

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 42 261  
UBA-FB 000537



## **Feststellung und Bewertung von Immissionen**

**- Leitfaden zur  
Immissionsüberwachung  
in Deutschland -**

**3. Auflage**

von

**Dipl.-Ing. Dieter Eickelpasch  
Dipl.-Ing. Georg Eickelpasch**

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist auch als Download unter  
<http://www.umweltbundesamt.de>  
verfügbar.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr  
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie für  
die Beachtung privater Rechte Dritter.  
Die in der Studie geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel.: 030/8903-0  
Telex: 183 756  
Telefax: 030/8903 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 6.4  
Dr. Joachim Abshagen

Berlin, Februar 2004

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Aufgaben bei Immissionsmessungen	3
3.	Gesetzliche Grundlagen	5
3.1	Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften	5
3.2	Bundes-Immissionsschutzgesetz	7
3.3	Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft (22. BImSchV)	9
3.4	Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV)	9
3.5	Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen (33. BImSchV)	10
3.6	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	11
3.7	Vierte Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz	12
3.8	Smogverordnungen	12
4.	Messplanung	13
4.1	Begriffe	13
4.1.1	Beurteilungspunkte	13
4.1.2	Messstellendichte/Mindestzahl von Probenahmestellen	14
4.1.3	Probenahmedauer/Mittelungszeitraum	14
4.1.4	Dauer eines Messprogramms	15
4.1.5	Probenahmezeiten	15
4.1.5.1	Jahreszeit	15
4.1.5.2	Tageszeit/Wochentage	16
4.1.6	Messhäufigkeit	16
4.2	Messvorschriften (Messpläne) in der Bundesrepublik Deutschland	17
4.2.1	Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften	18
4.2.2	22. BImSchV	22
4.2.2.1	Messung von Schwefeldioxid	26
4.2.2.2	Messung von Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden	27
4.2.2.3	Messung von Schwebstaub und Partikeln	27
4.2.2.4	Messung von Blei	28
4.2.2.5	Messung von Benzol	29
4.2.2.6	Messung von Kohlenmonoxid	29
4.2.3	23. BImSchV	30
4.2.4	33. BImSchV	30
4.2.4.1	Messung von Ozon	31
4.2.5	TA Luft	32
4.2.6	4. BImSchVwV	34

4.3	Emissionsquellenbezogene Messungen	35
4.4	Messnetze in der Bundesrepublik Deutschland	36
5.	Auswertung, Beurteilung, Dokumentation	40
5.1	Kenngrößen zur Beurteilung von Immissionen	40
5.2	Technische Durchführung von Auswertungen	41
5.3	Vorschriften zur Auswertung von Immissionsmessungen	42
5.3.1	EU-Richtlinien	42
5.3.2	22. BImSchV	43
5.3.2.1	Grenzwerte und Immissionswerte	43
5.3.2.2	Alarmschwellen	47
5.3.2.3	Beurteilungsschwellen	47
5.3.2.4	Datenqualitätsziele	47
5.3.3	23. BImSchV	48
5.3.4	33. BImSchV	48
5.3.4.1	Immissionswerte, Zielwerte und langfristige Ziele, Informations- und Alarmschwellen	48
5.3.4.2	Datenqualitätsziele	49
5.3.5	TA-Luft	50
5.3.6	4. BImSchVwV	54
5.3.7	Beurteilungsmaßstäbe des LAI	55
5.3.7.1	Kanzerogene Luftverunreinigungen	55
5.3.7.2	Geruchsschwellenwerte	56
5.4	Messberichte	58
6.	Messprinzipien und Messverfahren	61
6.1	Kontinuierliche Messungen	62
6.1.1	Eignungsprüfungen	62
6.1.2	Messprinzipien	65
6.1.2.1	Leitfähigkeitsmessung (Konduktometrie)	66
6.1.2.2	Chemilumineszenz-Messung	67
6.1.2.3	UV-Fluoreszenz-Messung	68
6.1.2.4	Messung durch nicht dispersive Infrarot- Absorption und durch Glasfilterkorrelation	69
6.1.2.5	Messung der UV-Absorption	70
6.1.2.6	Messung der Flammenionisation	72
6.1.2.7	Optische Fernmessung	73
6.1.2.8	Automatisierte Gaschromatographie	74
6.1.2.9	Messung der Betastrahlenabsorption	74
6.1.2.10	Messung der Schwingung eines staubeladenen Filters (Staubwaage)	75

6.2	Diskontinuierliche Messungen	76
6.2.1	Probenahme	76
6.2.2	Analyse von anorganischen Gasen	80
6.2.2.1	Photometrische Verfahren	80
6.2.2.2	Andere Verfahren	82
6.2.3	Analyse von organischen Gasen	82
6.2.4	Messung von Schwebstaub und Partikeln (PM10)	84
6.2.5	Messung von schwarzem Rauch (Black-Smoke-Methode)	88
6.2.6	Messung von Korngrößen	88
6.2.7	Messung ultrafeiner Partikel/Nanopartikeln	89
6.2.8	Messung von Staubniederschlag	91
6.2.9	Messung von Staubinhaltsstoffen	92
6.2.9.1	Metalle	92
6.2.9.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	94
6.2.9.3	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane	94
6.2.9.4	Anionen	95
6.2.9.5	Ruß	95
6.2.10	Messung von Asbest und anorganischen Fasern	96
7.	Qualitätssicherung	97
7.1	Messplanerische Vorgaben	97
7.2	Einsatz standardisierter Messverfahren	98
7.2.1	Standardisierung von Messverfahren als VDI-Richtlinien oder Normen	98
7.2.2	Eignungsgeprüfte Messgeräte	98
7.2.3	Referenzverfahren, Äquivalenzverfahren und Kalibrierverfahren	99
7.3	Fachkompetenzermittlung und –bestätigung durch Bekanntgabe und Akkreditierung	99
7.4	Qualitätskontrolle der Laboratorien	101
7.4.1	Ringversuche	101
7.4.2	Qualitätsmanagementsysteme	102
8.	Zusammenfassung	104
	Literaturverzeichnis	105
Anhang 1:	Rechts- und Verwaltungsvorschriften	115
1.	Auszug aus dem BImSchG	116
2.	Auszug aus der TA Luft	120
3.	4. BImSchVwV	126

Anhang 2:	VDI-Richtlinien und Normen zur Immissionsmessung	
	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN	131
	Alphabetisches Substanzregister	133
	VDI-Richtlinien zur Immissionsmessung	136
	Normen zur Immissionsmessung	156
Anhang 3:	Eignungsgeprüfte Messgeräte	159
	Eignungsgeprüfte, kontinuierlich arbeitende Immissionsmessgeräte	161
	Zusammenstellung der im Anhang 3 beschriebenen Messgeräte	165
	Alphabetisches Verzeichnis der beschriebenen Messgeräte	166
Stichwortverzeichnis		249

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Ambl	Amtsblatt
AOT	Accumulation over threshold
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum BImSchG
BImSchVwV	Verwaltungsvorschrift zum BImSchG
BMU	Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CEN	Comité Européen de Normalisation
DIN	Deutsches Institut für Normung
EC	European Communities (EG)
ENV	Europäische Vornorm
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FDIS	Final Draft International Standard
FID	Flammen-Ionisations-Detektor
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
IEC	Internationale elektrotechnische Kommission
ISO	Internationale Standardisierungsorganisation
IUAPPA	International Union of Air Pollution Prevention Associations
LAI	Länderausschuß für Immissionsschutz
LIS	Landesanstalt für Immissionsschutz NRW, Essen
LUA NRW	Landesumweltamt NRW, Essen
MEZ	Mitteuropäische Zeit
MIK	Maximale Immissionskonzentration (VDI)
NDIR	Nichtdispersive Infrarotabsorption
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NRW	Nordrhein-Westfalen
PM	Particulate Matter
QM	Qualitäts-Management

TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TCM	Tetrachlormercurat
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance
TSP	Total Suspended Particulate Matter
TÜV	Technischer Überwachungsverein
UBA	Umweltbundesamt
UMEG	Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen, Karlsruhe
UMK	Umweltministerkonferenz
UV	Ultraviolett
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WRAC	Wide Range Aerosol Classifier

### **Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Symbole**

a	Jahr
d	Tag
fg	Femtogramm, $10^{-15}$ g
h	Stunde
K	Kelvin
kPa	kilopascal
ng	Nanogramm, $10^{-9}$ g
pg	Picogramm, $10^{-12}$ g
ppb	parts per billion (Teile pro Milliarde), $\text{mm}^3/\text{m}^3$
ppm	parts per million (Teile pro Million), $\text{cm}^3/\text{m}^3$
$\mu\text{g}$	Mikrogramm, $10^{-6}$ g
$S_D$	Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
$S_w$	Standardabweichung unter Wiederholbedingungen
$S_{\text{rel}}$	relative Standardabweichung
$\bar{x}$	mittlere Konzentration

## **1. Einleitung**

Die Messtechnik ist ein wesentliches Instrument zur Beurteilung der Luftqualität und von Maßnahmen zur Luftreinhaltung. Sie dient der Erfassung luftfremder Stoffe am Ort ihres Entstehens (Emissionen) und an den Orten Ihrer Wirkung (Immissionen). Beide messtechnischen Arbeitsrichtungen ergänzen sich bei der Überwachung der Einhaltung von Vorschriften zur Luftreinhaltung.

Für die Messung von Emissionen gab das Umweltbundesamt einen „Leitfaden zur kontinuierlichen Emissionsüberwachung“ heraus, der bereits mehrfach aktualisiert /1/ und ins Englische übersetzt wurde /2/. Der Erfolg der zweisprachigen Darstellung führte zur Herausgabe einer Darstellung der in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzten Verfahren, Methoden und Geräte zur Messung von Immissionen, der zusätzliche Angaben über diskontinuierliche Verfahren, über die Messplanung und über die Bewertung von Immissionsmessdaten enthält. Der Ende 1992 erstmalig vorgelegte „Leitfaden zur Immissionsüberwachung in Deutschland“ und seine englische Übersetzung wurden 1997 aktualisiert /3, 4/.

Neue, insbesondere durch die Umsetzungsverpflichtung von Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften initiierte rechtliche Entwicklungen sowie technischer und analytischer Fortschritt veranlassten eine neue und aktualisierte Auflage des Leitfadens.

Die Immissionsmessung wird in der Bundesrepublik Deutschland in Normen und Richtlinien des Handbuchs Reinhaltung der Luft dargestellt /5/, die von der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN erarbeitet werden.

Die Kommission Reinhaltung der Luft veranstaltete 1986, 1990, 1993, 1996, 1999 und 2002 mehrtägige wissenschaftliche Kolloquien über aktuelle Aufgaben der Messtechnik in der Luftreinhaltung, deren Beiträge auch in Buchform veröffentlicht wurden /6-11/. Auch sei auf einige (z. T. ältere) Fachbücher verwiesen /12-17/.

Der vorliegende Leitfaden lehnt sich inhaltlich an die zweite Auflage an und behandelt vorrangig die stoffbezogene Außenluftüberwachung im Rahmen des Immissionsschutzes.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über die grundsätzlichen Aufgaben bei Immissionsmessungen und benennt die behandelten Themenbereiche.

In Kapitel 3 werden die für die Immissionsüberwachung in Deutschland relevanten gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerke in Ihren Grundzügen erläutert.

Die in ihnen enthaltenen Anforderungen bezüglich der Immissionsüberwachung werden in Kapitel 4 (Messplanung) und Kapitel 5 (Auswertung, Beurteilung und Dokumentation) näher spezifiziert. Auszüge aus den Originaltexten sind im Anhang 1 angefügt.

Der messtechnische Teil des Leitfadens (Kapitel 6, Anhang 2 und Anhang 3) gibt einen Überblick über die in Deutschland üblichen Messverfahren. Die zugehörigen DIN- Normen und VDI-Richtlinien sind in Anhang 2 dargestellt, der Anhang 3 beschreibt aktuell lieferbare (Stand: September 2003) eignungsgeprüfte Messgeräte zur kontinuierlichen Immissionsüberwachung.

Kapitel 7 beschreibt die aktuellen Regelungen zur Qualitätssicherung, Kapitel 8 gibt eine abschließende inhaltliche Zusammenfassung des Leitfadens.

## 2. Aufgaben bei Immissionsmessungen

Die Aufgaben bei Immissionsmessungen lassen sich grundsätzlich folgendermaßen unterteilen:

- gebiets- bzw. ortsbezogene Messungen
- anlagenbezogene Messungen
- objekt- bzw. wirkungsbezogene Messungen

Gebiets- bzw. ortsbezogene Messungen dienen der Bestimmung der Belastung von Gebieten und damit der dortigen Bevölkerung, der Vegetation oder von Sachgütern durch luftfremde Stoffe und Schadstoffdepositionen.

