelt das Landesrecht.
3. Fahrten zu besonderen Zwecken (nach §§ 40d - 40e).

Dritte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über den Schwefelgehalt von leichtem Heizöl und Dieselkraftstoff (3. BImSchV)

vom 15.01.1975 (BGBl. I S. 264)

geänd. d. VO vom 14.12.1987 (BGBl. I S. 2671)

geänd. d. 2. ÄndVO vom 26.09.1994 (BGBl. I S. 2640)

Leichtes Heizöl und Dieselkraftstoff dürfen gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen anderen nur überlassen werden, wenn folgender Höchstgehalt an Schwefelverbindungen, berechnet als Schwefel, nicht überschritten wird:

Ab 1. Oktober 1996 0,05 % des Gewichts für Dieselkraftstoff.

Ausnahme:

Dieselmotoren mit einem Höchstgehalt an Schwefelverbindungen, berechnet als Schwefel, von 0,20 % des Gewichts ist über den 1. Oktober 1996 hinaus für den Bereich der Binnenschifffahrt zugelassen.

Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Dritten Verordnung zur Durchführung des BImSchG: Überwachung zur Begrenzung des Schwefelgehalts von leichtem Heizöl und Dieselkraftstoff (1. VwV zur 3. BImSchV)

vom 23.06.1978 (BAnz. Nr. 117)

Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen (10. BImSchV)

vom 13.12.1993 (BGBl. I S. 2036)

geänd. d. 1. ÄndV= v. 08.12.1997 (BGBl. I S. 2858)
geänd. d. 2. ÄndVO v. 22.12.1999 (BGBl. I S. 2845)

Unverbleiter Ottokraftstoff (Normal und Super) darf an den Verbraucher nur veräußert werden, wenn nach DIN EN 228 der Bleigehalt, angegeben als Massenkonzentration, den Grenzwert von 0,013 g/l nicht übersteigt. Verbleiter Ottokraftstoff darf an den Verbraucher nur veräußert werden, wenn nach DIN 51600 der Bleigehalt, angegeben als Massenkonzentration, den Wert von 0,15 g/l nicht übersteigt.

10. BImSchV, § 3

Dieselmotorkraftstoff darf im geschäftlichen Verkehr an den Verbraucher nur veräußert werden, wenn seine Eigenschaften den Mindestanforderungen der DIN EN 590, Ausgabe Mai 1993, entsprechen.

10. BImSchV, § 6

Dieselmotorkraftstoff kann mit "Diesel schwefelarm" bezeichnet werden, wenn der Schwefelgehalt 0,05 Gewichts-% nicht übersteigt.

10. BImSchV, § 2

Unverbleiter und verbleiter Ottokraftstoff (Normal und Super) darf an den Verbraucher nur veräußert werden, wenn nach DIN EN 228 der Benzolgehalt den Grenzwert von 5 Vol. % nicht übersteigt.

Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Zehnten Verordnung zur Durchführung des BImSchG: Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
vom 18.04.94 (BAnz. S. 4373)

Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen (21. BImSchV)
vom 07.10.1992 (BGBl. I S. 1730)

Diese Verordnung gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Tankstellen, soweit Kraftstoffbehälter von Kraftfahrzeugen mit Ottokraftstoffen betankt werden und die Tankstellen einer Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes nicht bedürfen.

Tankstellen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die beim Betanken von Fahrzeugen mit Ottokraftstoff aus den Fahrzeugtanks austretenden Kraftstoffdämpfe nach dem Stand der Technik mittels eines Gasrückführungssystems erfasst und dem Lagertank zugeführt werden.

Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV)
vom 16.12.1996 (BGBl. I S. 1962)

Die Verordnung legt für bestimmte Straßen oder bestimmte Gebiete, in denen besonders hohe, vom Verkehr verursachte Immissionen zu erwarten sind, Konzentrationswerte für luftverunreinigende Stoffe fest, bei deren Überschreiten Maßnahmen nach § 40 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu prüfen sind, und bestimmt die anzuwendenden Mess- und Beurteilungsverfahren.

Konzentrationswerte für Luftverunreinigungen:

Maßnahmen zur Verminderung oder zur Vermeidung des Entstehens schädlicher Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen sind zu prüfen, wenn eine Überschreitung eines der folgenden Konzentrationswerte, angegeben in Mikrogramm je Kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) verunreinigte Luft, festgestellt wird:

1. Stickstoffdioxid:
160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (98-Prozent-Wert aller Halbstundenmittelwerte eines Jahres);
2. Ruß:
ab 1. Juli 1995:
14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (arithmetischer Jahresmittelwert);
ab 1. Juli 1998:
8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (arithmetischer Jahresmittelwert);
3. Benzol:
ab 1. Juli 1995:
15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (arithmetischer Jahresmittelwert);
ab 1. Juli 1998:
10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (arithmetischer Jahresmittelwert).

Mess- und Beurteilungsverfahren:

Die Mess- und Beurteilungsverfahren bestimmen sich nach Anhang I und Anhang II zu dieser Verordnung.

**Durchführung der §§ 40 a bis e des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)
Verkehrsverbote bei erhöhten Ozonkonzentrationen
Gem. RdErl. d. Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr, d.
MURL u. d. Innenministeriums
vom 05.07.1996 (MBI. NRW. Nr. 47, S. 1163)**

Die Ozonkonzentrationen werden an den 33 LUQS-Messstationen in NRW kontinuierlich erfasst und im Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA), Essen, ausgewertet. Dabei überprüft das LUA, ob bei einer oder mehreren Stationen eine Überschreitung des Konzentrationswertes von 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten oder zu verzeichnen ist, und ob die Randbedingungen hinsichtlich der Zahl des Abstands der Messstationen erfüllt sind.

Für die Auslösung von Verkehrsverboten muss neben der Feststellung, dass die festgelegten Kriterien hinsichtlich der Ozon-Konzentration erreicht sind, aufgrund der meteorologischen Erkenntnisse des Deutschen Wetterdienstes (DWD) diese Situation auch für den nächsten Tag zu erwarten sein.

Das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) meldet aufgrund der Informationen des LUA dem Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr (MWMTV), wenn die in § 40 a BImSchG festgelegten Kriterien zur Auslösung von Verkehrsverboten für den nächsten Tag vorliegen. Nachrichtlich geht die gleiche Information an das Innenministerium.

Zu BImSchG, § 40 a Abs. 2 (Verkehrsverbote bei erhöhten Ozonkonzentrationen)

Wird ein Ozonkonzentrationswert von 180 µg/m³ überschritten, hat das Landesumweltamt nach § 6 a der Verordnung über Immissionswerte (22. BImSchG) die Bevölkerung zu unterrichten. Wird ein Ozonkonzentrationswert von 180 µg/m³ erreicht, sollen die zuständigen Behörden außerdem nach § 40 a Abs. 2 BImSchG dazu auffordern, Kraftfahrzeuge und sonstige Verbrennungsmotoren im nicht gewerblichen Bereich nach Möglichkeit nicht zu benutzen. Die Aufforderung ist um den Appell zu ergänzen, unaufschiebbare Fahrten zumindest mit beschränkter Geschwindigkeit durchzuführen (für Pkw auf Autobahnen: höchstens 90 km/h).

