

**Nr.18**

Entwicklung der Immissions-  
belastung in der Rhein-Ruhr-  
Region seit 1965

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1982

ISSN 0720-8499

Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten  
15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region

<sup>[Empfnd]</sup>  
Dr. M. Buck, <sup>[Ems]</sup> Dr. H. Ixfeld und <sup>[Lemms]</sup> K. Ellermann  
↙

# DIE ENTWICKLUNG DER IMMISSIONSBELASTUNG IN DEN LETZTEN 15 JAHREN IN DER RHEIN-RUHR-REGION

Dr. M. Buck, Dr. H. Ixfeld und K. Ellermann

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird über die zeitliche Entwicklung der Luftqualität in der Rhein-Ruhr-Region des Landes Nordrhein-Westfalen seit Beginn der systematischen Immissionsüberwachung zu Anfang der 60er Jahre berichtet. Das ausgewertete Datenmaterial bezieht sich auf die Immissionskomponenten:

Schwefeldioxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid,  
Fluorverbindungen, Summe organischer Verbindungen (Gesamt-C),  
Schwebstoffe, Blei-Verbindungen, Zink-Verbindungen,  
Cadmium-Verbindungen

und entstammt den Messungen im mobilen bzw. teilautomatisierten, stationären Meßnetz mit Meßstellenabständen von 1 bzw. 7 - 8 km.

Als Kenngröße für die Darstellung der Entwicklung der Immissionsbelastung von Jahr zu Jahr wurde der jeweils auf die Flächen der Stadt- und Landkreise des Rhein-Ruhrgebietes, des Ruhrgebietes sowie der 5 Belastungsgebiete an Rhein und Ruhr bezogene Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) gewählt.

Für die Immissionskomponenten:

Schwefeldioxid, Fluorverbindungen, Schwebstoffe  
sowie Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen

wurden über mehrere Jahre andauernde Abnahmen der Immissionsbelastung ermittelt. Es ist plausibel anzunehmen, daß diese Abnahmen auf Emissionssenkungen und/oder die Verbesserung der Ableitungsbedingungen der Emissionen zurückzuführen sind.

Für aufgetretene Fluktuationen der Belastung von Jahr zu Jahr über längere Zeit kamen demgegenüber verschiedene Einflüsse, insbesondere aber meteorologische Faktoren, als Ursache in Frage.

## S u m m a r y

The trend of the air quality in the Rhine-Ruhr area of North-Rhine-Westphalia is described, starting with the beginning of the systematic air quality survey in the early sixties. The evaluated data concern the air pollutants:

- sulfur dioxide
- nitrogen monoxide
- nitrogen dioxide
- fluorine compounds
- sum of organic compounds (total C)
- suspended matter
- lead compounds
- zinc compounds
- cadmium compounds

and originate from mobile or semi-automatic, stationary measurements, performed within a network of measuring stations with mutual distances of one or seven to eight kilometers, respectively.

In order to characterize the trend of the air pollution impact on a year to year basis, those annual averages (arithmetic means) were selected, which refer to the areas of the cities and counties of the Rhine-Ruhr districts and to the five areas as highly polluted regions.

For the air pollutants:

- sulfur dioxide, fluorine compounds, suspended matter
- as well as lead, zinc and cadmium compounds

a reduction of the pollution impact was observed for several years in a row. There is reason to believe that these decreases are due to reductions of the emissions and/or to improvements of the dispersion conditions for the emissions. The yearly fluctuations of the air pollution, which have been observed over longer periods of time, however, are very likely caused by various influences, primarily meteorological ones.

## E i n l e i t u n g

Die Rhein-Ruhr-Region mit den Gebieten Köln und Düsseldorf sowie dem eigentlichen Ruhrgebiet zwischen Duisburg und Dortmund hat eine Flächenausdehnung von ca. 3.500 km<sup>2</sup>. Sie zählt zu den größten zusammenhängenden Ballungsgebieten der Besiedlung, des Verkehrs, des Gewerbes und der Industrie in der Welt. Über 6 Mio. Menschen leben in diesem Raum. Ungefähr 2 Mio. Automobile werden hier betrieben. Die Rhein-Ruhr-Region ist der Schwerpunkt der Kohlegewinnung, der Stahlproduktion und der Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland. Ein Großteil der chemischen Industrie, der petrochemischen Industrie sowie der Mineralölraffinerien liegt in diesem Ballungsraum.

Durch Rechtsverordnung der Landesregierung ist die Rhein-Ruhr-Region bezüglich Luftreinhaltungsmaßnahmen in 5 Belastungsgebiete eingeteilt worden, für die regelmäßig im Abstand von 5 Jahren Luftreinhaltepläne erstellt bzw. revidiert und fortgeschrieben werden [1; 2; 3; 4; 5].

Die aus den verschiedenen Emissionsquellen in die Luft abgegebenen Stoffe führen zu Immissionsbelastungen, die hinsichtlich der Immissionskomponenten, also der einzelnen Schadstoffe, sowie ihres zeitlichen und räumlichen Auftretens sehr unterschiedlich sind und ein Potential für schädliche Immissionswirkungen bei Menschen, Tieren, Pflanzen und Sachgütern darstellen. Neben den Erkenntnis- und Aussagemöglichkeiten des Emissions- und Wirkungskatasters ist die in Form eines Immissionskatasters geordnete Information über den Verunreinigungsgrad der Luft eine wichtige Voraussetzung für die Gewährleistung einer zum Schutz von Mensch und Umwelt erforderlichen Luftgüte. Die ständige Informationsgewinnung durch eine systematische und großräumige Immissionsüberwachung liefert nämlich zum einen diejenigen Immissionsdaten, die bereits in der prophylaktischen Phase des Immissionsschutzes sowohl für Standortplanungen für Industrie- und Siedlungsgebiete und sonstige Planungen (Raumplanung, Flächennutzungsplanung) verwandt werden können, als auch im Zusammenhang mit Genehmigungsverfahren zur Beurteilung der Zulässigkeit neuer, emittierender Anlagen in der Präventivphase des Immissionsschutzes benötigt werden. Zum anderen sind die

im Immissionskataster mit jährlicher Fortschreibung gespeicherter Immissionsdaten der Ausgangspunkt für Ursachenanalysen als Voraussetzung für die Konzipierung und Durchführung gezielter, emittentenbezogener Maßnahmen zur Verminderung überhöhter Immissionsbelastungen durch geeignete Emissionsverminderungsmaßnahmen. Die Immissionsüberwachung stellt schließlich wegen ihrer Kontinuität auch eine immissionsseitige Erfolgskontrolle der im Laufe der Zeit getroffenen Immissionsschutzmaßnahmen dar.

Entsprechend diesem Stellenwert der Immissionsüberwachung im strategischen Konzept des Immissionsschutzes hat die Landesanstalt für Immissionsschutz bereits zu Anfang der 60er Jahre im Auftrag des Landes NW damit begonnen, die systematische Immissionsüberwachung aufzubauen, die sich anfänglich auf die Schadstoffe Schwefeldioxid und Staubbiederschlag bezog und flächendeckend mit einer Raumauflösung durch ein 1 km-Meßnetz-Raster mit Hilfe mobiler Meßeinrichtungen in einem Gebiet von ca. 6000 km<sup>2</sup> vorgenommen wurde [6; 7]. Rechtliche Grundlage hierfür war das damals über die seinerzeitige Bundesregelung hinausgehende Landes-Immissionsschutzgesetz, sachliche Voraussetzung die als Folge des genannten Gesetzes als Sachverständigen- und Forschungseinrichtung für Fragen der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes gegründete Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS).

Als weitere Folge des genannten Gesetzes wurde 1964 im Ruhrgebiet ein automatisches Smogwarnsystem mit 11 Meßstationen errichtet, welches bis zur kürzlich erfolgten Ablösung durch das neue telemetrische Meßsystem prozeßrechnergesteuert von der LIS betrieben wurde [8; 9]. Aufgrund der durch die aufgebaute Immissionsüberwachung zur Verfügung gestellten Informationen über die anfänglich sehr unzulängliche Luftqualität, insbesondere im westlichen Ruhrgebiet, sind seit Anfang der 60er Jahre vielfältige Maßnahmen zur Emissionssenkung getroffen worden, insbesondere zur Beseitigung des sog. braunen Rauchs aus Thomas-Stahlwerken, sowie Verbesserungsprogramme für Zementwerke, Kraftwerke, Kokereien, Erzsinteranlagen, Kupolöfen, Hausfeuerungen u.a., die z.T. beträchtliche Emissionssenkungen an den einzelnen Quellen zur Folge hatten. Bevor im folgenden die Meßergebnisse in ihrer zeitlichen Folge dargestellt und interpretiert werden, sei kurz auf die Struktur

der derzeitigen Immissionsüberwachung (LIMES: Landes-Immissions-Meß- und Erhebungssystem) eingegangen:

Zur Zeit werden neben orientierenden Immissionsmessungen in den sog. Verdichtungsgebieten (Bielefeld, Bonn, Aachen, Münster, Wuppertal, Mönchengladbach u.a.) in einem Gebiet von ca. 4.000 km<sup>2</sup> Größe die Schadstoffe in Meßnetzen mit unterschiedlichem Meßstellenabstand von 8 km bis herab zu 1 km ständig erfaßt. Das Meßgebiet ist identisch mit den bereits genannten fünf Belastungsgebieten. Die simultane Erfassung der Schadstoffe erfolgt

- durch mobile, flächendeckende und engmaschige Messungen an ca. 4.000 Meßstellen für

Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid, Fluorverbindungen, Gesamtmenge organischer Stoffe (letztere bis zum Meßjahr 1979) [10]

- durch teilautomatische Messungen mit 76 ortsfesten Meßeinrichtungen für

Schwebstoffe, Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen sowie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) [10; 11]

- durch prozeßrechnergesteuerte telemetrische Messungen in 42 vollautomatischen, ortsgebundenen Meßstationen, die als Echtzeitmessungen auch das Informationssystem für den Smogwarn-dienst darstellen, für

Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Ozon [12; 13].

In diesem automatischen Meßnetz (TEMES: Telemetrisches Echtzeit-Meßsystem) können von 42 Meßstationen zu jeder Zeit Daten über die aktuelle Immissionsbelastung in halbstündlicher Folge abgerufen werden.

Neben den flächendeckenden Immissionsmessungen in den Belastungs- und Verdichtungsgebieten werden im gesamten Gebiet des Landes NW bei Bedarf Messungen im Zusammenhang mit Störfällen, bei der Untersuchung von Schadensfällen und Beschwerdesituationen (Sofort-

einsatzgruppe der LIS) sowie spezielle Messungen geruchsintensiver Stoffe (z.B. Schwefelwasserstoff, Phenole), cancerogener Stoffe (z.B. Benzol, Vinylchlorid) und solcher Stoffe durchgeführt, die durch photochemische oder andere Reaktionen in der Atmosphäre entstehen (z.B. Photoxidantien, wie Peroxiacetylnitrat oder Schwefelsäure) [14; 15; 16; 17; 18; 19; 20].

## 2. E r g e b n i s s e   d e r   l a n g j ä h r i g e n M e s s u n g e n

Bei dem Datenmaterial, welches den hier präsentierten Untersuchungsergebnissen zugrunde liegt, handelt es sich um die Ergebnisse der mobilen Messungen im 1 km-Meßnetz und der teilautomatisierten Messungen im 7 km-Meßnetz, über die, jeweils für das aktuelle Meßjahr, jährlich in der Schriftenreihe der LIS berichtet worden ist, zuletzt im Jahre 1980 [10; 12]. Während bei dieser jährlichen Berichterstattung die Darstellung der Immissionsbelastung und Bewertung anhand von Immissionsgrenzwerten sowie Untersuchungen über die räumliche Verteilung der Immissionsbelastungen und die Erkennung von Immissionsschwerpunkten in den Meßgebieten im Vordergrund stand, wird in der vorliegenden Untersuchung die zeitliche Entwicklung seit Beginn der Immissionsüberwachung behandelt.

Die Messungen im 1 km-Meßnetz wurden gemäß den Vorschriften der jeweils gültigen TA-Luft bzw. sinngemäß vorgenommen.

Gemäß den Regelungen der 1974 erlassenen neuen, derzeit gültigen TA-Luft 1974, erfolgen an jeder Meßstelle 13 Messungen pro Jahr.

Bei den Messungen im 8 km-Meßnetz wurden an jeder Meßstelle pro Jahr 156 Einzelmessungen (Schwebstoffe), 104 Einzelmessungen (Blei- und Zinkverbindungen) und 52 Einzelmessungen (Cadmiumverbindungen) durchgeführt.

Für den hier verfolgten Zweck, den Gang der Immissionsbelastung im Laufe der Meßjahre deutlich zu machen, wurden die an den einzelnen Meßstellen ermittelten Meßwerte für Flächen zusammengefaßt, die den Gebieten der kreisfreien Städte und Landkreise entsprechen, wobei aus den Einzelwerten jeweils die Jahresmittelwerte als Beurteilungsgröße berechnet wurden (unter Jahresmittelwerte sind die arithmetischen Mittelwerte  $\bar{x}$  zu verstehen).

Um Einheitlichkeit zu erreichen, sind diejenigen Verwaltungsgrenzen zugrunde gelegt worden, die nach der letzten Funktionalreform festgelegt worden sind und z.Zt. Gültigkeit haben. Dies bedeutet z.B., daß das als kreisfreie Stadt Essen ausgewiesene Gebiet auch bereits für das Jahr 1965, dem Beginn der Immissionsüberwachung, die Fläche der zu diesem Zeitpunkt noch selbständigen Stadt Kettwig enthält, die im Jahre 1975 eingemeindet worden ist. In anderen, ähnlich gelagerten Fällen, ist ebenso verfahren worden, um durchgängig für den gesamten betrachteten Zeitraum von 15 Jahren die gleiche Bezugsfläche für die Darstellung der Immissionsbelastung zu erhalten.

Darüber hinaus wurden die Meßwerte nach den 5 Belastungsgebieten zusammengefaßt und die diesbezüglichen Jahresmittelwerte berechnet.

Die Schwebstoff-Messungen und die Messungen der Inhaltsstoffe wurden wegen der relativ geringen Zahl an Meßstellen nicht nach Gemeinden, sondern jeweils für die 5 Belastungsgebiete zusammengefaßt.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der hier zweckmäßigerweise gewählte Flächenbezug nicht den Randbedingungen entspricht, die für die Anwendung der Immissionsgrenzwerte der TA-Luft als Beurteilungsgrößen für die Luftqualität im Genehmigungsverfahren (Beurteilungsfläche  $16 \text{ km}^2$ ) oder bei Beschwerdesituationen (Beurteilungsfläche  $1 \text{ km}^2$  oder kleiner) festgesetzt worden sind. Die hier angegebenen, auf Stadt- bzw. Landkreisgebiete bezogenen Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung können daher nicht ohne weiteres zu den Immissionsgrenzwerten IW1 der TA-Luft in Beziehung gesetzt werden.

Es sei weiterhin darauf hingewiesen, daß in manchen Fällen, Überwiegend in den Randzonen des Meßgebietes (Rhein-Ruhr-Gebiet), nicht das jeweilige gesamte Stadt- bzw. Landkreisgebiet durch Messungen erfaßt worden ist, so daß sich in diesen Fällen die Belastungsangaben natürlich nur auf das erfaßte, teilweise sehr kleine Teilgebiet des jeweiligen Stadt- oder Landkreises bezieht. Gleichwohl ist als Bezeichnung der Name der jeweiligen Stadt bzw. des Landkreises gewählt worden. Aus der Übersichtskarte (Stand: 1981) (Abb. 1) kann entnommen werden, ob oder in welchem Umfang das genannte Gemeindegebiet erfaßt worden ist.