Anlagenbezogene Messungen sollen die von einer oder mehreren Emittenten verursachten Luftverunreinigungen ermitteln.

Beispiele für objekt- bzw. wirkungsbezogenen Messungen sind:

- Personenbezogene Messungen, die Untersuchungen über die Wirkung von luftfremden Stoffen auf die menschliche Gesundheit dienen. Die Probenahmen werden in der Regel mit tragbaren Geräten am Menschen vorgenommen. Das Problem dieser Messtechnik liegt vor allem in relativ hohen Nachweisgrenzen, die eine recht lange Probenahmedauer erfordern. Auf diese nicht zur üblichen Luftüberwachung im Rahmen des Immissionsschutzes, sondern zur Forschung im Bereich des Gesundheitsschutzes zu zählende Arbeitsrichtung wird im folgenden nicht näher eingegangen.
- Olfaktometrie (Geruchsmessung)
- Verfahren der standardisierten Flechtenexposition zur Ermittlung und Bewertung phytotoxischer Immissionen
- Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (VDI 3957)
- Bestimmung von Immissions-Raten (zur Ermittlung von Wirkungen auf Materialien; VDI 3792)

Der vorliegende Leitfaden bezieht sich vorrangig auf die Messung und Beurteilung von Immissionen in der Umgebungsluft und Schadstoffdepositionen, also auf gebiets- bzw. ortsbezogene und anlagenbezogene Messungen.

Spezielle Ziele bei Immissionsmessungen, die sich den oben genannten Grundmustern zuordnen lassen, sind im folgenden aufgeführt:

- Prüfung der Einhaltung von Immissionsgrenzwerten
- Kontrolle der Wirksamkeit von Luftreinhaltemaßnahmen
- Kalibrierung und Prüfung von Ausbreitungsrechnungen für Schadstoffe in der Atmosphäre
- Verfolgung des zeitlichen Trends von Immissionskonzentrationen
- Untersuchungen über den Transport von Luftverunreinigungen

In der Praxis der Luftuntersuchung werden mit Messprogrammen oft mehrere dieser Ziele verfolgt. Die geschilderten Aufgaben stellen sich mit unterschiedlicher Häufigkeit sowohl bei zeitlich begrenzten Untersuchungs- und Forschungsprogrammen als auch bei fortlaufenden, zeitlich nicht begrenzten Messprogrammen.

### **3. Gesetzliche Grundlagen**

#### **3.1 Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften**

Die Europäische Union verabschiedete Ende 1996 die Richtlinie 96/62/EG über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität /18/ und hat damit den Rahmen für die künftige Rechtsentwicklung im Bereich der Luftqualität geschaffen.

Diese sog. Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie verfolgt insbesondere vier Ziele:

- die Definition und Festlegung von Luftqualitätszielen
- die Beurteilung der Luftqualität in den Mitgliedsstaaten anhand einheitlicher Methoden und Kriterien
- die Verfügbarkeit von sachdienlichen Informationen über die Luftqualität und die Unterrichtung der Öffentlichkeit anhand von Alarmschwellen
- den Erhalt guter Luftqualität und die Verbesserung der Luftqualität, wo dies nicht der Fall ist

Sie enthält selbst keine Grenzwerte oder Messverfahren, sondern nennt vorrangig zu betrachtende Luftschadstoffe, für die Einzelregelungen in sogenannten Tochterrichtlinien getroffen werden.

Der derzeitige Stand der Erarbeitung von EU-Tochterrichtlinien ist im folgenden beschrieben:

##### 1. Tochterrichtlinie

Richtlinie 1999/30/EG über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft /19/

##### 2. Tochterrichtlinie

Richtlinie 2000/69/EG über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft /20/

##### 3. Tochterrichtlinie

Richtlinie 2002/3/EG über den Ozongehalt der Luft /21/

##### 4. Tochterrichtlinie

Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Umgebungsluft – Entwurf /22/

Umsetzungstermine für die Tochterraichtlinien waren der 19. Juli 2001 (1. Tochterraichtlinie), der 13.12.2002 (2. Tochterraichtlinie); die dritte Tochterraichtlinie war bis zum 09.09.2003 in nationales Recht umzusetzen.

Die Erfüllung der Umsetzungsverpflichtung machte 2002 Novellierungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes /23/, der TA Luft /24/ und der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes /25/ erforderlich. Mit Umsetzung der 3. Tochterraichtlinie durch Einführung der Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen (33. BImSchV) /26/ wird die 23. BImSchV /27/ außer Kraft gesetzt und die 22. BImSchV erneut novelliert.

Neben den o.g. Tochterraichtlinien haben noch einige ältere EU-Richtlinien /28, 29, 30/ mit Regelungen zur Immissionsüberwachung übergangsweise Gültigkeit. Daher sind die derzeitigen Rechtsvorschriften bezüglich der Immissionsüberwachung von einem Übergangscharakter geprägt.

Die zweite Generation der EU-Richtlinien erfordert in den Mitgliedsstaaten (in Deutschland wegen der Regelung der Zuständigkeit auch in den Ländern) eine Neuausrichtung der Immissionsüberwachung und der Luftreinhalteplanung.

Schwerpunktkriterien hierbei sind:

- deutlich verschärfte Grenzwerte durch Orientierung an den wirkungsbezogenen Grenzwerten der Weltgesundheitsorganisation WHO
- umfangreiche Maßnahmenpläne zur Luftreinhaltung
- umfassende Öffentlichkeitsinformation
- gesteigerte Anforderungen an Qualität und Qualitätssicherungssystem für Luftgütedaten

In Abstimmung zwischen dem Umweltbundesamt Berlin und den Ländern war gemäß Artikel 5 der Rahmenrichtlinie eine sogenannte Ausgangsbeurteilung der Luftqualität durchzuführen.

Das Ziel der Ausgangsbeurteilung besteht in der Ermittlung ortsbezogener Immissionsbelastungen in den Mitgliedstaaten nach einheitlichen Kriterien und Vorschriften sowie nachfolgender Ausweisung von Gebieten unterschiedlicher Kategorien von Immissionsbelastungen.

Entsprechend den Ergebnissen der Ausgangsbeurteilung wird die Immissionsüberwachung vorgeschrieben. Einzelheiten hierzu finden sich in Kapitel 4.

## 3.2 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Das maßgebende Gesetz zur Luftreinhaltung in der Bundesrepublik Deutschland ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) /23/.

Die Regelungen des Gesetzes betreffen praktisch alle Bereiche des Immissionsschutzes. Die die Immissionsüberwachung betreffenden Bestimmungen sind im Anhang 1 zusammengestellt.

Das 7. Gesetz zur Änderung des BImSchG vom 11.09.2002 /31/ dient u.a. der Umsetzung der einschlägigen EU-Richtlinien zur Immissionsüberwachung. Der fünfte Teil des BImSchG wurde ergänzt; die bisherigen Regelungen zur Luftreinhalteplanung wurden den neu eingefügten Vorschriften angepasst.

Das BImSchG ermächtigt den Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie die Landesregierungen bzw. die zuständigen Minister bzw. Senatoren der Länder zum Erlass von Rechtsverordnungen und Allgemeinen Verwaltungsvorschriften. Diese werden zum Teil im folgenden behandelt, soweit sie die Immissionsüberwachung betreffen: die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft /24/, die 22., 23. und 33. Verordnung zum BImSchG /25, 26, 27/, und die 4. Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten /33/.

Nach dem BImSchG

- kann die zuständige Behörde die Durchführung von Immissionsmessungen im Einwirkungsbereich einer Anlage anordnen, wenn schädliche Umwelteinwirkungen durch diese Anlage befürchtet werden (§ 26 BImSchG),
- kann die zuständige Behörde bei genehmigungsbedürftigen Anlagen nach der Inbetriebnahme oder einer Änderung im Sinne der §§ 15 oder 16 BImSchG und sodann nach Ablauf von jeweils 3 Jahren Immissionsmessungen anordnen (§ 28 BImSchG),
- kann die zuständige Behörde statt oder neben Einzelmessungen nach §§ 26 und 28 BImSchG kontinuierliche Immissionsmessungen unter Verwendung aufzeichnender Messgeräte anordnen (§ 29 BImSchG),
- können die zuständigen Straßenverkehrsbehörden den Kraftfahrzeugverkehr verbieten oder beschränken (§ 40 BImSchG), wenn Luftreinhalte- oder Aktionspläne (nach § 47 Abs. 1 oder 2) dies vorsehen oder wenn der Kraftfahrzeugverkehr zur Überschreitung von in Rechtsverordnungen nach § 48 Abs. 1a festgelegten Grenzwerten beiträgt,

- ist die Luftqualität durch die zuständigen Behörden mittels regelmäßiger Untersuchungen nach den Anforderungen der Rechtsverordnungen nach § 48a (s.u.) zu überwachen, Untersuchungsgebiete werden durch die Landesregierungen oder durch von ihnen bestimmte Stellen festgelegt (§ 44 BImSchG),
- ergreifen die zuständigen Behörden die erforderlichen Maßnahmen zur Einhaltung der durch Rechtsverordnungen nach § 48a (s.u.) festgelegten Immissionswerte (§ 45 BImSchG),
- ist die Öffentlichkeit über die Luftqualität zu informieren (§ 46a BImSchG), Überschreitungen von in Rechtsverordnungen nach 48a Abs.1 festgelegten Alarmschwellen sind der Öffentlichkeit von der zuständigen Behörde unverzüglich bekannt zu geben,
- hat die zuständige Behörde bei Überschreitung von in Rechtsverordnungen nach § 48a Abs. 1 festgelegten Kenngrößen Luftreinhaltepläne bzw. Aktionspläne zu erstellen, die der Öffentlichkeit zugänglich sein müssen. (§ 47 BImSchG),
- ist die Bundesregierung ermächtigt, zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften mit Zustimmung des Bundesrates Rechtsverordnungen über die Festsetzung von Immissionswerten und der Verfahren zu ihrer Ermittlung, Überwachung und Messung zu erlassen (§ 48 a BImSchG). Der Bundestag ist zu beteiligen (§ 48 b BImSchG).

Die die Immissionsüberwachung betreffenden Auszüge aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz sind im Anhang 1 zusammengestellt.

### **3.3 Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft (22. BImSchV)**

Die Novelle der zweiundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes /25/ vom 11.09.2002 setzt - neben übergangsweise fortgeltenden EU-Luftqualitätsrichtlinien /28, 29/ - die Rahmenrichtlinie /18/ und die erste und zweite Tochterrichtlinie /19, 20/ unter Festlegung entsprechender Immissionswerte und zeitlich gestaffelter Toleranzmargen in deutsches Recht um. Bei der Luftqualitätsüberwachung ist das gesamte Staatsgebiet flächendeckend zu beurteilen, bei der Überschreitung von Immissionsgrenzwerten sind Maßnahmenpläne, bei der Überschreitung von Alarmschwellen sind Aktionspläne aufzustellen, die Öffentlichkeit ist so aktuell wie möglich zu informieren.

Für die Beurteilung der Luftqualität werden anhand von Beurteilungsschwellen unterschiedliche Verfahren (Messung, Modellrechnungen oder Schätzverfahren) zugelassen (s. Kapitel 4.2.).

In der Anlage 5 sind in der Verordnung Regelungen bezüglich Referenzmethoden für die Beurteilung der Konzentration von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Partikeln (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>), Blei, Benzol und Kohlenmonoxid getroffen.

### **3.4 Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV)**

Die Verordnung betraf Luftverunreinigungsspitzen an Verkehrswegen. Sie trat am 01.03.1997 in Kraft. Bei Überschreitungen bestimmter Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid, Ruß und Benzol war zu prüfen, ob der Verkehr nach dem 1990 eingeführten § 40 Abs. 2 des BImSchG (inzwischen neugefasst /31/) in bestimmten Strassen zu beschränken oder zu verbieten ist.

Die Verordnung wird im Zuge der Umsetzung der 3. Tochterrichtlinie /21/ durch Einführung der 33. BImSchV /26/ außer Kraft gesetzt. Die in ihr enthaltenen Regelungen sind in die 22. BImSchV eingeflossen und teilweise verschärft worden.

### **3.5 Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen (33. BImSchV)**

Die 33. BImSchV /26/ dient u.a. der Umsetzung der Richtlinie 2002/3/EG (3. Tochterrichtlinie) über den Ozongehalt der Luft. In Ergänzung der bisherigen Regelungen auf Basis der damit aufgehobenen Richtlinie 92/72/EWG /21/ über den Ozongehalt in der Luft sieht die Verordnung erstmals immissionsseitige Ziele für die Senkung der Ozonbelastung vor, die soweit wie möglich bis 2010 erreicht werden sollen.