Die Unterrichtung und die Aufforderung werden vom Landesumweltamt an Rundfunk, Fernsehen und Presse weitergegeben; MWMTV, MURL, MAGS und IM werden gleichzeitig unterrichtet. Als Voraussetzung für die Unterrichtung und die Aufforderung reicht es aus, dass der Wert von 180 µg Ozon/m³ an einer Messstation in Nordrhein-Westfalen erreicht wird.

Zu BImSchG, § 40 b (Verfahren bei Verkehrsverboten)

Das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr gibt die Verkehrsverbote durch Rundfunk, Fernsehen und Tageszeitung bekannt und veranlaßt die Unterrichtung der Bezirksregierungen. Die Bekanntgabe wird mit der ersten Durchsage bewirkt. Die Verkehrsverbote beginnen an dem auf die Bekanntgabe folgenden Tag um 6.00 Uhr und dauern 24 Stunden. Wenn die Voraussetzungen des § 40 a Abs. 1 BImSchG weiter vorliegen, werden die Verkehrsverbote jeweils um 24 Stunden verlängert. Die Bezirksregierungen unterrichten die Kreispolizeibehörden. Diese unterrichten die Kreisordnungsbehörden, die ihrerseits die örtlichen Ordnungsbehörden unterrichten. Die örtlichen Ordnungsbehörden haben die Unternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs zu unterrichten. Die Verkehrsverbote gelten für das gesamte Gebiet des Landes Nordrhein-Westfalen.

Zu BImSchG, § 40 C (Kraftfahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoß)

Die Befreiung vom Verkehrsverbot tritt für Kraftfahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoß nach dem Anhang zu § 40 c Abs. 1 BImSchG erst mit der entsprechenden Kennzeichnung ein. Kraftfahrzeuge, die mit einer G-Kat-Plakette nach der Smog-Verordnung gekennzeichnet sind, bedürfen keiner weiteren Kennzeichnung.

Zu § 40 d (Fahrten zu besonderen Zwecken) und § 40 e (Ausnahmen)

Die §§ 40 d und e beschreiben Ausnahmen vom Verkehrsverbot für Transporte verderblicher Güter, Pendler, Urlaubsfahrten sowie für Einzelausnahmen.

Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigungen durch Bleiverbindungen in Ottokraftstoffen für Kraftfahrzeugmotore

Benzinbleigesetz - BzBIG

vom 05.08.1971 (BGBl. I S. 1234)

geänd. d. G. v. 18.12.1987 (BGBl. I S. 2810)

geänd. d. Art. 8 § 6 d. G. über die Neuordnung zentraler Einrichtungen des Gesundheitswesens vom 24.06.94 (BGBl. I S. 1416)

Ottokraftstoffe, deren Gehalt an Bleiverbindungen, berechnet als Blei, mehr als 0,15 g/l (gemessen bei + 15°C) beträgt, dürfen gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen nicht hergestellt oder eingeführt werden.

Ottokraftstoffe, deren Motoroktanzahl den Wert 85 und deren Researchoktanzahl den Wert 95 unterschreitet, dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn ihr Gehalt an Bleiverbindungen, berechnet als Blei, nicht mehr als 0,013 g/l (gemessen bei + 15°C) beträgt.

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

i d. F. d. Bek. vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793)

StVZO, § 47 Abgase, Absatz 3

Nach § 47 "Abgase", Absatz 3 gelten Personenkraftwagen sowie Wohnmobile mit einer zulässigen Gesamtmasse von nicht mehr als 2 800 kg mit Fremd- oder Selbstzündungsmotoren als schadstoffarm, wenn sie den Vorschriften der Anlage XXIII der StVZO entsprechen.

StVZO, § 47 Absatz 3, Anlage XXIII, 1.3

Der Hersteller hat durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass die Fahrzeuge während ihrer gesamten Lebensdauer möglichst niedrige Emissionen luftverunreinigender Gase und Partikel haben. Die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen muss im gesamten Geschwindigkeitsbereich sichergestellt sein. Der Hersteller hat nachzuweisen und sicherzustellen, dass die in dem Abschnitt 1.7 aufgeführten Grenzwerte für luftverunreinigende Gase und Partikel über eine Fahrstrecke von 80 000 km oder eine Betriebsdauer von 5 Jahren (je nachdem, was zuerst erreicht wird) bei ordnungsgemäßer Wartung, die dem mit dem Antrag auf Erteilung der Betriebserlaubnis vorzulegenden Wartungsplan entsprechen soll, und bei Betrieb des Fahrzeugs mit unverbleitem Kraftstoff eingehalten werden.

StVZO, § 47 Absatz 3, Anlage XXIII, 1.7

- Fahrzeuge, für die eine Betriebserlaubnis beantragt wird, müssen über ihre Lebensdauer folgende Grenzwerte für die Emissionen der gasförmigen Luftverunreinigungen Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide einhalten:

Fahrkurve I

Kohlenmonoxid (CO):	2,1	g/km
Kohlenwasserstoffe (CH):	0,25	g/km
Stickoxide (NO _x):	0,62	g/km

Fahrkurve II

Die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahme muss bei höheren Geschwindigkeiten erhalten bleiben. Dies gilt auch als nachgewiesen, wenn beim Test nach Fahrkurve II folgende Grenzwerte eingehalten werden:

Stickoxide (NO _x):	0,76	g/km
--------------------------------	------	------

- Fahrzeuge mit Selbstzündungsmotor müssen über ihre Lebensdauer zusätzlich Grenzwerte für die Emissionen der partikelförmigen Luftverunreinigungen einhalten.

Fahrkurve I

Partikel:	0,124	g/km
-----------	-------	------

- Fahrzeuge mit Fremdzündungsmotor müssen über ihre Lebensdauer zusätzlich folgenden Grenzwert für Verdunstungsemissionen einhalten
Kohlenwasserstoffe (CH): 2,0 g/Test
- Emissionen gasförmiger Luftverunreinigungen aus dem Kurbelgehäuse von Fahrzeugen mit Fremdzündung (Ottomotoren).
Aus dem Entlüftungssystem des Kurbelgehäuses dürfen keine Emissionen gasförmiger Luftverunreinigungen (Kohlenwasserstoffe) entweichen.

StVZO, § 47 Abgase, Absatz 4

Nach § 47 Absatz 4 gelten Personenkraftwagen sowie Wohnmobile mit einer zulässigen Gesamtmasse von nicht mehr als 2 800 kg mit Fremd- oder Selbstzündungsmotoren, die den Vorschriften der Anlage XXIV entsprechen, als bedingt schadstoffarm. Eine erstmalige Anerkennung als bedingt schadstoffarm ist ab 1. November 1993 nicht mehr zulässig.

StVZO, § 47 Absatz 4, Anlage XXIV, 1.2

Anforderungen für bedingt schadstoffarme Personenkraftwagen der Stufe A für Grenzwerte gasförmiger Schadstoffe, gemessen nach Europa-Fahrzyklus des Anhangs I der Richtlinie 83/351/EWG des Rates:

Bezugsmasse Pr (kg)	Summe CH + NO _x (g/Test)	NO _x (g/Test)
Pr ≤ 1250	12,75	6
Pr > 1250	15	6

Anforderungen für bedingt schadstoffarme Personenkraftwagen der Stufe B für Grenzwerte gasförmiger Schadstoffe, gemessen nach Europa-Fahrzyklus des Anhangs I der Richtlinie 83/351/EWG des Rates:

Die NO_x-Emission des Prüffahrzeugs mit eingebautem Abgasreinigungssystem muss um mindestens 30 % geringer sein als die NO_x-Emission des Prüffahrzeugs ohne Abgasreinigungssystem. Die CH- und CO-Emissionen dürfen nicht signifikant ansteigen.