Die Kollektivstärke (Zahl der Einzelwerte) ist in Abhängigkeit von der jeweiligen Flächengröße des Stadt- bzw. Landkreises unterschiedlich und variiert z.B. bei den Messungen im 1 km-Netz zwischen ca. 600 und ca. 5000 Einzelmeßwerten pro Jahr (Stand: 1980). Diejenigen Landkreise und kreisfreien Städte, deren ausgemessene Teilflächen so klein waren, daß die Zahl der Einzelmessungen (wie z.B. Rhein-Sieg-Kreis oder Märkischer Kreis) geringer als 600 war, blieben außerhalb der Betrachtung. Die Einzelmeßwerte wurden jedoch bei der Darstellung der Immissionsbelastung in den größeren Verbänden, nämlich den Belastungsgebieten, mit ausgewertet.

Signifikanzprüfungen mit Hilfe des t-Tests haben ergeben, daß zwischen den einzelnen, auf die Flächen der Stadt- bzw. Landkreise, der Belastungsgebiete sowie des Ruhrgebietes und des Rhein-Ruhr-Gebietes bezogenen, in den verschiedenen Jahren ermittelten, Jahresmittelwerten im allgemeinen signifikante Unterschiede auf dem 99 %-Sicherheitsniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit: 1 %) bestehen, wenn folgende Differenzen zwischen den Jahresmittelwerten bestehen:

Immissionskomponente	Differenz
Schwefeldioxid	0,01 mg $\text{SO}_2/\text{m}^3$
Fluorverbindungen	0,03 $\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$
Stickstoffdioxid	0,01 mg $\text{NO}_2/\text{m}^3$
Summe org. Stoffe (Gesamt-C)	0,07 mg Gesamt-C/ $\text{m}^3$
Schwebstoffe	0,01 mg Schwebstoffe/ $\text{m}^3$
Bleiverbindungen	0,04 $\mu\text{g Pb}/\text{m}^3$
Zinkverbindungen	0,05 $\mu\text{g Zn}/\text{m}^3$
Cadmiumverbindungen	0,001 $\mu\text{g Cd}/\text{m}^3$

Neben den auf die Stadt- und Landkreisflächen bzw. die Belastungsgebiete bezogenen Immissionsbelastungswerten wurden die Jahresmittelwerte auch für das gesamte Meßgebiet - als Rhein-Ruhr-Gebiet bezeichnet - und für das Ruhrgebiet berechnet. Als Ruhrgebiet wurde ein Gebiet definiert, welches sich aus den ausgemessenen Gebieten folgender Stadt- bzw. Landkreise zusammensetzt:

Bochum, Bottrop, Dortmund, Duisburg, Essen, Gelsenkirchen, Herne, Mülheim (Ruhr), Oberhausen, Kr. Recklinghausen.

Unter Rhein-Ruhr-Gebiet wird dasjenige Areal verstanden, welches sich aus den Stadt- und Landkreisen des Ruhrgebietes (s.o.) und zusätzlich aus den ausgemessenen Gebieten folgender Stadt- und Landkreise zusammensetzt:

Düsseldorf, Kr. Düsseldorf-Mettmann, Erftkreis, Hagen (Westfalen), Köln, Krefeld, Leverkusen, Kr. Neuss, Kr. Unna, Kr. Wesel.

Neben der Angabe der absoluten Höhe der jährlichen Immissionsbelastung wurden, um die unterschiedliche Ausprägung der Belastungsveränderungen in den einzelnen Stadt- und Landkreisen relativ zum Gesamtgebiet deutlich zu machen, auch Relativwerte berechnet, die sich ergeben, wenn man die auf die Stadt- und Landkreise bezogenen sowie die belastungsgebietsbezogenen Jahresmittelwerte durch die jeweils zugehörigen Jahresmittelwerte des Gesamtgebietes dividierte. Diese für jedes Jahr berechneten

Quotienten zeigen, in welcher unterschiedlicher Weise sich die Immissionsbelastung in den einzelnen Stadt- und Landkreisen im Vergleich zum Gesamtgebiet im Laufe der Jahre entwickelt hat.

Da aus arbeitstechnischen und kapazitätsmäßigen Gründen die Messungen der Immissionskomponenten

Fluorverbindungen,  
Gesamtmenge organischer Stoffe,  
Stickstoffmonoxid und  
Stickstoffdioxid

nicht gleichzeitig flächendeckend über das Gesamtgebiet vorgenommen werden konnten, sondern in einem mehrjährigen Rhythmus in den durch die Belastungsgebiete abgegrenzten Teilgebieten erfolgen mußten, treten in der Verfolgung der zeitlichen Entwicklung der Immissionsbelastung Lücken auf, die unvermeidbar sind.

### 2.1. Schwefeldioxid

Aus der Tabelle 1 (s. Anhang) ist zu entnehmen, daß die mittlere Jahresbelastung, ausgedrückt durch die flächenbezogenen, arithmetischen Jahresmittelwerte, künftig stets als "Jahresmittelwerte" bezeichnet, seit Beginn der Immissionsüberwachung im Jahre 1965 im Rhein-Ruhr-Gebiet von ursprünglich 0,14 auf 0,07 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> abgesunken ist. Dies entspricht einer prozentualen Abnahme, bezogen auf den Ausgangswert von 0,14 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, von 50 %.

Im Ruhrgebiet betrug bei einem Ausgangswert von 0,17 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> und einem Wert von 0,08 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> im Jahre 1980 die Abnahme 53 %.

Da bereits in den Jahren 1961 - 1963 Vorläufer-Messungen in den Gebieten Duisburg und im Ruhrgebiet (außer den Gebieten Dortmund, Castrop-Rauxel und Bochum) vorgenommen worden sind, deren Struktur weitgehend den nachfolgenden, systematischen Messungen entsprach, kann als Ausgangspunkt für die Situationsbewertung im

Ruhrgebiet auch die mittlere Immissionsbelastung aus diesen Jahren herangezogen werden. Sie betrug  $0,24 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  [21; 22]. Legt man diesen Wert als Bezugsgröße zugrunde, so beträgt die Belastungsabnahme im Ruhrgebiet 67 %, bezogen auf den eben genannten Ausgangswert von  $0,24 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ .

Die Abnahme der Immissionsbelastung war in den ersten Jahren bis etwa zu Beginn der 70er Jahre steiler als in den darauffolgenden Jahren (s. Abb. 2 im Anhang). Etwa von der Mitte der 70er Jahre ab ist im Ruhrgebiet kein eindeutiger Trend zu einer Belastungsabnahme mehr erkennbar. Dieser großräumigen Entwicklung mehr oder weniger entsprechend verhalten sich auch die Entwicklungen in den einzelnen Stadt- und Landkreisen, wobei die Belastungsänderungen von Gebiet zu Gebiet unterschiedlich sind.

In den einzelnen Stadt- und Landkreisen rangieren die Belastungsabnahmen zwischen 25 % im Kreis Neuss und 67 % in Dortmund. Belastungsabnahmen von 50 % und darüber, bezogen jeweils auf den Ausgangswert im Jahre 1965, finden sich in den folgenden Stadt- und Landkreisen:

Bochum, Bottrop, Dortmund, Duisburg, Düsseldorf, Essen, Gelsenkirchen, Herne, Krefeld, Mülheim-Ruhr, Oberhausen, Landkreis Wesel.

Belastungsabnahmen im Bereich zwischen 30 und 50 % finden sich in:

Ennepe-Ruhr-Kreis, Hagen, Köln, Landkreis Recklinghausen, Landkreis Unna und Landkreis Düsseldorf-Mettmann.

Niedrigere Belastungsabnahmen, nämlich solche, die kleiner als 30 % sind, traten in Leverkusen, im Kreis Neuss und im Erftkreis auf.

Aus den Tabellen 2 und 3, in denen die Belastungsabnahmen der einzelnen Stadt- und Landkreise nach der Belastungshöhe des Jahres 1965 bzw. des Jahres 1980 in einer Rangfolge geordnet sind, läßt sich erkennen, daß mit

Bottrop, Duisburg, Gelsenkirchen, Herne und Oberhausen

fünf Stadtkreise nicht nur zu Beginn der Überwachung im Jahre 1965, sondern auch im Jahre 1980, mit ihren Belastungen oberhalb der Belastung des Gesamtgebietes lagen.

Während die Städte

Bochum, Dortmund, Essen, Krefeld und Mülheim-Ruhr

mit ihren Belastungen im Jahre 1980 unterhalb derjenigen des Gesamtgebietes lagen, fällt <sup>und der Landkreis Recklinghausen</sup> Leverkusen, dessen Belastung im Jahre 1965 unterhalb derjenigen des Gesamtgebietes lag, nunmehr in die Gruppe derjenigen Gebiete, deren Belastung größer als die des Gesamtgebietes ist.

Tabelle 2: Rangfolge der Stadt- und Landkreise mit  $\text{SO}_2$ -Belastungen oberhalb der Belastung des Gesamtgebietes  $\bar{x} = 0,14 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  (geordnet nach abnehmender Belastung) (Stand: 1965)

Herne	0,21 mg $\text{SO}_2/\text{m}^3$
Gelsenkirchen	0,20 "
Dortmund	0,18 "
Bochum	0,18 "
Oberhausen	0,18 "
Essen	0,17 "
Bottrop	0,16 "
Duisburg	0,16 "

Tabelle 3: Rangfolge der Stadt- und Landkreise mit  $\text{SO}_2$ -Belastungen oberhalb der Belastung des Gesamtgebietes  $\bar{x} = 0,07 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$  (geordnet nach abnehmender Belastung) (Stand: 1980)

Gelsenkirchen	0,09 mg $\text{SO}_2/\text{m}^3$
Oberhausen	0,09 "
Bottrop	0,08 "
Duisburg	0,08 "
Herne	0,08 "
Leverkusen	0,08 "
Landkreis Recklinghausen	0,08 "

Aus der Tab. 1 ist zu entnehmen, daß die auf die Flächen der beiden Belastungsgebiete an der Rheinschiene bezogenen Jahresmittelwerte sich in ihrem Verlauf seit 1965 sehr ähnlich verhalten. Das gleiche gilt für die Belastungsgebiete Ruhrgebiet-West und Ruhrgebiet-Mitte. Die Abnahmen seit 1965 bis 1980 (im Gebiet Ruhrgebiet-Ost bis 1978, im Gebiet Rheinschiene-Mitte bis 1979)<sup>+</sup> betragen in den einzelnen Belastungsgebieten, jeweils bezogen auf den Ausgangswert im Jahre 1965, im

Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd:	30 %
" Rheinschiene-Mitte:	20 %
" Ruhrgebiet-West:	53 %
" Ruhrgebiet-Mitte:	56 %
" Ruhrgebiet-Ost:	56 %

<sup>+</sup>) Aus Kapazitätsgründen konnten im östlichen Ruhrgebiet in den Jahren 1978 bis 1980 und im Düsseldorfer Raum im Jahre 1980 die  $\text{SO}_2$ -Messungen nicht durchgeführt werden.

Um auf einfache Weise erkennbar zu machen, wie sich die Immissionsbelastungen in den einzelnen Stadt- und Landkreisen relativ zum Gesamtgebiet in den 15 Jahren der Immissionsüberwachung verändert haben, sind in der Tab. 4 (s. Anhang) die Relativzahlen, d.h. die Quotienten aus den auf die Stadt- bzw. Landkreise bezogenen Jahresmittelwerten und den diesbezüglichen Jahresmittelwerten des Rhein-Ruhr-Gebiets, aufgeführt.

Relativwerte  $< 1$  besagen, daß die Immissionsbelastung des jeweiligen Stadt- bzw. Landkreises geringer ist als die Belastung

des Rhein-Ruhr-Gebietes, Werte  $> 1$ , daß die Immissionsbelastung über der des Gesamtgebietes liegt.

Wie man sieht, gibt es Stadt- bzw. Landkreise, deren Belastungen (Quotienten  $\leq 1$ ) seit Beginn der Immissionsüberwachung kleiner oder gerade gleich der des Gesamtgebietes gewesen sind. Dies sind:

Düsseldorf  
Kreis Düsseldorf-Mettmann  
Erftkreis  
Hagen  
Kreis Neuss

Ebenso liegt in anderen Städten während der gesamten Überwachungszeit seit 1965 die Belastung über dem Niveau des Gesamtgebietes. Zu diesen Städten zählen:

Duisburg  
Gelsenkirchen  
Oberhausen.

In anderen Stadt- bzw. Landkreisen wiederum hat sich die Immissionsituation - überwiegend zu niedrigeren Belastungen hin - im Laufe der Zeit, relativ zum Niveau des Gesamtgebietes, beträchtlich verschoben. Sehr markante relative Verminderungen - denen natürlich auch absolute Verminderungen der  $\text{SO}_2$ -Belastung entsprechen (siehe Tab. 4) - sind in folgenden Städten des Ruhrgebietes zu verzeichnen:

- in Bochum mit einem Wert von 1,3 im Jahre 1965 hin zu einem Wert von 0,7 im Jahre 1979
- in Dortmund mit einem Wert von 1,3 im Jahre 1965 hin zu einem Wert von 0,9 im Jahre 1978
- in Essen mit einem Wert von 1,2 im Jahre 1965 hin zu einem Wert von 0,9 im Jahre 1980
- in Herne mit einem Wert von 1,5 im Jahre 1965 hin zu einem Wert von 1,1 im Jahre 1980

- in Gelsenkirchen mit einem Wert von 1,4 im Jahre 1965 hin zu einem Wert von 1,1 im Jahre 1980.

In der Tab. 1 sind zusätzlich zu den Ergebnissen der flächen-deckenden, Jahr für Jahr kontinuierlich durchgeführten SO<sub>2</sub>-Immissionsüberwachung Ergebnisse der sporadischen Messungen in Verdichtungsräumen aufgeführt. Hierbei handelt es sich um Messungen, die in von Jahr zu Jahr wechselnden Meßgebieten vorgenommen werden, um eine Orientierung über die mittlere Jahresimmissionsbelastung durch Schwefeldioxid in diesen Verdichtungsgebieten zu erhalten. Man erkennt, daß in den ausgemessenen Städten im westfälischen und im rheinischen Teil des Landes die SO<sub>2</sub>-Belastungen sich unterhalb der Belastungen des Gesamtgebietes, d.h. des Rhein-Ruhr-Gebietes, bewegen.

## 2.2. Stickstoffdioxid

Aus Kapazitätsgründen konnte nicht das gesamte Rhein-Ruhr-Gebiet gleichzeitig in die Überwachung einbezogen werden, sondern dieses in fünf Belastungsgebiete aufgeteilte Gebiet wurde in Form dieser fünf Teilgebiete nacheinander ausgemessen, wodurch, bezogen auf ein und dasselbe Gebiet, die bereits genannten zeitlichen Lücken in der Verfolgung der Immissionsbelastung von Jahr zu Jahr auftreten. Dieser Umstand bewirkt, daß die Angabe einer Belastung für das gesamte Rhein-Ruhr-Gebiet nicht möglich ist und ebensowenig die relativen Vergleiche der gemeindegebietsbezogenen Belastungen mit der Belastung des Gesamtgebietes. Immerhin sind für zahlreiche Gemeinden durchgängige Meßserien vorhanden, nämlich in den Fällen, in denen sich die von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Meßgebiete überlappt haben.