Mit Einführung der Verordnung wird die 22. BImSchV novelliert, indem die §§ 15 bis 19 bezüglich Ozonregelungen aufgehoben werden. Mit dem Inkrafttreten der Verordnung wird die 23. BImSchV außer Kraft gesetzt.

Bezüglich der Immissionsüberwachung enthält die Verordnung:

- Immissionswerte (§ 2) in Form von Zielwerten und langfristigen Zielen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation vor bodennahem Ozon
- Informations- und Alarmschwellen für bodennahes Ozon
- Messvorschriften für Ozon und seine Vorläuferstoffe zur Beurteilung der Luftqualität (§ 3)

### 3.6 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

Die neue Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) /24/, die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, ist seit dem 01. Oktober 2002 rechtswirksam. Diese vierte Novellierung dient vorrangig der Umsetzung vielfältiger gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben der EU, insbesondere der Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie /18/ und deren Tochterrichtlinien /19, 20, 21/ sowie der IVU-Richtlinie /32/.

Der Anwendungsbereich erstreckt sich vorrangig auf nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftige Anlagen. Grundsätzlich sind nunmehr auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen zu berücksichtigen, wobei die immissionsseitigen Anforderungen nur unter bestimmten Voraussetzungen herangezogen werden können.

Zur **Immissionsüberwachung** enthält die TA Luft

- Immissionswerte (Nr. 2.3) zum Schutz der menschlichen Gesundheit (Nr. 4.2), zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag (Nr. 4.3) zum Schutz vor erheblichen Nachteilen, insbesondere Schutz der Vegetation und von Ökosystemen (Nr. 4.4) und zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen (Nr. 4.5).
- Vorschriften zur Ermittlung der Immissionskenngrößen (Nr. 4.6).
- Kriterien für die Einhaltung der Immissionswerte (Nr. 4.7)

Der Wortlaut der Bestimmungen zur Immissionsüberwachung in der neuen TA Luft ist im Anhang 1 wiedergegeben. Im Vergleich zur TA Luft 1986 sind die Immissionswerte entsprechend den Vorgaben der entsprechenden EU-Richtlinien deutlich gesenkt worden. Des Weiteren ist die Definition der Immissionskenngrößen verändert worden. Sie sind in Kapitel 5 eingehend beschrieben.

Die Immissionen werden als Masse der luftverunreinigenden Stoffe bezogen auf das Volumen der verunreinigten Luft (bei gasförmigen Stoffen bezogen auf 293,15 K und 101,3 kPa) bzw. als Deposition (Ablagerung fester, flüssiger und gasförmiger Luftverunreinigungen durch die Schwerkraft auf einer definierten Fläche in einer definierten Zeit) angegeben.

Die Immissionskenngrößen sind nach der novellierten TA Luft nicht mehr *gebietsbezogen*, sondern an Beurteilungspunkten mit der mutmaßlich höchsten Belastung zu ermitteln. Es sind in der Regel kontinuierliche Messungen durchzuführen, es sei denn, es ist für den jeweiligen Schadstoff nur ein Jahres-Immissionswert festgelegt. Die Vorschriften zur Ermittlung der Immissionskenngrößen sind in Kapitel 4.2.5 dargestellt.

### **3.7 Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten (4. BImSchVwV)**

Die vierte Verwaltungsvorschrift zum BImSchG vom 26. November 1993 /33/ beschreibt die Ermittlung von Luftverunreinigungen in Untersuchungsgebieten. Sie basiert auf den mittlerweile neugefassten §§ 44, 45 BImSchG und berücksichtigt den damaligen Stand messtechnischer Vorschriften in EU-Richtlinien.

Die 4. BImSchVwV benennt für die Messung in Untersuchungsgebieten

- Messobjekte
- Zahl und Lage der Messstellen
- Messverfahren und Messgeräte
- Vorschriften zur Auswertung der Messergebnisse.

Die Verwaltungsvorschrift ist in diversen Punkten zu den aktuellen Rechtsvorschriften nicht mehr kompatibel. Ein Zeitpunkt für das Außerkrafttreten steht noch nicht fest.

### **3.8 Smog-Verordnungen**

Die meisten Bundesländer haben in den achtziger Jahren aufgrund der (mittlerweile neugefassten) §§ 40 und 49 des BImSchG „Smog-Verordnungen“ (Verordnungen zur Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen) erlassen, die sich inhaltlich an einer „Musterverordnung“ des LAI /34/ ausrichteten.

Zur Immissionsüberwachung enthalten die Smog-Verordnungen

- Konzentrationswerte für die Auslösung der Stufen des Smog-Alarm
- Angaben zur Immissionsmessung

Die Angaben beziehen sich auf die Komponenten Schwefeldioxid, Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Schwebstaub.

Mit den unterschiedlichen Alarmstufen (Vorwarnstufe, 1. Alarmstufe und 2. Alarmstufe) waren Information der Bevölkerung, Fahrverbote und Betriebseinschränkungen verbunden.

Durch den starken Rückgang von Schwefeldioxid- und Schwebstaubemissionen ist das Erreichen der Alarmstufen nicht mehr wahrscheinlich. In der Folge haben alle Bundesländer die Smog-Verordnungen außer Kraft gesetzt.

## **4. Messplanung**

Mit der Messplanung sollen die zeitlichen und räumlichen Anordnungen von Messungen bzw. von Probennahmen festgelegt werden mit dem Ziel, die Immissionsituation in einem Gebiet oder an bestimmten Orten repräsentativ zu ermitteln. Die Messungen sollen so geplant werden, dass ihre Ergebnisse mit Grenzwerten oder anderen Festlegungen, mit Wirkungskriterien oder Wirkungsbefunden und/oder mit den Messwerten aus anderen Gebieten oder zu anderen Zeiten verglichen werden können. Die Planung hängt wesentlich von den Aufgaben bei Immissionsmessungen (Kapitel 2), vom Einsatz diskontinuierlicher oder kontinuierlicher (oder auch beider) Messverfahren (Kapitel 6) sowie von Art und Herkunft der luftverunreinigenden Stoffe ab.

Zur Messplanung für Immissionsmessungen ist im nationalen wie internationalen Schrifttum - auch in Buchform /36/ - oft veröffentlicht worden. Auf einige deutsche Arbeiten bzw. Arbeiten, die unter deutscher Beteiligung der Durchführung von Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft dienten, sei exemplarisch hingewiesen /37-48/.

### **4.1 Begriffe**

Im folgenden werden die wichtigsten Begriffe aufgeführt, die für die Planung und Durchführung von Immissionsmessungen bedeutungsvoll sind und im wesentlichen auch in Vorschriften zur Immissionsüberwachung (TA Luft /24/, EU-Richtlinien /18-21, 28-30/, 22. und 33. Verordnung zum BImSchG /25, 26/ und der 4. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum BImSchG /33/) enthalten sind. Bezüglich Einzelheiten sei auf die Originaltexte (z.T. wiedergegeben in Anhang 1) verwiesen.

#### **4.1.1 Beurteilungspunkte**

Kontinuierliche und diskontinuierliche Messungen sollen an Stellen vorgenommen werden, deren Luftverunreinigung für die Umgebung repräsentativ ist. In der Nähe des Messortes sollen sich keine Hindernisse befinden, die die freie Luftströmung behindern, und keine Emissionsquellen, die das Ergebnis der Messung verfälschen könnten.

Die Höhe der Probenahmestelle über Boden ist für die Konzentration der gemessenen Immissionen dann von Bedeutung, wenn sie die Entfernung zu Emissionsquellen deutlich beeinflusst und damit Verdünnungen des Schadstoffes bewirkt. Das ist zum Beispiel bei Messungen in der Nähe des Kraftverkehrs der Fall.

### **4.1.2 Messstellendichte/Mindestzahl von Probenahmestellen**

Als Messstellendichte ist die Anzahl von Messstellen pro Fläche zu verstehen. Sie ist vor allem für Stichproben-Messungen in Gebieten von erheblicher Bedeutung für die Ermittlung von Immissionen. Die erforderliche Messstellendichte nimmt mit dem Umfang der zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Immissionskonzentrationen im Untersuchungsgebiet, mit der Abnahme der Probenahmedauer für die Einzelmessung und mit abnehmender Messhäufigkeit zu. Kriterien für die Mindestzahl von Probenahmestellen nach Anforderungen der EU-Richtlinien (s. Kapitel 4.2.1) sind in die entsprechenden deutschen Verordnungen übernommen worden. Für den Einwirkungsbereich von Anlagen sind Regelungen in der TA Luft /24/ getroffen (siehe Kapitel 4.2.5).

### **4.1.3 Probenahmedauer/Mittelungszeitraum**

Der Probenahmedauer für eine Einzelbestimmung bei diskontinuierlichen Messungen entspricht die Bildung von Mittelwerten über Zeitabschnitte bei automatisch-kontinuierlichen Messungen.

Je kürzer Probenahmedauer bzw. Mittelungszeitraum sind, desto höher sind die zu erwartenden *Maximalwerte*. Die festzulegenden Probenahmedauern und Mittelungszeiträume ergeben sich aus den Definitionen von Grenzwerten, aus Wirkungskriterien der zu messenden Substanzen wie aus messtechnischen Bedingungen (Nachweisgrenze, Aufwand). Sie betragen nach Einführung der aktuellen EU-Regelungen in der Regel in Deutschland (vgl. Kapitel 3.2 und 3.3)

- 1 Stunde,
- 8 Stunden
- 24 Stunden,
- Kalenderjahr
- Winter (1.Oktober bis 31. März).

Die Einzelregelungen nach Schadstoffen und Schutzgütern finden sich in Kapitel 5.

Der vormalig in Deutschland übliche 30-Minuten-Wert für Gase verliert dementsprechend an Bedeutung. Auch die Mehrzahl der maximale Immissionswerte (MIK-Werte) zum Schutze des Menschen betreffenden Blätter der VDI-Richtlinienreihe 2310 (vgl. Kapitel 5.1) sind in den letzten Jahren und Monaten ersatzlos zurückgezogen worden.

#### **4.1.4 Dauer eines Messprogramms**

Dem Begriff „Dauer eines Messprogramms“ entspricht bei zeitlich unbegrenzten Immissionsmessungen der Auswertzeitraum. Er beträgt in der Regel 12 Monate. Die großen Zahlen von Messwerten bei kontinuierlichen Messungen erlauben Unterteilungen für Tage, Monate, Viertel- und Halbjahre.

Die 12 Monate eines Messprogramms oder eines Auswertzeitraumes können zweckmäßigerweise ein Kalenderjahr oder den Zeitraum vom 1. April bis 31. März umfassen. Letzterer Zeitraum hat den Vorteil, dass Trennungen der Auswertungen nach Sommer- (April bis September) und Winter-Halbjahr (Oktober bis März) vorgenommen werden können.

Bei Verkürzung eines Untersuchungsprogramms auf 6 Monate sind Messungen während der Monate Januar bis Juni oder Juli bis Dezember empfehlenswert, um die verschiedenen meteorologischen Einflüsse eines Jahres zu erfassen. Noch kürzere Messzeiträume können zu repräsentativen Werten führen, wenn in unmittelbarer Nähe einer bodennahen Emissionsquelle meteorologische Faktoren von untergeordneter Bedeutung sind. So ließen sich z.B. die mittleren und maximalen Kohlenstoffmonoxid-Immissionen am Rande einer verkehrsreichen Straße für ein Jahr aus den Werten kontinuierlicher Messungen jedes einzelnen Monats ausreichend sicher ableiten /49/.

#### **4.1.5 Probenahmezeiten**

Emissionsverläufe und meteorologische Einflüsse verursachen systematische Gänge der Immission während des Jahres, während des Tages und auch während der Woche (Werktage zu Wochenende) /50/.

Bei kontinuierlichen und anderen zeitdeckenden Messungen werden diese zeitabhängigen Immissionsschwankungen voll erfasst. Bei diskontinuierlichen Stichproben-Messungen kommt der Messplanung die Aufgabe zu, unerwünschte Auswirkungen der Messzeiten auf die Ergebnisse der Luftuntersuchungen zu vermeiden. Die novellierte TA Luft /24/ und die 22. und 33. BImSchV /25, 26/ enthalten entsprechende Vorschriften.

##### **4.1.5.1 Jahreszeit**

Bestandteile von Rauchgasen und von anderen aus thermischen Prozessen stammenden Abgasen (vor allem Schwefeldioxid) treten im Winter in den höchsten Konzentrationen auf. Luftverunreinigende Substanzen, die infolge geringerer Löslichkeit in Absorptionslösungen in Produktions- oder Reinigungsanlagen bei höheren Temperaturen, bei Verdunstungen (organische Gase) oder Aufwirbelungen vom Boden (Staub) auftreten oder erst bei photochemischen Reaktionen an der Atmosphäre entstehen (Ozon), treten im Sommer vermehrt auf.