Anforderungen für bedingt schadstoffarme Personenkraftwagen der Stufe C für Grenzwerte gasförmiger Schadstoffe, gemessen nach Europa-Fahrzyklus des Anhangs I der Richtlinie 83/351/EWG des Rates:

Hubraum (ccm ³)	CO (g/Test)	Summe CH + NO _x (g/Test)	NO _x (g/Test)
weniger als 1400	38,25	12,75	6

StVZO, § 47 Abgase, Absatz 5

Nach § 47 Absatz 5 gelten Personenkraftwagen und Wohnmobile mit Fremd- oder Selbstzündungsmotoren als schadstoffarm

1. die den Vorschriften der Anlage XXV oder
2. mit einem Hubraum von weniger als 1 400 Kubikzentimetern, die der Richtlinie 70/220/EWG in der Fassung der Richtlinie 89/458/EWG des Rates vom 18. Juli 1989 (ABl. EG Nr. L 226 S. 1)

entsprechen.

StVZO, § 47 Absatz 5, Anlage XXV, 3

Kraftfahrzeuge mit Fremd- oder Selbstzündungsmotoren gelten als schadstoffarm, wenn sie die technischen Anforderungen der Anhänge I bis VI der Richtlinie 83/351/EWG des Rates vom 16. Juni 1983 erfüllen.

Abschnitt 4 der Anlage XXV enthält Abweichungen von Anhang I der Richtlinie 83/351/EWG.

StVZO, § 47 a Abgasuntersuchung, Anlage XI

§ 47 a, Anlage XI gilt für die Prüfung der Kraftfahrzeuge mit Ottomotor auf den Gehalt an Kohlenmonoxyd (CO). Der Gehalt an Kohlenmonoxyd im Abgas bei Leerlauf muss auf einen möglichst niedrigen, aber fahrtechnisch noch vertretbaren CO-Emissionswert eingestellt sein. Er darf unter den Mess- und Abgasentnahmebedingungen jedoch nicht mehr als 3,5 Vol. % betragen.

StVZO, § 48 Emissionsklassen für Kraftfahrzeuge

Kraftfahrzeuge, für die nachgewiesen wird, dass die Emissionen gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel und/oder die Geräuschemissionen den Anforderungen der

in der Anlage XIV genannten Emissionsklassen entsprechen, werden nach Maßgabe der Anlage XIV in Emissionsklassen eingestuft.

7.3 Lärmschutzmaßnahmen

Zum Lärmschutz zählen planerische, technische und rechtliche Instrumente. Hohe Prioritäten besitzen Maßnahmen verhaltensbezogener Art wie Nachtflugverbot, Nachtfahrverbot für Lkw, beruhigte Zonen in Ortschaften u. a.. Technische Maßnahmen setzen an der Lärmquelle an, um die Schallemissionen so gering wie möglich zu halten. Lärmschutzwände bzw. -wälle sind in der Nähe von Lärmquellen besonders effektiv. Der bauliche Schallschutz an Wohngebäuden wird notwendig, wenn die erwähnten Maßnahmen keinen ausreichenden Lärmschutz bringen. In diesem Fall bleiben schutzbedürftige Aktivitäten im Freien ungeschützt.

Die Schallminderung am Entstehungsort wird als primärer Lärmschutz bezeichnet. Hier stehen Berechnungen und Maßnahmen zur Minderung der Schallemission an der Lärmquelle im Vordergrund. Die Senkung der Schallimmissionen an einem bestimmten Ort wird als sekundärer Lärmschutz bezeichnet.

7.3.1 Lärminderung im Straßenverkehr

Die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Leistung und Ausstattung der Fahrzeuge, durch das Verhalten des Fahrzeugführers, Reifen- und Fahrbahnbeschaffenheit sowie durch die geometrischen Verhältnisse bei der Schallausbreitung. Eine deutliche Minderung der Lärmbelastung lässt sich nur durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen erreichen. Maßnahmen zur Minderung von Geräuschemissionen bei Kraftfahrzeugen zielen auf leisere Fahrzeuge, Reduzierung der Motorgeräusche, leisere Reifen, Fahrwege und Fahrweisen. Verkehrsplanerische Maßnahmen umfassen z. B. Restriktionen für den Straßenverkehr wie Fahrverbote oder beruhigte Zonen oder Ortsumgehungen. Lärmschutzwände oder -wälle werden bevorzugt an Autobahnen in der Nähe von Wohngebieten errichtet.

Einfluss der Verkehrsstärke

Die Verdoppelung der Verkehrsstärke (Kraftfahrzeuge pro Zeiteinheit) führt zu einem Anwachsen der Lärmemission um 3 dB(A). Die Empfindung der Zunahme der Lautstärke um 3 dB(A) ist gerade wahrnehmbar. Eine Verzehnfachung der Verkehrsstärke hebt den Mittelungspegel um 10 dB(A) an. Dies bedeutet eine Verdoppelung der empfundenen Lautstärke. Daraus ergibt sich, dass für eine Halbierung der Lautstärke eine Reduzierung der Verkehrsstärke um ca. 90 % erforderlich ist. Eine nur geringfügige Reduktion der Verkehrsstärke macht also aus Sicht der Lärmbelastung wenig Sinn. Daher sind Verkehrsverlagerungen größeren Umfangs durch Ortsumgehungen sinnvoll.

Einfluss der Geschwindigkeit und des LKW-Anteils

Der Einfluss der Geschwindigkeit auf die Lärmemission ist u. a. stark von der Fahrbahnoberfläche abhängig. Auf Asphalt-Beton-Oberflächen werden bei geringem Lkw-Anteil bei einer Geschwindigkeitsreduktion von 20 km/h Lärminderungen von 3 dB(A) (Wahrnehmbarkeitsschwelle) erzielt. Einzelne schnelle Vorbeifahrten werden als besonders belastend empfunden. Untersuchungen haben ergeben, dass durch eine Reduktion von 50 auf 30 km/h bei Pkws eine Abnahme von 4,2 dB(A) und bei Lkws von 1,9 dB(A) möglich ist.

Ungleichmäßige Fahrweisen erhöhen besonders im niedrigen Geschwindigkeitsbereich (< 40 km/h) die Lärmemission, da hier die Motorgeräusche gegenüber den Rollgeräuschen domi-

nieren. Durch niedertourige gleichmäßige Fahrweisen ließen sich im Experiment Lärmreduktionen von 7 bis 11 dB(A) erzielen.

Lärminderungspotenziale durch Verringerung des Lkw-Anteils liegen bei niedrigen Geschwindigkeiten günstiger als bei hohen. Um eine deutlich wahrnehmbare Lärminderung zu erhalten, ist eine erhebliche Absenkung des Lkw-Anteils erforderlich. Beispielsweise ist für die Senkung des Lärmpegels um 3,4 dB(A) in einer 30-km/h-Zone eine Reduktion des Lkw-Anteils von 20 % auf 5 % erforderlich.