Im Vergleich zum Schwefeldioxid weist die Immissionskomponente Stickstoffdioxid keinen signifikanten zeitlichen Gang der Jahresmittelwerte in den Flächen der einzelnen Stadt- und Landkreise auf. Diese Feststellung kann man trotz der bereits genannten Interpretationsschwierigkeiten wegen zeitlicher Lücken in den Messungen treffen. Die Variationen der Jahresmittelwerte in den einzelnen Stadt- und Landkreisen von Jahr zu Jahr liegen in der Mehrzahl der Fälle in der Größenordnung von nur  $\pm 0,01 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ .

Im Vergleich zum Schwefeldioxid ist übrigens auch die räumliche Inhomogenität, ausgedrückt durch die Varianzbreite der auf die Stadt- bzw. Landkreise bezogenen Jahresmittelwerte, erheblich geringer (s. Tab. 5 im Anhang).

Im Gegensatz zum Schwefeldioxid ist die Messung der Immissionskomponente Stickstoffdioxid erst im Jahre 1975 begonnen worden, nachdem allerdings bereits in den Jahren 1965 und 1966 orientierende  $\text{NO}_2$ -Messungen in Gebieten mit unterschiedlicher Flächennutzung in Nordrhein-Westfalen durchgeführt worden sind [23], deren Ergebnisse in Tabelle 6 im Anhang dargestellt sind. Ein Vergleich der in den Jahren 1975 - 1980 gefundenen  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte mit denjenigen aus dem Meßjahr 1965/66 (s. Tab. 6 im Anhang) führt zu dem Ergebnis, daß sich offenbar die  $\text{NO}_2$ -Immissionsbelastung, deren Werte im Meßjahr 1965/66 in den ausgemessenen 15 Gebieten mit einer Flächengröße von jeweils  $28 \text{ km}^2$  zwischen ca.  $0,03$  und  $0,06 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$  rangierten, seit Mitte der 60er Jahre nicht geändert hat; denn die in den Jahren 1975 - 1980 gemessenen mittleren  $\text{NO}_2$ -Belastungen liegen in dem gleichen Konzentrationsbereich.

Wie die Ergebnisse der bereits beim Schwefeldioxid erwähnten sporadischen Messungen in den Verdichtungsräumen des Landes ausweisen (s. Tab. 5), liegen auch in den Städten Aachen, Bielefeld, Bonn, Mönchen-Gladbach, Münster und Wuppertal die mittleren  $\text{NO}_2$ -Belastungen zwischen  $0,04$  und  $0,05 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$  und entsprechen damit weitgehend den in den Ballungsräumen an Rhein und Ruhr ermittelten  $\text{NO}_2$ -Belastungen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß lokal, insbesondere in unmittelbarer Nähe von Straßen als Folge der Kraftfahrzeug-Emissionen, erheblich höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen, auch als Mittelwerte, auftreten können, wie die zahlreichen, diesbezüglichen Ergebnisse verschiedener Untersucher gezeigt haben.

Ebenso widerspricht es nicht den vorgelegten Resultaten über das Nichtvorhandensein eines zeitlichen Ganges der mittleren  $\text{NO}_2$ -Belastung, wenn an solchen Kfz-verkehrsnahen Meßstellen Zunahmen der Immissionsbelastung im Laufe der letzten Jahre gefunden worden sind [24].

Da in den Jahren 1978 bis 1980 simultane Stickstoffmonoxid-Messungen durchgeführt wurden, konnte für diesen Zeitraum auch das Verhältnis von Stickstoffdioxid zu der Summe aus Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid aus den jeweiligen auf die Stadt- und Landkreise bezogenen Jahresmittelwerte der beiden Immissionskomponenten gebildet werden. Die Quotienten bewegen sich in einem Bereich zwischen 0,45 und 0,63 mit einem Mittelwert für die ausgemessene Gesamtfläche, also für das Rhein-Ruhr-Gebiet von 0,54. Diesem Wert liegen 45.354 simultane Einzelmessungen der  $\text{NO}_2$ - und  $\text{NO}$ -Konzentration mit einer Probenahmezeit von jeweils 30 Minuten zugrunde, die während der Tageszeit von 8.00 Uhr bis 17.00 Uhr an den Werktagen von Montag bis Freitag im 1 km-Meßnetzraster vorgenommen worden sind. Der Wert von  $\bar{Q} = 0,54$  ist nach einer Zusammenstellung diesbezüglicher Daten von KOLAR [25] in guter Übereinstimmung mit anderen Angaben, die sich auf das Rhein-Ruhr-Gebiet beziehen, und mit der in den USA als gesichert angesehenen Erkenntnis, daß im Mittel während der Tageszeit von einem Verhältnis der Immissionskomponente Stickstoffdioxid zu der Summe aus Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid von 0,5 auszugehen ist.

### 2.3. Fluorverbindungen

Fluorverbindungen werden seit 1971 im Rahmen der simultanen Mehrkomponentenmessungen, bei denen neben Fluorverbindungen auch Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und die Gesamtmenge organischer Stoffe (Gesamt-C) erfaßt werden, gemessen.

Aus Kapazitätsgründen konnte nicht das gesamte Rhein-Ruhr-Gebiet gleichzeitig erfaßt werden, so daß auch für die Interpretation der Fluordaten die gleichen Einschränkungen bestehen, wie sie bereits für die Immissionskomponente Stickstoffdioxid genannt wurden.

Man erkennt aus der Tab. 7 (s. Anhang), daß bei den Fluorverbindungen jedoch im Gegensatz zu den Stickstoffoxiden eine deutliche Abnahme der Immissionsbelastung in den Jahren seit 1971 zu verzeichnen ist. Diese beträgt im Zeitraum von 1971 bis 1980, jeweils bezogen auf den Ausgangswert im Jahre 1971 in:

Erftkreis	42 %
Köln	50 %
Leverkusen	56 %
Neuss	58 %

Im Zeitraum zwischen 1971 und 1979 betragen die Abnahmen in:

Düsseldorf	33 %
Kreis Düsseldorf-Mettmann	38 %
Duisburg	47 %
Krefeld	50 %
Mülheim-Ruhr	51 %
Oberhausen	47 %
Kreis Wesel	47 %.

Im Zeitraum von 1972 bis 1979 sind folgende Abnahmen zu verzeichnen:

Bochum	38 %
Bottrop	41 %
Essen	49 %
Gelsenkirchen	33 %
Recklinghausen	42 %.

Schließlich betragen die Abnahmen im Zeitraum von 1973 bis 1978 in:

Dortmund	50 %
Ennepe-Ruhr-Kreis	43 %
Herne	39 %
Unna	55 %.

Für einige derjenigen Stadt- und Landkreise, für die Meßreihen vorliegen, die sowohl vom Stichprobenumfang der Einzelmessungen her ausreichen, als auch - wegen der bereits beschriebenen, ambulanten Meßtechnik - im Verlaufe der Jahre seit 1971 zwar lückenhaft sind, sich jedoch über mehrere Jahre erstrecken, wurde die Entwicklung der Fluor-Immissionsbelastung in der Abb. 3 (s. Anhang) dargestellt. Dabei wurden die ausgemessenen Flächen derjenigen Stadt- und Landkreise zusammengefaßt, die gebietsmäßig weitgehend den Belastungsgebieten

entsprechen. Mit Ausnahme des Gebiets Rheinschiene-Mitte, in dem im Jahre 1976 ein Maximum der Belastung zu verzeichnen war, gefolgt von einem steilen Abfall des Jahresmittelwertes in den Folgejahren, zeichnen sich die anderen Gebiete durch eine ziemlich gleichmäßige Abnahme der Jahresmittelwerte aus.

#### 2.4. Summe organischer Stoffe (Gesamt-C)

Die im Jahre 1971 begonnenen Gesamt-C-Messungen mußten aus Kapazitätsgründen im Jahre 1977 aufgegeben werden, so daß sich die Übersicht über die zeitliche Entwicklung der Immissionsbelastung der organischen Stoffe nur bis zu diesem Jahr erstreckt. An die Stelle dieser pauschalen, und daher nur beschränkt aussagefähigen, Messung organischer Stoffe, für die keine Immissionsgrenzwerte existieren, und auch nicht erwartet werden kann, daß wirkungsbezogene Grenzwerte aufgestellt werden, tritt, in Ergänzung der bereits im Jahre 1978 begonnenen systematischen Überwachung polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH) im 8 km-Meßnetz in den 5 Belastungsgebieten, in zunehmendem Maße bei den großräumigen Meßaktivitäten der LIS die simultane Messung von organischen Einzelkomponenten aus dem Bereich der aliphatischen und aromatischen, gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffe, von denen zunächst an 42 Meßstationen in den 5 Belastungsgebieten ca. 20 Stoffe erfaßt werden. Daneben werden lokal bestimmte organische Stoffe, insbesondere cancerogene Substanzen, wie Vinylchlorid, Benzol u.a., gemessen.

Da auch bei den Gesamt-C-Messungen nicht gleichzeitig das gesamte Überwachungsgebiet ausgemessen werden konnte, und zudem, wie bereits erwähnt, die Meßreihen nur bis 1977 reichen, ist es schwierig, die zeitliche Entwicklung der Immissionsbelastung in den einzelnen Gebieten der einzelnen Stadt- und Landkreise miteinander zu vergleichen.

Erkennbar ist aber, daß nach einer durchgängig in allen Gemeinden feststellbaren Abnahme der Gesamt-C-Belastung von 1971/72 nach 1973 von diesem Zeitraum ab keine systematischen Veränderungen der Gesamt-C-Belastung stattgefunden haben, sondern daß,

Ähnlich wie beim Stickstoffdioxid, relativ geringfügige Schwankungen der jährlichen mittleren Immissionsbelastung auftreten. Ebenso wie bei der Komponente Stickstoffdioxid ist auch die räumliche Inhomogenität weniger stark ausgeprägt als bei der Immissionskomponente Schwefeldioxid. So variieren im letzten Meßjahr (1977) die Jahresmittelwerte zwischen den verschiedenen Städten und Landkreisen nur zwischen 0,4 und 0,5 mg C/m<sup>3</sup> (s. Tab. 8 im Anhang).

## 2.5. Schwebstoffe

Da, wie bereits eingangs erwähnt, die Schwebstoffmessungen nicht im 1 km-Meßnetz - wie bei den vorstehend abgehandelten Schadstoffen, wie SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> oder Fluorverbindungen -, sondern im 8 km-Meßnetz gemessen werden, stehen für eine auf Stadt- u. Landkreise bezogene Auswertung nicht genügend Meßstellen pro Bezugsfläche zur Verfügung. Es wurden deshalb als kleinste Einheiten für eine Übersicht über den zeitlichen Gang der mittleren jährlichen Schadstoffbelastung die 5 Belastungsgebiete in Nordrhein-Westfalen gewählt.

Wie die in Tab. 9 (s. Anhang) ausgewiesenen Jahresmittelwerte erkennen lassen, sind die Belastungen seit Beginn der Überwachung ständig abgesunken. Legt man das Jahr 1971 als Bezugsjahr zugrunde, in dem im Gegensatz zu den Jahren 1968 und 1969, in denen lediglich orientierende Messungen an einigen Meßstellen erfolgten, an allen Meßstationen Messungen vorgenommen worden sind, so bewegen sich die Abnahmen zwischen 31 %, bezogen auf den Ausgangswert im Jahre 1971, im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost und 46 % im Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte. Für das gesamte Überwachungsgebiet, welches alle 5 Belastungsgebiete umfaßt, liegt die Abnahme bei 43 %.

Es ist zu erkennen, daß die Abnahme in den ersten Jahren, insbesondere, wenn man die Messungen in den Jahren 1968 bis 1970 mit berücksichtigt, stärker sind, als in den Jahren ab 1974 (s. Abb. 4 im Anhang).

In der allgemeinen Tendenz stimmt das zeitliche Verhalten der Schwebstoff-Immissionsbelastung mit der des Schwefeldioxids überein. Im Vergleich zum Schwefeldioxid ist jedoch die räumliche Inhomogenität der Schwebstoff-Belastung wesentlich geringer.

Vergleicht man die Relativzahlen der Schwebstoffbelastungen der 5 Belastungsgebiete, also die Quotienten aus der auf die Belastungsgebiete bezogenen Schwebstoff-Belastung mit der des Gesamtgebietes, so zeigt sich, daß die Schwebstoffbelastungen in den Gebieten Rheinschiene-Süd und Rheinschiene-Mitte seit Beginn der Überwachung, also seit ca. 10 Jahren, stets unterhalb der des Gesamtgebietes lagen, wohingegen in den 3 Belastungsgebieten des Ruhrgebietes die jeweiligen Belastungen größer als die des Gesamtgebietes waren.

Die mittlere Schwebstoff-Belastung liegt in den Belastungsgebieten Ruhrgebiet-Mitte und Ruhrgebiet-Ost um ca. 30 % höher als in den Belastungsgebieten Rheinschiene-Süd und Rheinschiene-Mitte. Zwischen den beiden genannten Belastungsgebieten im Ruhrgebiet und im Rheinland rangiert das Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West.

## 2.6. Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen

Unter Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen wird im folgenden die in den Schwebstoff-Belegungen der Probenahmefilter vorhandene Gesamtmenge an röntgenfluoreszenzspektrometrisch bzw. atomabsorptionsspektralanalytisch nachweisbaren Blei-, Zink- und Cadmiumgehalten verstanden.

Die systematische Überwachung dieser 3 Immissionskomponenten wurde 1974 begonnen. Für alle 3 Komponenten konnten im allgemeinen starke Abnahmen der mittleren Immissionsbelastung seit 1974 ermittelt werden. Ebenso wie bei der Schwebstoffbelastung wurde auch bei diesen Stoffen die unterschiedliche Belastung der Rheinschiene und des Ruhrgebietes festgestellt:

Das Ruhrgebiet, d.h. die Belastungsgebiete Ruhrgebiet-West, Ruhrgebiet-Mitte und Ruhrgebiet-Ost, weist stets die höhere Belastung auf und zwar für alle 3 Stoffe ungefähr um den gleichen prozen-

tualen Anteil gegenüber den beiden Belastungsgebieten an der Rheinschiene (s. Tabellen 10, 11, 12 im Anhang und Tabelle 13 sowie Abb. 5, 6 und 7 im Anhang).

Tabelle 13: Prozentuale Abnahme der Immissionsbelastung an Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen im Jahre 1980 im Vergleich zum Ausgangswert des Jahres 1974

Gebiet	Blei- Verb.	Zink- Verb.	Cadmium- Verb.
Rheinschiene-Süd	65	61	75
" -Mitte	66	56	67
Ruhrgebiet-West	65	46	50
" Mitte	72	58	64
" Ost	72	61	58
Gesamt-Gebiet	68	57	64

Im Gegensatz zu dem zeitlichen Verhalten der Schwebstoff-Belastung die in den 5 Belastungsgebieten seit 1974 keine eindeutige Abnahme sondern eher Schwankungen von Jahr zu Jahr ausweist, verläuft die Veränderung der Belastung durch die 3 Schwebstoff-Inhaltsstoffe während dieser Zeit im gesamten Rhein-Ruhr-Gebiet eindeutig in einer Abnahme, die zwischen den 3 Komponenten wenig unterschiedlich ist, wie man aus den graphischen Darstellungen in den Abbildungen 5, 6 und 7 im Anhang leicht entnehmen kann. Dies bedeutet, daß sich nicht nur die Konzentration der Inhaltsstoffe, bezogen auf das Probeluftvolumen, sondern auch der Blei-, Zink- und Cadmium-Anteil an der auf dem Meßfilter abgeschiedenen Schwebstoffmasse, d.h. der Gehalt der Schwebstoffe an den drei genannten Immissionskomponenten seit 1974 verringert hat. Mit anderen Worten: Die Schwebstoffe sind ärmer geworden an den drei genannten Schwermetallen.