Wetterbedingungen, die für die Verteilung von Abgasen im Luftraum ungünstig sind und damit höhere Immissionen mitbedingen, treten bevorzugt im Winterhalbjahr auf.

#### **4.1.5.2 Tageszeit/Wochentage**

Die Schwankungen der Luftverunreinigung im Tagesverlauf wird ebenfalls durch Emissions- und meteorologische Verhältnisse bedingt. In der Regel treten Maxima der mittleren Fremdstoffkonzentration am Vormittag und am Nachmittag auf, während die niedrigsten Immissionen während der Nacht vorliegen. Zeitliche Lage und relative Höhe der Maxima hängen davon ab, ob ihre Ausbildung durch die Emission (z.B. in Straßennähe) oder durch die Meteorologie (z.B. bei Rauchgasen) dominiert wird.

Immissionsunterschiede von Werktagen zu (weniger belasteten) Wochenenden sind nur durch die Emissionsverhältnisse bedingt.

Da kontinuierliche Messungen die Gesamtzeit von Tagen und Wochen umfassen, Stichprobenmessungen jedoch in der Regel (z.B. nach den Vorgaben der TA Luft 86 /51/) nur an Werktagen und tagsüber - und damit unter Ausklammerung der immissionsschwächeren Nachtstunden und Wochenenden - ausgeführt wurden, ergab sich, dass bei diesem Vorgehen mit höheren Kenngrößen der Luftbelastung zu rechnen ist. Sowohl die novellierte TA Luft /24/ als auch die 22. BImSchV /25/ fordern dementsprechend bei diskontinuierlichen Messungen eine gleichmäßige Verteilung der Probenahmezeiten, um die oben beschriebenen Verzerrungen der Ergebnisse zu vermeiden.

#### **4.1.6 Messhäufigkeit**

Unter Messhäufigkeit versteht man die Anzahl von Messungen bzw. von Probenahmen und ihre zeitliche Anordnung an einem Messort oder in einem Messgebiet. Dieser Begriff ist nur für diskontinuierliche Stichproben (und hier von erheblicher) Bedeutung, weil Immissionen hohe zeitliche Schwankungen aufweisen können (vgl. Kapitel 6) /36, 37/. Kontinuierliche Messungen überdecken gewöhnlich die Dauer eines Messprogramms lückenlos.

Die für die Beurteilung von Immissionen erforderliche Messhäufigkeit nimmt mit der Höhe von Immissionsschwankungen, mit einer Abnahme der Probenahmedauer und mit abnehmender Messstellendichte zu.

Im deutschen Schrifttum sind wiederholt Untersuchungen über den Einfluss der Messhäufigkeit auf die Höhe von Immissionskenngrößen beschrieben worden, so für Schwefeldioxid /52/ und für Blei im Schwebstaub /53/. Diese Untersuchungen wurden vorwiegend im Hinblick auf die Bestimmungen in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft 86 /51/ durchgeführt. Bei ihnen wurden aus der Gesamtzahl fortlaufend registrierter Messwerte abnehmende Anzahlen von Einzelwerten herausgezogen und aus ihnen Mittelwerte und Perzentile (für höhere Immissionsbelastungen) ermittelt.

## 4.2 Messvorschriften (Messpläne) in der Bundesrepublik Deutschland

Konkrete Vorgaben für die Messplanung von Immissionsmessungen sind in der Bundesrepublik Deutschland in folgenden Vorschriften (vgl. Kapitel 3) festgelegt:

- Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften
- 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
- 23. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
- 33. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
- Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz

Die Richtlinienreihe VDI 4280 enthält konkrete Anforderungen und Regeln zur Planung von emissionsquellenbezogenen Immissionsmessungen. Im einzelnen sind bisher erschienen:

VDI 4280 Blatt 1, Entwurf, Ausgabe November 1996

Planung von Immissionsmessungen – Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit /54/

VDI 4280 Blatt 2, Ausgabe Juni 1999

Planung von Immissionsmessungen – Regeln zur Planung von Untersuchungen verkehrsbedingter Luftverunreinigungen an Belastungsschwerpunkten /55/

VDI 4280 Blatt 3, Ausgabe Juni 2003

Planung von Immissionsmessungen – Messstrategien zum Ermitteln von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Emissionsquellen /56/

## **4.2.1 Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften**

Die von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften erlassenen Richtlinien zur Luftqualität (Tochterrichtlinien /19-21/) bzw. ältere Richtlinien über Grenzwerte für luftverunreinigende Stoffe /28-30/ enthalten detaillierte Messvorschriften.

Bezüglich der Immissionsüberwachung sind die folgenden, ursprünglich in den EU-Tochterrichtlinien definierten und weitestgehend, in für Deutschland angepasster Form in die 22. und 33. BImSchV /25, 26/ übernommenen Begriffe relevant:

### **Alarmschwelle:**

Ein Wert, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition eine Gefahr für die menschliche Gesundheit besteht und bei dem die Mitgliedstaaten umgehend Maßnahmen (z.B. aktuelle Warnungen, Verhaltensregeln für Risikogruppen, Aktionspläne mit Kurzfristmaßnahmen) ergreifen müssen

### **Beurteilungsschwelle, obere:**

Ein Wert, unterhalb dessen eine Kombination von Messungen und Modellrechnungen zur Beurteilung der Luftqualität angewandt werden kann

### **Beurteilungsschwelle, untere:**

Ein Wert, unterhalb dessen für die Beurteilung der Luftqualität nur Modellrechnungen oder Techniken der objektiven Schätzung angewandt zu werden brauchen

### **Gebiet:**

Ein von den EU-Mitgliedsstaaten abgegrenzter Teil ihres Hoheitsgebietes; für Deutschland ein von den zuständigen Behörden festgelegter Teil der Fläche eines Landes

### **Ballungsraum:**

Ein Gebiet mit mindestens 250.000 Einwohnern, das aus einer oder mehreren Gemeinden besteht, welche jeweils eine Einwohnerdichte von 1.000 Einwohnern oder mehr je Quadratkilometer bezogen auf die Gemarkungsfläche haben

**Immissionsgrenzwert:**

Ein Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraumes erreicht werden muss und danach nicht überschritten werden darf

**Informationsschwelle:**

Ein Wert, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die menschliche Gesundheit für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen besteht und bei dem aktuelle Informationen erforderlich sind

**Langfristziel:**

Ein Wert, unterhalb dessen direkte schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt nach den derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnissen unwahrscheinlich sind. Dieses Ziel ist langfristig zu erreichen, um die menschliche Gesundheit und die Umwelt wirksam zu schützen, es sei denn, dies ist mit Maßnahmen, die in einem angemessenen Verhältnis zum Erfolg stehen, nicht zu erreichen.

**Toleranzmarge:**

Der Prozentsatz des Grenzwertes, um den dieser überschritten werden darf. Die Toleranzmarge reduziert sich jährlich um einen bestimmten Prozentsatz.

**Wert:**

Die Konzentration eines Schadstoffes in der Luft

**Zielwert:**

Ein Wert, der mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt langfristig zu vermeiden, und der - so weit wie möglich - in einem bestimmten Zeitraum erreicht werden muss.

Zur Beurteilung der Luftqualität ist die gesamte Fläche der Länder durch die jeweils zuständigen Behörden unter Einteilung in Gebiete und Ballungsräume zu überwachen. Diese Einteilung erfolgte anhand der Ausgangsbeurteilung nach Artikel 5 der Richtlinie 96/62/EG (Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie, /18/) in Abstimmung mit dem UBA. Einzelne Bundesländer haben die Ergebnisse der Ausgangsbeurteilung veröffentlicht.

Anhand der Ausgangsbeurteilung wird die Messplanung bezüglich ortsfester Messungen festgelegt.

Ortsfeste Messungen sind durchzuführen, wenn die unteren Beurteilungsschwellen überschritten sind und in Ballungsräumen bei Stoffen, für die Alarmschwellen festgelegt sind.

Die Mindestzahl der Messstationen ist in Abhängigkeit von der Bevölkerungszahl des Gebiets oder Ballungsraumes für die jeweils zu überwachenden Schadstoffe vorgeschrieben.

Bei der Durchführung von ortsfesten Messungen für die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Partikel und Blei, Benzol und Kohlenmonoxid (1. und 2. Tochterrichtlinie) sind bezüglich der Standortwahl die im folgenden in Grundzügen beschriebenen Kriterien zu beachten:

### **1. großräumige Standortkriterien bzw. Standortwahl auf Makroebene**

#### **a) Messungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit**

Einrichtung von Probenahmestellen in Gebieten und Ballungsräumen, an denen die höchsten Konzentrationen auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich ausgesetzt sein wird und an denen die auftretenden Konzentrationen für die Exposition der Bevölkerung allgemein repräsentativ ist. Dabei soll die Messung von kleinräumigen Umweltbedingungen vermieden werden.

Die Probenahmestellen sollen soweit wie möglich auch für ähnliche Standorte repräsentativ sein, die nicht in ihrer unmittelbaren Nähe gelegen sind. Falls für den Schutz der menschlichen Gesundheit erforderlich, müssen auch Probenahmestellen auf Inseln angelegt werden.

#### **b) Messungen zum Schutz von Ökosystemen und zum Schutz der Vegetation (betrifft nicht Benzol und Kohlenmonoxid)**

Die Probenahmestellen sollen so gelegt werden, dass sie mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Strassen entfernt sind. Eine Probenahmestelle soll für die Luftqualität in einem Bereich von mindestens 1.000 km<sup>2</sup> repräsentativ sein. Bezüglich dieser Regelungen sind Ausnahmen einzelner Mitgliedsstaaten zulässig. Die Luftqualität auf Inseln ist zu bewerten.

## **2. lokale Standortkriterien bzw. Standortwahl auf Mikroebene**

Die folgenden Kriterien sollen, soweit praktisch möglich, eingehalten werden:

Der Luftstrom um den Messeinlass darf nicht beeinträchtigt werden, es sind Mindestabstände zu Hindernissen und bestimmte Probenahmehöhen (im allgemeinen. 1,5 bis 4 m) zu beachten. Messungen in unmittelbarer Nähe von Quellen sind ebenso zu vermeiden wie ein Wiedereintritt der Abluft in den Messeinlass. In verkehrsnahen Zonen sollten die Probenahmestellen mindestens 25 m vom Rand verkehrsreicher Kreuzungen und mindestens 4 m von der Mitte der nächstgelegenen Fahrspur entfernt sein.

Die dritte Tochterrichtlinie /21/ nennt die folgenden großräumigen Kriterien zur Standortwahl für ortsfeste Immissionsmessungen von Ozon und seinen Vorläuferstoffen, wobei die Messung von kleinräumigen Umweltbedingungen vermieden werden soll:

In städtischen Gebieten sind Messstationen einzurichten, die für einige km<sup>2</sup> repräsentativ sind und die außerhalb des Einflussbereichs örtlicher Emissionsquellen liegen.

Für weitere Arten von Messstationen werden als Anhaltspunkte umgebende Bereiche von einigen Dutzend km<sup>2</sup> (vorstädtisch), ein paar 100 km<sup>2</sup> (ländlich) bzw. 1.000 bis 10.000 km<sup>2</sup> (ländlicher Hintergrund) angegeben, für die die Probenahmestellen repräsentativ sein sollen.

Die Kriterien zur kleinräumigen Standortbestimmung der dritten Tochterrichtlinie entsprechen weitestgehend Vorgaben der 1. und 2. Tochterrichtlinie /19, 20/.

Durch die Umsetzungsverpflichtung der Tochterrichtlinien sind die entsprechenden Messvorschriften bezüglich Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Partikel und Blei (1. Tochterrichtlinie), Benzol und Kohlenmonoxid (2. Tochterrichtlinie) und Ozon (3. Tochterrichtlinie) verbindlich. Regelungen älterer EU-Richtlinien bezüglich Schwefeldioxid und Schwebstaub (80/779/EWG /28/), Blei (82/884/EWG /29/) und Stickstoffdioxid (85/203/EWG /30/) sind teilweise noch gültig und werden erst nach Ablauf von Übergangsfristen zum 01.01.2005 bzw. 2010 aufgehoben. Die Messvorschriften wurden in die 22. BImSchV übernommen und sind in Kapitel 4.2.2 weitergehend beschrieben.

## 4.2.2 Zweiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz

Die 22. BImSchV /25/ gliedert sich in einen ersten Teil, der auf den Bestimmungen der Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie /18/ und der ersten und zweiten Tochtterrichtlinie (unter Berücksichtigung der übergangsweise fortgeltenden älteren EU-Richtlinien) aufbaut und einem zweiten Teil bezüglich Ozonregelungen auf Basis der Richtlinie 92/72/EWG /35/. Die Ozonregelungen werden mit Einführung der 33. BImSchV /26/ aufgehoben.