Fahrbahnoberfläche

Lärmindernde Fahrbahndecken wie offenporige, hohlraumreiche Asphalt-Beton-Decken werden am effektivsten außerorts bei Geschwindigkeiten > 50 km/h eingesetzt, da bei hohen Geschwindigkeiten die Rollgeräusche dominieren. Offenporige Fahrbahndecken können die Lärmemission bis zu 6 dB(A) reduzieren. Besonders durch die Lkw-bedingte Nachverdichtung der Oberfläche der Straße wird die lärmindernde Wirkung bei diesem Bautyp allerdings mittelfristig wieder reduziert.

Abstand zur Lärmquelle

Mit zunehmendem Abstand zur Lärmquelle vermindert sich der Lärmpegel. Die Verdopplung der Entfernung ergibt in etwa eine Reduktion von 4 dB(A). Große Abstände von der Straße als Lärmquelle sind innerorts nicht und außerorts immer seltener realisierbar.

Lärmschutzwände, Lärmschutzwälle, Schallschutzfenster

Lärmschutzwände oder -wälle bieten sich an zur Minderung der Schallausbreitung im Straßenverkehr und auch im Schienenverkehr. Zur Optimierung der Lärminderung sollten die Wände möglichst quellen- und wohnungsnah errichtet werden. Lärmschutzwände vermindern den Lärm im Wohnungsinnern und im Außenbereich, während Schallschutzfenster lediglich Schutz für den betreffenden Innenraum bieten.

Tabelle 36 gibt eine Übersicht über den Bau von Lärmschutzwänden, Lärmschutzwällen und Lärmschutzfenstern an Bundesfernstraßen in NRW.

Tabelle 36: Lärmschutz an Bundesfernstraßen in NRW

	Einheit	bis 1984	1985	1990	1994	1995	1996	1997	1998	Bestand /Gesamt
Lärmschutzwälle	km	145,1	14,7	4,5	12,7	3,9	11,5	2,7	2,1	317,4
Lärmschutzwände	km	329,1	42,5	33,8	21,4	11,5	28,5	9,3	7,5	683,5
Lärmschutzfenster	m ²	48170	8122	10528	4339	4609	2630	4768	2987	141.875

Quelle: MWMTV des Landes NRW (Hrsg.): Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999, Düsseldorf: 2000, 25 S.

7.3.2 Lärminderung im Schienenverkehr

Das Hauptumweltproblem bei der Bahn ist der Lärm. Die Rollgeräusche sind die dominierende Lärmquelle. Durch glatte Räder auf glatten Schienen lassen sich die Geräuschemis-

sionen senken. Da es für Schienenfahrzeuge keine Geräuschvorschriften gibt, wurden Lärmschutzmaßnahmen im Schienenverkehr bislang nur unzureichend umgesetzt. Das Umweltbundesamt hat Vorschläge für Lärmschutzmaßnahmen entwickeln lassen und ist bemüht, Begrenzungswerte von Geräuschemissionen in Vorschriften einzubringen.

Quelle: Hinweise zum Schutz gegen Schienenlärm (2002) 38 S. (<http://www.umweltbundesamt.de>)

7.3.3 Schutz gegen Fluglärm

Schwerpunkte des Fluglärms sind die Flughäfen mit ihren Start- und Landebahnen. Allgemeine Aussagen über Form und Größe der Lärmschutzbereiche sind nicht möglich, da sich der Flugbetrieb auf den einzelnen Flugplätzen stark unterscheidet.

7.3.4 Gesetzliche Regelungen im Lärmschutz

Zum Schutz vor Beeinträchtigungen durch Lärm werden in der Bundesrepublik Deutschland drei Handlungsebenen unterschieden:

- städtebauliche Planung (z. B. neue Wohngebiete, neue Verkehrs- und Industrieanlagen). Ziel ist es, Lärmbelastungen weitgehend zu vermeiden
- Lärmvorsorge (z. B. neue Straßen und Schienenwege in der Nähe bestehender Wohnungen). Ziel ist es, erhebliche Belästigungen und ggf. Gesundheitsgefährdungen zu vermeiden
- Lärmsanierung (betrifft bestehende Straßen und Schienenwege an bestehenden Wohnungen). Ziel ist es, erhebliche Belästigungen und ggf. Gesundheitsgefährdungen bei einem großen Teil der exponierten Bevölkerung abzubauen.

Der Geräuschemissionsschutz basiert auf einer ganzen Reihe von Regelwerken, die jeweils nur für bestimmte Arten von Schallquellen gelten. Bei einigen dieser Regelwerke sind die festgelegten Richtwerte durch die Summe aller Anlagen dieser Quellenart einzuhalten (z. B. bei industriellen Anlagen oder Sportanlagen). Andere Regelwerke betrachten isoliert nur einzelne Vorhaben. So wird beim Neubau von Verkehrswegen der zu leistende Schallschutz nur auf die Immission durch den im jeweiligen Verfahren betrachteten Verkehrsweg abgestimmt. Da z. B. beim Straßenverkehr durchaus mehrere Einzelanlagen gleichzeitig auf einen Immissionsort einwirken können und Wohnungen zumeist einer kombinierten Belastung aus mehreren Quellenarten ausgesetzt sind, bleibt es nicht aus, dass Immissionsrichtwerte in der Summe durch alle einwirkenden Quellen häufig überschritten werden. In jüngster Zeit wird durch die Lärminderungsplanung versucht, diesem Problem Rechnung zu tragen.

Nach § 47a Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sind die Gemeinden und die nach Landesrecht zuständigen Behörden verpflichtet, in Gebieten, in denen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche hervorgerufen werden oder zu erwarten sind, die einwirkenden Geräuschquellen zu erfassen und ihre Auswirkungen auf die Umwelt festzustellen. Absatz 2 verpflichtet die Gemeinden zur Minderung kritischer Belastung in Wohngebieten und anderen schutzwürdigen Gebieten durch Aufstellung von Lärminderungsplänen. Nach Absatz 3 sollen Lärminderungspläne folgende Informationen enthalten:

- die festgestellten und die zu erwartenden Lärmbelastungen
- die Quellen der Lärmbelastungen
- die vorgesehenen Maßnahmen zur Lärminderung oder zur Verhinderung des weiteren Anstiegs der Lärmbelastung.

Nach NRW-Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten auf den Gebieten des technischen Umweltschutzes sind die Gemeinden und das Landesumweltamt (LUA) des Landes Nordrhein-Westfalen für diese Aufgabe zuständig.

Im Rahmen dieser Aufgabe wurde vom Landesumweltamt eine NRW-weite Übersicht über die Belastung durch die einwirkenden Lärmquellen erstellt. Diese Übersicht soll den Gemeinden helfen, auf ihrer Fläche diejenigen Gebiete festzulegen, in denen wahrscheinlich schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche hervorgerufen werden oder zu erwarten sind, und diese Gebiete von denen abzugrenzen, in denen dies nicht zu befürchten ist. Untersucht wurden gemeindebezogen die relevanten Quellenarten Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr sowie Industrie und Gewerbe.

Die Feststellungen der Lärmimmissionen erfolgte über Rechenmodelle auf der Basis von Daten der Lärmemissionen. Die Darstellung der Messergebnisse erfolgte im Maßstab von 1 : 100.000. Zugrunde gelegt ist die topographische Karte TK 100 des Landesvermessungsamtes NRW.