### 3. Ursachen der ermittelten Immissionsvermindernungen

Die Ursachen für die ermittelten Immissionsvermindernungen sind in drei Faktorenkomplexen zusammenzufassen. Der eine umfaßt alle im Bereich der Emission, einschl. der Austrittsbedingungen der Schadstoffe liegenden Faktoren, der zweite beinhaltet die meteorologischen Einflußgrößen, die die Ausbreitung der emittierten Stoffe und damit die auftretende Immissionsbelastungshöhe beeinflussen, und der dritte Komplex schließlich enthält diejenigen Faktoren, die die chemische und physikalische Umwandlung der Stoffe während des Transports zwischen Austrittsstelle der Emissionen und ihrer immissionsseitigen Messung bestimmen. Was sich als Immissionsmeßwert, sowohl als Einzelwert als auch als Jahresmittelwert, der in der hier vorgelegten Arbeit die Rolle spielt, manifestiert, ist das Ergebnis eines multifaktoriellen, stochastischen Prozesses, für dessen ursachenanalytische Behandlung die für ähnliche Sachverhalte geeigneten mathematisch-statistischen Modelle grundsätzlich in Frage kämen. Da es sich bei den hier behandelten Schadstoffen nicht um sekundär in der Atmosphäre während des Transports der Stoffe gebildete Substanzen handelt, wie etwa um aus Schwefeldioxid gebildete Schwefelsäure oder aus Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden photochemisch gebildetes Ozon, soll der Faktorenkomplex "Chemische und physikalische Umwandlungen" im Hinblick auf eine Auswirkung auf die von Jahr zu Jahr veränderte mittlere Immissionsbelastung außer Betracht bleiben. Aber auch bei Außerachtlassung dieses Faktorenkomplexes ist es bisher nicht möglich gewesen, durch Anwendung grundsätzlich geeigneter mathematisch-statistischer Methoden, z.B. durch Korrelationsrechnungen, die Zusammenhänge zwischen den Komplexen "Emission", "Meteorologie" und "flächenbezogener, mittlerer Immissionsbelastung" (gemeint sind hier die auf relativ große Gebiete der Städte und Landkreise bezogenen Jahresmittelwerte) herzuleiten, um, ausgehend von der gemessenen Immissionsbelastung, die von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Belastungswerte auf die Ursache für diese Belastungsänderungen, also die Komplexe "Emission" und/oder "Meteorologie" quantitativ zurückzuführen. Es ist auch fraglich, ob es überhaupt möglich ist, geschlossene

Modelle aufzustellen, die das reale, stochastische Geschehen, was sich in einer auftretenden Immissionsbelastung manifestiert, beschreiben. Man behilft sich daher bei Ursachenanalysen damit, daß man in Verfolg der Kausalkette: Emission - Immission mit Hilfe der sogenannten Ausbreitungsrechnung ursachenanalytische Fragestellungen angeht. Hierbei ist aber zu bedenken, daß diese mathematisch-meteorologischen Ausbreitungsmodelle von idealisierten Verhältnissen ausgehen. Die Randbedingungen der Modelle sind im konkreten Fall nur unvollständig oder gar nicht realisiert. Dies muß für den eigentlichen Anwendungszweck der Ausbreitungsrechnung, nämlich Immissionssimulationen für prognostische Zwecke vorzunehmen, z.B. im Zusammenhang mit der bei Genehmigungsverfahren erforderlichen Immissionsprognose, hingenommen werden, da die Anwendung von Ausbreitungsmodellen anderen denkbaren Vorhersagemethoden vorzuziehen ist. Für ursachenanalytische Aufgabenstellungen müßte, abgesehen von den prinzipiellen Einschränkungen, die Ausbreitungsmodelle der gegenwärtig praktizierten Art haben, ein emissionsseitiger und meteorologischer Input gefordert werden, der für konkrete, insbesondere lokale Situationen nicht, oder zumindest nicht in der erforderlichen Güte beigebracht werden kann. Der Grund hierfür liegt einmal in messtechnischen Schwierigkeiten bei der Emissionsermittlung, überwiegend aber in dem extremen Aufwand, der zur Beschaffung des erforderlichen Inputs betrieben werden müßte. Es wäre im Bereich "Emission" z.B. erforderlich, durch lückenlose Emissionsmessungen aller für einen bestimmten Schadstoff relevanten Quellen von Jahr zu Jahr die Entwicklung der Emission zu messen, was allein im Hinblick auf die Vielzahl der in Frage kommenden Quellen in den Bereichen Industrie, Hausbrand, Kfz-Verkehr ein utopisches Unterfangen wäre.

Um bei dieser Sachlage einerseits überhaupt Aussagen über die wahrscheinlichen Ursachen für die ermittelten Belastungsabnahmen der Immissionskomponenten Schwefeldioxid, Fluorverbindungen, Schwebstoffe, Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen machen zu können und um sich andererseits nicht in das Reich der Vermutungen und vordergründigen Erklärungsversuche zu begeben, wurden die als gesichert anzusehenden Erkenntnisse über die Auswirkungen einzelner Einflußfaktoren aus dem Emis-

sionsbereich und dem meteorologischen Bereich auf die Immissionsbelastung und Immissionsstruktur zur Interpretation der gemessenen Immissionsbelastungsdaten herangezogen.

### 3.1. Schwefeldioxid

Wie bereits im Abschnitt 2.1. angedeutet, ist ein deutlicher Abwärtstrend der mittleren Immissionsbelastung seit 1964 im gesamten Meßgebiet, im Ruhrgebiet und in den Teilgebieten erkennbar. Unterschiedlich ist der Ausprägungsgrad der Abnahme der Immissionsbelastung zwischen den einzelnen Gebieten, wie man aus Tab.1 und der Abb. 2 entnehmen kann.

Wie die Abb. 2 zeigt, ist die Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Belastung im Verlaufe der Jahre ungleichmäßig. Während im Ruhrgebiet von 1962 bis etwa zum Jahre 1968 die Abnahme deutlich ist und signifikante Unterschiede, z.B. zwischen den Jahresmittelwerten von 1962 und 1968 bestehen, so ist in den Folgejahren bis etwa 1972 trotz signifikanter Belastungsunterschiede der Abfall weniger deutlich. Ab 1972 tritt wieder ein stärkerer Konzentrationsabfall auf mit signifikanten Unterschieden zwischen der  $\text{SO}_2$ -Belastung des Jahres 1972 und derjenigen der Jahre ab 1974. Etwa von der Mitte der 70er Jahre ab ist keine signifikante Veränderung der im Ruhrgebiet ermittelten Schwefeldioxid-Belastung mehr erkennbar.

Ähnlich, nur weniger ausgeprägt, ist das Bild im gesamten Rhein-Ruhr-Gebiet, d.h. unter Einbeziehung der Randzonen des Ruhrgebietes und der Bereiche Köln und Düsseldorf. Hier ist ein Abfall der Belastung seit 1965, also seit dem Beginn der Messungen im Gesamtgebiet, bis 1970 erkennbar, gefolgt von einem Zeitraum gleichbleibender Belastung, der sich bis etwa zur Mitte der 70er Jahre erstreckt. Die im Gesamtgebiet ab 1974 festgestellte mittlere  $\text{SO}_2$ -Belastung variiert zwischen 0,07 und 0,08  $\text{mg SO}_2/\text{m}^3$ . Ein Trend ist nicht erkennbar. Betrachtet man den Kurvenverlauf für Duisburg als eines der nach wie vor höchstbelasteten Gebiete, so ist, wie im gesamten Ruhrgebiet zunächst, d.h. von 1961 bis 1967, eine steile Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Belastung festzustellen. Danach ist bis etwa zur Mitte der 70er Jahre ein annähernd glei-

ches Niveau mit Fluktuationen der Belastung von Jahr zu Jahr zu verzeichnen. Etwa ab 1975 ist die Belastung bis zum Jahre 1980 wieder signifikant abgesunken.

Bezüglich der Ursachen für die in bestimmten Zeiträumen festgestellte Abnahme der Immissionsbelastung kann davon ausgegangen werden, daß es aus meteorologischer Sicht keine Anhaltspunkte dafür gibt, daß die für die Ausprägung der Immissionsbelastungshöhe bei gegebener Emission maßgebenden meteorologischen Faktoren, wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Mischungsschichthöhe usw., einen Trend in der Zeit von Anfang der 60er Jahre bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt aufgewiesen haben. Diese Auffassung entspricht auch der langjährigen meteorologischen Erfahrung bezüglich des Auftretens von Trends im Bereich der Meteorologie schlechthin. Meteorologisch bedingt sind, wegen der von Jahr zu Jahr auftretenden Schwankungen der für die Ausbreitung der Immission verantwortlichen Faktoren hieraus resultierende Schwankungen der Immissionsbelastung von Jahr zu Jahr. Von daher gesehen kann der statistisch gesicherte Unterschied zwischen der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung des Ruhrgebietes bzw. des Rhein-Ruhr-Gebietes zu Anfang der 60er und der Belastung zum Ende der 60er Jahre, der sich als Folge eines abwärts gerichteten Trends der Immissionsbelastung ergeben hat, als nicht meteorologisch bedingt angesehen werden.

Da im Ruhrgebiet im Rahmen des Smogwarndienstes seit 1964 an 11 Meßstationen neben den mobilen Messungen auch stationäre, zeitlich lückenlose Schwefeldioxid-Messungen durchgeführt worden sind, war es möglich, die Entwicklung der Immissionsbelastung von Jahr zu Jahr getrennt für die Winter- und die Sommermonate darzustellen und zu untersuchen. Vergleicht man also die, getrennt für die Sommermonate (April - September) und für die Wintermonate (Oktober - März) berechneten Mittelwerte für Sommer und Winter miteinander, indem man jeweils den Quotienten R aus der Differenz der Mittelwerte aufeinanderfolgender Sommer- bzw. Winterzeiten und dem Sommer- bzw. Winter-Mittelwert des vorhergehenden Jahres seit 1964 bildet, so erkennt man (s. Tab. 14), daß

1. auch während derjenigen Zeit, in der praktisch keine Schwefeldioxid-Emissionen durch den Hausbrand erzeugt werden, also während des Sommers, eine Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Belastung über die Jahre erfolgt ist.
2. die relative Immissionsabnahme von Jahr zu Jahr während der Winterzeit größer ist als während der Sommerzeit,

Tabelle 14: Relative Abnahme der Schwefeldioxid-Belastung während der Sommer- und Winterzeit im Ruhrgebiet

Miteinander verglichene Jahre		$R_S$	$R_W$
vorhergehendes Jahr	Folgejahr		
1964	1965	0,11	0,14
1965	1966	0,09	0,12
1966	1967	0,06	0,09
1967	1968	0,02	0,08
1968	1969	0,00	0,07
1969	1970	0,00	0,04
1970	1971	0,00	0,03
1971	1972	0,00	0,03

Sommer

$$R_S = \frac{\bar{x}_S(\text{Folge-jahr}) - \bar{x}_S(\text{vorherg. Jahr})}{\bar{x}_S(\text{vorherg. Jahr})}$$

Winter

$$R_W = \frac{\bar{x}_W(\text{Folge-jahr}) - \bar{x}_W(\text{vorherg. Jahr})}{\bar{x}_W(\text{vorherg. Jahr})}$$

Da aus dem Bereich der Hausfeuerungen im Sommer so gut wie keine  $\text{SO}_2$ -Emissionen entstehen, folgt hieraus, daß die  $\text{SO}_2$ -Emission aus stationären Anlagen im gewerblichen und industriellen Bereich abgenommen hat und/oder die Verteilung der aus diesen Quellen abgegebenen Immissionen durch höhere Schornsteine verbessert worden ist.

Man kann annehmen, daß die  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung im Winter im Ruhrgebiet etwa zur Hälfte durch Quellen des gewerblichen und industriellen Bereiches und zur anderen Hälfte durch den Hausbrand verursacht wird. Die erstgenannten Quellen verursachen im Winter im Ruhrgebiet etwa die gleiche  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung wie im Sommer. Falls nur die  $\text{SO}_2$ -Emissionen aus industriellen und gewerblichen Quellen abgenommen hätten, sollte die Abnahme der Immissionsbelastung infolgedessen im Winter prozentual geringer sein als im Sommer. Geht man davon aus, daß neben einer Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Emission im Bereich der industriellen und gewerblichen Quellen auch die Hausbrand-Emissionen abgenommen haben, könnte während der Winterzeit zusammen eine Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung um etwa den gleichen Prozentsatz wie im Sommer resultieren. Tatsächlich haben nach SCHADE [26] zumindest in den Jahren von 1965 bis 1967 auch die Hausbrand-Emissionen abgenommen, so daß eine Abnahme der durch den Hausbrand verursachten  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung wahrscheinlich ist. Die Tatsache, daß jedoch während der Wintermonate eine relativ stärkere Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung im Vergleich zu den Sommermonaten im Verlaufe der Jahre aufgetreten ist, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß im Bereich der gewerblichen und industriellen Emissionsquellen anfangs vorhandene niedrige Schornsteine durch höhere ersetzt worden sind. Die Gründe für diese Schlußfolgerung sind: Die Obergrenze der Mischungsschicht liegt während der Wintermonate zwischen 400 und 600 m, während der Sommermonate dagegen zwischen 500 und 1500 m Höhe. Die Emissionen aus höheren Schornsteinen breiten sich infolgedessen während der Wintermonate häufig oberhalb der Mischungsschichtobergrenze aus und tragen dann nur wenig zur Immissionsbelastung am Boden bei. Höhere Schornsteine verringern infolgedessen die Immissionsbelastung im Winter stärker als im Sommer.

Die stärkere Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung zwischen 1964 und 1967 steht in Übereinstimmung mit der Abnahme der  $\text{SO}_2$ -Emissionen zwischen 1965 und 1967 [26]. Falls der von SCHADE [26] für die Folgejahre ermittelte  $\text{SO}_2$ -Emissionsverlauf richtig ist, so geht die Abnahme bzw. Konstanz der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung nach 1967 trotz zunehmender Emissionen wahrscheinlich auf den Ersatz niedriger Schornsteine durch höhere zurück.

Für die Zeit nach Beginn der 70er Jahre liegen bis etwa zur Mitte der 70er Jahre noch statistisch gesicherte Belastungsunterschiede im Ruhrgebiet vor. Eine Zuordnung der in diesen Zeiträumen aufgetretenen Belastungsabnahme zu ihren Ursachen erscheint nicht möglich. Es ist nämlich zu bedenken, daß bereits ohne Änderung der Emission und der Emissionsbedingungen, wie z.B. Austrittshöhe und sonstige Austrittsbedingungen, von Jahr zu Jahr Schwankungen der mittleren  $\text{SO}_2$ -Belastung durch die von Jahr zu Jahr auftretenden üblichen Schwankungen der die Ausbreitung der Immission beeinflussenden meteorologischen Faktoren eintreten können, die in einer Größenordnung von  $\pm 10 - 20 \%$ , bezogen auf die flächenbezogenen Jahresmittelwerte, liegen können. Dies führt dazu, daß z.B. während "milder" Winter, in denen die Häufigkeit austauscharmer Wetterlagen geringer ist als bei "strengen" Wintern, in denen aufgrund der hierfür ursächlichen Wetterlage solche austauscharmen Zeiten häufiger auftreten, die  $\text{SO}_2$ -Belastung abnimmt und somit auch der Jahresmittelwert geringer ausfällt. Zudem treten Schwankungen der  $\text{SO}_2$ -Immission von Jahr zu Jahr dadurch auf, daß die Hausbrand-Emissionen abhängig sind vom Wärmebedarf, der wiederum eine Funktion der Temperaturen während der Winterzeit ist. In kalten Wintern, in denen wegen der eben erwähnten Häufung austauscharmer Wetterlagen aus meteorologischen Gründen bei gleichbleibender Emission bereits höhere Immissionsbelastungen auftreten, ist die Hausbrandemission stärker als in milden Wintern, so daß aus zwei Ursachen in Jahren mit kalten Wintern die Jahresmittelwerte der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung höher sind als in anderen Jahren.

