

Luftqualität

in Nordrhein-Westfalen

LUQS-Jahresbericht 1999



Wasser

Boden

Abfall



Technik
Verfahren

**Luftqualität
in Nordrhein-Westfalen**

LUQS-Jahresbericht 1999

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2001

Impressum:

- Herausgeber: **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)**
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen
Telefon (02 01) 79 95 - 0 • Telefax (02 01) 79 95-14 48
e-mail: poststelle@lua.nrw.de
Essen 2001
- Autorin u. Autoren: Dr. Jutta Geiger; Dr. Reinhold Beier, Prof. Dr. Peter Bruckmann, Alfred Doppelfeld, Jürgen Friesel, Uwe Hartmann, Dr. Ernst Hiester, Dr. Ulrich Pfeffer, Uwe Romberg, Eberhard Straub
- Textbearbeitung,
Layout u. Redaktion: Dr. Jutta Geiger
- Druck: Woeste Druck + Verlag GmbH u. Co. KG, Essen
- Papier: Die Broschüre ist umweltfreundlich aus 100 % Altpapier ohne Zusatz von Chlor hergestellt

ISSN 1438-8448 (Luftqualität in Nordrhein-Westfalen, LUQS-Jahresbericht 1999)

(Anm. zur Titelländerung: Der neue Serientitel „Luftqualität in NRW, LUQS-Jahresberichte...“ fasst ab Ausgabe 1997 die bisherige fortlaufende Berichterstattung in den „TEMES-Jahresberichten“, ISSN 0947-3491, sowie in den „LIMES-Jahresberichten, Reihe B“, ISSN 0947-3521, zusammen und ersetzt diese Vorläufer-Publikationen)

- Bildtafel/Titelseite: Luftqualitätsüberwachung in NRW - Messstationen im Umfeld von Industrieanlagen (li. oben), im städtischen Wohngebiet (re. oben), an Brennpunkten des Kfz-Verkehrs (li. unten) und in ländlichen Gebieten (re. unten); Fotos: Bernd Biallaß

-
- Informationsdienste: Umweltdaten aus NRW, Fachinformationen des LUA NRW:
- Internet unter <http://www.lua.nrw.de>
- Aktuelle Luftqualitätswerte aus NRW:
- Videotext des WDR-Fernsehens, 3. Progr., Tafel 177-199
- Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW
(24-Std.-Dienst): Telefon (02 01) 71 44 88

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	5
Abstract	7
Einleitung	9
1. Das Messnetz	11
1.1 Übersicht über die Messstationen und das Messprogramm	11
1.2 Messverfahren	16
1.2.1 Allgemeines	16
1.2.2 Kontinuierliche Messungen	17
1.2.3 Diskontinuierliche Messungen	20
1.3 Datenerfassung und Datentechnik	23
2. Beurteilungsmaßstäbe zur Bewertung der Luftqualität	25
Die 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität	28
Die 2. Tochterrichtlinie zur Luftqualität	30
Die 3. Tochterrichtlinie zur Luftqualität	30
3. Ergebnisse der Luftqualitätsmessung in NRW 1999	32
3.1 Kontinuierliche Messungen	32
3.1.1 Schwefeldioxid	32
3.1.2 Kohlenmonoxid	37
3.1.3 Stickstoffmonoxid	41
3.1.4 Stickstoffdioxid	45
3.1.5 Ozon	50
3.1.6 Schwebstaub	56
3.2 Diskontinuierliche Messungen	63
3.2.1 Metallverbindungen im Schwebstaub	63
3.2.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe im Schwebstaub	71
3.2.3 Ruß	77
3.2.4 Kohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe	78
3.2.5 Polychlorierte Dibenzodioxine und –furane	96
3.2.6 Polychlorierte Biphenyle	98

4.	Vergleichende Bewertung	101
4.1	Meteorologie	101
4.2	Analyse der Jahresgänge – mittlere Belastungsfaktoren	108
4.2.1	Kontinuierlich gemessene Schadstoffe	108
4.2.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe im Schwebstaub	110
4.2.3	Schwermetalle im Schwebstaub	112
4.3	Trend der Jahreskenngrößen	113
4.3.1	Kontinuierlich gemessene Schadstoffe	113
4.3.2	Diskontinuierlich gemessene Stoffe	119
4.3.2.1	Metallverbindungen im Schwebstaub	119
4.3.2.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe im Schwebstaub	121
4.3.2.3	Ruß	124
4.3.2.4	Kohlenwasserstoffe	124
4.3.2.5	PCDD/PCDF	128
4.3.2.6	PCB	129
	Literaturverzeichnis	132

Zusammenfassung

Der vorliegende Jahresbericht stellt die an insgesamt 68 ortsfesten Messstationen in NRW erhobenen Messungen zur Luftqualität umfassend dar und interpretiert die Daten im Hinblick auf die Belastungsstruktur, auf Verursachergruppen, auf den Vergleich mit Beurteilungsmaßstäben und auf die Trends der Luftbelastung.

Wie schon im Vorjahr werden nicht nur die kontinuierlich gemessenen Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid, Schwebstaub und Ozon behandelt, sondern auch die Messergebnisse der Komponenten dargestellt, die aus Stichproben gewonnen wurden, weil sie einer manuellen Probenahme mit nachgeschalteter Laboranalytik bedürfen. Hierzu zählen insbesondere die Staubinhaltsstoffe (Schwermetalle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Ruß), die gasförmigen organischen Verbindungen wie Benzol sowie hochtoxische Verbindungen (Dioxine, Furane, polychlorierte Biphenyle).

1999 wurde die Neustrukturierung des Luftmessnetzes fortgesetzt, um es sowohl der geänderten Belastungssituation als auch den Erfordernissen der neuen Luftqualitätsrichtlinie der Europäischen Union anzupassen. Dies führte zur Einrichtung von 6 neuen Stationen. Neben den Stationen zur Messung der städtischen und ländlichen Hintergrundbelastung wurden 1999 17 Stationen in Quellnähe von Luftverunreinigungen eingesetzt, davon 10 Stationen an industriellen Belastungsschwerpunkten und 7 Stationen an Brennpunkten des Kfz-Verkehrs.

Die Bewertung der gemessenen Daten wird derzeit dadurch erschwert, dass sich die Bewertungsmaßstäbe durch neue Erkenntnisse der Wirkungsforschung und durch die kommende Gesetzgebung der europäischen Union im Umbruch befinden. Dem wurde dadurch Rechnung getragen, dass die Messdaten sowohl mit den derzeit gültigen Grenz- und Richtwerten, als auch mit den kommenden Grenzwerten der Europäischen Union verglichen wurden.

Im Jahr 1999 wurden für keine der gemessenen Komponenten Überschreitungen verbindlich festgelegter Grenzwerte (TA Luft, 22. BImSchV) festgestellt. Für einige Komponenten (vor allem Ozon und Staubinhaltsstoffe wie Cadmium und Nickel, punktuell auch für Schwebstaub) kam es jedoch zu Überschreitungen von Richtwerten des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und der 22. BImSchV (Ozon). Legt man die bereits beschlossenen neuen Grenzwerte der Europäischen Union der Beurteilung zu Grunde, werden die künftig einzuhaltenden Grenzwerte für die Komponenten Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Summe der Stickoxide bereits jetzt eingehalten. Überschreitungen des Grenzwertes für Blei, der ab 2005 gültig ist, gibt es lediglich an 2 Messstellen im Nahbereich von NE-Metallhütten, während die kommenden Grenzwerte für Stickstoffdioxid an 6 Verkehrsmessstationen, für Benzol an einigen Verkehrsmessstationen und einer industrienahen Station, und für die PM₁₀-Fraktion des Schwebstaubs an insgesamt 28 Messstationen (Tagesmittel) überschritten werden. 1999 wurden erstmals in NRW auch die Feinstaubfraktionen PM_{2.5} an 3 Stationen erfasst. Die Jahresmittelwerte liegen zwischen 26,8 µg/m³ in Duisburg-Meiderich und 15,8 µg/m³ in der Hintergrundstation Eifel. Überschreitungen zukünftiger Grenzwerte der Europäischen Union zeichnen sich auch für die Staubinhaltsstoffe Cadmium, Nickel und Benz[a]pyren als Leitsubstanz der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe an einzelnen industriell geprägten Messstationen ab. Diese Komponenten wurden diskontinuierlich an bis zu 56 ortsfesten Stationen gemessen.

Dagegen wird der Zielwert des LAI von 150 fgI-TE/m³ für die hochtoxischen Dioxine und Furane nunmehr auch an der emittentennahen Station Duisburg-Wanheim eingehalten. Die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen haben somit gegriffen.

Bei Ozon wurde der geltende Informationswert der Europäischen Union von 180 µg/m³ an 18 Stationen überschritten, während keine Überschreitungen der Warnschwelle (360 µg/m³) und der Eingreifschwelle des ausgelaufenen Ozongesetzes (240 µg/m³) beobachtet wurden. Damit steht in Übereinstimmung, dass der Sommer 1999 keine länger dauernden Hitzeperioden aufwies, die hohe Ozonspitzenwerte besonders begünstigen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich trotz der sich abzeichnenden Überschreitungen künftiger Grenzwerte der Europäischen Union für einige Schadstoffe die Luftqualität in NRW weiter verbessert hat. Für zahlreiche Komponenten (so für Schwefeldioxid, Schwebstaub, Kohlenmonoxid, Benzol, Ruß, Dioxine und Furane und die Schwermetalle Blei und Cadmium) war 1999 das Jahr mit der niedrigsten Luftbelastung seit Beginn der systematischen Messungen. Ausnahmen bilden das Stickstoffdioxid, das seit 1993 stagniert, und der Jahresmittelwert für Ozon, der erneut angestiegen ist. Demgegenüber haben sich aber die für die menschliche Gesundheit relevanten Ozonspitzenwerte seit einem Maximum um 1990 deutlich verringert.

Abstract

This annual report summarizes the results of ambient air measurements at 68 fixed stations in Northrhine-Westphalia. The monitoring data are examined in respect of their spatial structure, of relevant sources, of trends and are compared with air quality objectives.

As in the preceding report, not only the compounds which can be measured continuously such as sulfur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, suspended particulate matter and ozone are covered, but also the monitoring results from pollutants are presented, which can only be measured at random, because they have to be sampled manually and analyzed in the laboratory. This group includes dust components such as heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons or soot, organic gases such as benzene and highly toxic compounds (dioxins, furans, polychlorinated biphenyls).

In 1999, the reshaping of the monitoring network was continued, in order to adapt it to the changed air pollution burden as well as to the requirements of the new air quality directives of the European Union. 6 new stations were installed. Taken apart the stations monitoring the urban and rural background, 17 stations were situated near sources (10 stations at industrial and 7 at traffic hot spots).

At present, the assessment of the monitoring data is made more difficult by the fact that the air quality objectives are reevaluated due to the progress made in the research on the effects of air pollution and due to the upcoming EC legislation. This situation was taken into account by comparing the monitoring data with the existing limit- and guide-values as well as with the upcoming limit values of the European Union.

In 1999, no exceedances of binding limit values (Technical Instruction Air, 22. BImSchV) were measured. However, levels of some air pollutants (particularly ozone and dust components such as cadmium and nickel, occasionally also of suspended particulate matter) were above target values of LAI, VDI and 22. BImSchV (ozone). Referring to the adopted new limit values of the European Union, these limits were already met by sulphur dioxide, carbon monoxide and nitrogen oxides. The limit value for lead to be met in 2005 was exceeded at two sites near non ferrous industrial facilities, whereas the upcoming limit values for nitrogen dioxide were exceeded at 6 stations near traffic hot spots, for benzene at several traffic exposed and one industrial site and for the PM10 fraction of particulate matter at 28 stations (daily means).

In 1999 also the PM2.5 fraction was monitored at 3 sites, for the first time in Northrhine-Westphalia. Annual means ranged from 26,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Duisburg-Meiderich) to 15,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (rural background station Eifel).

In addition, exceedances of future limit values of the European Union can be expected for the dust components cadmium, nickel and benz[a]pyrene at some industrial sites. These compounds were measured at random at up to 56 fixed stations.

On the other hand, the LAI target value of 150 fgI-TE/ m^3 for highly toxic dioxins and furans is met also at the station Duisburg-Wanheim in the vicinity of industrial emitters. This demonstrates that the abatement measures were successful.

The information threshold of the European Union for ozone ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was exceeded at 18 stations, whereas the warning threshold ($360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the action value of the late ozone law ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) were met. This compares nicely to the fact that no longer lasting period of hot summer weather occurred in 1999, which would have favoured high ozone peaks.

By and large, it can be stated that contrary to exceedances of upcoming limit values of the European Union for some pollutants, the air quality in Northrhine-Westphalia has further improved. For numerous components such as sulfur dioxide, suspended particulate matter, carbon monoxide, benzene, soot, dioxins and furans and the heavy metals lead and cadmium, the lowest air pollution burden since the start of systematic monitoring was measured in 1999. Exemptions are nitrogen dioxide, the levels of which are stagnant since 1993, and the annual mean of ozone, which is on the rise. However, peak values of ozone being more relevant for human health decreased considerably since they had reached a maximum around 1990.

Einleitung

Zur Ermittlung der Luftqualität in Nordrhein-Westfalen betreibt das Landesumweltamt NRW (LUA NRW) entsprechend den Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ein mehrstufiges, aufeinander abgestimmtes Luftqualitäts-Messsystem aus kontinuierlich registrierenden ortsfesten Immissionsmessstationen, mobilen Messcontainern und diskontinuierlichen Messprogrammen für die Luftverunreinigungen, die eine manuelle Probenahme im Feld mit nachgeschalteter Laboranalytik erfordern.

Das seit Ende der 70er Jahre in NRW arbeitende Messsystem wurde aufgrund der aktuell geltenden und zu erwartenden mess- und informationstechnischen Anforderungen neu konzipiert (Luftqualitäts-Überwachungs-System LUQS). Zu den Neuanforderungen gehört insbesondere die Umsetzung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie, die detaillierte Vorgaben für die Messplanung und die erforderliche Mindestanzahl von Messstationen enthalten. In diesem Rahmen wurde die Anzahl der Messstationen im Ballungsraum Rhein-Ruhr von ehemals 76 auf 51 Stationen zurückgeführt. Im Gegenzug war es erforderlich, in einigen großen Verdichtungsräumen in NRW wie Aachen, Münster oder Wuppertal, in denen bisher keine Messstationen dauerhaft betrieben wurden, neue Stationen einzurichten, so dass im Berichtsjahr die Luftqualität in NRW insgesamt an 68 Messstationen überwacht wurde. Darüber hinaus wurde die Datenerfassung und Datentechnik und damit der Datenfluss von den Messstationen bis zum Internet-Angebot des LUA neu gestaltet.

Die Luftqualitätsmessungen im LUQS-System ermöglichen die Beurteilung sowohl der langfristigen Immissionen als auch der Belastungsspitzen sowie der langjährigen Trends der Luftbelastung. Sie liefern die Grundlagen für Umweltentlastungs- und Vorsorgemaßnahmen im Rahmen von Luftreinhalteplänen, Maßnahmenplänen nach den neuen Luftqualitätsrichtlinien der Europäischen Union, nachträglichen Anordnungen an Industrieanlagen mit erheblicher Luftbelastung in ihrem Umfeld und lokalen Verkehrsmanagementplänen der Kommunen.

Dieser Bericht stellt ferner den Umweltbehörden belastbare Immissionsdaten als Entscheidungsbasis zur Verfügung und informiert die Bürgerinnen und Bürger umfassend über die Luftqualität, indem u.a. Hinweise auf die wichtigsten Verursachergruppen, auf die räumliche Struktur der Belastung und auf deren zeitliche Entwicklung gegeben werden. Die aktuellen Informationsangebote des LUA wie das Internet oder der Videotext werden so durch eine ausführliche Interpretation der Messdaten ergänzt.

Der Bericht basiert auf den Tätigkeiten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die bei der Messplanung, Messsystembetreuung, bei der Probenaufbereitung und Analyse sowie bei der Datenauswertung zuverlässige, eigenverantwortliche Arbeit leisteten. Ihnen sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

1. Das Messnetz

Im Jahr 1999 wurde die Umsetzung der Neukonzeption des Luftqualitätsüberwachungssystems in NRW, welche im LUQS-Jahresbericht 1997 [1] bereits vorgestellt wurde, weitergeführt. Die wesentlichen Elemente dieser Neukonzeption sind im nachfolgenden noch einmal kurz zusammengefasst.

- Zusammenführung aller Systeme der Luftqualitätsüberwachung (kontinuierliche und diskontinuierliche Messungen) in ein integriertes Messsystem.
- Reduzierung der ortsfesten LUQS-Stationen im Ballungsraum Rhein-Ruhr (bereits Ende 1996 realisiert) und Errichtung neuer Stationen in Ballungsräumen mit mehr als 250 000 Einwohnern zur Erfüllung europäischer Anforderungen, sowie zusätzliche Errichtung von Verkehrsmessstationen.
- Grundsätzliche und umfassende Erneuerung der gesamten Hard- und Software der Messnetz-DV.
- Umfassende Darstellung der Luftqualitätsdaten als Bestandteil eines zukünftigen Umweltinformationssystems mit Integration der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messergebnisse unter Nutzung verschiedener Medien.

In den folgenden Kapiteln werden die Entwicklungen im Messnetz im Hinblick auf die Umsetzung der Neukonzeption vorgestellt. Zudem wird ein Überblick über die Messaktivitäten im Berichtsjahr gegeben.

1.1 Übersicht über die Messstationen und das Messprogramm

Das Landesumweltamt führte 1999 in Nordrhein-Westfalen Immissionsmessungen unter den nachfolgenden Gesichtspunkten durch:

- ◆ Ermittlung der großräumigen Immissionsbelastung
 - im Ballungsraum Rhein-Ruhrgebiet, eingeteilt in:
 - Stationen im östlichen Ruhrgebiet (RUO)
 - Stationen im mittleren Ruhrgebiet (RUM)
 - Stationen im westlichen Ruhrgebiet (RUW)
 - Stationen im Gebiet Rhein-Mitte (RHM)
 - Stationen im Gebiet Rhein-Süd (RHS)
 - in Waldgebieten (W)
 - an Stationen außerhalb des Rhein-Ruhrgebietes (a)
- ◆ Ermittlung der Verkehrsbelastung durch verkehrsnahen Messungen (V)
- ◆ Ermittlung der Belastung an Sondermessstationen
 - mit Verkehrseinfluss (VS)
 - mit Industrieinfluss (IS)

Zudem fanden im Berichtsjahr zeitlich befristete, mobile Messungen im Rahmen des MILIS-Programms in Witten (Februar - Juli), Bornheim-Sechtem (Juli), Remscheid (August), Velbert (September), Sonsbeck (Oktober) und Gütersloh (Dezember'99 – Februar'00) statt. Da für die MILIS-Messungen Sonderberichte erstellt werden, sind sie nicht in diesem Jahresbericht enthalten.

Zur Umsetzung der Neukonzeption wurden 1999 sechs Stationen neu in Betrieb genommen: Fünf in Ballungsräumen mit mehr als 250 000 Einwohnern, darunter auch zwei Verkehrsmessstationen, und eine Station in Ladbergen, die vor allem der Ozonmessung dient.

Einen Überblick über die Messstationen bieten nachfolgende Karte und Tabelle 1/1.



<i>Stationslegende</i>			
●	<i>Stationen im Rhein-Ruhr-Gebiet</i>	△	<i>Verkehrssondermessstationen</i>
●	<i>Stationen außerhalb des Rhein-Ruhr-Gebietes</i>	⊙	<i>Industriebezogene Sondermessstationen</i>
⬠	<i>Waldstationen</i>	●	<i>1999 errichtete Stationen</i>
▲	<i>Verkehrsstationen</i>	▲	<i>1999 errichtete Verkehrsmessstationen</i>

Tabelle 1/1: Messstationen 1999

Name der Station	Kürzel	Standort	Zuordnung	Messzeitraum	Rechtswert	Hochwert	Höhe in m NN
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	Uferstr.	RUO	seit 12/1980	2594,5	5718,5	60
Datteln	DATT	Mozartstr.	RUO	seit 12/1986	2592,2	5724,0	80
Dortmund-Hörde 1	HOER	Seekante	RUO	seit 11/1986	2604,2	5707,6	110
Dortmund-Mitte	DMD2	Burgweg	RUO	seit 11/1988	2601,2	5712,4	75
Lünen-Niederaden	NIED	Kreisstr.	RUO	seit 12/1980	3401,0	5718,5	58
Schwerte	SCHW	Schützenstr.	RUO	seit 11/1986	3401,5	5702,4	157
Unna	UNNA	Palaiseastr.	RUO	seit 11/1986	3409,4	5713,3	72
Werne	WERN	Grote-Dahl-Weg	RUO	seit 10/1986	3406,9	5726,8	64
Witten	WIT2	Westfalenstr.	RUO	seit 10/1990	2594,5	5702,0	105
Boitrop	BOTT	Welheimer Str.	RUM	seit 08/1981	2567,8	5710,6	40
Essen-Schuir (LUA)	LISE	Wallneyer Str.	RUM	seit 08/1981	2567,3	5697,3	153
Essen-Vogelheim	EVOG	Hafenstr.	RUM	seit 11/1985	2568,2	5707,4	47
Gelsenkirchen	GELS	Trinenkamp	RUM	seit 08/1981	2576,6	5711,6	40
Hattingen	HATT	An der Becke	RUM	seit 11/1986	2584,1	5697,3	93
Herne	HERN	Ingeborgstr.	RUM	seit 08/1981	2585,0	5711,1	70
Herten	HERT	Paschenbergstr.	RUM	seit 12/1980	2578,2	5718,9	102
Marl-Sickingmühle	SICK	Alte Str.	RUM	seit 12/1980	2577,7	5730,0	42
Duisburg-Buchholz	BUCH	Böhrmerstr.	RUW	seit 05/1979	2553,2	5694,8	30
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	Darwinstr.	RUW	seit 05/1979	2545,5	5695,1	30
Duisburg-Meiderich	MEID	Westenderstr.	RUW	seit 05/1979	2554,7	5703,7	30
Duisburg-Walsum	WALS	Sonnenstr.	RUW	seit 05/1979	2552,0	5710,2	28
Krefeld-Linn	KREF	Hammerstr.	RUW	seit 09/1983	2544,7	5689,5	32
Moers-Meerbeck	MEER	Fuldastr.	RUW	seit 05/1979	2545,1	5703,0	28
Mülheim-Styrum	STYR	Neustadtstr.	RUW	seit 05/1979	2560,2	5702,5	37
Wesel	WESE	Mercatorstr.	RUW	seit 12/1986	2543,6	5726,6	25
Düsseldorf-Lörick	LOER	Lütticherstr.	RHM	seit 09/1983	2551,2	5679,6	32
Düsseldorf-Reisholz	REIS	Further Str.	RHM	seit 09/1983	2560,0	5673,0	40
Neuss	NEUS	Jean-Pullen-Weg	RHM	seit 11/1986	2548,5	5672,2	40
Ratingen-West	RAT2	Daniel-Goldbach Str.	RHM	seit 04/1998	2557,2	5685,8	41
Bonn	BONN	An der Josefshöhe	RHS	seit 12/1986	2576,5	5624,8	57
Dormagen	DORM	Weilerstr.	RHS	seit 12/1980	2556,3	5663,5	44
Hürth	HUE2	Dunanstr.	RHS	seit 01/1989	2561,5	5638,2	90
Köln-Chorweiler	CHOR	Fühlinger Weg	RHS	seit 12/1980	2562,1	5654,2	45
Köln-Rodenkirchen	RODE	Friedrich-Ebert-Str.	RHS	seit 12/1980	2569,3	5639,8	45
Langenfeld	LANG	Virneburgstr.	RHS	seit 12/1980	2568,4	5662,3	65
Leverkusen-Manfort	LEV2	Manforter Str.	RHS	seit 04/1998	2570,6	5655,3	50
Wesseling	WESS	Hubertusstr.	RHS	seit 12/1980	2568,2	5632,8	58
Eggegebirge	EGGE	Veldrom/Velmerstot	W	seit 10/1983	3496,6	5744,1	430
Eifel	EIFE	Simmerath-Lammersdorf	W	seit 09/1983	2519,9	5613,1	572
Rothaargebirge	ROTH	Hilchenbach; Forsthaus	W	seit 12/1985	3443,3	5644,2	635
Bielefeld	BIEL	Herman-Delius-Str.	a	seit 07/1989	3469,1	5765,6	102
Borken-Gemen	BORG	Pumpenwerk Landwehrstr.	a	seit 09/1998	2560,3	5747,9	45
Finnentrop	FINN	Serkenroderstr.	a	seit 09/1991	3428,3	5671,4	310
Nettetal	NETT	Juiserfeldstr.	a	seit 12/1987	2513,7	5688,0	49
Niederzier	NIZI	Dreibachstr.	a	seit 08/1991	2533,1	5638,8	105
Soest	SOES	Enkeserstr.	a	seit 07/1989	3441,1	5715,5	110
Solingen	SOLI	Dültgenstaler Str.	a	seit 06/1998	2573,7	5672,6	207
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	Heinrichstr.	V	seit 01/1989	2556,0	5679,8	38
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	Steeler Str.	V	seit 01/1989	2571,7	5702,3	100
Hagen/Emilienplatz	VHAG	Emilienplatz	V	seit 06/1994	2602,9	5692,9	145
Sondermessstationen							
Düsseldorf/Corneliusstr.	DDCS	Corneliusstr. 71	VS	seit 03/1997	2554,8	5675,7	37
Essen/Ruhrallee	ESRA	Ruhrallee	VS	seit 03/1997	2572,2	5701,0	100
Dortmund-Hörde 2	DOHO	Am Remberg	IS	seit 12/1997	3396,6	5707,7	125
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	Kaiser-Wilhelm-Str.	IS	seit 09/1996	2551,2	5705,9	28
Witten-Mitte	WIMI	Lessingstr	IS	02/99 - 07/99	2592,8	5700,8	87
Datteln Bahnhof	DABA	Am Bahnhof	IS	seit 1973	2591,4	5721,8	39
Duisburg-Angerhausen	DBUS	Ehinger Str.	IS	07/99 - 12/99	2551,3	5694,1	33
Rommerskirchen	ROMM	Weißbirkenweg	IS	seit 11/1998	2548,9	5655,7	76
Stolberg-Schule	STO1	Walter-Dobbelmann Str.	IS	seit 01/1972	2515,9	5626,1	185
Stolberg-Sender	STO2	Donnerberg	IS	seit 01/1972	2517,3	5627,1	287
Stolberg-Prym	STO4	Zweifaller Str.	IS	seit 01/1972	2516,5	5624,9	260
Duisburg-Wanheim	DUWA	Steinbrinkstr.	IS	seit 01/1996	2551,5	5693,9	28
1999 errichtete Stationen							
Aachen/Kaiserplatz	VAAC	Kaiserplatz	V	seit 02/1999	2506,8	5626,6	170
Aachen-Burtscheid	AABU	Hein-Görgen-Str.	a	seit 07/1999	2506,6	5624,4	205
Ladbergen	LAD2	Zur Königsbrücke	a	seit 05/1999	3412,9	5778,3	49
Mönchengladbach-Rheydt	MGRH	Urfstr.	a	seit 11/1999	2529,8	5668,9	78
Münster-Geist	MSGE	Gut Insel	a	seit 10/1999	3404,6	5756,8	63
Wuppertal/Friedrich-Engels-Allee	VWUP	Friedrich-Engels-Allee	V	seit 11/1999	2582,7	5671,8	155

Die Zuordnungen in Tabelle 1/1 entsprechen der zu Beginn des Kapitels 1.1 gemachten Einteilungen.

In Tabelle 1/2 ist eine Übersicht über die Komponenten gegeben, die an den jeweiligen Stationen gemessen wurden. Es sind sowohl die Komponenten der kontinuierlichen Messungen: Schwefeldioxid (SO₂), Schwebstaub (SST), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Ozon (O₃) und die meteorologischen Parameter angegeben, als auch die Komponenten der diskontinuierlichen Messungen: Schwebstaubinhaltsstoffe (SST-Inhalt), Metalle und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Kohlenwasserstoffe (KW), unterteilt in niedrigsiedende (C₂-C₅) Kohlenwasserstoffe und höher siedende (C₆-C₉) Kohlenwasserstoffe und entsprechende Chlorkohlenwasserstoffe, Ruß, polychlorierte Dibenzodioxine und -furane und polychlorierte Biphenyle (PCB).

Tabelle 1/2: Übersicht über die an den Stationen gemessenen Komponenten

Name der Station	Kürzel	SO ₂	SST	NO _x	CO	O ₃	Meteo- rologie ¹⁾	Wind ²⁾	SST-Inhalt Metalle	PAK	C ₂ -C ₅ - KW	C ₆ -C ₉ - KW	Ruß	Dioxine u. PCB
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	x	x	x	x	x			x	x		x		
Datteln	DATT	x	x	x	x				x	x		x		
Dortmund-Hörde 1	HOER	x	x	x	x				x	x		x		
Dortmund-Mitte	DMD2	x	x	x	x	x		23 m	x	x	x	x		x
Lünen-Niederaden	NIED	x	x	x	x		x	20 m	x	x		x		
Schwerte	SCHW	x	x	x	x	x		19 m	x	x		x		
Unna	UNNA	x	x	x		x	x	19 m	x	x	x	x		
Werne	WERN	x	x	x					x	x		x		
Witten	WIT2	x	x	x	x			19 m	x	x		x		
Botrop	BOTT	x	x	x	x	x	x	22 m	x	x	x	x		
Essen-Schuir (LUA)	LISE	x	x ⁵⁾	x	x	x			x	x		x		
Essen-Vogelheim	EVOG	x	x	x	x		ohne D	17 m	x	x		x		x
Gelsenkirchen	GELS	x	x	x	x				x	x	x	x		
Hattingen	HATT	x	x	x		x		22 m	x	x		x		
Herne	HERN	x	x	x	x				x	x		x		
Herten	HERT	x	x	x	x	x			x	x		x		
Marl-Sickingmühle	SICK	x	x	x	x	x		20 m	x	x	x	x		
Duisburg-Buchholz	BUCH	x	x	x	x			22 m	x	x	x	x		x
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	x	x	x	x				x	x		x		
Duisburg-Meiderich	MEID	x	x ⁵⁾	x	x				x	x		x		x
Duisburg-Walsum	WALS	x	x	x	x	x	x	23 m	x	x	x	x		
Krefeld-Linn	KREF	x	x	x	x	x			x	x		x		
Moers-Meerbeck	MEER	x	x	x	x	x			x	x		x		
Mülheim-Styrum	STYR	x	x	x	x	x		22 m	x	x		x		
Wesel	WESE	x	x	x	bis 09.99	x	x	16 m	x	x		x		
Düsseldorf-Lörick	LOER	x	x	x	bis 10.99	x			x	x	x	x		
Düsseldorf-Reisholz	REIS	x	x	x	x			22 m	x	x		x		
Neuss	NEUS	x	x	x	x	x		19 m	x	x		x		
Ratingen-West	RAT2	x	x	x	x				x	x		x		
Bonn	BONN	x	x	x		x		22 m	x	x		x		
Dormagen	DORM	x	x	x	x	x			x	x	x	x		
Hürth	HUE2	x	x	x	x	x			x	x	x	x		
Köln-Chorweiler	CHOR	x	x ⁵⁾	x	bis 10.99	x		19 m	x	x		x		
Köln-Rodenkirchen	RODE	x	x	x	x	x	x	19 m	x	x		x		
Langenfeld	LANG	x	x	x	bis 08.99	x	x	17 m	x	x		x		
Leverkusen-Manfort	LEV2	x	x	x	x	x			x	x	x	x		
Wesseling	WESS	x	x	x	x				x	x	x	x		
Eggegebirge	EGGE	x	x	x		x	x	22 m				x		
Eifel	EIFE	x	x ⁵⁾	x		x	x	23 m	x	x	x	x		
Rothaargebirge	ROTH	x	x	x		x	ohne S	28 m				x		
Bielefeld	BIEL	x	x	x	x	x		10 m ³⁾	x	x		x		
Borken-Gemen	BORG	x	x	x	x	x		10 m ³⁾	x	x		x		
Finnentrop	FINN					x		22 m						
Nettetal	NETT	x	x	x	x	x		22 m	x	x		x		
Niederzier	NIZI					x		19 m ⁴⁾						
Soest	SOES	x	x	x	x	x		10 m ³⁾	x	x		x		
Solingen	SOLI	x	x	x	x	x	x	22 m	x	x		x		
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	x	x	x	x			7,5 m ³⁾	x	x		x	x	
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	x	x	x	x			7,5 m ³⁾	x	x		x	x	
Hagen/Emilienplatz	VHAG	x	x	x	x				x	x		x		

Fortsetzung der Tabelle 1/2:

Name der Sondermessstation	Kürzel	SO ₂	SST	NO _x	CO	O ₃	Meteo- rologie ²⁾	Wind ³⁾	SST-Inhalt Metalle	PAK	C ₂ -C ₅ - KW	C ₆ -C ₉ - KW	Ruß	Dioxine u. PCB
Düsseldorf/Corneliusstr.	DDCS		x ⁵⁾	x ⁶⁾	x ⁶⁾						x	a ⁷⁾	x	
Essen/Ruhrallee	ESRA			x ⁶⁾	x ⁶⁾							a ⁷⁾	x	
Dortmund-Hörde 2	DOHO	x	x	x	x	x		10 m ³⁾	x			b ⁷⁾		
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	x	x	x	x	x		10 m ³⁾		x		a ⁷⁾ , b ⁷⁾	x	
Witten-Mitte	WIMI	x	x	x	x	x		10 m ³⁾	x			b ⁷⁾		x
Datteln Bahnhof	DABA								x	x		x		
Duisburg-Angerhausen	DBUS								x					
Rommerskirchen	ROMM								x					
Stolberg-Schule	STO1								x			x		
Stolberg-Sender	STO2								x			x		
Stolberg-Prym	STO4								x	x	x	x		
Duisburg-Wanheim	DUWA													x
1999 errichtete Stationen														
Aachen/Kaiserplatz	VAAC	x	x	x	x				x	x		x		
Aachen-Burtscheid	AABU	x	x	x	x	x	x	22 m						
Ladbergen	LAD2					x	x	19 m						
Mönchengladbach-Rheydt	MGRH	x	x	x	x	x	x	19 m						
Münster-Geist	MSGE	x	x	x	x	x								
Wuppertal/Friedrich-Engels-Allee	VWUP	x	x	x	x									

Anmerkungen zu Tabelle 1/2:

- 1): Die Meteorologie umfasst Luftdruck (D), Niederschlag (N), relative Luftfeuchte (F), Strahlungsbilanz (S) und Temperatur (T)
- 2): Es werden Windrichtung und Windgeschwindigkeit gemessen, angegeben ist die Höhe des Windgebers über Grund
- 3): Teleskopmast
- 4): Bis Juni Teleskopmast 10 m, danach Gitterturm
- 5): zusätzlich: diskontinuierliche Messung der Feinstaubfraktion PM10; bei LISE, MEID und EIFE auch die Fraktion PM2,5
- 6): Messung in Bodenhöhe
- 7): a) 24h-Probenahme
b) 0,5h-Werte kontinuierlich

Auflistung der Komponenten:

- ◆ Metalle:
 - Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, in Einzelfällen Zink
- ◆ Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):
 - Benzo[a]pyren, Benzo[e]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[ghi]perylen, Coronen und Dibenz[a,h]anthracen
- ◆ C2-C5-Kohlenwasserstoffe:
 - n-Butan, i-Butan, 1-Buten, i-Buten, Ethan, Ethen, Ethin, n-Pentan, i-Pentan, Propan und Propen
- ◆ C6-C9-Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe
 - C6-C9-Kohlenwasserstoffe (Aromaten und Aliphaten):
 - Benzol, Ethylbenzol, 2-Ethyltoluol, 3-Ethyltoluol, 4-Ethyltoluol, 3-Methylhexan, Heptan, Hexan, Isopropylbenzol, Nonan, Oktan, n-Propylbenzol, Toluol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,3,5-Trimethylbenzol, m+p-Xylol und o-Xylol
 - Aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe:
 - Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen und Trichlormethan

◆ Polychlorierte Dioxine und Furane:

Σ TCDD	Σ TCDF
Σ PeCDD	Σ PeCDF
Σ HxCDD	Σ HxCDF
Σ HpCDD	Σ HpCDF
2,3,7,8-TetraCDD	2,3,7,8-TetraCDF
1,2,3,7,8-PentaCDD	1,2,3,7,8-PentaCDF
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	2,3,4,7,8-PentaCDF
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	1,2,3,4,7,8-HexaCDF
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	1,2,3,6,7,8-HexaCDF
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	1,2,3,7,8,9-HexaCDF
OctaCDD	2,3,4,6,7,8-HexaCDF
	1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF
	1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF
	OctaCDF

◆ Polychlorierte Biphenyle:

Σ Trichlorbiphenyle	2,4,4'-Trichlorbiphenyl	(BZ Nr. 28)
Σ Tetrachlorbiphenyle	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl	(BZ Nr. 32)
Σ Pentachlorbiphenyle	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl	(BZ Nr. 101)
Σ Hexachlorbiphenyle	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	(BZ Nr. 153)
Σ Heptachlorbiphenyle	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl	(BZ Nr. 138)
Σ Oktachlorbiphenyle	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl	(BZ Nr. 180)
Σ Nonachlorbiphenyle		
Σ Decachlorbiphenyle	3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl	(BZ Nr. 77)
	3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl	(BZ Nr. 126)
	3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	(BZ Nr. 169)

Anmerkung: BZ = Nomenklatur nach Ballschmitter und Zell

1.2 Messverfahren

1.2.1 Allgemeines

Die nachstehende Tabelle enthält eine Kurzübersicht über die im Luftqualitätsüberwachungssystem (LUQS) eingesetzten Messverfahren. Die Nachweisgrenzen der Immissionsmessverfahren sind in der Übersichtsinformation zu den Jahresmittelwerten (Kapitel 3) aufgelistet.

Tabelle 1/3: Untersuchte Stoffe und meteorologische Größen, Messverfahren

Komponente	Messprinzip	Art der Messdaten/ durchschn. Häufigkeit
Schwefeldioxid	UV-Fluoreszenz	0,5h-Werte/kontinuierlich
Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid	Chemilumineszenz	0,5h-Werte/kontinuierlich
Kohlenmonoxid	IR-Absorption	0,5h-Werte/kontinuierlich
Ozon	UV-Absorption	0,5h-Werte/kontinuierlich
Schwebstaub	Beta-Strahlungsabsorption	3h-Werte/kontinuierlich
Luftdruck	Dosenbarometer	0,5h-Werte/kontinuierlich
Lufttemperatur	Widerstandsthermometer	0,5h-Werte/kontinuierlich
Niederschlag	Wippe	0,5h-Werte/kontinuierlich
Relative Luftfeuchtigkeit	Längenänderung von Haaren	0,5h-Werte/kontinuierlich
Strahlungsbilanz	Thermobatterie	0,5h-Werte/kontinuierlich
Windgeschwindigkeit	Rotationsanemometer	0,5h-Werte/kontinuierlich
Windrichtung	Windfahne	0,5h-Werte/kontinuierlich
Feinstaubfraktion PM10 und PM2,5	Gravimetrie	24h-Werte/ 3-4 Messungen pro Woche
Metallverbindungen im Schwebstaub ¹⁾	LIB-Filterverfahren und Atomabsorptionsspektrometrie	24h-Werte/ 2 Messungen pro Woche
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Schwebstaub ¹⁾	LIB-Filterverfahren und Hochdruckflüssigchromatographie	24h-Werte/ 1 Messung pro Woche
Benzol, Toluol, Xylol	Passivsammler, Elution, Gaschromatographie	Monatsmittel/ 1 Messung pro Monat
C ₂ -C ₅ - Kohlenwasserstoffe ¹⁾	Adsorption an Sorbens, therm. Desorption, Gaschromatographie	0,5h-Werte/ 1 Messung alle 2 Wochen
C ₆ -C ₉ - Kohlenwasserstoffe und entsprechende Chlorkohlenwasserstoffe ¹⁾	Adsorption an Aktivkohle, Elution, Gaschromatographie bzw. automatischer Gaschromatograph mit Thermo- desorption	0,5h-Werte/ 13 Messungen pro Jahr; in Sonderfällen: 24h-Werte/ 2 Messungen pro Woche bzw. 0,5h-Werte/ kontinuierlich
Ruß	Staubprobenahme, Extraktion und Desorption, Coulometrie	24h-Werte/ 3 Messungen pro Woche
Polychlorierte Biphenyle ¹⁾	Modifiziertes LIB-Filterverfahren mit nachgeschalteten PU- Schäumen, Extraktion, GC/MS	Monatsmittel/ 1 Messung pro Monat
Polychlorierte Dibenzodioxine/Furane/ (PCDD) ¹⁾	Modifiziertes LIB-Filterverfahren mit nachgeschalteten PU- Schäumen, Extraktion, GC/MS	Monatsmittel/ 1 Messung pro Monat

¹⁾ siehe Tabelle 1/2 mit Anmerkung und Auflistung der Komponenten

1.2.2 Kontinuierliche Messungen

Meteorologische Parameter und die Außenluftkonzentrationen von Kohlenmonoxid, Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid sowie des Schwebstaubs werden durch kontinuierlich arbeitende Messplätze erfasst. Sie sind für anorganische Gase und Schwebstaub in ortsfesten Messstationen eingebaut. Im Regelfall wird in 3,5 m Höhe über Grund die Luft angesaugt und durch Probenahmeleitungen in die Messstation geführt. Hieraus

entnehmen die Messplätze ihre Proben. Meteorologische Messungen erfolgen nur an ausgewählten Messstationen entsprechend der VDI-Richtlinie 3786 Blatt 1 [2].

Im Berichtsjahr wurde die Messdatenerfassung umgestellt. Die neue LUQS-DV ist Gegenstand eines eigenen Kapitels 1.3.

Die Messverfahren lassen sich wie folgt kurz beschreiben:

◆ **Gase und Schwebstaub**

- Schwefeldioxid
Kontinuierliche Schwefeldioxidmessungen erfolgen nach dem Prinzip der UV-Fluoreszenz. Zur Detektion wird die Fluoreszenz von angeregten Schwefeldioxid-Molekülen nach UV-Bestrahlung erfasst.
- Stickstoffmonoxid
Kontinuierliche Stickstoffmonoxidbestimmungen erfolgen nach dem Prinzip der Chemilumineszenz. Zur Detektion wird die bei der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon emittierte, charakteristische Strahlung erfasst.
- Stickstoffdioxid
Kontinuierliche Stickstoffdioxidbestimmungen erfolgen nach dem Prinzip der Chemilumineszenz. Zur Detektion wird die bei der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon emittierte, charakteristische Strahlung erfasst, nachdem zuvor das Stickstoffdioxid durch einen Katalysator in Stickstoffmonoxid umgewandelt wurde. Das ermittelte Messsignal entspricht der Summe der Stickoxide; folglich wird das zeitgleich gemessene Stickstoffmonoxidsignal abgezogen. Wegen dieser Zusammenhänge werden beide Stickoxide in einem Messgerät gemessen.
- Kohlenmonoxid
Kontinuierliche Kohlenmonoxidbestimmungen erfolgen durch Absorption im infraroten Spektralbereich (nichtdispersiver Infrarotspektrometrie, NDIR). Zur Detektion wird die Strahlungsschwächung entweder nach dem Gasfilterkorrelationsverfahren ermittelt oder durch Vergleich von Probenluft mit einer stickstoffbefüllten Referenzzelle.
- Ozon
Kontinuierliche Ozonbestimmungen erfolgen durch Absorption im ultravioletten Spektralbereich. Zur Detektion wird die Strahlungsschwächung durch Probenluft mit der einer durch einen Katalysator erzeugten ozonfreien Luft verglichen.
- Schwebstaub
Die Schwebstaubbestimmung erfolgt unabhängig von der Partikelgröße nach dem Prinzip der Betastrahlenabsorption. Zur Detektion wird die Strahlungsschwächung erfasst, die eine auf einem fortbewegten Filterband abgeschiedene Staubmasse verursacht.

◆ **Meteorologie**

- Luftdruck
Der Luftdruck wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 16 [3] mit einem Dosenbarometer gemessen. Um die in verschiedenen Messorthöhen ermittelten Luftdrücke zu vergleichen, wird die Luftdruckangabe auf Meereshöhe umgerechnet.

- Lufttemperatur
Die Lufttemperatur wird in 2 m Höhe über Grund gemäß VDI-Richtlinie 3786, Blatt 3 [4] mit einem Widerstandsthermometer erfasst.
- Niederschlag
Der Niederschlag wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 7 [5] mit einer Wippe gemessen.
- Relative Luftfeuchtigkeit
Die relative Luftfeuchtigkeit wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 4 [6] durch Längenänderung von Haaren gemessen.
- Strahlungsbilanz
Die Strahlungsbilanz wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 5 [7] mit einer nach oben und einer nach unten gerichteten, geschwärzten Thermobatterie gemessen.
- Windgeschwindigkeit
Die Windgeschwindigkeit wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 2 [8] mit einem Rotationsanemometer in ca. 20 m über Grund gemessen.
- Windrichtung
Die Windrichtung wird gemäß VDI-Richtlinie 3786 Blatt 2 [8] mit einer Windfahne in ca. 20 m über Grund gemessen.

Qualitätssicherung der kontinuierlichen Messverfahren

Die einzusetzenden Messgeräte werden nach bundeseinheitlichen Richtlinien einer Eignungsprüfung unterzogen und sind nach Bestehen der Prüfung für kontinuierliche Immissionsmessungen geeignet. Eignungsgeprüfte Geräte werden regelmäßig vom BMU im Allgemeinen Ministerialblatt des Bundes bekannt gegeben.

Neben dieser Eignungsbekanntgabe wird vom LUA besonderer Wert auf die Güte der ermittelten Messergebnisse gelegt. Diese wird durch regelmäßige Prüfroutinen unter Rückführung auf national und international anerkannte Referenzverfahren sowie mit Plausibilitätsprüfungen durch Fachpersonal ermittelt. Als Referenzverfahren wurden angewandt:

Tabelle 1/4: Referenzverfahren

Komponente	Referenzverfahren
Kohlenmonoxid	IR-Absorption
Ozon	VDI 2468 Bl. 6, UV-Photometrie
Schwebstaub	VDI 2463 Bl. 8, Gravimetrie
Schwefeldioxid	VDI 2451 Bl. 3, TCM-Verfahren
Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid	VDI 2453 Bl. 1, Saltzman-Verfahren

Die Messabläufe werden wie folgt überwacht:

Automatische Prüfroutinen:

Alle Messwerte werden automatischen Prüfroutinen unterzogen. Kritische Betriebsparameter werden direkt in den Messplätzen überwacht. Dies gilt beispielsweise für Gas- und Lösungsdurchflüsse, Messzellentemperaturen, Lampenintensitäten und Hochspannungsversorgungen. Bei Fehlfunktionen werden Fehlerstatussignale erzeugt, welche die Messwerte automatisch als ungültig kennzeichnen. Durch Signale des Datenerfassungssystems werden täglich Prüfgase bekannter Konzentration auf die Analysegeräte in den Messstationen geschaltet. Dies ermöglicht eine Funktionsprüfung der Messeinrichtungen. Weitere automatische Plausibilitätskontrollen werden im Rahmen der Berechnung der Halbstundenmittelwerte vorgenommen.

Plausibilitätsprüfung durch Fachpersonal:

Die von der automatischen Prüfroutine akzeptierten Daten werden durch Fachpersonal zusätzlich nach verschiedenen Kriterien auf Plausibilität geprüft. Ergeben sich hierbei nichtplausible Messwerte, so werden diese Werte verworfen. Eine Korrektur solcher nichtplausibler Messwerte erfolgt nicht, da die Immissionsbelastung am Messort nachträglich nicht mehr feststellbar ist. Der Anteil der Halbstunden- bzw. Dreistundenmittelwerte, die aufgrund dieser Prüfung gestrichen werden, beträgt im Jahresmittel ca. 1,6%.

Nach Abzug der Ausfallzeiten und der manuell gestrichenen Messwerte liegt die Verfügbarkeit der kontinuierlichen Messungen im Jahresdurchschnitt bei ca. 89%. Da wegen der notwendigen Wartungs- und Kalibrierzeiten die theoretische Obergrenze bei 97% liegt, ist die tatsächliche Verfügbarkeit von etwa 89% als sehr hoch anzusehen, insbesondere unter Berücksichtigung der DV-Umstellung im laufenden Messbetrieb.

1.2.3 Diskontinuierliche Messungen

Diskontinuierliche Messungen werden je nach Fragestellung mit unterschiedlicher Häufigkeit und Probenahmedauer durchgeführt. Die Probenahme erfolgt vor Ort mit Hilfe von Filtern bzw. Sorptionsmitteln. Die analytische Bestimmung wird im Labor durchgeführt.

Kurzbeschreibung der Messverfahren

➤ Messung der Feinstaubfraktion:

- Feinstaub PM10 (Particulate Matter 10):

Bei PM10 handelt es sich um eine Schwebstaubfraktion, welche der sog. Thorakal-Konvention nach ISO 7708 entspricht. Darunter versteht man Teilchen die über den menschlichen Kehlkopf hinaus in den menschlichen Körper vordringen können. Die Teilchen weisen einen Durchmesser von kleiner/gleich 10µm auf.

Diese Schwebstaubfraktion wird mittels Filtersammlern erfasst. Diese sind gemäß DIN EN 12341 mit einstufigen Impaktoren ausgerüstet, welche eine Abscheidung des Schwebstaubes zur Erfassung der thorakalen Fraktion bewirken. Im LUA werden zur Erfassung sowohl Kleinfiltergeräte LVS 3 (Referenzgeräte nach DIN EN 12341, Sammelvolumen 55m³), wie auch High-Volume-Sampler des Typs Digital DHA-80 (Äquivalenzgeräte, Sammelvolumen 720m³) eingesetzt.

- Feinstaub PM_{2,5} (Particulate Matter 2,5):
Bei PM_{2,5} handelt es sich um die Schwebstaubfraktion, die der sog. Tracheo-bronchial-Konvention nach ISO 7708 entspricht. Darunter versteht man die Fraktion des Schwebstaubes, die bis an die Lungenbläschen vordringen kann. Die Teilchen dieser Fraktion weisen einen Durchmesser von kleiner/gleich 2,5µm auf.
Zur Messung der PM_{2,5}-Fraktion werden prinzipiell die gleichen Geräte wie zur PM₁₀-Messung eingesetzt. Sie sind hierzu jedoch mit anderen Probenahmeköpfen ausgerüstet.
- Metallverbindungen im Schwebstaub:
Nach der Probenahme mit dem LIB-Filterverfahren (VDI-Richtlinie 2463 Blatt 4) [9] werden die Staubproben mit Salpetersäure unter Zusatz von Wasserstoffperoxid und Flusssäure aufgeschlossen und der Metallgehalt mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie bestimmt. Die Messung von Blei und Zink erfolgt mit Hilfe der Flammentechnik, während die anderen Metallverbindungen mit dem elektrisch beheizten Graphitrohr (niedrigere Nachweisgrenze, erheblich gesteigerte Empfindlichkeit) analysiert werden.
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Schwebstaub:
Nach der Probenahme mit dem LIB-Filterverfahren (VDI-Richtlinie 2463 Blatt 4) [9] werden die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe von den abgeschiedenen Stäuben durch Sublimation abgetrennt, im Hochdruckflüssigkeitschromatographen separiert und durch UV-Absorption bzw. Fluoreszenzmessungen detektiert.
- Ruß:
Die Rußmessung erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 2465 Blatt 1 [10]. Aus dem abgeschiedenen Feinstaub werden die löslichen organischen Verbindungen extrahiert, Lösungsmittelreste sowie andere verdampfbare Substanzen im Stickstoffstrom ausgetrieben und der verbleibende elementare Kohlenstoff (⇒ Ruß) im Sauerstoffstrom verbrannt. Das dabei entstandene Kohlendioxid wird coulometrisch bestimmt.
- Kohlenwasserstoffe:
 - Benzol, Toluol, Xylol mit Passivsammlern:
Die Passivsammler vom Typ ORSA werden für zwei bis vier Wochen unter einem Regenschutzdach an den Messorten exponiert. Dabei nimmt die Aktivkohle der Passivsammler organische Substanzen mit einer bestimmten Aufnahme rate auf, die von der Höhe der Konzentration und der Expositionsdauer abhängt. Nach Extraktion der Aktivkohle mit Kohlenstoffdisulfid (CS₂) werden die einzelnen Kohlenwasserstoffe gaschromatografisch analysiert. Die Berechnung der Konzentrationen aus den gesammelten Stoffmengen sowie weitere Einzelheiten des Verfahrens sind an anderer Stelle beschrieben [11,12].
 - C₂-C₅-Kohlenwasserstoffe:
Die C₂-C₅-Kohlenwasserstoffe (Siedepunkt von -103,7°C bis 36,0°C) werden bei der Probenahme auf einem Sorbens fixiert, durch thermische Desorption in einen Gaschromatographen überführt, dort aufgetrennt und mit einem Flammenionisationsdetektor bestimmt.

- C₆-C₉-Kohlenwasserstoffe:
Die C₆-C₉-Kohlenwasserstoffe (Siedebereich von 69°C bis 169°C) werden aus ein und derselben Probe gemeinsam mit aliphatischen Chlorkohlenwasserstoffen bestimmt. Nach der Probenahme auf Aktivkohle werden die organischen Komponenten mit Kohlenstoffdisulfid extrahiert und im Gaschromatographen getrennt. Der quantitative Nachweis erfolgt mit einem Flammenionisationsdetektor gemäß VDI-Richtlinie 3482 Blatt 4 [13].
- Aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe:
Aus ein und derselben Probe werden sowohl die aliphatischen Chlorkohlenwasserstoffe als auch die C₆-C₉-Kohlenwasserstoffe bestimmt. Nach der Probenahme auf Aktivkohle werden die organischen Komponenten mit Kohlenstoffdisulfid extrahiert und im Gaschromatographen getrennt. Die quantitative Bestimmung erfolgt mit einem Elektroneneinfangdetektor.
- Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane:
Zur PCDD/PCDF-Untersuchung werden Außenluftproben mit einem modifizierten LIB-Probenahmekopf analog der VDI-Richtlinie 3498 (Teil 1. Entwurf) [14] gesammelt. Die Extraktion, die Probenaufbereitung und die GC/MS Analyse erfolgt mit Geräten und unter Bedingungen, die ebenfalls in der oben genannten VDI-Richtlinie beschrieben sind. Die Toxizitätsäquivalente werden sowohl mit den internationalen Äquivalenzfaktoren (I-TEF) [15] als auch mit den nationalen Äquivalenzfaktoren nach BGA (TEF-BGA) [16] berechnet.
- Polychlorierte Biphenyle (PCB):
Polychlorierte Biphenyle werden in der Außenluft parallel zu den Dioxinen und Furanen aus ein und derselben Probe bestimmt. Nach Abtrennung von den Dioxinen und Furanen werden die polychlorierten Biphenyle per Gaschromatographie/Massenspektroskopie nach dem Isotopenverdünnungsverfahren bestimmt [17].

Qualitätssicherung der diskontinuierlichen Messverfahren

Alle Arbeitsschritte bei den diskontinuierlichen Immissionsmessungen werden von fachkundigem Personal ausgeführt.

Beginnend mit einem konkreten Mess- und Einsatzplan werden alle qualitätsrelevanten Zustände und Ereignisse von der Probenahme bis zur Datenerfassung und -speicherung erfasst und dokumentiert.

Die Probenahme erfolgt anhand einer detaillierten Arbeitsanweisung. Neben dem Messort, Datum mit Uhrzeit, Probenehmer, Nummer der Sorptionseinrichtung, Probenluftvolumen, eingestellten Volumenströmen, Luftdruck und Temperatur werden auch Besonderheiten am Probenahmeort registriert. An einigen Messorten erfolgt die Probenahme mittels automatischer Probenahmegeräte.

Im Labor werden die Proben nach festgelegten Arbeitsabläufen behandelt. Die Blindwerte der eingesetzten Chemikalien und Messeinrichtungen werden vor dem Einsatz ermittelt. Alle Messeinrichtungen werden regelmäßig täglich durch Fachpersonal auf korrekte Funktion überprüft. Außerdem werden zwischen den eigentlichen Proben Vergleichsstandards analysiert. Die bei jeder Messung erfassten qualitätsrelevanten Geräte- und Kalibrier-

parameter werden bei der Auswertung berücksichtigt. Die überwiegende Zahl der Messdaten (Rohwerte) wird automatisch mit einem Laborautomationssystem (LAS) erfasst, in einem Laborinformations- und Managementsystem (LIMS) abgelegt und verwaltet. In Einzelfällen geschieht die Datenerfassung manuell am Arbeitsplatzrechner. Messwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze gehen dabei mit dem Wert der halben Nachweisgrenze ein. Abschließend werden alle Messergebnisse nochmals von Fachpersonal unter Einbeziehung vorhandenen Vorwissens auf Plausibilität überprüft, zur weiteren Verwendung freigegeben (Validierung) und in einer Datenbank abgelegt. Dort stehen die Messergebnisse zur Durchführung weitergehender Auswertung bereit.

1.3 Datenerfassung und Datentechnik

Im LUQS-System erfolgt die Erfassung der kontinuierlichen Messdaten komplett in den Stationen. Dies gilt sowohl für die ortsfesten als auch für die mobilen LUQS-Stationen. Im Abstand von fünf Sekunden werden vom Datenerfassungssystem Einzel-Messwerte abgefragt. Nach automatisierter Plausibilitätsprüfung werden diese in den Stationen zu Halbstundenmittelwerten und ggf. weiteren Kenngrößen (Stundenmittelwerte, gleitende Mittelwerte) verdichtet und lokal gespeichert. Halbstundenmittelwerte werden berechnet, sofern mindestens 2/3 der 5-sec-Werte der jeweiligen halben Stunde vorhanden sind. Einen Sonderfall stellt die Komponente Schwebstaub dar, bei der aus messtechnischen Gründen die Ermittlung von hinreichend aussagekräftigen Halbstundenmittelwerten nicht möglich ist. Hier werden nach Ablauf jeder halben Stunde Mittelwerte über die letzten drei Stunden errechnet (halbstündlich gleitende Dreistundenmittelwerte). Die Höchstwertangaben beziehen sich bei dieser Komponente daher immer auf ein Dreistundenintervall.

Jede halbe Stunde ruft die zentrale Messnetzsteuerung des LUA alle Mittelwerte und Kenngrößen aller Stationen ab und speichert sie in der zentralen LUQS-Datenbank. Dort stehen sie dann für weitere Berechnungen, Auswertungen und die Weiterleitung zur Veröffentlichung (u.a. Videotext, Internet) zur Verfügung.

Die Berechnung eines Tagesmittelwertes aus den Halbstundenmittelwerten erfolgt, wenn mindestens 32 von 48 Halbstundenwerten des Tages vorhanden und gültig sind. Monats- und Jahresmittelwerte werden aus den Halbstundenmittelwerten berechnet, wenn mindestens 50 % der maximal möglichen Werte vorhanden und gültig sind.

Ins Internet gelangen die Daten über das LDS (Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik).

Neben den kontinuierlich erfassten Daten sind auch die Ergebnisse der Laboranalysen aus den diskontinuierlichen Messungen in der LUQS-Datenbank gespeichert. Wie bereits im letzten Kapitel beschrieben, wird für die Datenerfassung in diesem Bereich ein Laborautomationssystem (LAS) und für die Datenverwaltung ein Laborinformations- und Managementsystem (LIMS) genutzt. Erst nachdem die Plausibilitätskontrollen abgeschlossen sind, werden die validierten Daten in der LUQS-Datenbank abgelegt, wo sie für weitere Auswertungen zur Verfügung stehen.