Der erste Teil bezieht sich auf die Komponenten Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Schwebstaub und Partikel (PM<sub>10</sub>), Blei, Benzol und Kohlenmonoxid.

Die Begriffsbestimmungen entsprechen weitestgehend denen der 1. und 2. Tochtterrichtlinie /28, 29/ (vgl. Kapitel 4.2.1).

Zur Beurteilung der Luftqualität ist die gesamte Fläche der Länder durch die jeweils zuständigen Behörden unter Einteilung in Gebiete und Ballungsräume zu überwachen. Diese Einteilung erfolgt anhand der Ausgangsbeurteilung nach Artikel 5 der Rahmenrichtlinie /18/. Einzelne Bundesländer haben die Ergebnisse der Ausgangsbeurteilung veröffentlicht (siehe 4.2.1). Die Beurteilung und die Einteilung in Gebiete und Ballungsräume ist spätestens nach 5 Jahren (bei signifikanten Änderungen der Schadstoffkonzentrationen früher) zu überprüfen.

Ortsfeste Messungen sind durchzuführen

- In Ballungsräumen, wenn die unteren Beurteilungsschwellen überschritten sind
- In Ballungsräumen bei Stoffen, für die Alarmschwellen festgelegt sind
- In Gebieten, wenn die unteren Beurteilungsschwellen überschritten sind

Die Alarmschwellen betragen für Stickstoffdioxid 400 µg/m<sup>3</sup>, für Schwefeldioxid 500 µg/m<sup>3</sup>, jeweils, gemittelt über eine volle Stunde, gemessen an drei aufeinanderfolgenden Stunden.

Die Beurteilungsschwellen sind in Tabelle 4.1 wiedergegeben. Sie beziehen sich auf unterschiedliche Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Vegetation, Ökosysteme). Sie orientieren sich an den für den jeweiligen Schadstoff definierten Immissionsgrenzwerten und den zugehörigen Mittelungszeiträumen (1-Stunden-, 24-Stunden-, Jahres- und Winterimmissionswerte). Bei Bezug zu 1-Stunden- und 24-Stunden-Immissionswerten ist der jeweiligen Beurteilungsschwelle eine zulässige Überschreitungshäufigkeit pro Kalenderjahr zugeordnet.

Schadstoff	Obere Beurteilungsschwelle	Untere Beurteilungsschwelle	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungshäufigkeit	Schutzgut
Schwefeldioxid	75 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	24 h	3	Gesundheitsschutz
	12 µg/m <sup>3</sup>	8 µg/m <sup>3</sup>	Winter	-	Ökosystemschutz
Stickstoffdioxid	140 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	1 h	18	Gesundheitsschutz
	32 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Gesundheitsschutz
Stickstoffoxide	24 µg/m <sup>3</sup>	19,5 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Vegetationsschutz
Partikel	30 µg/m <sup>2</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	24 h	7	Gesundheitsschutz
	14 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Gesundheitsschutz
Blei	0,35 µg/m <sup>3</sup>	0,25 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Gesundheitsschutz
Benzol	3,5 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Gesundheitsschutz
Kohlenstoffmonoxid	7 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	Jahr	-	Gesundheitsschutz

**Tabelle 4.1: Beurteilungsschwellen der 22. BImSchV**

Die erforderliche Mindestzahl von Probenahmestellen bei der Messung der urbanen Hintergrundbelastung einschließlich Verkehr (diffuse Quellen) hängt von den Beurteilungsschwellen und der Bevölkerung des jeweiligen Gebietes oder Ballungsraumes ab. Sie sind in Tabelle 4.2 aufgelistet und beziehen sich auf Messungen zur Beurteilung der Einhaltung von Immissionsgrenzwerten für den Schutz der menschlichen Gesundheit und von Alarmschwellen.

Bevölkerung des Ballungsraumes oder Gebiets (Tausend)	Falls die maximale Konzentration die obere Beurteilungsschwelle überschreitet	Falls die maximale Konzentration zwischen der oberen und der unteren Beurteilungsschwelle liegt	Für SO <sub>2</sub> und NO <sub>2</sub> in Ballungsräumen, in denen die maximale Konzentration unter der unteren Beurteilungsschwelle liegt
0-250	1	1	nicht anwendbar
250-499	2	1	1
500-749	2	1	1
750-999	3	1	1
1000-1499	4	2	1
1500-1999	5	2	1
2000-2749	6	3	2
1750-3749	7	3	2
3750-4749	8	4	2
4750-5999	9	4	2
> 6000	10	5	3
	Für Benzol, CO, NO <sub>2</sub> und Partikel: einschließlich mindestens einer Messstation für städtische Hintergrundquellen und einer Messstation für den Verkehr		

**Tabelle 4.2: Kriterien für die Mindestzahl von Probenahmestellen**

Zur Beurteilung der Luftverschmutzung im direkten Einwirkungsbereich ortsfester Anlagen (Punktquellen) sind keine vergleichbar konkreten Vorgaben enthalten. Für diesen Bereich sind Regelungen in der TA Luft /24/ (siehe 4.2.5) getroffen. Planungsregeln für Immissionsmessungen sind auch in der VDI-Richtlinie 4280, Blatt 1, 2 und 3 /54, 55, 56/ enthalten.

Zur Beurteilung der Einhaltung von Immissionsgrenzwerten für den Schutz von Ökosystemen oder der Vegetation in anderen Gebieten als in Ballungsräumen ist die folgende Mindestzahl von Probenahmestellen einzurichten:

- 1 Station je 20.000 km<sup>2</sup>, falls die maximale Konzentration die obere Beurteilungsschwelle überschreitet
- 1 Station je 20.000 km<sup>2</sup>, falls die maximale Konzentration zwischen der oberen und der unteren Beurteilungsschwelle liegt

Bei ortsfesten Messungen für die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden, Partikel und Blei, Benzol und Kohlenmonoxid (1. und 2. Tochtterrichtlinie /19, 20/) sind bei der Standortwahl die im folgenden in Grundzügen beschriebenen Kriterien zu beachten:

### **1. großräumige Standortkriterien bzw. Standortwahl auf Makroebene**

#### **a) Messungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit**

Einrichtung von Probenahmestellen in Gebieten und Ballungsräumen, an denen die höchsten Konzentrationen auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen im Verhältnis zur Mittelungszeit der betreffenden Grenzwerte signifikanten Zeitraum ausgesetzt sein wird.

Einrichtung von Probenahmestellen in Gebieten und Ballungsräumen, an denen die auftretenden Konzentrationen für die Exposition der Bevölkerung im allgemeinen repräsentativ ist.

Die Messung von kleinräumigen Umweltbedingungen soll vermieden werden. Als Anhaltspunkte wird ein umgebender Bereich von 200 m<sup>2</sup> (Probenahmestellen für Verkehr) bzw. mehreren Quadratkilometern (Probenahmestellen für städtische Hintergrundquellen) angegeben, für den die Probenahmestellen repräsentativ sein sollen.

Die Probenahmestellen sollen soweit wie möglich auch für ähnliche Standorte repräsentativ sein, die nicht in ihrer unmittelbaren Nähe gelegen sind. Falls für den Schutz der menschlichen Gesundheit erforderlich, müssen auch Probenahmestellen auf Inseln angelegt werden.

#### **b) Messungen zum Schutz von Ökosystemen und zum Schutz der Vegetation (betrifft nicht Benzol und Kohlenmonoxid)**

Die Probenahmestellen sollen so gelegt werden, dass sie mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind. Eine Probenahmestelle soll für die Luftqualität in einem Bereich von mindestens 1.000 km<sup>2</sup> repräsentativ sein. Bei diesen Regelungen sind Ausnahmen einzelner Mitgliedsstaaten zulässig. Die Luftqualität auf Inseln ist zu bewerten.

## 2. lokale Standortkriterien bzw. Standortwahl auf Mikroebene

Die folgenden Kriterien sollen, soweit praktisch möglich, eingehalten werden:

- Keine Beeinträchtigung des Luftstromes um den Messeinlass
- Mindestabstand des Messeinlasses zu Hindernissen in der Regel einige Meter
- Mindestabstand des Messeinlasses für Probenahmestellen für die Luftqualität an der Baufluchtlinie 0,5 m vom nächsten Gebäude
- Höhe des Messeinlasses 1,5 bis 4 m über dem Boden, u. U. bis 8 m
- Lage des Messeinlasses nicht in nächster Nähe von Quellen
- Vermeidung eines Wiedereintritts der Abluft in den Messeinlass
- In verkehrsnahen Zonen sollten die Probenahmestellen mindestens 25 m vom Rand verkehrsreicher Kreuzungen und mindestens 4 m von der Mitte der nächstgelegenen Fahrspur entfernt sein.

### 4.2.2.1 Messung von Schwefeldioxid

Für die Messung von Schwefeldioxid enthält die 22. BImSchV die folgenden Vorgaben:

**Mittelungszeitraum:** 1 Tag (bis 31.12.2004), volle Stunde, 24 Stunden (0.00 bis 24.00 Uhr), Kalenderjahr und Winter (Oktober bis März)

**Dauer eines Messprogramms (Auswertezeitraum):** Ein Jahr; getrennte Auswertung für das Winterhalbjahr (Oktober bis März).

**Messhäufigkeit:** Kontinuierliche Messung; Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Genauigkeit mit einem Vertrauensbereich von 95 % in Bezug auf kontinuierliche Messungen bei 10 % liegt

**Referenzverfahren:** ISO/FDIS 10498 (Normentwurf) Luft – Bestimmung von Schwefeldioxid –UV-Fluoreszenzverfahren

Bis zum 31.12.2004 ist die zugeordnete Schwebstaubkonzentration (nach Anhang IV B der EG-Richtlinie 80/779) zu ermitteln:

**Probenahmedauer:** 24 Stunden

**Dauer eines Messprogramms:** Ein Jahr, Winter

**Messhäufigkeit:** Mindestens 100 Messungen pro Jahr, gleichmäßig über diesen Zeitraum verteilt.

**Messverfahren:** Gravimetrische Methode mit Glasfaserfilter oder Membranfilter

#### 4.2.2.2 Messung von Stickstoffdioxid und Stickstoffoxiden

Die Angaben zur Messplanung des Anhangs I der Richtlinie 85/203/EWG über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid /24/ bleiben übergangsweise bis zum 31.12.2009 gültig.

**Mittelungszeitraum:** Eine Stunde oder kürzer (bis 31.12.2009), volle Stunde, Kalenderjahr

**Dauer eines Messzeitraumes (Auswertezeitraum):** Kalenderjahr

**Messhäufigkeit:** Kontinuierliche Messung; Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Genauigkeit mit einem Vertrauensbereich von 95 % in Bezug auf kontinuierliche Messungen bei 10 % liegt

**Referenzverfahren:** ISO 7996 Luft – Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden - Chemilumineszenz – Verfahren

Der Mittelungszeitraum für Stickstoffoxide beträgt 1 Jahr.

#### 4.2.2.3 Messung von Schwebstaub und Partikeln (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

Die Grenzwerte und Messung von Schwebstaub und Partikeln beziehen sich bis zum 31. Dezember 2004 auf Schwebstaub, ab dem 1. Januar 2005 auf PM<sub>10</sub>. Bezüglich der Probenahme und Analyse von Schwebstaub sind die Vorschriften in Anlage IV, Tabelle B in der Richtlinie 80/779/EWG anzuwenden:

**Probenahmedauer:** 24 Stunden

**Dauer eines Messprogramms:** ein Jahr

**Messhäufigkeit:** Mindestens 100 Messungen pro Jahr, gleichmäßig über diesen Zeitraum verteilt

**Referenzverfahren:** Probenahme auf Membran- oder Glasfaserfilter ohne Fraktionierung, gravimetrische Bestimmung

Zur Beurteilung der Schwebstaubkonzentration kann auch das Referenzverfahren für die PM<sub>10</sub>-Fraktion (s.u.) verwendet werden. Hierfür sind die Ergebnisse zum Vergleich mit dem Grenzwert für Schwebstaub mit dem Faktor 1,2 zu multiplizieren.