Temporäre Emissionsveränderungen können auch durch von Jahr zu Jahr unterschiedliche Konjunkturverhältnisse bewirkt werden, so daß hierdurch Schwankungen der  $\text{SO}_2$ -Immissionsbelastung auftreten können, wobei allerdings festzustellen ist, daß die quantitativen Zusammenhänge zwischen Konjunktur und Emission nicht bekannt sind. Zudem können Überlagerungen mehrerer Effekte auftreten, z.B. kann eine durch Konjunkturverminderung bewirkte Emissionsminderung hinsichtlich der Auswirkung auf die Immission mit einer meteorologisch bedingten Steigerung der Immissionsbelastung zusammenfallen. Es sind vielfältige Kombinationen denkbar. Aus diesen Gründen wird hier von dem Versuch einer Analyse

der seit Beginn der 70er Jahre aufgetretenen Belastungsabnahmen und Fluktuationen der  $\text{SO}_2$ -Belastung und einer Spekulation darüber, welche der einzelnen Ursachenkomplexe für eine Änderung der  $\text{SO}_2$ -Belastung in Frage kommen, abgesehen.

### 3.2. Fluorverbindungen

Die aus der Abb. 3 ersichtliche Abnahme der Immissionsbelastung durch Fluorverbindungen im Rhein-Ruhr-Gebiet ist wahrscheinlich ebenfalls nicht durch meteorologische Faktoren sondern durch im Emissionsbereich liegende temporäre und auf Dauer wirksame Emissionsverminderungen bzw. Verbesserungen der Ableitbedingungen an den einzelnen emittierenden Anlagen zurückzuführen. Die Entwicklung der Immissionsbelastung durch Fluorverbindungen im Gebiet der Rheinschiene-Mitte zwischen 1975 und 1977 fällt insofern aus dem Rahmen als im Jahre 1976, im Gegensatz zu der Entwicklung in den benachbarten Gebieten, die Immissionsbelastung deutlich ansteigt, um im Jahre 1977 wieder abzufallen. Die Ursachen für diese Erscheinung sind nicht bekannt.

### 3.3. Schwebstoffe

Auch bei der Immissionskomponente Schwebstoffe muß die Ursache für die im Abschnitt 2.5. angegebene Abnahme der Immissionsbelastung in den Jahren zwischen 1968 und Mitte der 70er Jahre in allen Bereichen des Rhein-Ruhrgebietes auf Veränderungen im Emissionsbereich und/oder im Bereich der Verbesserung der Ausbreitungsbedingungen gesucht werden.

Die in einer früheren Publikation vom Verfasser auf der Basis der Meßdaten von 1971 bis 1977 vertretene Auffassung [27], wonach aufgrund einer gleichsinnigen Tendenz der Schwebstoff-Immissionsbelastung und der Anzahl der austauscharmen Wittersituationen während der Winterzeit meteorologische Einflüsse den Gang der Schwebstoff-Immissionsbelastung bestimmt haben, muß revidiert werden; denn seit 1977 besteht keine gleichsinnige Entwicklung der Schwebstoff-Belastung und der Zahl der aus-

tauscharmen Wetterlagen mehr, so daß aufgrund einer solchen, für den Zeitraum von 1972/73 bis 1975/76 plausibel erscheinenden Gleichsinnigkeit eines Indikators für das meteorologische Geschehen und der Jahresmittelwerte der Schwebstoff-Belastung keine verallgemeinerungsfähigen Schlüsse mehr gezogen werden können. Dies zeigt übrigens auf, welche Schwierigkeiten bei der Ursachenanalyse von Trends und Fluktuationen der Immissions-Belastung bestehen und macht deutlich, daß Plausibilitätsbetrachtungen und bestehende Korrelationen oft nur Hinweise geben können, aber keineswegs hinlängliche Aussagen über Ursachen und Wirkung zulassen.

Ebenso wie bei der Immissionskomponente Schwefeldioxid dürften von Jahr zu Jahr vorhandene Änderungen der meteorologischen Konditionen zu Schwankungen der Schwebstoff-Belastung in der Größenordnung von  $\pm 10$  bis 20 %, bezogen auf die Jahresmittelwerte im Bereich um  $0,10 \text{ mg Schwebstoffe/m}^3$ , führen, so daß ein meteorologischer Einfluß in dem Zeitraum von Mitte der 70er Jahre bis 1980 wahrscheinlich ist. Es gelten aber für Schwebstoffe weitgehend auch die im Zusammenhang mit der Immissionskomponente Schwefeldioxid gemachten Ausführungen über die Komplexizität der möglichen Ursachen und ihrer Überlagerungen.

#### 3.4. Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen

Für die drei o.g. Immissionskomponenten, auch als Schwermetalle bezeichnet, gilt ebenfalls, daß die drastische Abnahme ihrer mittleren Jahreskonzentrationen die Folge eines Geschehens im Emissionsbereich ist und/oder durch eine bessere Verteilung der Stoffe durch höhere Auslässe bedingt ist. Der zuletztgenannte Einfluß kann aber nicht dominierend sein, da seit 1974, dem Beginn der Schwermetall-Messungen, die Abnahme der Schwebstoffe von Jahr zu Jahr nicht im gleichen Maße erfolgt, wie die der drei Schwermetalle. Während bei den Schwebstoffen von 1974 und 1975 nach 1976 sogar ein leichter Anstieg der Belastung im Rhein-Ruhr-Gebiet zu verzeichnen war, nahm während dieser Zeit die Schwermetallbelastung sehr stark ab. Es ist also, worauf im Abschnitt 2.6. bereits eingegangen worden ist, seit 1974 eine Ver-

armung der Schwebstoffe an diesen drei Schwermetall-Komponenten eingetreten, was auf eine Emissionsverminderung als Ursache schließen läßt. So ist z.B. bekannt, daß bei Sinteranlagen der Einsatz von Abbränden in den letzten Jahren auf ca. 1/4 der ursprünglich eingesetzten Menge reduziert worden ist. Die gleichsinnige Abnahme aller drei Stoffe deutet darauf hin, daß die Ursache für die Abnahme ein und dieselbe ist. Insofern wäre die vordergründig naheliegende Vermutung, die Abnahme der Blei-Immissionsbelastung resultiere allein oder im wesentlichen aus einer Abnahme des Bleigehaltes von Kraftfahrzeug-Abgasen als Folge des Benzin-Bleigesetzes nicht plausibel, zumal auch die Meßstationen nicht im unmittelbaren Einflußbereich von Kraftfahrzeug-Emissionen und Kraftfahrzeug-Immissionen liegen.

## S c h r i f t t u m

- [1] Verordnung zur Festsetzung von Belastungsgebieten  
- Belastungsgebiets-Verordnung - vom 18.11.1975.  
Gesetz- und Verordnungsblatt NW, 29. Jg., Nr. 79,  
Ausgabe A vom 9.12.1975, S. 645 ff.
- [2] Luftreinhalteplan Rheinschiene-Süd (Köln) 1977-1981,  
herausgegeben vom Minister für Arbeit, Gesundheit und  
Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1977.
- [3] Luftreinhalteplan Ruhrgebiet-West (Duisburg-Oberhausen-  
Mülheim) 1978-1982, herausgegeben vom Minister für Arbeit,  
Gesundheit und Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1978.
- [4] Luftreinhalteplan Ruhrgebiet-Ost (Dortmund) 1979-1983,  
herausgegeben vom Minister für Arbeit, Gesundheit und  
Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1979.
- [5] Luftreinhalteplan Ruhrgebiet-Mitte 1980-1984,  
herausgegeben vom Minister für Arbeit, Gesundheit und  
Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1980.
- [6] STRATMANN, H. und E. HERPERTZ:  
Staubniederschlagsmessungen im Land NW.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 2, S. 20-47,  
Verlag W. Girardet, Essen 1966.
- [7] STRATMANN, H. und M. BUCK:  
Schwefeldioxid-Immissionsmessungen im Land NW.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 3, S. 7-53,  
Verlag W. Girardet, Essen 1966.
- [8] STRATMANN, H. und S. KÜLSKE:  
Smogwarndienst im Land NW.

Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 2, S. 7-19, Verlag W. Girardet, Essen 1966.

- [9] KÜLSKE, S. und H.W. LOHSE:  
Das Smogalarmsystem des Landes NW.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 33, S. 69-72, Verlag W. Girardet, Essen 1974.
- [10] IXFELD, H. und M. BUCK:  
Immissionsüberwachung im Lande NW.  
Bericht über die Ergebnisse des III. u. IV. Meßprogramms des Landes NW (Schwefeldioxid- und Mehrkomponentenmessungen).  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz, H. 51, S. 58-113, Verlag W. Girardet, Essen 1980.
- [11] IXFELD, H.:  
PAH-Immissionsmessungen im Lande NW,  
VDI-Berichte (1980), Nr. 358, S. 135-137.
- [12] KÜLSKE, S., H.U. PFEFFER und M. BUCK:  
Immissionsüberwachung im Lande NW.  
II. Meßprogramm - Smogwarndienst -  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz, H. 51, S. 47-57, Verlag W. Girardet, Essen 1980.
- [13] PFEFFER, H.U.:  
Das telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem (TEMES) zur Immissionsüberwachung in NW.  
(in Vorbereitung).
- [14] BUCK, M., H. IXFELD und H. GIES:  
Die Messung von Schwefelwasserstoff-Immissionsbelastungen in verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H.44, S.15-23, Verlag W.Girardet, Essen 1978

- [15] BRUCKMANN, P. und E.W. LANGENSIEPEN:  
Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Ozonkonzentrationen und meteorologischen Parametern im Rhein-Ruhrgebiet.  
Staub-Reinhaltung der Luft, 41 (1981), S. 79-85.
- [16] BRUCKMANN, P. und P. EYNCK:  
Messung von Photooxidantien (Ozon und PAN) im Rhein-Ruhrgebiet,  
VDI-Bericht (Tagungsband) "Photochemische Luftverunreinigungen in der Bundesrepublik Deutschland",  
Herausgegeben von der VDI-Kommission RdL, Düsseldorf 1980.
- [17] BRUCKMANN, P., M. BUCK und P. EYNCK:  
Modelluntersuchungen über den Zusammenhang zwischen Vorläufer- und Photooxidantienkonzentrationen.  
Staub-Reinhaltung der Luft, 40 (1980), Nr. 9,  
S. 412-417.
- [18] BRUCKMANN, P. und P. EYNCK:  
Analyse der Bildung von Photooxidantien an der Meßstelle Essen-Süd.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 49, S. 19-28, Verlag Girardet, Essen 1979.
- [19] BRUCKMANN, P. und W. MÜLDER:  
Die Messung von Peroxiacetylnitrat (PAN) in der Außenluft - Verfahren und erste Ergebnisse -  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 47, S. 30-41, Verlag W. Girardet, Essen 1979.
- [20] BRUCKMANN, P., K. ELLERMANN und H. IXFELD:  
Die Ozonbelastung im Köln-Bonner Raum in den Meßjahren 1977-1980.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW (in Vorbereitung).

- [21] STRATMANN, H., M. BUCK, U. HÖLZEL und D. ROSIN:  
Untersuchungen über die SO<sub>2</sub>-Immissionen im Stadt-  
gebiet von Duisburg.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 1, S. 25-44,  
Verlag W. Girardet, Essen 1965.
- [22] STRATMANN, H., M. BUCK und E. HERPERTZ:  
Untersuchungen über Schwefeldioxid- und Staub-  
immissionen im nördlichen Ruhrgebiet.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 1, S. 52-68,  
Verlag W. Girardet, Essen 1965.
- [23] HARTKAMP, H. und H. STRATMANN:  
Untersuchungen über Stickstoffdioxid-Immissionen  
in einigen ausgewählten Bezirken des Landes NW.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 14, S. 70-78,  
Verlag W. Girardet, Essen 1969.
- [24] RUDOLF, W.:  
Jahresbericht 1980 des Umweltbundesamtes, Berlin.  
Herausgeber: Umweltbundesamt, Berlin 1981.
- [25] KOLAR, J.:  
Anteil der Stickstoffdioxid-Immissionen an der ge-  
samten Stickstoffdioxid-Immission in den Städten.  
Staub-Reinhaltung der Luft, 41 (1981), S. 85-90.
- [26] SCHADE, H.:  
Die erwartete Schwefeldioxidemission aus Feuerungs-  
anlagen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum  
Jahre 1985 unter Berücksichtigung des Energiepro-  
gramms 1974 der Bundesregierung.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und  
Bodennutzungsschutz des Landes NW, H. 35, S. 42-49,  
Verlag W. Girardet, Essen 1975.

- [27] BUCK, M.:  
Die Entwicklung der Schwebstoff-Immissions-  
belastung von 1968 bis 1977 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions-  
schutz des Landes NW, H. 46, S. 7-20,  
Verlag W. Giardet, Essen 1978.