Abbildung 1 zeigt schematisch den Weg von der Datenerfassung bis zur Darstellung der Daten im Internet.

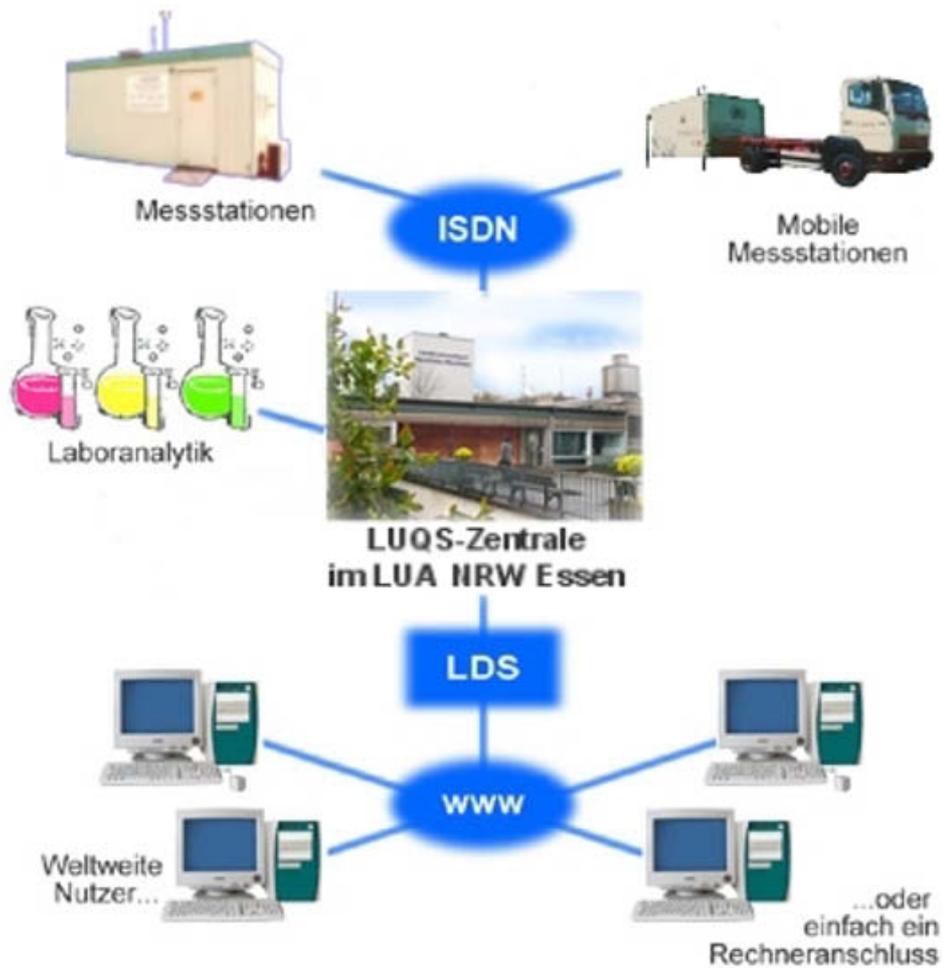


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Datenerfassung und Datentechnik.

2. Beurteilungsmaßstäbe zur Bewertung der Luftqualität

Nach dem in den Umweltgesetzen verankerten Vorsorgeprinzip sind Schädigungen durch Umweltschadstoffe grundsätzlich zu vermeiden bzw. auf ein nach dem Stand der Technik erreichbares Mindestmaß zu beschränken. Nachfolgend sind die derzeit geltenden Immissionsgrenzwerte zur Beurteilung der Luftqualität aufgelistet, die in unterschiedlichen Rechtsvorschriften niedergelegt sind.

Am Ende dieses Kapitels wird über den aktuellen Stand der europäischen Luftqualitätsrichtlinien berichtet, in denen die zukünftig einzuhaltenden Grenzwerte festgelegt sind bzw. werden. Die europäische Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickoxide, Partikel und Blei in der Luft – die sogenannte 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität - ist bereits am 19.07.1999 in Kraft getreten und ist bis zum 19.07.2001 in nationales Recht umzusetzen [18]. Die 2. Tochterrichtlinie legt für Benzol und Kohlenmonoxid Grenzwerte fest und ist seit dem 13.12.2000 in Kraft [19]. Die 3. Tochterrichtlinie bezieht sich auf Ozon. Die Zielwerte dieser Richtlinie sind noch nicht verabschiedet.

Tabelle 2.1: Immissionswerte, Grenzwerte, Schwellenwerte, MIK-Werte und LAI-Zielwerte zur Beurteilung der Luftqualität [20 – 25].

Luftverunreinigender Stoff und Zeitbezug	Erläuterung	Immissions-/ Grenz-/ Ziel-/ Schwellen-/ MIK-Wert	Vorschrift/ Richtlinie
Schwefeldioxid			
Jahresmittel (I1)	1)	140 µg/m ³ (IW1)	TA Luft
98 %-Wert (0,5 h) (I2)	2)	400 µg/m ³ (IW2)	TA Luft
Median der Tagesmittel	3)	120 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
98 %-Wert der Tagesmittel	4)	350 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Halbstundenwert		1000 µg/m ³ (0,5-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 11
Tagesmittel		300 µg/m ³ (24-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 11
Schwebstaub			
Jahresmittel (I1)	1)	150 µg/m ³ (IW1)	TA Luft
Jahresmittel	5)	150 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
98 %-Wert der Tagesmittel (I2)	2)	300 µg/m ³ (IW2)	TA Luft
95 %-Wert der Tagesmittel	6)	300 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Einstundenwert	7)	500 µg/m ³ (1-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 19
Tagesmittel	8)	250 µg/m ³ (24-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 19
Jahresmittel		75 µg/m ³ (Jahres-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 19
Stickstoffdioxid			
Jahresmittel (I1)	1)	80 µg/m ³ (IW1)	TA Luft
98 %-Wert (0,5 h) (I2)	2)	200 µg/m ³ (IW2)	TA Luft
98 %-Wert (1 h)	9)	200 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Halbstundenwert		200 µg/m ³ (0,5-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 12
Tagesmittel		100 µg/m ³ (24-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 12
Stickstoffmonoxid			
Halbstundenwert		1000 µg/m ³ (0,5-h-MIK-Wert)	VDI-2310
Tagesmittel		500 µg/m ³ (24-h-MIK-Wert)	VDI-2310
Ozon			
Achtstundenwert	10)	110 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Einstundenwert	11)	180 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Einstundenwert	13)	240 µg/m ³	BImSchG, § 40 a
Einstundenwert	12)	360 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
24h-Wert	14)	65 µg/m ³	22. BImSchV
Einstundenwert	14)	200 µg/m ³	22. BImSchV
Halbstundenwert		120 µg/m ³ (0,5-h-MIK-Wert)	VDI-2310, Bl. 15

Fortsetzung der Tabelle 2.1:

Luftverunreinigender Stoff und Zeitbezug	Erläuterung	Immissions-/Grenz-/ Ziel-/ Schwellen-/ MIK-Wert	Vorschrift/ Richtlinie
Kohlenmonoxid			
Jahresmittel (I1)	1)	10 mg/m ³ (IW1)	TA Luft
98 %-Wert (0,5 h) (I2)	2)	30 mg/m ³ (IW2)	TA Luft
Halbstundenwert		50 mg/m ³ (0,5-h-MIK-Wert)	VDI-2310
Tagesmittel		10 mg/m ³ (24-h-MIK-Wert)	VDI-2310
Jahresmittel		10 mg/m ³ (Jahres-MIK-Wert)	VDI-2310
Benzol			
Jahresmittelwert		2,5 µg/m ³ (LAI-Zielwert)	LAI ¹⁶⁾
Jahresmittelwert		10 µg/m ³	23. BImSchV ¹⁷⁾
Blei			
Jahresmittelwert	1)	2 µg/m ³	22. BImSchV ¹⁵⁾
Jahresmittelwert	1)	2 µg/m ³	TA Luft
Cadmium			
Jahresmittelwert		1,7 ng/m ³ (LAI-Zielwert)	LAI ¹⁶⁾
Jahresmittelwert	1)	40 ng/m ³	TA Luft
Nickel			
Jahresmittelwert		10 ng/m ³ (LAI-Zielwert)	LAI ^{16), 18)}
Ruß			
Jahresmittelwert	1)	8 µg/m ³	23. BImSchV ¹⁷⁾

Erläuterungen zu Tabelle 2.1:

- 1) kennzeichnet langfristige Einwirkung,
- 2) kennzeichnet kurzzeitige Einwirkung; darf von maximal 2 % der Halbstundenwerte eines Kalenderjahres überschritten werden,
- 3) darf von maximal 50 % der Tagesmittelwerte im Zeitraum 01.04. eines Jahres bis 31.03. des Folgejahres überschritten werden,
- 4) darf von maximal 2 % der Tagesmittelwerte im Zeitraum 01.04. bis 31.03. des Folgejahres überschritten werden,
- 5) Jahresmittel für den Zeitraum 01.04. bis 31.03. des Folgejahres,
- 6) darf von maximal 5 % der Tagesmittelwerte im Zeitraum 01.04. bis 31.03. des Folgejahres überschritten werden,
- 7) bis zu 3 aufeinanderfolgende Stunden
- 8) einmalige Exposition; 150 µg/m³ an aufeinanderfolgenden Tagen
- 9) darf von maximal 2 % der Stundenmittelwerte eines Kalenderjahres überschritten werden,
- 10) "Schwellenwert für den Gesundheitsschutz" (länger andauernde Luftverunreinigung),
- 11) "Schwellenwert für die Unterrichtung der Bevölkerung",
- 12) "Schwellenwert für die Auslösung des Warnsystems",
- 13) Konzentrationswert für die Auslösung von Verkehrsverboten gem. Kriterien des BImSchG, § 40 a bis e.
- 14) "Schwellenwert zum Schutz der Vegetation",
- 15) Die Immissionswerte (für Ozon: Schwellenwerte) der 22. BImSchV sind identisch mit den Immissionswerten der EU-Richtlinien 80/779/EWG, 85/203/EWG und 92/72/EWG.
- 16) Zielwert des LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz)
- 17) Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV).
- 18) Gleichzeitig Orientierungswert für Sonderfallprüfung nach Nr. 2.2.1.3 TA Luft [25].

Die Bewertung von Immissionen der krebserzeugenden Stoffe Arsen, Cadmium, Benzol und PAK stellt ein besonderes Problem dar, da aus medizinischer Sicht eine Unbedenklichkeitsschwelle für derartige Stoffe nicht angegeben werden kann. Eine Arbeitsgruppe des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) hat in mehrjähriger Arbeit "Beurteilungsmaßstäbe zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftverunreinigungen" erarbeitet und 1992 veröffentlicht. In dieser Studie wurden folgende Stoffe behandelt:

- Arsen und anorganische Arsenverbindungen,
- Asbest,

- Benzol,
- Cadmium und Cadmiumverbindungen,
- Dieselrußpartikel,
- PAK (Benzo[a]pyren),
- 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD).

Die Bewertung basiert auf den sogenannten "unit risk"-Werten, die das geschätzte zusätzliche Krebsrisiko eines Menschen nach konstanter inhalativer Exposition über 70 Jahre gegenüber einer Konzentration von 1 µg Schadstoff pro m³ Luft beschreiben. Die Werte sind in der folgenden Tabelle 2.2 angegeben.

Tabelle 2.2: Unit risk-Werte für bestimmte krebserzeugende Stoffe

Stoff	Unit risk [1/(µg/m ³)]
Arsen	4 * 10 ⁻³
Asbest ¹⁾	2 * 10 ⁻⁵
Benzol	9 * 10 ⁻⁶
Cadmium	1,2 * 10 ⁻²
Dieselruß ²⁾	10 * 10 ⁻⁵
PAK (BaP)	7 * 10 ⁻²
2,3,7,8-TCDD	1,4

- 1) bezogen auf 100 Fasern/m³
 2) Messung der Ruß(kern)partikelmasse

Das tatsächliche Risiko für einen einzelnen Stoff erhält man aus dem Produkt des unit risk-Wertes mit der jeweiligen Konzentration (Jahresmittelwerte).

Grundsätzlich ist bei solchen Betrachtungen zu berücksichtigen, dass Risikowerte der oben erwähnten Art eine quantitative Beschreibung einer Gefährdungssituation für bestimmte Orte und nicht definitive Risiken für einzelne Personen darstellen. Die Zahlenwerte beschreiben das Risiko einer Modellpopulation, die 70 Jahre lang gegenüber den jeweiligen mittleren Stoffkonzentrationen exponiert ist. Dabei bedeuten die Risiken von 1:1000, 1:2500 bzw. 1:5000 jeweils einen zusätzlichen Krebsfall auf 1000, 2500 bzw. 5000 Menschen.

Tabelle 2.3: Bewertungsmaßstäbe für bestimmte krebserzeugende Stoffe bei unterschiedlichem Gesamtrisiko

Stoff	Gesamtrisiko			Einheit
	1:1000	1:2500	1:5000	
Arsen	13	5	2,5	ng/m ³
Asbest	220	88	44	Fasern/m ³
Benzol	6,3	2,5	1,3	µg/m ³
Cadmium	4,2	1,7	0,8	ng/m ³
Dieselruß	2,8	1,1	0,6	µg/m ³
PAK (BaP)	3,2	1,3	0,6	ng/m ³
2,3,7,8-TCDD	39	16	7,8	fg/m ³

Mittlerweile wurde auch für Nickel ein Langzeitwert von 10 ng/m³ abgeleitet. Er ist durch die lungentoxischen Wirkungen von Nickel begründet.

Die unit risk-Werte wurden von der LAI-Arbeitsgruppe im Rahmen eines sogenannten Synthesemodells verwendet. Dieses Modell ermöglicht die Angabe von Bewertungsmaßstäben für krebserzeugende Stoffe für verschiedene Gesamtrisiken. Ein Gesamtrisiko von 1:2500 bedeutet beispielsweise, dass das gesamte Krebsrisiko, das von allen Luftverunreinigungen ausgeht, auf 1:2500 begrenzt wird. Dieses Gesamtrisiko schließt auch alle nicht explizit und einzeln betrachteten Stoffe mit ein, da hierfür "Risikoreserven" berücksichtigt wurden.

Zur Bewertung von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen wird die toxikologische Wirkung der Dioxine und Furane auf Organismen als Summe der Wirkung aller in Frage stehenden Einzelverbindungen beurteilt. Dabei benutzt man die relative Toxizität der einzelnen 2,3,7,8-chlorsubstituierten PCDD/PCDF, ausgedrückt als I-TEQ (Internationale Toxizitätsäquivalente). Dem sogenannten "Seveso-Dioxin" (2,3,7,8-TCDD) wird dabei das Toxizitätsäquivalent 1 zugeordnet. Die auf 2,3,7,8-TCDD bezogene Äquivalentkonzentration (I-TE) einer Umweltprobe wird durch Multiplikation des vorhandenen Gehaltes jedes einzelnen der siebzehn 2,3,7,8-Kongeneren mit den ihnen zugewiesenen Toxizitätsäquivalentfaktoren (I-TEF) und anschließender Addition der Einzelbeträge berechnet. Als Richtwert wird vom LAI ein Wert von 150 fg I-TE/m³ diskutiert.

Zur Beurteilung der PCB in der Außenluft gibt es keinen Richt- oder Grenzwert. Für die Bewertung von PCB in der Innenraumluft wird vom ehemaligen Bundesgesundheitsamt ein Vorsorgewert von 300 ng PCB/m³ herangezogen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 1997 und 1998 Vorschläge zur Neubewertung der Toxizität von Dioxinen und Furanen unter Einbeziehung von 12 Kongeneren von polychlorierten Biphenylen (PCB) mit dioxinähnlicher Wirkung (4 non-ortho und 8 mono-ortho PCB). Bezüglich einer Übernahme der Neubewertung in die nationalen und internationalen Regelwerke stehen die Entscheidungen noch aus. Auf die Auswirkung einer solchen Neubewertung wird in Kapitel 3.2.6 eingegangen.

Die 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität

Wie eingangs erwähnt, ist am 19.07.1999 die europäische Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickoxide, Partikel und Blei in der Luft in Kraft getreten. Sie ist bis zum 19.07.2001 in nationales Recht umzusetzen. Tabelle 2.4 gibt einen Überblick über die Grenzwerte und Angaben dieser sogenannten 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität.

Für die genannten Komponenten sind Grenzwerte und die Zeitpunkte, ab denen diese eingehalten werden müssen, festgelegt. Bis zu diesen Zeitpunkten gelten die in Tabelle 2.1 angegebenen Immissionswerte. Um das Erreichen der Grenzwerte bis zu den angegebenen Zeitpunkten sicherzustellen, sind in der 1. Tochterrichtlinie Toleranzmargen festgelegt, die von Jahr zu Jahr geringer werden. Sind die Grenzwerte + Toleranzmarge überschritten, müssen Maßnahmepläne aufgestellt werden, die das Einhalten des Grenzwertes zum in der Tochterrichtlinie festgelegten Zeitpunkt sicherstellen.

Tabelle 2.4: Grenzwerte nach Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999

	Mittelungszeitraum	Grenzwert	Toleranzmarge	Zeitpunkt, bis zu dem der Grenzwert zu erreichen ist
Schwefeldioxid (SO₂)				
1. 1-Stunden-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	1 Stunde	350 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 24mal im Kalenderjahr überschritten werden	150 µg/m ³ (43%) bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2005	1. Januar 2005
2. 1-Tages-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	125 µg/m ³ dürfen nicht öfter als dreimal im Kalenderjahr überschritten werden	keine	1. Januar 2005
3. Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen	Kalenderjahr und Winter (1. Oktober bis 31. März)	20 µg/m ³	keine	19. Juli 2001
Stickstoffdioxid (NO₂) und Stickstoffoxide (NO_x)				
1. 1-Stunden-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m ³ NO ₂ dürfen nicht öfter als 18mal im Kalenderjahr überschritten werden ¹⁾	50% bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0% am 1. Januar 2010	1. Januar 2010
2. Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³ NO ₂ ¹⁾	50% bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach bis auf 0% am 1. Januar 2010	1. Januar 2010
3. Jahresgrenzwert für den Schutz der Vegetation	Kalenderjahr	30 µg/m ³ NO _x	keine	19. Juli 2001
Partikel (PM10)				
Stufe 1				
1. 24-Stunden-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m ³ PM10 dürfen nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden	50% bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0% am 1. Januar 2005	1. Januar 2005
2. Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³ PM10	20% bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0% am 1. Januar 2005	1. Januar 2005
Stufe 2¹⁾				
1. 24-Stunden-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m ³ PM10 dürfen nicht öfter als 7mal im Jahr überschritten werden	Aus Daten abzuleiten, gleichwertig mit dem Grenzwert der Stufe 1	1. Januar 2010
2. Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	20 µg/m ³ PM10	50% am 1. Januar 2005, lineare Reduzierung alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0% am 1. Januar 2010	1. Januar 2010
Blei				
Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	100% bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0% am 1. Januar 2005 oder 1. Januar 2010 in unmittelbarer Nachbarschaft bestimmter punktueller Quellen, die der Kommission mitgeteilt werden müssen.	1. Januar 2005 oder 1. Januar 2010 in unmittelbarer Nachbarschaft bestimmter Standorten, die durch jahrzehntelange industrielle Tätigkeit belastet worden sind. Diese Quellen sind der Kommission bis 19. Juli 2001 mitzuteilen. In diesen Fällen beträgt der Grenzwert ab 1. Januar 2005 1,0 µg/m ³ .

¹⁾ Unter Vorbehalt der Revision im Jahr 2003

Im Unterschied zur bisherigen Praxis - z. B. der TA Luft – beziehen sich die neuen Immissionsgrenzwerte der EU nicht auf Gesamtstaub (TSP), sondern auf feinere Fraktionen des Staubes (PM10). Im Vergleich zu den Immissionswerten in Tabelle 2.1 stellen die Grenzwerte der EU vor allem für Schwebstaub und Stickstoffdioxid eine Verschärfung dar. In den entsprechenden Abschnitten in Kapitel 3 wird hierauf näher eingegangen. Ein Überblick über die Feinstaubproblematik in NRW ist im LUA-Jahresbericht'99 [26] zu finden.

Neben den Grenzwerten in Tabelle 2.4 sind in der 1. Tochterrichtlinie für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid auch Alarmschwellen festgelegt. Sie betragen $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Schwefeldioxid und $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid. Die Alarmschwellen gelten als überschritten, wenn die angegebenen Werte drei aufeinander folgende Stunden lang an Orten gemessen werden, die für die Luftqualität in einem Bereich von mindestens 100 km^2 , oder im gesamten Gebiet oder Ballungsraum, repräsentativ sind. Da es sich bei den Alarmschwellen um Werte handelt, bei deren Überschreitung bei kurzfristiger Exposition eine Gefahr für die menschliche Gesundheit besteht, muss die Bevölkerung umgehend informiert werden und es müssen Maßnahmen ergriffen werden.

Die 2. Tochterrichtlinie zur Luftqualität

Die 2. Tochterrichtlinie zur Luftqualität betrifft die Komponenten Benzol und Kohlenmonoxid. Sie ist seit dem 13.12.2000 in Kraft und muss bis zum 13.12.2002 national umgesetzt werden. Tabelle 2.5 enthält die Grenzwerte und Angaben dieser 2. Tochterrichtlinie.

Tabelle 2.5: Grenzwerte der 2. Tochterrichtlinie für Benzol und Kohlenmonoxid

	Mittelungszeitraum	Grenzwert	Toleranzmarge	Zeitpunkt, bis zu dem der Grenzwert zu erreichen ist
Benzol				
Jahresgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, Reduzierung am 1. Januar 2006 und alle 12 Monate danach um $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis auf 0% am 1. Januar 2010.	1. Januar 2010
Kohlenmonoxid				
Höchster 8-Stunden-mittelwert eines Tages als Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	8 Stunden	$10 \text{ mg}/\text{m}^3$	$6 \text{ mg}/\text{m}^3$ bei Inkrafttreten dieser Richtlinie, Reduzierung am 1. Januar 2003 und alle 12 Monate danach um $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis auf 0% am 1. Januar 2005.	1. Januar 2005

8-Stunden-Mittelwerte stündlich gleitend berechnet

Die 3. Tochterrichtlinie zur Luftqualität

Die 3. Tochterrichtlinie befasst sich mit den Luftqualitätszielen für Ozon. Ein gemeinsamer Standpunkt der 3. Tochterrichtlinie wurde im Oktober 2000 erreicht. Die Zustimmung des Europaparlamentes steht noch aus. Tabelle 2.6 fasst die in dieser Richtlinie vorgesehenen Zielwerte und langfristigen Luftqualitätsziele für Ozon zusammen.

Tabelle 2.6: Luftqualitätsziele der 3. Tochterrichtlinie für Ozon

	Parameter	Zielwert	Zeitpunkt zum Erreichen des Ziels
Zielwerte			
Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	120 µg/m ³ , 25 zulässige Überschreitungen pro Kalenderjahr, gemittelt über 3 Jahre	2010 (soweit möglich)
Zielwert für den Schutz der Vegetation	AOT40, berechnet aus 1-Stundenwerten von Mai bis Juli	18.000 [µg/m ³] h, gemittelt über 5 Jahre	2010 (soweit möglich)
Langfristziel			
Langfristziel für den Schutz der menschlichen Gesundheit	höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	120 µg/m ³	
Langfristziel für den Schutz der Vegetation	AOT40, berechnet aus 1-Stundenwerten von Mai bis Juli	6.000 [µg/m ³] h	
Informations- und Alarmwert			
Informationswert	1-Stundenwert	180 µg/m ³	
Alarmwert	1-Stundenwert	240 µg/m ³	

8-Stunden-Mittelwerte stündlich gleitend berechnet

Bei dem in der Tabelle zum Schutz der Vegetation angegebenen AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb) handelt es sich um einen Expositionsindex. Es wird die Summe aller Differenzen zwischen der stündlichen Ozonkonzentration und dem Schwellenwert von 40 ppb ($\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) für Tageslichtstunden (08:00 – 20:00 Uhr) während der Vegetationsperiode (3 bzw. 6 Monate) berechnet.

Hintergrund für diesen Index ist die Bewertung der ökotoxikologischen Wirkungen von Luftverunreinigungen, die in der Regel Konzentrationen als Dosismaß zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Dosis (Einwirkdauer * Konzentration) und Wirkung im biologischen Rezeptor benutzt. Die abgeleiteten Werte zum Schutz der Vegetation vor nachteiliger Ozoneinwirkung basieren dementsprechend zur Zeit auf dem sogenannten „critical level“ Konzept der UN-ECE (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen), wobei Konzentrationssummenwerte oberhalb eines Schwellenwertes (AOT40) als Berechnungsgröße herangezogen werden.

3. Ergebnisse der Luftqualitätsmessungen in NRW 1999

Zunächst sollen hier die Ergebnisse der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messungen im Jahr 1999 vorgestellt werden. Ein Vergleich mit den Vorjahren erfolgt in Kapitel 4 unter Berücksichtigung der meteorologischen Situation.

3.1 Kontinuierliche Messungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der kontinuierlichen Luftqualitätsüberwachung für die Komponenten Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon und Schwebstaub dargestellt. Im Unterkapitel Schwebstaub sind zudem die Ergebnisse der diskontinuierlichen PM10-Messungen enthalten. Alle dargestellten Ergebnisse der kontinuierlichen gemessenen anorganischen Komponenten beziehen sich hierbei auf 20°C und 1013 hPa. Für den kontinuierlich gemessenen Schwebstaub liegt der Temperaturbezug bei 0°C.

Nach einer kurzen Einführung über Quellen und Wirkungsweise der jeweiligen Komponente werden ausgewählte Kenngrößen zunächst stationsbezogen tabellarisch aufgelistet. Die daran anschließende Kartendarstellung, in der Sondermessstationen bewusst nicht enthalten sind, soll einen Überblick über die Belastungssituation in Nordrhein-Westfalen geben. Hintergrundstationen, Verkehrsstationen und Waldstationen sind hierbei durch unterschiedliche Symbole gekennzeichnet. In einer weiteren Abbildung werden die einzelnen Stationen nach den Jahresmittelwerten sortiert. Auch hier sind verschiedene Stationsgruppen unterschiedlich gekennzeichnet. Anhand der Rangfolge der Stationen lassen sich Rückschlüsse auf Ursachen der Immissionsbelastung ziehen. Den Abschluss bildet eine Bewertung der Belastungssituation unter Berücksichtigung der Beurteilungsmaßstäbe aus Kapitel 2.

3.1.1 Schwefeldioxid

Schwefeldioxid entsteht vorwiegend bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Industrie, Haushalten und Verkehr sowie bei industriellen Prozessen zur Eisen- und Stahlerzeugung, Zellstoffherstellung, Schwefelsäure- und Düngemittelproduktion.

Schwefeldioxid in der Außenluft wirkt als Reizgas, insbesondere auf Asthmatiker. Bei gleichzeitigem Bestehen einer Schwebstaubbelastung kommt es zu einer angenäherten Verdoppelung der Schwefeldioxidwirkung.

Bei Pflanzen verursacht Schwefeldioxid Gewebezellerfall durch Chlorophyllabbau. Ein Teil des Schwefeldioxids wird in der Atmosphäre zu Schwefelsäure oxidiert, es bilden sich saure Schwebeteilchen die - mit anderen Säurebildnern - zur Versauerung von Böden und Gewässern beitragen.

In Tabelle 3.1/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Schwefeldioxidmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. In Karte 3.1/1 und Abbildung 3.1/1 sind die Mittelwerte und 98%-Werte dargestellt.

Die Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid ist geprägt durch niedrige Mittelwerte im Bereich bis $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, illustriert durch die vorherrschende grüne Farbe in der Kartendarstellung. Etwas erhöhte Jahresmittelwerte wurden nur an Standorten mit

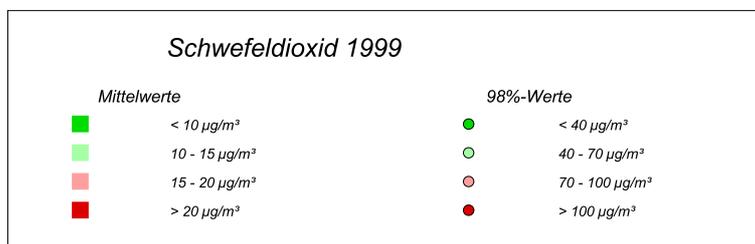
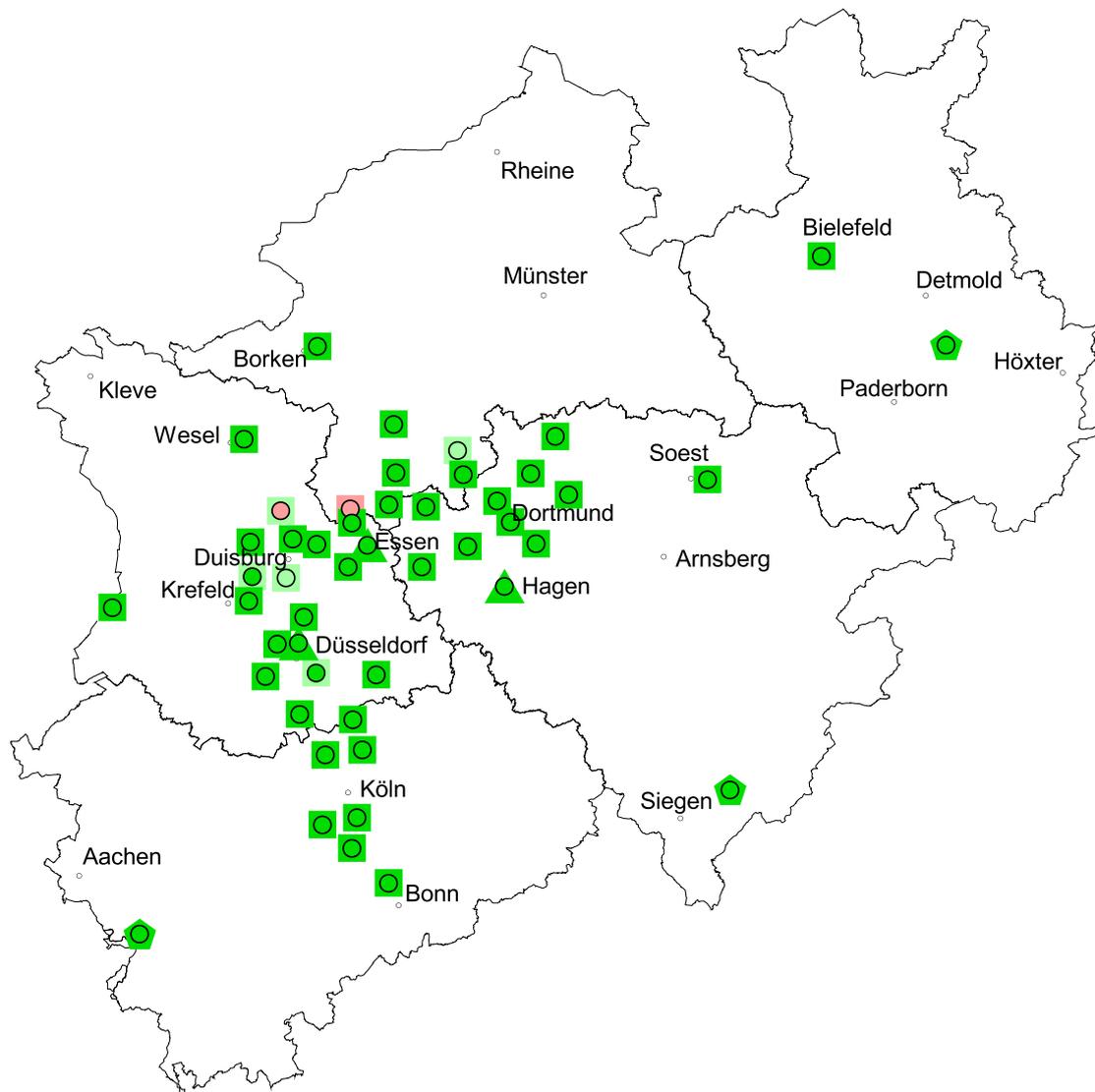
industriellem Einfluss gemessen. So wurden die höchsten Jahremittelwerte 1999 in Duisburg-Bruckhausen (DUBR: 20 µg/m³), Bottrop (BOTT: 20 µg/m³) und Duisburg-Walsum (WALS: 13 µg/m³) registriert. Alle drei Messstationen liegen in unmittelbarem bzw. weiteren Einflussbereich von Kokereien. Auch die höchsten 98%-Werte und Halbstundenwerte wurden an diesen Stationen gemessen. Im Vergleich zu den Hintergrundmessstationen im Rhein-Ruhr-Gebiet zeigen die Messstation im Einflussbereich des Verkehrs keine erhöhten Werte. Die niedrigsten Immissionswerte wurden in den Waldgebieten festgestellt.

Tabelle 3.1/1: Schwefeldioxidimmission in NRW im Jahr 1999: Ausgewählte Kenngrößen in µg/m³

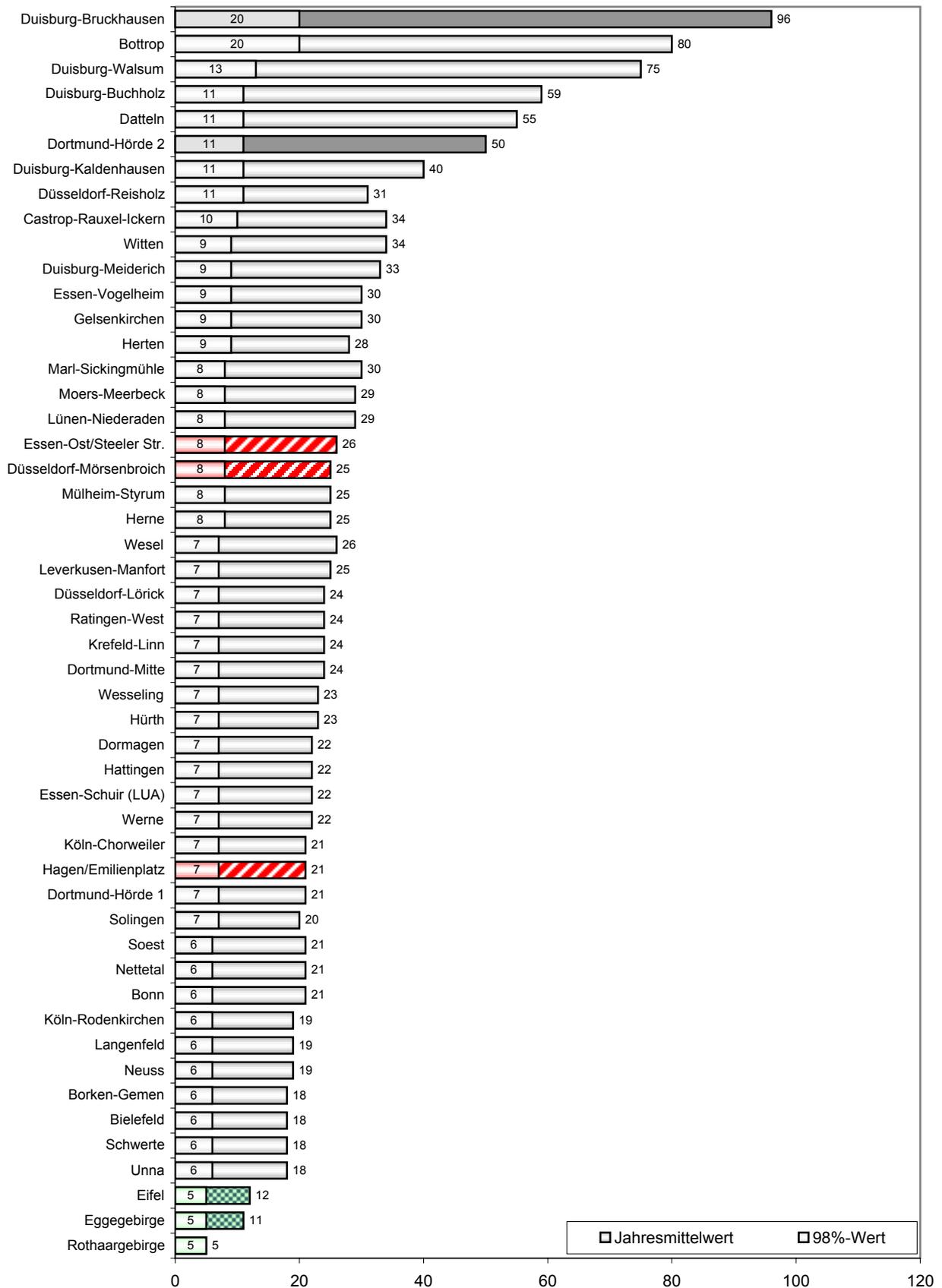
Name der Station	Kürzel	VERF(%)	I1	HST50	HST95	HST98	HSTMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	88	10	5	27	34	71
Datteln	DATT	84	11	5	32	55	325
Dortmund-Hörde 1	HOER	92	7	5	17	21	126
Dortmund-Mitte	DMD2	95	7	5	17	24	264
Lünen-Niederaden	NIED	95	8	5	22	29	90
Schwerte	SCHW	93	6	5	14	18	119
Unna	UNNA	94	6	5	13	18	58
Werne	WERN	87	7	5	17	22	71
Witten	WIT2	85	9	5	23	34	140
Bottrop	BOTT	96	20	13	59	80	475
Essen-Schuir (LUA)	LISE	88	7	5	17	22	69
Essen-Vogelheim	EVOG	80	9	5	23	30	104
Gelsenkirchen	GELS	92	9	5	23	30	198
Hattingen	HATT	83	7	5	17	22	138
Herne	HERN	92	8	5	20	25	173
Herten	HERT	91	9	5	23	28	155
Marl-Sickingmühle	SICK	94	8	5	22	30	141
Duisburg-Buchholz	BUCH	92	11	5	36	59	282
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	95	11	5	31	40	359
Duisburg-Meiderich	MEID	96	9	5	23	33	262
Duisburg-Walsum	WALS	94	13	5	44	75	408
Krefeld-Linn	KREF	97	7	5	18	24	112
Moers-Meerbeck	MEER	94	8	5	21	29	137
Mülheim-Styrum	STYR	96	8	5	19	25	80
Wesel	WESE	88	7	5	17	26	171
Düsseldorf-Lörick	LOER	97	7	5	18	24	70
Düsseldorf-Reisholz	REIS	97	11	10	27	31	80
Neuss	NEUS	93	6	5	14	19	57
Ratingen-West	RAT2	80	7	5	18	24	130
Bonn	BONN	97	6	5	15	21	128
Dormagen	DORM	96	7	5	16	22	73
Hürth	HUE2	95	7	5	16	23	98
Köln-Chorweiler	CHOR	96	7	5	16	21	80
Köln-Rodenkirchen	RODE	95	6	5	14	19	94
Langenfeld	LANG	92	6	5	14	19	67
Leverkusen-Manfort	LEV2	97	7	5	18	25	83
Wesseling	WESS	93	7	5	16	23	105
Rhein-Ruhr-Gebiet			8			30	475
Eggegebirge	EGGE	94	5	5	5	11	50
Eifel	EIFE	95	5	5	5	12	57
Rothaargebirge	ROTH	94	5	5	5	5	48
Bielefeld	BIEL	92	6	5	13	18	101
Borken-Gemen	BORG	95	6	5	11	18	64
Nettetal	NETT	97	6	5	16	21	74
Soest	SOES	88	6	5	16	21	42
Solingen	SOLI	93	7	5	16	20	70
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	95	8	5	20	25	89
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	96	8	5	21	26	114
Hagen/Emilienplatz	VHAG	96	7	5	17	21	104
Sondermessstationen							
Dortmund-Hörde 2	DOHO	90	11	5	30	50	320
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	90	20	13	65	96	419

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
I1 : Jahremittelwert der Halbstundenwerte
HST50 : 50%-Wert der Halbstundenwerte

HST95 : 95%-Wert der Halbstundenwerte
HST98 : 98%-Wert der Halbstundenwerte
HSTMAX : Höchster Halbstundenwert des Jahres



Karte 3.1/1: Schwefeldioxidkonzentrationen in NRW 1999.
Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.1/1: Schwefeldioxidkonzentrationen in NRW 1999 in µg/m³
Rangliste der Stationen**

Ein Vergleich der gemessenen Werte mit den Immissionswerten der TA-Luft und dem Halbstunden-MIK-Wert nach VDI-2310 zeigt keine Überschreitungen im Berichtszeitraum. Für die Beurteilung der Immissionswerte nach VDI-2310 und 22. BImSchV sind in Tabelle 3.1/2 ausgewählte Kenngrößen der Tageswerte für die geforderten Messzeiträume aufgelistet.

Tabelle 3.1/2: Schwefeldioxidimmission in NRW: Ausgewählte Kenngrößen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf Basis von Tageswerten für das Jahr 1999, sowie für den Messzeitraum April 1999-März 2000

Name der Station	Kürzel	01.01.-31.12.1999						01.04.1999-31.03.2000					
		VERF(%)	T11	T50	T95	T98	TMAX	VERF(%)	T11	T50	T95	T98	TMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	88	10	8	21	24	33	87	10	7	19	25	45
Datteln	DATT	84	10	8	23	38	67	85	10	7	23	38	61
Dortmund-Hörde 1	HOER	95	7	5	13	16	24	96	7	5	13	16	26
Dortmund-Mitte	DMD2	97	7	6	13	18	29	98	7	6	13	21	29
Lünen-Niederaden	NIED	96	8	7	16	21	41	97	8	6	16	21	41
Schwerte	SCHW	94	6	5	11	14	21	95	6	5	10	13	26
Unna	UNNA	96	6	5	10	13	22	92	6	5	11	14	42
Werne	WERN	88	7	5	12	16	22	90	7	6	13	16	34
Witten	WIT2	83	9	6	17	24	97	84	8	6	16	28	97
Boitrop	BOTT	99	20	16	44	57	221	99	19	16	46	61	82
Essen-Schuir (LUA)	LISE	89	7	6	12	17	21	88	7	6	12	15	27
Essen-Vogelheim	EVOG	81	9	7	18	21	34	89	9	7	21	26	31
Gelsenkirchen	GELS	93	9	8	17	21	44	94	9	8	18	21	35
Hattingen	HATT	84	7	6	12	15	19	81	7	6	13	17	19
Herne	HERN	94	8	6	15	17	25	94	8	7	15	21	33
Herten	HERT	94	9	7	18	22	33	92	9	7	19	25	42
Marl-Sickingmühle	SICK	97	8	6	17	21	29	97	8	6	17	20	41
Duisburg-Buchholz	BUCH	94	11	8	27	33	60	92	11	8	29	33	72
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	96	11	9	23	29	70	96	10	8	21	24	31
Duisburg-Meiderich	MEID	99	9	8	16	19	30	99	9	8	18	22	40
Duisburg-Walsum	WALS	96	13	9	33	45	88	96	13	9	35	45	63
Krefeld-Linn	KREF	99	7	6	13	16	27	99	7	5	13	16	24
Moers-Meerbeck	MEER	96	8	6	17	21	29	95	8	5	15	21	29
Mülheim-Styrum	STYR	99	8	7	14	18	25	98	8	7	14	17	31
Wesel	WESE	89	7	5	15	19	23	88	7	5	13	17	23
Düsseldorf-Lörick	LOER	99	7	6	14	16	32	99	7	5	14	18	26
Düsseldorf-Reisholz	REIS	99	11	9	22	29	33	99	10	8	22	29	33
Neuss	NEUS	94	6	5	10	13	22	96	6	5	11	13	17
Ratingen-West	RAT2	82	7	6	13	18	30	89	7	6	15	20	30
Bonn	BONN	100	6	5	12	16	28	100	6	5	12	15	28
Dormagen	DORM	99	7	5	13	16	25	99	7	5	12	16	25
Hürth	HUE2	98	7	6	12	14	20	98	7	5	12	14	23
Köln-Chorweiler	CHOR	99	7	5	13	14	24	99	6	5	12	14	21
Köln-Rodenkirchen	RODE	98	6	5	10	12	16	98	6	5	10	14	20
Langenfeld	LANG	95	6	5	12	14	19	95	6	5	11	14	29
Leverkusen-Manfort	LEV2	99	7	6	13	15	20	99	7	6	13	17	25
Wesseling	WESS	94	7	5	14	17	25	96	7	5	13	17	25
Eschweiler	EGGE	96	5	5	6	8	20	95	5	5	6	8	20
Eifel	EIFE	98	5	5	7	8	18	97	5	5	7	8	12
Rothaargebirge	ROTH	96	5	5	6	7	8	96	5	5	6	7	11
Bielefeld	BIEL	94	6	5	10	15	24	92	6	5	10	14	24
Borken-Gemen	BORG	98	6	5	9	13	21	98	6	5	9	11	17
Nettetal	NETT	100	6	5	12	15	19	100	6	5	12	16	20
Soest	SOES	90	6	5	13	16	20	88	7	5	15	17	30
Solingen	SOLI	95	7	5	12	15	23	95	7	5	13	17	29
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	97	8	6	16	20	23	97	8	6	17	21	29
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	99	8	7	17	20	25	98	8	7	17	20	35
Hagen/Emilienplatz	VHAG	98	7	6	13	16	22	98	7	6	12	14	30
Sondermessstationen													
Dortmund-Hörde 2	DOHO	91	11	7	28	36	69	92	10	7	27	33	69
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	90	20	16	40	66	83	90	21	16	61	76	107

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
 I1 : Jahresmittelwert der Tageswerte
 T50 : 50%-Wert der Tageswerte
 T95 : 95%-Wert der Tageswerte
 T98 : 98%-Wert der Tageswerte
 TMAX : Höchster Tageswert des Jahres

Beim Vergleich der Tageswerte mit den Beurteilungsmaßstäben aus Tabelle 2.1 ergeben sich keine Überschreitungen.

Auch die Grenzwerte der 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität wurden 1999 bereits an allen Stationen eingehalten. Der 1 h-Wert von 350 µg/m³ wurde nur in Bottrop 7 mal überschritten. Die Anzahl der Überschreitungen lag damit deutlich unter der im Grenzwert festgelegten Anzahl von 24. Der Tagesmittelwert von 125 µg/m³ wurde nur einmal in Bottrop überschritten. Auch der Grenzwert zum Schutz der Ökosysteme von 20 µg/m³ im Winterhalbjahr wurde an den relevanten Stationen in der Eifel, dem Eggegebirge und Rothaargebirge eingehalten. Für alle drei Stationen lag der Mittelwert in diesem Zeitraum bei 5 µg/m³.

Zum Vergleich sind die höchsten erreichten Werte und die entsprechende Station in Tabelle 3.1/3 mit den Immissionswerten und den entsprechenden Vorschriften/Richtlinien zusammengefasst.

Tabelle 3.1/3: Schwefeldioxid: Vergleich der Immissions- bzw. Grenzwerte mit den 1999 max. erreichten Werten. (Angaben in µg/m³)

Immissionskenngröße	Immissions- bzw. Grenzwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschreitungen
Jahresmittelwert	140	TA Luft	20 (BOTT, DUBR)	-
98%-Wert (0.5 h)	400	TA Luft	96 (DUBR)	-
Median der Tagesmittelwerte	120 ^{*)}	22. BImSchV	16 (BOTT, DUBR)	-
98%-Wert der Tagesmittelwerte	350 ^{*)}	22. BImSchV	76 (DUBR)	-
Halbstundenwert	1000	VDI	475 (BOTT)	-
Tagesmittelwert	300	VDI	221 (BOTT)	-
zukünftig einzuhaltende Grenzwerte nach 1. Tochterrichtlinie				
Einstundenwert	350 / 24 mal	1. Tochterrichtlinie	350 / 7 mal (BOTT)	-
Tagesmittelwert	125 / 3 mal	1. Tochterrichtlinie	125 / 1 mal (BOTT)	-
Jahres- und Winterhalbjahreswert zum Schutz der Ökosysteme	20	1. Tochterrichtlinie	5 (EGGE, EIFE, ROTH)	-

^{*)} Messzeitraum: April bis März des Folgejahres.

3.1.2 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Strom- und Wärmerzeugung, Verkehr) und von Biomasse. Der Anteil des entstehenden Kohlenmonoxids steigt bei unvollständiger Verbrennung, also unter Sauerstoffmangel.

Im Konzentrationsniveau üblicher Immissionsbelastung treten kaum Wirkungen durch Kohlenmonoxid in der Biosphäre auf. Indirekte Wirkungen entstehen durch Umsetzungen mit anderen Bestandteilen der Atmosphäre, und zwar

- Abbau von OH-Radikalen, die wiederum viele schädliche Spurengase abbauen,
- Oxidation zum Kohlendioxid, welches als Treibhausgas gilt.

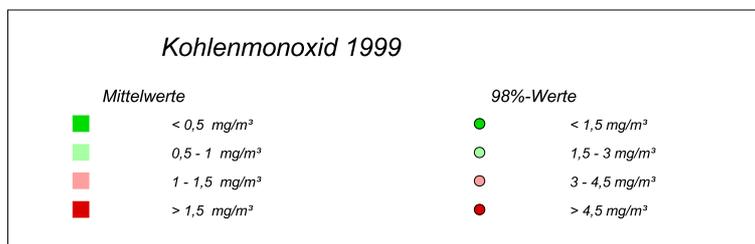
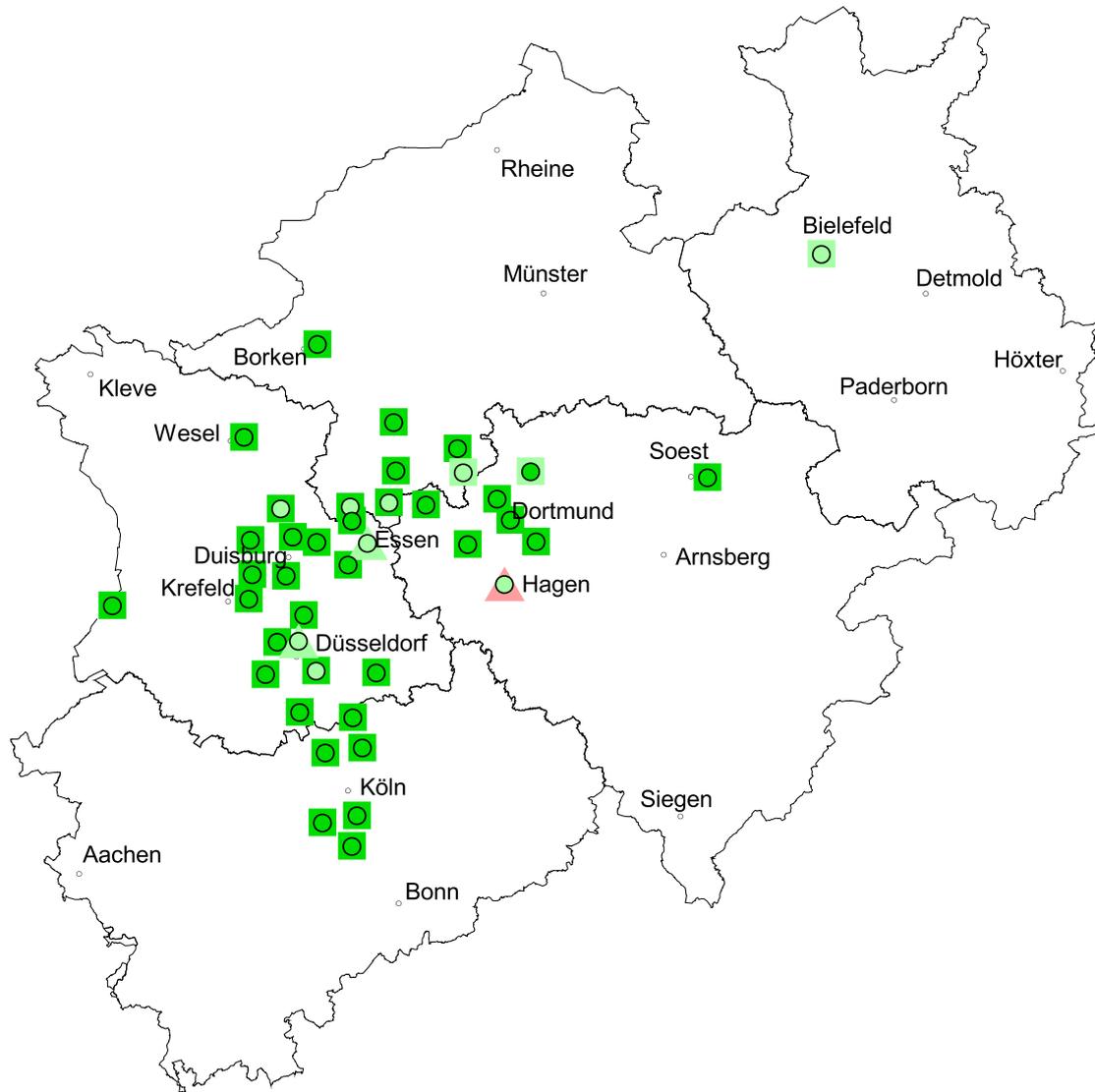
In Tabelle 3.2/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Kohlenmonoxidmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. In Karte 3.2/1 und Abbildung 3.2/1 sind die Mittelwerte und 98%-Werte dargestellt.

Die Immissionsbelastung durch Kohlenmonoxid lag 1999 in Nordrhein-Westfalen auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Mittelwerte lagen für die meisten Stationen zwischen 0,2 und 0,6 mg/m³. Innerhalb der Messgebiete zeigen sich kaum Unterschiede. Die höchsten Werte wurden an den Verkehrsstationen gemessen. Hier liegen die Jahresmittelwerte zwischen 0,7 und 1,6 mg/m³. Auch die 98%-Werte liegen an den Verkehrsstationen im Mittel um den Faktor 2 höher als an den übrigen Stationen. Die höchsten Werte wurden bei der bodennahen Kohlenmonoxid-Messung an der Station Düsseldorf/Corneliusstraße (DDCS) ermittelt.

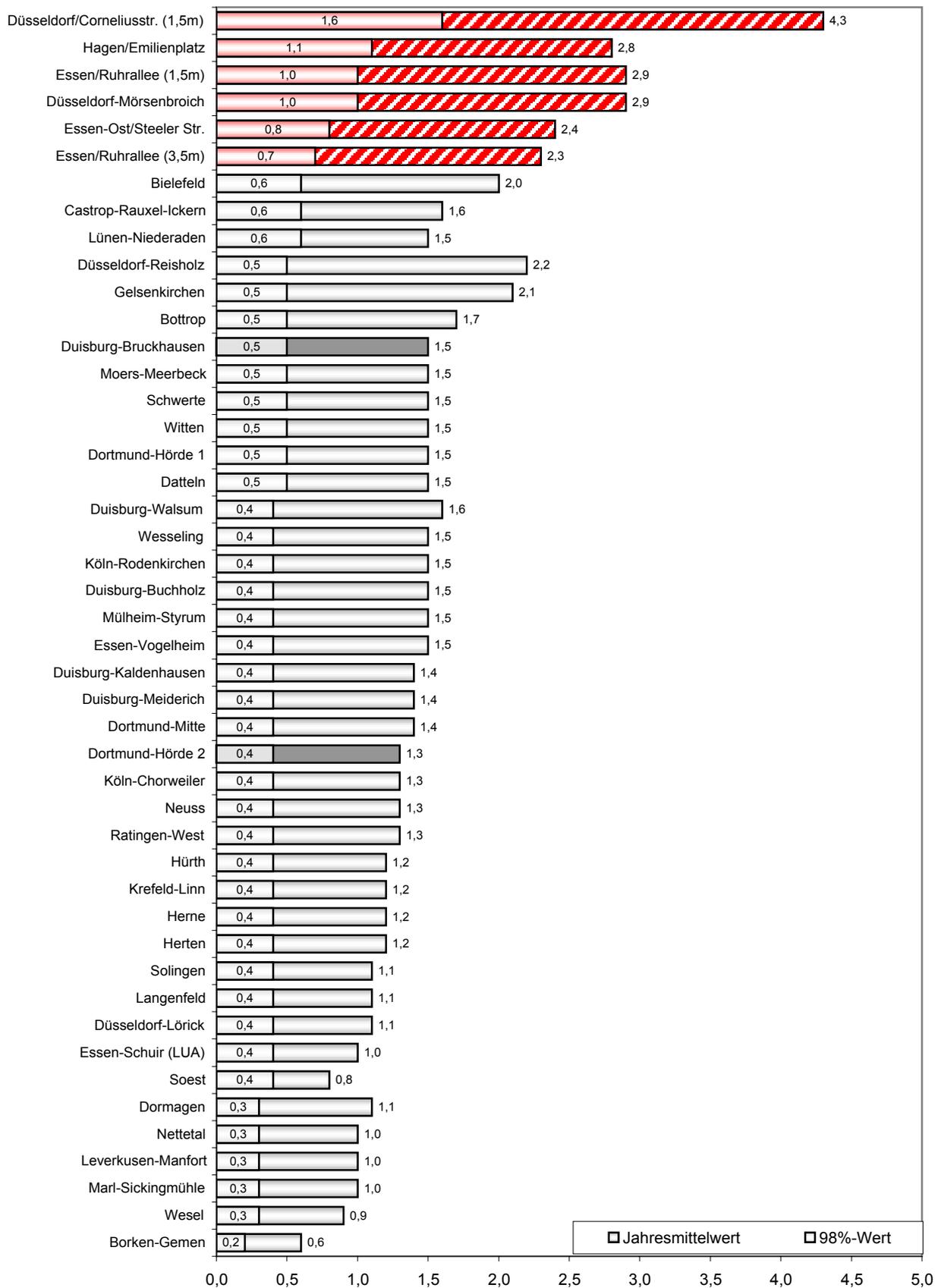
Tabelle 3.2/1: Kohlenmonoxidimmission in NRW im Jahr 1999: Ausgewählte Kenngrößen in mg/m³

Name der Station	Station	VERF(%)	I1	HST50	HST95	HST98	HSTMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	98	0,6	0,5	1,2	1,6	4,8
Datteln	DATT	93	0,5	0,5	1,1	1,5	5,9
Dortmund-Hörde 1	HOER	98	0,5	0,5	1,2	1,5	4,5
Dortmund-Mitte	DMD2	95	0,4	0,2	1,0	1,4	4,6
Lünen-Niederaden	NIED	96	0,6	0,6	1,2	1,5	2,9
Schwerte	SCHW	96	0,5	0,4	1,1	1,5	4,9
Witten	WIT2	98	0,5	0,5	1,1	1,5	6,0
Boitrop	BOTT	99	0,5	0,4	1,2	1,7	5,6
Essen-Schuir (LUA)	LISE	90	0,4	0,2	0,8	1,0	2,5
Essen-Vogelheim	EVOG	71	0,4	0,2	1,1	1,5	4,4
Gelsenkirchen	GELS	91	0,5	0,4	1,4	2,1	6,6
Herne	HERN	94	0,4	0,2	1,0	1,2	6,7
Herten	HERT	93	0,4	0,2	0,9	1,2	2,7
Marl-Sickingmühle	SICK	96	0,3	0,2	0,8	1,0	3,4
Duisburg-Buchholz	BUCH	87	0,4	0,2	1,1	1,5	4,9
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	94	0,4	0,2	1,0	1,4	3,8
Duisburg-Meiderich	MEID	95	0,4	0,2	1,0	1,4	3,7
Duisburg-Walsum	WALS	84	0,4	0,2	1,1	1,6	7,0
Krefeld-Linn	KREF	97	0,4	0,2	0,9	1,2	3,8
Moers-Meerbeck	MEER	95	0,5	0,5	1,1	1,5	4,0
Mülheim-Styrum	STYR	98	0,4	0,4	1,0	1,5	5,7
Wesel	WESE	65	0,3	0,2	0,7	0,9	2,9
Düsseldorf-Lörick	LOER	70	0,4	0,4	0,9	1,1	2,8
Düsseldorf-Reisholz	REIS	95	0,5	0,2	1,5	2,2	6,5
Neuss	NEUS	94	0,4	0,2	1,0	1,3	4,6
Ratingen-West	RAT2	80	0,4	0,2	0,9	1,3	3,7
Dormagen	DORM	91	0,3	0,2	0,8	1,1	2,8
Hürth	HUE2	93	0,4	0,2	0,9	1,2	4,2
Köln-Chorweiler	CHOR	73	0,4	0,2	0,9	1,3	4,7
Köln-Rodenkirchen	RODE	96	0,4	0,2	1,1	1,5	5,5
Langenfeld	LANG	60	0,4	0,2	0,9	1,1	2,9
Leverkusen-Manfort	LEV2	93	0,3	0,2	0,8	1,0	2,8
Wesseling	WESS	86	0,4	0,2	1,1	1,5	6,0
Rhein-Ruhr-Gebiet			0,4			1,4	7,0
Bielefeld	BIEL	98	0,6	0,6	1,5	2,0	8,5
Borken-Gemen	BORG	96	0,2	0,2	0,4	0,6	1,9
Nettetal	NETT	97	0,3	0,2	0,8	1,0	2,9
Soest	SOES	88	0,4	0,2	0,7	0,8	1,5
Solingen	SOLI	98	0,4	0,2	0,8	1,1	4,7
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	93	1,0	0,9	2,3	2,9	8,3
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	95	0,8	0,7	1,9	2,4	7,2
Hagen/Emilienplatz	VHAG	98	1,1	0,9	2,2	2,8	7,5
Sondermessstationen							
Düsseldorf/Corneliusstr. (1,5 m)	DDCS	74	1,6	1,4	3,6	4,3	8,8
Essen/Ruhrallee (1,5 m)	ESRA	79	1,0	0,8	2,3	2,9	7,6
Essen/Ruhrallee (3,5 m)	ESRA	91	0,7	0,6	1,8	2,3	7,6
Dortmund-Hörde 2	DOHO	96	0,4	0,4	1,0	1,3	5,2
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	96	0,5	0,5	1,2	1,5	5,2

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
I1 : Jahresmittelwert der Halbstundenwerte
HST50 : 50%-Wert der Halbstundenwerte
HST95 : 95%-Wert der Halbstundenwerte
HST98 : 98%-Wert der Halbstundenwerte
HSTMAX : Höchster Halbstundenwert des Jahres



Karte 3.2/1: Kohlenmonoxidkonzentrationen in NRW 1999.
Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen und Vierecke Hintergrundstationen.