Die Darstellung der errechneten Belastung erfolgt gemeindebezogen als Kartenwerk getrennt nach den untersuchten Quellenarten. Bei den Quellenarten Straßen- und Schienenverkehr wird wegen der bedeutsamen Unterschiede zwischen Tag und Nacht unterschieden. Für die Quellenart Wasserverkehr wird kein deutlicher Unterschied zwischen Tag und Nacht erwartet. Die Ergebnisse des Luftverkehrs zeigen abhängig vom verwendeten Beurteilungsverfahren einen kombinierten Tag-Nacht-Wert an den Plätzen, die im „Landesentwicklungsplan Schutz vor Fluglärm“ ausgewiesen sind .

Der Schallemissionsplan ist Ausgangspunkt und Grundlage der vorbereitenden Lärmmindeungsplanung. Die Werte, die zur Beurteilung der einwirkenden Lärmimmissionen herangezogen werden (Grenzwerte, Richtwerte, Anhaltswerte), werden im Kontext der Lärmmindeungsplanung als Empfindlichkeiten bezeichnet. Mit Konflikt wird die Abweichung zwischen der Immission und der zugehörigen Empfindlichkeit benannt. Empfindlichkeiten sind nach Art der emittierenden Quellgruppe, nach der Tageszeit sowie nach Gebietsausweisungen bzw. Schutzbedürftigkeit unterschiedlich.

Im Bereich des Straßenverkehrs wurden Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Hauptgemeindestraßen mit einer Netzlänge von insgesamt über 90.000 km berücksichtigt.

Die Gesetze und Verordnungen und deren Änderungen sind nachfolgend mit Titel und bibliographischen Angaben dokumentiert. Zusätzlich wurden kurze textliche Auszüge mit Bezug zum Verkehrswesen mit aufgenommen. Die einzelnen Rechtsvorschriften sind durch Linien voneinander getrennt.

**Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG**

i.d.F. d. Bek. vom 14.05.1990 (BGBl. I S. 880)

Zul. geänd. 19.10.1998 (BGBl. I S. 3178)

Lärmschutz, BImSchG §§ 41 - 43

Das Bundesimmissionsschutzgesetz beschreibt in § 41 - 43, dass der Bau und Erweiterungen von Straßen und Schienenwegen möglichst keine schädlichen Umwelteinwirkungen in Form von Verkehrsgeräuschen nach sich ziehen dürfen. Werden Immissionsgrenzwerte überschritten, sind Maßnahmen des aktiven Lärmschutzes (z. B. Schutzwälle entlang der Straße) vorzunehmen. Diese Verpflichtung entfällt, wenn die Maßnahmen unverhältnismäßig teuer sind. Es kommt dann eine Entschädigung für die betroffenen Anlieger in Betracht, die die Kosten für Maßnahmen des passiven Lärmschutzes, also für bauliche Maßnahmen an Gebäuden der Betroffenen, umfasst. Voraussetzung für eine Entschädigung ist die Über-

schreitung der in der Verkehrslärmschutz-Verordnung (16. BImSchV) niedergelegten Immissionsgrenzwerte.

Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV)

vom 12.06.1990 (BGBl. I S. 1036)

Die *Verkehrslärmschutzverordnung* soll den Schutz vor Geräuschen durch Straßen- und Schienenverkehr sicherstellen. Allerdings gilt diese Verordnung nur für den Neubau oder die wesentliche Änderung von Verkehrswegen. Aber selbst in den Fällen, in denen die Vorschrift Anwendung findet, wird nur der jeweils geänderte Verkehrsweg berücksichtigt, so dass die Geräuschimmissionen weiterer einwirkender Verkehrswege nicht in die Beurteilung einfließen. Die in der 16. BImSchV enthaltenen Grenzwerte für Geräuschimmissionen sind z. T. deutlich höher, als in der TA-Lärm. Dies ist einerseits als Konzession an die Kosten des Verkehrswegebaus zu interpretieren, andererseits wurde bei den Festlegungen der 16. BImSchV auch eine erhöhte soziale Akzeptanz von Verkehrsgeräuschen unterstellt, da üblicherweise die vom Verkehrslärm Betroffenen auch Nutzer von Verkehrsmitteln sind. Für Schienenverkehrsgeräusche enthält die 16. BImSchV sogar zusätzlich einen "Schienenbonus" von 5 dB(A). Dieser Bonus soll eine angenommene verminderte Belästigung durch Schienenverkehrsgeräusche berücksichtigen, die mit der Tatsache begründet wird, dass zwischen den einzelnen, lauten Zugvorbeifahrten lange unverlärnte Abschnitte liegen. Die 16. BImSchV legt keine Grenzwerte für die Maximalpegel kurzzeitiger Einzelereignisse fest, ein Schutz vor lauten, einzelnen Fahrzeug- oder Zugvorbeifahrten ist daher nicht gewährleistet.

Zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche dürfen folgende Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden:

Tabelle 37: Grenzwerte der 16. BImSchV (Verkehrslärmschutz-VO)

Gebiet	Tag 6 – 22:00 Uhr	Nacht 22 – 6:00 Uhr
Krankenhäuser, Schulen, Altenheime	57 dB(A)	47 dB(A)
reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	59 dB(A)	49 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	64 dB(A)	54 dB(A)
Gewerbegebiete	69 dB(A)	59 dB(A)

Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV)

vom 04.02.1997 (BGBl. I S. 172)

ber. 16.05.1997 (BGBl. I S. 1253)

geänd. d. Art. 3 der Magnetschwebbahnverordnung

vom 23.09.1997 (BGBl. I S. 2329)

Die Verordnung legt Art und Umfang der zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche notwendigen Schallschutzmaßnahmen für schutzbedürftige Räume in baulichen Anlagen fest, soweit die in § 2 der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) festgelegten Immissionsgrenzwerte überschritten werden.

Schallschutzmaßnahmen im Sinne dieser Verordnung sind bauliche Verbesserungen an Umfangsbauteilen schutzbedürftiger Räume, die die Einwirkungen durch Verkehrslärm mindern. Zu den Schallschutzmaßnahmen gehört auch der Einbau von Lüftungseinrichtungen in Räumen, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden und in schutzbedürftigen Räumen mit sauerstoffverbrauchender Energiequelle.