T a b e l l e n - u n d B i l d a n h a n g

Tabelle 1: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung  
durch Schwefeldioxid [mg/m<sup>3</sup>]

Meßgebiet	Meßjahr															
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Düsseldorf	0,12	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-
Duisburg	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15	0,13	0,13	0,12	0,10	0,11	0,09	0,08
Essen	0,17	0,14	0,11	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06
Krefeld	0,14	0,12	0,08	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,10	0,06	0,08	0,08	0,06
Mülheim-Ruhr	0,14	0,14	0,11	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
Oberhausen	0,18	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,16	0,17	0,17	0,13	0,15	0,09	0,08	0,08	0,10	0,09
Kr. Düsseldorf-Mettmann	0,10	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-
Kr. Neuss	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06
Kr. Wesel	0,12	0,10	0,09	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,11	0,10	0,10	0,09	0,06
Köln	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07
Leverkusen	0,11	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Erf.-Kreis	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05
Bottrop	0,16	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10	0,08
Gelsenkirchen	0,20	0,17	0,15	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
Kr. Recklinghausen	0,18	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08
Bochum	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	-	-
Dortmund	0,18	0,16	0,14	0,11	0,12	0,11	0,11	0,09	0,10	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	-	-
Hagen-Westf.	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06	0,07	0,05	0,05	-	0,04	0,07	-	-
Herne	0,21	0,20	0,17	0,16	0,15	0,12	0,13	0,13	0,12	0,10	0,10	0,09	0,07	0,08	0,07	0,08
Kr. Unna	0,13	0,13	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05	0,07	-	-
Ruhrgebiet	0,17	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07
Belastungsgebiet																
Rheinschiene-Süd	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07
Rheinschiene-Mitte	0,10	0,09	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-
Ruhrgebiet-West	0,15	0,13	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07
Ruhrgebiet-Mitte	0,18	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Ruhrgebiet-Ost	0,16	0,15	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	-	-
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-
München-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-

Tabelle 4: Werte des Quotienten  $Q^+$  für Schwefeldioxid

Meßgebiet	Meßjahr															
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Düsseldorf	0,86	1,00	0,82	0,82	0,91	0,90	0,90	0,80	0,78	0,63	0,63	0,88	0,86	0,86	1,00	-
Duisburg	1,14	1,17	1,18	1,27	1,36	1,40	1,40	1,50	1,67	1,63	1,63	1,50	1,43	1,57	1,13	1,14
Essen	1,21	1,17	1,00	1,09	1,09	1,00	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,86
Krefeld	1,00	1,00	0,73	1,09	1,00	1,00	1,00	0,90	0,89	0,88	0,88	1,25	0,86	1,14	1,00	0,86
Mülheim	1,00	1,17	1,00	1,09	1,18	1,10	1,10	1,10	1,22	1,13	1,13	0,75	0,86	0,86	0,75	0,71
Oberhausen	1,29	1,42	1,45	1,27	1,36	1,30	1,60	1,70	1,89	1,63	1,88	1,13	1,14	1,14	1,25	1,29
Kr.Düsseldorf-Mettmann	0,71	0,67	0,55	0,64	0,73	0,70	0,70	0,60	0,67	0,63	0,63	0,88	0,86	0,86	1,00	-
Kr.Neuss	0,57	0,58	0,64	0,73	0,82	0,80	0,80	0,80	0,67	0,50	0,50	0,75	0,71	0,71	0,88	0,86
Kr.Wesel	0,86	0,83	0,82	0,91	1,00	0,90	0,80	0,80	0,89	0,88	1,00	1,38	1,43	1,43	1,13	0,86
Köln	0,79	0,83	0,73	0,73	0,82	0,90	0,90	0,80	0,78	0,75	0,88	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00
Leverkusen	0,79	0,75	0,64	0,64	0,73	0,80	0,90	0,70	0,78	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	0,88	1,14
Erft-Kreis	0,50	0,50	0,55	0,55	0,73	0,60	0,80	0,70	0,78	0,75	0,75	0,75	0,71	0,86	1,00	0,71
Bottrop	1,14	1,17	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,13	1,13	1,00	1,29	1,29	1,25	1,14
Gelsenkirchen	1,43	1,42	1,36	1,55	1,36	1,40	1,20	1,10	1,33	1,38	1,25	1,25	1,29	1,29	1,25	1,14
Kr.Recklinghausen	0,93	1,00	1,09	0,91	1,00	1,00	0,90	0,80	0,89	1,13	1,00	0,88	1,29	1,29	1,13	1,14
Bochum	1,29	1,25	1,09	1,09	1,18	0,90	1,00	1,00	1,00	0,88	0,88	0,88	0,71	0,71	-	-
Dortmund	1,29	1,33	1,27	1,00	1,09	1,10	1,10	0,90	1,11	0,88	0,88	0,88	0,71	0,86	-	-
Hagen	0,71	0,67	0,64	0,64	0,73	0,60	0,70	0,60	0,78	0,63	0,63	-	0,57	1,00	-	-
Herne	1,50	1,67	1,55	1,45	1,36	1,20	1,30	1,30	1,33	1,25	1,25	1,13	1,00	1,14	0,88	1,14
Kr.Unna	0,93	1,08	0,91	0,82	0,82	0,90	0,80	0,70	0,89	0,75	0,75	0,50	0,71	1,00	-	-
Ruhrgebiet	1,21	1,25	1,18	1,18	1,18	1,20	1,20	1,20	1,22	1,13	1,25	1,00	1,14	1,14	1,00	1,14

$$+)_Q = \frac{\bar{x} \text{ (Meßgebiet)}}{\bar{x} \text{ (Gesamgebiet)}}$$

Tabelle 5: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid [mg/m<sup>3</sup>]

Meßgebiet	Meßjahr					
	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Düsseldorf	0,05	0,06	0,04	-	0,05	-
Duisburg	0,05	0,05	0,05	-	0,05	-
Essen	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	-
Krefeld	0,04	0,05	0,04	-	0,04	-
Mülheim	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	-
Oberhausen	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	-
Kr. Düsseldorf-Mettmann	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	-
Kr. Neuss	0,04	0,05	0,04	-	0,04	0,04
Kr. Wesel	0,04	0,04	0,04	-	0,04	-
Köln	-	0,04	0,05	-	-	0,05
Leverkusen	-	-	-	-	-	0,05
Erftkreis	-	0,04	0,04	-	-	0,04
	-	-	-	-	-	0,04
	-	-	-	-	-	0,03
Bottrop	0,05	0,05	0,04	0,05	-	-
Gelsenkirchen	-	0,06	-	0,05	-	-
	-	-	-	-	-	-
Kr. Recklinghausen	-	0,05	0,05	0,05	-	-
Bochum	-	0,05	0,05	0,05	-	-
Dortmund	-	0,05	0,05	0,05	-	-
Hagen	-	-	0,04	0,05	-	-
Herne	-	0,06	0,05	0,06	-	-
Kr. Unna	-	0,04	0,04	0,04	-	-
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	-	-	-	-	-	0,05
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,04	0,05	0,04	-	0,05	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	0,05	0,05	0,05	-	0,05	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	-	0,05	0,05	0,05	-	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	-	0,05	0,05	0,05	-	-
Bielfeld	-	-	-	0,04	-	-
Bonn	-	-	-	0,04	-	-
Wuppertal	-	-	-	0,05	-	-
Aachen	-	-	-	-	0,04	-
Mönchen-Gladbach	-	-	-	-	0,05	-
Münster	-	-	-	-	0,05	-

Tabelle 6:

Jahresmittelwerte  $\bar{x}$  der Stickstoffdioxid-  
Immissionen in einigen ausgewählten Bezirken  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
(Meßzeitraum: September 1965 bis September 1966)

Bezeichnung des Meßgebietes	Meßgebiet Nr.	Anzahl der Einzel- werte (N)	Arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) [mg NO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gelsenkirchen-			
Scholven	1	727	0,04
Wanne-Eickel	2	721	0,06
Castrop-	3	719	0,04
Rauxel-Ickern			
Oberhausen-	4	724	0,04
Holten			
Köln-Kalk	5	726	0,05
Krefeld-Linn	6	719	0,04
Bochum-Rienke	7	727	0,06
Essen-Stadt	8	724	0,06
Dortmund-Stadt	9	706	0,05
Recklinghausen-	10	725	0,04
Stadt			
Düsseldorf-Stadt	11	720	0,06
Ringenberg	12	727	0,02
Grevenbroich	13	303	0,03
Nievenheim	14	300	0,04
Lünen	15	310	0,04
	alle Gebiete	9578	0,05

Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung  
durch Fluorverbindungen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Meßgebiet	Meßjahr									
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Düsseldorf	0,39	-	-	0,40	0,41	0,46	0,49	-	0,26	-
Duisburg	0,62	0,73	-	0,47	0,47	0,47	0,43	-	0,33	-
Essen	-	0,70	-	-	0,42	0,44	0,40	0,36	0,41	-
Krefeld	0,56	-	-	0,43	0,45	0,47	0,44	-	0,28	-
Mülheim	0,47	0,56	-	0,44	0,42	0,38	0,41	0,27	0,23	-
Oberhausen	0,58	0,65	-	0,47	0,61	0,50	0,44	0,35	0,31	-
Kr. Düsseldorf-Mettmann	0,32	-	-	0,37	0,35	0,51	0,37	0,25	0,20	-
Kr. Neuss	0,40	-	-	0,44	0,39	0,68	0,47	-	0,25	-
Kr. Wesel	0,53	0,47	-	0,38	0,40	0,33	0,38	-	0,28	-
Köln	0,30	-	0,44	0,32	0,30	0,22	0,24	-	-	0,15
Leverkusen	0,34	-	-	0,32	0,30	-	-	-	-	0,15
Erfthkreis	0,26	-	0,51	0,43	0,34	0,25	0,25	-	-	-
Bottrop	-	0,58	-	-	0,43	0,39	0,38	-	-	-
Gelsenkirchen	-	0,63	0,65	-	-	0,40	-	0,42	-	-
Kr. Recklinghausen	-	0,55	0,48	-	-	0,35	0,42	0,32	-	-
Bochum	-	0,60	0,59	-	-	0,37	0,38	0,37	-	-
Dortmund	-	-	0,58	-	-	0,33	0,37	0,29	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	0,35	0,21	-	-
Herne	-	-	0,59	-	-	0,37	0,42	0,36	-	-
Ennepe-Ruhr-Kreis	-	-	0,51	-	-	0,42	0,39	0,29	-	-
Kr. Unna	-	-	0,56	-	-	0,36	0,38	0,25	-	-
<b>Belastungsgebiet</b>										
Rheinschiene-Süd	0,30	-	-	0,36	0,31	0,24	0,24	-	-	0,15
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,37	-	-	0,40	0,38	0,55	0,44	-	0,24	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	0,55	-	-	0,44	0,47	0,43	0,42	-	0,29	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	-	0,61	0,56	-	-	0,39	0,40	0,35	-	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	-	-	0,57	-	-	0,35	0,38	0,27	-	-
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	0,16	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-
Mönchen-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-

Tabelle 8:

Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch organische Verbindungen (Gesamt-C) [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]

Meßgebiet	Meßjahr								
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Düsseldorf	0,58	0,53	-	0,47	0,46	0,47	0,43	-	-
Duisburg	-	-	-	0,44	0,50	0,44	0,51	-	-
Essen	-	0,73	-	-	0,45	0,48	0,48	-	-
Krefeld	-	-	-	0,37	0,43	0,38	0,42	-	-
Mülheim	-	0,62	-	0,44	0,56	0,45	0,54	-	-
Oberhausen	-	0,73	-	0,45	0,54	0,43	0,48	-	-
Kr. Düsseldorf-Mettmann	0,54	-	-	0,41	0,39	0,50	0,40	-	-
Kr. Neuss	0,55	-	-	0,40	0,40	0,33	0,43	-	-
Kr. Wesel	-	0,46	-	0,38	0,44	0,31	0,38	-	-
Köln	0,64	-	0,49	0,43	0,45	0,34	-	-	-
Leverkusen	0,64	-	-	0,39	0,40	-	-	-	-
Erftkreis	-	-	0,46	0,44	0,47	0,33	0,44	-	-
Bottrop	-	0,74	-	-	0,55	0,36	0,38	-	-
Gelsenkirchen	-	0,79	0,54	-	-	0,41	-	-	-
Kr. Recklinghausen	-	0,73	0,51	-	-	0,33	0,38	-	-
Bochum	-	-	0,51	-	-	0,42	0,51	-	-
Dortmund	-	-	0,45	-	-	0,38	0,43	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	0,35	-	-
Herne	-	-	0,55	-	-	0,43	0,44	-	-
Kr. Unna	-	-	0,50	-	-	0,30	0,31	-	-
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	0,64	-	-	0,42	0,44	-	-	-	-
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,56	-	-	0,43	0,42	0,43	0,42	-	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	-	-	-	0,42	0,49	0,40	0,47	-	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	-	-	-	-	-	0,40	0,43	-	-
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	-	-	0,48	-	-	0,34	0,37	-	-
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	0,39	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	0,49	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54
München-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52

Tabelle 9:

Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Schwebstoffe [mg/m<sup>3</sup>]

Meßgebiet	Meßjahr												
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	-	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	-	-	-	0,13	0,11	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	-	0,23	0,21	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	0,20	0,20	0,19	0,15	0,15	0,14	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,09
Belastungsgebiet Ruhrgebiet Ost	0,20	0,19	0,18	0,16	0,16	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09
Ruhrgebiet	0,20	0,21	0,19	0,15	0,15	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,20	0,18	0,18	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-
Mönchen-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-

Tabelle 10: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch  
Blei-Verbindungen in Schwebstoffen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Meßgebiet	Meßjahr						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	0,81	0,72	0,59	0,54	0,36	0,37	0,28
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,96	0,90	0,66	0,60	0,42	0,41	0,33
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	1,20	1,06	0,94	0,88	0,54	0,52	0,42
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	1,30	1,00	0,84	0,77	0,53	0,47	0,37
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	1,37	1,11	0,96	0,87	0,56	0,47	0,38
Ruhrgebiet	1,29	1,06	0,91	0,84	0,54	0,49	0,39
Rhein-Ruhr-Gebiet	1,13	0,96	0,80	0,73	0,48	0,45	0,36
Bielefeld	-	-	-	-	0,24	-	-
Bonn	-	-	-	-	0,34	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	0,34	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	0,21	-
Mönchen-Gladbach	-	-	-	-	-	0,34	-
Münster	-	-	-	-	-	0,25	-

Tabelle 11: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch  
Zink-Verbindungen in Schwebstoffen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Meßgebiet	Meßjahr						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	0,80	0,65	0,59	0,53	0,44	0,47	0,31
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,99	0,85	0,72	0,59	0,55	0,62	0,44
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	1,15	1,01	0,94	0,78	0,71	0,78	0,62
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	1,25	1,00	0,94	0,75	0,69	0,69	0,53
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	1,73	1,45	1,46	1,18	1,05	0,89	0,67
Ruhrgebiet	1,37	1,15	1,11	0,90	0,82	0,79	0,61
Rhein-Ruhr-Gebiet	1,18	0,99	0,93	0,77	0,69	0,69	0,51
Bielefeld	-	-	-	-	0,41	-	-
Bonn	-	-	-	-	0,41	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	0,48	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	0,40	-
Mönchen-Gladbach	-	-	-	-	-	0,49	-
Münster	-	-	-	-	-	0,41	-

Tabelle 12: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Cadmium-Verbindungen in Schwebstoffen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Meßgebiet	Meßjahr						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd	0,012	0,009	0,007	0,005	0,005	0,004	0,003
Belastungsgebiet Rheinschiene-Mitte	0,009	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West	0,010	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte	0,011	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,004
Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost	0,012	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,005
Ruhrgebiet	0,011	0,008	0,007	0,007	0,006	0,005	0,005
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,011	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004
Bielefeld	-	-	-	-	0,003	-	-
Bonn	-	-	-	-	0,003	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	0,005	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	0,003	-
München-Gladbach	-	-	-	-	-	0,003	-
Münster	-	-	-	-	-	0,004	-