**Abbildung 3.2/1: Kohlenmonoxidkonzentrationen in NRW 1999 mg/m³
Rangliste der Stationen**

Zu Überschreitungen von Immissionswerten kam es 1999 an keiner der Stationen im Messnetz. Selbst an der Station Düsseldorf/Corneliusstraße wurden nur 16% des IW1-Wertes der TA Luft und 14% des IW2-Wertes erreicht. Auch der zukünftig einzuhaltende Grenzwert nach der 2. Tochterrichtlinie zur Luftqualität von 10 mg/m³ für den höchsten 8-Stundenmittelwert wurde an keiner Station erreicht. In Tabelle 3.2/2 sind zum Vergleich die höchsten erreichten Werte und die entsprechende Station zusammen mit den Immissionswerten und den entsprechenden Vorschriften/Richtlinien aufgeführt.

Tabelle 3.2/2: Kohlenmonoxid: Vergleich der Immissions- bzw. Grenzwerte mit den 1999 max. erreichten Werten. (Angaben in mg/m³)

Immissionskenngröße	Immissions- bzw. Grenzwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschreitungen
Jahresmittelwert	10	TA Luft	1,6 (DDCS)	-
98%-Wert (0.5 h)	30	TA Luft	4,3 (DDCS)	-
Halbstundenwert	50	VDI	8,8 (DDCS)	-
Jahresmittelwert	10	VDI	1,6 (DDCS)	-
zukünftig einzuhaltende Grenzwerte nach 2. Tochterrichtlinie				
8-Stundenmittelwert ^{*)}	10	2. Tochterrichtlinie	4,9 (DDCS)	-

^{*)} stündlich gleitend berechnet.

Aufgrund der niedrigen Kohlenmonoxidbelastung an den meisten Stationen im Messnetz wird das Messprogramm in Bezug auf diese Komponente auch zukünftig verringert werden, d. h. Kohlenmonoxid wird an einigen Stationen nicht mehr gemessen. Ausgenommen hiervon sind die Verkehrs- und Sondermessstationen.

3.1.3 Stickstoffmonoxid

Durch menschliche Aktivität entsteht Stickstoffmonoxid überwiegend bei Verbrennungsprozessen, Energieerzeugung und Verkehr; bei höheren Verbrennungstemperaturen durch Oxidation des Luftstickstoffes, bereits bei niedrigeren Verbrennungstemperaturen durch Oxidation des im Brennstoff gebundenen Stickstoffs.

In den vorliegenden Außenluftkonzentrationen hat Stickstoffmonoxid geringe Wirkungen auf die Biosphäre. Es ist die Vorläufersubstanz, aus der sich das wirkungsintensivere Stickstoffdioxid bildet.

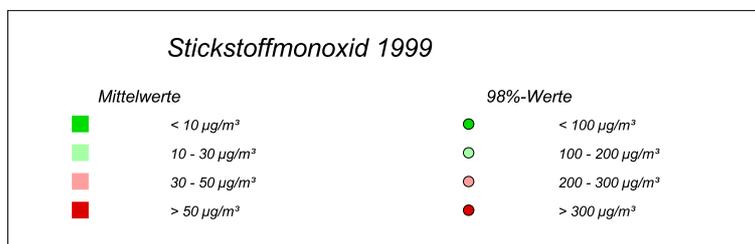
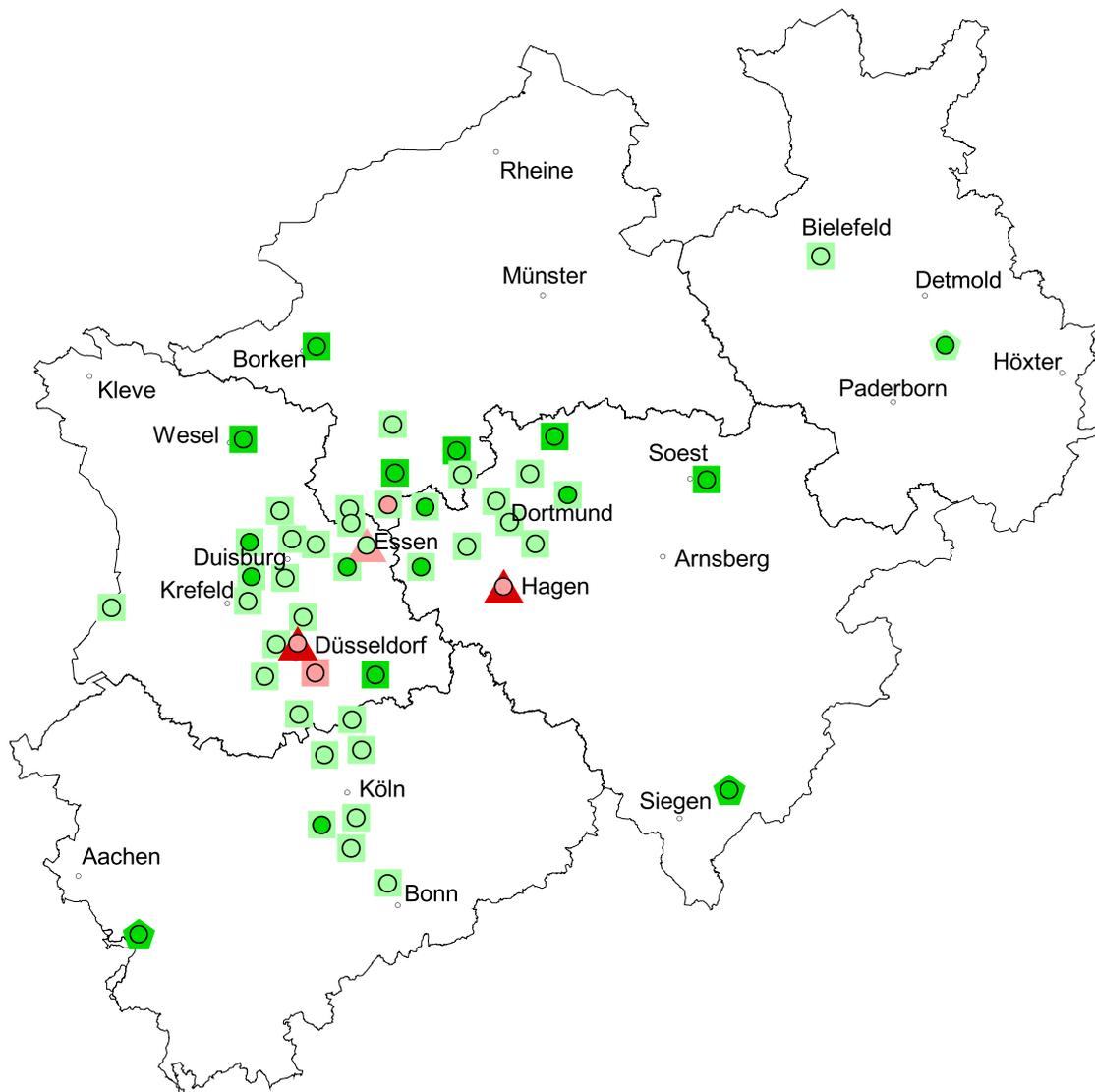
In Tabelle 3.3/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Stickstoffmonoxidmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. In Karte 3.3/1 und Abbildung 3.3/1 sind die Mittelwerte und 98%-Werte dargestellt.

Die Jahresmittelwerte der Stickstoffmonoxidkonzentration liegen für die meisten Stationen unter 20 µg/m³. Deutlich höhere Werte werden nur an Stationen gemessen, die stark vom Verkehr beeinflusst sind. So werden die höchsten Jahresmittelwerte an den speziell eingerichteten Verkehrsmessstationen registriert. Die Verkehrs-sondermessstation in der Corneliusstraße in Düsseldorf, bei der die Stickstoffmonoxidmessung in Bodennähe erfolgt, führt die Rangfolge der Stationen an. An dieser Station wird auch der höchste 98%-Wert ermittelt.

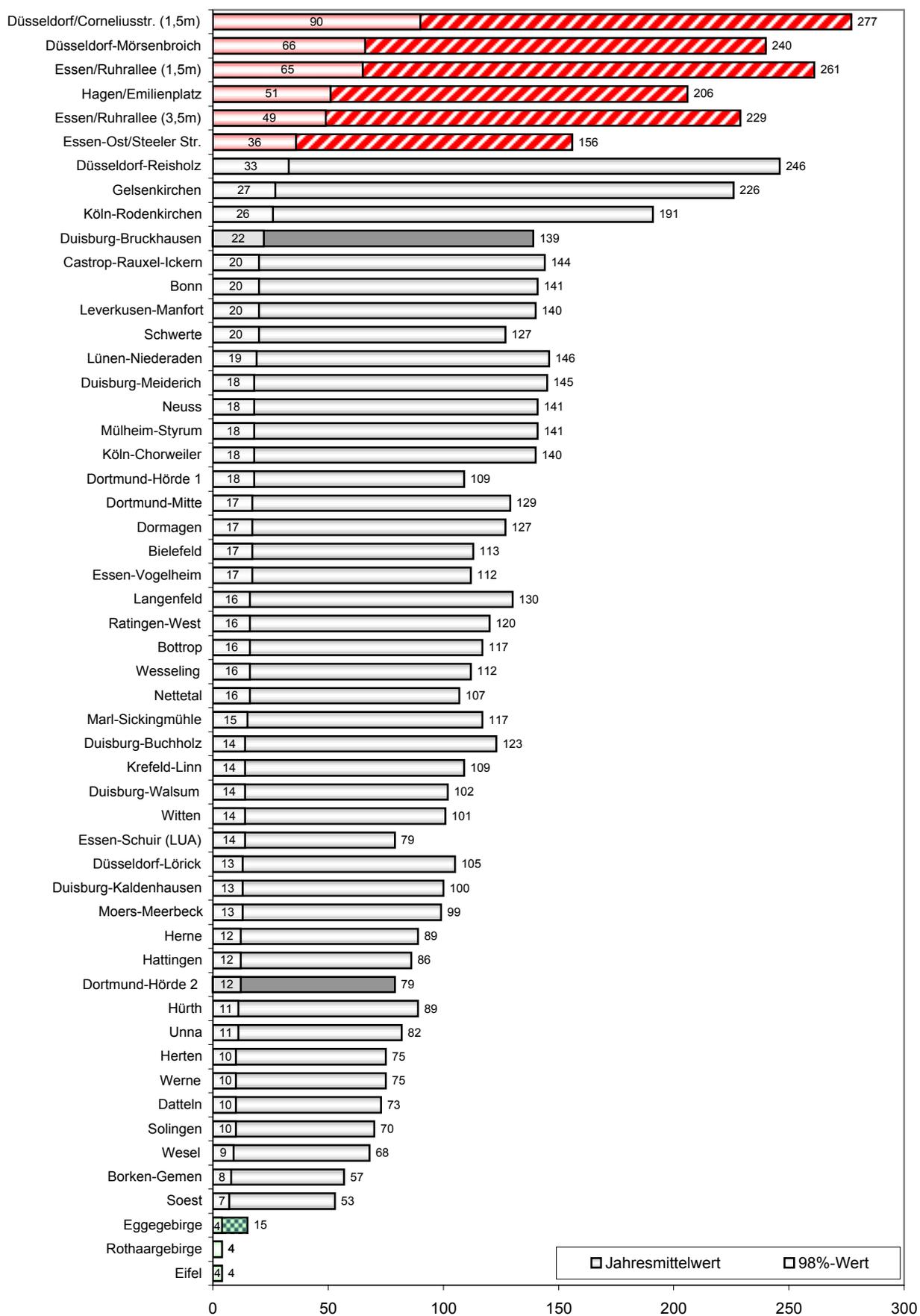
Tabelle 3.3/1: Stickstoffmonoxidimmission in NRW im Jahr 1999: Ausgewählte Kenngrößen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Name der Station	Kürzel	VERF(%)	I1	HST50	HST95	HST98	HSTMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	93	20	4	85	144	652
Datteln	DATT	84	10	4	43	73	260
Dortmund-Hörde 1	HOER	90	18	8	73	109	302
Dortmund-Mitte	DMD2	77	17	4	75	129	398
Lünen-Niederaden	NIED	89	19	4	89	146	414
Schwerte	SCHW	95	20	7	82	127	397
Unna	UNNA	86	11	4	51	82	280
Werne	WERN	86	10	4	46	75	288
Witten	WIT2	78	14	4	61	101	289
Botrop	BOTT	95	16	4	73	117	432
Essen-Schuir (LUA)	LISE	86	14	4	55	79	318
Essen-Vogelheim	EVOG	76	17	4	75	112	742
Gelsenkirchen	GELS	89	27	4	134	226	712
Hattingen	HATT	82	12	4	53	86	409
Herne	HERN	82	12	4	56	89	296
Herten	HERT	88	10	4	45	75	262
Marl-Sickingmühle	SICK	91	15	4	73	117	457
Duisburg-Buchholz	BUCH	86	14	4	70	123	331
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	86	13	4	61	100	350
Duisburg-Meiderich	MEID	94	18	4	83	145	514
Duisburg-Walsum	WALS	92	14	4	62	102	458
Krefeld-Linn	KREF	95	14	4	67	109	477
Moers-Meerbeck	MEER	91	13	4	59	99	336
Mülheim-Styrum	STYR	96	18	4	84	141	738
Wesel	WESE	86	9	4	38	68	299
Düsseldorf-Lörick	LOER	95	13	4	60	105	296
Düsseldorf-Reisholz	REIS	93	33	8	159	246	811
Neuss	NEUS	90	18	4	86	141	449
Ratingen-West	RAT2	71	16	4	77	120	397
Bonn	BONN	90	20	4	85	141	577
Dormagen	DORM	94	17	4	74	127	378
Hürth	HUE2	87	11	4	46	89	273
Köln-Chorweiler	CHOR	94	18	4	81	140	539
Köln-Rodenkirchen	RODE	94	26	4	119	191	716
Langenfeld	LANG	88	16	4	80	130	308
Leverkusen-Manfort	LEV2	95	20	4	89	140	472
Wesseling	WESS	91	16	4	69	112	340
Rhein-Ruhr-Gebiet			16			120	811
EGgegebirge	EGGE	86	4	4	4	15	187
Eifel	EIFE	90	4	4	4	4	74
ROthaargebirge	ROTH	81	4	4	4	4	76
Bielefeld	BIEL	89	17	4	66	113	467
Borken-Gemen	BORG	91	8	4	34	57	260
NETtetal	NETT	92	16	4	67	107	468
SOest	SOES	84	7	4	28	53	360
SOlingen	SOLI	92	10	4	40	70	367
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	91	66	51	185	240	502
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	87	36	24	116	156	527
Hagen/Emilienplatz	VHAG	95	51	36	148	206	552
Sondermessstationen							
Düsseldorf/Corneliusstr. (1,5 m)	DDCS	68	90	74	233	277	521
Essen/Ruhrallee (1,5 m)	ESRA	68	65	41	207	261	715
Essen/Ruhrallee (3,5 m)	ESRA	88	49	26	171	229	759
Dortmund-Hörde 2	DOHO	94	12	4	49	79	220
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	91	22	10	84	139	558

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
 I1 : Jahresmittelwert der Halbstundenwerte
 HST50 : 50%-Wert der Halbstundenwerte
 HST95 : 95%-Wert der Halbstundenwerte
 HST98 : 98%-Wert der Halbstundenwerte
 HSTMAX : Höchster Halbstundenwert des Jahres



Karte 3.3/1: Stickstoffmonoxidkonzentrationen in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.3/1: Stickstoffmonoxidkonzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**

Bei den Hintergrundstationen zeigen die Stationen in Düsseldorf-Reisholz, Gelsenkirchen und Köln-Rodenkirchen besonders hohe Werte. Die Jahresmittelwerte an diesen drei Stationen sind zwar kleiner als die der Verkehrsmessstationen, die 98%-Werte sind jedoch mit denen der Verkehrsmessstationen vergleichbar. Dieser Sachverhalt erklärt sich dadurch, dass die drei genannten Hintergrundstationen alle in der Nähe von Autobahnen liegen: die Station in Düsseldorf-Reisholz ca. 150 m südlich der A 46, die Station in Gelsenkirchen ca. 300 m südlich der A 42 und die Station in Köln-Rodenkirchen ca. 350 m südöstlich der A 4. Sie können daher in Abhängigkeit von der vorherrschenden Windrichtung stark vom Verkehr beeinflusst werden. So wurde der höchste Halbstundenwert in Nordrhein-Westfalen 1999 mit $811 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Station in Düsseldorf-Reisholz bei Winden mit nördlichen Anteilen gemessen. Niedrige Jahresmittelwerte und 98%-Werte für Stickstoffmonoxid werden an Stationen gemessen, in deren Einflussbereich nur geringes Verkehrsaufkommen herrscht. Die niedrigsten Immissionswerte weisen die Waldstationen auf.

Ein Vergleich der ermittelten Werte in Tabelle 3.3/1 mit den Beurteilungsmaßstäben in Kapitel 2 zeigt, dass 1999 keine Überschreitungen vorliegen. In Düsseldorf-Reisholz wird der Halbstunden-MIK-Wert nach VDI-2310 zu 81% erreicht. In der 1. Tochtterrichtlinie zur Luftqualität (vgl. Tabelle 2.4) sind für Stickstoffmonoxid keine Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt. Für den Schutz der Vegetation darf die Summe aus Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid im Jahresmittel $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten. Diese Summe wird über die Teilchenkonzentration berechnet. Da Stickstoffmonoxid leichter ist als Stickstoffdioxid, muss bei der Summenbildung über die Massenkonzentration ein Faktor von ca. 1,5 berücksichtigt werden. Bei einem gemessenen Jahresmittelwert für Stickstoffmonoxid von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (unter Berücksichtigung des Faktors entspricht dies ca. $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) an den Waldstationen darf der Stickstoffdioxidjahresmittelwert an diesen Stationen demnach maximal $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen.

Tabelle 3.3/2: Stickstoffmonoxid: Vergleich der Immissions- bzw. Grenzwerte mit den 1999 max. erreichten Werten. (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Immissionskenngröße	Immissions- bzw. Grenzwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschreitungen
Halbstundenwert	1000	VDI	811 (REIS)	-
zukünftig einzuhaltende Grenzwerte nach 1. Tochtterrichtlinie				
Jahresgrenzwert für den Schutz der Vegetation (Summe NO_x ^{*)})	30	1. Tochtterrichtlinie	siehe Kapitel 3.1.4	-

^{*)} als NO_2 -Äquivalente.

3.1.4 Stickstoffdioxid

Aus dem emittierten Stickstoffmonoxid entsteht durch Oxidation in der Atmosphäre das Stickstoffdioxid. Als Quellen können indirekt die Quellen des Stickstoffmonoxids angesehen werden.

Stickstoffdioxid hat als Gas und über mit Feuchtigkeit gebildete Säuren eine Reizwirkung. Übliche Immissionskonzentrationen erzeugen keine wesentlichen Wirkungen bei Menschen. Reaktionsprodukte des Stickstoffdioxids führen zu verstärkter Säurebildung mit den bekannten Folgen für Böden und Gewässer. Verschiedene Folgeprodukte sind auch stark pflanzenschädigend. Stickstoffdioxid ist eine wesentliche Vorläufersubstanz für die Bildung des bodennahen Ozons.

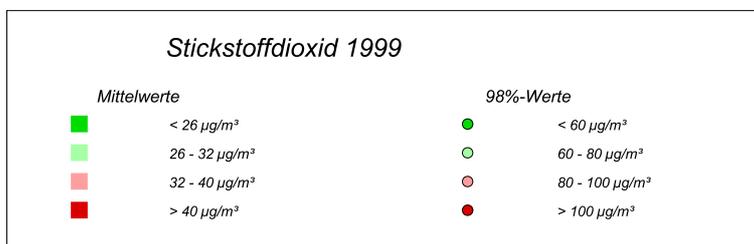
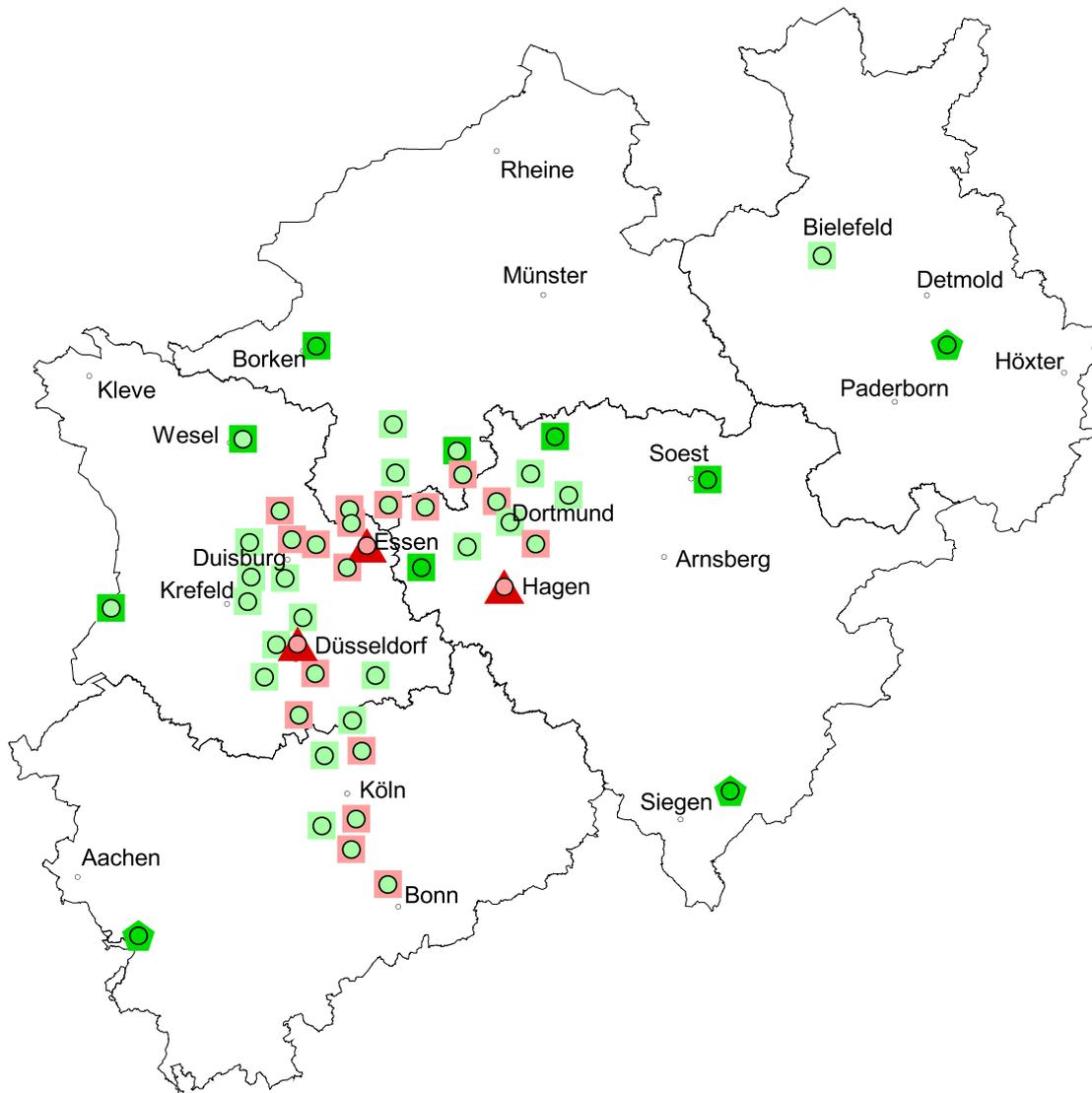
In Tabelle 3.4/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Stickstoffdioxidmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. In Karte 3.4/1 und Abbildung 3.4/1 sind die Mittelwerte und 98%-Werte dargestellt.

Tabelle 3.4/1: Stickstoffdioxidimmission in NRW im Jahr 1999: Ausgewählte Kenngrößen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

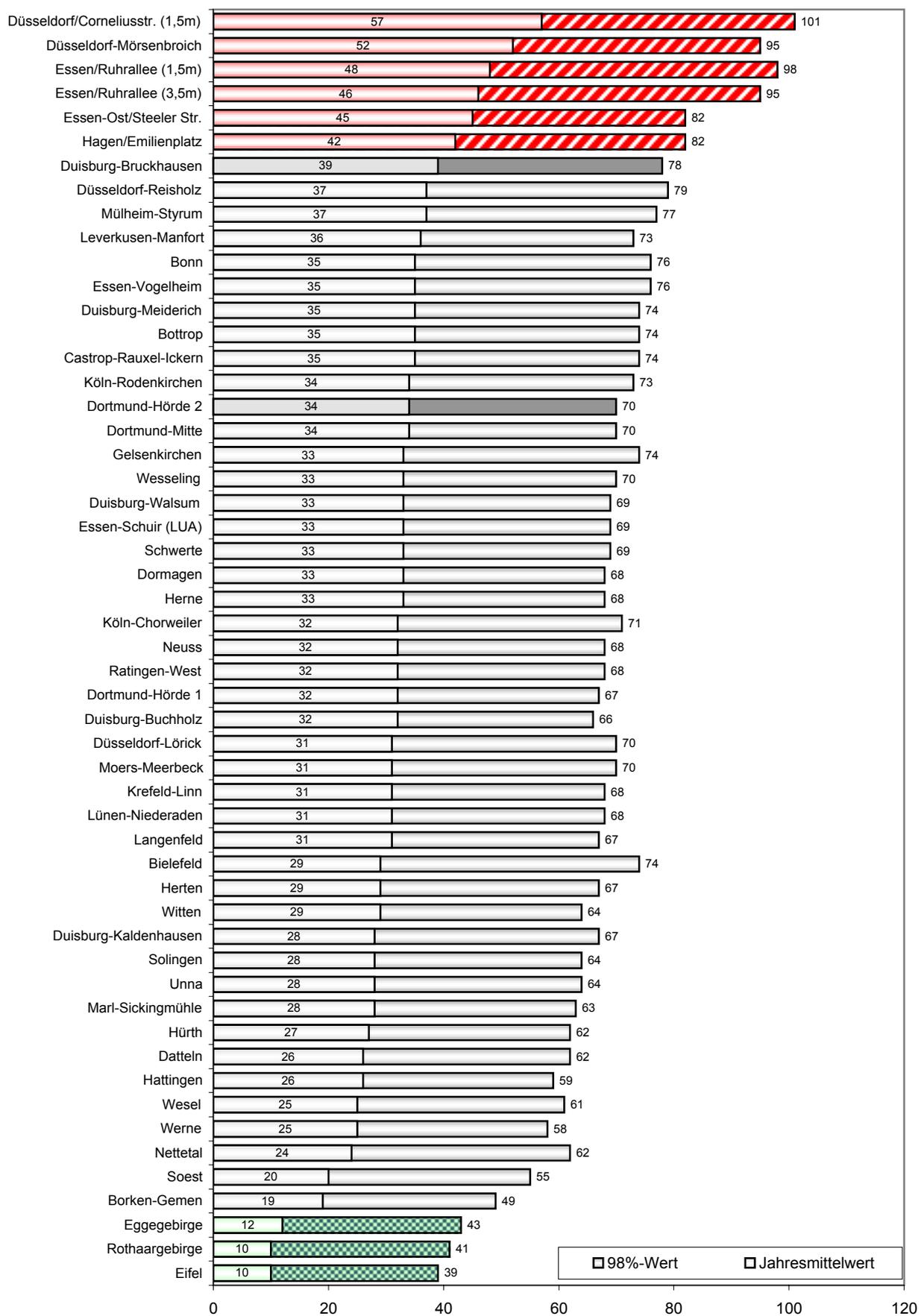
Name der Station	Kürzel	VERF(%)	I1	HST50	HST95	HST98	HSTMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	91	35	34	66	74	150
Datteln	DATT	83	26	24	55	62	111
Dortmund-Hörde 1	HOER	88	32	31	59	67	118
Dortmund-Mitte	DMD2	73	34	32	62	70	203
Lünen-Niederaden	NIED	86	31	30	61	68	195
Schwerte	SCHW	95	33	31	61	69	129
Unna	UNNA	84	28	25	57	64	122
Werne	WERN	86	25	22	51	58	98
Witten	WIT2	73	29	28	57	64	140
Bottrop	BOTT	92	35	33	66	74	120
Essen-Schuir (LUA)	LISE	86	33	31	61	69	161
Essen-Vogelheim	EVOG	69	35	34	65	76	128
Gelsenkirchen	GELS	87	33	32	63	74	130
Hattingen	HATT	81	26	24	53	59	114
Herne	HERN	82	33	31	62	68	116
Herten	HERT	87	29	26	60	67	110
Marl-Sickingmühle	SICK	91	28	26	55	63	119
Duisburg-Buchholz	BUCH	85	32	30	59	66	114
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	86	28	27	59	67	107
Duisburg-Meiderich	MEID	94	35	34	65	74	124
Duisburg-Walsum	WALS	90	33	31	62	69	114
Krefeld-Linn	KREF	94	31	30	60	68	127
Moers-Meerbeck	MEER	88	31	29	61	70	125
Mülheim-Styrum	STYR	95	37	35	67	77	129
Wesel	WESE	83	25	22	54	61	123
Düsseldorf-Lörrich	LOER	94	31	30	62	70	124
Düsseldorf-Reisholz	REIS	91	37	36	67	79	145
Neuss	NEUS	89	32	31	59	68	149
Ratingen-West	RAT2	71	32	31	60	68	115
Bonn	BONN	88	35	33	65	76	124
Dormagen	DORM	94	33	31	60	68	156
Hürth	HUE2	85	27	24	55	62	184
Köln-Chorweiler	CHOR	94	32	31	62	71	124
Köln-Rodenkirchen	RODE	94	34	32	63	73	145
Langenfeld	LANG	87	31	30	60	67	119
Leverkusen-Manfort	LEV2	95	36	35	63	73	141
Wesseling	WESS	88	33	32	61	70	132
Rhein-Ruhr-Gebiet			32			69	203
Esgegebirge	EGGE	86	12	5	35	43	85
Eifel	EIFE	90	10	5	29	39	68
Rothaargebirge	ROTH	81	10	5	30	41	72
Bielefeld	BIEL	89	29	25	62	74	128
Borken-Gemen	BORG	90	19	17	43	49	69
Nettetal	NETT	89	24	20	53	62	121
Soest	SOES	83	20	17	48	55	100
Solingen	SOLI	90	28	25	56	64	206
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	91	52	51	83	95	186
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	83	45	44	73	82	166
Hagen/Emilienplatz	VHAG	94	42	42	73	82	175
Sondermessstationen							
Düsseldorf/Corneliusstr. (1,5 m)	DDCS	62	57	57	91	101	148
Essen/Ruhrallee (1,5 m)	ESRA	65	48	47	83	98	161
Essen/Ruhrallee (3,5 m)	ESRA	88	46	45	82	95	159
Dortmund-Hörde 2	DOHO	93	34	32	62	70	122
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	91	39	38	68	78	124

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
I1 : Jahresmittelwert der Halbstundenwerte
HST50 : 50%-Wert der Halbstundenwerte

HST95 : 95%-Wert der Halbstundenwerte
HST98 : 98%-Wert der Halbstundenwerte
HSTMAX : Höchster Halbstundenwert des Jahres



Karte 3.4/1: Stickstoffdioxidkonzentrationen in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.4/1: Stickstoffdioxidkonzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**

Die Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid lagen 1999 für die meisten Stationen im Rhein-Ruhrgebiet zwischen 30 und 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deutlich höhere Jahresmittelwerte wurden nur an den Verkehrsmessstationen gemessen. Der höchste Jahresmittelwert und 98%-Wert wurde bei der bodennahen Stickstoffdioxidmessung in der Corneliusstraße in Düsseldorf bestimmt. Die Unterschiede zwischen den Verkehrsmessstationen und den Hintergrundstationen sind bei den Immissionswerten des Stickstoffdioxids allerdings nicht so groß wie bei den Werten des Stickstoffmonoxids. Da Stickstoffdioxid im Gegensatz zu Stickstoffmonoxid hauptsächlich nicht direkt von den Fahrzeugen emittiert wird, sondern sich vielmehr durch Oxidation aus dem Stickstoffmonoxid bildet, ist es homogener verteilt als Stickstoffmonoxid.

Wie Karte 3.4/1 zeigt lassen sich anhand der Stickstoffdioxidkonzentration Gebiete mit hoher Verkehrsdichte von Gebieten mit geringerer Verkehrsdichte unterscheiden. So weisen die Stationen im Rhein-Ruhr-Gebiet höhere Werte auf als die Stationen außerhalb des Ballungsgebietes.

Die niedrigsten Stickstoffdioxidkonzentrationen wurden wiederum in den Waldgebieten gemessen. Ein Vergleich der Abbildungen 3.3/1 für Stickstoffmonoxid und 3.4/1 für Stickstoffdioxid zeigt, dass die Unterschiede zwischen Waldstationen und Hintergrundstationen für Stickstoffdioxid nicht so ausgeprägt sind, wie bei Stickstoffmonoxid. Dies liegt daran, dass es in den Waldgebieten in Nordrhein-Westfalen zwar wenig Emittenten für Stickoxide gibt, die Waldgebiete aber dennoch nahe genug an den Ballungsgebieten liegen, was zu einem Eintrag von Stickstoffdioxid führt.

Ein Vergleich der ermittelten Stickstoffdioxidwerte mit den Beurteilungsmaßstäben in Kapitel 2 zeigt keine Überschreitungen der IW1- und IW2-Werte der TA Luft. Der höchste Jahresmittelwert im Rhein-Ruhr-Gebiet wurde in Düsseldorf-Reisholz gemessen und beträgt 46% des IW1-Wertes. Der höchste 98%-Wert im Rhein-Ruhr-Gebiet wurde in Mülheim-Styrum ermittelt und erreicht 39% des IW2-Wertes. An der Verkehrssondermessstation Düsseldorf/Corneliusstr. wird der IW1-Wert zu 71% erreicht, der IW2-Wert zu 51%. Der Halbstunden-MIK-Wert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde einmal in Dortmund-Mitte (203 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und einmal in Solingen (206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten.

Der Jahresgrenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität wurde 1999 an allen Verkehrsmessstationen überschritten. Die Messwerte liegen allerdings noch im Bereich der 1999 geltenden Toleranzmarge von + 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maßnahmenpläne zum Erreichen der Grenzwerte im Jahre 2010 wären demnach nicht erforderlich (siehe Kapitel 2). Beim Jahresgrenzwert zum Schutz der Vegetation von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Summe aus Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid gab es keine Überschreitungen. Einen Vergleich der 1999 höchsten erreichten Werte mit den Immissions- und Grenzwerten der verschiedenen Vorschriften und Richtlinien bietet Tabelle 3.4/2.

Tabelle 3.4/2: Stickstoffdioxid: Vergleich der Immissions- bzw. Grenzwerte mit den 1999 max. erreichten Werten. (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Immissionskenngröße	Immissions- bzw. Grenzwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschreitungen
Jahresmittelwert	80	TA Luft	57 (DDCS)	-
98%-Wert (0.5 h)	200	TA Luft	101 (DDCS)	-
Halbstundenwert	200	VDI	203 (DMD2) 206 (SOLI)	DMD2 SOLI
zukünftige Grenzwerte nach 1. Tochterrichtlinie				
Einstundenwert	200 / 18 mal	1. Tochterrichtlinie	173 (DMD2) 172 (SOLI)	-
Jahresmittelwert	40	1. Tochterrichtlinie	57 (DDCS) 52 (VDDF) 48 (ESRA) 46 (ESRA) 45 (VESN) 42 (VHAG)	an allen Verkehrsstationen
Jahresgrenzwert für den Schutz der Vegetation (Summe NO_x ^{*)})	30	1. Tochterrichtlinie	(6 + 12) (EGGE)	-

^{*)} als NO_2 -Äquivalente.

3.1.5 Ozon

Ozon wird nicht, wie andere Luftschadstoffe, direkt emittiert, sondern bildet sich in der Luft aus sog. Vorläuferstoffen unter Einwirkung intensiver Sonnenstrahlung. Zu den Vorläuferstoffen gehören Stickstoffoxide (NO_x) und leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC), z. B. Lösemittel. Die Mechanismen der Ozonbildung sind komplex. So kommt es in Anwesenheit hoher Stickstoffmonoxidkonzentrationen zu einem Abbau von Ozon. In unmittelbarer Nähe von Autoabgasen z. B. an Verkehrsmessstationen ist es daher wenig sinnvoll Ozon zu messen. Da aus Stickstoffmonoxid aber Stickstoffdioxid entsteht, welches wiederum zur Ozonbildung führt, können die Ozonkonzentrationen in einiger Entfernung vom Kfz-Verkehr bereits erheblich sein. Besonders hohe Ozonwerte werden daher meist an den Randgebieten in der Abluftfahne von Ballungsgebieten gemessen.

In smogträchtigen Situationen erreicht das Ozon unter Umständen Konzentrationswerte, die Augen und Schleimhäute reizen, Kopf- und Brustschmerzen, vereinzelt auch Schwindel, verursachen können. Wegen seiner niedrigen Wasserlöslichkeit wird nur wenig Ozon durch die Bronchialschleimhaut aufgenommen und es gelangt verstärkt in die Lunge. Dort verursacht es Lungenfunktionsstörungen und kann über seine starke Oxidationswirkung das Lungengewebe angreifen.

Ozon wirkt pflanzenschädigend durch Chlorophyllzerstörung, hin bis zu akuten Schäden durch Zersetzung des Pflanzengewebes.

In Tabelle 3.5/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Ozonmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. In Karte 3.5/1 und Abbildung 3.5/1 sind die Mittelwerte und 98%-Werte dargestellt.

Die höchsten Jahresmittelwerte für Ozon wurden 1999 wie schon in den Vorjahren an den drei Waldstationen gemessen. Der Mittelwert dieser drei Stationen ist mit $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fast doppelt so hoch wie das Rhein-Ruhr-Jahresmittel von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei den 98%-Werten

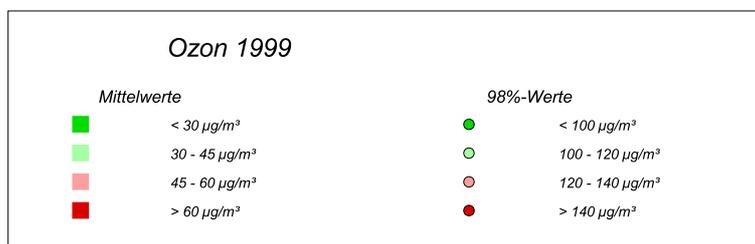
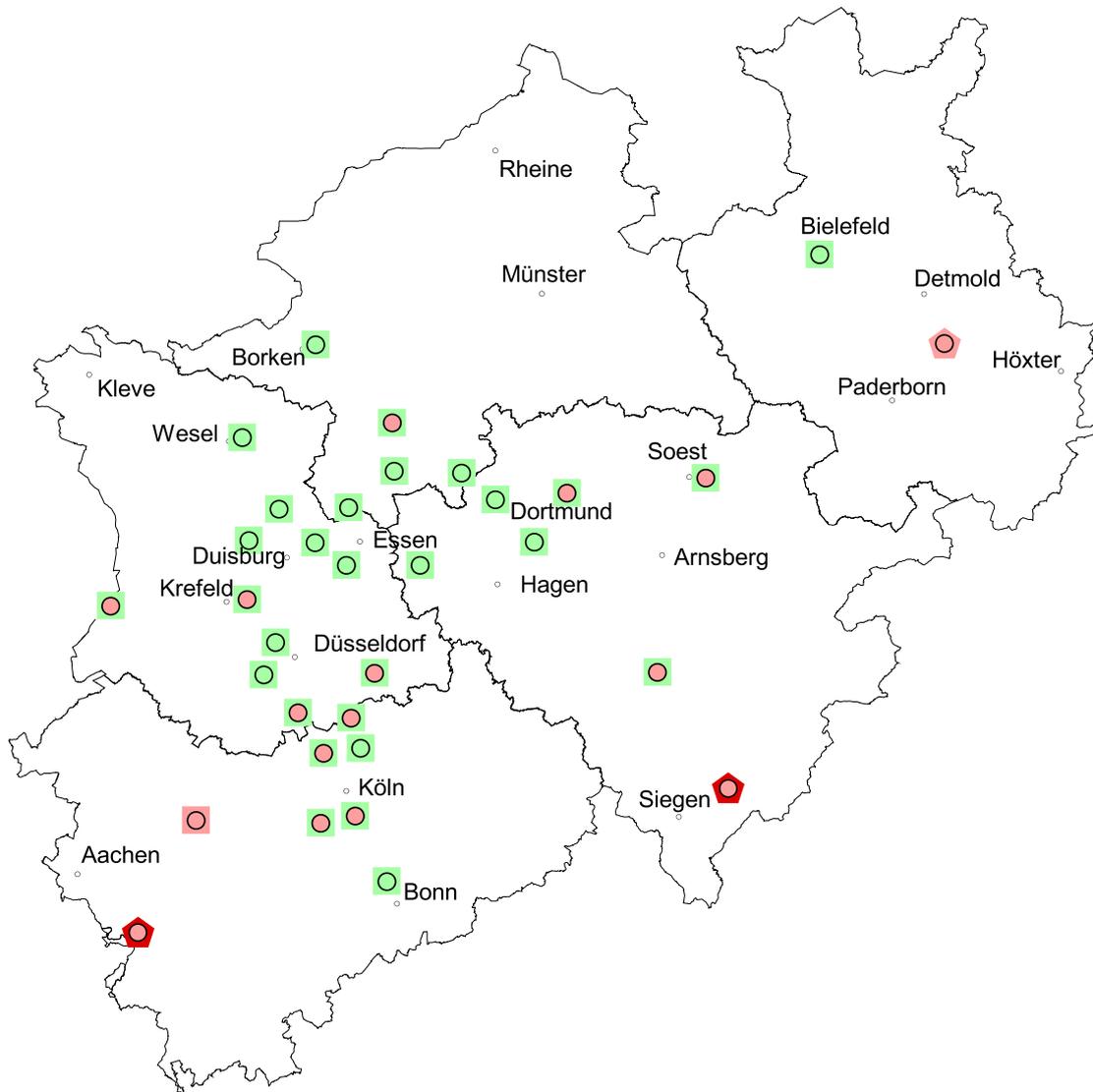
gehören die Waldstationen zwar ebenfalls zu den Stationen mit den höchsten Werten. Hier weisen aber vor allem auch die Stationen in der südlichen Rheinschiene, sowie einige Stationen außerhalb und am Rand des Ballungsgebietes Rhein-Ruhr besonders hohe Werte auf. Der höchste Stundenwert wurde 1999 in Hürth gemessen.

Tabelle 3.5/1: Ozonimmission in NRW im Jahr 1999: Ausgewählte Kenngrößen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

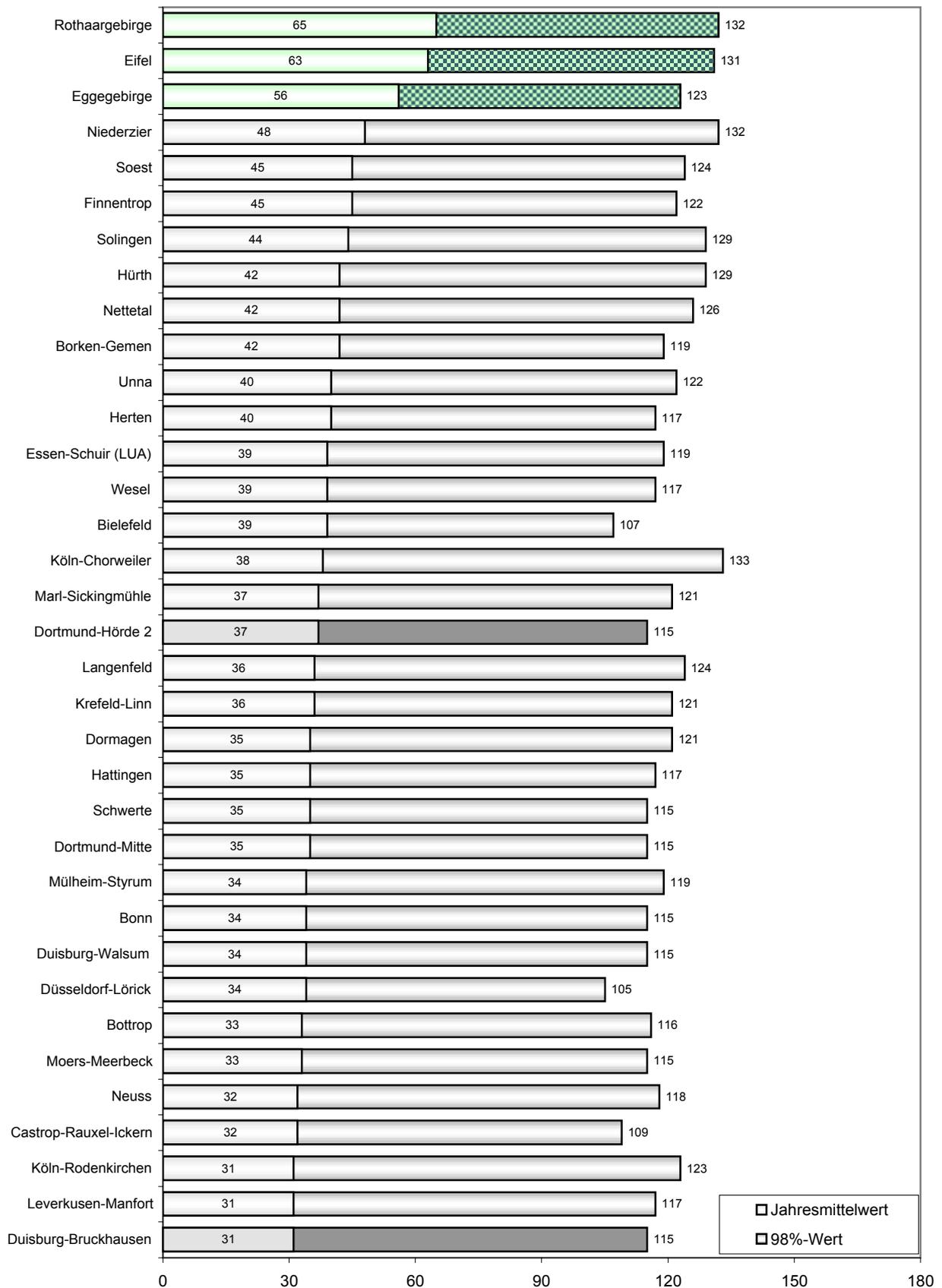
Name der Station	Kürzel	VERF(%)	I1	ST50	ST95	ST98	STMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	90	32	26	90	109	160
Dortmund-Mitte	DMD2	93	35	30	95	115	180
Schwerte	SCHW	91	35	29	93	115	161
Unna	UNNA	89	40	35	102	122	170
Bottrop	BOTT	95	33	27	92	116	184
Essen-Schuir (LUA)	LISE	83	39	34	100	119	170
Hattingen	HATT	84	35	31	91	117	159
Herten	HERT	89	40	36	97	117	168
Marl-Sickingmühle	SICK	91	37	31	101	121	190
Duisburg-Walsum	WALS	92	34	28	91	115	187
Krefeld-Linn	KREF	94	36	30	95	121	201
Moers-Meerbeck	MEER	92	33	28	88	115	192
Mülheim-Styrum	STYR	94	34	28	94	119	179
Wesel	WESE	85	39	35	94	117	211
Düsseldorf-Lörick	LOER	93	34	30	86	105	157
Neuss	NEUS	90	32	25	90	118	176
Bonn	BONN	91	34	28	90	115	191
Dormagen	DORM	94	35	29	97	121	182
Hürth	HUE2	92	42	39	103	129	219
Köln-Chorweiler	CHOR	90	38	31	108	133	218
Köln-Rodenkirchen	RODE	91	31	23	93	123	178
Langenfeld	LANG	92	36	30	100	124	216
Leverkusen-Manfort	LEV2	93	31	22	92	117	175
Rhein-Ruhr-Gebiet			35			118	219
Eggegebirge	EGGE	89	56	54	108	123	156
Eifel	EIFE	93	63	61	115	131	195
Rothaargebirge	ROTH	88	65	62	118	132	177
Bielefeld	BIEL	85	39	36	91	107	153
Borken-Gemen	BORG	94	42	37	99	119	191
Finnentrop	FINN	87	45	41	105	122	166
Nettetal	NETT	94	42	39	101	126	203
Niederzier	NIZI	80	48	47	108	132	197
Soest	SOES	87	45	43	103	124	179
Solingen	SOLI	93	44	39	109	129	200
Sondermessstationen							
Dortmund-Hörde 2	DOHO	92	37	32	95	115	156
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	91	31	24	88	115	198

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
I1 : Jahresmittelwert der Stundenwerte
ST50 : 50%-Wert der Stundenwerte
ST95 : 95%-Wert der Stundenwerte
ST98 : 98%-Wert der Stundenwerte
STMAX : Höchster Stundenwert des Jahres

Für Ozon existieren eine Reihe von Beurteilungsmaßstäben. In Tabelle 3.5/2 wird zunächst ein Überblick über die Überschreitungen der verschiedenen Schwellenwerte gegeben. In Tabelle 3.5/3 sind dann die Überschreitungen für jede Station aufgelistet. Die 1999 errichteten Stationen in Aachen-Burtscheid und Ladbergen sind in den Tabellen ebenfalls enthalten. Da die Station in Aachen-Burtscheid erst im Juli errichtet wurde, sind die Daten allerdings nicht vollständig.



Karte 3.5/1: Ozonkonzentrationen in NRW 1999.
Vierecke kennzeichnen Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.5/1: Ozonkonzentrationen in NRW 1999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rangliste der Stationen**

Tabelle 3.5/2: Ozon: Vergleich der Schwellen- und Zielwerte mit den 1999 max. erreichten Werten.
(Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Immissionskenngröße	Schwellen/ Zielwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschrei- tungen
Einstundenwert (Unterrichtung der Bevölkerung)	180	22. BlmSchV	9 Überschreitungen an 5 Tagen (HUE2)	an 18 Stationen ²⁾
Einstundenwert	200	22. BlmSchV	4 Überschreitungen an 1 Tag (CHOR)	an 7 Stationen ²⁾
Einstundenwert (Auslösung von Verkehrsverboten)	240	BlmSchG, § 40a	219 (HUE2)	-
Einstundenwert (Auslösung des Warnsystems)	360	22. BlmSchV	219 (HUE2)	-
Achtstundenwert ¹⁾	110	22. BlmSchV	an 59 Tagen und 565 Stunden überschritten (ROTH)	an allen Stationen ²⁾
24-Stundenwert	65	22. BlmSchV	an 158 Tagen überschritten (EIFE)	an allen Stationen ²⁾
zukünftige Zielwerte nach 3. Tochterrichtlinie				
Achtstundenwert ¹⁾	120 / an 25 Tagen	3. Tochterrichtlinie	an 40 Tagen überschritten (ROTH)	an 7 Stationen ²⁾
AOT40	18.000 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] h gemittelt über 5 Jahre	3. Tochterrichtlinie	18.651 (ROTH) (nur das Jahr 1999)	ROTH
Einstundenwert (Informationswert)	180	3. Tochterrichtlinie	9 Überschreitungen an 5 Tagen (HUE2)	an 18 Stationen ²⁾
Einstundenwert (Alarmwert)	240	3. Tochterrichtlinie	219 (HUE2)	-

¹⁾ stündlich gleitende Werte

²⁾ detaillierte Auflistung der Stationen in Tabelle 3.5/3

Zu einer Überschreitung des Schwellenwertes für die Auslösung des Warnsystems von $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kam es 1999 nicht. Auch der Konzentrationswert für die Auslösung von Verkehrsverboten von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (zukünftiger Alarmwert nach 3. Tochterrichtlinie) wurde an keiner Station überschritten. Hingegen kam es bei allen anderen Schwellenwerten zu zum Teil erheblichen Überschreitungen. So wurde der 8h-Wert zum Gesundheitsschutz bei länger andauernden Luftverunreinigungen von $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an allen Stationen überschritten, in ganz Nordrhein-Westfalen an 77 Tagen und insgesamt 836 Stunden. Die meisten Überschreitungen gab es an den Waldstationen. Im Rothaargebirge wurde der Wert an 59 Tagen und insgesamt 565 Stunden überschritten. Besonders viele Überschreitungen wurden auch in Köln-Chorweiler registriert, insgesamt 249 Stunden an 50 Tagen, und in Solingen, insgesamt 360 Stunden an 48 Tagen. Der 24h-Wert von $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zum Schutz der Vegetation wurde ebenfalls an allen Stationen überschritten, in der Eifel und im Rothaargebirge an mehr als 150 Tagen, im Eggegebirge an 107 Tagen. Der 1h-Wert zum Schutz der Vegetation von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in den Waldstationen hingegen nicht überschritten. Zu einer Überschreitung dieses Wertes kam es 1999 an insgesamt 7 der 35 Ozonmessstationen, darunter die Stationen in Köln-Chorweiler und in Solingen. Der zukünftige Zielwert zum Schutz der Vegetation, der AOT40, wurde 1999 nur im Rothaargebirge überschritten. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass dieser Zielwert für 5 Jahre gemittelt gilt. Zur Information der Öffentlichkeit (Überschreitung des 1h-Wertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, auch zukünftiger Informationswert nach 3. Tochterrichtlinie) kam es 1999 an 11 Tagen. Diese 11 Tage sind mit Datum und den Stationen, an denen die Überschreitungen festgestellt wurden, in Tabelle 3.5/4 zusammengefasst.

Tabelle 3.5/3: Überschreitungen der Schwellen- und Zielwerte für Ozon in NRW 1999

Name der Station	Kürzel	Einstundenwerte				8-Stundenwerte		24h-Werte	8-Stundenwerte		AOT40
		> = 180 µg/m ³		> 200 µg/m ³		> 110 µg/m ³		> 65 µg/m ³	> 120 µg/m ³ an 25 Tagen		18.000 [µg/m ³] h
		Stunden	an Tagen	Stunden	an Tagen	Stunden	an Tagen	Tage	Stunden	an Tagen	Summe
Castrop-Raukel-Ickern	ICKE	0	0	0	0	73	16	22	27	6	6.987
Dortmund-Mitte	DMD2	0	0	0	0	108	22	21	45	11	8.755
Schwerte	SCHW	0	0	0	0	103	25	18	36	12	8.379
Unna	UNNA	0	0	0	0	157	32	41	81	19	12.219
Bottrop	BOTT	2	1	0	0	116	24	22	65	18	9.597
Essen-Schuir (LUA)	LISE	0	0	0	0	173	26	42	90	20	8.108
Hattingen	HATT	0	0	0	0	95	21	12	51	16	6.481
Herten	HERT	0	0	0	0	120	23	49	68	13	9.660
Marl-Sickingmühle	SICK	2	1	0	0	152	31	41	83	18	11.971
Duisburg-Walsum	WALS	5	3	0	0	117	25	22	62	15	8.528
Krefeld-Linn	KREF	2	1	1	1	165	34	31	85	23	10.694
Moers-Meerbeck	MEER	2	1	0	0	106	22	20	55	12	7.309
Mülheim-Styrum	STYR	0	0	0	0	144	28	23	91	21	9.764
Wesel	WESE	7	2	2	1	140	26	37	75	16	8.188
Düsseldorf-Lörick	LOER	0	0	0	0	53	15	17	20	6	6.150
Neuss	NEUS	0	0	0	0	117	27	13	69	18	8.132
Bonn	BONN	2	1	0	0	101	28	11	46	13	8.267
Dormagen	DORM	1	1	0	0	148	32	27	85	24	10.651
Hürth	HUE2	9	5	1	1	217	44	54	142	31	14.662
Köln-Chorweiler	CHOR	7	3	4	1	249	50	46	159	37	16.831
Köln-Rodenkirchen	RODE	0	0	0	0	143	26	20	92	24	8.399
Langenfeld	LANG	4	1	2	1	173	33	32	106	24	11.298
Leverkusen-Manfort	LEV2	0	0	0	0	108	26	16	57	14	8.838
Ergebebirge	EGGE	0	0	0	0	287	32	107	134	19	10.492
Eifel	EIFE	3	2	0	0	470	51	158	267	38	14.464
Rothaargebirge	ROTH	0	0	0	0	565	59	152	299	40	18.651
Bielefeld	BIEL	0	0	0	0	52	15	25	22	5	6.470
Borken-Gemen	BORG	8	2	0	0	157	30	62	89	18	10.997
Finnentrop	FINN	0	0	0	0	203	41	57	92	19	11.457
Nettetal	NETT	8	3	2	1	195	38	59	114	26	14.440
Niederzier	NIZI	6	4	0	0	213	43	61	129	31	13.254
Soest	SOES	0	0	0	0	174	30	48	104	21	12.116
Solingen	SOLI	3	1	2	1	360	48	67	197	35	13.194
Aachen-Burtscheid ¹⁾	AABU	1	1	0	0	133	25	23	*)	*)	*)
Ladebergen	LAD2	1	1	0	0	87	17	18	42	10	4.738
NRW		32	11	9	3	836	77	188	533	59	
Anzahl Stationen		18	von 35	7	von 35	35	von 35	35	7	von 34	1 von 34

¹⁾ Angaben nicht vollständig, da Station erst ab Juli gemessen hat.