Für die Messung der PM<sub>10</sub>-Konzentration sind die folgenden Regelungen verbindlich:

**Mittelungszeitraum:** 24 Stunden, Kalenderjahr

**Dauer eines Messzeitraumes (Auswertezeitraum):** Kalenderjahr

**Messhäufigkeit:** Kontinuierliche Messung; Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Genauigkeit mit einem Vertrauensbereich von 95 % in Bezug auf kontinuierliche Messungen bei 10 % liegt

**Referenzverfahren:** EN 12341 Luftqualität – Felduntersuchung zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Probenahmeverfahren für die PM<sub>10</sub>-Fraktion von Partikeln

Bei dem o.g. Referenzverfahren handelt es sich um ein gravimetrisch-manuelles Verfahren. Die gebräuchlichen Verfahren zur kontinuierlichen Messung ( $\beta$ -Absorption und TEOM, siehe 6.1.2.9 und 6.1.2.10) zeigten in der Praxis von PM<sub>10</sub>-Immissionsmessungen erhebliche Minderbefunde im Vergleich zur Referenzmethode /57/. Die Ergebnisse müssen dementsprechend durch Korrekturfaktoren oder -gleichungen angepasst werden, um eine Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren nach den Anforderungen der DIN EN 12341 zu erzielen.

Im Rahmen der Erarbeitung einer europäischen Norm zur gravimetrischen Bestimmung der PM<sub>2,5</sub>-Massenkonzentrationen wurden erste Feldversuche durchgeführt, die zur Zeit ausgewertet werden. Grenzwerte und Referenzverfahren sind bisher noch nicht festgelegt worden. Ein Referenzverfahren wird zur Zeit bei CEN vorbereitet. Bis dieses Referenzverfahren als Europäische Norm vorliegt, hat die EU-Kommission eine Entscheidung /58/ über eine vorläufige Referenzmethode für PM<sub>2,5</sub>-Messungen veröffentlicht.

#### **4.2.2.4 Messung von Blei**

Die 22. BImSchV nennt die folgenden Messvorschriften für die Durchführung ortsfester Messungen:

##### **Referenzmethoden:**

Bis zum 31.12.2004 ist für die Probenahme von Blei der Anhang der Richtlinie 82/884/EWG, danach die Norm EN 12341 (oder nachgewiesenen gleichwertige Verfahren) anzuwenden. Die Referenzmethode für die Analyse von Blei ist in der Norm ISO 9855: Luft – Bestimmung des partikelgebundenen Bleianteils in Schwebstaub mittels Filterprobenahme beschrieben.

**Probenahmedauer:** Ein Tag

**Dauer eines Messzeitraums (Auswertzeitraum):** Ein Jahr

**Messhäufigkeit:** Bis zum 31.12.2004: Probenahmen an mindestens 15 Arbeitstagen pro Monat vorzunehmen. Die Probenahmetage sind möglichst gleichmäßig auf den Messzeitraum zu verteilen. Danach können Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen durchgeführt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Genauigkeit mit einem Vertrauensbereich von 95 % in Bezug auf kontinuierliche Messungen bei 10 % liegt

#### 4.2.2.5 Messung von Benzol

**Mittelungszeitraum:** Kalenderjahr

**Dauer eines Messzeitraumes (Auswertzeitraum):** Kalenderjahr

**Messhäufigkeit:** kontinuierlich, Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn der Nachweis geführt wird, dass die Unsicherheit, einschließlich der Unsicherheit aufgrund der Zufallsproben, das Qualitätsziel von 25 % erreicht.

Das Referenzverfahren (aktive Probenahme auf eine Absorptionskartusche, anschließende gaschromatographische Bestimmung) wird derzeit vom CEN genormt. Solange keine genormte CEN-Methode vorliegt, können die zuständigen Behörden Standardmethoden auf Basis der gleichen Messmethode verwenden.

#### 4.2.2.6 Messung von Kohlenmonoxid

**Mittelungszeitraum:** 1 Stunde

**Dauer eines Messzeitraumes (Auswertzeitraum):** gleitender 8-Stunden-Mittelwert

**Messhäufigkeit:** kontinuierlich; Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn der Nachweis geführt wird, dass die Unsicherheit, einschließlich der Unsicherheit aufgrund der Zufallsproben, das Qualitätsziel von 25 % erreicht.

Das Referenzverfahren (nicht dispersive Infrarotspektrometrie - NDIR) wird derzeit vom CEN genormt. Solange keine genormte CEN-Methode vorliegt, können die zuständigen Behörden Standardmethoden auf Basis der gleichen Messmethode verwenden.

### **4.2.3 Dreiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz**

Die gegen Luftverunreinigungen durch den Kraftverkehr gerichtete 23. BImSchV wird mit Inkrafttreten der 33. BImSchV außer Kraft gesetzt (siehe Kapitel 3.4). Sie enthält folgende Messvorschriften:

**Messorte:**

Orte mit mutmaßlich höchsten Expositionen für Menschen in Straßen oder Gebieten, in denen mit Überschreitung der Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid, Ruß oder Benzol zu rechnen ist.

**Messhöhe:**

1,5 bis 3,5 m über Boden, Abstand mindestens 1 m von Gebäuden, mindestens (diagonal) 4 m von der nächstgelegenen Fahrspurmitte.

**Messzeitraum:**

In der Regel ein Jahr, mindestens 6 Monate

**Messhäufigkeit:**

2 Halbstundenmittelwerte (gleichmäßig über alle Tageszeiten) oder ein 24-Stundenmittelwert pro Woche.

### **4.2.4 Dreiunddreißigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz**

Der Entwurf der 33. BImSchV /26/ nennt die folgenden großräumigen Kriterien zur Standortwahl für ortsfeste Immissionsmessungen von Ozon und seinen Vorläuferstoffen, wobei die Messung von kleinräumigen Umweltbedingungen vermieden werden soll:

In städtischen Gebieten sind Messstationen einzurichten, die für einige km<sup>2</sup> repräsentativ sind und die außerhalb des Einflussbereichs örtlicher Emissionsquellen liegen.

Für weitere Arten von Messstationen werden als Anhaltspunkte umgebende Bereiche von einigen Dutzend km<sup>2</sup> (vorstädtisch), ein paar 100 km<sup>2</sup> (ländlich) bzw. 1.000 bis 10.000 km<sup>2</sup> (ländlicher Hintergrund) angegeben, für die die Probenahmestellen repräsentativ sein sollen.

Die Kriterien zur kleinräumigen Standortbestimmung der 33. BImSchV stimmen weitestgehend mit den entsprechenden Vorgaben der 22. BImSchV überein.

Die Mindestzahlen von Probenahmestellen für ortsfeste kontinuierliche Messungen (sofern diese die einzige Informationsschwelle darstellen) sind in Tabelle 4.3 wiedergegeben. Die Regelung dient der Beurteilung der Luftqualität im Hinblick auf die Einhaltung der Zielwerte, der langfristigen Ziele sowie der Informations- und Alarmschwellen.

Bevölkerung (Tausend)	Ballungsräume (städtische und vorstädtische Gebiete) <sup>(a)</sup>	Sonstige Gebiete (vorstädtische und ländliche Gebiete) <sup>(b)</sup>	Ländlicher Hintergrund
< 250		1	1 Probenahmestelle pro 50 000 km <sup>2</sup> als mittlere Dichte über alle Gebiete pro Land <sup>(b)</sup>
< 500	1	2	
< 1000	2	2	
< 1500	3	3	
< 2000	3	4	
< 2750	4	5	
< 3750	5	6	
> 3750	1 zusätzliche Probenahmestelle je 2 Mio. Einwohner	1 zusätzliche Probenahmestelle je 2 Mio. Einwohner	

<sup>(a)</sup> Mindestens 1 Probenahmestelle in vorstädtischen Gebieten, in denen die Exposition der Bevölkerung am stärksten sein dürfte. In Ballungsräumen sollten mindestens 50 % der Probenahmestellen in Vorstadtgebieten liegen.

<sup>(b)</sup> 1 Probenahmestelle je 25.000 km<sup>2</sup> in orographisch stark gegliedertem Gelände wird empfohlen.

#### **Tabelle 4.3: Kriterien für die Mindestzahl von ortsfesten Ozonprobenahmestellen**

Für Gebiete oder Ballungsräume, in denen die langfristigen Ziele eingehalten werden, sind Regelungen zur Reduzierung von Probenahmestellen auf ein Drittel der obigen Anzahlen in Anlage 5, Teil II getroffen.

Die Messung von Ozonvorläuferstoffen muss mindestens Stickstoffoxide (an mindestens 50 % der Probenahmestellen) und geeignete flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) umfassen.

#### **4.2.4.1 Messung von Ozon**

Die Richtlinie 92/72/EWG über die Luftverschmutzung durch Ozon /35/ wird mit der Umsetzung der 3. Tochterrichtlinie /21/ durch Einführung der 33. BImSchV außer Kraft gesetzt.

Dann sind voraussichtlich die folgenden Vorgaben zur Messplanung verbindlich:

**Mittelungszeitraum:** Eine Stunde

**Dauer des Bezugszeitraumes:** 1 Stunde, 8 Stunden, Kalenderjahr

**Messhäufigkeit:** Kontinuierliche Messung

**Referenzverfahren:** Analyseverfahren: UV-Photometrie (ISO FDIS 13964)  
Kalibriermethode: Referenz-UV-Photometer (ISO FDIS 13964,  
VDI 2468, Bl. 6)

#### **4.2.5 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)**

Die novellierte TA Luft /24/ enthält weitgehende Vorschriften für die Planung, Durchführung und Auswertung von Immissionsmessungen. Sie gilt weiterhin für genehmigungsbedürftige Anlagen (s. Kapitel 3.6 und Anhang 1), kann jedoch in Zusammenhang mit der Überprüfung von Pflichten der Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen (§ 22 BImSchG) auch auf solche Anwendung finden.

Die Messvorschriften sind grundsätzlich für die Ermittlung der Immissionen im Einwirkungsbereich von Anlagen vorgesehen. Die Immissionskenngrößen sind nach der novellierten TA Luft nicht mehr *gebietsbezogen*, sondern an Beurteilungspunkten mit der mutmaßlich höchsten Belastung zu ermitteln. Weiterhin sind in der Regel kontinuierliche Messungen vorzunehmen, es sei denn, die Messungen betreffen Luftschadstoffe, für die nur ein Immissionswert für jährliche Einwirkung festgelegt ist oder wenn eine Bestimmung kurzzeitiger Spitzenbelastungen entbehrlich ist.

Aufgrund des großen Ermessensspielraums bei der Festlegung der Beurteilungspunkte, der sich aus den Messvorschriften ergibt, sind die Messungen nach einem mit der zuständigen Behörde abgestimmten Messplan durchzuführen. Anforderungen an die Messplanung unter besonderer Berücksichtigung der Messortauswahl sind in der VDI-Richtlinie 4280, Blatt 3, „Messstrategien zur Ermittlung von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Quellen“ /56/ beschrieben (siehe Kapitel 4.3).

Die in der TA Luft beschriebenen Planungselemente für Immissionsmessungen sind im folgenden zusammengestellt sowie im Anhang 1 im Text wiedergegeben.

## **Vorschriften für die Ermittlung der Immissionskenngrößen in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 24.07.2002:**

### **Beurteilungsgebiet**

Beurteilungsgebiet ist die Fläche, die sich vollständig innerhalb eines Kreises um den Emissionsschwerpunkt mit einem Radius befindet, der dem 50fachen der tatsächlichen Schornsteinhöhe entspricht und in der die Zusatzbelastung im Aufpunkt mehr als 3,0 vom Hundert des Langzeitkonzentrationswertes beträgt.

### **Messhöhe:**

1,50 - 4 m über Flur; mehr als 1,50 m seitlicher Abstand von Bauwerken. In Waldbeständen können höhere Messpunkte erforderlich werden.

### **Messzeitraum:**

In der Regel 1 Jahr, mindestens 6 Monate.

### **Beurteilungspunkte:**

Zwei (oder mehr) Punkte mit der zu erwartenden höchsten Belastung.

Ein Punkt, wenn nur Jahresmittelwerte zu ermitteln sind.

### **Messverfahren:**

In der Regel kontinuierliche Bestimmung der Vorbelastung. Diskontinuierliche Messungen, wenn nur Immissions-Jahreswerte ermittelt werden müssen.

Hinweis auf Verordnungen oder Verwaltungsvorschriften zum BImSchG, VDI-Richtlinien, DIN-, CEN- oder ISO-Normen, Zulassung anderer, nachgewiesen gleichwertiger Verfahren.

### **Messhäufigkeit:**

Mindestverfügbarkeit 75 % bei kontinuierlicher Messung von Stundenmittelwerten und Ermittlung der Tagesmittelwerte der Schwebstaubbelastung, hochrechnen der Überschreitungshäufigkeit, wenn weniger als 90% der Werte verfügbar sind.

Mindestens 52 Messwerte pro Messpunkt bei diskontinuierlicher Messung bei gleichmäßiger Verteilung der Probenahmezeiten über den Messzeitraum.

Bei nicht ausreichender Datenqualität nach EG-Richtlinien ist die Zahl der Messwerte zu erhöhen (Ermittlung der Datenqualität nach DIN ISO 11222 i.V. mit DIN V ENV 13005).