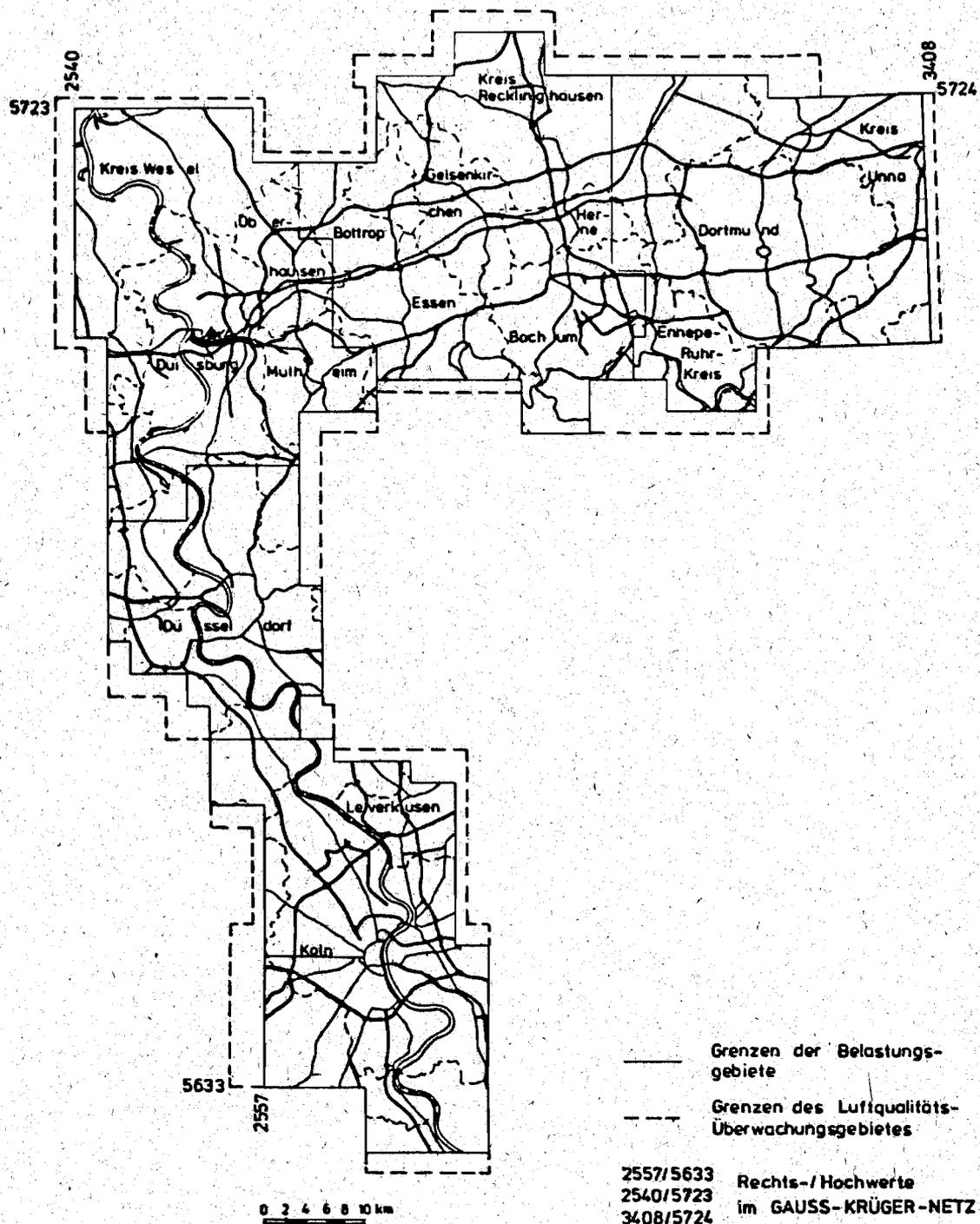


Abb. 1: Übersichtskarte über das Luftqualitäts-Überwachungsgebiet im Rhein-Ruhr-Gebiet