Tabelle 3.5/4: Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes zur Information der Öffentlichkeit (1h-Wert Ozon > 180 µg/m³)

Datum	Anzahl der Stationen	Stationen	Höchstwert [µg/m ³]
01.06.1999	1	HUE2	191
17.06.1999	5	BONN, CHOR, EIFE, HUE2, NIZI	219
26.06.1999	2	CHOR, HUE2	197
03.07.1999	1	LAD2	184
18.07.1999	7	BORG, KREF, MEER, NETT, SICK, WALS, WESE	211
25.07.1999	2	HUE2, NIZI	192
02.08.1999	1	NETT	184
04.08.1999	7	BORG, BOTT, HUE2, NETT, NIZI, WALS, WESE	197
09.09.1999	3	AABU, EIFE, WALS	186
10.09.1999	1	NIZI	182
12.09.1999	4	CHOR, DORM, LANG, SOLI	218

Eine genauere Betrachtung der Stationen an den einzelnen Tagen zeigt, dass erhöhte Ozonkonzentrationen in der Regel kein lokales Phänomen darstellen, sondern meist größere Regionen betroffen sind. So gab es z. B. am 17.06.1999 an fast allen Ozonmessstationen im Regierungsbezirk Köln Überschreitungen. Am 18.07.1999 waren die Stationen im nordwestlichen Rhein-Ruhr-Gebiet (KREF, MEER, SICK, WALD, WESE) und daran angrenzend (BORG, NETT) betroffen.

3.1.6 Schwebstaub

Als Schwebstaub bezeichnet man diejenigen Staubpartikel in der Luft, die auch in ruhender Atmosphäre wegen ihres geringen Gewichtes nicht zu Boden sinken.

Natürliche Stäube entstehen überwiegend durch Erosion der Erdoberfläche. Anthropogene Staubquellen sind Verbrennungsprozesse sowie industrielle Prozesse, z. B. die Metallherstellung.

Schwebstäube werden durch Einatmung aufgenommen. Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm (1 µm entspricht einem millionsten Teil eines Meters) dringen über den Kehlkopf hinaus in die Atemwege (thorakale Fraktion). Partikel bis ca. 3 µm gelangen bis in die Hauptbronchien, kleiner als 1 µm bis in die Lungenbläschen. Die Partikel wirken mechanisch-irritativ und durch stoffliche Eigenschaften des Partikelkerns sowie diesem angelagerter Schadstoffe. Die Aufnahme der eingedrungenen Schadstoffe im Gewebe des Ablagerungsortes ist abhängig von ihrer Löslichkeit. Die Selbstreinigungsleistung der Lunge ist hoch, sie kann jedoch durch Schadstoffe geschwächt werden. In neueren Untersuchungen wurde ein Zusammenhang zwischen Feinstaubexposition und Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislaufsystems beobachtet.

Auf die Verstärkung der Schadwirkung gasförmiger Luftverunreinigungen bei gleichzeitiger Einatmung von Schwebstaub war bereits bei Schwefeldioxid hingewiesen worden.

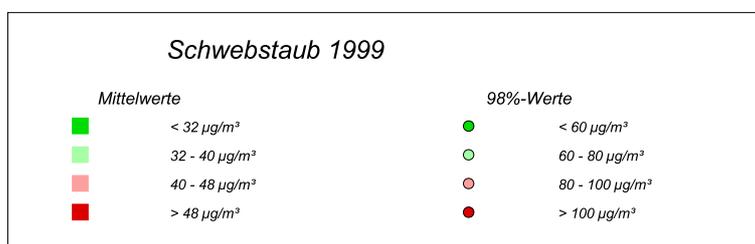
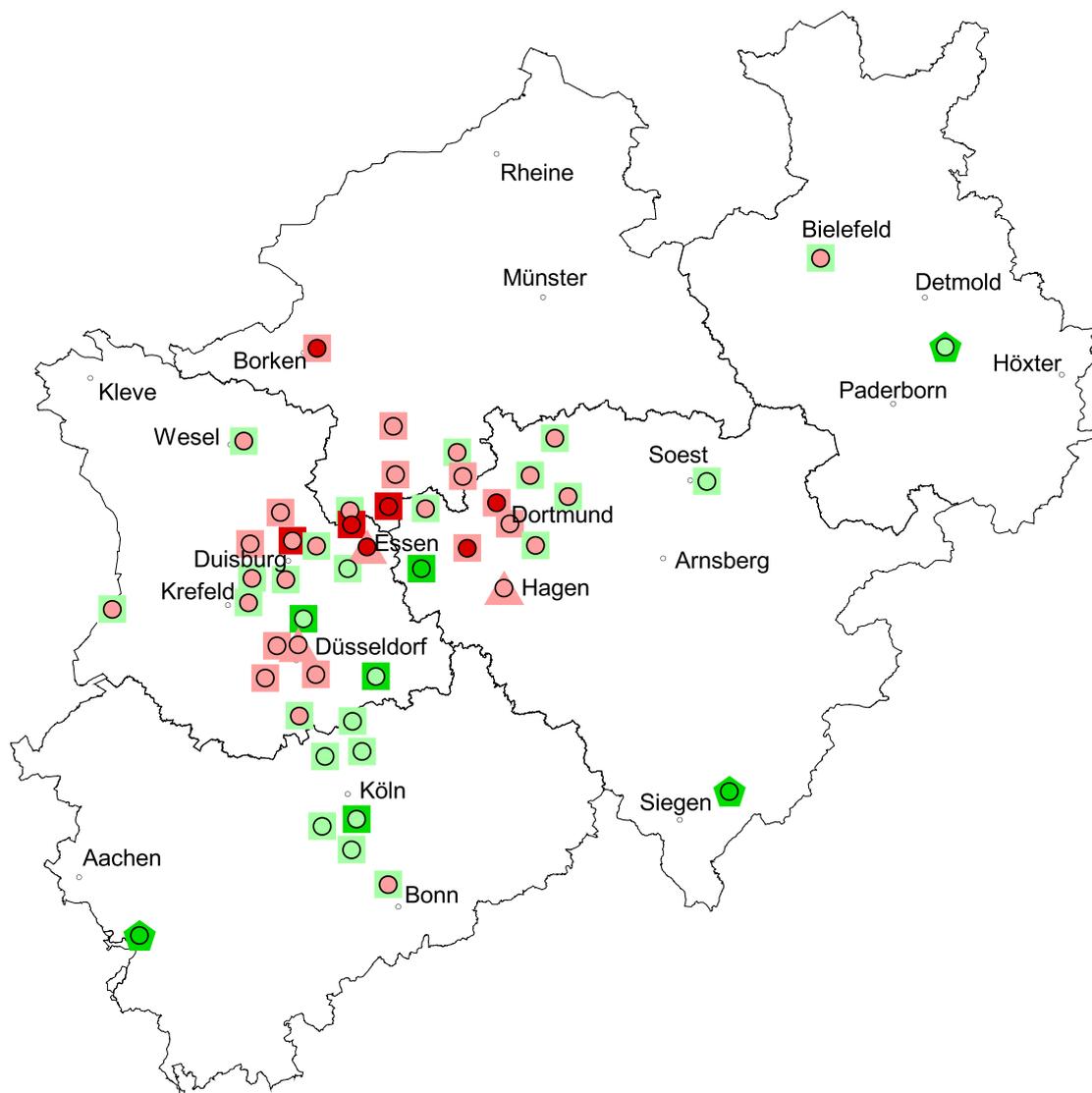
In Tabelle 3.6/1 sind ausgewählte Kenngrößen der Schwebstaubmessungen im Jahr 1999 für die einzelnen Stationen, sowie für das Rhein-Ruhr-Gebiet aufgelistet. Es handelt sich hierbei um die Messungen von Gesamtschwebstaub (TSP). Im Gegensatz zu den anderen Komponenten sind für Schwebstaub die Tagesmittelwerte mit den entsprechenden Kenngrößen aufgeführt. Da für die Beurteilung nach 22. BImSchV der Messzeitraum von April bis März des Folgejahres relevant ist, sind die Kenngrößen der Tagesmittelwerte auch für diesen Zeitraum in der Tabelle enthalten. In Karte 3.6/1 und Abbildung 3.6/1 sind die Tagesmittelwerte und 98%-Werte für das Jahr 1999 dargestellt.

Die Jahresmittelwerte der Schwebstaubkonzentrationen lagen 1999 für die meisten Stationen zwischen 30 und 45 µg/m³. Niedrigere Werte wurden nur an den drei Waldstationen sowie in Hattingen und Ratingen-West gemessen. Auch die 98%-Werte dieser fünf Stationen waren mit Abstand die niedrigsten. Unter den Stationen mit den höchsten Schwebstaubbelastungen befinden sich die Stationen mit industriebezogenen Messungen in Duisburg-Bruckhausen und Dortmund-Hörde, aber auch die meisten Verkehrsmessstationen, einzelne Stationen im Ruhrgebiet, sowie die ballungsgebietsferne Station in Borken-Gemen. Dies zeigt, dass bei Schwebstaub im Gegensatz zu den anderen bisher betrachteten Schadstoffen sehr unterschiedliche Quellen zu einer Erhöhung der Konzentration beitragen. Neben Industrie und Verkehr ist auch Ferntransport zu nennen.

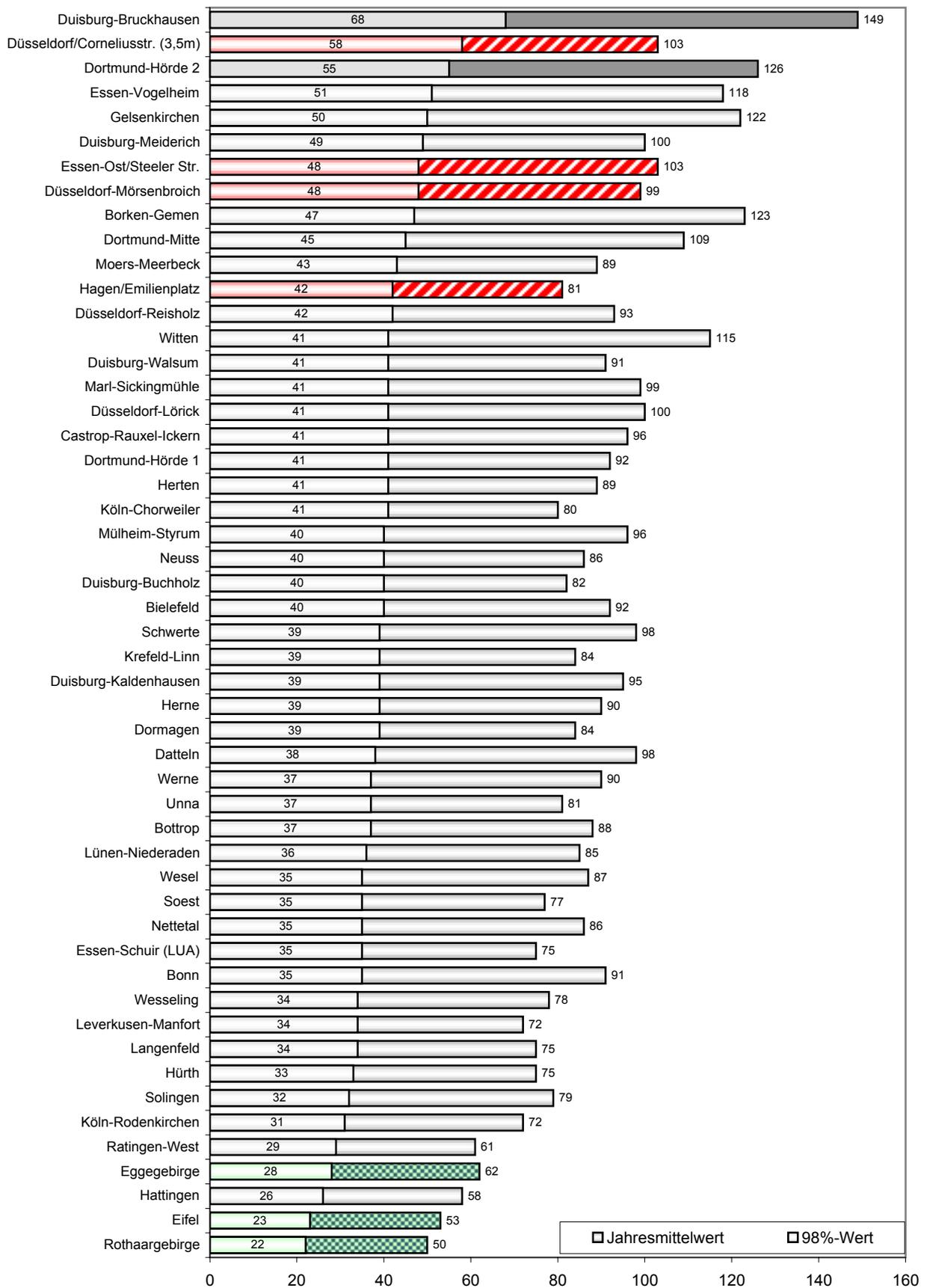
Tabelle 3.6/1: Schwebstaubimmission in NRW: Ausgewählte Kenngrößen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf Basis von Tageswerten für das Jahr 1999, sowie für den Messzeitraum April 1999-März 2000

Name der Station	Kürzel	01.01.-31.12.1999						01.04.1999-31.03.2000					
		VERF(%)	T11	T50	T95	T98	TMAX	VERF(%)	T11	T50	T95	T98	TMAX
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	95	41	37	77	96	130	94	41	37	76	95	141
Datteln	DATT	90	38	34	72	98	209	89	38	34	77	98	209
Dortmund-Hörde 1	HOER	95	41	38	76	92	146	96	41	38	72	91	132
Dortmund-Mitte	DMD2	95	45	40	90	109	125	95	46	40	92	109	226
Lünen-Niederaden	NIED	96	36	33	74	85	172	96	36	32	74	85	172
Schwerte	SCHW	97	39	35	71	98	160	97	43	38	85	120	387
Unna	UNNA	92	37	35	68	81	178	88	37	35	68	90	178
Werne	WERN	86	37	34	73	90	161	88	38	33	74	93	161
Witten	WIT2	95	41	36	77	115	201	97	41	36	72	91	201
Botrop	BOTT	96	37	32	68	88	199	96	37	32	71	77	161
Essen-Schuir (LUA)	LISE	93	35	33	65	75	180	93	35	33	59	75	180
Essen-Vogelheim	EVOG	78	51	47	95	118	223	85	51	46	98	118	223
Gelsenkirchen	GELS	92	50	45	98	122	192	91	50	43	96	122	192
Hattingen	HATT	91	26	24	44	58	94	91	28	26	50	59	94
Herne	HERN	92	39	35	71	90	159	93	39	35	71	83	121
Herten	HERT	85	41	38	77	89	130	84	41	37	76	89	130
Marl-Sickingmühle	SICK	96	41	36	80	99	139	95	41	36	84	104	139
Duisburg-Buchholz	BUCH	96	40	37	71	82	202	96	40	37	75	83	202
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	90	39	34	79	95	192	89	38	33	75	95	192
Duisburg-Meiderich	MEID	95	49	46	87	100	136	95	51	47	92	109	149
Duisburg-Walsum	WALS	91	41	37	80	91	159	88	40	37	80	91	159
Krefeld-Linn	KREF	94	39	35	71	84	153	95	38	35	73	86	153
Moers-Meerbeck	MEER	89	43	39	78	89	116	90	42	38	78	92	157
Mülheim-Styrum	STYR	96	40	36	73	96	213	96	39	35	73	96	213
Wesel	WESE	81	35	30	76	87	152	79	35	30	74	86	152
Düsseldorf-Lörick	LOER	96	41	36	75	100	192	96	40	36	73	94	192
Düsseldorf-Reisholz	REIS	96	42	39	76	93	122	95	42	39	79	95	124
Neuss	NEUS	96	40	37	74	86	187	96	39	35	74	86	187
Ratingen-West	RAT2	77	29	27	52	61	133	84	29	27	52	61	133
Bonn	BONN	95	35	32	72	91	136	94	34	31	68	91	136
Dormagen	DORM	94	39	35	70	84	173	93	39	35	70	85	173
Hürth	HUE2	98	33	31	64	75	190	97	33	30	60	73	190
Köln-Chorweiler	CHOR	94	41	37	72	80	183	91	41	38	73	80	183
Köln-Rodenkirchen	RODE	99	31	28	57	72	171	97	32	29	57	72	171
Langenfeld	LANG	93	34	30	61	75	161	92	34	30	61	73	161
Leverkusen-Manfort	LEV2	96	34	31	59	72	188	95	33	30	58	73	188
Wesseling	WESS	91	34	31	67	78	197	88	33	30	61	72	197
Rhein-Ruhr-Gebiet			39			89	223		39			89	387
Esgegebirge	EGGE	87	28	25	52	62	127	85	28	24	51	70	127
Eifel	EIFE	84	23	20	48	53	77	86	23	20	49	55	84
Rothaargebirge	ROTH	87	22	20	40	50	69	86	21	19	40	50	69
Bielefeld	BIEL	97	40	37	77	92	164	97	41	37	78	102	164
Borken-Gemen	BORG	86	47	41	93	123	280	88	46	40	86	123	280
Nettetal	NETT	96	35	31	73	86	164	97	35	30	71	89	164
Soest	SOES	86	35	32	71	77	82	88	34	31	65	77	100
Solingen	SOLI	90	32	28	60	79	152	92	31	27	58	79	152
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	96	48	44	82	99	235	97	47	43	83	106	235
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	92	48	45	85	103	200	97	48	44	83	103	200
Hagen/Emilienplatz	VHAG	95	42	40	72	81	108	94	40	38	70	76	116
Sondermessstation													
Düsseldorf/Corneliusstr.	DDCS	80	58	56	95	103	154	79	57	55	92	100	121
Dortmund-Hörde 2	DOHO	97	55	49	110	126	189	99	56	50	110	134	189
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	99	68	61	130	149	311	99	70	64	124	145	311

VERF : Verfügbarkeit in Prozent
 I1 : Jahresmittelwert der Tageswerte
 T50 : 50%-Wert der Tageswerte
 T95 : 95%-Wert der Tageswerte
 T98 : 98%-Wert der Tageswerte
 TMAX : Höchster Tageswert des Jahres



Karte 3.6/1: Schwebstaubkonzentrationen in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.6/1: Schwebstaubkonzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**

Karte 3.6/1 zeigt, dass der Ballungsraum Rhein-Ruhr-Gebiet sehr unterschiedlich belastet ist. Die Stationen östlich von Dortmund, sowie die Stationen in der südlichen Rheinschiene zeigen vergleichsweise geringe Jahresmittelwerte. Letztere weisen auch bei den 98%-Werte niedrigere Werte auf als die meisten Stationen im übrigen Rhein-Ruhr-Gebiet. Der höchste Tagesmittelwert wurde 1999 in Duisburg-Bruckhausen ($311 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen.

Zur Bewertung der Schwebstaubbelastung liegen eine Reihe von Beurteilungsmasstäben vor. In Tabelle 3.6/2 wird zunächst ein Vergleich zwischen den 1999 gemessenen Werten und den verschiedenen Immissions- und Grenzwerten gegeben. Die zukünftig einzuhaltenden Grenzwerte nach der 1. Tochterrichtlinie für die Feinstaubfraktion PM10 sind ebenfalls enthalten. Für den Vergleich mit diesen Grenzwerten wurden aus den kontinuierlichen Gesamtschwebstaubmessungen die PM10-Konzentrationen abgeschätzt (siehe unten).

Tabelle 3.6/2: Schwebstaub: Vergleich der Immissions- und Grenzwerte mit den 1999 max. erreichten Werten. (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Immissionskenngröße	Immissions- bzw. Grenzwert	Vorschrift/ Richtlinie	höchster erreichter Wert (Station)	Überschreitungen
Jahresmittelwert	150	TA Luft	68 (DUBR)	-
Jahresmittelwert	150 ^{*)}	22. BImSchV	70 (DUBR)	-
Jahresmittelwert	75	VDI	68 (DUBR)	-
98%-Wert der Tagesmittelwerte	300	TA Luft	149 (DUBR)	-
95%-Wert der Tagesmittelwerte	300 ^{*)}	22. BImSchV	124 (DUBR)	-
Tagesmittelwert	250	VDI	311 (DUBR) 280 (BORG)	DUBR, BORG
zukünftig einzuhaltende Grenzwerte für PM10 nach 1. Tochterrichtlinie				
Jahresmittelwert	40 für PM10 (entspricht ~ 48 für TSP)	1. Tochterrichtlinie	68 (DUBR) 58 (DDCS) 55 (DOHO) 51 (EVOG) 50 (GELS) 49 (MEID)	an 6 Stationen
Tagesmittelwert	50 / 35 mal für PM10 (entspricht ~ 60 / 35 mal für TSP)	1. Tochterrichtlinie	187 mal (DUBR)	an 28 Stationen, siehe Tabelle 3.6/3

^{*)} Messzeitraum: April – März des Folgejahres

Ein Vergleich der Jahresmittelwerte mit dem IW1-Wert der TA Luft, dem Jahres-MIK-Wert nach VDI-2310 und dem Jahresmittelwert nach 22. BImSchV zeigt keine Überschreitungen. In Duisburg-Bruckhausen wird der Jahres-MIK-Wert allerdings zu 91% erreicht. Während der IW2-Wert der TA-Luft sowie der 95%-Wert nach 22. BImSchV nicht überschritten werden, ist der höchste Tagesmittelwert in Borken-Gemen um 12% höher als der 24h-MIK-Wert nach VDI-2310, in Duisburg-Bruckhausen sogar um 24%.

In Kapitel 2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich die Grenzwerte der 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualität nicht mehr auf Gesamtstaub (TSP), sondern auf die feineren Fraktionen des Staubes (PM10) beziehen. Der mittlere PM10-Anteil am Gesamtschwebstaub beträgt rund 83%. Durch Multiplikation der ermittelten Schwebstaubdaten mit dem Faktor 0,83 lassen sich daher näherungsweise PM10-Werte errechnen. Nach diesen Berechnungen wurde der zukünftige Grenzwert für den Jahresmittelwert für PM10 von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Berichtsjahr an drei der Hintergrundstationen (Essen-Vogelheim, Gelsenkirchen und

Duisburg-Meiderich), sowie an den drei Sondermessstationen (Düsseldorf/Corneliusstr., Dortmund-Hörde 2 und Duisburg-Bruckhausen) überschritten. In Duisburg-Bruckhausen beträgt der errechnete Wert das 1,4fache des Grenzwertes. Unter Berücksichtigung der 1999 geltenden Toleranzmarge liegen die Werte nur an den Sondermessstationen in Duisburg-Bruckhausen und in Düsseldorf/Corneliusstr. über der Marge. Neben dem Jahresmittelwert ist in der EU-Richtlinie ein 24h-Wert für PM10 von 50 µg/m³ (unter Berücksichtigung der Toleranzmarge für 1999: 75 µg/m³) enthalten, der nur 35 mal im Jahr überschritten werden darf. In Tabelle 3.6/3 sind die Stationen mit den errechneten Überschreitungshäufigkeiten des PM10-Wertes aufgelistet. Überschreitungshäufigkeiten über 35 sind hervorgehoben.

Tabelle 3.6/3: Anzahl der näherungsweise berechneten Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ auf Grundlage der kontinuierlichen Gesamtschwebstaubmessungen

Name der Station	Kürzel	Anzahl der Überschreitungen
Castrop-Rauxel-Ickern	ICKE	49
Datteln	DATT	28
Dortmund-Hörde 1	HOER	47
Dortmund-Mitte	DMD2	80
Lünen-Niederaden	NIED	33
Schwerte	SCHW	38
Unna	UNNA	31
Werne	WERN	29
Witten	WIT2	47
Bottrop	BOTT	31
Essen-Schuir (LUA)	LISE	20
Essen-Vogelheim	EVOG	74
Gelsenkirchen	GELS	86
Hattingen	HATT	4
Herne	HERN	41
Herten	HERT	41
Marl-Sickingmühle	SICK	47
Duisburg-Buchholz	BUCH	33
Duisburg-Kaldenhausen	KALD	47
Duisburg-Meiderich	MEID	85
Duisburg-Walsum	WALS	47
Krefeld-Linn	KREF	34
Moers-Meerbeck	MEER	55
Mülheim-Styrum	STYR	42
Wesel	WESE	31
Düsseldorf-Lörick	LOER	48
Düsseldorf-Reisholz	REIS	65
Neuss	NEUS	56
Ratingen-West	RAT2	7
Bonn	BONN	29
Dormagen	DORM	38
Hürth	HUE2	21
Köln-Chorweiler	CHOR	38
Köln-Rodenkirchen	RODE	11
Langenfeld	LANG	20
Leverkusen-Manfort	LEV2	16
Wesseling	WESS	25
Eggebirge	EGGE	7
Eifel	EIFE	4
Rothaargebirge	ROTH	2
Bielefeld	BIEL	49
Borchen-Gemen	BORG	66
Nettetal	NETT	31
Soest	SOES	25
Solingen	SOLI	15
Düsseldorf-Mörsenbroich	VDDF	75
Essen-Ost/Steeler Str.	VESN	78
Hagen/Emilienplatz	VHAG	46
Sondermessstationen		
Düsseldorf/Corneliusstr.	DDCS	122
Dortmund-Hörde 2	DOHO	116
Duisburg-Bruckhausen	DUBR	187

Eine Auswertung der Tabelle zeigt, dass es in ganz NRW 1999 – mit der Einschränkung, dass die Ergebnisse aus Näherungsrechnungen ermittelt wurden – höchstwahrscheinlich zu zum Teil erheblichen Überschreitungen des zukünftigen 24h-Grenzwertes für PM10 kam. Lediglich in den Waldgebieten, an einigen Stationen außerhalb des Rhein-Ruhr-Gebietes sowie an den meisten Stationen in der südlichen Rheinschiene wurde der Grenzwert eingehalten. An den Sondermessstationen waren die Grenzwertüberschreitungen besonders hoch. An 187 Tagen lag der errechnete 24h-Wert für PM10 in Duisburg-Bruckhausen über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d. h. an mehr als jedem 2. Tag. An dieser Station und in Dortmund-Hörde übersteigen die Werte auch die für 1999 zugrunde zulegende Toleranzmarge.

Feinstaubmessungen in NRW

Neben den Gesamtschwebstaubmessungen (TSP) wurde bereits im Februar 1998 an ausgewählten Messstationen in NRW mit der routinemäßigen Messung von PM10 und PM2,5 begonnen. Das Messprogramm wird seither kontinuierlich erweitert. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei den Anteil der Feinstaubfraktion am Gesamtschwebstaub für die verschiedenen Messstationen zu ermitteln. Im Jahr 1999 fanden in NRW an 5 Stationen Feinstaubmessungen statt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.6/4 zusammengefasst. Neben den Jahresmittelwerten der PM10- und PM2,5-Messungen sind zur Errechnung des Feinstaubanteils die Jahresmittelwerte für den Gesamtschwebstaub (TSP) aufgeführt. Da für die Feinstaubmessungen diskontinuierliche Messverfahren verwendet werden, sind auch für die Gesamtschwebstaubmessung die nach vergleichbaren Verfahren ermittelten Ergebnisse aufgeführt.

Tabelle 3.6/4: Feinstaubmessungen (PM10 und PM2,5) im Vergleich zu Gesamtstaubmessungen (TSP)

Station	TSP, konti	TSP, disko	PM10	PM10/TSP, disko	Anzahl PM10	PM2,5	PM2,5/TSP, disko
Essen-Schuir (LUA)	35	36	30,8	0,80	218	23,9	0,60
Duisburg-Meiderich	49	52	39,3	0,75	137	26,8	0,50
Köln-Chorweiler	40	34	29,6	0,88	149	k.M.	k.M.
Eifel	23	21	20,3	0,99	140	15,8	0,75
Düsseldorf/Corneliusstr.	59	k. M.	48,2	0,89 ¹⁾	138	k.M.	k.M.

Erläuterungen zur Tabelle:

TSP, konti: Jahresmittelwert für Gesamtschwebstaub aus kontinuierlichen Messungen

TSP, disko: Jahresmittelwert für Gesamtschwebstaub aus diskontinuierlichen Messungen

PM10/TSP, disko: Anteil der PM10-Fraktion am Gesamtschwebstaub errechnet mit den Messwerten der diskontinuierlichen Messungen, *) der kontinuierlichen Messungen

Anzahl PM10: Anzahl der Tagesproben

PM2,5/TSP, disko: Anteil der PM2,5-Fraktion am Gesamtschwebstaub errechnet mit den Messwerten der diskontinuierlichen Messungen

k.M.: keine Messung

Die Messdaten zeigen recht gute Übereinstimmung der Jahresmittelwerte aus kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messungen, lediglich in Köln-Chorweiler ergeben sich etwas größere Abweichungen. Ferner zeigen die Messdaten, dass der PM10-Anteil in Abhängigkeit von den Hauptquellen für Schwebstaub an den Stationen variiert. In der Eifel ist der PM10-Anteil mit 99% am höchsten, während die Station in Duisburg-Meiderich mit vorwiegend industriellem Umfeld nur einen Anteil von 75% aufweist. An der Verkehrsmessstation Düsseldorf/Corneliusstr. ist der PM10-Anteil von 89% vergleichbar mit dem der Hintergrundstationen in Essen (80%) und Köln (88%). Die hier aufgelisteten Ergebnisse belegen zudem, dass mit dem

zuvor verwendeten Faktor von 0,83 ein realistische Abschätzung des Feinstaubanteils am Gesamtschwebstaub gegeben ist.

3.2. Diskontinuierliche Messungen

Metallverbindungen im Schwebstaub wurden 1999 an 56 Stationen gemessen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) an 50 Stationen, Kohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe an 55 Messorten.

Konzentrationsangaben für Schwebstaubinhaltsstoffe (Metallverbindungen, PAK, Ruß) beziehen sich auf die während der Probenahme herrschenden Druck- und Temperaturbedingungen (Betriebskubikmeter). Alle Kohlenwasserstoffmessungen sind auf 20 °C und 101,3 kPa bezogen.

Angaben von Messwerten für das "Rhein-Ruhr-Gebiet" stellen Mittelwerte über alle Messstationen dieser Region dar, wobei hier Messorte mit besonderem Bezug zu speziellen Emittenten (Verkehr, Industrie) nicht einbezogen werden ("städtischer Hintergrund"). Daten emittentenbezogener Sondermessstationen werden gesondert dargestellt.

3.2.1 Metallverbindungen im Schwebstaub

Blei tritt in der Außenluft an Partikel gebunden auf. Blei ist Begleitelement vieler Nutzmعادalle, aber auch der Kohle. Somit entstammen bleihaltige Partikel der Metallerzeugung, auch der Eisen- und Stahlproduktion, sowie Kohlefeuerungen. Der Bleiniederschlag auf den Boden kann über lösliche Salze in Pflanzen und damit in die Nahrungskette gelangen.

Die in belasteten Regionen verursachte Zufuhr niedriger Bleikonzentrationen führt zu einer chronischen Belastung, diese verursacht vorrangig die Hemmung verschiedener Enzymsysteme, u.a. die des Hämoglobinstoffwechsels, wodurch der Sauerstoffhaushalt des Blutes gestört wird.

Aus dem Boden aufgenommenes Blei stört bei Pflanzen Photosynthese, Atmung und andere Stoffwechselkreisläufe.

Das Metall Cadmium wird über Metallverhüttung, Müllverbrennung und die Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie über technische Anwendungen (PVC-Stabilisatoren, Farbpigmente, Korrosionsschutz) in die Außenluft abgegeben.

Mit zunehmender Versauerung des Regenniederschlags wird Cadmium im Boden und in Gewässern bioverfügbar.

Cadmium ist eines der giftigsten Metalle. Es wird aus der Luft sowie pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln aufgenommen und sammelt sich in Leber und Niere an. Chronische Wirkungen sind Nierenfunktionsstörungen, Blutkörperchenstörungen, Blählung und Bronchitis. Cadmium und seine Verbindungen weisen krebserzeugende Eigenschaften auf.

Pflanzen nehmen das Metall über Wurzeln, Spross und Blätter auf. Bereits niedrige Konzentrationen führen zu ausgeprägten Funktionsstörungen und Schadbildern.

Das Halbmetall Arsen wird bei der Metallverhüttung sowie der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt. Technisch werden Arsen und seine Verbindungen in der Glasindustrie, der Zinkverhüttung und in Holzschutzmitteln eingesetzt.

Arsensalze können in allen Lebewesen nachgewiesen werden.

Chronische Arsenbelastung führt zu Kopfschmerz, allgemeiner Nervenentzündung, ggf. zur Bildung bösartiger Tumore, d.h. Arsen und seine Verbindungen sind krebserzeugend.

Nickel wird freigesetzt bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, insbesondere Erdöl, bei der Müllverbrennung und der Metallverhüttung. Technisch dient es als Legierungsmetall, Münzmetall und zur Oberflächenveredelung.

Nickelverbindungen, insbesondere organische, sind toxisch, erbgutverändernd und krebserzeugend; sie sind in hohem Maße auch allergieerzeugend. Nickelmetall bereits wirkt sensibilisierend auf der Haut (Nickelschmuck).

Nickel wird in Pflanzen zwar über die Wurzeln angereichert, wirkt jedoch in gängiger Konzentration nicht pflanzenschädigend.

Wichtige Jahreskenngrößen für Blei, Cadmium, Nickel, Arsen und Zink sind in Tabelle 3.7/1 zusammengefasst. Für Blei und Cadmium werden die Jahresmittelwerte zusätzlich in Karten (Karte 3.7/1 und 3.7/2) sowie grafisch in Säulenform, geordnet nach Höhe der Belastung, dargestellt (Abb. 3.7/1 und 3.7/2).

Die Immissionsbelastung durch Blei lag 1999 im Rhein-Ruhr-Gebiet bei $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit noch niedriger als im Vorjahr ($0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dies gilt auch für die Verkehrsstationen, deren mittlere Belastung sich damit – wie erstmals bereits 1997 - nicht mehr von der im sonstigen Ballungsraum unterscheidet. Dies zeigt eindeutig, dass der Kraftfahrzeugverkehr heute keinen erkennbaren Einfluss auf die Immissionsbelastung durch Blei mehr hat. Angesichts des zu vernachlässigenden Anteils bleihaltiger Kraftstoffe ist diese Entwicklung unmittelbar plausibel. In den Jahren 1989/1990 wurden an den Verkehrsstationen noch Konzentrationen gemessen, die mehr als das Doppelte des Rhein-Ruhr-Mittelwertes ausmachten. An Stationen außerhalb des Ballungsgebietes und in der Eifel liegt der Konzentrationspegel noch niedriger bei $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

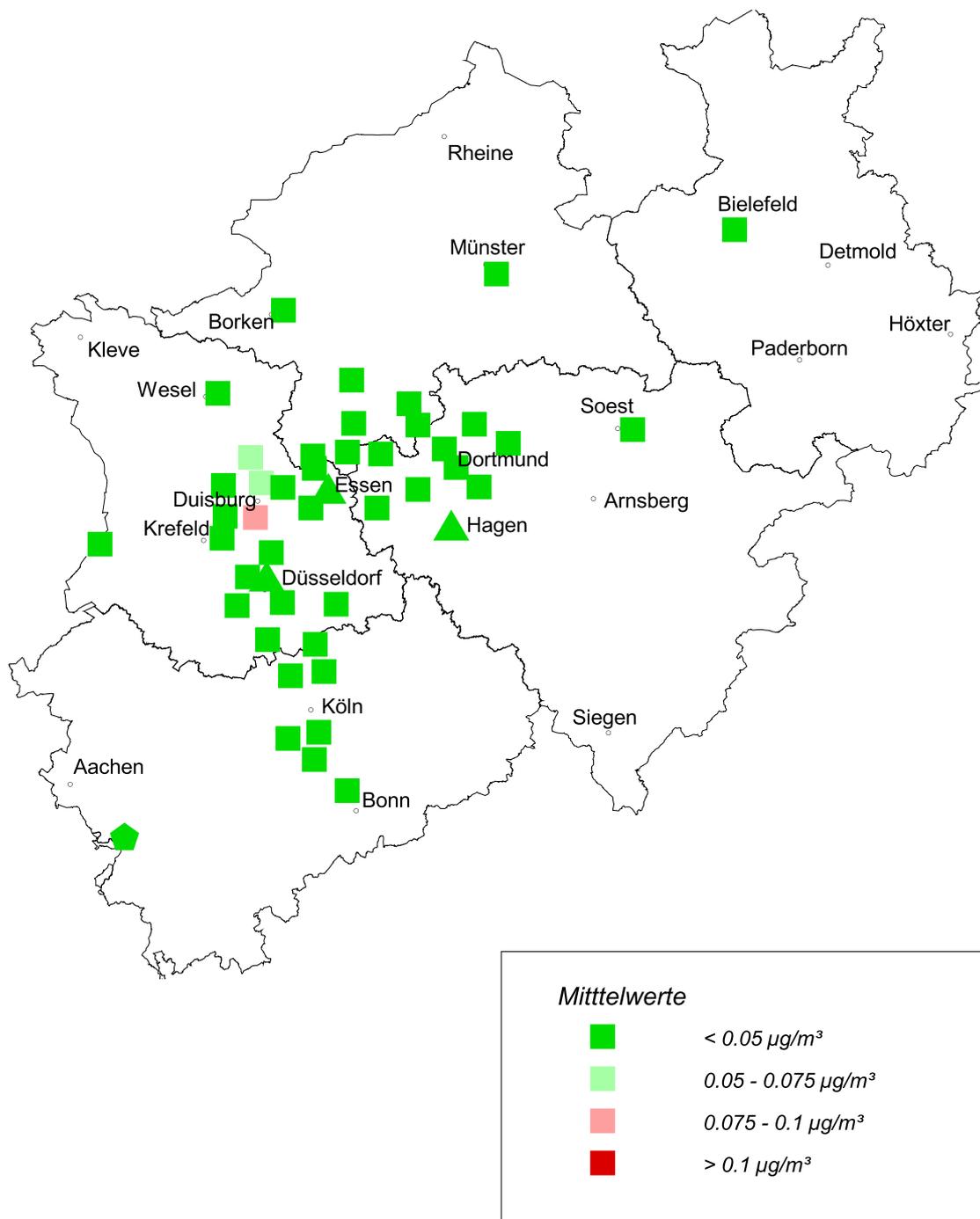
Erheblich höhere Jahresmittelwerte sind im Einflussbereich bleiverarbeitender Betriebe zu verzeichnen. Dies betrifft mit Jahreskenngrößen $> 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ insbesondere folgende Stationen (in Klammern: wesentliche Emittenten im Nahbereich):

Stolberg/Schule	$0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (s. u.)
Rommerskirchen	$0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Metallhütte Schumacher)
Stolberg/Prym	$0,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Berzelius Stolberg GmbH)
Duisburg-Angerhausen	$0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (BUS Metall GmbH, MIM Hüttenwerke Duisburg GmbH)

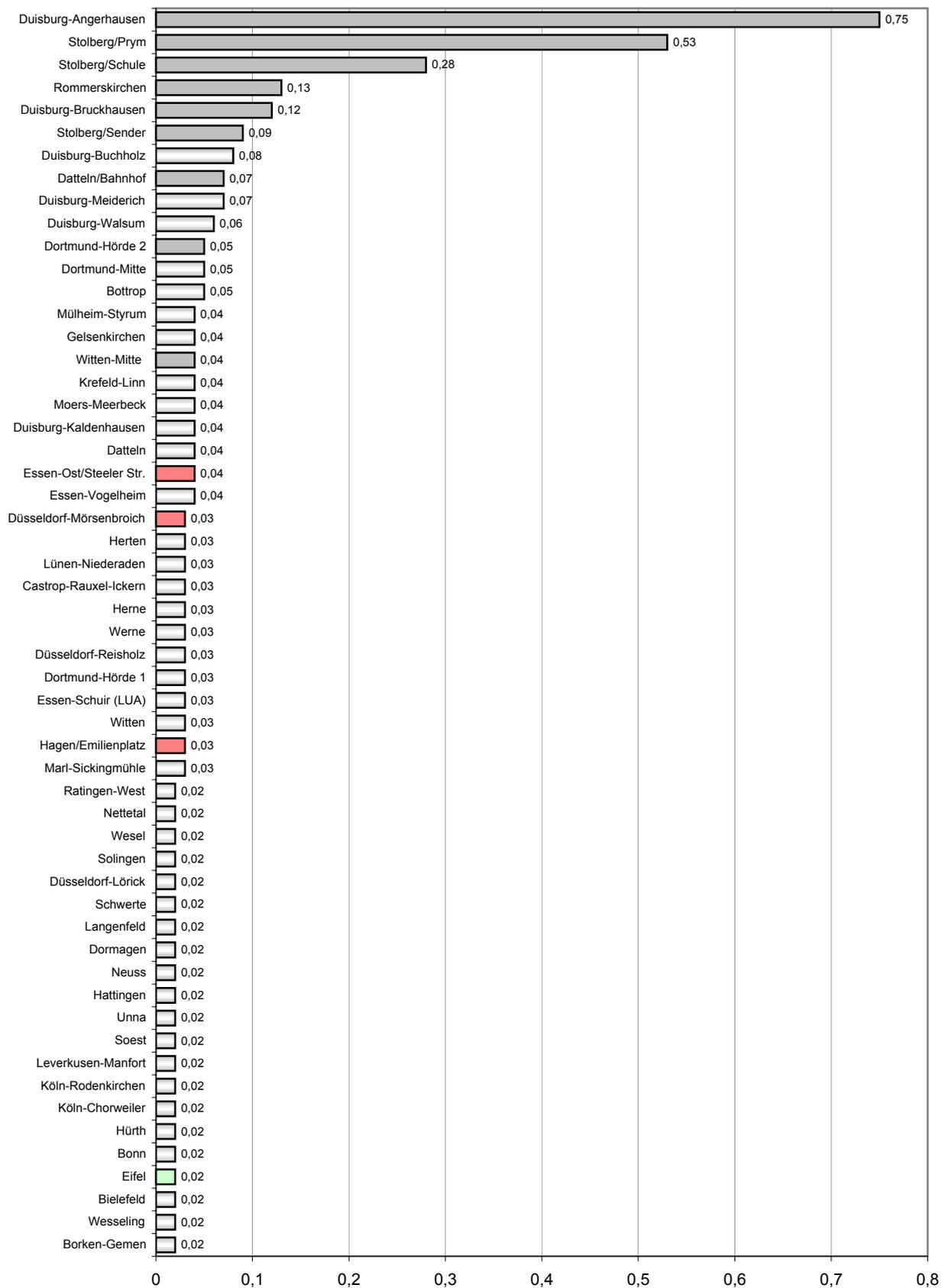
An den letztgenannten Stationen wurde der neue, ab 1.01.2005 einzuhaltende EU-Grenzwert von $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. Ein Vergleich von Blei-Jahresmittelwerten verschiedener Messstationen findet sich auch in Abbildung 3.7/3.

Tabelle 3.7/1: Metall-Immissionen in NRW im Jahr 1999

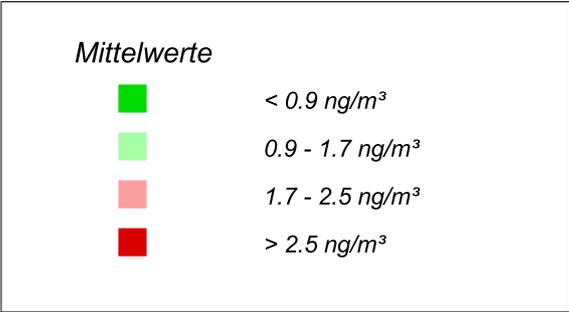
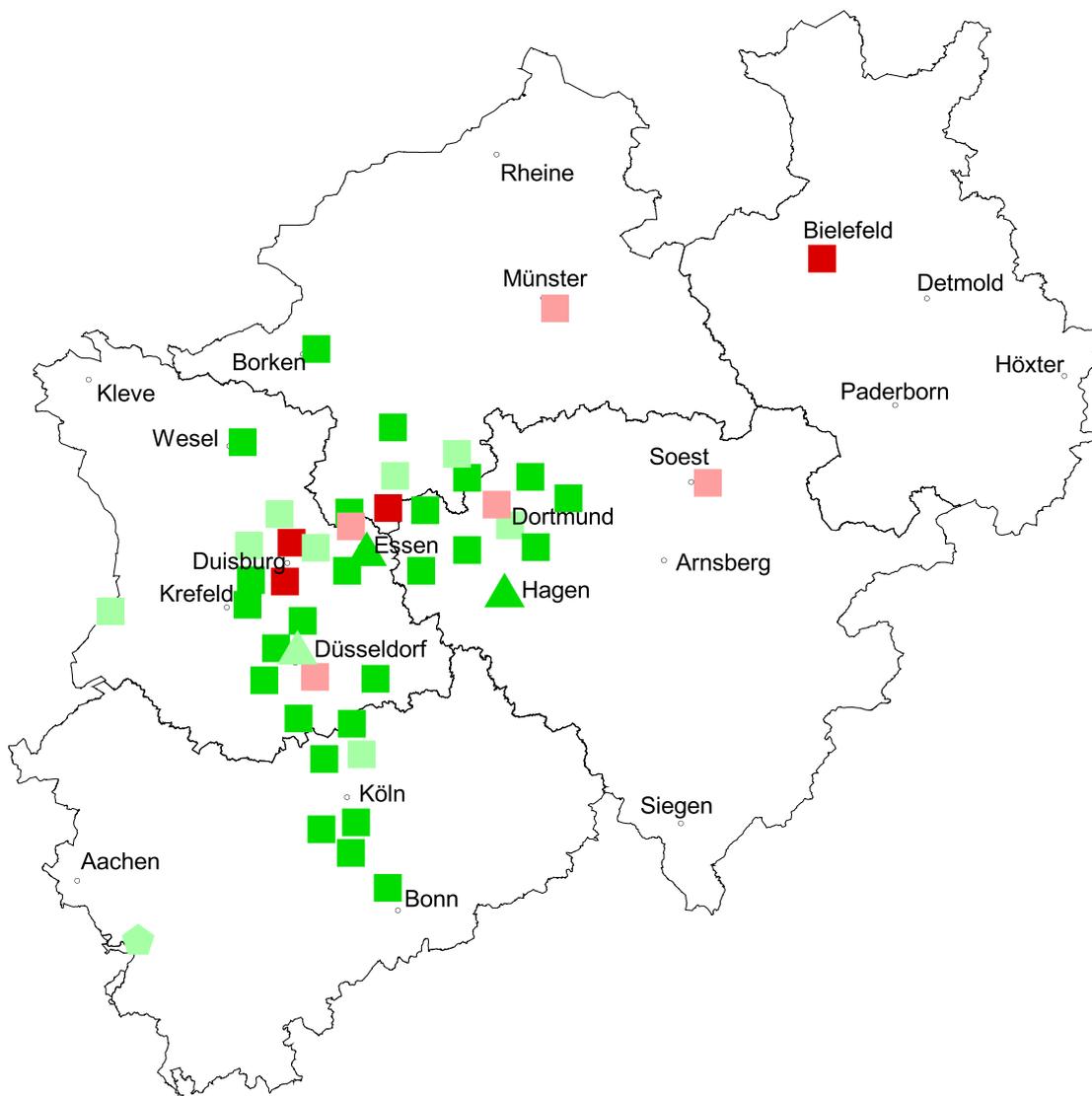
Übersicht	Blei	Cadmium	Nickel	Arsen	Zink
Anzahl der Messorte	56	56	56	56	7
Einheit	[µg/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[µg/m³]
Nachweisgrenze	0.01	0.1	0.8	0.1	0.01
Kleinster Jahresmittelwert	0.02	0.4	1.7	0.5	0.10
50%-Wert	0.03	0.8	4.0	1.2	0.26
75%-Wert	0.04	1.7	5.6	1.8	0.54
90%-Wert	0.09	3.3	7.5	2.5	1.39
Größter Jahresmittelwert	0.75	20.9	23.2	11.2	2.35
Name der Station	Blei	Cadmium	Nickel	Arsen	Zink
Castrop-Rauxel-Ickern	0.03	0.7	4.5	1.9	
Datteln	0.04	1.1	3.5	2.3	0.15
Dortmund-Hörde 1	0.03	1.1	5.7	1.3	
Dortmund-Mitte	0.05	2.0	7.4	2.0	
Lünen-Niederaden	0.03	0.8	3.6	1.4	
Schwerte	0.02	0.7	5.5	1.0	
Unna	0.02	0.6	4.0	0.9	
Werne	0.03	2.0	3.1	1.6	
Witten	0.03	0.5	7.0	1.3	
Boitrop	0.05	0.8	5.9	2.4	
Essen-Schuir (LUA)	0.03	0.6	4.0	1.2	
Essen-Vogelheim	0.04	1.8	8.2	1.8	
Gelsenkirchen	0.04	2.7	5.1	1.8	
Hattingen	0.02	0.6	3.8	0.9	
Herne	0.03	0.7	5.6	1.5	
Herten	0.03	1.7	4.4	2.0	
Marl-Sickingmühle	0.02	0.5	3.9	1.2	
Duisburg-Buchholz	0.08	3.0	4.9	2.8	
Duisburg-Kaldenhausen	0.04	0.7	5.2	1.4	
Duisburg-Meiderich	0.07	6.5	13.7	1.9	
Duisburg-Walsum	0.06	1.3	6.0	1.8	
Krefeld-Linn	0.04	0.8	6.9	1.2	
Moers-Meerbeck	0.04	1.5	5.6	1.6	
Mülheim-Styrum	0.04	1.0	7.2	1.6	
Wesel	0.02	0.7	3.0	1.0	
Düsseldorf-Lörick	0.02	0.7	4.0	0.9	
Düsseldorf-Reisholz	0.03	2.0	3.9	1.1	
Neuss	0.02	0.5	3.7	0.9	
Ratingen-West	0.02	0.7	4.9	1.0	
Bonn	0.02	0.4	2.8	1.0	
Dormagen	0.02	0.8	3.1	0.8	
Hürth	0.02	0.5	2.7	0.7	
Köln-Chorweiler	0.02	0.5	2.8	0.8	
Köln-Rodenkirchen	0.02	0.6	2.3	0.7	
Langenfeld	0.02	0.5	2.6	0.9	
Leverkusen-Manfort	0.02	1.5	2.6	0.8	
Wesseling	0.02	0.5	2.9	0.7	
Rhein-Ruhr-Gebiet	0.03	1.2	4.8	1.3	
Eifel	0.02	1.5	2.5	0.5	
Bielefeld	0.02	2.6	2.2	0.8	
Borken-Gemen	0.02	0.6	2.3	0.7	
Nettetal	0.02	1.3	3.2	1.0	
Soest	0.02	1.7	1.7	0.8	
Solingen	0.02	0.6	3.7	0.9	
Düsseldorf-Mörsenbroich	0.03	0.9	5.4	1.1	
Essen-Ost/Steeler Str.	0.03	0.8	5.3	1.3	
Hagen/Emilienplatz	0.03	0.6	5.3	0.9	
Sondermessstationen					
Dortmund-Hörde 2	0.05	2.4	7.5	2.2	
Duisburg-Bruckhausen	0.12	1.6	20.0	4.8	
Witten-Mitte	0.04	0.6	23.2	1.6	
Datteln/Bahnhof	0.07	4.8	5.7	5.1	0.75
Duisburg-Angerhausen	0.75	20.9	9.0	11.2	2.35
Rommerskirchen	0.13	4.3	3.0	2.5	0.10
Stolberg/Schule	0.28	4.0	2.3	2.1	0.26
Stolberg/Sender	0.09	1.2	2.4	0.9	0.11
Stolberg/Prym	0.53	3.6	2.9	2.7	0.33



Karte 3.7/1: Blei-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.7/1: Blei-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**



Karte 3.7/2: Cadmium-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.

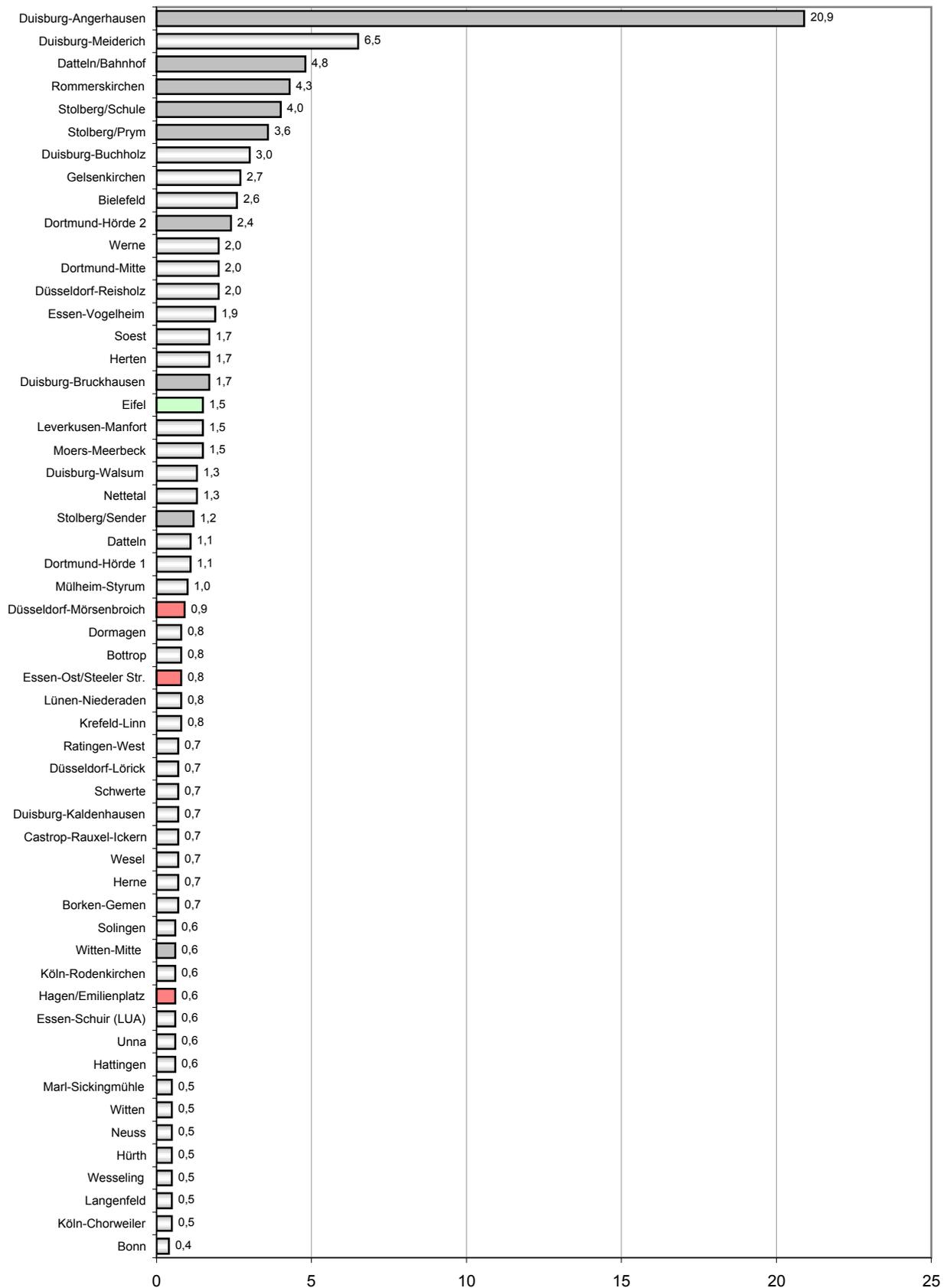


Abbildung 3.7/2: Cadmium-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999 ng/m³
Rangliste der Stationen

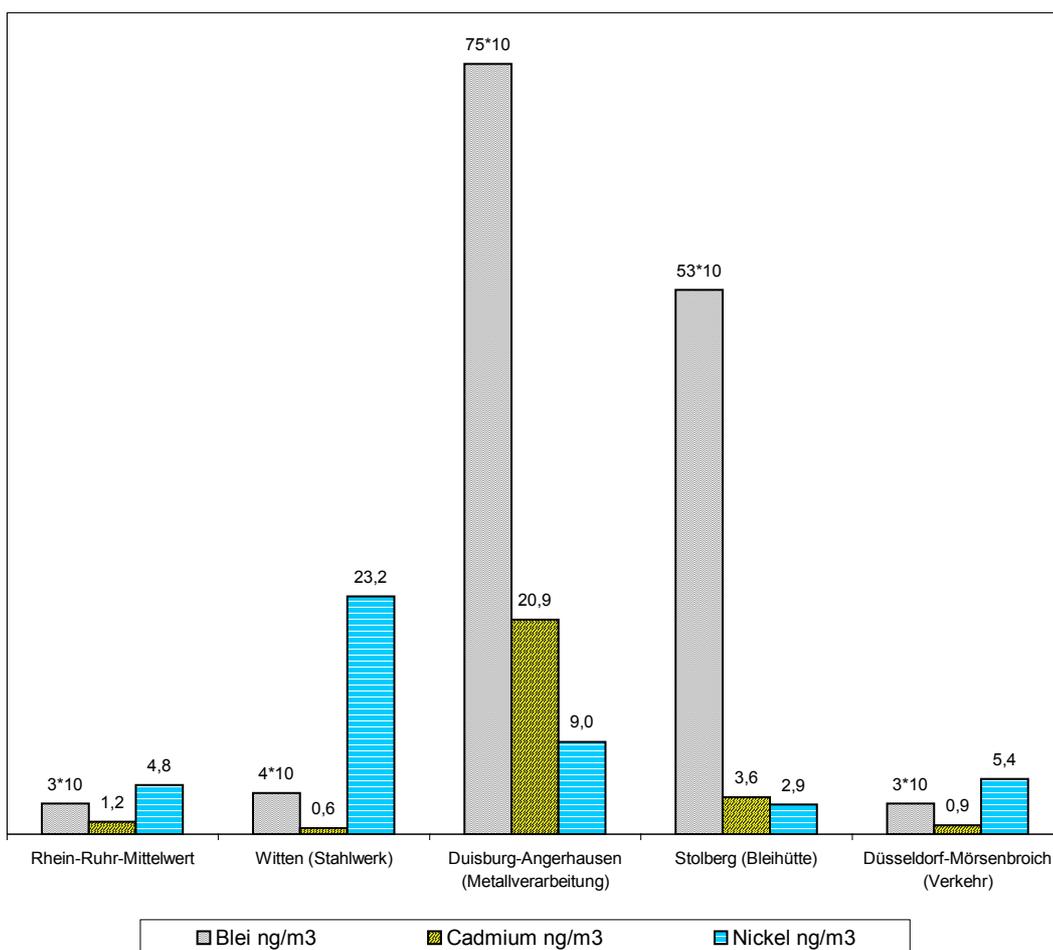


Abb. 3.7/3: Blei-, Cadmium- und Nickelbelastung an Messpunkten unterschiedlicher Emissionscharakteristik

Die Struktur der Cadmiumimmission in NRW war 1999 ähnlich wie beim Blei. Der Mittelwert für das Rhein-Ruhr-Gebiet ist ebenfalls gegenüber dem Vorjahr etwas zurückgegangen und beträgt $1,2 \text{ ng/m}^3$. Die Spannweite der Konzentrationen ist jedoch größer als beim Blei und erreicht in einem gemischt-industriellen Umfeld in Duisburg-Meiderich $6,5 \text{ ng/m}^3$. Der Zielwert für die Luftreinhalteplanung von $1,7 \text{ ng/m}^3$ (Risiko 1:2500) wurde an 8 Messorten erreicht bzw. überschritten (ohne emittentenbezogene Stationen). Auf EU-Ebene wird ein Grenzwert von 5 ng/m^3 als Jahresmittelwert diskutiert.

Erhöhte Cadmiumwerte treten wiederum an Stationen im Umfeld metallverarbeitender Firmen auf. Als höchster Wert wurden in Duisburg-Angerhausen $20,9 \text{ ng/m}^3$ registriert. Ein Vergleich von Cadmium-Jahresmittelwerten verschiedener Messstationen findet sich auch in Abbildung 3.7/3. Der vergleichsweise erhöhte Wert an der Station Eifel ist auf einen einzelnen hohen Messwert zurückzuführen.