#### **4.2.6 Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz (4. BImSchVwV)**

Die Vorgaben der 4. Verwaltungsvorschrift zum BImSchG (Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten) betreffen kontinuierliche Messungen (die für die mit eignungsgeprüften Geräten (s. Kapitel 6.1.1) messbaren Substanzen die Regel sein dürften) und Einzelmessungen.

In Umsetzung der Vorschriften in älteren Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaft /28-30/ in deutsches Recht sollten die Messstellen dort eingerichtet werden, wo Personen einer Gefährdung ausgesetzt sein können, oder Grenzwerte der EG-Richtlinien oder Immissionswerte der TA Luft 86 /51/ möglicherweise annähernd erreicht oder überschritten werden, oder wo sonstige schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen auftreten können.

Der Durchführung der 4. Verwaltungsvorschrift sollen „Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatischer Messstationen in telemetrischen Messnetzen“ dienen, die der Bundesminister des Innern im Gemeinsamen Ministerialblatt veröffentlichte /59/. In diese Richtlinien gingen die im Länderausschuss für Immissionsschutz zusammengetragenen Erfahrungen der Landesinstitute mit dem Betrieb ihrer automatischen Immissionsmessnetze und die Ergebnisse von Forschungsvorhaben ein, die die Firma Dornier System im Auftrag des Bundesministers des Innern und des Umweltbundesamtes durchführte /60/. Diese Richtlinien behandeln:

1. Grundsätze zur Auswahl von Standorten für Immissionsmessungen,
2. Anforderungen an die Bauausführung der Messstationen,
3. Anforderungen an die Bauausführungen der Probenahmesysteme für gasförmige und staubförmige Immissionen; Erfassung meteorologischer Einflussgrößen, und
4. Anforderungen an Schnittstellen zwischen Messgeräten, Datenerfassungseinrichtungen und Datenübermittlungseinrichtungen.

Die 4. BImSchVwV ist formal noch nicht außer Kraft gesetzt, die Messplanung erfolgt mittlerweile anhand von Anforderungen aus aktuellen EU-Richtlinien und der 22. und 33. BImSchV (/25, 26/; siehe auch Kapitel 4.4).

### 4.3 Emissionsquellenbezogene Messungen

Für emissionsquellenbezogene Messungen gibt es in der Bundesrepublik Deutschland keine allgemeingültige Vorschrift. Im Land Nordrhein-Westfalen waren nach der „Raffinerie-Richtlinie“ /61/ Messungen im Leebereich von Mineralö raffinerien und petrochemischen Anlagen vorgesehen. Diese Richtlinie ist inzwischen - nach der Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom Mai 1990 - aufgehoben. Neben den Regelungen der TA Luft sind in der VDI-Richtlinie 4280, Blatt 3 „Planung von Immissionsmessungen - Messstrategien für das Ermitteln von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Emissionsquellen“ /56/ Anforderungen an die Messplanung im Einwirkungsbereich von Anlagen getroffen.

Die Richtlinie beschreibt zwei unterschiedliche Messstrategien:

Die sogenannte „Messstrategie A“ zielt hierbei auf die Ermittlung der jeweils höchsten Jahresmittelwerte der Gesamt- bzw. Zusatzbelastung bei Vorhandensein belastbaren Vorwissens zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen (d.h. bei bekannter räumlicher Struktur der zu überwachenden Luftqualitätsmerkmale) ab. Die Auswahl des Messortes und die Bewertung der räumlichen Übertragbarkeit erfolgt anhand von Ausbreitungsrechnungen, die den Anforderungen der Richtlinien VDI 3782, Blatt 1 (Gauß-Modell) /62/ oder VDI 3945, Blatt 3 (Lagrange-Modell) /63/ genügen.

„Messstrategie B“ eignet sich zur Ermittlung der räumlichen Verteilung von Luftqualitätsmerkmalen im Beurteilungsgebiet mittels zeitlich geschichteter oder zufällig verteilter (diskontinuierlicher) Messungen an mindestens vier gitterförmig anzuordnenden Messorten. Die Auswahl der Messorte bezüglich der „Messstrategie B“ kann zufällig (quadratisches Netz von Messorten, maximaler Abstand der Messorte zwischen 250 m und 2000 m) oder geschichtet (Werkszaunmessungen, quellenorientiertes polares Netz) erfolgen.

In der Richtlinie ist der aktuelle Stand von Messvorschriften bezüglich des Ermittlungsgebietes (TA Luft 02 /24/), des Ermittlungszeitraumes (1. und 2. Tochterrichtlinie /19, 20/) und von Datenqualitätszielen (DIN ISO 11 222 /64/, DIN V ENV 13 005 /65/) berücksichtigt.

## 4.4 Messnetze in der Bundesrepublik Deutschland

Die Luftüberwachung obliegt in Deutschland den Bundesländern. Fortlaufende Immissionsmessungen werden in jedem Bundesland - zum Teil schon seit Jahrzehnten - vorgenommen. Der Aufbau von Messnetzen wurde verschiedentlich in der Fachliteratur beschrieben, so für Berlin /66/, Nordrhein-Westfalen /67, 68/, Rheinland-Pfalz /69/ und das Saarland /70/, oder in Informationsschriften der zuständigen Ministerien oder Institute dargestellt, so in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. Der Umfang der fortlaufenden Messungen kann auch den Messberichten der Bundesländer (s. Kapitel 5.4) entnommen werden.

Die Messnetze wurden im Verlauf der Jahre verschiedentlich verändert. Gründe für Erweiterungen waren z.B. Smog-Verordnungen, kraftverkehrsbezogene Messungen zur Durchführung der 23. BImSchV /27/ und eine verstärkte Bedeutung von Ozon als Luftverunreinigung im Sommer. Reduzierungen der Anzahl von Messstationen waren mit dem Rückgang von Immissionen /29/, insbesondere von Schwefeldioxid - z.B. im Rhein-Ruhr-Gebiet von einem Gesamtjahresmittel von 206  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 1964 auf 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  1994 /71/ -, und der Aufhebung von Smog-Verordnungen (s. Kapitel 3.8) begründet. Neuere und zukünftige Veränderungen ergeben sich u.a. aus den Erfordernissen der EU-Tochtrichtlinien /19-21/ bzw. der 22. und 33. BImSchV /25, 26/ bezüglich der Anzahl von Probenahmestellen und der anzuwendenden Messverfahren (insbesondere der  $\text{PM}_{10}$ -Immissionsmessung) sowie der zu erreichenden Datenqualitätsziele, und dem Außerkrafttreten der 23. BImSchV /27/.

Die Messaktivitäten (Immissionsmessstationen) der Bundesländer (mit automatischen Geräten, Stand 01.01.2003) und des Umweltbundesamtes (Stand: 06.08.2002) sind in den Tabelle 4.4 und 4.5 zusammengestellt. Diese Informationen werden von den einzelnen Bundesländern und vom UBA regelmäßig aktualisiert und sind unter folgender Internet-Adresse zugänglich:

<http://www.env-it.de/stationen/dispatcher?event=WELCOME>

**Tabelle 4.4: Immissionsmessstationen der Bundesländer (Stand: 1. Januar 2003)**

Bundesland	gesamt	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> /NO	CO	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> (NMVOC)	Benzol	Toluol	Xylol	Ozon	Schweb- staub	PM <sub>10</sub>	H <sub>2</sub> S
Baden-Württemberg	64	58	64	64	39	62	62	62	61	2	64	-
Bayern	64	62	51	46	1	7	7	7	30	-	57	8
Berlin	23	11	22	21	-	6	6	6	11	11	15	-
Brandenburg	33	18	27	12	1	6	6	6	24	18	24	3
Bremen	7	5	7	5	-	1	-	-	5	1	5	-
Hamburg	20	15	19	9	-	7	7	7	7	6	11	-
Hessen	42	32	36	18	4	6	6	6	34	1	28	-
Mecklenburg-Vorpommern	9	9	9	6	-	5	4	-	9	-	9	-
Niedersachsen	23	12	23	11	-	2	2	2	21	-	23	-
Nordrhein-Westfalen	63	58	59	41	-	4	4	4	38	52	60	-
Rheinland-Pfalz	35	20	31	18	-	10	10	3	19	1	26	-
Saarland	11	8	8	5	-	-	-	-	6	-	6	-
Sachsen	26	26	25	17	-	17	16	16	26	19	24	-
Sachsen-Anhalt	32	29	33	28	-	11	11	11	26	10	24	2
Schleswig-Holstein	17	6	10	3	-	4	4	4	12	-	10	-
Thüringen	30	26	31	9	-	3	3	-	26	5	29	-
Summe	499	395	454	313	45	151	148	134	355	126	415	13

Tabelle 4.5: Immissionsmessstationen des Umweltbundesamtes (Stand: 6. August 2002)

Station	Bestimmungen von Gasen											Bestimmungen im Schwebstaub					Meteo- rologie	Bestimmungen im Niederschlag				Strah- lung	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O	PAN	Hg	KW FCKW	VOC	Carbo- nyle	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>4</sub>	Σ N	SM			Men- ge	PH LF	Ion- en	SM	UV
Aukrug	R	R	R									R					R						
Bassum	R	R	R									R					R						
Brotjacklriegel	R	R	R	R						3T	2T	R				M	R	W	W	W	W		
Deuselbach	R	R	R	R	R				T			R	T	T	T	M	R	T	T	T	W		
Falkenberg	R	R	R									R					R	W	W	W			
Forellenbach	R	R	R									R					R	W	W	W			R
Gittrup	R	R	R									R					R						
Helgoland	R	R	R									R					R	W	W	W			
Langen																							R
Lehnmühle	R	R	R									R					R	W	W	W			
Leinefelde	R	R	R									T					R						
Lückendorf	R	R	R									R					R						
Melpitz	R	R	R									R					R	W	W	W			
Neuglobsow	R	R	R	R	R							R		T	T	M	R	W	W	W	W		
Öhringen	R	R	R									R					R	W	W	W			
Raisting	R	R	R									R					R	W	W	W			
Regnitzlosau	R	R	R									R					R	W	W	W			

**Tabelle 4.5 (forts.): Immissionsmessstationen des Umweltbundesamtes (Stand: 6. August 2002)**

Station	Bestimmungen von Gasen											Bestimmungen im Schwebstaub					Meteo- rologie	Bestimmungen im Niederschlag				Strah- lung	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O	PAN	Hg	KW FCKW	VOC	Carbo- nyle	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>4</sub>	Σ N	SM		R	Men- ge	PH LF	Ion- en	SM	UV
Schauinsland	R	R	R	R	R	R	R		T			R	T	T	T	M	R	W	W	W	W	R	R
Schmücke	R	R	R	R	R					3T	2T	R				M	R	W	W	W	W		
Schorfheide	R	R	R									R					R						
Ueckermünde	R	R	R									R					R						
Waldhof	R	R	R	R			R	R		3T	2T	R	T			M	R	T	T	T	W		
Westerland	R	R	R	R								T		T	T	M	R	W	W	W	W		
Zingst	R	R	R	R	R		R	R		3T	2T	R		T	T	M	R	W	W	W	W	R	R
Zugspitze	R	R	R	R	R	R	R		T	3T	2T	R					R	P	P	P	P	R	R

SO<sub>2</sub>: Schwefeldioxid  
 NO<sub>x</sub>: Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)  
 O<sub>3</sub>: Ozon  
 CO<sub>2</sub>: Kohlendioxid  
 CH<sub>4</sub>: Methan  
 SF<sub>6</sub>: Schwefelhexafluorid  
 N<sub>2</sub>O: Distickstoffoxid  
 PAN: Peroxiacetylnitrat

Hg: Quecksilber  
 KW: Kohlenwasserstoffe  
 FCKW: Fluorchlorkohlenwasserstoffe  
 VOC: Flüchtige organische  
 Kohlenwasserstoffe  
 PM<sub>10</sub>: Staubteilchen < 10 µm  
 PM<sub>2,5</sub>: Staubteilchen < 2,5 µm  
 SO<sub>4</sub>: Sulfat

Σ N: Σ NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Σ HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub>  
 SM: Schwermetalle  
 Meteorologie: Windricht./-geschw., Temp.,  
 Luftdruck, rel. Feuchte  
 pH/LF: pH-Wert, Leitfähigkeit  
 Ionen: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,  
 Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>  
 UV: UV-B-Strahlung

G: Globalstrahlung  
 R: kontinuierlich re-  
 gistrierendes Gerät  
 T/W/M: Tages-/Wochen-/  
 Monatsproben  
 P: geplante Messung  
 2T: 8h-Messg. alle 2 d  
 3T: 1 Probe alle 3 d

## 5. Auswertung, Beurteilung und Dokumentation

### 5.1 Kenngrößen zur Beurteilung von Immissionen

Zur Bewertung von Immissionen dienen Kenngrößen für *mittlere* und für *maximale* Belastungen der atmosphärischen Luft. Sie werden aus den Einzelwerten von Immissionsmessungen berechnet, die in der Regel seit Einführung der zweiten Generation von EU-Richtlinien /19-21/ Stunden-, 8-Stunden-, Tages- und Jahresmittelwerte sind (s. Kapitel 4.1.3). Die in der Bundesrepublik Deutschland zur Beurteilung von Immissionen nach verschiedenen Vorschriften herangezogenen Kenngrößen sind in der Tabelle 5.1 zusammenfassend dargestellt. Dort sind neben den Immissionsbegrenzungen in der TA Luft /24/, in der 4. Verwaltungsvorschrift /33/, der 22. und der 33. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz /25, 26/, und in Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft /19-21, 28-30/ auch die Maximalen Immissionskonzentrationen zum Schutze des Menschen der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft charakterisiert.