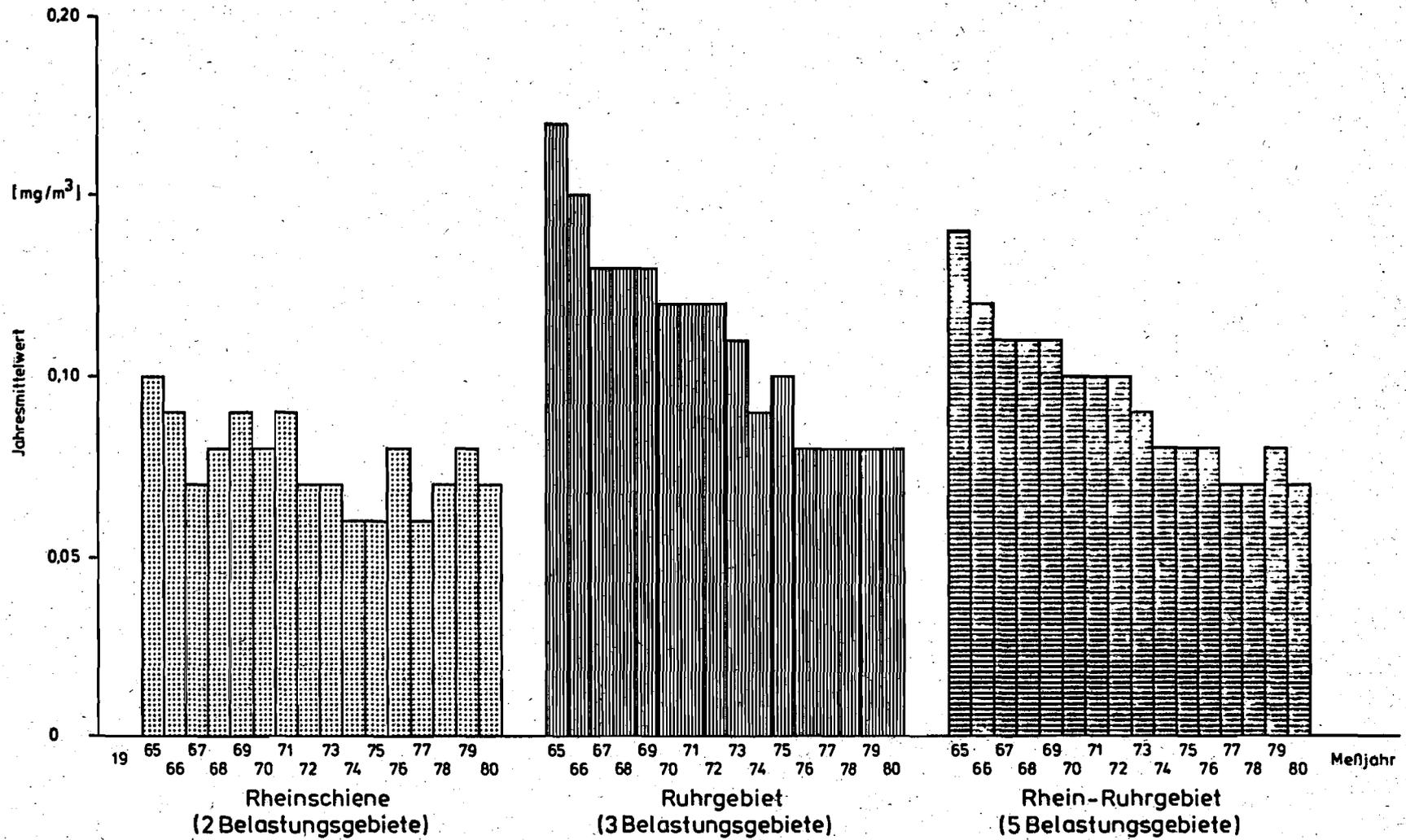


Abb. 2: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid

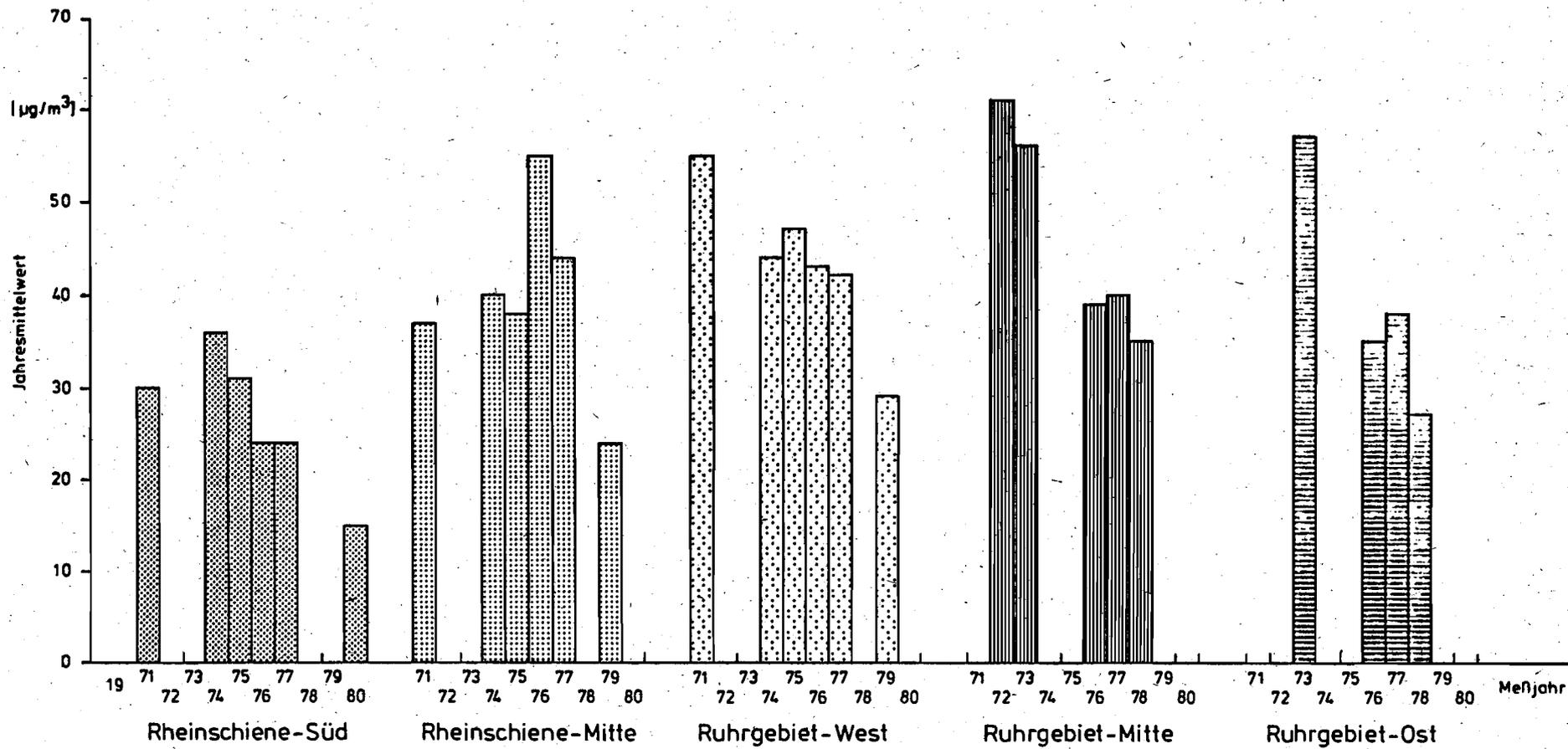


Abb. 3: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Fluorverbindungen

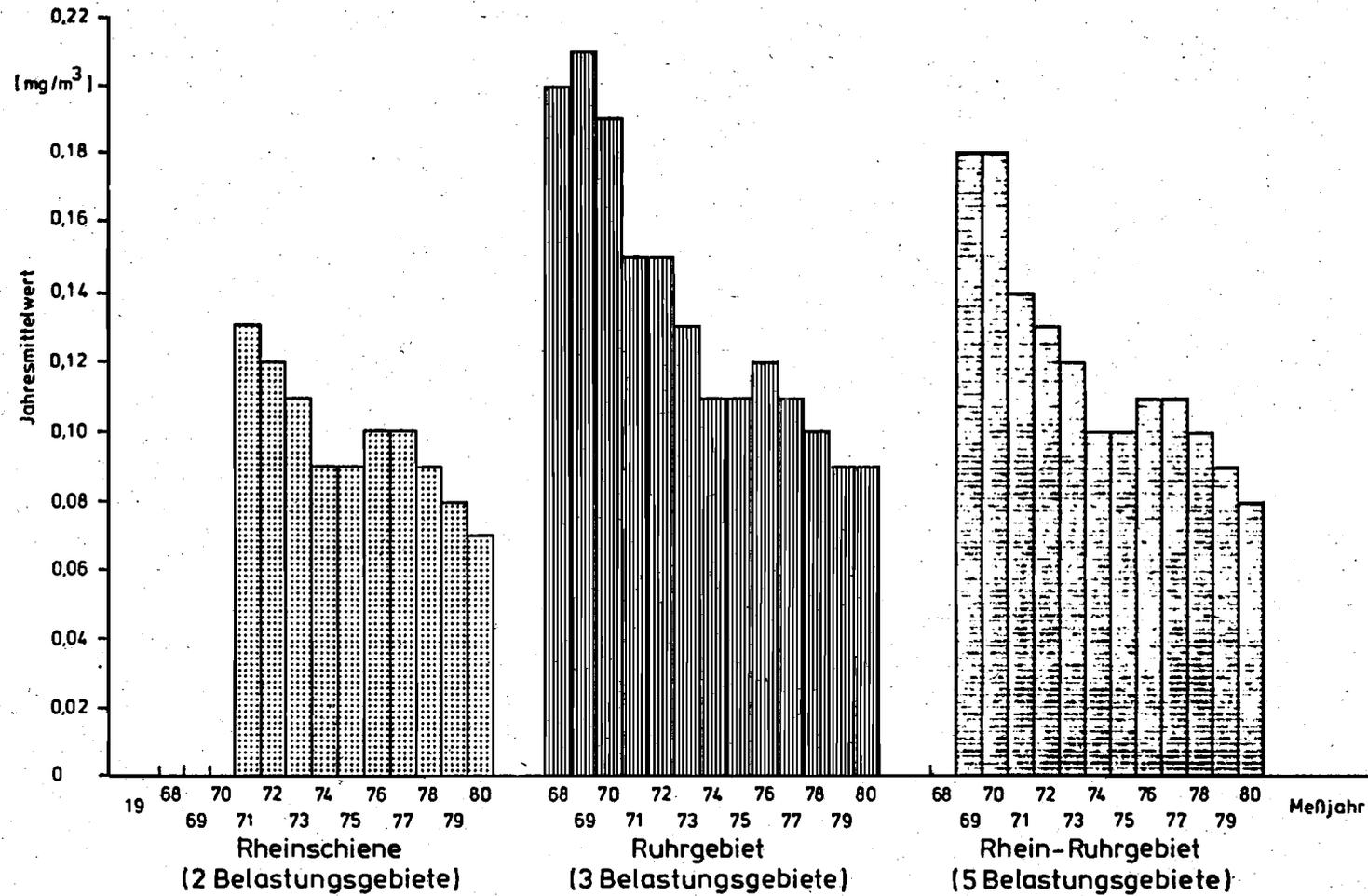


Abb. 4: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Schwebstoffe

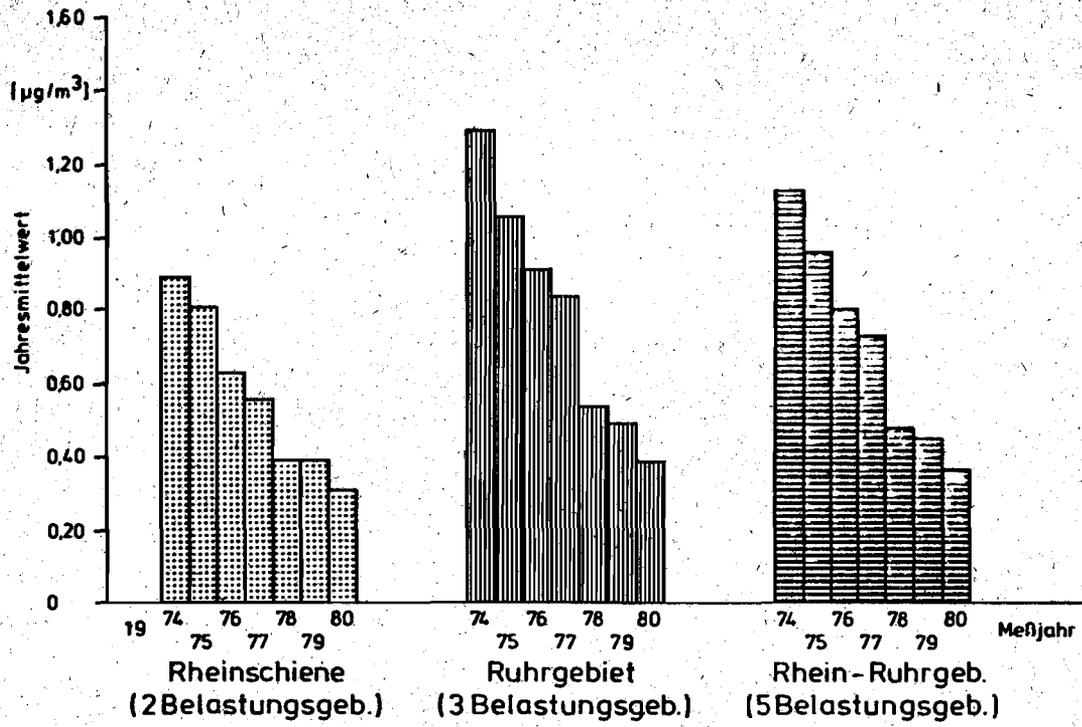


Abb. 5: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Blei-Verbindungen

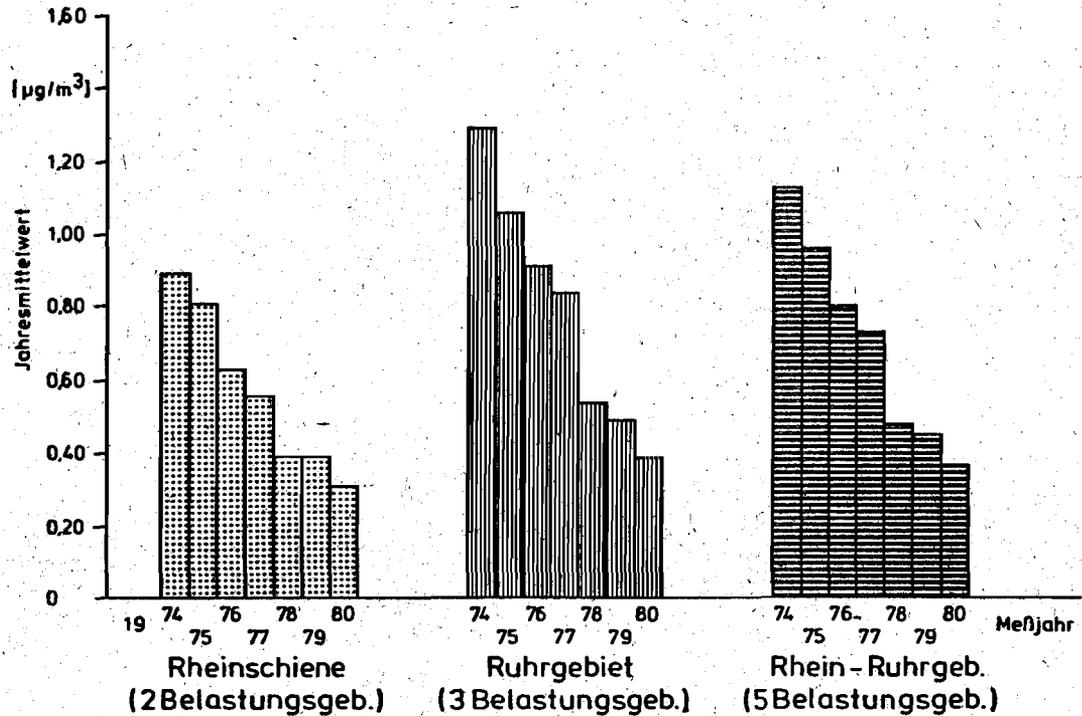


Abb. 6: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Zink-Verbindungen

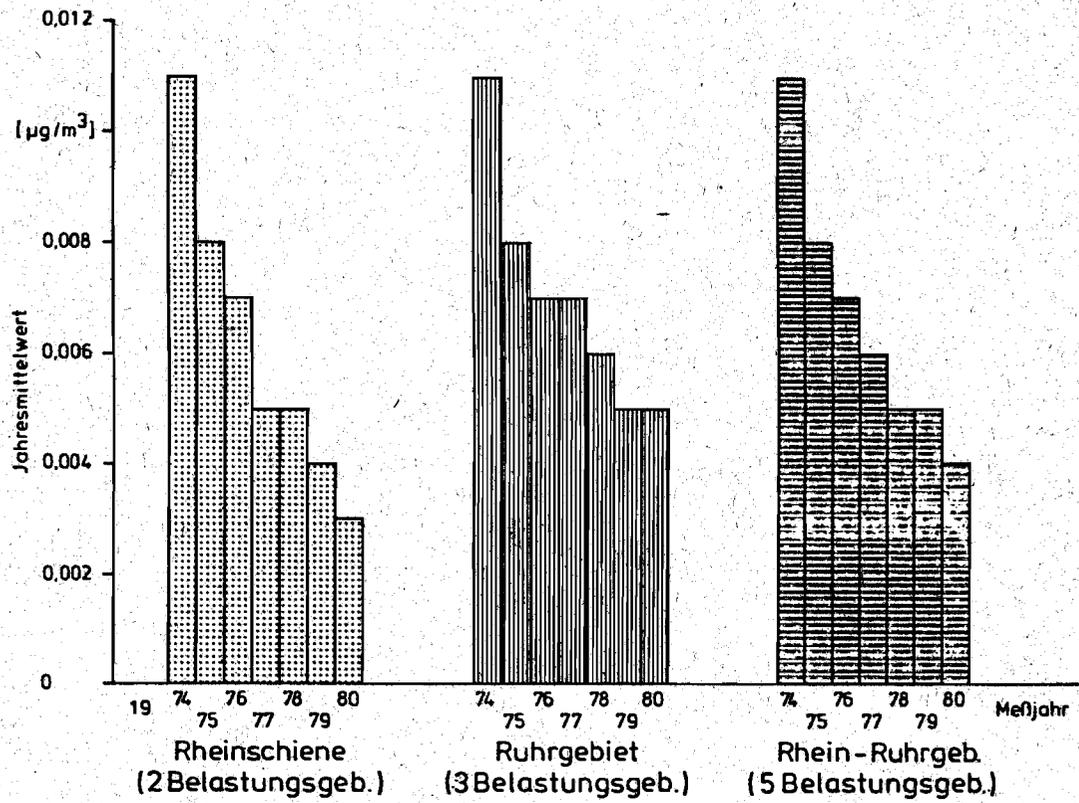


Abb. 7: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Cadmium-Verbindungen

25: 21068

Landesbibliothek  
Essen

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ  
DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN,  
ESSEN

Fortschreibung des LIS-Berichtes Nr. 18 (1982)  
"Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den  
letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region".

Buck, Manfred

//

Quelle: Schriftenreihe der Landesanstalt  
für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-  
Westfalen, Heft 58, Seiten 111, 112, 115  
u. 117, Verlag W. Girardet, Essen 1983.

T a b e l l e 3: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid [ mg/m<sup>3</sup> ]

Meßgebiet	M e ß j a h r																	
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Düsseldorf	0,12	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-	-	0,05
Duisburg	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15	0,13	0,13	0,12	0,10	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08
Essen	0,17	0,14	0,11	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
Krefeld	0,14	0,12	0,08	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,10	0,06	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07
Mülheim-Ruhr	0,14	0,14	0,11	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Oberhausen	0,18	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,16	0,17	0,17	0,13	0,15	0,09	0,08	0,08	0,10	0,09	0,07	0,08
Kr. D'dorf-Mettmann	0,10	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-	-	0,04
Kr. Neuss	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05
Kr. Wesel	0,12	0,10	0,09	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,11	0,10	0,10	0,09	0,06	0,06	0,06
Köln	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06
Leverkusen	0,11	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	0,05
Erft-Kreis	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,05	0,06	0,06
Bottrop	0,16	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10	0,08	0,07	0,07
Gelsenkirchen	0,20	0,17	0,15	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
Kr. Recklinghausen	0,13	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,06	0,07
Bochum	0,18	0,15	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	-	-	-	0,06
Dortmund	0,18	0,16	0,14	0,11	0,12	0,11	0,11	0,09	0,10	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	-	-	-	0,06
Hagen-Westfalen	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06	0,07	0,05	0,05	-	0,04	0,07	-	-	-	0,05
Herne	0,21	0,20	0,17	0,16	0,15	0,12	0,13	0,13	0,12	0,10	0,10	0,09	0,07	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09
Kr. Unna	0,13	0,13	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05	0,07	-	-	-	0,05
Ruhrgebiet	0,17	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06

Tabelle 3: Fortsetzung

Meßgebiet	M e ß j a h r																	
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
<u>Belastungsgebiet</u>																		
Rheinschiene-Süd	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06
Rheinschiene-Mitte	0,10	0,09	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	-	-	0,05
Ruhrgebiet-West	0,15	0,13	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07
Ruhrgebiet-Mitte	0,18	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
Ruhrgebiet-Ost	0,16	0,15	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,08	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	-	-	-	0,06
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
Mönchengladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-
Krefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
Siegen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-
Bergisch-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
Hamm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
Wesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05

T a b e l l e 7: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Schwebstoffe [ mg/m<sup>3</sup> ]

Meßgebiet	M e ß j a h r														
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
<u>Belastungsgebiet</u>															
Rheinschiene-Süd	-	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
Rheinschiene-Mitte	-	-	-	0,13	0,11	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08
Ruhrgebiet-West	-	0,23	0,21	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09
Ruhrgebiet-Mitte	0,20	0,20	0,19	0,15	0,15	0,14	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,09	0,08	0,09
Ruhrgebiet-Ost	0,20	0,19	0,18	0,16	0,16	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08
Ruhrgebiet	0,20	0,21	0,19	0,15	0,15	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,20	0,18	0,18	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08
Bielefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-
Bonn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-
Mönchengladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-
Münster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-
Krefeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
Siegen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-
Bergisch-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06
Hamm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09
Wesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08

T a b e l l e 9: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Cadmium-Verbindungen in Schwebstoffen [  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

Meßgebiet	M e ß j a h r								
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
<u>Belastungsgebiet</u>									
Rheinschiene-Süd	0,012	0,009	0,007	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002
Rheinschiene-Mitte	0,009	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002
Ruhrgebiet-West	0,010	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005
Ruhrgebiet-Mitte	0,011	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003
Ruhrgebiet-Ost	0,012	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004
Ruhrgebiet	0,011	0,008	0,007	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,011	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003
Bielefeld	-	-	-	-	0,003	-	-	-	-
Bonn	-	-	-	-	0,003	-	-	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	0,005	-	-	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	0,003	-	-	-
Mönchengladbach	-	-	-	-	-	0,003	-	-	-
Münster	-	-	-	-	-	0,004	-	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	0,004	-	-
Krefeld	-	-	-	-	-	-	0,005	-	-
Siegen	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-
Bergisch-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002
Hamm	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002
Wesel	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003

T a b e l l e 10: Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung durch Blei-Verbindungen in Schwebstoffen [  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

Meßgebiet	M e ß j a h r								
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
<u>Belastungsgebiet</u>									
Rheinschiene-Süd	0,81	0,72	0,59	0,54	0,36	0,37	0,28	0,24	0,26
Rheinschiene-Mitte	0,96	0,90	0,66	0,60	0,42	0,41	0,33	0,27	0,25
Ruhrgebiet-West	1,20	1,06	0,94	0,88	0,54	0,52	0,42	0,33	0,42
Ruhrgebiet-Mitte	1,30	1,00	0,84	0,77	0,53	0,47	0,37	0,32	0,31
Ruhrgebiet-Ost	1,37	1,11	0,96	0,87	0,56	0,47	0,38	0,32	0,28
Ruhrgebiet	1,29	1,06	0,91	0,84	0,54	0,49	0,39	0,33	0,34
Rhein-Ruhr-Gebiet	1,13	0,96	0,80	0,73	0,48	0,45	0,36	0,30	0,30
Bielefeld	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-
Bonn	-	-	-	-	0,34	-	-	-	-
Wuppertal	-	-	-	-	0,34	-	-	-	-
Aachen	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-
Mönchengladbach	-	-	-	-	-	0,34	-	-	-
Münster	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-
Hagen	-	-	-	-	-	-	0,29	-	-
Krefeld	-	-	-	-	-	-	0,38	-	-
Siegen	-	-	-	-	-	-	0,29	-	-
Bergisch-Gladbach	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
Hamm	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21
Wesel	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6  
4300 E s s e n 1

Bericht-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:

LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.

- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems -

Kurztitel: Fernüberwachung mit LIDAR

1978. 47 Seiten mit 11 Abbildungen, 6 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.

vergriffen

Bericht-Nr. 2:

BUCK, M.:

Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität.

Kurztitel: Randbedingungen bei der Beurteilung der Luftqualität.

1978. 44 Seiten mit 8 Abbildungen, 10 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.

Bericht-Nr. 3:

SCHEICH, G.:

Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA.

Kurztitel: Luftüberwachung und Ausbreitung - Ein USA-Reisebericht -

1979. 47 Seiten mit 17 Abbildungen und 74 Literaturhinweisen.

vergriffen

Bericht-Nr. 4:

SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:

Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau.

Kurztitel: Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten.

1979. 133 Seiten mit 53 Abbildungen, 13 Tabellen und 6 Literaturhinweisen.

Bericht-Nr. 5:

SPLITTGERBER, H.:

Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.

Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.

Kurztitel: Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.

1979. 52 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 6:** STRAUCH, H.:  
Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege.  
Kurztitel: Dämmwirkung von Dachentlüftern.  
1979. 33 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 7:** KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:  
Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.  
Kurztitel: Falschfarbenfotografie - Ein Mittel zur Erkennung von Pflanzenschäden.  
1980. 43 Seiten mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und 11 Karten.
- Bericht-Nr. 8:** WIETLAKE, K.H.:  
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern.  
Kurztitel: Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schmiedehämmern.  
1980. 59 Seiten mit 15 Abbildungen, 5 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 9:** STRAUCH, H.:  
Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen.  
Kurztitel: Konzept für Lärminderungspläne.  
1980. 49 Seiten mit 11 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 10:** HILLEN, R.:  
Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung  
-Ziele, Methodik, Ergebnisse-  
Kurztitel: Flächenbezogene Geräusch-Immissionen.  
1980. 75 Seiten mit 18 Abbildungen, 7 Tabellen und 12 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 11:** MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.  
Kurztitel: Schwebstaubmeßgerät FH62I für die automatische Immissionsmessung.  
1980. 26 Seiten mit 10 Abbildungen und 2 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 12:** GIEBEL, J.:  
Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten.  
Kurztitel: Verhalten atmosphärischer Sperrschichten.  
1981. 39 Seiten mit 12 Abbildungen, 3 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 13:** BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:  
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen.  
1981. 44 Seiten mit 7 Abbildungen, 13 Tabellen und 14 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 14:** BRANDT, C.J.:  
Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen.  
Kurztitel: Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum.  
1981. 140 Seiten mit 37 Abbildungen, 22 Tabellen und 149 Literaturhinweisen.  
(Abdruck der Dr. agr.-Dissertation vom 13. August 1979, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät, Bonn)
- Bericht-Nr. 15:** WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht -  
Kurztitel: Thallium-Emissionen bei der Herstellung von Portlandzement-Klinker.  
1981. 67 Seiten mit 29 Abbildungen und 16 Tabellen.
- Bericht-Nr. 16:** PRINZ, B.:  
Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.  
(In Vorbereitung).
- Bericht-Nr. 17:** BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen.  
Kurztitel: Dioxin-Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen.  
1982. 25 Seiten mit 2 Abbildungen, 6 Tabellen und 8 Literaturhinweisen.