Das Rhein-Ruhr-Mittel für Nickel liegt bei $4,8 \text{ ng/m}^3$. Nur an einer Station wurde der LAI-Zielwert für Langzeitbelastungen von 10 ng/m^3 überschritten, nämlich in Duisburg-Meiderich mit $13,7 \text{ ng/m}^3$. Der in der EU diskutierte Bereich für einen künftigen Grenzwert liegt zwischen 10 und 50 ng/m^3 als Jahresmittelwert.

Außer Duisburg-Angerhausen ($9,0 \text{ ng/m}^3$) fallen bei Nickel vor allem Messorte in der Umgebung von Stahlwerken auf. Dies sind Witten-Mitte ($23,2 \text{ ng/m}^3$, Thyssen Edelstahlwerk) und Duisburg-Bruckhausen ($20,0 \text{ ng/m}^3$, Thyssen Stahlwerk). Hinsichtlich einiger Beispiele unterschiedlich belasteter Messstationen wird auf Abbildung 3.7/3 verwiesen.

Die mittlere Konzentration von Arsenverbindungen im Schwebstaub beträgt im Rhein-Ruhr-Gebiet $1,3 \text{ ng/m}^3$. Der mit Abstand höchste Wert wurde auch hier in Duisburg-Angerhausen mit $11,2 \text{ ng/m}^3$ festgestellt. Der mögliche Grenzwertbereich in der EU-Diskussion liegt zwischen 4 und 13 ng/m^3 .

Zink wurde nur an ausgewählten Stationen gemessen. Die Werte liegen zwischen $0,10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ und $2,35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (Duisburg-Angerhausen).

3.2.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Schwebstaub

PAK sind eine Verbindungsgruppe, die eine Vielzahl von Verbindungen umfasst, als deren Leitsubstanz man, wegen seiner weiten Verbreitung, das Benzo[a]pyren festgelegt hat. In die Umwelt gelangen die PAK als Rauch, Ruß und Flugstaub durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und organischer Materialien. Dies verstärkt durch unvollständige Verbrennung oder solche unter Luftabschluss (Pyrolyse).

Unter langfristiger Einwirkung der PAK aus der Umwelt werden beim Menschen Gene geschädigt und das Risiko von Krebserkrankungen steigt. Die Verbindungen reichern sich im Fettgewebe an und damit auch erheblich in der Nahrungskette. Man schätzt, dass 95 % der vom Menschen aufgenommenen PAK-Belastung aus der Nahrung stammen.

Wichtige Jahreskenngrößen für verschiedene PAK sind in Tabelle 3.8/1 zusammengefasst. Für Benzo[a]pyren (BaP) und Coronen werden die Jahresmittelwerte zusätzlich in Karten (Karte 3.8/1 und 3.8/2) sowie grafisch in Säulenform, geordnet nach Höhe der Belastung, dargestellt (Abb. 3.8/1 und 3.8/2).

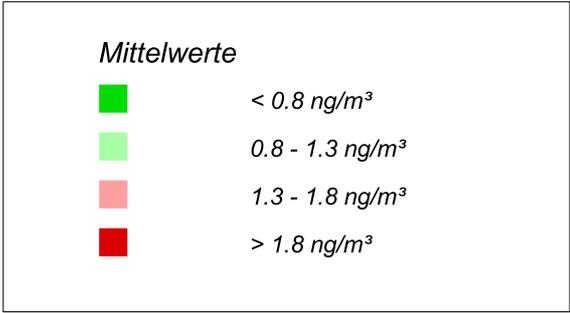
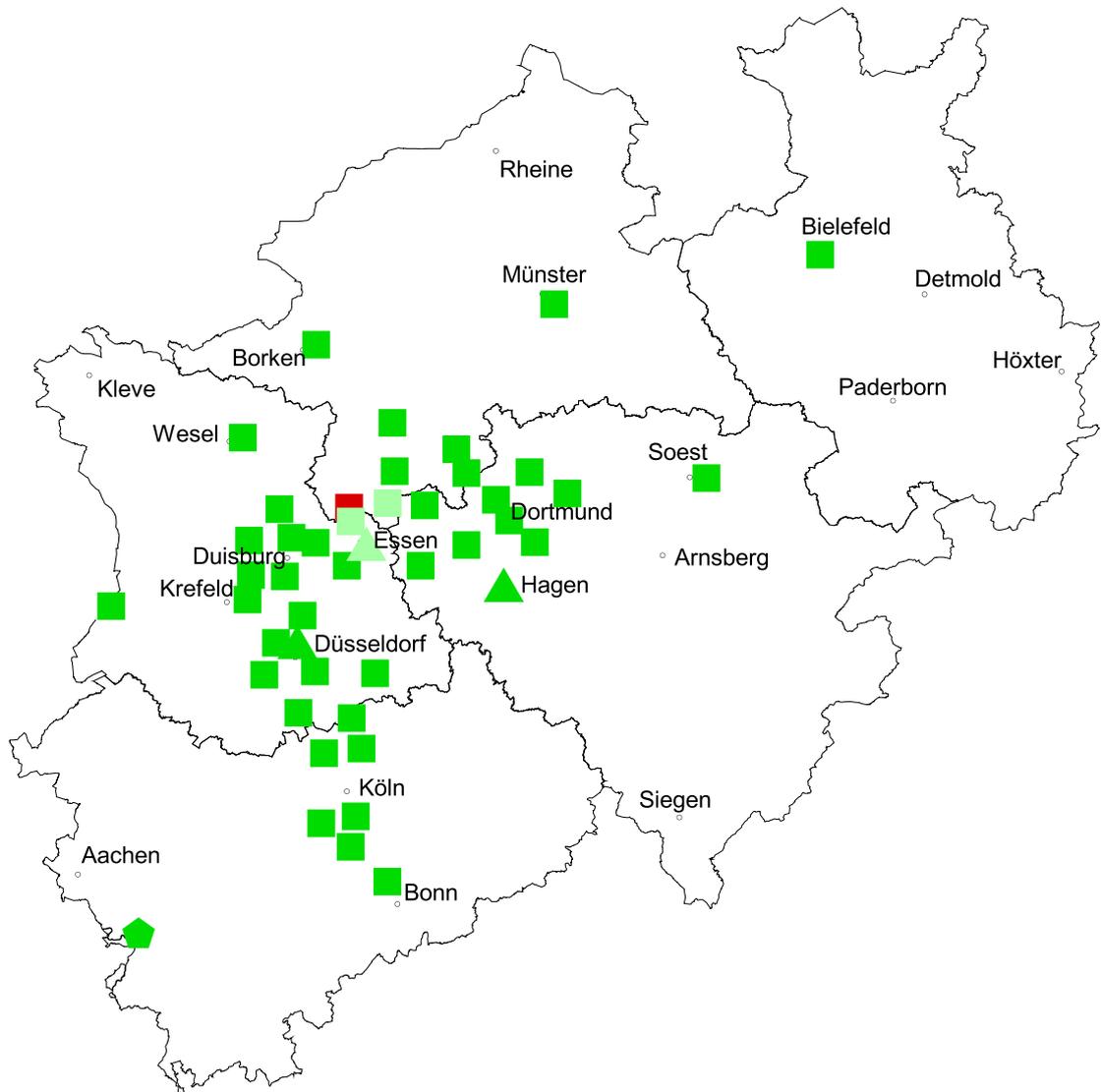
Die mittlere BaP-Belastung liegt im Rhein-Ruhr-Gebiet bei nur noch $0,47 \text{ ng/m}^3$. Nur ein Wert liegt oberhalb von 1 ng/m^3 : an der Station Bottrop, die im Einflussbereich der Kokerei Prosper liegt, wurden $2,15 \text{ ng/m}^3$ gemessen. Viel deutlicher wird der Kokerei-Einfluss allerdings in Duisburg-Bruckhausen mit einem Jahresmittelwert von $14,2 \text{ ng/m}^3$ (Kokerei der Firma Thyssen). Im Rahmen der Vorbereitung einer EU-Richtlinie für PAK werden Grenzwerte für BaP im Bereich zwischen $0,5$ und 1 ng/m^3 erwogen.

An Verkehrsmessstationen ist ein leicht erhöhter Pegel zwischen $0,73$ und $0,85 \text{ ng/m}^3$ zu verzeichnen. Deutlicher wird der Verkehrseinfluss bei der Komponente Coronen: bei einem Rhein-Ruhr-Wert von nur $0,27 \text{ ng/m}^3$ fällt die Erhöhung an den Verkehrsmessstationen prozentual betrachtet deutlich höher aus: die Werte liegen hier bei $0,55$ bis $0,73 \text{ ng/m}^3$. Der höchste Coronenwert mit $2,34 \text{ ng/m}^3$ ist wieder dem Kokerei-Standort in Duisburg-Bruckhausen zuzuordnen.

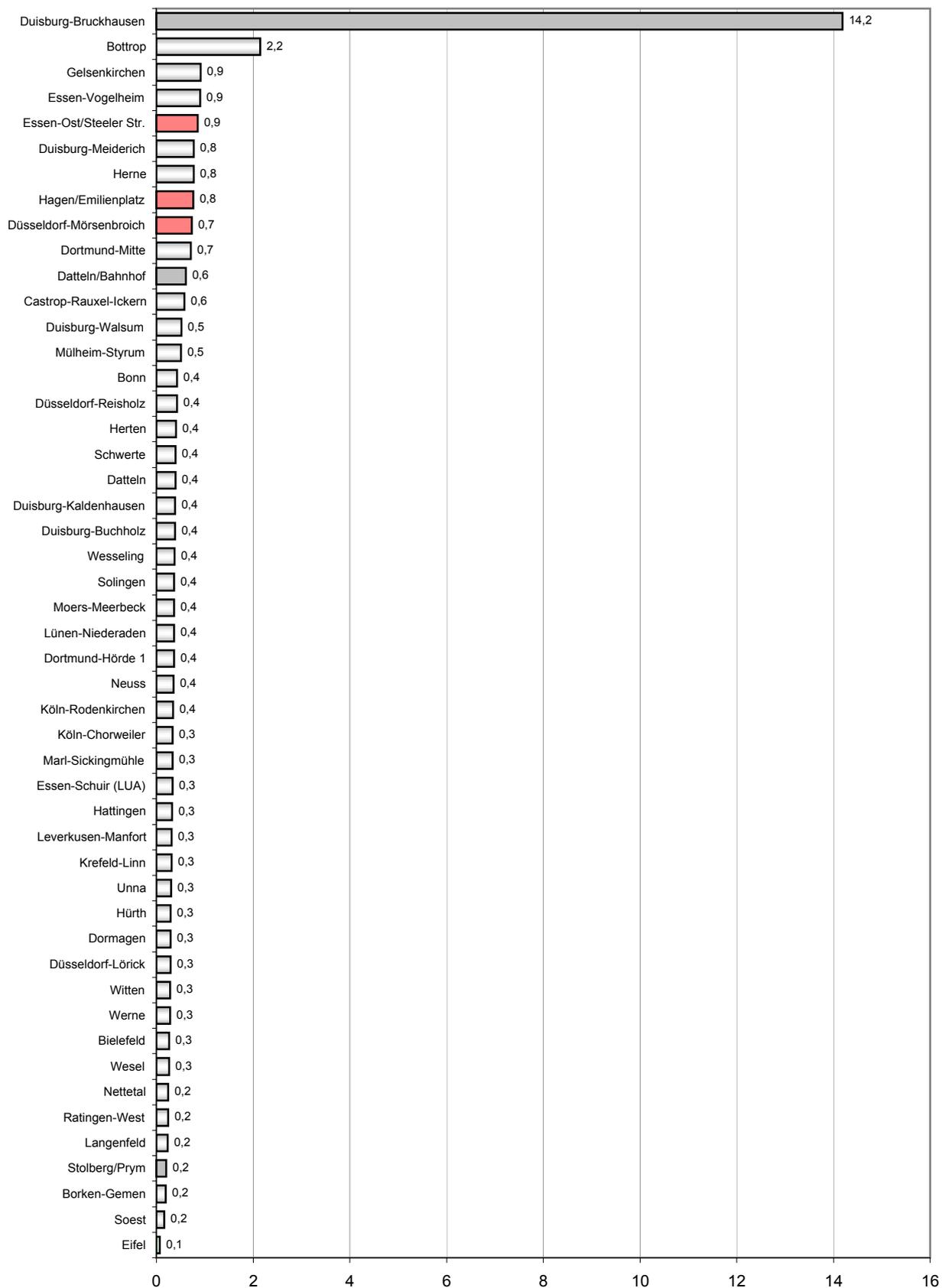
Beispielhaft sind die Jahresmittelwerte für BaP und Coronen an verschieden geprägten Messstationen auch in Abb. 3.8/3 dargestellt.

Tabelle 3.8/1: PAK-Immissionen in NRW im Jahr 1999

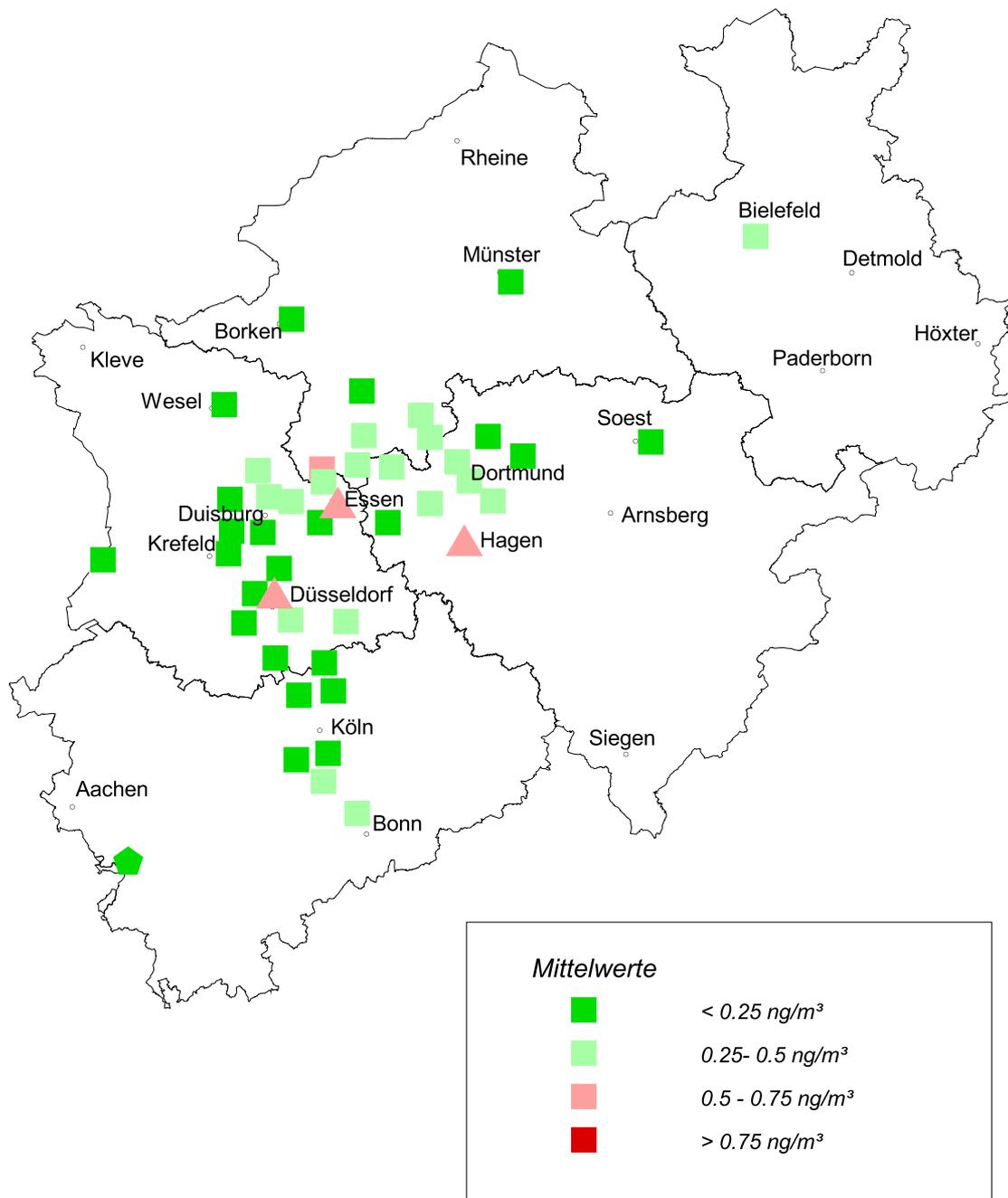
Übersicht	Benzo[a]-pyren	Benzo[e]-pyren	Benzo[a]-anthracen	Dibenzo[ah]-anthracen	Benzo[ghi]-perylen	Coronen
Anzahl der Messorte	50	50	50	50	50	50
Einheit	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
Nachweisgrenze	0.05	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03
Kleinster Jahresmittelwert	0.07	0.11	0.06	0.01	0.12	0.06
50%-Wert	0.37	0.54	0.29	0.05	0.55	0.26
75%-Wert	0.52	0.79	0.42	0.06	0.72	0.31
90%-Wert	0.78	1.24	0.78	0.10	1.25	0.55
Größter Jahresmittelwert	14.2	12.6	14.3	1.47	11.1	2.34
Name der Station	Benzo[a]-pyren	Benzo[e]-pyren	Benzo[a]-anthracen	Dibenzo[ah]-anthracen	Benzo[ghi]-perylen	Coronen
Castrop-Rauxel-Ickern	0.58	0.79	0.47	0.08	0.73	0.30
Datteln	0.40	0.61	0.31	0.06	0.61	0.27
Dortmund-Hörde 1	0.37	0.59	0.32	0.05	0.66	0.30
Dortmund-Mitte	0.71	0.91	0.53	0.08	0.96	0.45
Lünen-Niederaden	0.37	0.51	0.28	0.05	0.51	0.23
Schwerte	0.40	0.55	0.35	0.05	0.58	0.27
Unna	0.31	0.46	0.22	0.05	0.47	0.22
Werne	0.28	0.41	0.20	0.04	0.43	0.21
Witten	0.28	0.48	0.23	0.04	0.53	0.27
Bottrop	2.15	3.13	2.31	0.29	2.43	0.59
Essen-Schuir (LUA)	0.34	0.58	0.33	0.04	0.55	0.22
Essen-Vogelheim	0.91	1.42	1.02	0.12	1.17	0.37
Gelsenkirchen	0.92	1.48	0.80	0.12	1.18	0.42
Hattingen	0.33	0.50	0.26	0.04	0.52	0.24
Herne	0.77	1.20	0.67	0.10	1.02	0.35
Herten	0.41	0.67	0.32	0.07	0.60	0.26
Marl-Sickingmühle	0.34	0.50	0.29	0.05	0.48	0.20
Duisburg-Buchholz	0.39	0.67	0.34	0.05	0.60	0.25
Duisburg-Kaldenhausen	0.39	0.56	0.34	0.04	0.55	0.23
Duisburg-Meiderich	0.77	1.31	0.67	0.11	1.03	0.31
Duisburg-Walsum	0.52	0.77	0.39	0.07	0.73	0.28
Krefeld-Linn	0.32	0.49	0.26	0.04	0.48	0.22
Moers-Meerbeck	0.37	0.53	0.28	0.05	0.56	0.24
Mülheim-Styrum	0.51	0.83	0.45	0.07	0.72	0.28
Wesel	0.26	0.39	0.18	0.03	0.37	0.16
Düsseldorf-Lörick	0.30	0.50	0.30	0.04	0.47	0.21
Düsseldorf-Reisholz	0.43	0.63	0.40	0.04	0.72	0.30
Neuss	0.36	0.49	0.29	0.04	0.53	0.25
Ratingen-West	0.24	0.39	0.20	0.03	0.41	0.19
Bonn	0.43	0.59	0.37	0.05	0.68	0.26
Dormagen	0.30	0.43	0.25	0.03	0.44	0.20
Hürth	0.30	0.58	0.21	0.03	0.47	0.22
Köln-Chorweiler	0.34	0.43	0.26	0.03	0.47	0.23
Köln-Rodenkirchen	0.35	0.48	0.28	0.04	0.52	0.25
Langenfeld	0.23	0.37	0.20	0.03	0.38	0.17
Leverkusen-Manfort	0.32	0.45	0.25	0.04	0.54	0.23
Wesseling	0.38	0.48	0.29	0.04	0.62	0.32
Rhein-Ruhr-Gebiet	0.47	0.71	0.41	0.06	0.67	0.27
Eifel	0.07	0.11	0.06	0.01	0.12	0.06
Bielefeld	0.26	0.37	0.19	0.03	0.51	0.28
Borken-Gemen	0.19	0.27	0.14	0.03	0.29	0.14
Nettetal	0.24	0.37	0.19	0.03	0.37	0.16
Soest	0.16	0.24	0.12	0.02	0.26	0.12
Solingen	0.37	0.58	0.42	0.05	0.59	0.26
Düsseldorf-Mörsenbroich	0.73	1.04	0.78	0.06	1.24	0.55
Essen-Ost/Steeler Str.	0.85	1.23	0.85	0.08	1.30	0.61
Hagen/Emilienplatz	0.76	1.01	0.77	0.06	1.40	0.73
Sondermessstationen						
Duisburg-Bruckhausen	14.2	12.6	14.3	1.47	11.1	2.34
Datteln/Bahnhof	0.61	0.87	0.38	0.07	1.36	0.67
Stolberg/Prym	0.20	0.31	0.14	0.03	0.40	0.23



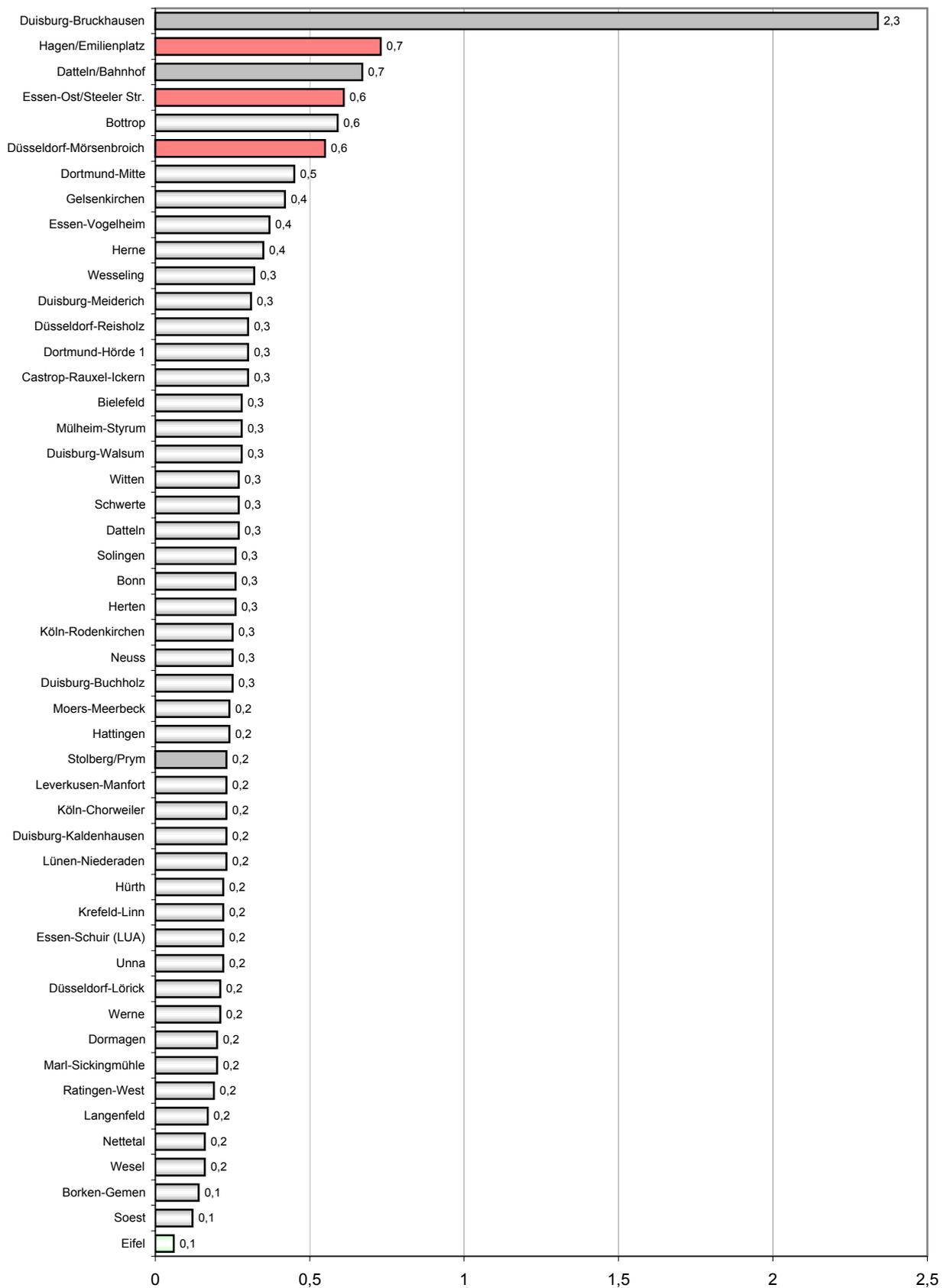
Karte 3.8/1: Benzo[a]pyren-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.8/1: Benzo[a]pyren-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999 ng/m³
Rangliste der Stationen**



Karte 3.8/2: Coronen-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.8/2: Coronen-Konzentrationen im Schwebstaub in NRW 1999 ng/m³
Rangliste der Stationen**

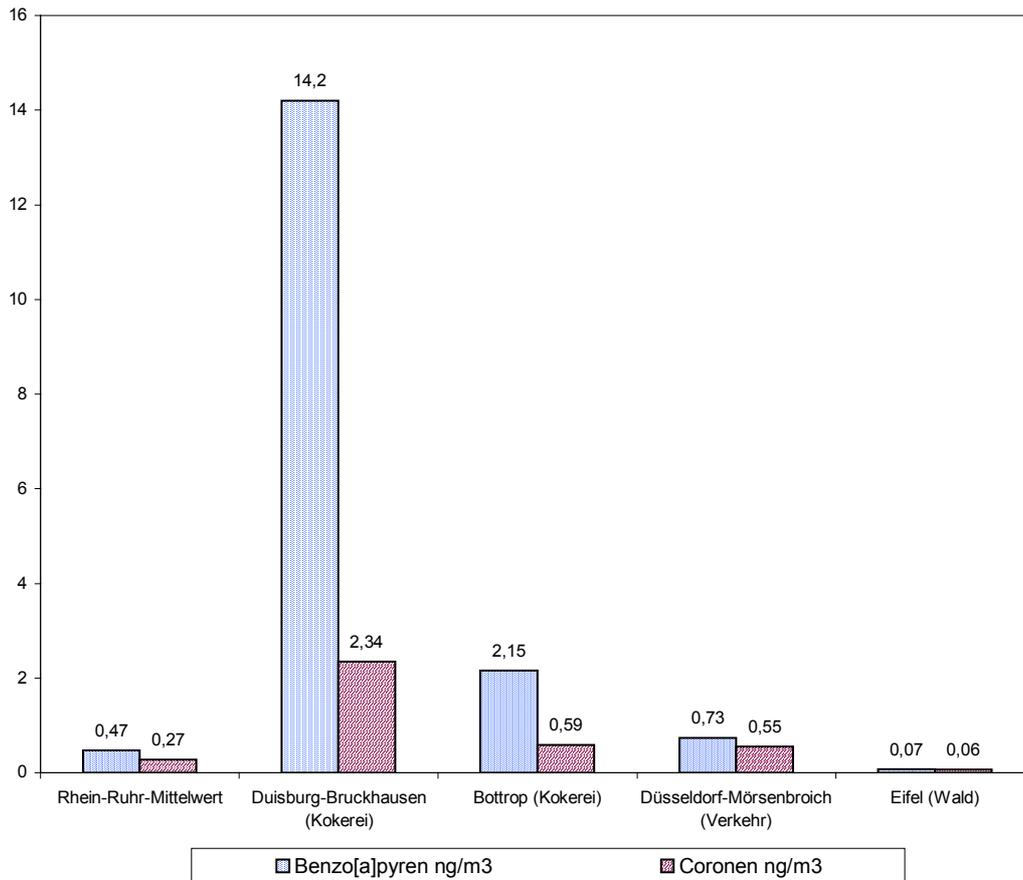


Abb. 3.8/3: Benzo[a]pyren- und Coronenbelastung an Messpunkten unterschiedlicher Emissionscharakteristik

3.2.3 Ruß

Die wesentliche Quelle der Rußfreisetzung sind heute Dieselmotoren. Dieser sogenannte Dieselruß ist partikelförmig und wird im Größenbereich lungengängiger Partikel freigesetzt.

Die krebserzeugende Wirkung des Dieselrußes ist nachgewiesen. Diese wird hervorgerufen durch organische Verbindungen, z.B. PAK'e, die an den Dieselrußpartikeln adsorbiert sind, aber auch durch die mechanisch-irritative Wirkung der Dieselrußkerne.

An den Verkehrsstationen hat die Rußkonzentration 1999 gegenüber 1998 weiter abgenommen. Damit wurde der Trend der letzten Jahre fortgesetzt. Die Jahresmittelwerte 1999 betragen $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Düsseldorf Corneliusstr. (1998: $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Düsseldorf-Mörsenbroich ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstation Essen Ruhrallee ($5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

An der Station Duisburg-Bruckhausen lag die Rußkonzentration 1999 bei $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit wieder etwas höher als im Vorjahr ($5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Abbildung 3.9/1 zeigt die Verhältnisse in grafischer Form.

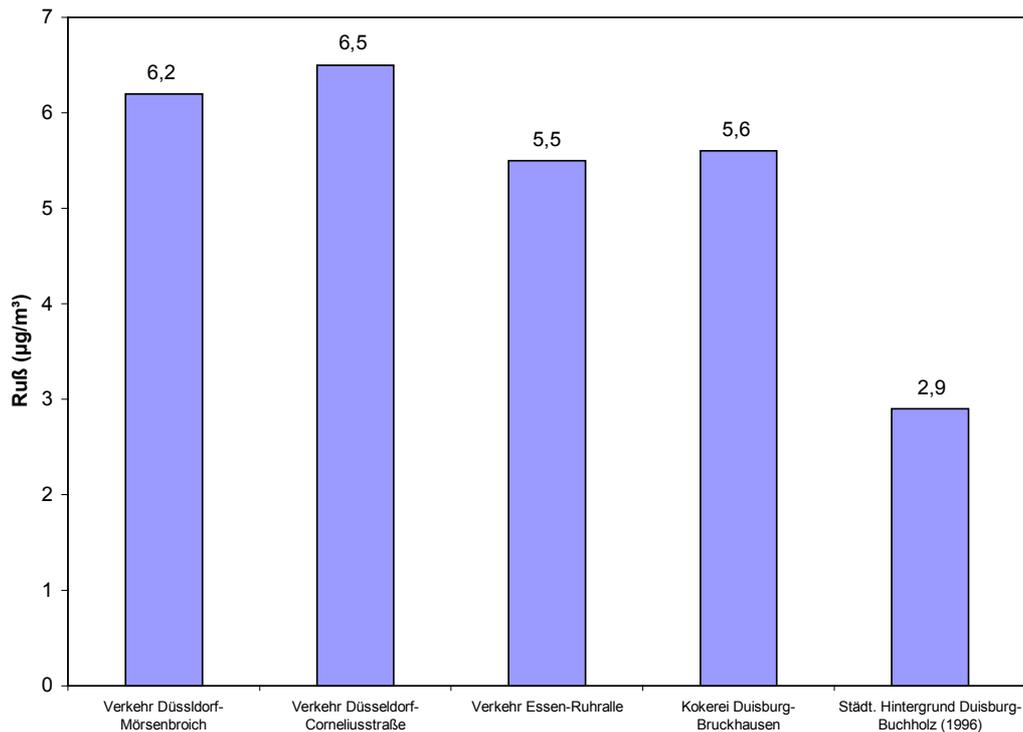


Abb. 3.9/1: Rußkonzentrationen an Messpunkten unterschiedlicher Emissionscharakteristik

3.2.4 Kohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe

BTX werden als Luftbelastung häufig gemeinsam analysiert. Die Verbindungen werden in Ottokraftstoffen zur Erhöhung der Oktanzahl (Anti-Klopfmittel) eingesetzt, und bei der Herstellung, Lagerung und Verbrennung (Straßenverkehr) von Ottokraftstoffen emittiert.

BTX sind auch Chemiegrundprodukte, die in der chemischen Industrie und als Lösungsmittel Einsatz finden.

Benzol wirkt längerfristig als krebserzeugend und erbgutschädigend. Langzeitexposition von Toluol beeinträchtigt das Zentralnervensystem sowie das Blutbild.

Für Xylole wird eine krebserzeugende Wirkung diskutiert.

Aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe werden hier repräsentiert durch die technisch wichtigen Verbindungen Trichlorethen, Tetrachlorethen, Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan und Tetrachlormethan.

Die Verbindungen treten wegen ihrer hohen Flüchtigkeit recht gleichmäßig verteilt in der Umwelt auf. Technischer Einsatz erfolgt als Lösungsmittel (Metallentfettung, Reinigung) sowie als Extraktionsmittel.

Chronische Aufnahme führt zur Schädigung des Zentralnervensystems und mäßiger Anreicherung im Gewebe. Eine cancerogene Wirkung erwartet man eher von den Zusatzstoffen (Stabilisatoren) in technischen Produkten dieser Verbindungen sowie in deren Abbauprodukten im Stoffwechsel.

Wichtige Jahreskenngrößen für verschiedene Kohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe sind in den Tabellen 3.10/1 bis 3.10/4 zusammengefasst. Für Benzol, Toluol und m+p-Xylol werden die Jahresmittelwerte zusätzlich in Karten (Karten 3.10/1-3.10/3) sowie grafisch in Säulenform, geordnet nach Höhe der Belastung, dargestellt (Abb. 3.10/1-3.10/3).

Im Rhein-Ruhr-Gebiet ist die Belastung durch Benzol 1999 weiter zurückgegangen. Mit $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist der Mittelwert erkennbar niedriger als 1998 ($2,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Acht Stationen weisen Werte oberhalb des LAI-Zielwertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf: Castrop-Rauxel-Ickern ($2,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Dortmund-Hörde 1 ($3,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Bottrop ($3,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Kokereieinfluss), Essen-Vogelheim ($2,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Gelsenkirchen ($2,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Duisburg-Meiderich ($2,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Düsseldorf-Reisholz ($2,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Köln-Chorweiler ($3,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Der ab 1.01.2010 einzuhaltende EU-Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird daher schon jetzt an keiner dieser Hintergrundstationen mehr überschritten.

Der unmittelbare Einfluss von Kohlenwasserstoffemissionen im Nahbereich von Messstationen wird wie in den Vorjahren an den Verkehrsmessstationen besonders deutlich. Die Jahresmittelwerte für 1999 liegen hier zwischen $4,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Essen Ruhrallee) und $9,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Düsseldorf-Mörsenbroich). Sie überschreiten daher zumindest teilweise den erwähnten EU-Grenzwert, der jedoch, wie bereits betont, erst ab dem 1.01.2010 einzuhalten ist.

In Duisburg-Bruckhausen wurden ebenfalls und erneut ein deutlich erhöhter Benzolwert festgestellt: $6,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Tatsache, dass hier die Benzolkonzentration deutlich höher ist als die Toluolkonzentration ($5,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) identifiziert eindeutig die Kokerei als wesentliche Benzolquelle. An städtischen Hintergrundstationen sowie an vom Straßenverkehr geprägten Messstellen beträgt das Benzol/Toluol-Verhältnis etwa 0,3 bis 0,4 (Duisburg-Bruckhausen: 1,2). Weitere eindeutige Belege für die Kokerei als Hauptquelle der Benzolemissionen in Duisburg-Bruckhausen wurden durch Untersuchungen der räumlichen Struktur der Benzol-Immissionen und durch windrichtungsabhängige Auswertungen erbracht [12].

Wie bereits erwähnt, liegen Toluolkonzentrationen an städtischen Hintergrundstationen und verkehrsgeprägten Stationen um einen Faktor von etwa 2,5 bis 3,5 höher als die Benzolwerte. Die räumliche Struktur ist in der Regel ähnlich. Der Rhein-Ruhr-Mittelwert lag 1999 bei $6,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der hohe Jahresmittelwert der Station Essen-Vogelheim ($60,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist bedingt durch einen hohen Einzelwert. Ansonsten finden sich die höchsten Toluolkonzentrationen an Verkehrsstationen mit bis zu ca. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Konzentrationen chlorierter Kohlenwasserstoffe sind generell sehr niedrig und liegen im Jahresmittel deutlich unter $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mittelwerte im Rhein-Ruhr-Gebiet). Nur in einem einzigen Fall überschreitet ein stationsbezogener Jahresmittelwert $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($1,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Tetrachlorethen in Dortmund-Hörde 1). Auch dieser Wert kann als unauffällig gelten, da als Orientierungswert zur Prüfung schädlicher Umwelteinwirkungen ein Jahresmittelwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt wurde.

Tabelle 3.10/1: Immissionen von Alkanen in NRW im Jahr 1999

Übersicht	Hexan	3-Methylhexan	Heptan	Oktan	Nonan
Anzahl der Messorte	55	55	55	55	55
Einheit	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Nachweisgrenze	0,36	0,37	0,35	0,35	0,34
Kleinster Jahresmittelwert	0,30	0,68	0,36	0,18	0,17
50%-Wert	0,95	1,13	0,68	0,24	0,19
75%-Wert	1,24	1,28	0,86	0,32	0,26
90%-Wert	1,72	1,66	1,24	0,48	0,37
Größter Jahresmittelwert	3,75	3,04	2,54	0,93	1,08
Name der Station	Hexan	3-Methylhexan	Heptan	Oktan	Nonan
Castrop-Rauxel-Ickern	0,75	1,19	0,71	0,22	0,17
Datteln	0,85	1,39	0,88	0,23	0,17
Dortmund-Hörde 1	1,29	1,24	0,83	0,31	0,27
Dortmund-Mitte	1,13	1,08	0,74	0,28	0,26
Lünen-Niederaden	0,75	0,85	0,62	0,22	0,19
Schwerte	0,87	1,15	0,67	0,18	0,17
Unna	0,67	0,93	0,71	0,40	0,17
Werne	0,91	0,73	0,40	0,18	0,17
Witten	0,93	1,13	0,65	0,24	0,28
Boitrop	1,15	1,26	1,13	0,38	0,42
Essen-Schuir (LUA)	1,23	1,11	0,68	0,22	0,19
Essen-Vogelheim	1,55	1,38	1,10	0,93	1,08
Gelsenkirchen	1,22	1,30	0,91	0,39	0,36
Hattingen	0,92	1,05	0,64	0,20	0,19
Herne	0,81	1,32	0,79	0,21	0,17
Herten	0,80	1,14	0,62	0,20	0,17
Marl-Sickingmühle	0,80	1,13	0,65	0,26	0,17
Duisburg-Buchholz	0,95	1,17	0,71	0,24	0,20
Duisburg-Kaldenhausen	0,65	1,04	0,66	0,24	0,17
Duisburg-Meiderich	1,36	1,63	1,08	0,37	0,37
Duisburg-Walsum	1,03	1,22	0,81	0,28	0,24
Krefeld-Linn	1,08	1,17	0,73	0,22	0,17
Moers-Meerbeck	0,93	1,13	0,72	0,23	0,19
Mülheim-Styrum	1,27	1,06	0,61	0,22	0,22
Wesel	0,97	1,05	0,61	0,19	0,19
Düsseldorf-Lörick	0,92	0,97	0,57	0,20	0,20
Düsseldorf-Reisholz	1,33	1,32	0,96	0,33	0,24
Neuss	0,83	1,00	0,57	0,20	0,17
Ratingen-West	0,69	0,90	0,50	0,25	0,27
Bonn	1,14	1,22	0,73	0,24	0,20
Dormagen	0,84	0,99	0,57	0,21	0,18
Hürth	0,77	1,21	0,61	0,22	0,17
Köln-Chorweiler	1,59	1,41	0,98	0,34	0,23
Köln-Rodenkirchen	1,00	0,97	0,59	0,25	0,17
Langenfeld	0,83	0,92	0,52	0,22	0,17
Leverkusen-Manfort	1,24	0,99	0,60	0,24	0,19
Wesseling	1,15	1,06	0,77	0,24	0,17
Rhein-Ruhr-Gebiet	1,01	1,13	0,72	0,27	0,24
Eggegebirge	0,48	0,82	0,44	0,18	0,17
Eifel	0,36	0,68	0,36	0,18	0,17
Rothaargebirge	0,30	0,86	0,49	0,18	0,20
Bielefeld	1,80	2,02	1,55	0,49	0,25
Borken-Gemen	0,70	0,83	0,44	0,20	0,21
Nettetal	1,11	1,18	0,83	0,30	0,28
Soest	0,45	0,70	0,39	0,18	0,17
Solingen	1,19	1,21	0,73	0,28	0,17
Düsseldorf-Mörsenbroich	3,30	3,04	2,54	0,82	0,37
Essen-Ost/Steeler Str.	1,93	1,80	1,35	0,49	0,41
Hagen/Emilienplatz	2,04	2,00	1,59	0,49	0,36
Sondermessstationen					
Düsseldorf/Corneliusstr.	3,75	2,83	2,39	0,75	0,36
Essen/Ruhrallee	1,49	1,43	1,04	0,37	0,21
Duisburg-Bruckhausen	1,02	0,97	0,60	0,21	0,19
Datteln/Bahnhof	0,80	1,17	0,66	0,29	0,70
Stolberg/Schule	0,90	0,90	0,56	0,20	0,17
Stolberg/Sender	0,54	0,80	0,44	0,18	0,17
Stolberg/Prym	2,09	1,68	1,32	0,47	0,40

Tabelle 3.10/2: Immissionen von Benzol und anderen Kohlenwasserstoffen in NRW im Jahr 1999

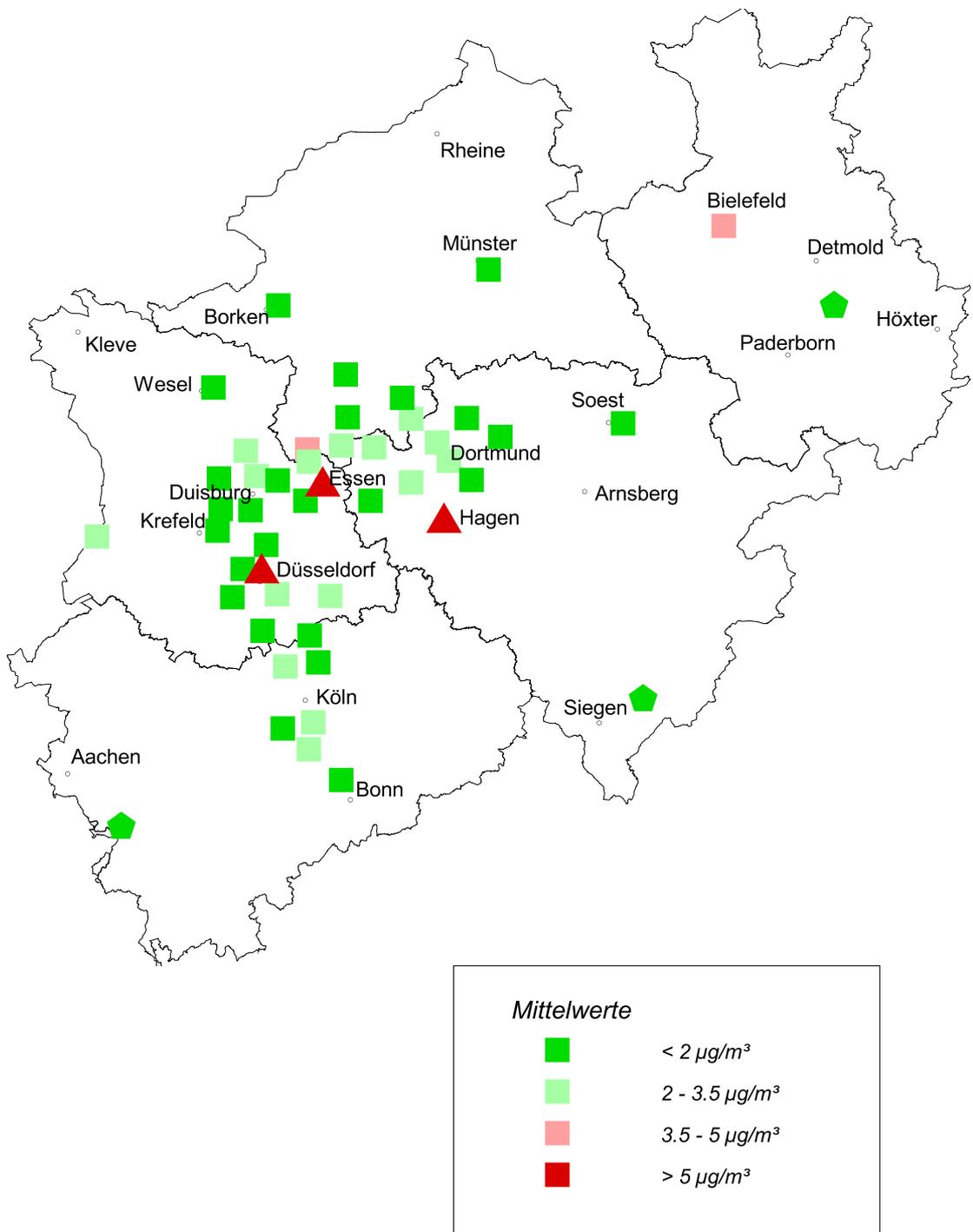
Übersicht	Benzol	Ethylbenzol	Isopropylbenzol	n-Propylbenzol	1,3,5-Trimethylbenzol	1,2,4-Trimethylbenzol
Anzahl der Messorte	55	55	55	55	55	55
Einheit	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Nachweisgrenze	0,33	0,33	0,34	0,34	0,31	0,30
Kleinster Jahresmittelwert	0,68	0,23	0,17	0,17	0,16	0,19
50%-Wert	1,98	1,24	0,17	0,30	0,32	1,17
75%-Wert	2,70	1,84	0,21	0,45	0,56	1,91
90%-Wert	4,05	2,96	0,37	0,82	0,96	3,49
Größter Jahresmittelwert	9,85	6,39	0,70	1,63	2,38	7,73
Name der Station	Benzol	Ethylbenzol	Isopropylbenzol	n-Propylbenzol	1,3,5-Trimethylbenzol	1,2,4-Trimethylbenzol
Castrop-Rauxel-Ickern	2,62	1,04	0,19	0,21	0,23	0,89
Datteln	2,05	1,29	0,17	0,25	0,30	1,15
Dortmund-Hörde 1	3,37	2,40	0,35	0,70	0,93	3,56
Dortmund-Mitte	2,30	1,49	0,48	0,37	0,46	1,79
Lünen-Niederaden	1,57	1,03	0,21	0,27	0,30	1,19
Schwerte	1,86	1,09	0,17	0,30	0,34	1,34
Unna	1,24	0,80	0,20	0,24	0,25	0,95
Werne	1,02	0,72	0,17	0,19	0,20	0,75
Witten	2,14	1,65	0,19	0,38	0,49	1,92
Bottrop	3,59	2,27	0,23	0,44	0,54	1,90
Essen-Schuir (LUA)	1,96	1,11	0,17	0,24	0,23	1,05
Essen-Vogelheim	2,67	5,07	0,42	1,15	1,43	4,54
Gelsenkirchen	2,78	1,88	0,26	0,51	0,63	2,11
Hattingen	1,86	1,43	0,17	0,33	0,41	1,56
Herne	2,07	1,03	0,17	0,20	0,25	0,96
Herten	1,53	0,80	0,17	0,21	0,21	0,76
Marl-Sickingmühle	1,94	2,82	0,31	0,24	0,29	0,90
Duisburg-Buchholz	2,05	1,26	0,17	0,35	0,40	1,46
Duisburg-Kaldenhausen	1,56	1,09	0,17	0,24	0,26	0,88
Duisburg-Meiderich	2,85	1,81	0,20	0,51	0,58	2,18
Duisburg-Walsum	2,29	1,33	0,19	0,33	0,38	1,36
Krefeld-Linn	1,98	1,37	0,17	0,33	0,35	1,34
Moers-Meerbeck	1,56	0,95	0,17	0,24	0,24	0,91
Mülheim-Styrum	1,93	1,24	0,19	0,31	0,32	1,17
Wesel	1,39	0,75	0,17	0,20	0,22	0,70
Düsseldorf-Lörick	1,59	1,06	0,17	0,23	0,27	1,13
Düsseldorf-Reisholz	2,74	2,20	0,19	0,49	0,62	2,13
Neuss	1,76	1,03	0,17	0,19	0,19	0,92
Ratingen-West	1,35	0,83	0,17	0,28	0,31	1,07
Bonn	1,99	1,34	0,19	0,39	0,39	1,43
Dormagen	1,52	1,13	0,17	0,27	0,26	0,94
Hürth	1,48	1,04	0,17	0,24	0,26	0,96
Köln-Chorweiler	3,14	2,32	0,19	0,55	0,62	2,26
Köln-Rodenkirchen	2,20	1,54	0,19	0,38	0,41	1,63
Langenfeld	1,33	0,93	0,17	0,26	0,24	0,69
Leverkusen-Manfort	1,67	1,23	0,17	0,32	0,27	1,09
Wesseling	2,43	1,49	0,17	0,42	0,44	1,49
Rhein-Ruhr-Gebiet	2,04	1,45	0,20	0,35	0,39	1,43
Eggegebirge	0,85	0,40	0,17	0,17	0,16	0,30
Eifel	0,68	0,23	0,17	0,17	0,16	0,19
Rothaargebirge	0,72	0,31	0,17	0,17	0,16	0,28
Bielefeld	3,62	2,80	0,24	0,60	0,75	2,83
Borken-Gemen	1,21	0,66	0,17	0,22	0,23	0,72
Nettetal	2,60	1,61	0,20	0,42	0,59	1,78
Soest	0,80	0,64	0,17	0,19	0,17	0,50
Solingen	2,31	1,75	0,21	0,45	0,46	1,80
Düsseldorf-Mörsenbroich	9,85	6,39	0,47	1,63	2,38	7,73
Essen-Ost/Steeler Str.	5,25	3,61	0,40	1,00	1,30	4,60
Hagen/Emilienplatz	5,92	4,36	0,70	1,32	1,82	6,58
Sondermessstationen						
Düsseldorf/Comeliusstr.	7,92	5,54	0,38	1,43	1,96	6,43
Essen/Ruhrallee	4,22	2,54	0,27	0,66	0,90	3,22
Duisburg-Bruckhausen	6,30	1,10	0,17	0,24	0,27	1,07
Datteln/Bahnhof	1,57	0,79	0,17	0,27	0,32	0,94
Stolberg/Schule	1,64	0,98	0,17	0,23	0,23	0,98
Stolberg/Sender	1,04	0,46	0,17	0,17	0,16	0,38
Stolberg/Prym	3,79	3,05	0,23	0,90	0,99	3,40

Tabelle 3.10/3: Immissionen von Toluol und anderen Kohlenwasserstoffen in NRW im Jahr 1999

Übersicht	Toluol	m+p-Xylol	o-Xylol	3-Ethyltoluol	4-Ethyltoluol	2-Ethyltoluol
Anzahl der Messorte	55	55	55	55	55	55
Einheit	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Nachweisgrenze	0,33	0,33	0,31	0,33	0,33	0,32
Kleinster Jahresmittelwert	1,15	0,48	0,17	0,17	0,17	0,16
50%-Wert	5,07	2,59	0,91	0,80	0,37	0,35
75%-Wert	7,35	4,25	1,46	1,31	0,58	0,57
90%-Wert	12,92	6,26	2,20	2,41	1,05	0,98
Größter Jahresmittelwert	60,2	13,9	5,20	5,58	2,39	2,11
Name der Station	Toluol	m+p-Xylol	o-Xylol	3-Ethyltoluol	4-Ethyltoluol	2-Ethyltoluol
Castrop-Rauxel-Ickern	4,09	2,56	0,79	0,64	0,31	0,23
Datteln	5,07	3,00	0,97	0,83	0,37	0,33
Dortmund-Hörde 1	9,55	5,01	1,78	2,41	1,01	0,93
Dortmund-Mitte	5,98	3,48	1,15	1,27	0,53	0,58
Lünen-Niederaden	3,87	2,34	0,76	0,79	0,35	0,34
Schwerte	4,61	2,33	0,83	0,96	0,40	0,37
Unna	3,06	1,83	0,58	0,65	0,28	0,28
Werne	2,45	1,84	0,60	0,52	0,24	0,22
Witten	5,60	4,27	1,33	1,29	0,55	0,53
Boitrop	7,58	4,67	1,51	1,26	0,57	0,54
Essen-Schuir (LUA)	4,94	2,56	0,87	0,77	0,33	0,33
Essen-Vogelheim	60,2	13,1	3,80	2,92	1,42	1,26
Gelsenkirchen	6,86	4,24	1,46	1,46	0,66	0,63
Hattingen	5,07	3,19	1,04	1,11	0,49	0,43
Herne	4,29	2,36	0,76	0,69	0,30	0,28
Herten	3,19	1,94	0,61	0,52	0,25	0,23
Marl-Sickingmühle	4,60	2,03	0,66	0,63	0,33	0,30
Duisburg-Buchholz	4,81	2,97	1,05	1,05	0,47	0,44
Duisburg-Kaldenhausen	3,69	2,83	0,93	0,60	0,29	0,26
Duisburg-Meiderich	7,57	4,45	1,52	1,46	0,66	0,65
Duisburg-Walsum	5,20	3,32	1,15	0,97	0,44	0,42
Krefeld-Linn	5,18	3,30	1,14	1,01	0,43	0,40
Moers-Meerbeck	3,62	2,28	0,77	0,63	0,29	0,28
Mülheim-Styrum	5,16	2,83	0,94	0,80	0,38	0,35
Wesel	2,79	1,76	0,57	0,49	0,23	0,23
Düsseldorf-Lörick	4,04	2,53	0,84	0,80	0,31	0,29
Düsseldorf-Reisholz	8,00	4,87	1,62	1,54	0,67	0,60
Neuss	4,32	2,40	0,79	0,68	0,29	0,25
Ratingen-West	3,17	1,94	0,66	0,74	0,34	0,33
Bonn	6,40	2,40	0,82	1,06	0,50	0,40
Dormagen	3,87	2,48	0,77	0,68	0,30	0,28
Hürth	4,48	2,18	0,67	0,68	0,32	0,29
Köln-Chorweiler	11,0	4,57	1,65	1,69	0,69	0,61
Köln-Rodenkirchen	7,19	2,99	1,06	1,17	0,51	0,43
Langenfeld	3,77	1,76	0,56	0,51	0,28	0,25
Leverkusen-Manfort	5,87	2,48	0,82	0,80	0,33	0,30
Wesseling	6,74	2,59	0,92	1,09	0,51	0,44
Rhein-Ruhr-Gebiet	6,70	3,18	1,05	1,00	0,45	0,41
Eggegebirge	1,59	0,87	0,26	0,23	0,17	0,16
Eifel	1,15	0,48	0,17	0,17	0,17	0,16
Rothaargebirge	1,17	0,72	0,20	0,20	0,17	0,16
Bielefeld	9,23	6,41	2,27	1,97	0,88	0,76
Borken-Gemen	2,69	1,58	0,51	0,50	0,26	0,25
Nettetal	6,44	4,09	1,45	1,25	0,58	0,57
Soest	1,60	1,82	0,58	0,33	0,19	0,18
Solingen	7,52	3,10	1,12	1,33	0,58	0,49
Düsseldorf-Mörsenbroich	26,8	13,9	5,20	5,58	2,39	2,11
Essen-Ost/Steeler Str.	14,6	7,57	2,73	3,18	1,43	1,33
Hagen/Emilienplatz	17,6	8,84	3,22	4,49	1,89	1,78
Sondermessstationen						
Düsseldorf/Corneliusstr.	24,5	11,6	4,24	4,67	2,04	1,78
Essen/Ruhrallee	10,7	5,34	1,90	2,23	0,97	0,90
Duisburg-Bruckhausen	5,31	2,74	0,91	0,76	0,30	0,29
Datteln/Bahnhof	3,44	1,90	0,63	0,59	0,35	0,37
Stolberg/Schule	5,02	1,84	0,64	0,75	0,29	0,25
Stolberg/Sender	2,28	0,92	0,29	0,25	0,18	0,16
Stolberg/Prym	14,2	6,04	2,10	2,42	1,07	1,01

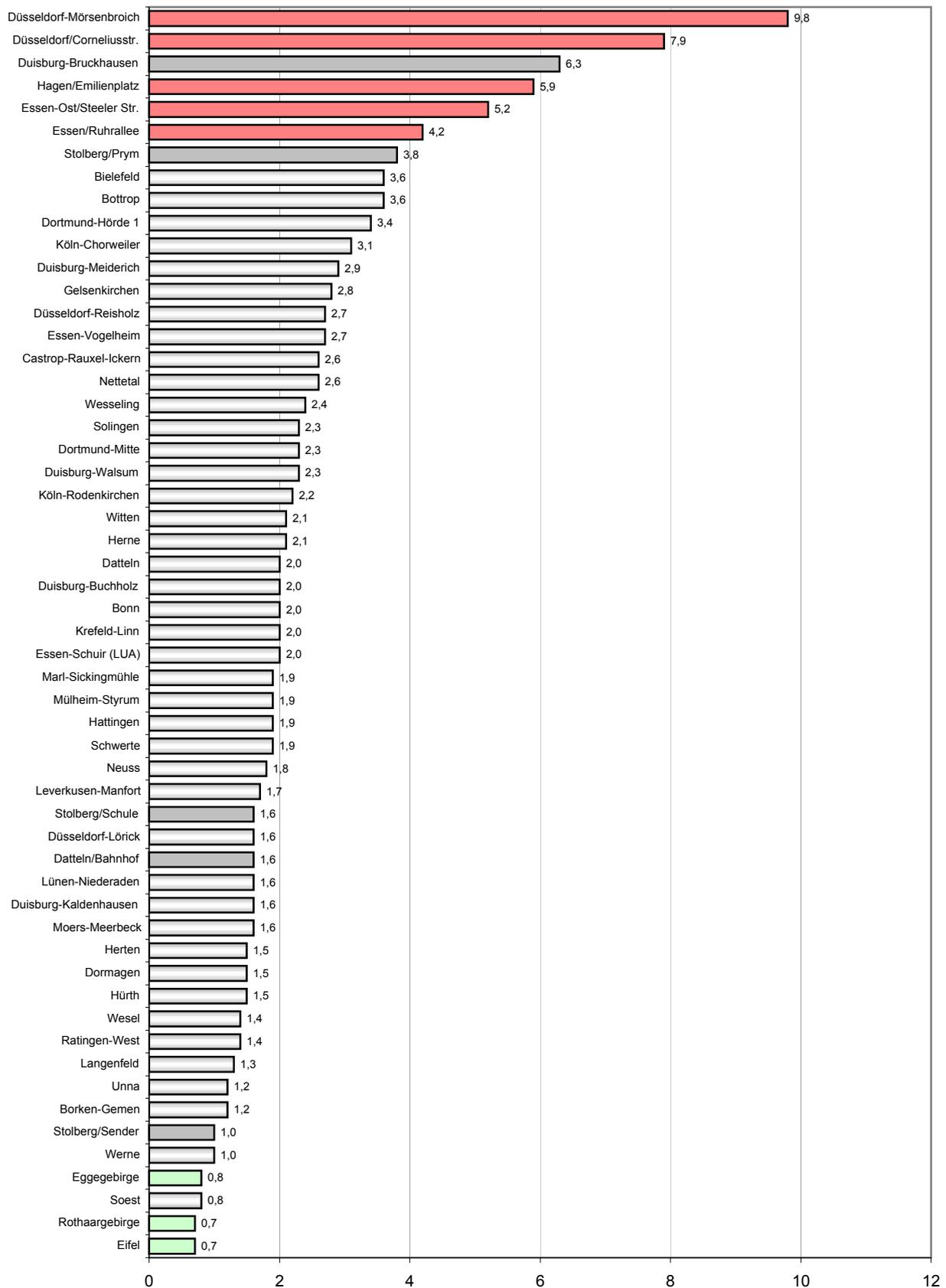
Tabelle 3.10/4: Immissionen von chlorierten Kohlenwasserstoffen in NRW im Jahr 1999