Schutzbedürftig sind folgende Aufenthaltsräume:

- Räume, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden
- Wohnräume
- Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume
- Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume
- Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind
- Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm

vom 30.03.1971 (BGBl. I S. 282)

geänd. 02.03.1974 (BGBl. I S. 469)

geänd. 14.12.1976 (BGBl. I S. 3341) Ber. BGBl. I 1977, S. 667

geänd. 26.11.1986 (BGBl. I S. 2089)

geänd. 08.12.1986 (BGBl. I S. 2191)

geänd. d. Art. 39 d. zweiten Rechtsbereinigungsgesetzes

vom 16.12.1986 (BGBl. I S. 2441)

geänd. 25.09.1990 (BGBl. I S. 2106)

Das *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm* verfolgt im Vergleich zu den vorgenannten Regelwerken eine grundsätzlich andere Strategie, denn im Nahbereich eines Flughafens sind hohe Schallpegel durch startende und landende Flugzeuge unvermeidbar. Daher erfolgt keine Festsetzung von Immissionsrichtwerten, denn diese müssten entweder unsinnig hoch gewählt werden oder sie wären in der Praxis nicht einhaltbar. Statt dessen werden im Umfeld von Verkehrsflughäfen Lärmschutzzonen ausgewiesen, innerhalb derer für bestehende Wohngebäude ein Ersatz von Aufwendungen für baulichen Schallschutz geleistet wird bzw. bei neuen Gebäuden bereits bei deren Errichtung ein erhöhter baulicher Schallschutz vorgesehen werden muss. Die Lärmschutzzone 2 umfasst dabei das Gebiet, in dem der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauerschallpegel 67 dB(A) übersteigt. In diesen Zonen wird durch die Anforderungen an den baulichen Schallschutz lediglich der Schutz im Innenbereich sichergestellt, ein Schutz der Außenbereiche, wie z. B. Balkone, Terrassen, Gärten etc. erfolgt nicht. In den Gebieten außerhalb der Lärmschutzzone liegt der Mittelungspegel dann unter 67 dB(A). In diesen Bereichen sind keine zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz gegen Fluglärm vorgesehen. Auch das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm berücksichtigt nicht die Maximalpegel kurzzeitiger Einzelereignisse. Allerdings hat in einigen neueren Genehmigungsverfahren die Rechtsprechung zur Nachtzeit Beschränkungen der Anzahl sowie der Geräuschspitzen von Einzelereignissen durchgesetzt.

Festlegung von Lärmschutzbereichen	Äquivalenter Dauerschallpegel (dB (A))
Schutzzone 1 <ul style="list-style-type: none">Keine neue Bebauung zugelassenAltanliegern haben Anspruch auf Erstattung der Kosten für bauliche Schallschutzmaßnahmen	> 75
Schutzzone 2 <ul style="list-style-type: none">Baugenehmigungen werden unter bestimmten Auflagen erteilt. Nicht errichtet werden dürfen Krankenhäuser, Altenheime, Erholungsheime, Schulen	> 67

In der Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm wird eine Absenkung der Grenzwerte für Verkehrsflughäfen für die Schutzzone 1 auf 65 dB und Schutzzone 2 auf 60 dB vorgeschlagen. Für militärische Flughäfen wird vorgeschlagen die Grenzwerte zunächst für die Schutzzone 1 auf 68 dB und Schutzzone 2 auf 63 dB zu senken. Nach einer angemessenen Übergangsfrist sollen die Grenzwerte denen für Verkehrsflughäfen angeglichen werden. Darüber hinaus soll ein verbesserter Schutz der Nachtruhe erreicht werden. Bei Neubauten bzw. wesentlichen Änderungen von Flugplätzen werden Grenzwerte von 60 dB für die Schutzzone 1 und 55 dB für Schutzzone 2 vorgeschlagen.

Verordnung über bauliche Schallschutzanforderungen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Schallschutzverordnung - SchallschutzV)

vom 05.04.1974 (BGBl. I S. 903)

Diese Verordnung gilt für bauliche Anlagen, die nach § 5 des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm im Lärmschutzbereich im Sinne dieses Gesetzes errichtet werden dürfen, sowie für Wohnungen in der Schutzzone 2.

Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung (Landeplatz-LärmschutzV)

vom 05.01.1999 (BGBl. I S. 35)

Zum Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm an Landeplätzen, auf denen nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes im vorausgegangenen Kalenderjahr 15 000 oder mehr Flugbewegungen (Starts und Landungen) von Flugzeugen, Motorseglern und Drehflüglern stattgefunden haben, sind Starts und Landungen von propellergetriebenen Flugzeugen und Motorseglern bis zu 9 000 kg höchstzulässiger Startmasse untersagt:

- montags bis freitags vor 7.00 Uhr, zwischen 13.00 und 15.00 Uhr Ortszeit und nach Sonnenuntergang,
- samstags, sonntags und an Feiertagen vor 9.00 Uhr und nach 13.00 Uhr Ortszeit.

Überlandflüge (Starts und Landungen) im Sinne des § 3a Abs. 2 der Luftverkehrs-Ordnung sind während der Ruhezeiten nach Absatz 1 zulässig, wenn für das propellergetriebene Flugzeug oder den Motorsegler ein Lärmzeugnis oder eine ihm entsprechende Urkunde des Staates erteilt ist, in dem das Luftfahrzeug zum Verkehr zugelassen ist.

Die zeitlichen Einschränkungen gelten nicht für propellergetriebene Flugzeuge und Motorsegler, die erhöhten Schallschutzanforderungen entsprechen.

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

i d. F. d. Bek. vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793)

StVZO, § 49 Geräusentwicklung und Schalldämpferanlage

Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger müssen so beschaffen sein, dass die Geräusentwicklung das nach dem jeweiligen Stand der Technik unvermeidbare Maß nicht übersteigt.

Der Stand moderner Lärminderungstechnik ist für Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 2,8 t dann gegeben, wenn folgende nach Leistungsklassen unterschiedliche Grenzwerte eingehalten oder unterschritten werden:

	weniger als 75 kW	Motorleistung von 75 kW bis weniger als 150 kW	150 kW oder mehr
Fahrgeräusch	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)
Motorbremsgeräusch ¹	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)
Druckluftgeräusch ¹	72 dB(A)	72 dB(A)	72 dB(A)
Rundumgeräusch ²	77 dB(A)	78 dB(A)	80 dB(A)

¹ Sofern entsprechende Bremsrichtungen vorhanden sind.

² Entfällt bei elektrischem Antrieb.

Bekanntmachung des Landesentwicklungsplanes Schutz vor Fluglärm

Gesetz- und Verordnungsblatt NRW (1998) Nr. 36, S. 512

7.3.5 Empfehlungen der WHO

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 1999 in einem umfangreichen Papier Empfehlungen zur Vorsorge vor schädlichen Wirkungen von Umweltgeräuschen ausgesprochen. Bei Einhaltung dieser Empfehlungen sind nach Meinung der WHO keine schädlichen gesundheitlichen Wirkungen durch Umweltgeräusche zu erwarten. Der von der WHO betrachtete Gesundheitsbegriff umfasst dabei das vollständige physische, psychische und soziale Wohlbefinden. Damit schließt dieser Gesundheitsbegriff alle Wirkungen von Gesundheitsimmissionen ein. Die Empfehlungen werden je nach Lebensumfeld für den Innen- oder Außenpegel der Geräusche ausgesprochen. Die Empfehlung für den einzuhaltenden Geräuschpegel basiert dabei auf der für die jeweilige Situation relevantesten Lärmwirkung der Geräusche und berücksichtigt sowohl den Mittelungspegel (L_{Aeq}) als auch den Maximalpegel (L_{AFmax}) für Einzelereignisse. Die folgende Tabelle fasst für die Umweltgeräusche die wichtigsten Empfehlungen der WHO zusammen.