Übersicht	Trichlormethan	1,1,1-Trichlorethan	1,1,2-Trichlorethen	Tetrachlorethen
Anzahl der Messorte	55	55	55	55
Einheit	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Nachweisgrenze	0,07	0,04	0,07	0,02
Kleinster Jahresmittelwert	0,10	0,31	0,12	0,13
50%-Wert	0,12	0,37	0,23	0,27
75%-Wert	0,13	0,38	0,27	0,36
90%-Wert	0,15	0,39	0,36	0,49
Größter Jahresmittelwert	0,24	0,44	0,73	1,77
Name der Station	Trichlormethan	1,1,1-Trichlorethan	1,1,2-Trichlorethen	Tetrachlorethen
Castrop-Rauxel-Ickern	0,19	0,32	0,40	0,29
Datteln	0,12	0,34	0,23	0,23
Dortmund-Hörde 1	0,12	0,37	0,27	1,77
Dortmund-Mitte	0,13	0,38	0,32	0,77
Lünen-Niederaden	0,12	0,38	0,20	0,27
Schwerte	0,12	0,37	0,25	0,34
Unna	0,12	0,38	0,24	0,21
Werne	0,13	0,40	0,20	0,20
Witten	0,13	0,39	0,17	0,88
Bottrop	0,13	0,37	0,35	0,24
Essen-Schuir (LUA)	0,12	0,37	0,18	0,22
Essen-Vogelheim	0,12	0,34	0,31	0,30
Gelsenkirchen	0,12	0,36	0,22	0,36
Hattingen	0,10	0,33	0,26	0,27
Herne	0,11	0,31	0,34	0,19
Herten	0,13	0,38	0,23	0,17
Marl-Sickingmühle	0,14	0,35	0,42	0,43
Duisburg-Buchholz	0,14	0,37	0,30	0,55
Duisburg-Kaldenhausen	0,12	0,35	0,19	0,23
Duisburg-Meiderich	0,12	0,35	0,25	0,37
Duisburg-Walsum	0,12	0,35	0,35	0,25
Krefeld-Linn	0,16	0,36	0,24	0,33
Moers-Meerbeck	0,12	0,37	0,27	0,49
Mülheim-Styrum	0,12	0,37	0,23	0,32
Wesel	0,15	0,39	0,23	0,22
Düsseldorf-Lörick	0,12	0,38	0,17	0,33
Düsseldorf-Reisholz	0,12	0,35	0,54	0,32
Neuss	0,12	0,38	0,17	0,20
Ratingen-West	0,12	0,35	0,17	0,35
Bonn	0,12	0,37	0,16	0,19
Dormagen	0,14	0,38	0,19	0,26
Hürth	0,13	0,38	0,15	0,40
Köln-Chorweiler	0,12	0,36	0,23	0,29
Köln-Rodenkirchen	0,11	0,34	0,37	0,23
Langenfeld	0,24	0,37	0,16	0,18
Leverkusen-Manfort	0,14	0,38	0,20	0,25
Wesseling	0,11	0,34	0,16	0,13
Rhein-Ruhr-Gebiet	0,13	0,36	0,25	0,35
Eggegebirge	0,11	0,33	0,19	0,19
Eifel	0,11	0,35	0,12	0,14
Rothaargebirge	0,11	0,33	0,14	0,14
Bielefeld	0,13	0,37	0,30	0,37
Borken-Gemen	0,10	0,33	0,18	0,19
Nettetal	0,12	0,37	0,22	0,46
Soest	0,12	0,40	0,16	0,18
Solingen	0,11	0,35	0,73	0,29
Düsseldorf-Mörsenbroich	0,13	0,38	0,23	0,58
Essen-Ost/Steeler Str.	0,12	0,38	0,19	0,38
Hagen/Emilienplatz	0,13	0,39	0,44	0,48
Sondermessstationen				
Düsseldorf/Corneliusstr.	0,16	0,43	0,22	0,37
Essen/Ruhrallee	0,13	0,42	0,22	0,27
Duisburg-Bruckhausen	0,15	0,44	0,25	0,26
Datteln/Bahnhof	0,10	0,34	0,13	0,15
Stolberg/Schule	0,11	0,37	0,14	0,15
Stolberg/Sender	0,12	0,38	0,16	0,16
Stolberg/Prym	0,23	0,38	0,24	0,20

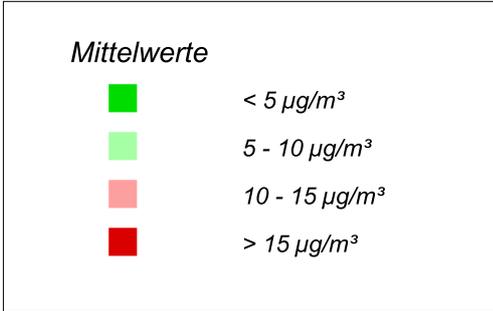
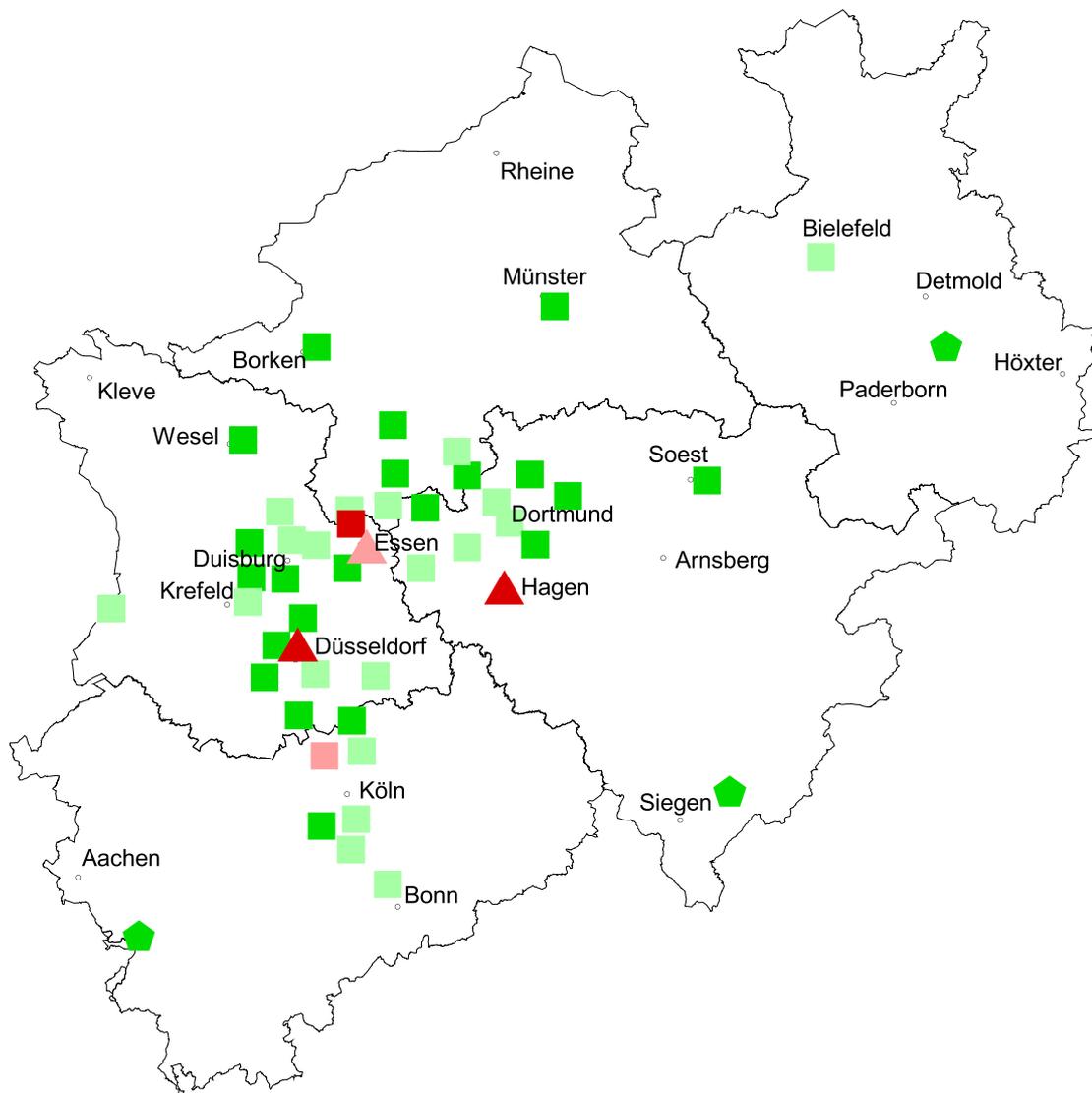


Karte 3.10/1: Benzol-Konzentrationen in NRW 1999.

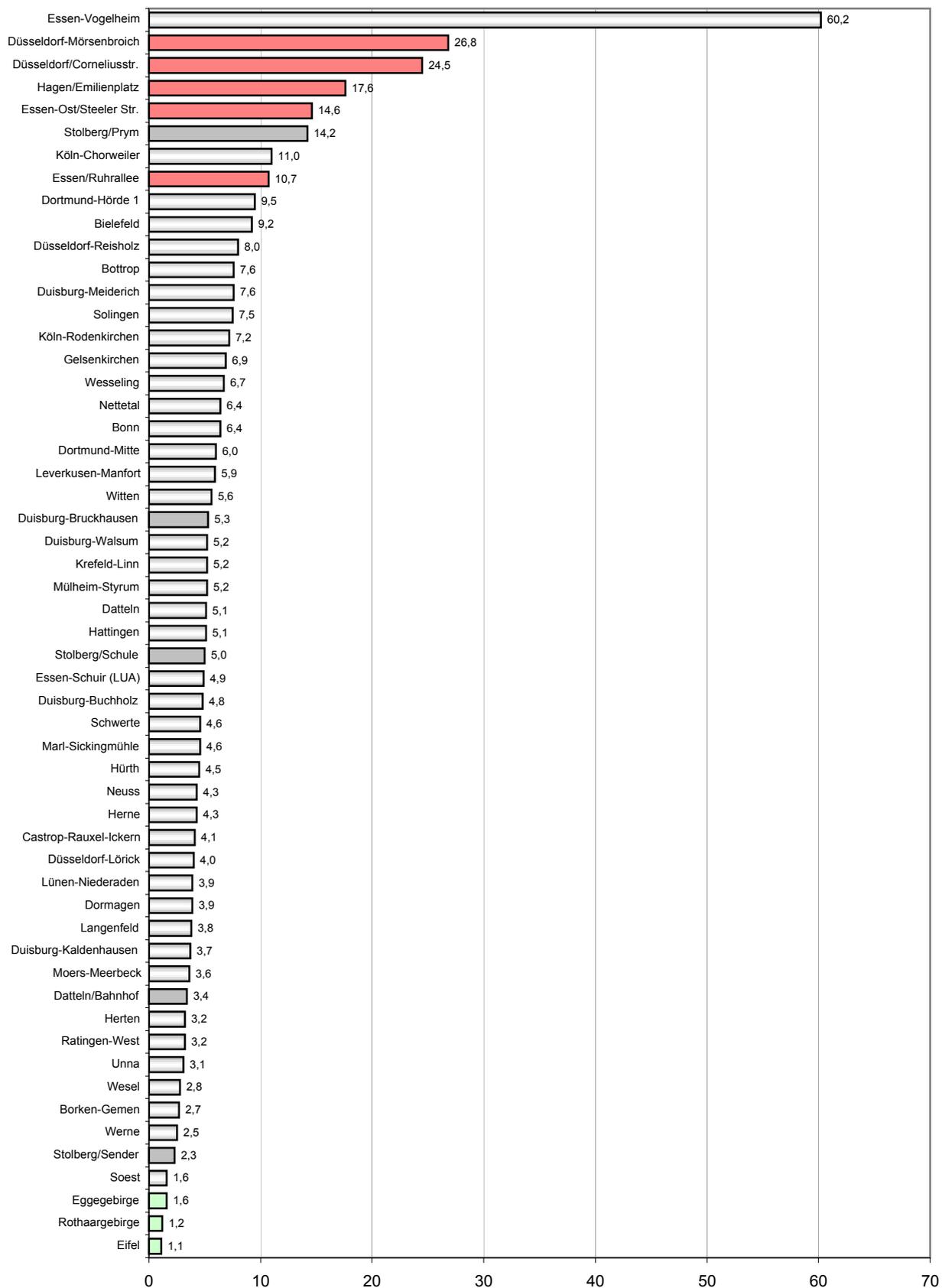
Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



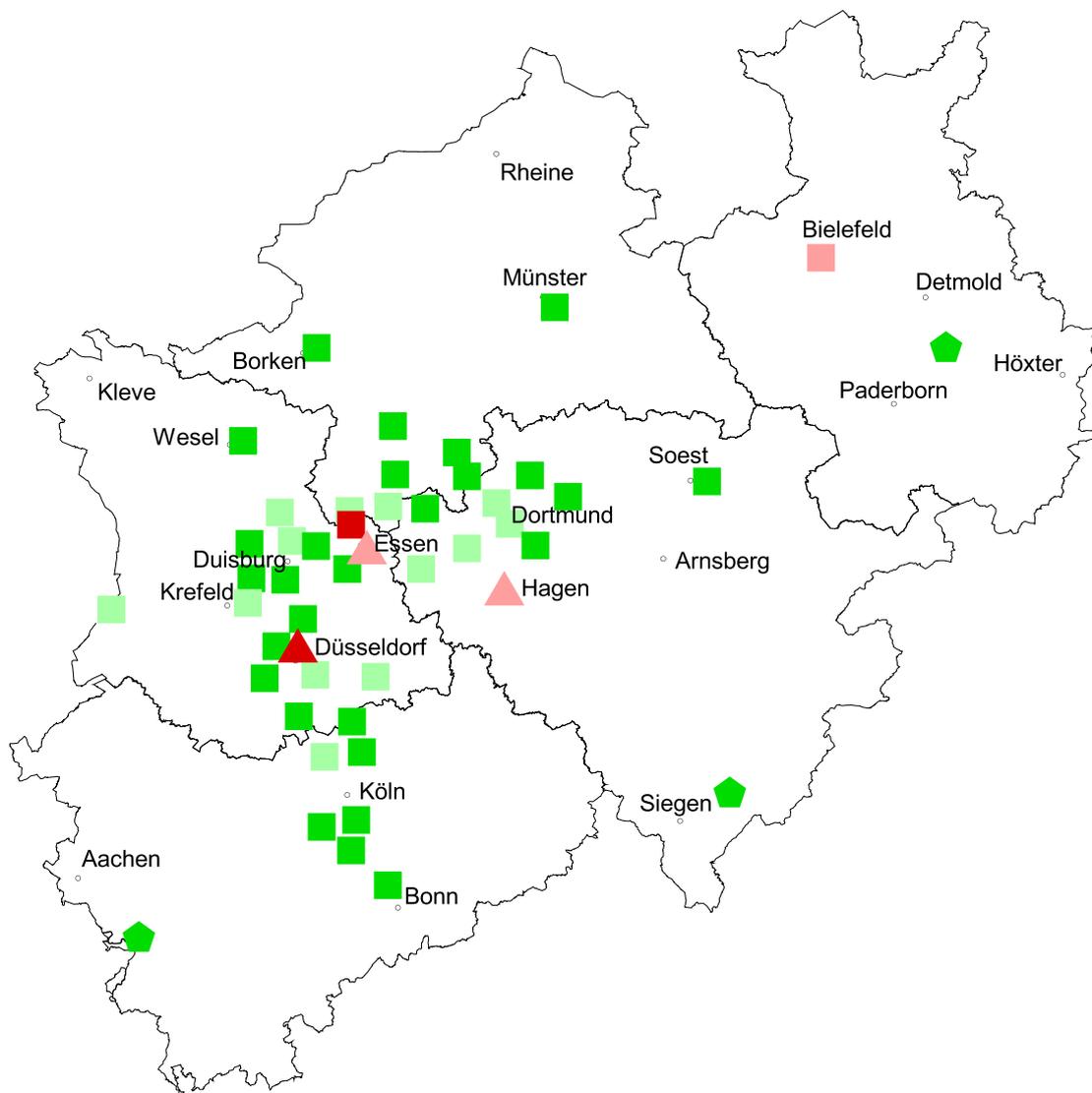
**Abbildung 3.10/1: Benzol-Konzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**



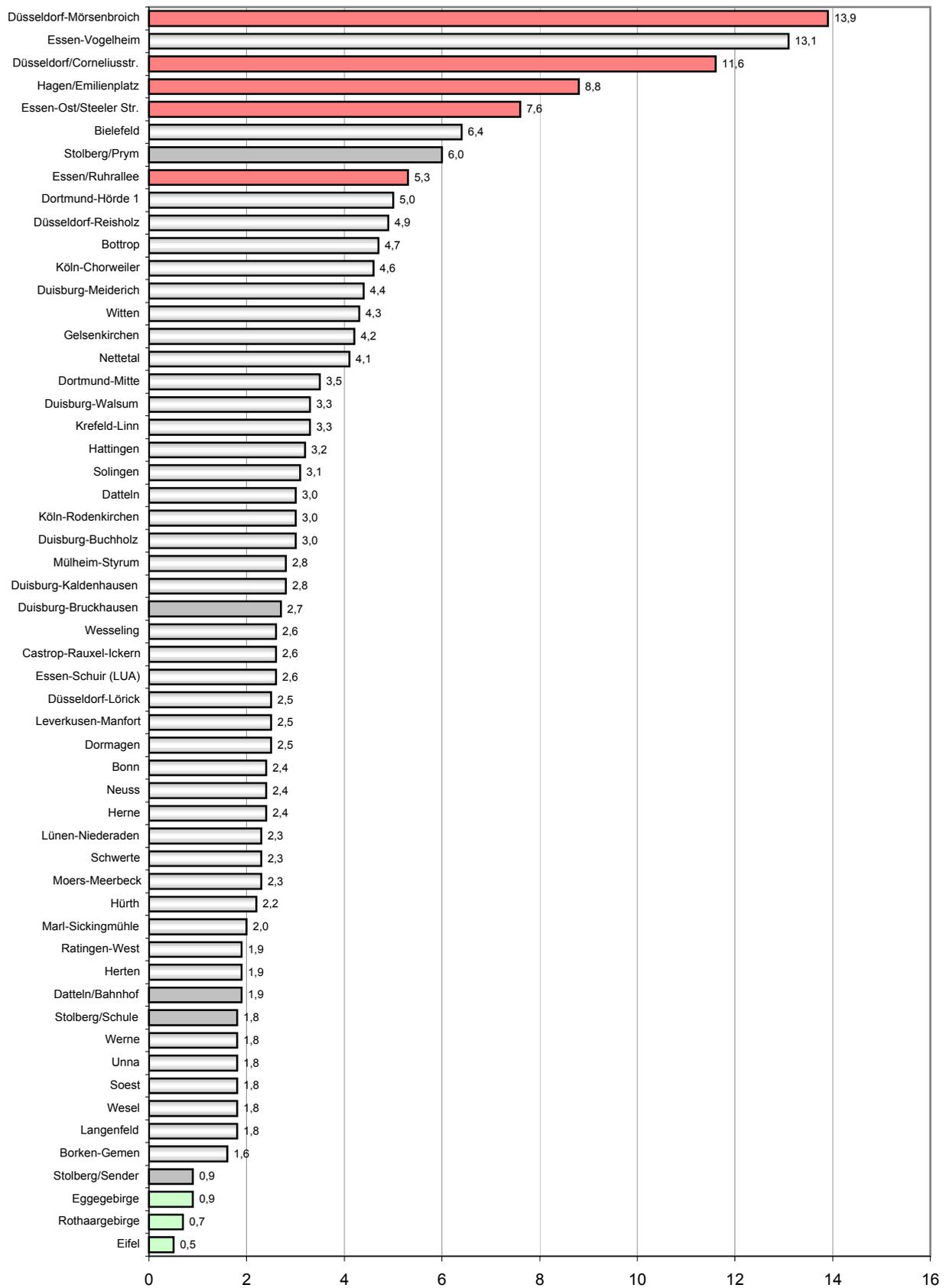
Karte 3.10/2: Toluol-Konzentrationen in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.



**Abbildung 3.10/2: Toluol-Konzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**



Karte 3.10/3: m+p-Xylol-Konzentrationen in NRW 1999.
 Dreiecke kennzeichnen Verkehrsmessstationen, Vierecke Hintergrundstationen und Fünfecke Waldstationen.

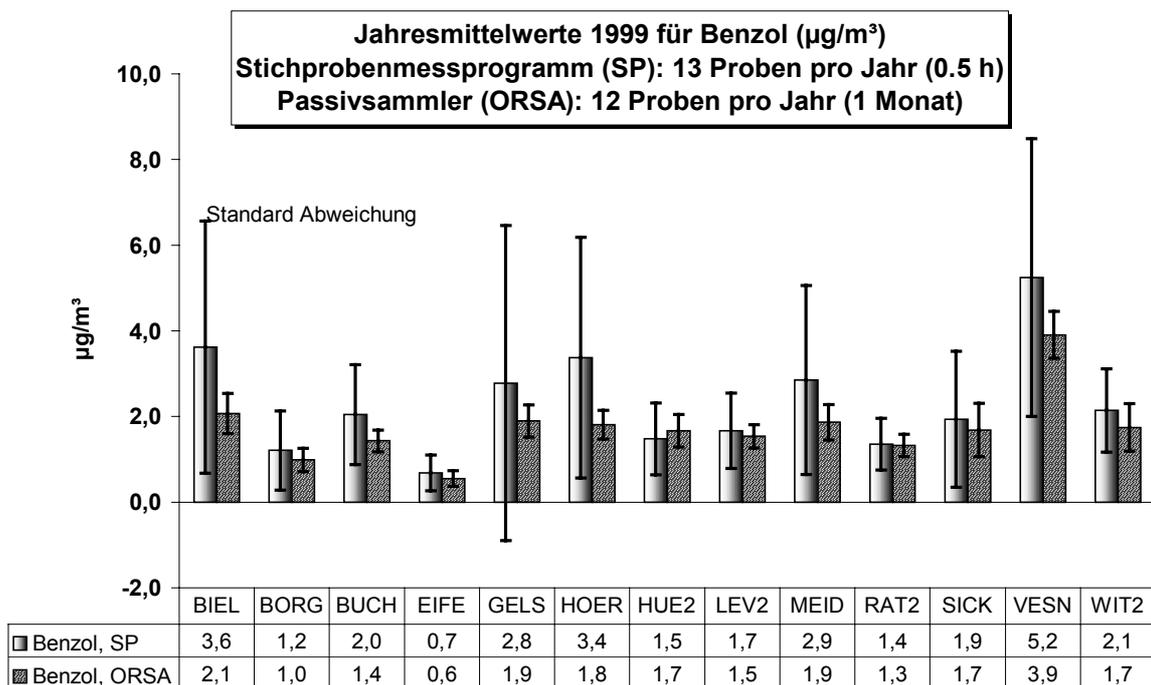


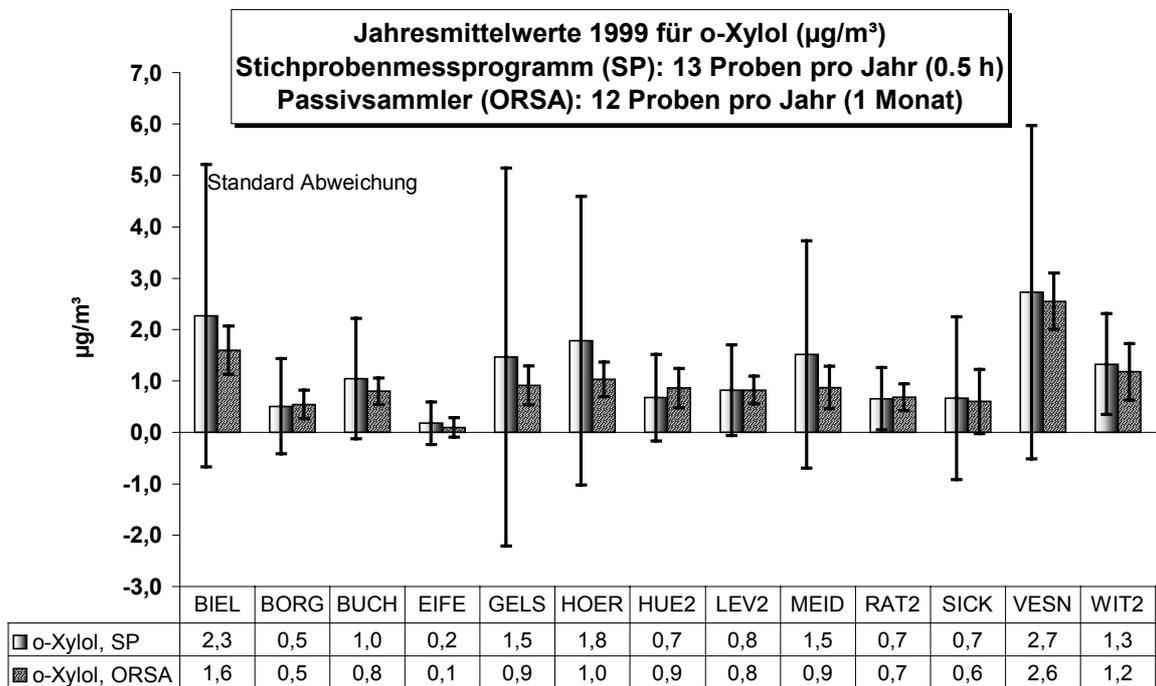
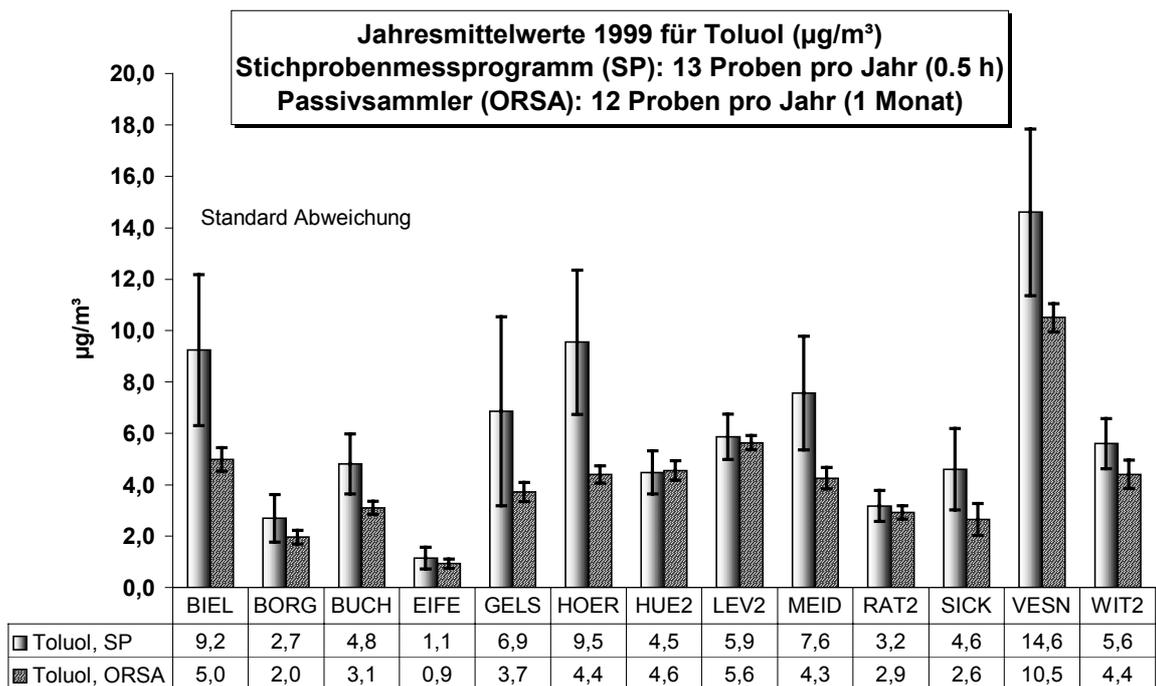
**Abbildung 3.10/3: m+p-Xylol-Konzentrationen in NRW 1999 µg/m³
Rangliste der Stationen**

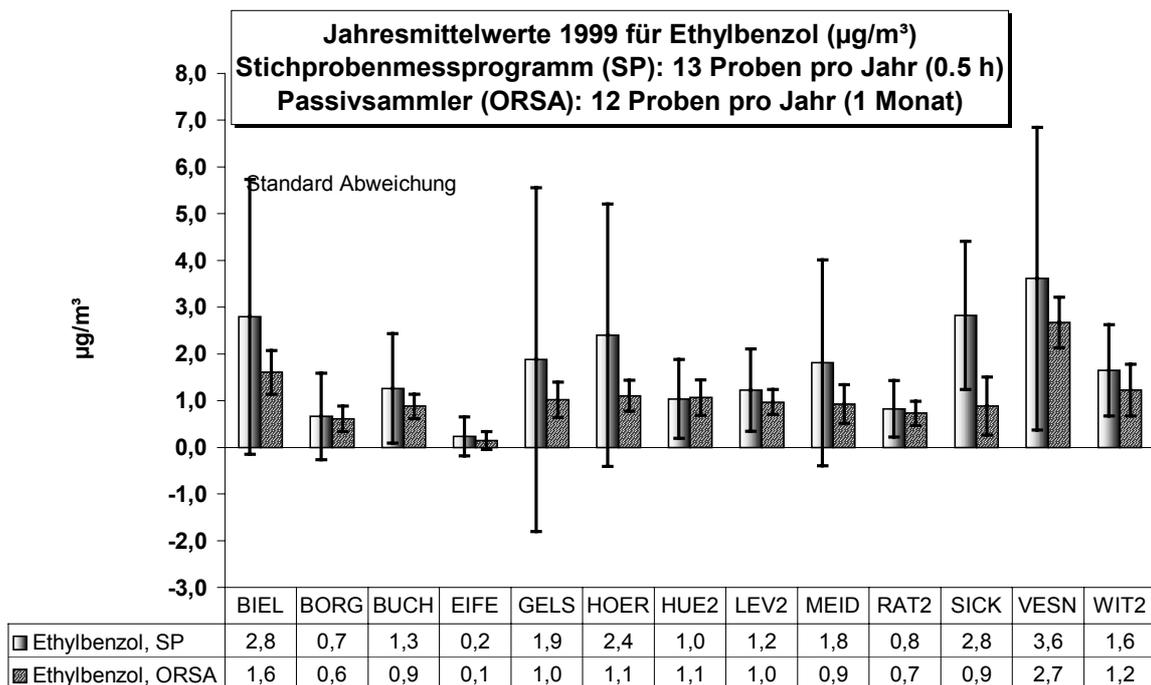
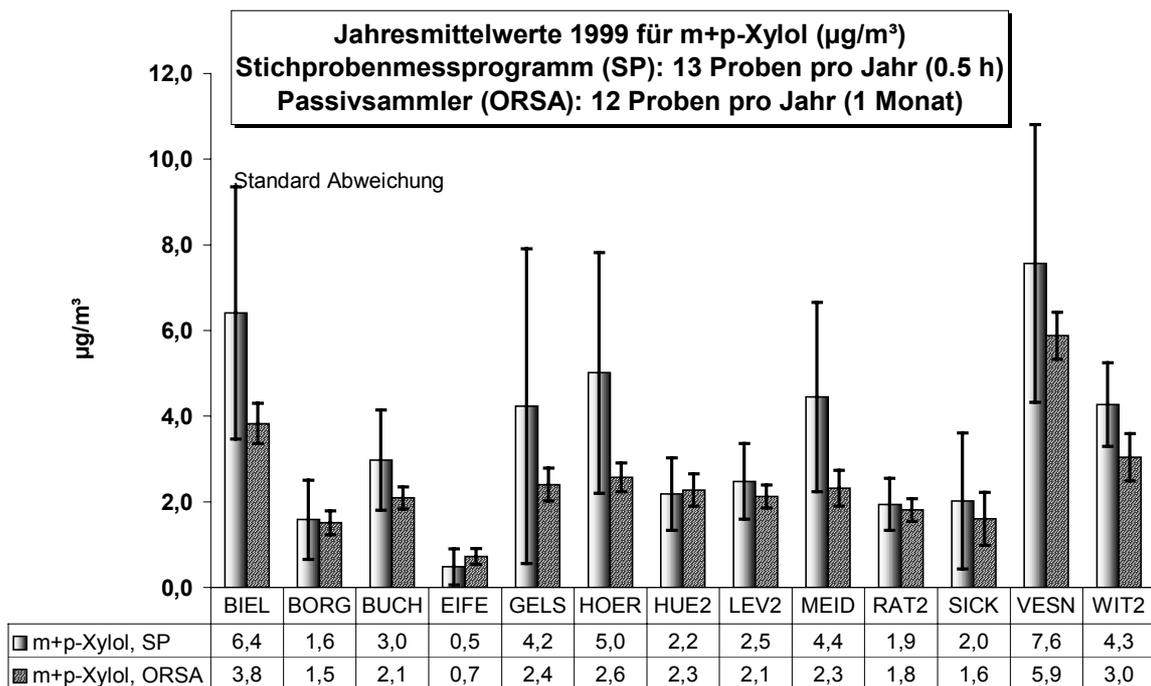
Die hier bisher gezeigten Daten spiegeln die Ergebnisse des Stichprobenmessprogramms wieder, das in Nordrhein-Westfalen nach den Vorgaben der TA Luft seit mehr als 10 Jahren durchgeführt wird. Es werden in der Regel 13 Proben mit einer 30-minütigen, manuellen, aktiven Probenahme pro Station und Jahr vermessen. An Stationen mit starker Variabilität der Konzentrationen z. B. Verkehrsstationen ist die Probenahmehäufigkeit meist höher (z. B. 1 bis 2 Proben pro Woche mit 24h-Probenahme).

Nach der neuen EU-Tochterraichtlinie für Benzol ist dieses Messprogramm insbesondere hinsichtlich der zeitlichen Repräsentanz nicht ausreichend. Eine Alternative bieten Passivsammler (ORSA). Die Passivsammler werden i. a. einen Monat exponiert. So werden 12 Monatswerte pro Jahr bestimmt.

1998 und 1999 wurden an 13 Stationen in NRW Vergleichsmessungen mit dem Stichprobenmessprogramm und den ORSA-Passivsammlern durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen im Berichtsjahr sind nachfolgend für die einzelnen Komponenten grafisch und tabellarisch dargestellt. Die Jahresmittelwerte aus dem Stichprobenmessprogramm basieren hierbei auf je 13 Proben/Jahr, die für 30 Minuten an Werktagen zwischen 8:00 Uhr und 18:00 Uhr gezogen wurden. Bei den ORSA-Proben wurde der Jahresmittelwert aus den 12 Monatswerten bestimmt.







Der Vergleich der Messergebnisse aus den beiden Messprogrammen zeigt, dass die Jahresmittelwerte, die mit den Passivsammlern bei einer zeitlichen Abdeckung des Messjahres von nahezu 100% bestimmt werden, geringer sind (ca. 20-30%) als die Jahresmittelwerte des Stichprobenmessprogramms. Dieser Befund lässt sich leicht erklären, denn die Stichproben wurden nur tagsüber an Werktagen genommen. Gerade in diesen Zeiträumen sind die Konzentrationen aber zumindest an städtischen Stationen, bei denen die BTX-Konzentrationen vor allem vom Verkehr herrühren, höher als nachts und an den Wochenenden.

Vor dem Hintergrund der hier kurz skizzierten Problematik und der Anforderungen der EU werden die Messprogramme für Kohlenwasserstoffe in den kommenden Jahren 2000 und 2001 umfassend modifiziert. Kernelemente der Änderungen sind:

- Beschränkung des Komponentenspektrums auf Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol (BTEX), d. h. u. a. Verzicht auf aliphatische, niedrigsiedende (siehe folgender Abschnitt) und chlorierte Kohlenwasserstoffe
- Implementierung eines neuen Messverfahrens mit aktiver Langzeitprobenahme (mehrere Tage) für Messorte mit erhöhtem Konzentrationsniveau (Verkehrsstationen, Sondermessstationen)
- Umstellung auf Passivsammler an Stationen mit mittlerem Konzentrationsniveau
- Einstellung der Kohlenwasserstoffmessungen an Orten mit sehr niedriger Belastung

In einem besonderen Messprogramm wurden an 15 ausgewählten Messorten besonders niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe (elf Einzelverbindungen im Bereich C₂ - C₅) untersucht (siehe Tabelle 3.10/5). Gemittelt im Rhein-Ruhr-Gebiet liegen die Werte zwischen 0,65 µg/m³ für 1-Buten und 7,10 µg/m³ für Ethan. Bei allen gemessenen Komponenten außer Ethan wurden die höchsten Jahresmittelwerte an der Station Düsseldorf Corneliusstr. gemessen. Damit wird deutlich, dass auch für diese Gruppe von Stoffen der Kfz-Verkehr eine maßgebliche Quelle darstellt. Die niedrigsten Belastungen finden sich erwartungsgemäß im ländlichen Bereich (Eifel).

Tabelle 3.10/5: Immissionen niedrigsiedender Kohlenwasserstoffen in NRW im Jahr 1999

Übersicht	Ethan	Ethen	Propan	Propen	i-Butan	Ethin	n-Butan	1-Buten	i-Buten	i-Pentan	n-Pentan
Anzahl der Messorte	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Einheit	µg/m ³										
Nachweisgrenze	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Kleinster Jahresmittelwert	2.81	1.09	1.73	0.67	0.58	0.59	1.08	0.21	0.72	0.87	0.46
50%-Wert	6.50	4.02	4.96	2.17	2.25	2.09	5.06	0.63	0.99	4.63	2.42
75%-Wert	8.02	5.16	6.29	2.92	2.90	3.03	5.45	0.81	1.39	5.43	2.90
90%-Wert	10.2	6.56	7.01	3.55	3.26	3.45	6.59	1.21	1.48	7.05	4.43
Größter Jahresmittelwert	12.8	13.7	7.47	6.90	5.46	7.55	13.1	1.76	2.84	16.0	7.83
Name der Station	Ethan	Ethen	Propan	Propen	i-Butan	Ethin	n-Butan	1-Buten	i-Buten	i-Pentan	n-Pentan
Dortmund-Mitte	7.26	3.72	7.30	1.65	1.98	2.09	3.38	0.57	0.97	4.54	2.30
Unna	4.34	2.73	2.85	1.28	1.23	1.95	2.46	0.35	0.83	2.97	1.81
Bottrop	10.7	3.91	6.11	1.80	2.47	2.18	5.21	0.65	0.98	4.98	2.61
Gelsenkirchen	12.8	4.39	6.57	2.11	2.93	3.06	5.39	0.90	1.36	6.78	2.58
Marl-Sickingmühle	6.96	3.47	4.47	2.50	1.73	1.85	3.55	1.38	1.21	2.74	1.62
Duisburg-Buchholz	6.50	5.25	6.07	2.70	2.86	3.00	5.93	0.71	1.20	5.10	2.41
Duisburg-Walsum	8.77	6.19	6.34	3.21	3.44	3.37	7.03	0.95	1.44	5.75	2.42
Düsseldorf-Lörick	5.67	5.07	4.96	2.50	2.54	2.31	5.06	0.63	1.42	4.15	2.24
Dormagen	5.37	3.16	4.20	1.49	1.79	1.73	4.07	0.36	0.85	3.40	2.24
Hürth	5.14	4.13	6.25	3.78	2.19	1.74	4.28	0.47	0.99	3.95	2.64
Leverkusen-Manfort	4.98	3.44	3.73	1.94	1.74	1.77	4.51	0.39	0.72	5.00	3.16
Wesseling	6.69	4.02	4.92	2.17	2.25	1.93	5.49	0.41	0.97	4.63	3.65
Rhein-Ruhr-Gebiet	7.10	4.12	5.31	2.26	2.26	2.25	4.70	0.65	1.08	4.50	2.47
Eifel	2.81	1.09	1.73	0.67	0.58	0.59	1.08	0.21	0.81	0.87	0.46
Sondermessstationen											
Düsseldorf/Corneliusstr.	9.45	13.7	7.47	6.90	5.46	7.55	13.1	1.76	2.84	16.0	7.83
Stolberg/Prym	6.22	6.80	3.77	3.13	2.98	3.51	5.42	0.67	1.51	7.23	4.95

Abbildung 3.10/4 zeigt in Form sogenannter Netzdiagramme die Relationen der verschiedenen Einzelkomponenten zueinander.

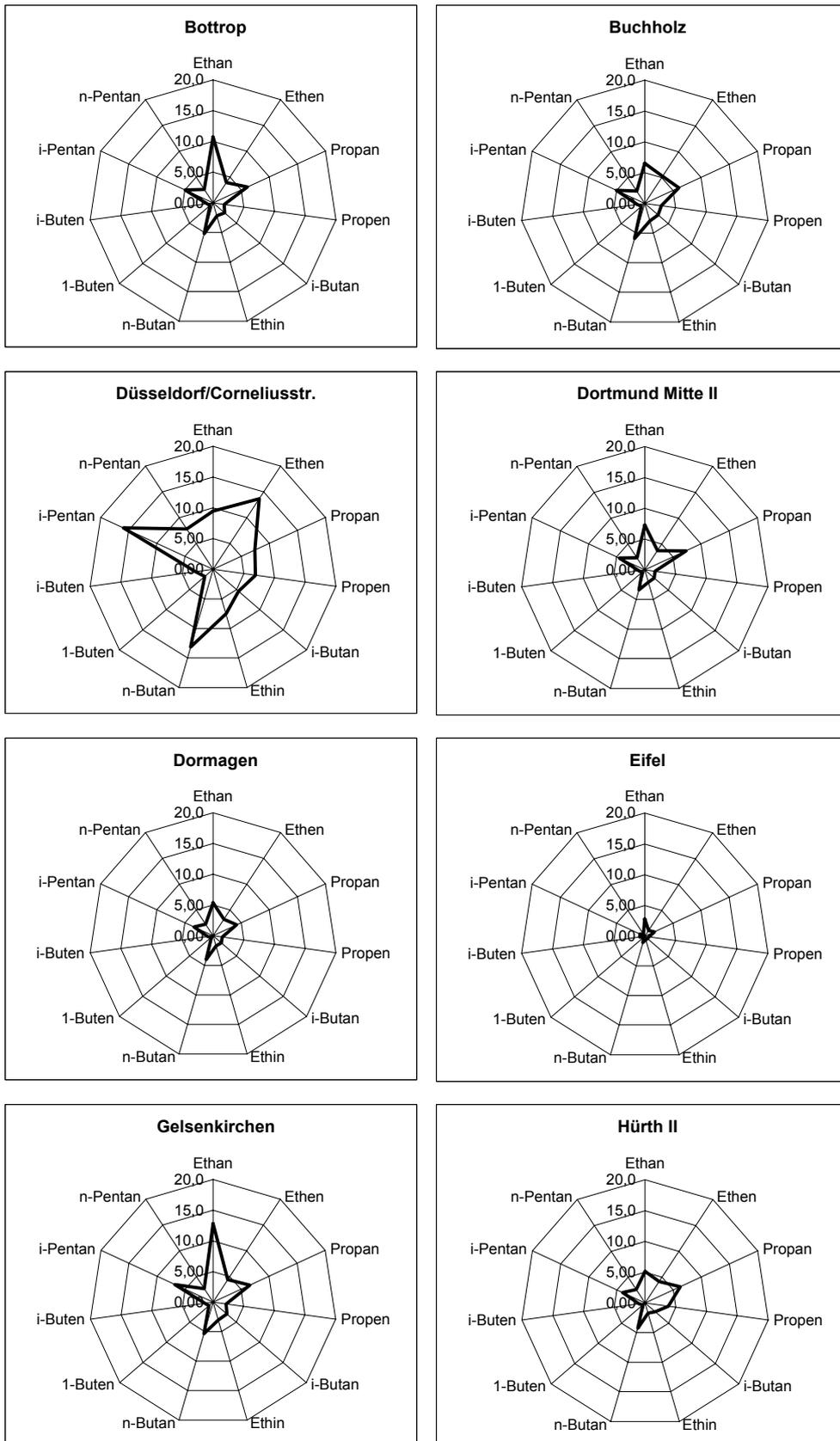


Abb. 3.10/4: Netzdiagramme der niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffe für verschiedene Standorte Teil 1.

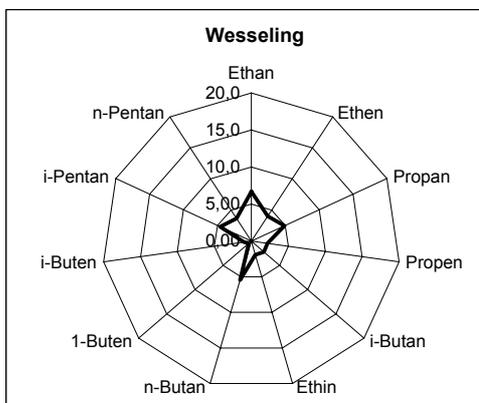
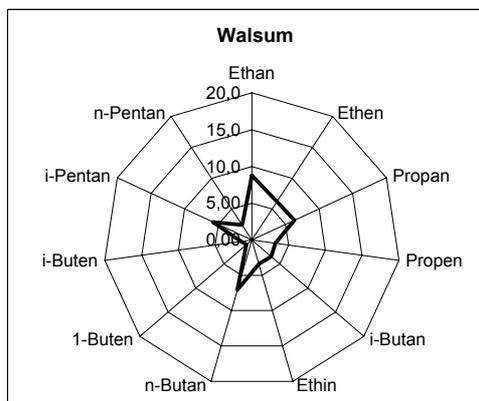
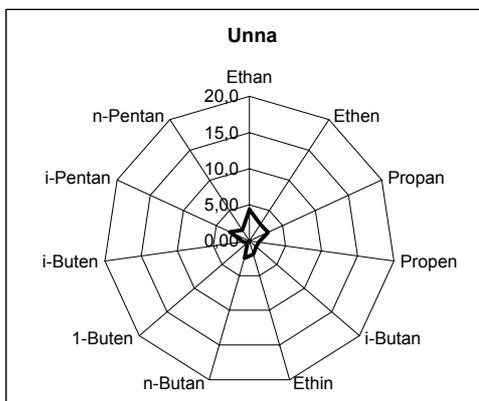
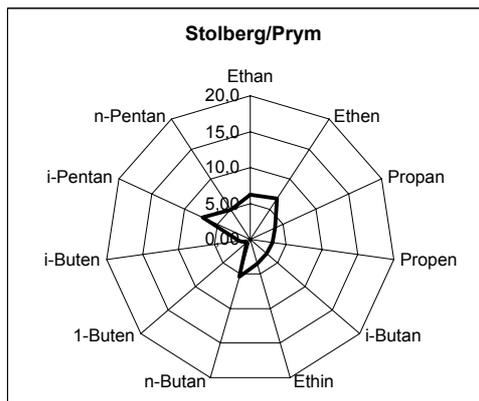
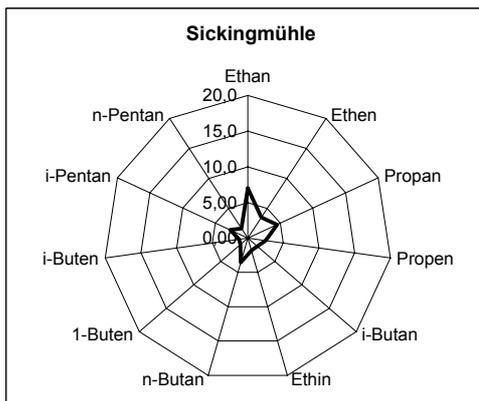
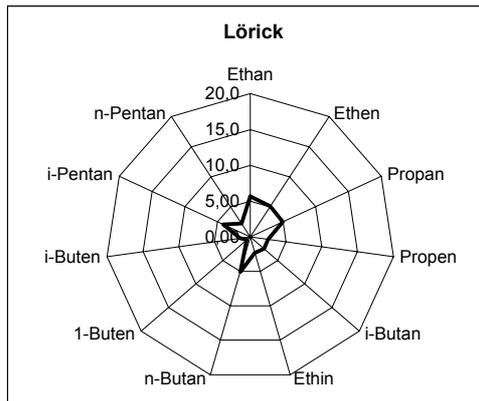
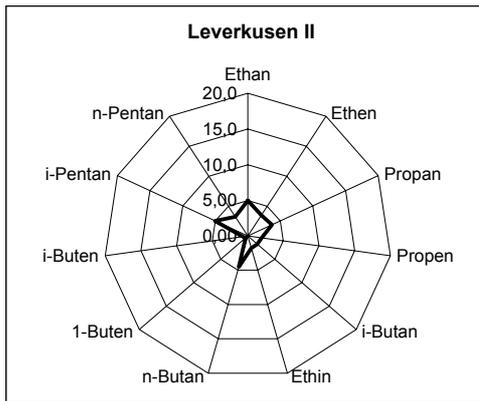
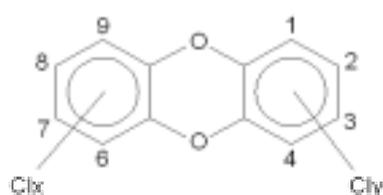


Abbildung 3.10/4: Netzdiagramme der niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffe für verschiedene Standorte Teil 2.

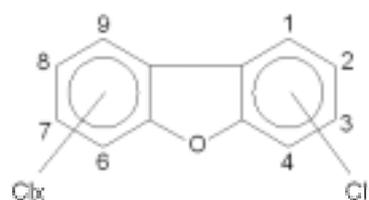
Die Verkehrsstation Düsseldorf Corneliusstr. zeigt ein typisches Muster, das sich in ähnlicher Form an vielen Stationen wiederfindet, wenn auch auf einem niedrigeren Konzentrationsniveau. Es ist gekennzeichnet durch im Vergleich zu anderen Stoffen erhöhte Konzentrationen an Ethen, n-Butan und i-Pentan. Damit wird deutlich, dass auch an städtischen Hintergrundstationen der Kfz-Verkehr einen bestimmenden Einfluss hat. Einzelne Stationen zeigen abweichende Besonderheiten. So finden sich etwa in Bottrop, Gelsenkirchen und Sickingmühle vergleichsweise erhöhte Ethanwerte, was auf zusätzliche Quellen hinweisen kann.

3.2.5 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF)

Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF) gehören zur Gruppe der aromatischen, chlorierten Kohlenwasserstoffe. Insgesamt gibt es 75 unterschiedliche polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und 135 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF).



Polychlorodibenzo-p-dioxine
(PCDD)



Polychlorodibenzofurane
(PCDF)

Anzahl der Chloratome	Anzahl der PCDD-Isomere	Anzahl der PCDF-Isomere
1	2	4
2	10	16
3	14	28
4	22	38
5	14	28
6	10	16
7	2	4
8	1	1
Kongenere	75	135

Einzelverbindungen mit gleicher Anzahl und Art der Halogensubstituenten werden unter dem Begriff der Homologen zusammengefasst. Die einzelnen Vertreter werden als Kongenere bezeichnet. Von den insgesamt 210 PCDD/PCDF sind 17 Kongenere, die in 2,3,7 und 8-Stellung Chloratome tragen, toxikologisch wichtig. Sie bilden sich in Gegenwart von Chlor bei praktisch allen Verbrennungsprozessen (z.B. Abfallverbrennung, Hausbrand, Autoverkehr, Waldbrände), bei anderen thermischen Prozessen (z.B. in der metallverarbeitenden Industrie) und bei bestimmten Produktionsverfahren der Chlorchemie (z.B. Chlorphenolproduktion).

TCDD (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxin) hat von den chlorierten Dioxinen die stärkste toxische Wirkung. Es kann eingeatmet, durch die Haut oder den Magen-Darmtrakt aufgenommen werden; es wirkt als Zellgift.

Die aus belasteter Umgebung über einen längeren Zeitraum aufgenommene Substanzmenge schädigt verschiedene Organsysteme, erzeugt schwere Hautentzündungen, erhöht das Risiko von Missbildungen und der Sterblichkeit der Leibesfrucht (Embryo-Toxizität). TCDD wird im Fettgewebe, der Leber und anderen Geweben gespeichert. Starke Anreicherung beobachtete man in der Kuh- und Muttermilch sowie in Wasserorganismen.

PCDD/PCDF-Konzentrationen in der Außenluft wurden 1999 an fünf Messstationen im Ballungsraum Ruhrgebiet gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.11/1 zusammengefasst.

Tabelle 3.11/1: Diskontinuierliche Messung der polychlorierten Dioxine und Furane (PCDD/PCDF) in der Außenluft : Jahresmittelwerte 1999 in fg/m³

	Essen-Vogelheim	Duisburg-Buchholz	Duisburg-Meiderich	Duisburg-Wanheim	Dortmund-Mitte	Blindwert
Summe TCDD	97	148	159	684	128	7,9
Summe PeCDD	124	131	169	416	179	14
Summe HxCDD	225	203	293	383	337	12
Summe HpCDD	407	371	506	474	402	24
OCDD	604	573	848	717	451	66
PCDD	1457	1425	1976	2673	1497	124
2,3,7,8-TCDD	1,3	1,2	1,4	2,4	1,1	0,15
1,2,3,7,8-PeCDD	4,6	4,5	6,1	9	5,3	< 0,42
1,2,3,4,7,8-HxCDD	6,5	6	7,9	9	7,7	0,34
1,2,3,6,7,8-HxCDD	13	13	19	22	16	0,44
1,2,3,7,8,9-HxCDD	12	10	13	15	12	0,3
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	177	163	217	208	166	11
Summe TCDF	625	770	883	2740	857	30
Summe PeCDF	315	378	443	1121	485	22
Summe HxCDF	247	246	333	636	337	19
Summe HpCDF	113	130	183	314	165	4,4
OCDF	48	86	114	213	96	8,2
PCDF	1348	1610	1956	5024	1939	83
2,3,7,8-TCDF	22	24	32	53	25	0,48
1,2,3,7,8/1,2,3,4,8-PeCDF	27	27	33	70	31	0,59
2,3,4,7,8-PeCDF	23	26	32	59	31	0,67
1,2,3,4,7,8/1,2,3,4,7,9-HxCDF	22	22	31	56	30	0,51
1,2,3,6,7,8-HxCDF	17	18	22	44	25	0,49
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,3	1,6	2	4,4	2,4	0,22
2,3,4,6,7,8-HxCDF	20	23	31	69	28	1,2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	66	78	107	184	101	2,1
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	5,4	8,8	13,3	24	8,5	0,58
PCDD + PCDF	2805	3035	3932	7697	3436	207
TE BGA excl. NWG	36	39	50	105	47	1,9
TE NATO/CCMS excl. NWG	31	33	42	72	39	1,1
TE BGA 1/2 NWG	36	39	50	105	47	1,9
TE NATO/CCMS 1/2 NWG	31	33	42	72	39	1,2
TE BGA incl. NWG	36	39	50	105	47	1,9
TE NATO/CCMS incl. NWG	31	33	42	72	39	1,3

Erläuterung zur Tabelle:

TE-BGA = Toxizitätsäquivalent Bundesgesundheitsamt

TE-NATO/CCMS = Internationale Toxizitätsäquivalente

(siehe auch Kapitel 2)

Die Untersuchungen in Duisburg-Wanheim waren emittentenbezogen angelegt. Die Messungen in Duisburg-Wanheim erfolgten in direkter Nachbarschaft (Entfernung < 500 m) zu Metallrecycling Anlagen.

Der vom LAI diskutierte Richtwert von 150 fg I-TE/m³ wird an allen Messstationen deutlich unterschritten. Die 2,3,7,8-TCDD Konzentrationen liegen 1999 bei 1,1 bis 2,4 fg/m³. Damit wird der Richtwert des LAI von 16 fg I-TE/m³ weit unterschritten.

Zur Neubewertung der Toxizität von Dioxinen und Furanen unter Einbeziehung dioxinartiger polychlorierter Biphenyle (PCB) nach einem Vorschlag der WHO siehe nächstes Kapitel.

3.2.6 Polychlorierte Biphenyle

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind eine Substanzgruppe von insgesamt 209 Einzelverbindungen. Wegen ihrer technischen Eigenschaften wurden sie als flammfeste, dielektrische Isolierflüssigkeiten in Hochspannungs-Transformatoren und Kondensatoren, als Hydrauliköle im Bergbau, in Weichmachern und Spezialklebstoffen sowie als Hochdruck-Schmiermittel-Additiv eingesetzt. Bis heute wurden rund 1,2 Mio. t PCB hergestellt. Seit 1986 dürfen PCB in der Bundesrepublik nicht mehr eingesetzt werden. Bei der unvollständigen Verbrennung von PCB können Dioxine und Furane entstehen.

PCB sind in allen Umweltkompartimenten nachweisbar. Sie werden durch Organismen und die Strömung von Luft und Wasser gelöst und in der Gasphase sowie an Partikel gebunden global verteilt. Besonders die hochchlorierten PCB's werden in der Nahrungskette angereichert, die Bioakkumulation erfolgt im Leber-, Muskel- und Fettgewebe der Organismen. PCB's werden über die Atmung, durch Hautkontakt oder durch den Mund aufgenommen. Sie greifen massiv die Leber und das Enzymsystem an.

Polychlorierte Biphenyle wurden 1999 parallel zu den Dioxinen und Furanen an fünf Messstationen im Ruhrgebiet gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.12/1 aufgelistet. Die Jahresmittelwerte der PCB lagen 1999 zwischen 0,59 und 1,48 ng/m³ (Summe der Tri- bis Decachlorbiphenyle).

Tabelle 3.12/1: Diskontinuierliche Messung der polychlorierten Biphenyle (PCB) in der Aussenluft : Jahresmittelwerte 1999 in pg/m³

	Essen-Vogelheim	Duisburg-Buchholz	Duisburg-Meiderich	Duisburg-Wanheim	Dortmund-Mitte	Blindwert
Trichlorbiphenyle	366	552	295	204	450	3
Tetrachlorbiphenyle	259	601	179	150	253	4,1
Pentachlorbiphenyle	121	193	153	114	137	5,6
Hexachlorbiphenyle	79	94	137	82	91	6,5
Heptachlorbiphenyle	32	35	54	33	41	3,3
Oktachlorbiphenyle	3,1	2,9	4,1	2,9	3,9	0,28
Nonachlorbiphenyle	0,13	0,1	0,14	0,18	0,17	n.n.
Decachlorbiphenyl	0,14	0,1	0,1	0,12	0,12	< 0,07
SUMME Tri- bis Decachlorbiphenyle	859	1479	822	587	976	23
Nr.¹⁾						
2,4,4'-Trichlorbiphenyl 28	69	148	52	37	90	0,68
2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl 52	73	213	59	55	90	1,6
2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl 101	35	63	50	39	47	2,7
2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl 153	23	31	40	26	29	2,3
2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl 138	25	32	43	28	33	2,7
2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl 180	7,2	8	12	7,3	9,5	0,76
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl 77	1,5	2,6	1,3	1,2	2,1	0,039
3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl 126	0,29	0,28	0,47	0,36	0,29	< 0,069
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl 169	< 0,12	< 0,05	0,03	0,026	< 0,14	< 0,027

¹⁾ Ballschmitter Nr. des Kongeners

Wie in Kapitel 2 bereits erwähnt, gibt es zur Beurteilung der PCB in der Außenluft keinen Richt- oder Grenzwert.

In den Jahren 1997 und 1998 hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Vorschläge zur Neubewertung der Toxizität von Dioxinen und Furanen unter Einbeziehung von 12 Kongeneren von polychlorierten Biphenylen (PCB) mit dioxinähnlicher Wirkung (4 non-ortho und 8 mono-ortho PCB) unterbreitet. Bezüglich einer Übernahme der Neubewertung in die nationalen und internationalen Regelwerke stehen die Entscheidungen noch aus. In der nachfolgenden Abbildung 3.12/1 sind für fünf verschiedene Standorte die Toxizitäten ohne Einbeziehung der PCB nach den bisherigen Bewertungsmaßstäben (TE NATO/CCMS) und unter Einbeziehung der PCB nach WHO (TE WHO: Dioxine, Furane und PCB 77, 126, 169) dargestellt. Um den Beitrag der Dioxine/Furane und der PCB abschätzen zu können, sind für die Toxizitätsäquivalente auch getrennt dargestellt.

Bisher werden im Zuge der Außenluftmessungen nur drei non-ortho PCB Nr. 77, 126 und 169 gemessen. Der Beitrag der Toxizitätsäquivalente der drei genannten non-ortho PCB zu einem Toxizitätsäquivalent nach WHO liegt, wie Abb. 3.12/1 zeigt, in der gleichen Größenordnung wie der Beitrag der PCDD/PCDF. Das Kongener Nr. 126 liefert hierbei mit Abstand den größten Beitrag..

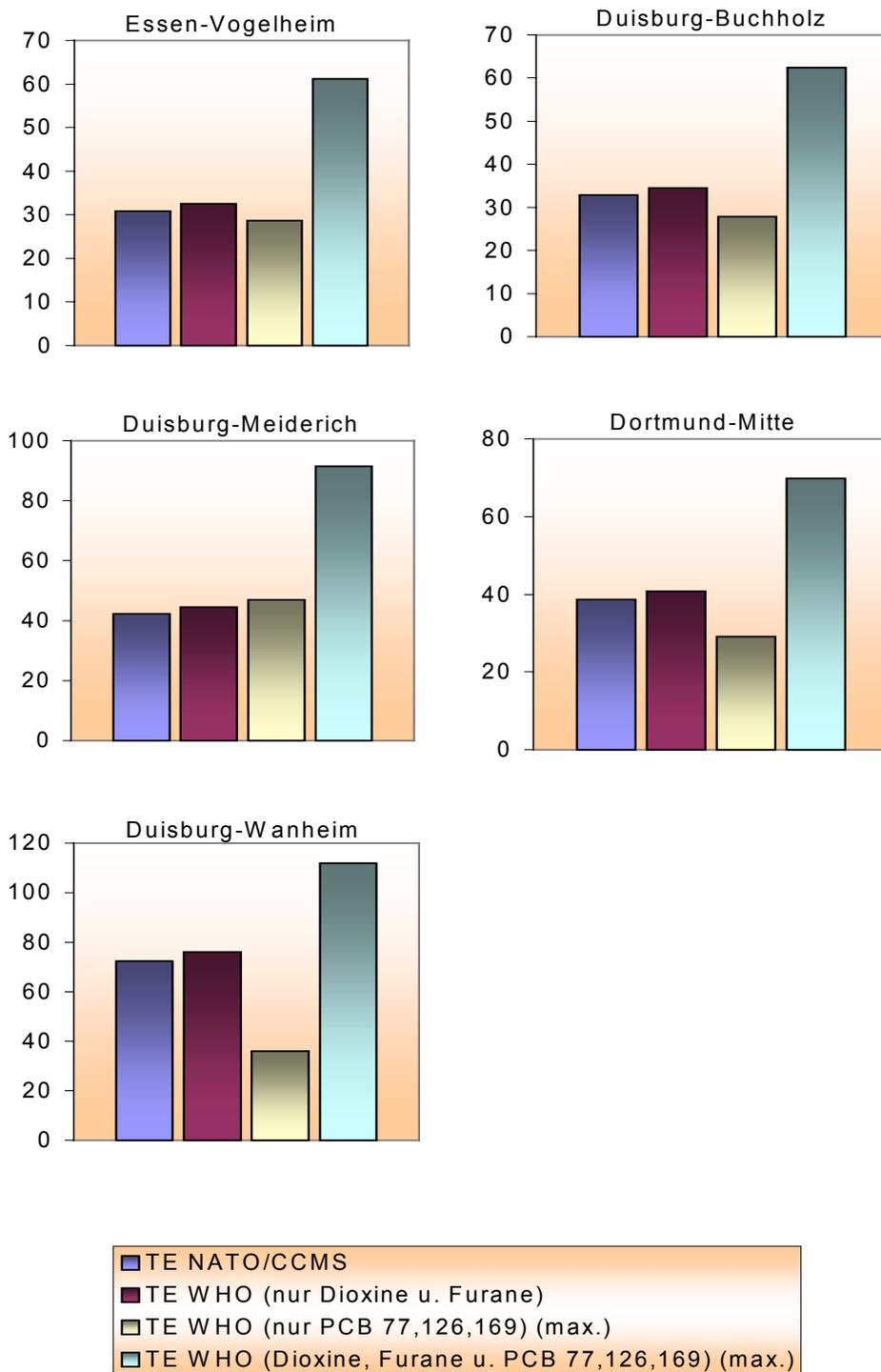


Abb. 3.12/1: Dioxine, Furane und PCB in der Außenluft. Jahresmittelwerte in fg/m³. Neubewertung der Toxizität von Dioxinen und Furanen unter Einbeziehung dioxinartiger polychlorierter Biphenyle (PCB). Beitrag der non-ortho PCB Nr. 77, 126 und 169 zum Toxizitätsäquivalent nach WHO.

4. Vergleichende Bewertung

Während in den vorangegangenen Kapiteln die Messergebnisse für das Jahr 1999 vorgestellt wurden, befassen sich die nun folgenden Kapitel mit dem Vergleich der Daten 1999 mit Ergebnissen aus den Vorjahren. Es werden insbesondere die Jahresgänge ausgewählter Komponenten (Kapitel 4.2) und die Entwicklung verschiedener Jahreskenngößen betrachtet (Kapitel 4.3). Da ein solcher Vergleich nur vor dem Hintergrund der meteorologischen Situation im Berichtsjahr stattfinden kann, beginnen die „vergleichenden Studien“ mit der Beschreibung der Meteorologie.

4.1 Meteorologie

Die Auswertung der meteorologischen Erhebungen erfolgt für die Stationen Wesel, Duisburg-Walsum, Unna, Rothaargebirge, Köln-Rodenkirchen, Niederaden, Langenfeld, Essen-Vogelheim, Eifel, Eggegebirge und Bottrop. Die Beurteilung über besondere meteorologische Ereignisse wird anhand der über die Jahre 1989 bis 1998 gemittelten Daten durchgeführt. Dies entspricht zwar nicht der Konvention, dass Klimawerte über 30 Jahre zu mitteln sind (sog. climatological normals, „CLINO“), bietet jedoch den Vorteil, die Auswertung des Jahres 1999 stationsgenau vorzunehmen. Üblicherweise liegen Daten an den o. a. Stationen für den Zeitraum der CLINO nicht vor.

Die Zufuhr überwiegend sehr milder, feuchter Luftmassen sorgte für ungewöhnlich milde Temperaturen im **Januar** 1999. Lediglich zeitweise verblieb NRW im Zustrom kalter Meeresluft, wobei sich auch teilweise Inversionen bildeten, in denen sich bei windschwachen Lagen Schadstoffe bodennah ansammeln können. Infolge des raschen Wechsels von Hoch- und Tiefdruck fiel häufig Niederschlag. Das Niederschlagsoll wurde daher erfüllt bis deutlich überschritten. Insgesamt war der Januar 1999 an den LUQS-Stationen im Vergleich zum 10-Jahresmittel 2°C zu warm. Die Werte der Strahlungsbilanz lagen zum Teil deutlich unter den langjährigen Mittelwerten (siehe jeweils auch im folgenden dazu Abbildungen 4.1 - 4.3 sowie Tabellen 4.1 - 4.4).

Die warme Witterung herrschte auch in der ersten Woche des **Februars**. Ab der 2. Woche gelangte NRW in den Zustrom kalter Meeresluft, verbunden mit länger andauerndem Schneefall. Hochdruckeinfluss sorgte in den Folgetagen für klares, winterlich kaltes Wetter, bevor zur Monatsmitte ein Tiefdruckgebiet mit den dazugehörigen Fronten für eine deutliche Milderung sorgte.

Danach brachten rasche Wechsel von Tief- und Hochdruckgebieten sowie ein Sturmtief über Island hohe Windgeschwindigkeiten und wiederholt Niederschlag nach NRW und sorgten damit für ein austauschreiches Wetter. Zum Monatsende wurde nur noch in den Hochlagen Frosttage ermittelt.

Der Februar 99 war im Vergleich zum 10-Jahresmittel deutlich kühler mit Anomalien von -1°C bis -2°C. Die Strahlungsbilanz weist zum Teil deutlich niedrigere Werte auf. Im raschen Wechsel von Warm- und Kaltfronten in der überwiegend lebhaften Strömung fiel überdurchschnittlich viel Niederschlag. Im Bergland fielen 160 - 200% des Niederschlagsolls. Durch die Witterungsverhältnisse im Februar sollten die Belastungen durch Luftverunreinigungen vergleichsweise gering sein.

Tabelle 4.1: Temperatur in NRW im Jahr 1999 im Vergleich zum 10-Jahresmittel 1989-98

		Bottrop	Duisburg-Walsum	EGgegebirge	Eifel	Essen-Vogelheim	Köln-Rodenkirchen	Langenfeld	Lünen-Niederaden	Rothaargebirge	Unna	Wesel
		BOTT	WALS	EGGE	EIFE	EVOG	RODE	LANG	NIED	ROTH	UNNA	WESE
Januar	1999	5,9	5,8	2,5	2,3	5,7	5,7	5,3	5,3	1,4	6,1	5,1
	89-98	3,7	3,6	0,1	1,0	3,7	3,9	3,5	3,2	-0,6	3,2	3,1
Februar	1999	3,4	3,5	-0,6	-0,4	3,3	3,6	3,4	2,8	-1,4	3,5	2,8
	89-98	4,5	4,5	0,9	1,5	4,6	4,6	4,4	4,0	0,4	4,1	4,0
März	1999	8,1	8,2	4,6	4,7	*)	8,3	8,1	7,6	3,7	8,2	7,3
	89-98	7,7	7,7	3,9	4,1	7,8	7,8	7,5	7,1	3,1	7,2	7,1
April	1999	11,1	11,2	7,8	7,1	*)	10,9	10,6	10,3	6,7	10,7	10,5
	89-98	9,8	9,8	6,5	6,0	9,9	9,9	9,5	9,3	5,7	9,3	9,2
Mai	1999	15,4	15,6	11,5	12,4	15,3	15,6	15,3	13,7	11,7	15,1	14,4
	89-98	14,6	14,6	11,3	10,9	14,6	14,4	14,2	14,0	10,7	14,0	13,9
Juni	1999	17,0	17,1	14,3	13,2	17,2	16,4	16,2	16,2	12,8	16,5	15,8
	89-98	16,8	16,8	13,5	13,1	16,7	16,9	16,3	16,4	13,1	16,4	16,1
Juli	1999	20,9	21,0	17,6	17,2	20,9	20,6	20,4	20,3	16,8	20,5	20,0
	89-98	19,6	19,5	16,0	15,8	19,5	19,5	19,0	18,9	15,4	19,0	18,8
August	1999	18,6	18,9	15,7	15,9	18,6	18,8	18,5	18,2	15,5	18,3	18,1
	89-98	19,3	19,3	16,3	15,9	19,4	19,3	18,9	18,8	15,5	19,1	18,7
September	1999	19,1	19,3	16,7	15,9	19,0	18,7	18,6	18,6	15,9	19,0	18,5
	89-98	14,8	14,8	11,7	11,5	14,8	14,9	14,4	14,3	10,9	14,4	14,3
Oktober	1999	11,2	11,2	7,8	8,2	11,0	11,1	10,9	10,6	7,5	10,7	10,7
	89-98	11,0	11,0	7,9	8,0	11,0	11,2	10,7	10,6	7,1	10,7	10,5
November	1999	6,4	6,3	3,2	2,9	6,9	6,2	5,8	5,8	2,2	6,5	6,2
	89-98	6,4	6,3	2,8	3,6	6,4	6,4	6,2	5,9	2,1	6,0	5,8
Dezember	1999	4,9	4,8	1,1	1,2	4,8	5,0	4,6	4,5	0,6	4,7	4,5
	89-98	4,0	4,0	0,3	1,1	4,0	4,1	3,7	3,5	-0,4	3,5	3,4
Gesamtjahr	1999	11,9	11,9	8,4	8,5	12,2 ^{*)}	11,8	11,5	11,2	7,8	11,7	11,0
	89-98	11,0	11,0	7,6	7,7	11,0	11,1	10,7	10,5	6,8	10,6	10,4

*) fehlende Messdaten im März und April

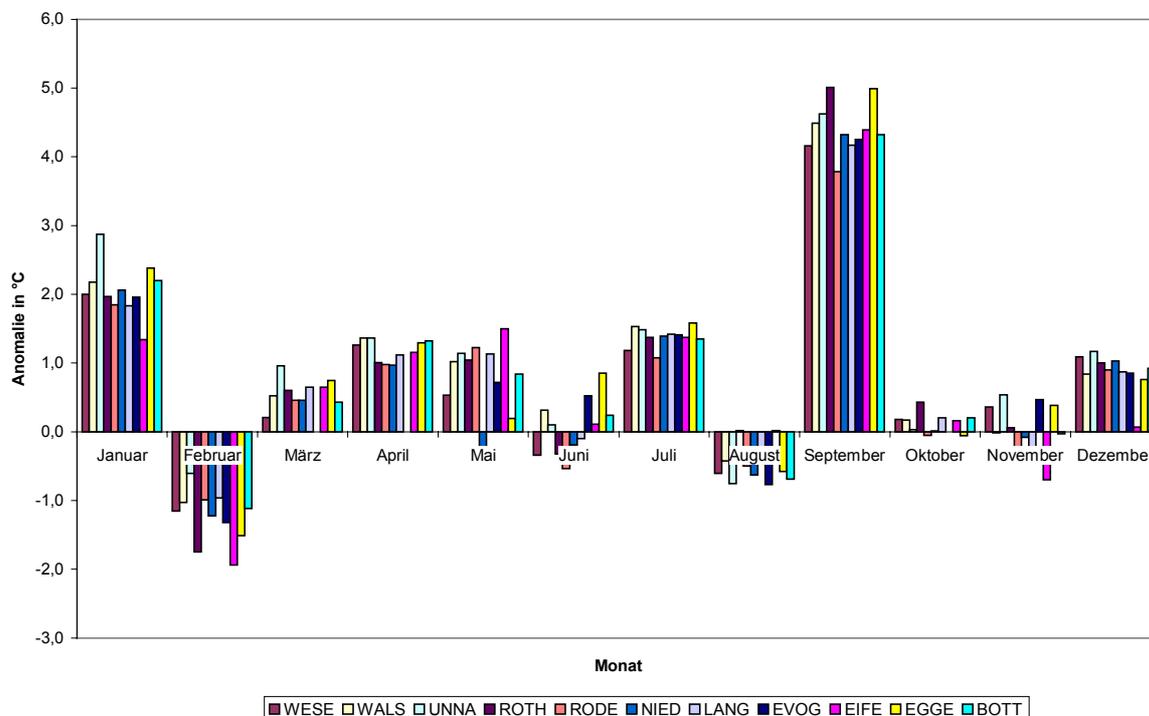


Abb. 4.1: Monatsmitteltemperaturen als Anomalien vom 10-Jahresmittel.

Tabelle 4.2: Niederschlag in NRW im Jahr 1999 im Vergleich zum 10-Jahresmittel 1989-98

		Bottrop	Duisburg-Walsum	EGgegebirge	Eifel	Essen-Vogelheim	Köln-Rodenkirchen	Langenfeld	Lünen-Niederaden	Rothaargebirge	Unna	Wesel
		BOTT	WALS	EGGE	EIFE	EVOG	RODE	LANG	NIED	ROTH	UNNA	WESE
Januar	1999	93,5	90,7	94,5	123,3	93,5	82,5	87,0	69,3	122,7	62,2	75,9
	89-98	57,3	54,2	92,5	81,4	53,6	42,1	51,5	54,1	96,1	48,3	46,6
Februar	1999	59,8	54,7	109,3	126,6	55,4	58,6	54,2	59,2	163,3	58,3	50,2
	89-98	51,3	50,5	67,7	70,1	49,5	39,1	45,2	42,6	79,5	38,9	43,7
März	1999	92,6	86,0	101,8	89,1	*)	49,0	79,5	62,5	116,3	59,0	68,0
	89-98	55,4	47,7	85,4	77,8	48,9	41,3	49,4	49,6	93,0	44,7	44,7
April	1999	53,5	53,0	102,8	106,9	*)	64,5	68,8	63,5	111,5	61,7	38,7
	89-98	51,5	48,3	69,4	75,9	47,4	48,1	53,2	37,9	69,6	35,6	43,4
Mai	1999	80,1	60,8	76,2	64,8	75,7	46,8	37,4	55,8	45,6	58,5	49,0
	89-98	44,7	42,7	53,3	55,9	48,0	47,6	46,6	42,5	67,4	41,3	42,1
Juni	1999	70,8	38,5	72,1	56,1	56,3	66,8	80,2	55,7	63,3	51,4	50,3
	89-98	76,6	67,6	75,8	88,8	74,6	79,3	91,1	70,3	81,3	69,7	68,2
Juli	1999	42,1	30,8	64,4	54,3	41,5	38,5	39,2	45,4	95,1	66,8	63,4
	89-98	56,5	49,1	89,3	78,9	56,3	67,8	61,8	63,7	101,2	62,7	43,7
August	1999	88,9	67,7	119,4	56,9	98,4	90,8	79,6	85,0	113,0	75,7	66,1
	89-98	67,5	76,4	77,9	78,9	66,6	58,0	61,3	65,5	81,8	61,8	45,3
September	1999	36,3	38,9	67,9	54,1	33,4	57,9	73,6	71,3	69,6	40,7	30,2
	89-98	68,8	76,1	104,6	83,6	68,6	70,5	68,5	63,9	102,6	63,9	66,8
Oktober	1999	62,4	50,1	88,4	64,4	51,4	39,5	47,3	38,5	84,8	44,8	45,6
	89-98	70,8	64,7	115,7	89,7	68,1	66,1	74,1	66,4	123,6	62,3	62,2
November	1999	46,2	48,1	87,7	76,8	44,9	35,0	45,0	40,0	70,7	35,7	36,0
	89-98	64,2	61,7	111,2	83,3	58,2	54,2	58,2	59,8	109,5	56,2	58,7
Dezember	1999	147,7	141,6	177,4	167,8	137,0	81,3	115,5	109,4	230,8	101,8	115,8
	89-98	81,6	79,4	112,1	109,5	74,0	67,0	77,2	68,7	130,2	59,7	68,1
Gesamtjahr	1999	874,0	760,9	1161,9	1041,2	732,1 ^{*)}	711,1	807,2	755,5	1268,6	716,6	689,1
	89-98	746,0	718,2	1055,0	973,6	714,0	681,2	738,0	684,7	1128,0	645,2	643,5

*) fehlende Messdaten im März und April

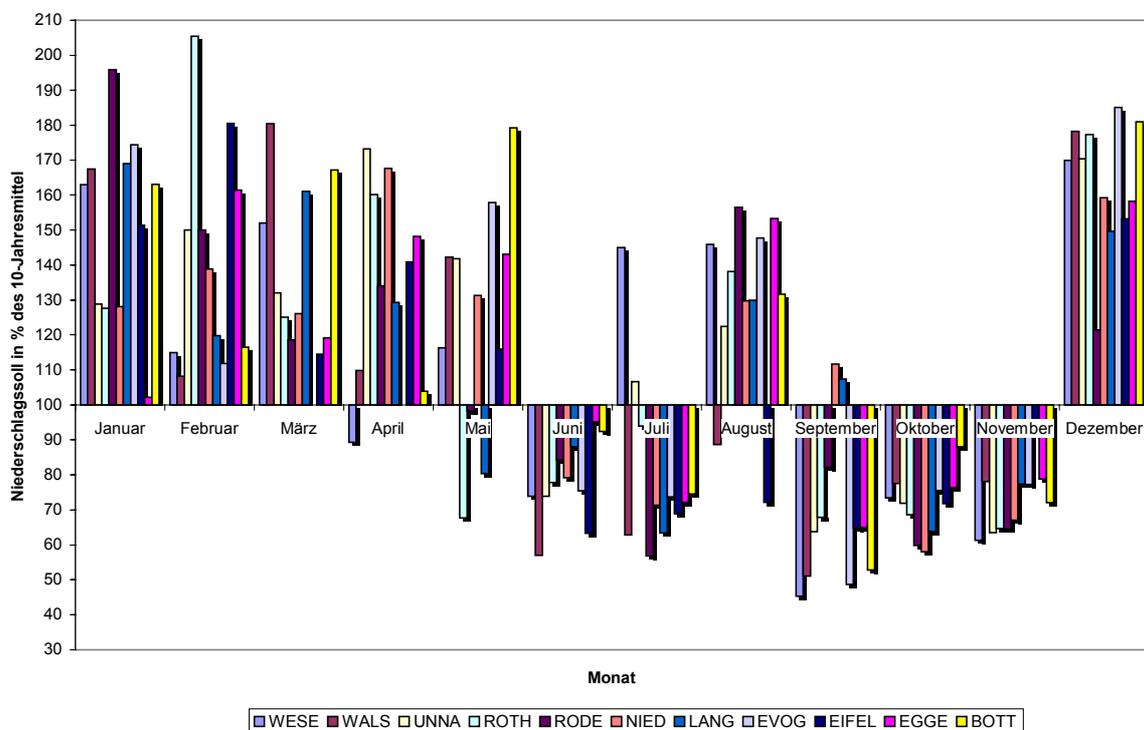


Abb. 4.2: Abweichungen in % des Monatsniederschlags vom Niederschlagsoll des langjährigen Mittels.

Tabelle 4.3: Strahlungsbilanz in NRW im Jahr 1999 im Vergleich zum 10-Jahresmittel 1989-98

		Bottrop	Duisburg-Walsum	EGgegebirge	Eifel	Essen-Vogelheim	Köln-Rodenkirchen	Langenfeld	Lünen-Niederaden	Unna	Wesel
		BOTT	WALS	EGGE	EIFE	EVOG	RODE	LANG	NIED	UNNA	WESE
Januar	1999	14,2	15,8	7,6	10,2	14,0	16,4	16,4	15,7	14,3	15,2
	89-98	15,9	16,5	12,3	13,5	16,1	16,1	16,5	16,3	17,6	16,0
Februar	1999	20,3	26,6	6,3	11,2	21,5	28,4	25,2	24,9	24,6	25,9
	89-98	27,9	27,8	22,9	25,9	27,8	28,7	28,3	27,6	29,1	28,2
März	1999	57,6	57,3	52,1	59,6	*)	59,6	60,4	57,6	60,6	56,4
	89-98	58,9	58,5	50,0	56,3	59,1	58,6	57,8	57,4	57,7	60,1
April	1999	85,4	88,2	81,2	76,7	*)	92,8	92,5	82,9	95,3	97,9
	89-98	84,0	85,9	83,4	87,1	84,2	82,8	83,6	83,5	86,3	85,1
Mai	1999	129,7	125,8	127,5	111,5	104,4	124,1	125,4	105,6	133,7	121,1
	89-98	118,6	121,9	121,1	122,2	118,4	117,0	118,7	120,1	121,6	123,7
Juni	1999	127,1	126,4	129,4	118,3	119,3	126,3	100,1	120,3	134,6	91,4
	89-98	112,0	116,2	117,0	116,2	113,9	115,5	112,6	112,8	116,6	119,6
Juli	1999	139,5	133,8	133,6	124,5	140,4	132,5	130,2	130,7	145,5	148,3
	89-98	119,6	121,5	117,9	121,5	118,9	122,6	116,5	117,6	120,3	125,2
August	1999	99,0	95,2	97,4	97,1	97,2	103,9	99,8	93,2	103,7	106,0
	89-98	104,4	106,1	102,6	108,6	103,6	105,6	102,4	101,8	105,7	108,7
September	1999	78,6	69,8	78,1	74,8	74,4	75,8	74,8	73,8	83,6	68,4
	89-98	62,2	62,8	59,4	65,3	61,1	62,9	61,2	61,7	63,2	64,8
Oktober	1999	43,6	40,7	35,1	41,3	34,9	42,9	43,0	39,0	44,8	45,5
	89-98	42,1	42,8	36,5	38,3	40,1	39,2	40,5	40,8	42,6	42,6
November	1999	19,6	20,7	16,3	13,9	15,9	21,9	23,1	19,9	19,5	18,6
	89-98	18,6	20,2	14,6	16,1	17,2	20,0	19,6	19,5	20,4	19,9
Dezember	1999	11,3	12,8	6,4	9,0	11,6	12,8	13,5	13,9	11,5	13,8
	89-98	11,2	11,8	8,4	8,4	11,0	12,1	12,0	12,4	12,7	11,4
Gesamtjahr	1999	825,7	813,2	771,1	748,1	636,6 ^{*)}	837,3	804,4	777,7	871,8	808,5
	89-98	775,3	801,8	746,1	779,4	765,5	781,0	769,7	771,3	793,9	799,4

*) fehlende Messdaten im März und April

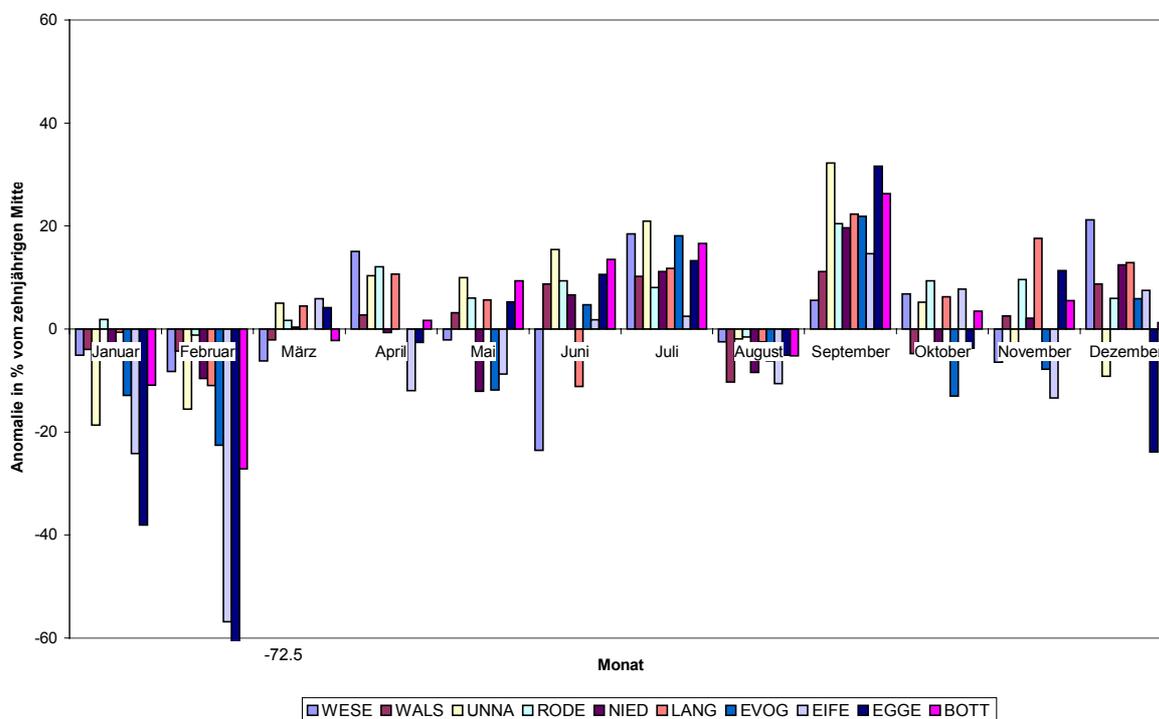


Abb. 4.3: Abweichungen der monatlichen Strahlungsbilanz vom zehnjährigen Mittel.

Tabelle 4.4: Temperaturstatistik in NRW im Jahr 1999 im Vergleich zum 10-Jahresmittel 1989-98

		Bottrop	Duisburg-Walsum	Eggegebirge	Eifel	Essen-Vogelheim	Köln-Rodenkirchen	Langenfeld	Lünen-Niederaden	Rothaargebirge	Unna	Wesel
		BOTT	WALS	EGGE	EIFE	EVOG	RODE	LANG	NIED	ROTH	UNNA	WESE
Eistage	1999	1	1	26	25	1	0	2	1	34	2	3
	89-98	6	6	30	22	6	5	5	8	35	9	8
Frosttage	1999	35	32	77	74	28	35	32	36	92	33	37
	89-98	46	46	89	80	40	45	45	52	106	51	50
Sommertage	1999	60	54	22	17	55	56	56	50	8	58	43
	89-98	43	42	15	13	42	45	41	40	9	40	35
heiße Tage	1999	19	15	1	0	16	17	19	12	0	15	12
	89-98	11	11	2	1	11	12	11	11	0	10	8

Das Wettergeschehen im **März** 1999 war zunächst von einer raschen Folge von Tiefausläufern geprägt, die NRW von Westen überquerten. Der Zustrom warmer Luftmassen wurde dabei verstärkt, verbunden mit anhaltenden, ergiebigen Niederschlägen. Mit Verlagerung des Tiefdruckzentrums setzte kühles, wolkenreiches und wechselhaftes Wetter ein. Zur Monatsmitte gelangte NRW unter Hochdruckeinfluss mit ruhigem Wetter, später mit vorfrühlingshaften Temperaturen. Mit Durchzug von Schlechtwettergebieten gab es danach kühles, wechselhaftes Wetter. Erst am Monatsende lag NRW im Bereich einer Hochdruckzone, wobei mit südlichen Winden trockene und zunehmend wärmere Luft herangeführt wurde.

Die Temperaturen im März 1999 lagen leicht über dem Durchschnitt des zehnjährigen Mittels. Die Strahlungsbilanz war durchschnittlich. Bzgl. des Niederschlags war der März zu nass. Das Niederschlagssoll wurde mit 120 - 180% übertroffen. Durch den häufigen Durchzug von Fronten waren die meteorologischen Einflüsse auf die Luftschadstoffbelastung durchschnittlich.

Das Wettergeschehen im **April** 1999 war gekennzeichnet von häufigen Wechseln von Tiefdruckgebieten und kurzem Zwischenhocheinfluss. Demzufolge herrschten Verhältnisse mit überwiegend lebhaftem Wind sowie häufigen Niederschlägen. Die Werte der Luftverunreinigungen sollten daher vergleichsweise niedrig sein.

Der **Mai** 1999 begann mit ruhigem Hochdruckwetter mit zwischenzeitlich kurzen Störungen mit Regenschauern. Auf der Rückseite dieser Störungen wurden mild-feuchte Luftmassen herangeführt. Zur Monatmitte verlagerte sich ein Tief über den Britischen Inseln mit seinen Fronten über NRW, in dessen Folge zunächst milde, nach Durchzug der dazugehörigen Kaltfront später kühlere Luftmassen folgten. Steigender Hochdruckeinfluss ab der Monatsmitte mit einer bodennah östlichen Strömung ließ die Temperaturen wieder ansteigen. In der warmen Kontinentalluft bildeten sich unter Einfluss eines Tiefausläufers über der Biskaya schwere Gewitter, die westwärts über NRW zogen. Heftige Regenfälle mit Hagel waren die Folge.

Die warme zweite Monatshälfte sorgte für einen zu warmen Mai. Die Monatsmittel betragen 1°C mehr als im zehnjährigen Mittel. Die Niederschlagssummen fielen recht unterschiedlich aus: während an den Stationen Rothaargebirge, Langenfeld und Köln-Rodenkirchen das Niederschlagssoll nicht erfüllt wurde, übertrafen ansonsten die Niederschlagssummen an den Stationen bis zu 180% das Soll. Aufgrund der Hochdruckphase in der zweiten Monatshälfte mit vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten und der austauscharmen Wetterlage waren die Voraussetzungen für Luftschadstoffbelastungen über den Mittelwerten gegeben.

Im **Juni** 1999 zogen in rascher Abfolge Tiefdruckgebiete mit ihren Fronten über NRW. Lediglich in der Monatsmitte etablierte sich ein Hochdruckgebiet, so dass die Lufttemperatur sommerliche Werte erreichte. Ansonsten verlief der Juni jedoch mit wechselhaftem, eher kühlem Wetter. Insgesamt waren die Monatmitteltemperaturen ausgeglichen. Das Niederschlagssoll wurde an keiner LUQS-Station erfüllt (60 – 90% des Solls).

Das wechselhafte Wetter hatte auch Anfang **Juli** noch Fortbestand. Auf der Vorderseite eines Tiefs über dem Ostatlantik strömten warme und feuchte Luftmassen nach NRW, in denen sich Schauer und Gewitter bildeten. Zur Monatsmitte etablierte sich ein Hochdruckgebiet, in dem bei häufigem Auftreten von Wolkenfelder hochsommerliche Temperaturen herrschten.

Mit Abschwächung des Hochs griffen Fronten eines Tiefs auf NRW über. Zunächst fielen in schwül-warmer Luft Niederschläge in Form von Schauer und Gewitter. Mit einer Winddrehung auf westliche Richtungen wurde frische Meeresluft herangeführt, die darauffolgend wieder von hohem Luftdruck beeinflusst wurde. Der Juli endete mit raschem Wechsel von teilweise heftigem Regenschauer, aber ansonsten warmen, zeitweise hochsommerlichen Temperaturen. Insgesamt betrachtet war der Juli 1999 trotz fehlender Hitzeperiode etwa 1,5° zu warm. Die Werte der Strahlungsbilanz übertraf an allen Stationen das zehnjährige Mittel. Die Niederschlagssummen fielen aufgrund der überwiegend durch konvektiven Niederschlagsart regional recht unterschiedlich aus. Während in Wesel das Niederschlagssoll zu 150% erfüllt wurde, fiel in den anderen Gebieten nur bis zu 60% der sonst üblichen Menge. Aufgrund der eher normalen meteorologischen Verhältnisse war im Juli mit einer eher normalen Luftschadstoffbelastung zu rechnen. Wie im Vormonat und auch im folgenden Monat kam es zu keinen ausgedehnten Sommersmog-Episoden mit hohen Ozonwerten. Dies ist auf das Ausbleiben einer Hitzeperiode mit starker Sonneneinstrahlung zurückzuführen.

Die gesamte erste Monatshälfte des **Augusts** 1999 war durch wolkenreiches, kühl bis mäßig warmes Wetter geprägt. In schwülwarmer Luft bildeten sich immer wieder Schauer und Gewitter. Ab der Monatsmitte gelangte NRW vermehrt unter Hochdruckeinfluss mit vorübergehend warmer Luft. Immer wieder kam es jedoch zu Störungen in Form von Schauer und Gewitter. Erst gegen Ende des Monats strömte unter hohem Luftdruck zunehmend trockene Festlandluft nach NRW. Sie sorgte für weitgehend ungestörtes Spätsommerwetter. Die Monatmitteltemperaturen im August waren durchschnittlich. Sie lagen bei etwa 0,5°C unter den zehnjährigen Mittel. Die Niederschläge betrug 70 bis 170% des Niederschlagssolls.

Das Ende August wetterbestimmende Hochdruckgebiet bestimmte auch das erste Drittel des **Septembers**. Mit einer südlichen Höhenströmung wurden zum Teil sehr warme Luftmassen herangeführt, so dass die Temperaturen noch einmal bis auf 30°C anstiegen. Mit Abschwächung des Hochs gelangte auf der Nordseite eines Irlandtiefs schwülwarmer Luft nach NRW. Diese Wetterlage bestimmte nahezu den Rest des Septembers. Erst in den letzten Tagen stellte sich das Wettergeschehen um. In einer lebhaften Strömung frischte der Wind kräftig auf, und es wurde kühler.

Aufgrund der langandauernden warmen Phase im September 1999 lagen die Monatmitteltemperaturen deutlich über dem zehnjährigen Mittel. Anomalien bis 5°C wurden ermittelt. Damit war er in Essen der wärmste September seit dem Beginn der Aufzeichnungen 1888 [27]. Auch die Strahlungsbilanz übertraf an allen Stationen deutlich das zehnjährige Mittel. Die Niederschlagssummen lagen zum Teil weit unter den Durchschnittswerten (50% - 110% des Solls). Aufgrund der ungewöhnlichen Verhältnisse war auch die Voraussetzungen

für besonders hohe Luftschadstoffbelastungen gegeben. Verantwortlich dafür sind insbesondere die vielen Tage unter Hochdruckeinfluss mit windschwachen Lagen und die Advektion vorbelasteter Kontinentalluft.

Mit Beginn des **Oktobers** wurde die warme Phase des Septembers beendet. Unter Einfluss eines westwärts ziehenden Tiefs über der Nordsee gelangte kühle Meeresluft nach NRW. Dabei kam es auch zu Niederschlägen in Form von Schauern. Gegen Monatsmitte bildete sich eine ausgedehnte Hochdruckzone aus, die für ruhiges Herbstwetter sorgte. In einer östlichen Strömung wurde trockene, aber auch kältere Luft herangeführt. Die Temperaturen gingen trotz verbreitetem Sonnenschein zurück. In der letzten Woche des Oktobers verstärkte sich der Einfluss eines Tiefs über den Ostatlantik auf das Wetter in NRW. Auf der Nordseite strömte deutlich wärmere, aber auch feuchtere Luftmassen nach NRW, aus denen auch Niederschlag fiel. In den letzten Tagen sorgte ein Hoch über Frankreich für hohe Temperaturen und ruhigeres Herbstwetter.

Die Temperaturen im Oktober lagen im Durchschnitt der letzten Jahre. Insgesamt fiel zu wenig Niederschlag. Nur etwa 60 - 90% des Solls wurde erreicht. Die Strahlungsbilanz blieb durchschnittlich.

Der **November** 1999 war überwiegend von Hochdruck geprägt. Zwischenzeitlich sorgten die Fronten von Tiefdruckgebieten für zeitweise Niederschlag. In der Monatsmitte ereigneten sich die ersten Schneefälle, selbst bis in tiefere Lagen. Wie im Vormonat waren die Monatswerte der Lufttemperatur durchschnittlich. Auch das Niederschlagssoll wurde an keiner LUQS-Station erreicht.

Die ersten 20 Tage des **Dezembers** waren geprägt von unbeständiger, regenreicher Witterung. Eine Schneedecke bildete sich bis in 400 m Höhe ü. NN. Danach sorgte ein Zwischenhoch für ruhigeres aber auch kälteres Wetter. Über die Feiertage herrschte ein Sturmtief mit Regenfällen und teilweise sehr starken Winden. Auf dessen Rückseite beruhigte sich das Wettergeschehen bis zum Jahreswechsel unter Hochdruckeinfluss.

In der lebhaften und vom Tiefdruck beeinflussten Witterung des Dezembers waren die Mitteltemperaturen bis zu 1°C höher als im Durchschnitt. Das Niederschlagssoll wurde an allen Stationen deutlich übertroffen.

Insgesamt war **das Jahr 1999** im Vergleich zum langjährigen Jahresmittel zu warm. Die über alle Stationen gemittelte Temperatur liegt 0,8°C höher als im Durchschnitt. Die Anzahl der Sommer- und heißen Tage ist in 1999 vergleichsweise stark erhöht. So weist beispielsweise die Station Unna 58 Sommertage statt üblicherweise 40 auf (siehe Tabelle 4.4). Frost- und Eistage kamen an den Stationen seltener als üblich vor, mit Ausnahme der Station Eifel. Hier gab es mehr Eistage als im langjährigen Mittel. Das Niederschlagssoll wurde an allen Stationen erfüllt. Es fiel bis zu 20% mehr Niederschlag als im zehnjährigen Mittel.

4.2 Analyse der Jahrgänge – mittlere Belastungsfaktoren

Die Immissionswerte einiger Schadstoffe weisen ausgeprägte Jahrgänge auf. So sind z. B. die Ozonkonzentrationen im Sommer höher als im Winter. Ursache hierfür ist die erhöhte Sonneneinstrahlung in den Sommermonaten, die zur Ozonbildung führt.

Aus der Analyse der Jahrgänge eines Messjahres im Vergleich zu mittleren Jahrgängen (über mehrere Jahre gemittelt) lassen sich Abweichungen, die insbesondere im Zusammenhang mit der meteorologischen Situation im Messjahr zu sehen sind, feststellen.

Im nachfolgenden werden solche Analysen für das Jahr 1999 im Vergleich zum 10-Jahresmittel 1989-98 für die kontinuierlich gemessenen Schadstoffe, sowie für die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle im Schwebstaub auf Monatsbasis durchgeführt. In den dafür ausgewählten Abbildungen sind jeweils die Mittelwerte der Belastungsfaktoren für die einzelnen Monate (Quotient aus Monatsmittelwert und Jahresmittelwert) dargestellt. In die Berechnung dieser „mittleren Belastungsfaktoren“ gehen die einzelnen Belastungsfaktoren aller Dauermessstationen des jeweiligen Jahres ein. Die rote Kurve gibt dabei die relativen Abweichungen der mittleren monatlichen Immissionskonzentrationen gegenüber dem Jahresmittel in NRW für das Jahr 1999 (Jahrgang 1999) an, blau eingezeichnet sind die entsprechenden mittleren Belastungsfaktoren der Jahre 1989 bis 1998 (mittlerer Jahrgang 1989-98), mit den in diesem 10-Jahreszeitraum jeweils höchsten und niedrigsten errechneten mittleren Belastungsfaktoren.

Bei der Analyse der Jahrgänge ist zur Orientierung in den Diagrammen für den Quotienten von 1 eine Linie eingezeichnet; liegen Werte über dieser Linie, so treten in diesen Monaten im Vergleich zum Jahresmittel höhere Belastungen auf, liegen die Werte unter dieser Linie, so sind die Immissionen im entsprechenden Monat im Vergleich zum Jahresmittel geringer.

4.2.1 Kontinuierlich gemessene Schadstoffe

In Abbildung 4.4 sind die Jahrgänge der kontinuierlich gemessenen Schadstoffe für das Berichtsjahr und den 10-Jahreszeitraum 1989-98 im Mittel gezeigt.

Im Jahr 1999 ist insbesondere für Stickstoffmonoxid, Kohlenmonoxid und Ozon ein ausgeprägter Jahrgang erkennbar. Für die beiden erstgenannten Stoffe zeigen sich hierbei in Analogie zu den Vorjahren höhere Konzentrationen im Winterhalbjahr. Hingegen werden bei Ozon aufgrund der vermehrten Bildung bei intensiver Sonneneinstrahlung die höchsten Immissionswerte in den Sommermonaten gemessen (siehe oben). Bei Schwefeldioxid ist im Berichtsjahr im Vergleich zu den Vorjahren kein ausgeprägter Jahrgang mehr erkennbar. Die Konzentrationen liegen im Winter nur noch geringfügig über den Konzentrationen im Sommer. Stickstoffdioxid und Schwebstaub weisen weder 1999 noch in den Vorjahren deutliche Jahrgänge auf.

Bei der Analyse der einzelnen Monate zeigt sich, dass im Jahr 1999 insbesondere im Januar, Februar und im Dezember im Vergleich zum 10-Jahresmittel für fast alle kontinuierlich gemessenen Schadstoffe geringere mittlere Belastungsfaktoren vorgefunden werden. Ursache für die vergleichsweise niedrige Belastung durch Luftverunreinigungen waren in diesen drei Monaten die guten Austauschbedingungen. Durch den raschen Wechsel von Tiefausläufern

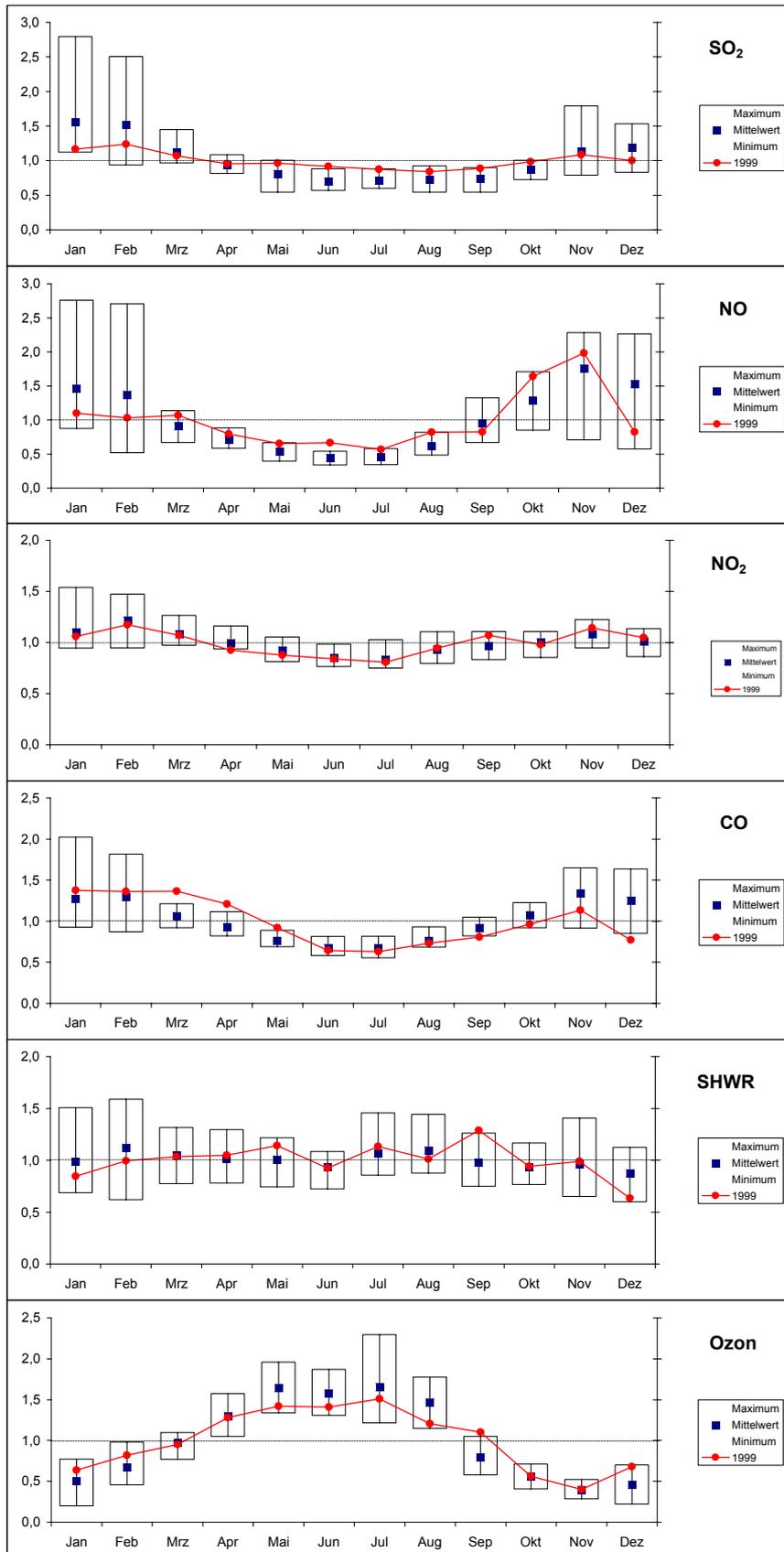


Abb. 4.4: Jahresgänge der Immissionskonzentrationen der kontinuierlich gemessenen Schadstoffe als Verhältnis von Monatsmittelwert zum Jahresmittelwert (Belastungsfaktor).

wurde die bodennahe Atmosphäre häufig durchmischt, so dass sich Schadstoffe nicht ansammeln konnten.

Aus meteorologischer Sicht günstige Austauschbedingungen, die niedrigere Belastungen erwarten lassen, lagen 1999 auch im November vor. Bei den kontinuierlich gemessenen Schadstoffen weist in diesem Monat aber nur Kohlenmonoxid einen im 10-Jahresvergleich niedrigeren Faktor auf. Für die anderen Stoffe werden eher im Mittel liegende Faktoren bestimmt.

Besonders ungünstige meteorologische Bedingungen im Hinblick auf Immissionswerte herrschten 1999 im September. Eine lang andauernde Wärmeperiode mit Rekordtemperaturen führte insbesondere zu hohen Schwebstaub- und Ozonbelastungen. Grund dafür war die anhaltende Witterung mit schwachen Winden und die Advektion von vorbelasteter Kontinentalluft in einer vorwiegend östlichen Strömung. Bei Schwebstaub wurden in der Monatsmitte am 14. bzw. 15. September an den meisten Stationen in NRW die höchsten Tagesmittelwerte 1999 registriert. Bei Ozon wurde mit $218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der zweithöchste Stundenwert 1999 gemessen und an insgesamt 8 Stationen wurde der Schwellenwert zur Information der Öffentlichkeit überschritten. Bezüglich der Ozonspitzenwerte ist der Monat September damit mit den strahlungsreicheren Monaten Juni, Juli und August (siehe Tabelle 3.5/4 und 4.4) vergleichbar. Die Belastung durch Ozon in den Sommermonaten verblieb im Berichtsjahr allerdings auch unter dem Durchschnitt. Die für die Ozonbildung wichtigen Voraussetzungen waren 1999 nur selten bis gar nicht gegeben, da eine anhaltende Hitzeperiode mit starker Sonnereinstrahlung ausblieb. Die mittleren Belastungsfaktoren für Ozon liegen von Mai bis August unter dem Mittelwert der letzten 10 Jahre.

4.2.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Schwebstaub

In Abbildung 4.5 sind die Jahrgänge der im Schwebstaub bestimmten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe für das Berichtsjahr und den 10-Jahreszeitraum 1989-98 im Mittel gezeigt.

Die PAK weisen alle einen sehr ausgeprägten Jahresgang auf, mit höheren Werten im Winterhalbjahr und niedrigeren Werten im Sommerhalbjahr. Dies ist auf die Entstehung dieser Substanzen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Während der Heizperiode finden solche Verbrennungsprozesse vermehrt statt.

Der Vergleich der mittleren Belastungsfaktoren im Berichtsjahr mit denen des 10-Jahreszeitraums zeigt, dass für das Jahr 1999 insbesondere im Februar, November und Dezember niedrigere Faktoren ermittelt wurden. Ursache könnten auch hier die günstigen Austauschbedingungen in diesen drei Monaten sein (siehe oben). Im Januar, welcher aufgrund der meteorologischen Situation ebenfalls eher niedrigere Belastungen aufweisen sollte, liegen die mittleren Belastungsfaktoren für die PAK allerdings deutlich über dem 10-Jahresmittel. Vergleichsweise höhere Faktoren konnten 1999 vor allem auch für den März und für den Oktober festgestellt werden.

Für den September mit seinen aus meteorologischer Sicht eher ungünstigen Bedingungen hinsichtlich der Immissionswerte wurden bei den PAK durchschnittliche Belastungsfaktoren ermittelt.

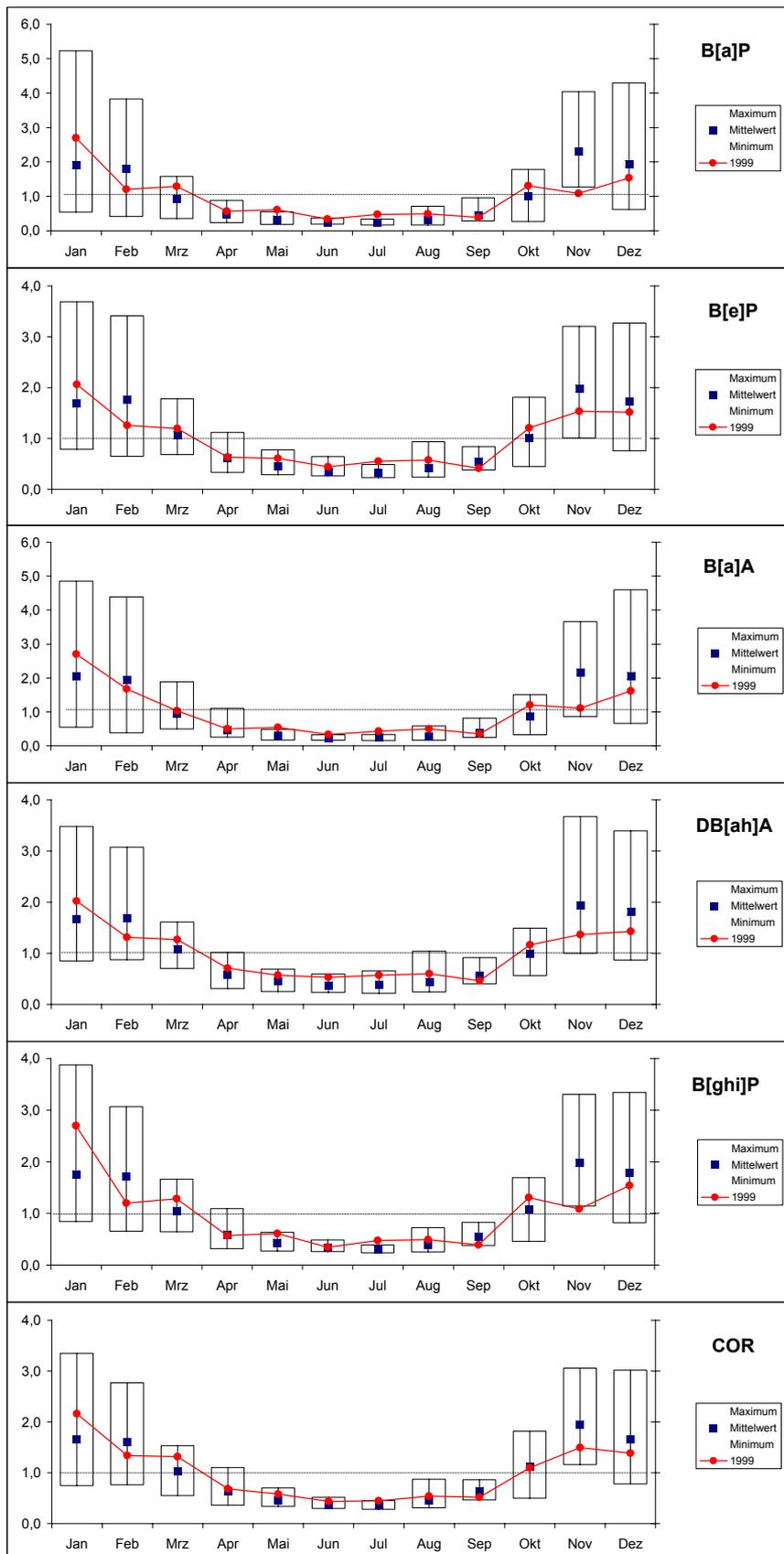


Abb. 4.5: Jahresgänge der Immissionskonzentrationen der PAK im Schwebstaub als Verhältnis von Monatsmittelwert zum Jahresmittelwert (Belastungsfaktor).

4.2.3 Schwermetalle im Schwebstaub

In Abbildung 4.6 sind die Jahresgänge der im Schwebstaub bestimmten Schwermetalle für das Berichtsjahr und den 10-Jahreszeitraum 1989-98 im Mittel gezeigt.

Bei den Schwermetallen lassen sich kaum Jahresgänge feststellen. Im Sommer sind die Werte zwar meist etwas niedriger als im Winter, doch gibt es offensichtlich auch Jahre, in denen dies nicht der Fall ist. Im Winterhalbjahr zeigen die mittleren Belastungsfaktoren im 10-Jahresmittel eine besonders weite Streuung, im Sommerhalbjahr ist diese geringer.

Beim Vergleich der mittleren Belastungsfaktoren im Berichtsjahr mit dem 10-Jahresmittel zeigt sich bei den Schwermetallen im Schwebstaub nur für wenige Monate ein einheitliches Bild. So sind als Monate mit vergleichsweise niedriger Belastung Januar, Februar und Dezember zu nennen. Für diese drei Monate wurde aufgrund der meteorologischen Situation auch bei den kontinuierlich gemessenen Schadstoffen vergleichsweise geringe Belastungen gefunden. Durchgängig höhere mittlere Belastungsfaktoren im Vergleich zum 10-Jahresmittel werden für alle Metalle im Oktober festgestellt.

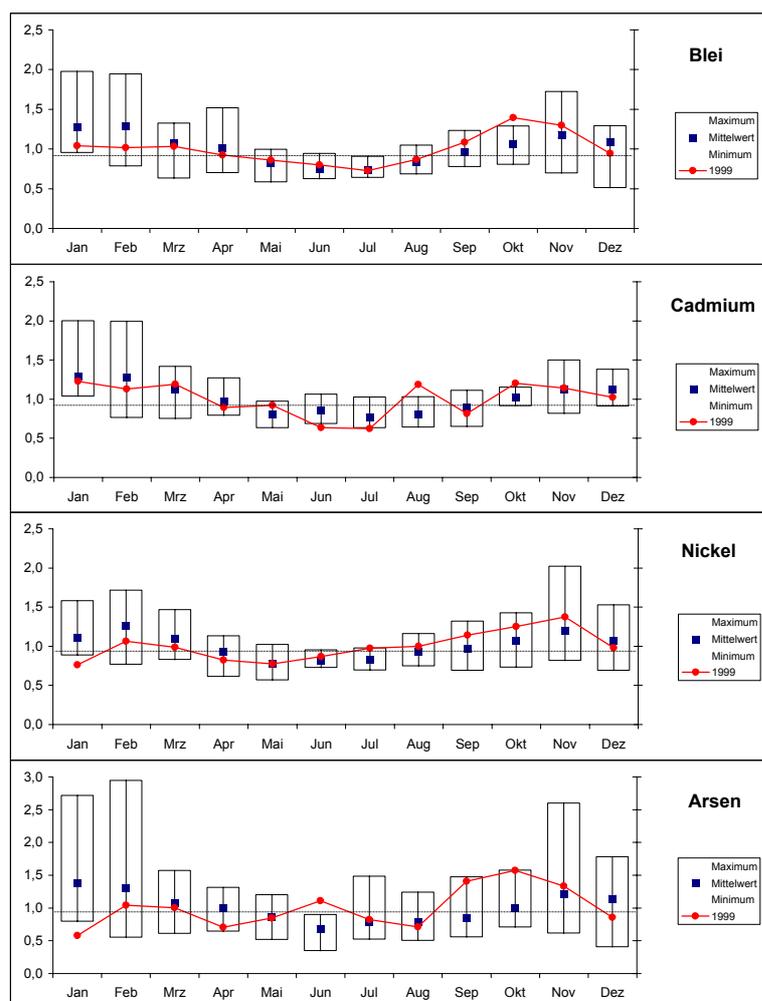


Abb. 4.6: Jahresgänge der Immissionskonzentrationen der Schwermetalle im Schwebstaub als Verhältnis von Monatsmittelwert zum Jahresmittelwert (Belastungsfaktor).

4.3 Trend der Jahreskenngrößen

Um die Entwicklung der Immissionskonzentrationen in Nordrhein-Westfalen aufzuzeigen, sind in den folgenden Kapiteln die Trends ausgewählter Jahreskenngrößen für die verschiedenen Schadstoffe aufgezeigt.

4.3.1 Kontinuierlich gemessene Schadstoffe

In Tabelle 4.5 sind die wichtigsten Jahreskenngrößen (Mittelwert und 98%-Wert) der 1999 an LUQS-Stationen durchgeführten kontinuierlichen Messungen für die Stationen im Rhein-Ruhr-Gebiet, die Verkehrs- und die Waldstationen zusammengefasst. Die Entwicklung der Kenngrößen für diese Stationsgruppen seit 1981 ist in den Tabellen 4.6/1 – 4.6/3 und der dazugehörigen Abbildung 4.7 dargestellt.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die errechneten Kenngrößen für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid auf Halbstundenmittelwerten bezogen auf 20°C, für Ozon auf Stundenmittelwerten bezogen auf 20°C basieren und im Falle von Schwebstaub auf Tagesmittelwerten bezogen auf 0°C. Dies ist insbesondere wichtig beim Vergleich mit früheren Veröffentlichungen, bei denen die Bezugstemperatur für Schwefeldioxid, die Stickoxide und Kohlenmonoxid noch bei 0°C lag.