Tabelle 38: Wichtigste Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Umweltgeräusche

Umfeld	Zu vermeidende Lärmwirkung	L_{Aeq} / dB(A)	Bezugszeit / h	L_{AFmax} / dB
Wohnumfeld (Außenpegel)	Erhebliche Belästigung	55	16	-
Wohnraum (Innenpegel)	Belästigung, Behinderung der Kommunikation	35	16	45
Schlafraum, Fenster geschlossen (Innenpegel)	Schlafstörung	30	8	45
Schlafraum, Fenster geöffnet (Außenpegel)	Schlafstörung	45	8	60
Schulklasse (Innenpegel)	Behinderung der Kommunikation und Informationsaufnahme	35	Unter- richtszeit	-
Schulhof, Spielplatz (Außenpegel)	Belästigung (nur durch andere Quellen)	55	Spielzeit	-
Krankenhaus, Betten- raum (Innenpegel)	Schlafstörung, tags Schlafstörung, nachts	30 30	16 8	- 40
Gewerbe-, Einkaufs- und Verkehrsflächen (Innen- + Außenpegel)	Schädigung des Hörvermögens	70	24	110
Außenbereich in Parks und Erholungsgebieten (Außenpegel)	Störung der Ruhe und Erholung	1)	1)	1)

1) Bestehende Ruhebereiche in Erholungsgebieten sollten geschützt und Störgeräusche möglichst niedrig gehalten werden.

Quelle: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Jahresbericht 2000, S. 37

Im Vergleich mit den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation für Umweltgeräusche setzt die Verkehrslärmschutzverordnung zum Teil deutlich höhere Immissionsgrenzwerte an. Die zur Tagszeit zulässigen Mittelungspegel liegen unabhängig von der Gebietsausweisung immer höher als 55 dB(A), so dass die Lärmschutzverordnung im Außenbereich grundsätzlich keinen Schutz vor erheblichen Belästigungen im Sinne der WHO bieten kann. Da auch die zur Nachtzeit zulässigen Mittelungspegel unabhängig von der Gebietsausweisung immer über 45 dB(A) liegen, können bei geöffneten Fenstern Schlafstörungen nicht vermieden werden. Darüber hinaus sind in der 16. BImSchV keine Grenzwerte für die Maximalpegel kurzzeitiger Einzelereignisse definiert.

In einer kurzen Stellungnahme durch das Landesumweltamt NRW zu den Regelwerken zum Lärmschutz wird der geleistete Schutz der Bevölkerung durch die Lärmschutzverordnung als unzureichend betrachtet (Landesumweltamt NRW: Jahresbericht 2000, S. 37). Neben den im

Vergleich zu den Empfehlungen der WHO hohen Grenzwerte wird bemängelt, dass die Verordnung lediglich für den Neubau von Verkehrswegen gilt. In vielen Fällen liegt die Lärmbelastung deutlich über den Grenzwerten, ohne dass bislang eine Aussicht auf Minderung besteht. Neben der 16. BImSchV bietet auch das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in seiner derzeitigen Form keinen umfassenden Schutz der Bevölkerung vor den schädlichen Wirkungen durch Luftverkehrsgeräusche. Dieses Gesetz befindet sich jedoch derzeit in Überarbeitung, um den Schutz der Anwohner in der Nähe von Flughäfen deutlich zu verbessern.

7.4 Unfallschutz

Maßnahmen zum Schutz vor Verkehrsunfällen orientieren sich an der Unfallhäufigkeit verteilt auf Alter und Geschlecht, an der Verkehrsteilnahme als Fußgänger, Radfahrer, Motorradfahrer oder Autofahrer und an der Unfallursache. Unfallschutz kann auf verschiedenen Ebenen durchgeführt werden:

1. durch technische Möglichkeiten wie Verbesserung der Sicherheit an den Fahrzeugen und an den Verkehrswegen
2. durch organisatorische Maßnahmen wie Anwendung von Verkehrsregeln, Geschwindigkeitsregulierung oder Einrichtung verkehrsberuhigter Zonen
3. durch Verhaltensbeeinflussung der Verkehrsteilnehmer.

Gefährdungen durch die Verkehrsteilnehmer entstehen u.a. durch Nichtbeachtung der Verkehrsregeln, durch Beeinflussung durch das Umfeld, durch Straßenverhältnisse, Witterungseinflüsse, Fahrzeugmängel, Alkohol, Medikamente und Gesundheitsprobleme. Sicheres Verhalten setzt die Kenntnis von Gefahren und Gefährdungen voraus. Daher sind Informationen und Training zum sicheren Verhalten im Straßenverkehr notwendig. Informationen können über verschiedene Wege gegeben werden wie über die Medien, kommunalen Verkehrssicherheitstagen, Schulen, Kindergärten und betrieblichen Aushängen.

Ein Schwerpunkt der Verkehrsunfallverhütung betrifft den Schutz hilfsbedürftiger Gruppen. So wird der Kraftfahrer durch die Straßenverkehrsverordnung aufgefordert, Kinder, hilfsbedürftige und ältere Menschen durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit nicht zu gefährden. Kinder bis zum 10. Lebensjahr dürfen mit dem Rad Gehwege benutzen. Schul- und Linienbusse dürfen an Haltestellen nicht überholt werden, wenn das Warnblinklicht eingeschaltet ist.

In Schulen und Kindergärten wird seit Jahren Verkehrserziehung betrieben. In regelmäßigen Abständen geben Beamte der Polizei Informationen zum Verhalten im Verkehr mit Übungen in der Verkehrswirklichkeit. Überprüfungen der Fahrräder auf Verkehrssicherheit und Radfahrprüfungen werden angeboten.

Die wesentlichen Vorschriften zur Verkehrsunfallverhütung sind in den Gesetzen

- **Straßenverkehrsgesetz (StVG)** vom 19.12.1952 (BGBl. I S. 837)
- **Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)** vom 16.11. 1970 (BGBl. I S. 1565)
- **Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVOZ)** vom 28.12.1988 (BGBl. I S. 1793)

verankert.

8. Literatur

Adelt, F.; Brandt, A.; Brosthaus, J.; Schneider, J.

Emissionen des Flugverkehrs in Nordrhein-Westfalen
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 59 (1999) Nr. 11/12, S. 463 - 466

Babisch, W.

Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm - Ein Beitrag zur Standortbestimmung
Zeitschrift für Lärmbekämpfung 47 (2000) Nr. 3, S. 95 - 102

Babisch, W.

Risikobewertung in der Lärmforschung – Zum Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch chronischen Lärmstress
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 6 (2001) Nr. 5, S. 243 - 250

Baumbach, G.

Verkehrsbedingte Schadstoffimmissionsbelastung in Städten und an Autobahnen
Staub – Reinhaltung der Luft 53 (1993) S. 267 - 274

BfS; BGVV; RKI; UBA (Hrsg.)

Lärmexposition und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen: Extraaurale Wirkungen
Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID) 3 (2000) S. 13 - 20
<http://www.umweltbundesamt.de>

BUND; et. al. (Hrsg.)

Hinweise zum Schutz gegen Schienenlärm
2002, 36 S.
<http://www.umweltbundesamt.de>

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.)

Verkehr in Zahlen 2001/2002
Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag (2001) 331 S.

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg.)

Umwelt und Gesundheit, Risiken richtig einschätzen
Sondergutachten
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1999 158 S.

Fromm, H.

Komplexe Umwelteinwirkungen. Teil 1: Kraftfahrzeugverkehr und Gesundheit
in: Praktische Umweltmedizin – Klinik, Methoden, Arbeitshilfen
Berlin: Springer (1994) Loseblattsammlung, Folgelieferung April 1998

Gebel, T.

Toxikologisches Gefährdungspotential der Platingruppenelemente Platin, Palladium und Rhodium
in: Zereini, F.; Alt, F. (Hrsg.)
Emissionen von Platinmetallen: Analytik, Umwelt- und Gesundheitsrelevanz
Berlin: Springer (1998) S. 269 - 280

Gesundheitsamt des Landratsamts Rems-Murr-Kreis (Hrsg.)

Gesundheit und Straßenverkehr: Gesundheitsbericht
1998, 79 S.

Heinrich, J.; Grote, V.; Peters, A.; Wichman, H.E.

Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub: Epidemiologie der Langzeiteffekte
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (2002) Nr. 3 S. 91 - 99

Henninghausen, R.H.

Straßenverkehr – Trinkwassergefährdung, Schutzmaßnahmen
Forum Städtehygiene 40 (1989) S. 2 - 14

Hillen, R.; Neutz, P.

Landesweites Geräuschscreening NRW: Aufstellung eines Immissions- und Konfliktkatasters
In: Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)
Jahresbericht 99 (2000) S. 73 - 84

Ishizaki, T.; et. al.

Studies of prevalence of japanese cedar pollinosis among the resident in a densely cultivated area
Annals of Allergy 58 (1987) S. 265 - 270

Ising, H.;Kruppka, B.; et. al.

Lärm
in: Wichmann; Fülgraff; Schlipköter (Hrsg.)
Umweltmedizin (Loseblattsammlung), 22. Erg. Lfg. 7/2001

Ising, H.;Kruppka, B.

Zum gegenwärtigen Erkenntnisstand der Lärmwirkungsforschung: Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 6 (2001) Nr. 4, S. 181 - 189

Künzli, N.; Kaiser, R.; Seethaler, R.

Luftverschmutzung und Gesundheit: Quantitative Risikoabschätzung
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 6 (2001) Nr. 4, S. 202 - 212

Künzli, N.; Kaiser, R.; Seethaler, R.

Quantitative Risikoabschätzung - Luft
in: Wichmann; Fülgraff; Schlipköter (Hrsg.)
Umweltmedizin (Loseblattsammlung), 22. Erg. Lfg. 7/2001

Künzli, N.; et. al.

Public Health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment
The Lancet 356 (2000) S. 795 – 801

Künzli, N.; et. al.

Assessment of deaths attributable to air pollution: Should we use risk estimates based on time series or on cohort studies
American Journal of Epidemiology 153 (2001) Nr.11, S1050 - 1055

Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, NRW (Hrsg.)

Entwicklungen in Nordrhein-Westfalen, Statistischer Jahresbericht

Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, NRW (Hrsg.)

Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen, 1990 - 2001

Landesarbeitsamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.)

Pendler in Nordrhein-Westfalen
Düsseldorf (1997) 28 S.

Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)

Daten und Fakten
2000, 431 S.

Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)

Emissionskataster Luft, Nordrhein-Westfalen 1996/1997
Essen: Druck und Verlag GmbH 1999

Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)

Jahresbericht 2000, S. 37

Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)

<http://www.lua.nrw.de>

lögd, Dez. 4.2

Noxeninformationssystem NIS
Version 3.7

Maschke, C; Hecht, K.; Wolf, U.; Feldmann, J.

19 X 99 Dezibel (A) – Ein gesicherter Befund der Lärmwirkungsforschung?
Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 44 (2001) Nr. 2,
S. 137 - 148

Maschke, C; Hecht, K.; Wolf, U.

Nächtliches Erwachen durch Fluglärm
Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 44 (2001) Nr. 10,
S. 1001 - 1009

Merkes, A.

Straßenverkehrslärm und Gesundheit – Analyse zur Datenlage und Möglichkeiten einer
Lärminderung
Diplomarbeit 1999, Fak. f. Gesundheitswissenschaften, Uni. Bielefeld
Materialien Umwelt und Gesundheit Nr. 21, lögd NRW, Bielefeld (2001) 96 S.

Mersch-Sundermann, V.; Haße, A.

Straßenverkehr
in: Mersch-Sundermann, V. (Hrsg.)
Umweltmedizin (1999) S. 303 - 309

Medizinisches Institut für Umwelthygiene (MIU)

Epidemiologische Untersuchungen zu gesundheitlichen Wirkungen verkehrsbedingter
Immissionen
Abschlussbericht, Dez. 1997, 266 S.

**Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW
(Hrsg.)**

Mobilität in NRW, Daten und Fakten 1999
Düsseldorf (2000) 23 S.
[Http://www.mwmtv.nrw.de](http://www.mwmtv.nrw.de)

**MURL Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW
(Hrsg)**

Wirkungskataster zu den Luftreinhalteplänen Rheinschiene Süd und Rheinschiene Mitte
Düsseldorf: MURL (1990) 341 S.

Ortscheid, J.; Wende, H. (Umweltbundesamt)

Fluglärmwirkungen
2000, 39 S.

<http://www.umweltbundesamt.de>

Peters, A.; Heinrich, J.; Wichman, H.E.

Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub: Epidemiologie der Kurzzeiteffekte
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (2002) Nr. 3 S. 101 - 115

Rosner, G. et. al.

Platin aus Automobilabgaskatalysatoren: Umweltmedizinische Bewertung auf Basis neuer
Expositions- und Wirkungsdaten
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 3 (1998) Nr. 5, S. 365 - 375

Szagun, B.; Seidel, H.

Mortalität durch den Straßenverkehr in Baden-Württemberg – Schadstoffemissionen, Unfälle,
Lärm
Gesundheitswesen 62 (2000) S. 225 - 233

Schwarz, H.

Minderung von Lärmimmissionen des Kfz-Verkehrs
UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 13 (2001) Nr. 6, S. 353 - 358

Spallek, M.; Sorsche, P.A.

Anmerkungen zur Wirkungsdiskussion über Immission und Emission von Dieselpartikeln
Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (2002) Nr. 2 S. 79 - 90

Stadt Bielefeld; Uni-Bielefeld; Iögd (Hrsg.)

Berichtsmodul Verkehr, Umwelt und Gesundheit
Bielefeld: 2001, 93 S.

Umweltbundesamt, UBA (Hrsg.) (2002)

Dauerhaft umweltgerechter Verkehr
Deutsche Fallstudie zum OECD Projekt Environmental Sustainable Transport (EST)
Berlin: Umweltbundesamt 2002, 101 S.

Umweltbundesamt, UBA (Hrsg.)

Jahresbericht 1999, 44 S.

Umweltbundesamt, UBA

<http://www.umweltbundesamt.de>

Verkehr

In: Umweltbundesamt (Hrsg.)

Jahresbericht 1998, Umweltbundesamt (2000) S. 179 – 201

Wichmann – Fiebig, M.

Umsetzung der 23. BImSchV: Ermittlung von Straßenzügen mit hoher verkehrsbedingter
Luftbelastung

in: Landesumweltamt, NRW (Hrsg.)

Jahresbericht 96 (1997) S. 32 – 36

Zereini, F.; Alt, F. (Hrsg.)

Emissionen von Platinmetallen: Analytik, Umwelt- und Gesundheitsrelevanz
Berlin: Springer (1998) 327 S.