Tabelle 4.5: Zusammenfassung LUQS-Jahreskenngrößen 1999:

		Mittelwerte		
		Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
Schwefeldioxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8	8	5
Schwebstaub *	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	39	48	24
Stickstoffdioxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	32	49	11
Stickstoffmonoxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	16	51	4
Kohlenmonoxid	[mg/m^3]	0,4	0,9	-
Ozon **	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35	-	61
		98%-Werte		
		Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
Schwefeldioxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30	26	9
Schwebstaub *	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	89	101	55
Stickstoffdioxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	69	89	41
Stickstoffmonoxid	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	120	198	8
Kohlenmonoxid	[mg/m^3]	1,4	2,7	-
Ozon **	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	118	-	129

*) aus Tagesmittelwerten

***) aus Stundenmittelwerten

Tabelle 4.6/1: LUQS-Jahreskenngößen: Rhein-Ruhr-Gebiet

Jahresmittelwerte						
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Kohlenmonoxid [mg/m³]	Ozon ** [µg/m³]
1981	66	76	49	34	1,2	-
1982	58	84	49	35	1,1	27
1983	49	56	44	34	1,0	20
1984	54	56	44	35	1,0	18
1985	63	63	48	42	1,1	20
1986	52	62	48	33	0,9	22
1987	48	70	44	37	1,0	22
1988	28	58	39	27	0,8	25
1989	27	64	42	39	1,0	28
1990	23	51	36	25	0,8	32
1991	26	54	37	30	0,9	29
1992	22	48	36	28	0,8	31
1993	20	47	34	26	0,7	30
1994	16	46	34	22	0,7	33
1995	14	45	33	20	0,7	32
1996	16	49	34	21	0,7	29
1997	12	47	34	25	0,7	31
1998	9	40	33	18	0,6	32
1999	8	39	32	16	0,4	35
98%-Werte						
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Kohlenmonoxid [mg/m³]	Ozon ** [µg/m³]
1981	275	209	122	195	4,4	-
1982	231	238	121	234	4,8	128
1983	184	133	100	234	4,2	101
1984	210	160	102	207	3,6	86
1985	327	204	118	253	4,2	99
1986	245	159	106	205	3,3	104
1987	247	189	107	243	3,5	90
1988	102	149	89	166	2,6	98
1989	97	156	100	279	4,1	130
1990	79	112	87	171	2,6	142
1991	107	123	87	197	3,1	116
1992	85	114	85	191	3,0	125
1993	81	115	82	185	2,8	116
1994	55	108	74	159	2,3	137
1995	48	105	75	152	2,1	140
1996	71	115	75	149	2,1	110
1997	57	123	81	186	2,3	117
1998	36	92	72	130	1,7	109
1999	30	89	69	120	1,4	118

*) aus Tagesmittelwerten

***) aus Stundenmittelwerten

Tabelle 4.6/2: LUQS-Jahreskenngößen: Verkehrsstationen

Jahresmittelwerte					
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Kohlenmonoxid [mg/m³]
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989	37	73	59	127	3,0
1990	33	58	54	100	2,5
1991	37	65	55	102	2,4
1992	30	58	56	95	2,1
1993	29	54	54	93	2,0
1994	24	52	51	82	1,9
1995	20	52	54	77	1,8
1996	19	60	53	76	1,6
1997	16	61	52	75	1,5
1998	10	51	48	61	1,3
1999	8	48	49	51	0,9
98%-Werte					
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Kohlenmonoxid [mg/m³]
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989	104	158	126	521	9,1
1990	85	123	116	348	7,3
1991	117	146	109	357	7,0
1992	97	128	118	350	6,4
1993	89	132	110	343	5,9
1994	63	109	102	300	5,4
1995	50	110	104	291	4,8
1996	67	129	97	270	4,6
1997	54	152	104	292	4,6
1998	35	113	92	232	3,9
1999	26	101	89	198	2,7

*) aus Tagesmittelwerten

Tabelle 4.6/3: LUQS-Jahreskenngößen: Waldstationen

Jahresmittelwerte					
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Ozon ** [µg/m³]
1981					
1982					
1983					
1984	30	36	19	5	44
1985	38	39	21	7	49
1986	31	42	19	5	56
1987	29	41	18	7	50
1988	16	37	16	5	54
1989	15	39	15	5	61
1990	13	32	14	5	60
1991	16	33	15	5	59
1992	12	29	15	6	57
1993	12	30	14	6	57
1994	9	30	12	5	61
1995	8	31	12	5	59
1996	10	33	13	4	53
1997	7	29	11	4	57
1998	6	26	11	4	56
1999	5	24	11	4	61
98%-Werte					
Jahr	Schwefeldioxid [µg/m³]	Schwebstaub * [µg/m³]	Stickstoffdioxid [µg/m³]	Stickstoffmonoxid [µg/m³]	Ozon ** [µg/m³]
1981					
1982					
1983					
1984	175	125	62	27	119
1985	291	130	84	46	121
1986	189	124	69	26	151
1987	209	124	69	42	119
1988	89	114	60	23	130
1989	78	111	58	25	157
1990	66	79	47	15	158
1991	100	82	50	13	139
1992	60	67	53	18	142
1993	70	73	49	10	138
1994	43	76	43	7	160
1995	35	75	45	14	157
1996	63	84	44	13	126
1997	34	75	44	10	128
1998	16	66	45	9	128
1999	9	55	41	8	129

*) aus Tagesmittelwerten

***) aus Stundenmittelwerten

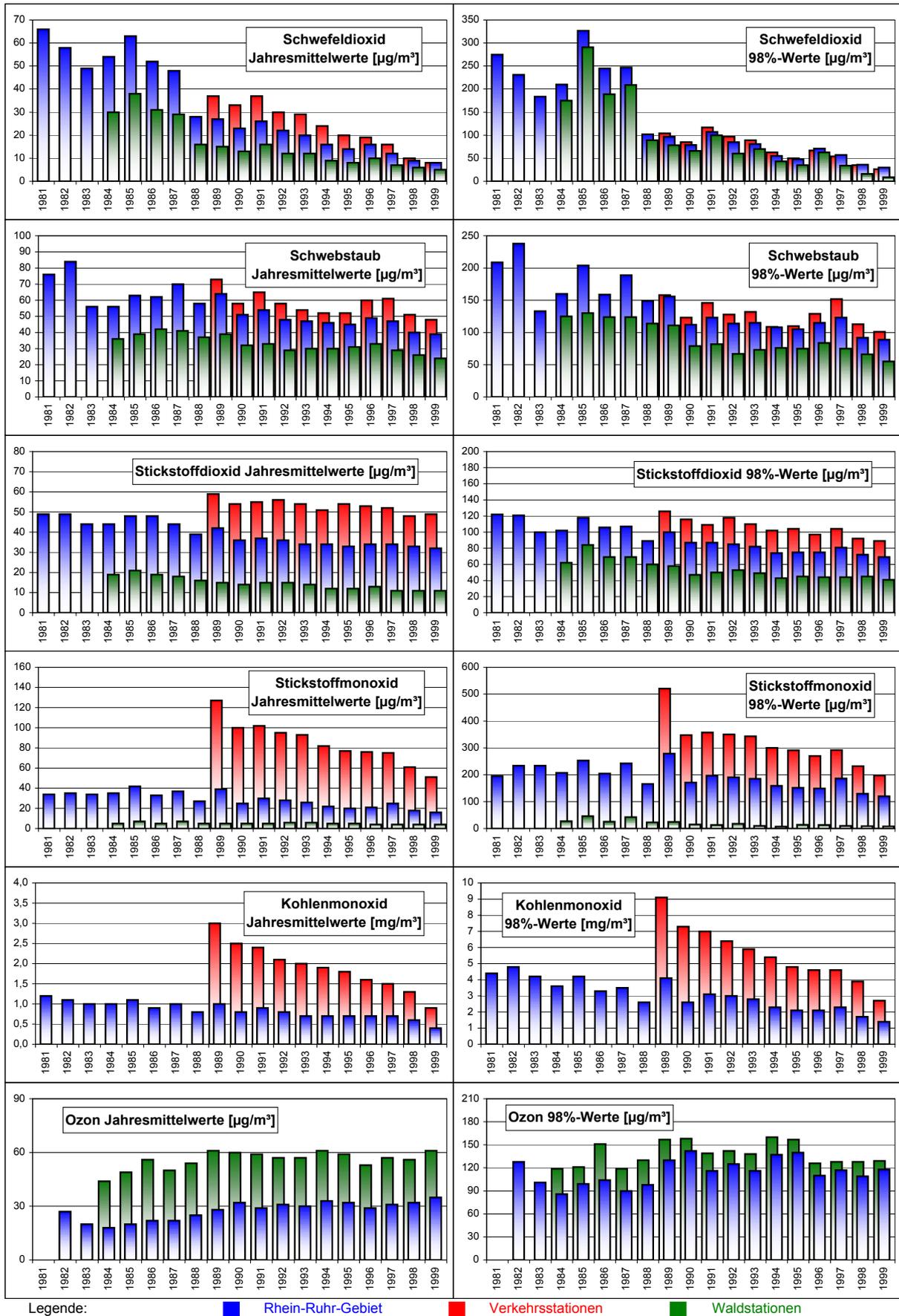


Abb. 4.7: Trend der Jahreskenngrößen: kontinuierlich gemessene Schadstoffe

- Schwefeldioxid
Mit $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist die mittlere Schwefeldioxid-Konzentration im Rhein-Ruhr-Gebiet gegenüber dem Vorjahr weiterhin etwas zurückgegangen und nun auf dem niedrigsten Stand seit Beginn der kontinuierlichen Messungen in NRW. Die Konzentrationsabnahme wird vorwiegend durch im Vergleich mit 1998 deutlich niedrigeren Konzentrationen in den Monaten Januar und Februar bestimmt. Vor zehn Jahren wurde mit $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ noch mehr als die dreifache Schwefeldioxid-Belastung registriert.
- Schwebstaub
Der Jahresmittelwert der Schwebstaub-Konzentration liegt 1999 mit $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geringfügig unter dem Vorjahreswert. In den einzelnen Monaten wurden teilweise höhere (April, September), teilweise niedrigere (Februar, Dezember) Mittelwerte als 1998 registriert. Verglichen mit dem Wert des stark belasteten Jahres 1989 ist die mittlere Konzentration 1999 um ca. 40% kleiner.
- Stickstoffdioxid
Mit $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt der Jahresmittelwert der Stickstoffdioxid-Konzentration geringfügig unter dem Vorjahresergebnis. Besonders im Februar 1999 lagen die Werte deutlich unter denen des Vorjahresmonates. Das mittlere Immissionsniveau ist damit seit 1993 nahezu konstant im Bereich zwischen 32 und $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Stickstoffmonoxid
Auch beim Stickstoffmonoxid ist der Jahresmittelwert der Konzentration mit $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ etwas niedriger als im Jahr 1998. In den einzelnen Monaten wurden teilweise höhere (Oktober), teilweise niedrigere (Januar, Februar, Dezember) Mittelwerte als 1998 registriert. Verglichen mit dem Wert des außergewöhnlich hoch belasteten Jahres 1989 ist die mittlere Konzentration 1999 um ca. 60% kleiner.
- Kohlenmonoxid
Die bereits in den vergangenen Jahren sehr niedrige mittlere Kohlenmonoxid-Konzentration ist 1999 gegenüber dem Vorjahr mit $0,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ noch weiter zurückgegangen. Vor zehn Jahren lag sie bei $1,0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Rückgang um über 60%).
- Ozon
Der Jahresmittelwert für Ozon ist mit $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der höchste Wert der seit 1982 gemessen wurde. Besonders im September 1999 lagen die Monatsmittelwerte im Vergleich zu den Vorjahren besonders hoch. Der die Spitzenbelastungen charakterisierende 98%-Wert von $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist um $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ größer als im Vorjahr, liegt aber deutlich unter den entsprechenden Werten der Jahre 1990, 1994 und 1995, in denen die bisher höchsten 98%-Werte für Ozon registriert wurden.

Das Ausbleiben besonders hoher Ozonkonzentrationen im Jahr 1999 wurde bereits durch die meteorologischen Gegebenheiten, das Fehlen der dafür notwendigen langanhaltenden Hitzeperioden mit erhöhter Sonneneinstrahlung in den Sommermonaten, erklärt. Zudem zeigen Vergleiche der absoluten Ozonspitzenwerte (max. Stundenwerte), dass diese in den letzten Jahren in den Ballungsräumen generell zurückgegangen sind. Während von 1976 bis 1990 an einzelnen Tagen Stundenwerte bis $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurden, liegen die Höchstwerte auch im besonders heißen Sommer 1995 bereits unter $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hier zeigen sich erste Erfolge der Emissionsminderungen.

Der generelle Anstieg bei den Jahresmittelwerten seit Beginn der Messreihe (Abb. 4.7) ist im Einklang mit Messergebnissen aus anderen Regionen Deutschlands und Europas. Langjährige Messreihen an süddeutschen Bergstationen (z. B. Zugspitze) weisen darauf hin, dass der bodennahe weiträumige Ozonpegel in Europa (Jahresmittelwerte) in den letzten Jahrzehnten um ca. 1% pro Jahr angestiegen ist.

4.3.2 Diskontinuierlich gemessene Stoffe

4.3.2.1 Metallverbindungen im Schwebstaub

Den zeitlichen Verlauf der Immissionsbelastung durch Bleiverbindungen im Schwebstaub seit dem Jahre 1974 zeigt Abbildung 4.8; die Zahlenwerte sind in der Tabelle 4.7 enthalten. Es wird deutlich, dass seit 1974 eine erhebliche, kontinuierliche Abnahme der Immissionskonzentrationen für diese Komponenten in den aufgelisteten Gebieten stattgefunden hat. Gegenüber einem Ausgangswert im Jahre 1974 von $1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sank der Mittelwert der Bleikonzentration im Rhein-Ruhr-Gebiet bis 1999 ($0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$) um 97%.

Tabelle 4.7: Trend der Bleiimmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1974						1,13		
1975						0,96		
1976						0,80		
1977						0,73		
1978						0,48		
1979						0,45		
1980						0,36		
1981						0,30		
1982						0,30		
1983						0,27		
1984						0,27		
1985						0,31		
1986						0,24		
1987						0,23		
1988						0,18		
1989					0,37	0,18	0,37	
1990				0,22	0,30	0,12	0,26	
1991				0,19	0,22	0,11	0,21	
1992				0,17	0,17	0,09	0,17	
1993		0,02		0,14	0,15	0,07	0,15	0,02
1994		0,02		0,11	0,12	0,07	0,12	0,02
1995		0,02		0,08	0,10	0,06	0,09	0,02
1996		0,02		0,07	0,07	0,05	0,07	0,02
1997		0,01		0,04	0,04	0,04	0,04	0,01
1998		0,01		0,04	0,04	0,04	0,04	0,01
1999		0,02		0,03	0,03	0,03	0,03	0,02

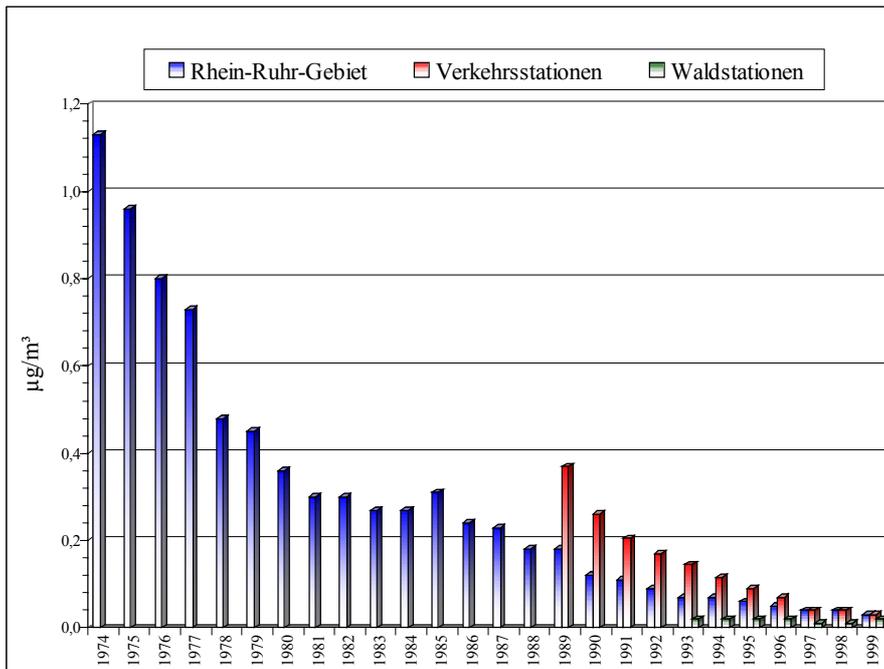


Abb. 4.8: Trend der Jahreskenngrößen: Blei im Schwebstaub

Den zeitlichen Verlauf der Immissionsbelastung durch Cadmiumverbindungen im Schwebstaub seit dem Jahre 1974 zeigt Abbildung 4.9; die Zahlenwerte sind in Tabelle 4.8 enthalten. Die Reduzierung bei den Cadmiumverbindungen liegt damit nicht ganz so hoch wie beim Blei. Der Jahresmittelwert für das Rhein-Ruhr-Gebiet sank von 11 ng/m³ 1974 auf 1,2 ng/m³ 1999, entsprechend einer Abnahme von 89%.

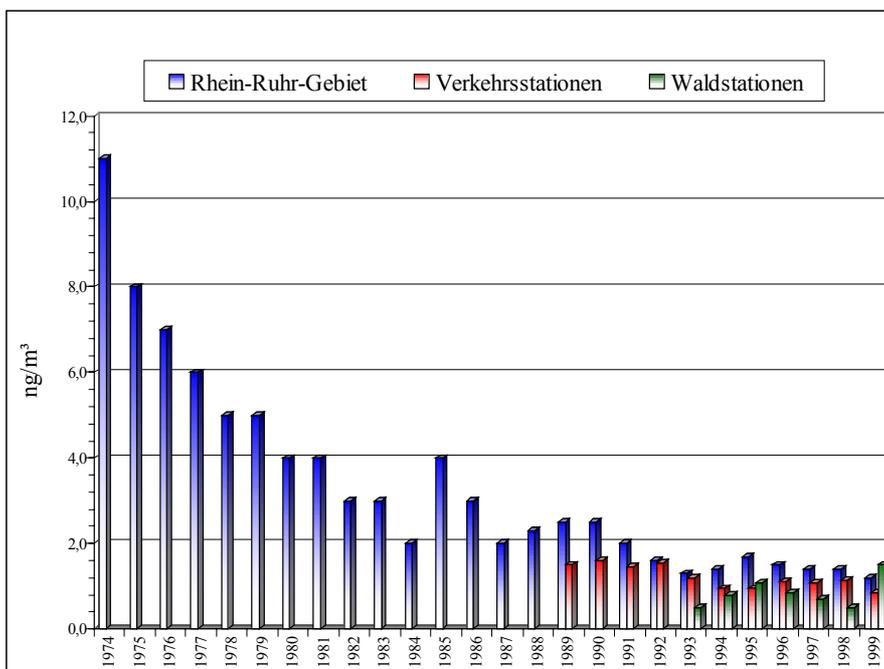


Abb. 4.9: Trend der Jahreskenngrößen: Cadmium im Schwebstaub

Tabelle 4.8: Trend der Cadmiumimmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in ng/m³

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1974						11		
1975						8		
1976						7		
1977						6		
1978						5		
1979						5		
1980						4		
1981						4		
1982						3		
1983						3		
1984						2		
1985						4		
1986						3		
1987						2		
1988						2,3		
1989					1,50	2,5	1,50	
1990				1,60	1,60	2,5	1,60	
1991				1,50	1,40	2,0	1,45	
1992				1,60	1,50	1,6	1,55	
1993		0,51		1,18	1,21	1,3	1,20	0,51
1994		0,80		1,00	0,90	1,4	0,95	0,80
1995		1,09		0,94	0,95	1,7	0,95	1,09
1996		0,85		1,19	1,01	1,5	1,10	0,85
1997		0,70		1,01	1,17	1,4	1,09	0,70
1998		0,50		0,79	1,49	1,4	1,14	0,50
1999		1,50		0,8	0,9	1,2	0,85	1,50

Erwartungsgemäß zeigen die Verkehrsstationen keine besonderen Auffälligkeiten. In Abschnitt 3.2.1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich seit 1997 die Bleibelastung an verkehrsbezogenen Messstellen nicht mehr von der städtischen Hintergrundbelastung unterscheidet. In der Eifel sind die Werte in der Regel nochmals deutlich unterhalb derer im Rhein-Ruhr-Gebiet. In Abschnitt 3.2.1 wurde ebenfalls bereits darauf hingewiesen, dass der vergleichsweise erhöhte Jahresmittelwert 1999 in der Eifel (1,5 ng/m³) auf einen hohen Einzelwert zurückgeht. Eine Trendumkehr ist daraus keinesfalls abzuleiten.

4.3.2.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Schwebstaub

Aufgrund der Umstrukturierungen im Messnetz lässt sich für die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe eine Trendbetrachtung erst ab 1985 durchführen. Die Tabellen 4.9 und 4.10 zeigen die Rhein-Ruhr-Mittelwerte für Benzo[a]pyren und Coronen für den Zeitraum 1985 bis 1999.

Die Entwicklung der Konzentrationen von Benzo[a]pyren und Coronen ist graphisch in den Abbildungen 4.10 und 4.11 dargestellt.

Der bis 1988 vorliegende Trend abnehmender Konzentrationen für BaP wurde 1989 unterbrochen. Die Werte dieses Jahres lagen wieder höher, aber im Mittel deutlich niedriger als 1987. 1990 trat dann erneut eine starke Verminderung der mittleren Konzentration um 39 % ein. Von 1990 auf 1991 erfolgte überwiegend ein leichter Anstieg, der aber in den Folgejahren von einem abnehmenden Trend der Werte abgelöst wurde. Die Jahresmittelwerte

1995 und 1996 zeigen gegenüber dem jeweiligen Vorjahr wieder einen Anstieg und liegen bei 1,07 bzw. 1,33 ng/m³; 1997 ging die mittlere BaP-Konzentration auf 0,94 ng/m³ zurück und lag damit etwa auf gleicher Höhe wie 1994. Der Wert für 1998 war mit 0,97 ng/m³ praktisch unverändert. 1999 ist dann ein deutlicher Konzentrationsrückgang auf 0,47 ng/m³ eingetreten. In Relation zu 1985 ist damit ein Rückgang um 89% festzustellen. An den Verkehrsstationen war der Konzentrationsverlauf von Jahr zu Jahr ähnlich, wenn auch auf höherem Niveau. Der 1999er Wert liegt um etwa 68% über dem des Rhein-Ruhr-Mittelwertes. An den Waldstationen werden im allgemeinen Werte unter 0,1 ng/m³ beobachtet.

Tabelle 4.9: Trend der Benzo[a]pyrenimmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in ng/m³

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1985						4,13		
1986						3,63		
1987						3,36		
1988						2,02		
1989					5,62	2,83	5,62	
1990				2,88	3,15	1,72	3,02	
1991				2,97	2,82	1,82	2,90	
1992				2,18	2,42	1,67	2,30	
1993		0,29		2,26	1,79	1,44	2,03	0,29
1994		0,12		1,55	1,27	0,92	1,41	0,12
1995		0,14		2,15	1,44	1,07	1,80	0,14
1996		0,31		2,71	1,73	1,33	2,22	0,31
1997		0,10		1,81	1,17	0,94	1,49	0,10
1998		0,09		1,36	1,24	0,97	1,30	0,09
1999		0,07		0,85	0,73	0,47	0,79	0,07

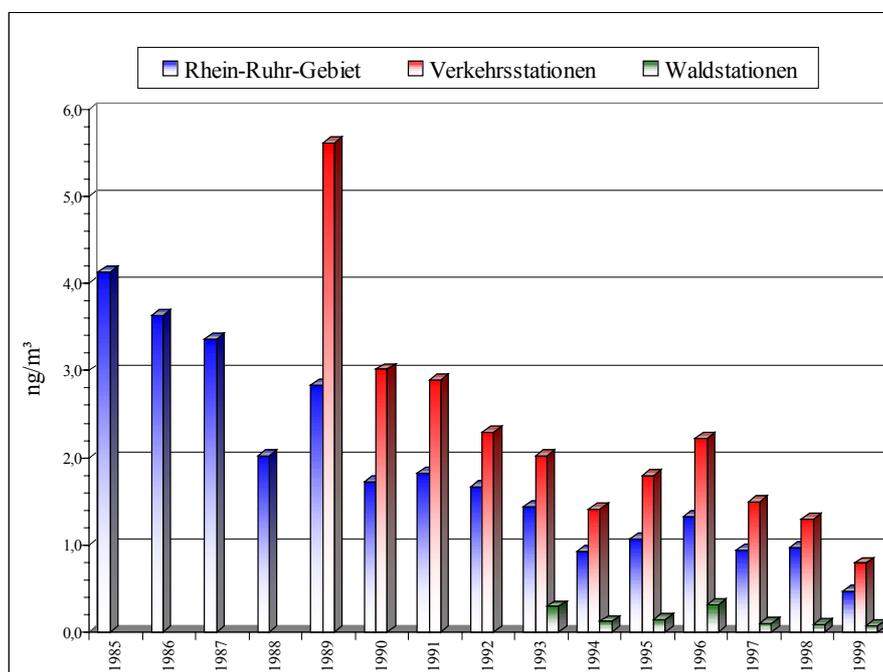


Abb. 4.10: Trend der Jahreskenngrößen: Benzo[a]pyren im Schwebstaub

Für Coronen sind die Verhältnisse ähnlich. Hier war jedoch die Konzentrationszunahme im Jahr 1989 nur äußerst gering ausgeprägt. Gleichwohl ergab sich 1990 ein erneuter Rückgang der mittleren Konzentration um 17 %, der 1991 allerdings weitgehend kompensiert wurde. Die 92er Werte zeigen wieder eine Abnahme, die sich in den Daten der Jahre 1993 und 1994

deutlich fortsetzt. Der Jahresmittelwert 1995 von $0,45 \text{ ng/m}^3$ weist gegenüber dem Vorjahr nur eine sehr geringe Abnahme auf, während der 96er Wert wieder eine leichte Zunahme auf $0,48 \text{ ng/m}^3$ zeigt. Nach Werten von $0,42 \text{ ng/m}^3$ im Jahr 1997 und $0,38 \text{ ng/m}^3$ 1998 wurde 1999 mit $0,27 \text{ ng/m}^3$ der niedrigste Wert der gesamten Messreihe registriert. Die mittlere Coronen-Konzentration im Rhein-Ruhr-Gebiet verringerte sich dadurch seit 1985 um 80%. Bemerkenswert ist, dass die Coronen-Konzentrationen an den Verkehrsstationen, die 1989 noch 263 % über denen des Rhein-Ruhr-Gebietes lagen, 1999 nur noch um 115% erhöht und in diesem Jahr stark zurückgegangen sind. Da Coronen in besonderem Maße aus dem Kfz-Verkehr stammt, wird durch diese Entwicklung die zurückgehende Bedeutung dieser Quellgruppe verdeutlicht. Der Pegel an den Waldstationen liegt auch für Coronen unter $0,1 \text{ ng/m}^3$.

Tabelle 4.10: Trend der Coronenimmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in ng/m^3

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1985						1,36		
1986						1,20		
1987						1,40		
1988						1,00		
1989					3,67	1,01	3,67	
1990				2,13	2,52	0,84	2,33	
1991				2,40	2,19	0,98	2,30	
1992				1,82	1,94	0,87	1,88	
1993		0,18		1,68	1,51	0,62	1,60	0,18
1994		0,09		1,26	1,13	0,46	1,20	0,09
1995		0,08		1,15	1,20	0,45	1,18	0,08
1996		0,14		1,23	1,10	0,48	1,17	0,14
1997		0,11		1,02	0,92	0,42	0,97	0,11
1998		0,06		0,82	0,79	0,38	0,81	0,06
1999		0,06		0,61	0,55	0,27	0,58	0,06

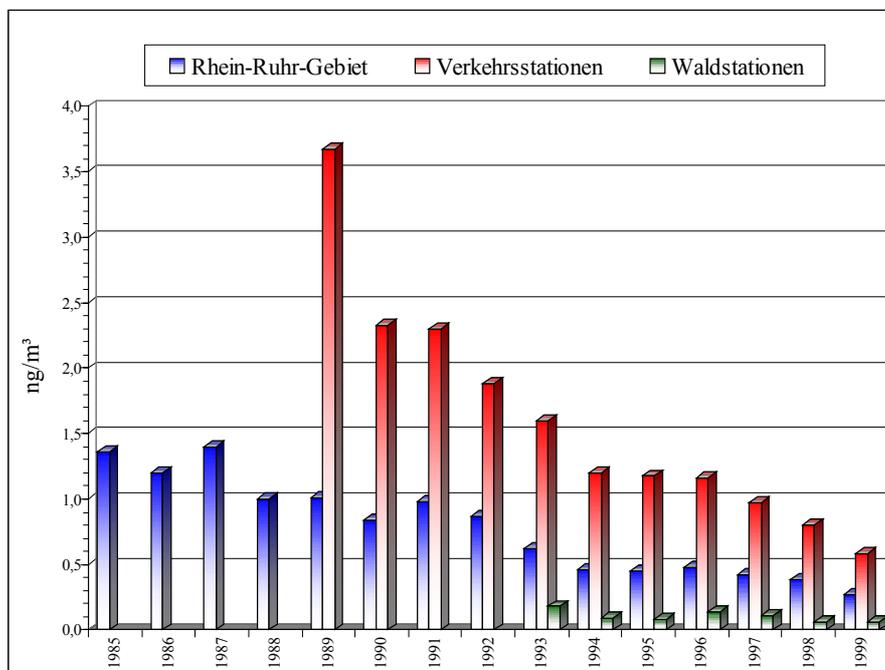


Abb. 4.11: Trend der Jahreskenngrößen: Coronen im Schwebstaub

4.3.2.3 Ruß

An den Verkehrsstationen hat die Rußkonzentration 1999 gegenüber 1998 weiter abgenommen. Damit wurde der Trend der letzten Jahre fortgesetzt. Die Jahresmittelwerte 1999 betragen $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Düsseldorf Corneliusstr. (1998: $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Düsseldorf-Mörsenbroich ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstation Essen Ruhrallee ($5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). An der Station Duisburg-Bruckhausen lag die Rußkonzentration 1999 bei $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit wieder etwas höher als im Vorjahr ($5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 4.11: Trend der Rußimmissionen (EC; Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stationen	1995	1996	1997	1998	1999
Verkehrsstationen					
Düsseldorf-Mörsenbroich	7,2	7,1	6,9	6,6	6,2
Düsseldorf/Corneliusstraße	8,4	8,3	7,1	7,0	6,5
Essen/Ruhrallee			6,1	5,9	5,5
Sondermessstationen					
Duisburg-Bruckhausen			7,6	5,0	5,6

4.3.2.4 Kohlenwasserstoffe

Die Tabellen 4.12 bis 4.14 zeigen für ausgewählte C_6 - C_9 -Kohlenwasserstoffe die Gesamtmittelwerte über alle Stationen im Rhein-Ruhr-Gebiet, wobei diese Stationen in den einzelnen Jahren nicht immer identisch waren. Ferner sind die Werte für Verkehrs- und Waldstationen enthalten.

Die Entwicklung der Konzentrationen von Benzol, Toluol und m+p-Xylol in allen Gebieten ist in den Abbildungen 4.12 bis 4.14 dargestellt.

Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass im Meßjahr 1986 die Konzentrationen erkennbar niedriger waren als 1981/82. Die Werte 1987/88 lagen jedoch wieder deutlich höher. Es folgte dann 1989 ein starker Rückgang der Konzentrationen, der sich 1990 weiter fortsetzte. 1991 wurde dieser Trend durch einen leichten Anstieg der Werte unterbrochen, während die nachfolgenden Daten bis 1995 ein weiteres Absinken der Immissionskonzentrationen anzeigen. Insgesamt ist von 1981/82 bis 1995 ein erheblicher Rückgang der Immissionsbelastung festzustellen. Die Werte der Jahre 1996 und 1997 liegen jedoch wieder höher als die der Vorjahres. Insbesondere die Unterschiede von 1996 und 1997 sollten jedoch nicht überinterpretiert werden, da mit dem Beginn des Jahres 1997 eine größere Zahl von Messstationen stillgelegt wurde. 1998 trat für Benzol und Toluol wieder ein erkennbarer Rückgang der Konzentrationen ein, während der Wert für m+p-Xylol praktisch unverändert blieb. 1999 gingen die Konzentrationen für alle Komponenten weiter zurück. Der Benzolwert für das Rhein-Ruhr-Gebiet ist mit $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der niedrigste Wert der ganzen Messreihe.

Deutlich anders ist die Situation an den Verkehrsmessstationen. 1996 war auch hier eine deutliche Konzentrationszunahme beobachtet worden. 1997 trat jedoch an den gleichen Stationen ein erheblicher Konzentrationsrückgang ein, der sich 1998 bzw. 1999 weiter deutlich fortsetzte. Die Werte der letzten zwei Jahre unterscheiden sich dabei nur geringfügig. Die Benzolwerte des Jahres 1999 liegen im Mittel der Verkehrsstationen um 70% unter denen des Jahres 1989.

An den Waldstationen sind eindeutige Trends nicht zu erkennen. Für Benzol und m+p-Xylol liegen die Jahresmittelwerte im allgemeinen unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bei Toluol zwischen 1 und $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabelle 4.12 : Trend der Benzolmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1981						8,8		
1982								
1983								
1984								
1985								
1986						6,2		
1987						7,4		
1988								
1989	1,10	1,31	1,19	19,7	30,9	4,8	25,3	1,20
1990	0,96	0,82	0,88	12,7	22,8	3,51	17,75	0,89
1991	1,10	0,93	1,00	11,8	21,3	3,64	16,55	1,01
1992	1,42	0,96	0,91	11,2	17,7	3,01	14,45	1,10
1993	0,75	0,89	0,81	8,85	15,5	2,75	12,18	0,82
1994	1,01	0,75	0,89	9,99	16,3	2,44	13,15	0,88
1995	0,57	0,87	0,64	7,15	11,1	2,39	9,13	0,69
1996	1,07	1,05	1,37	10,8	12,1	2,76	11,43	1,16
1997	0,97	0,78	0,61	5,71	12,1	2,89	8,92	0,79
1998	1,04	0,82	0,83	5,09	10,2	2,35	7,65	0,90
1999	0,85	0,68	0,72	5,25	9,85	2,04	7,55	0,75

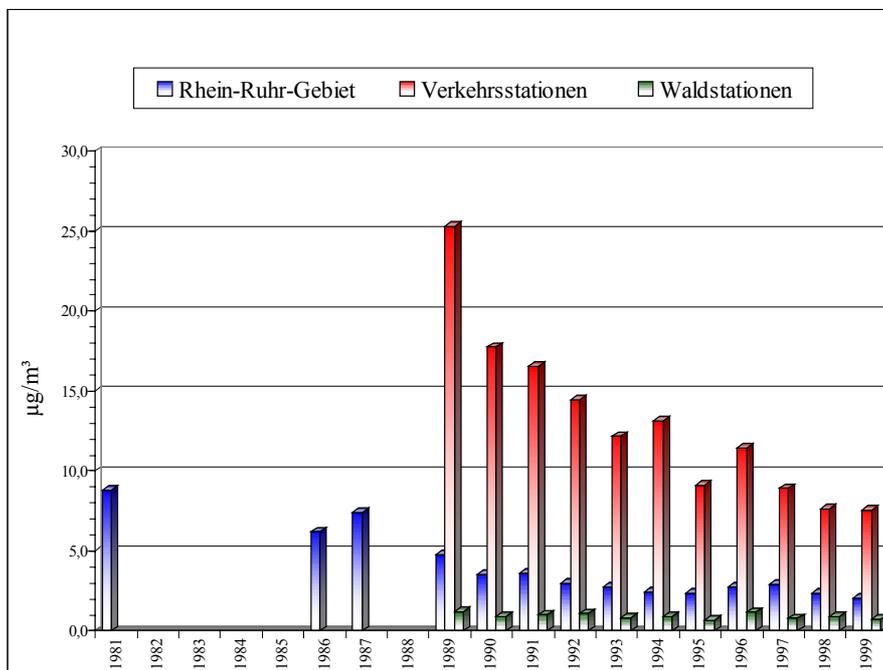


Abb. 4.12: Trend der Jahrekenngößen: Benzol

Tabelle 4.13: Trend der Toluolmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1981						15,5		
1982								
1983								
1984								
1985								
1986						14,1		
1987						16,2		
1988								
1989	1,90	1,77	1,80	53,99	80,34	10,7	67,17	1,83
1990	1,50	1,57	1,22	41,12	56,95	8,15	49,04	1,43
1991	2,13	1,78	1,63	35,07	57,86	8,64	46,46	1,84
1992	2,50	1,64	1,38	32,04	48,01	6,87	40,03	1,84
1993	1,34	1,72	1,29	25,22	45,40	6,62	35,31	1,45
1994	1,79	1,27	1,52	29,20	48,82	6,13	39,01	1,53
1995	1,16	1,26	1,14	22,61	32,97	6,21	27,79	1,19
1996	1,98	1,79	1,82	38,87	38,94	7,16	38,9	1,86
1997	1,66	1,38	0,92	17,78	34,04	7,25	25,91	1,32
1998	2,03	1,49	1,40	14,8	25,5	6,80	20,15	1,64
1999	1,59	1,15	1,17	14,6	26,8	6,70	20,7	1,30

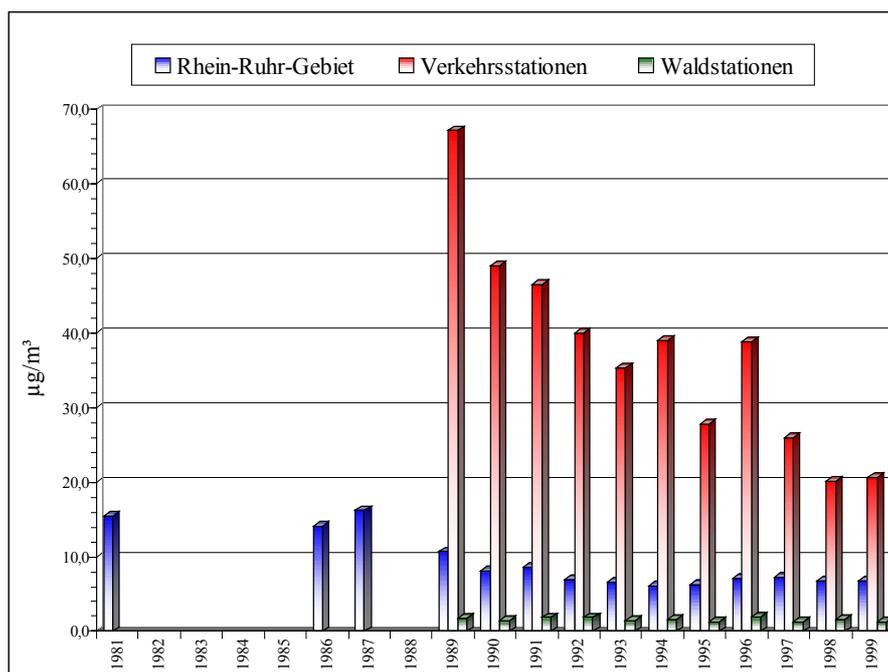


Abb. 4.13: Trend der Jahrekenngößen: Toluol

Tabelle 4.14: Trend der m+p-Xylolmissionen in verschiedenen Gebieten: Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Jahr	EGGE	EIFE	ROTH	VESN	VDDF	Rhein-Ruhr-Gebiet	Verkehrsstationen	Waldstationen
1981						6,7		
1982								
1983								
1984								
1985								
1986						6,4		
1987						10,5		
1988								
1989	0,94	0,80	1,18	32,03	49,64	6,50	40,84	0,97
1990	0,71	0,51	0,96	22,70	38,35	5,04	30,52	0,73
1991	1,07	0,70	0,89	21,51	34,08	5,52	27,79	0,89
1992	1,41	0,77	0,73	20,67	30,11	4,42	25,39	0,97
1993	0,73	1,02	0,74	13,31	25,81	3,94	19,56	0,83
1994	1,02	0,46	0,87	18,82	25,51	3,53	22,16	0,78
1995	0,64	0,68	0,64	12,12	15,65	3,26	13,89	0,65
1996	1,08	0,77	0,83	18,47	18,21	3,55	18,34	0,90
1997	0,90	0,63	0,63	7,90	15,81	3,77	11,86	0,72
1998	1,28	0,89	0,71	7,07	13,5	3,80	10,3	0,96
1999	0,87	0,48	0,72	7,57	13,9	3,18	10,7	0,69

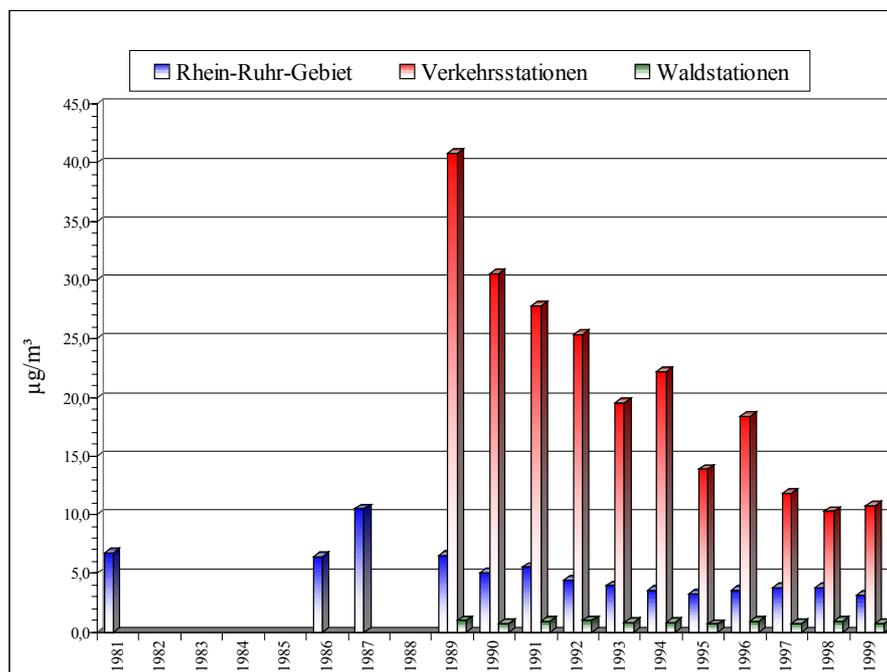


Abb. 4.14: Trend der Jahrekenngößen: m+p-Xylol

4.3.2.5 PCDD/PCDF

In Tabelle 4.15 und der dazugehörigen Abb. 4.15 sind die Jahresmittelwerte der PCDD-/PCDF-Außenluftkonzentrationen seit 1987 aufgelistet bzw. dargestellt. Für die 2,3,7,8-TCDD-Konzentrationen sind die Jahresmittelwerte in Tabelle 4.16 separat aufgelistet.

Tabelle 4.15: Jahresmittelwerte der PCDD/PCDF-Aussenluftkonzentration in NRW 1987/88 bis 1999 (fg I-TE/m³)

	1987/88	1991/92	1993/94	1994/95	1995/96	1997	1998	1999
Köln-Riehl	130		40	36	43			
Duisburg-Meiderich	332		124	95	106	83	66	42
Duisburg-Buchholz			151	139	130	126	59	33
Duisburg-Wanheim					608 ¹⁾	332	181	72
Duisburg-Walsum	240 ²⁾			62				
Essen-Altendorf	204		76	59	74	59		
Essen-Vogelheim						65	43	31
Dortmund-Mitte	224		120	79	90	66	52	39
Bottrop			125					
Düsseldorf-Mörsenbroich		42						
Borken		78						
Eifel		19						

1) Messzeitraum im Jahr 1995/96: 10 Monate 1/96 - 12/96 ausgenommen Aug. und Sept.

2) Messzeitraum 1988/89 statt 1987/88

Tabelle 4.16: Jahresmittelwerte der 2,3,7,8-TCDD-Konzentration in NRW 1987/88 bis 1999 (fg/m³)

	1987/88	1991/92	1993/94	1994/95	1995/96	1997	1998	1999
Köln-Riehl	4		2	1,1	2,1			
Duisburg-Meiderich	8		5	3	4,2	5	1,7	1,4
Duisburg-Buchholz			6	5,6	5,9	7	1,8	1,2
Duisburg-Wanheim					24,3 ¹⁾	16	5	2,4
Duisburg-Walsum	10 ²⁾			2,7				
Essen-Altendorf	7		3	2,4	2,6	2,5		
Essen-Vogelheim						2,8	1,8	1,3
Dortmund-Mitte	9		4	2,2	3,8	3,4	2,1	1,1
Bottrop			3					
Düsseldorf-Mörsenbroich		3						
Borken		4						
Eifel		2						

1) Messzeitraum im Jahr 1995/96: 10 Monate 1/96 - 12/96 ausgenommen Aug. und Sept.

2) Messzeitraum 1988/89 statt 1987/88

An allen Stationen ist ein Rückgang der Immissionskonzentration gegenüber dem Vorjahr festzustellen. Die Messungen in Duisburg-Wanheim erfolgten in direkter Nachbarschaft (Entfernung < 500 m) zu Metallrecycling Anlagen. Die betrachteten Anlagen wurden Ende 1997 mit Aktivkohlefiltern ausgerüstet. Primärmaßnahmen reduzierten die Immissionskonzentrationen 1997 auf 332 fg I-TE/m³ gegenüber 608 fg I-TE/m³ in 1996. Bis 1999 ist eine weitere Reduktion auf 72 fg I-TE/m³ zu verzeichnen. Dies entspricht einer Reduktion auf 11% der Konzentration von 1996.

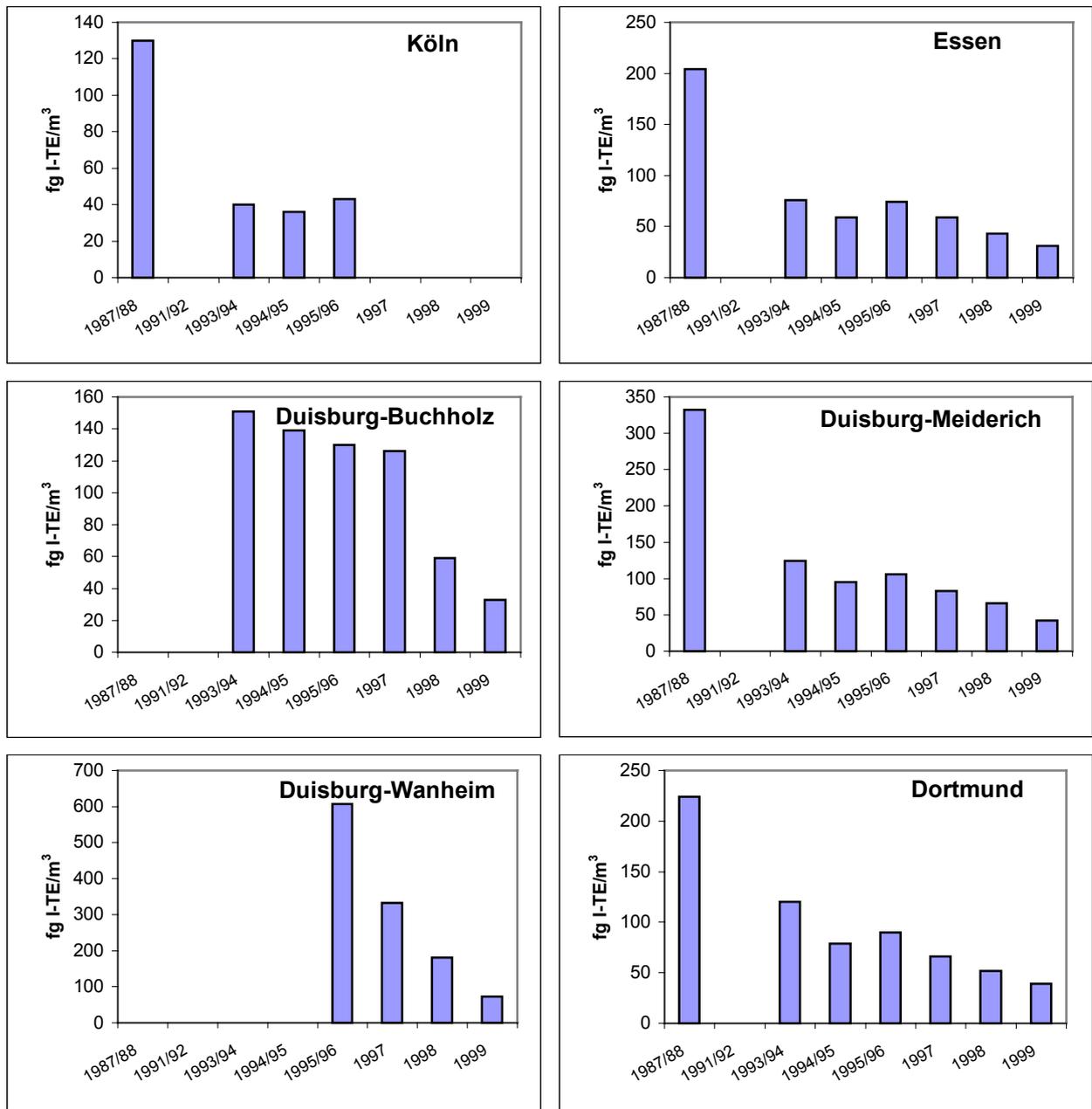


Abb. 4.15: Rückgang der PCDD/PCDF-Konzentration in der Außenluft in NRW von 1987/88 bis 1999.

4.3.2.6 PCB

In Tabelle 4.17 und der dazugehörigen Abb. 4.16 sind die Jahresmittelwerte der PCB-Außenluftkonzentrationen seit 1991 aufgelistet bzw. dargestellt.

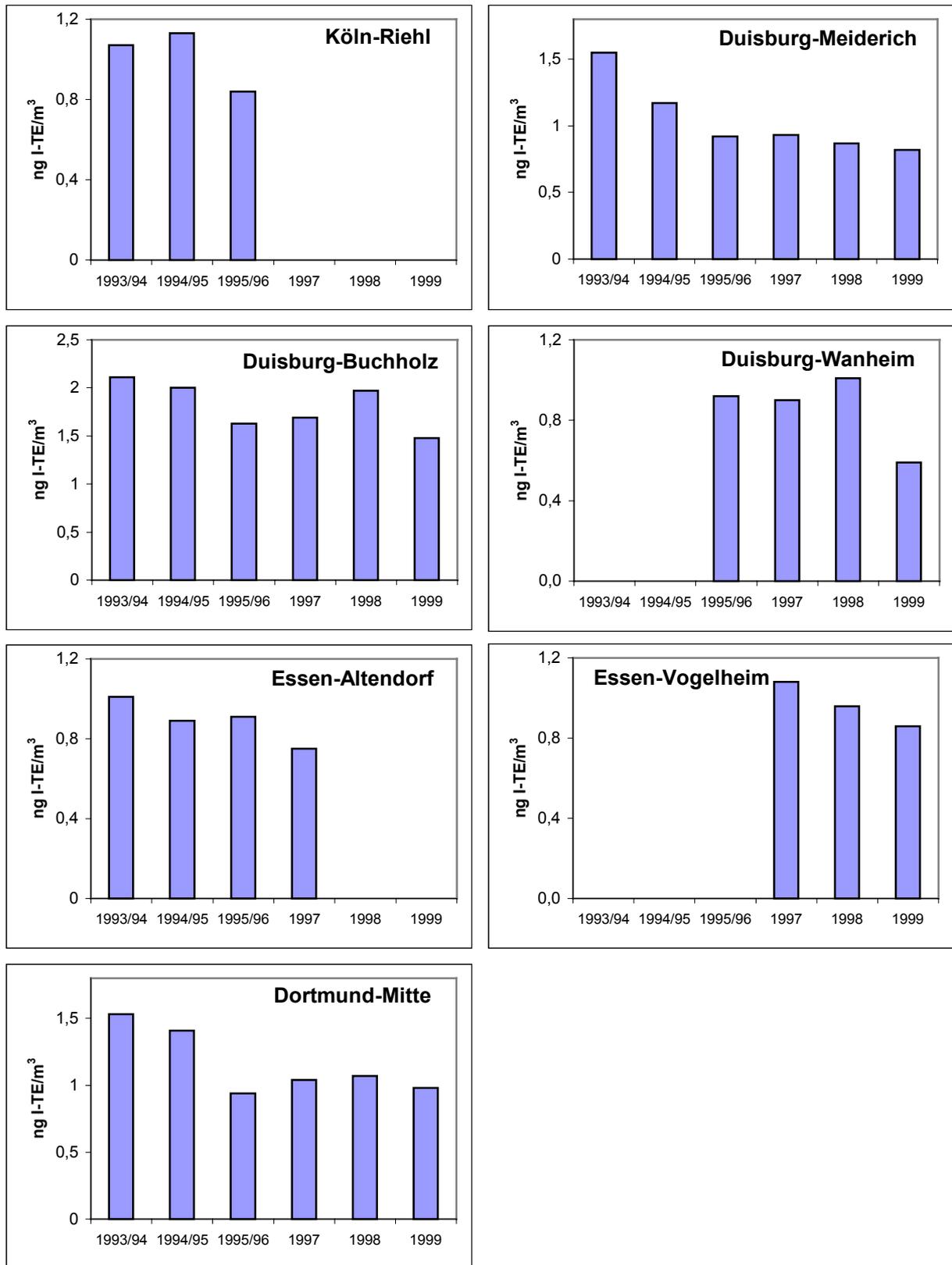


Abb. 4.16: Entwicklung der PCB-Konzentration in der Außenluft in NRW von 1993/94 bis 1999.

**Tabelle 4.17: Jahresmittelwerte der polychlorierten Biphenyle (PCB) in NRW 1991 bis 1999
(Summe der Tri- bis Decachlorbiphenyle in ng/m³)**

	1991/92	1993/94	1994/95	1995/96	1997	1998	1999
Köln-Riehl		1,07	1,13	0,84			
Duisburg-Meiderich		1,55	1,17	0,92	0,93	0,87	0,82
Duisburg-Buchholz		2,11	2	1,63	1,69	1,97	1,48
Duisburg-Wanheim				0,92 ¹⁾	0,9	1,01	0,59
Duisburg-Walsum			0,68	0,46 ²⁾			
Essen-Altendorf		1,01	0,89	0,91	0,75		
Essen-Vogelheim					1,08	0,96	0,86
Dortmund-Mitte		1,53	1,41	0,94	1,04	1,07	0,98
Bottrop		0,89					
Düsseldorf-Mörsenbroich	0,43						
Borken	0,31						
Eifel	0,11						

1) Messzeitraum im Jahr 1995/96: 10 Monate 1/96 - 12/96 ausgenommen Aug. und Sept.

2) Messzeitraum November '95 bis Februar '96

Die Jahresmittelwerte der PCB stagnieren seit 1993/94 auf einem niedrigen Niveau bzw. zeigen einen leichten Abwärtstrend.

Literaturverzeichnis

- [1] Berichte über die Luftqualität in Nordrhein-Westfalen.
LUQS - Jahresbericht 1997
Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen 1999
- [2] VDI 3786, Blatt 1:
Umweltmeteorologie; Meteorologische Messungen; Grundlagen; 11/1995.
- [3] VDI 3786, Blatt 16:
Umweltmeteorologie; Messen des Luftdrucks; 9/1996.
- [4] VDI 3786, Blatt 3:
Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Lufttemperatur; 7/1985.
- [5] VDI 3786, Blatt 7:
Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Niederschlag; 7/1985.
- [6] VDI 3786, Blatt 4:
Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Luftfeuchte; 7/1985.
- [7] VDI 3786, Blatt 5:
Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Globalstrahlung, direkte Sonneneinstrahlung und Strahlungsbilanz; 8/1986.
- [8] VDI 3786, Blatt 2:
Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhalteung; Wind; 7/1988.
- [9] VDI 2463, Blatt 4:
Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft; LIB-Filterverfahren; 12/1976.
- [10] VDI 2465, Blatt 1:
Messen von Ruß (Immissionen); Chemisch-analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes; 12/1996.
- [11] H.-U. PFEFFER, L. BREUER, K. ELLERMANN:
Validierung von Passivsammlern für Immissionsmessungen von Kohlenwasserstoffen
Materialien Nr. 46
Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen,
Essen 1998, 95 Seiten (ISSN 0947-5206)

- [12] H.-U. PFEFFER, L. BREUER:
 BTX-Measurements with diffusive samplers in the vicinity of a cokery:
 Comparison between ORSA Type samplers and pumped sampling
 Journal of Environmental Monitoring, 2000, 2, 483-486
- [13] VDI 3482, Blatt 4:
 Messen gasförmiger Immissionen; Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen mit Kapillarsäulen, Probenahme durch Anreicherung an Aktivkohle, Desorption mit Lösemitteln; 11/1984.
- [14] VDI 3498, Blatt 1:
 Messen von Immissionen; Messen von Innenraumluft; Messen von polychlorierten Dibenzop-dioxinen und Dibenzofuranen - LIB-Verfahren; 1/1993 (Entwurf).
- [15] Kutz, F.W., D.G. Barnes, D.P. Bottimore, H. Greim und E.W. Bretthauer:
 The international toxicity equivalency factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds; Chemosphere 20, S. 751-757; 1990.
- [16] Sachstand Dioxine; Umweltbundesamt, 1985; Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- [17] Ballschmitter, K. und M. Zell:
 Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography; Fresenius Z. Anal. Chem. 302, S. 20-31, 1980.
- [18] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 163/41 vom 29.06.1999
- [19] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft
 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 313/12 vom 13.12.2000
- [20] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA Luft) vom 27.02.1986
 Gemeinsames Ministerialblatt, Nr. 7 (1986) S. 95 ff.
 Hrsg.: Bundesminister des Inneren
- [21] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte – 22. BImSchV) vom 26.10.1993
 Bundesgesetzblatt 1993, S. 1819-1820
 Verordnung zur Änderung der Verordnung über Immissionswerte vom 27.05.1994
 Bundesgesetzblatt 1994, S. 1095-1096

- [22a] VDI-Richtlinie 2310 Blatt 19:
Maximale Immissions-Konzentrationen für Schwebstaub
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1992
- [22b] VDI-Richtlinie 2310 Blatt 11:
Maximale Immissions-Konzentrationen für Schwefeldioxid
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984
- [22c] VDI-Richtlinie 2310 Blatt 12:
Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid
VDI-Verlag, Düsseldorf 1985
- [22d] VDI-Richtlinie 2310 Blatt 15:
Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon (und photochemische Oxidantien)
VDI-Verlag, Düsseldorf 1987
- [22e] VDI-Richtlinie 2310
Maximale Immissions-Werte
VDI-Verlag, Düsseldorf 1974
- [23] Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen
Entwicklung von "Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen"
im Auftrag der Umweltministerkonferenz
LAI - Länderausschuss für Immissionsschutz
Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1992
- [24] Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des
Bundes-Immissionsschutzgesetzes
(Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV)
- [25] Durchführung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft
Ministerialblatt NW, Nr. 35 vom 10. Juni 1999, S. 666
- [26] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Jahresbericht '99
Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen 2000
- [27] DWD, 1999: *Wöchentlicher Monatsbericht für Nordrhein-Westfalen*
Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung des DWD Essen, Jahrgang 25, Nummer 39