Mittelwerte	TA Luft	4. VwV	22. BImSchV	33. BImSchV	EU-Richtlinien	VDI-MIK-Werte
½-Stunde						X
1 Stunde	X	X	X	X	X	
8 Stunden		X	X	X	X	
24 Stunden (Tag)	X	X	X		X	X
Monat		X				
Jahr	X	X	X		X	X
Überschreitungshäufigkeit	X		X		X	
AOT				X	X	
95-Perzentile			X		X	
98-Perzentile		X	X		X	
Mediane		X	X		X	

**Tabelle 5.1: In Deutschland verwendete Kenngrößen zur Bewertung von Immissionen**

Die Maximalen Immissionskonzentrationen (MIK-Werte) der Kommission Reinhaltung der Luft beim Verein Deutscher Ingenieure /5/ sind zwar nicht Inhalt von staatlichen Vorschriften; die ausdrücklich auf Wirkungen auf die menschliche Gesundheit bezogenen MIK-Werte wurden jedoch oft – z.B. in Messberichten von Länderinstituten - zur Bewertung der Ergebnisse von Immissionsmessungen herangezogen. In den letzten Jahren ist die Mehrzahl der maximale Immissionswerte zum Schutze des Menschen betreffenden Blätter der VDI-Richtlinienreihe 2310 zurückgezogen worden.

Substanz	Mittelwert über		
	½ Stunde	24 h	1 Jahr
Stickstoffdioxid	0,2	0,1	-
Ozon	0,120		

**Tabelle 5.2: Maximale Immissions-Konzentrationen (MIK-Werte) zum Schutz des Menschen der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN**

Damit hat der vormals in der Bundesrepublik übliche 30-Minuten-Mittelwert zur Beurteilung von Immissionen von Gasen kaum noch Bedeutung.

An die Stelle der Bewertung von Spitzenbelastungen anhand von Perzentilen ist die Zuordnung von zulässigen Überschreitungen pro (Kalender-) Jahr für Stunden- und Tagesmittelwerte getreten. Die in die 22. BImSchV übernommenen 95- und 98-Perzentile stammen aus übergangsweise fortgeltenden älteren EU-Richtlinien /28, 29/.

## 5.2 Technische Durchführung von Auswertungen

Die Auswertungsmethoden sind naturgemäß für diskontinuierliche und kontinuierliche Immissionsmessverfahren sehr unterschiedlich. Die relativ wenigen Daten, die bei diskontinuierlichen Messungen in der Regel manuell gewonnen werden, können manuell und unter Zuhilfenahme einfacher Rechenanlagen verarbeitet werden.

Die großen Datenzahlen von kontinuierlichen Immissionsmessungen sind bei ihrer Gewinnung mit automatischen Geräten einer anschließenden automatischen Auswertung zugänglich.

Die einfachste (und älteste) Datenerfassung bei kontinuierlichen Messungen ist die Registrierung durch einen an das Gerät geschalteten Punkt- oder Linienschreiber. Sie ist zur Geräte-Kontrolle bei Wartungsarbeiten auch derzeit noch zweckmäßig, während heute eine digitale Messwertverarbeitung bei automatischen Messgeräten üblich ist.

Bei telemetrischen Messnetzen werden die analogen Messsignale integriert und nach Digitalisierung einem Prozessrechner zugeleitet. Üblicherweise erfolgt diese Eingabe über ISDN-Leitungen in eine zentrale Datenverarbeitungsanlage /72-76/.

Messwerte oder Zwischenauswertungen können fernübertragen und praktisch an beliebigen Orten in beliebiger Größe als Zahlenwerte angegeben werden.

## 5.3 Vorschriften zur Auswertung von Immissionsmessungen

### 5.3.1 Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften

Konkrete Vorschriften zur Auswertung von Immissionsmessungen sind in den Tochterrichtlinien /19-21/ zur Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie /18/ enthalten. Neben den Regelungen dieser zweiten Generation von EU-Richtlinien zur Luftqualität haben Vorschriften aus älteren EU-Richtlinien /28-30/ übergangsweise Bestand. Die aktuell anzuwendenden Vorgehensweisen sind weitestgehend in die 22. und 33. BImSchV /25, 26/ übernommen worden (siehe 5.3.2 und 5.3.4) und gingen auch in die Regelungen der novellierten TA Luft /24/ (siehe 5.3.5) ein.

Für Partikel (PM<sub>10</sub>) enthält die erste Tochterrichtlinie Immissionswerte, die nach einem 2-Stufen-Plan einzuhalten sind. Die Grenzwerte der ersten Stufe sind ab dem 01.01.2005 einzuhalten.

Die Richtgrenzwerte der zweiten Stufe, die vorbehaltlich einer Überprüfung aufgrund der in den Mitgliedstaaten gemachten Erfahrungen bis 2005 ab dem 01.01.2010 zu erreichen sind, wurden nicht in die 22. BImSchV übernommen.

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranzmarge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[%]
<b>Partikel (PM<sub>10</sub>)</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.10	50	gemittelt über 24 Stunden	7	aus bis 2005 gewonnen Daten abzuleiten
		20	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	50 am 01.01.05, lineare jährliche Reduktion bis 01.01.10

**Tabelle 5.3: Richtgrenzwerte für Schwebstaub und Partikel (PM<sub>10</sub>)**

### 5.3.2 22. BImSchV

Zur Bewertung von Immissionen enthält die 22. BImSchV die folgenden Kenngrößen:

- Grenzwerte und Immissionsgrenzwerte mit den dazugehörigen Toleranzmargen
- Beurteilungsschwellen
- Alarmschwellen
- Schwellenwerte für Ozon (werden durch 33. BImSchV aufgehoben)
- Datenqualitätsziele

#### 5.3.2.1 Grenzwerte und Immissionsgrenzwerte

Die Grenzwerte und Immissionsgrenzwerte der 22. BImSchV basieren auf den übergangsweise fortgeltenden Anforderungen älterer EU-Richtlinien /28-30/ und der 1. und 2. Tochterrichtlinie /19, 20/. Die Immissionsgrenzwerte beziehen sich auf den Normzustand bei einer Temperatur von 293 K und einem Druck von 101,3 kPa.

In der ersten und zweiten Tochterrichtlinie sind die Toleranzmargen in Prozenten vom Grenzwert angegeben. Die Übernahme in die 22. BImSchV erfolgte unter Umrechnung in Massenkonzentrationen.

Die Toleranzmargen für die genannten Schadstoffe beziehen sich auf den Zeitraum vom Inkrafttreten der Verordnung (12. September 2002) bis zum 31.12.2002. Ab dem 01.01.2003 reduziert sich die Toleranzmarge jährlich stufenweise um denselben Betrag bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Grenzwert ohne Toleranzmarge erreicht werden muss. Für Benzol setzt die Reduktion der Toleranzmarge erst ab dem 01.01.2006 ein (vgl. Tabelle 5.8).

Zur Bewertung von Spitzenbelastungen sind den Immissionsgrenzwerten für Schwefeldioxid (Tages- und Stundenwert), Stickstoffdioxid (Stundenwert) und Partikel (24-Stundenwert) zulässige Überschreitungshäufigkeiten pro Kalenderjahr zugeordnet, was für SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> sehr hohen Perzentilen entspricht.

Die Bewertung von Spitzenbelastungen anhand von 98-Perzentilen (Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid) und 95-Perzentilen (Schwebstaub) bis zum 31.12.2004 stammt aus den o. g. älteren EU-Richtlinien /28-30/.

Für die jeweiligen Schadstoffe sind die Immissionskenngrößen wie folgt angegeben:

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Schwefeldioxid</b>	bis 31.12.04	80 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert >150	Median der während eines Jahres gemessenen Tagesmittel- werte	-	-
		120 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert ≤ 150	Median der während eines Jahres gemessenen Tagesmittel- werte	-	-
		130 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert > 200	Median der im Winter gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
		180 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert ≤ 200	Median der im Winter gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
		250 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert > 350	98-Perzentil aller während eines Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
		350 bei einem zugeordneten Schwebstaubwert ≤ 350	98-Perzentil aller während eines Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
		<b>Schwefeldioxid</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.05	350	gemittelt über eine volle Stunde
125	gemittelt von 0.00 bis 24.00 Uhr			3	-
<b>Schwefeldioxid</b> Ökosysteme	ab 12.09.02	20	Kalenderjahr und Winterhalbjahr	-	-

<sup>(1)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich 30 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 5.4: Grenzwerte und Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid**

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m³]	[-]	[-]	[µg/m³]
<b>Stickstoffdioxid</b>	bis 31.12.09	200	98-Perzentil der während eines Jahres gemessenen Mittelwerte über 1 Stunde oder kürzer	-	-
<b>Stickstoffdioxid</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.10	200	gemittelt über eine volle Stunde	18	80 <sup>(1)</sup>
		40	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	16 <sup>(2)</sup>
<b>Stickstoffoxide</b> Vegetation	ab 12.09.02	30	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	-

<sup>(1)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2010 stufenweise um jährlich 10 µg/m³.

<sup>(2)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2010 stufenweise um jährlich 2 µg/m³.

**Tabelle 5.5: Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide**

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m³]	[-]	[-]	[µg/m³]
<b>Schwebstaub</b>	bis 31.12.04	150	Arithmetisches Mittel aller wäh- rend eines Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
		300	95-Perzentil aller während eines Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	-	-
<b>Partikel (PM<sub>10</sub>)</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.05	50	gemittelt über 24 Stunden	35	15 <sup>(1)</sup>
		40	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	4,8 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich 5 µg/m³.

<sup>(2)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich 1,6 µg/m³.

**Tabelle 5.6: Immissionsgrenzwerte für Schwebstaub und Partikel (PM<sub>10</sub>)**

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Blei</b>	bis 31.12.04	2	Jahresmittelwert	-	-
<b>Blei</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.05	0,5	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	0,3 <sup>(2)</sup>
<b>Blei</b>	ab 01.01.10	0,5 <sup>(1)</sup>	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	0,04 <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> In der Nähe bestimmter durch jahrzehntelange industrielle Tätigkeit belastete Standorte, ab 01.01.2005 beträgt der Immissionswert 1,0 µg/m<sup>3</sup>, Einzelheiten siehe § 5 der 22. BImSchV

<sup>(2)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich 0,1 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>(3)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2010 stufenweise um jährlich 0,05 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 5.7: Immissionsgrenzwerte für Blei**

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Benzol</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.10 <sup>(1)</sup>	5	gemittelt über ein Kalenderjahr	-	5 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Fristverlängerung um max. 5 Jahre möglich, Einzelheiten siehe § 6 der 22. BImSchV

<sup>(2)</sup> Reduktion der Toleranzmarge um jährlich 1 µg/m<sup>3</sup> ab 01.01.2006 bis 01.01.2010

**Tabelle 5.8: Immissionsgrenzwerte für Benzol**

Schadstoff Schutzgut	Zeitraum	Immissions- grenzwert	Bezug	Zulässige Überschreitungs- häufigkeit pro Jahr	Toleranz- marge
[-]	[TT.MM.JJ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[-]	[µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Kohlenmonoxid</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.05	10	höchster 8- Stunden- Mittelwert <sup>(1)</sup>	-	6 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Gleitender 8-Stunden-Mittelwert, berechnet aus stündlich aktualisierten 1-Stunden-Mittelwerten

<sup>(2)</sup> gilt ab dem 12.09.2002, vermindert sich ab dem 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich 2 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 5.9: Immissionsgrenzwerte für Kohlenmonoxid**

### 5.3.2.2 Alarmschwellen

Bei der Überschreitung der Alarmschwellen müssen die Mitgliedstaaten umgehend Maßnahmen (z.B. aktuelle Warnungen, Verhaltensregeln für Risikogruppen, Aktionspläne mit Kurzfristmaßnahmen) ergreifen.

Die Alarmschwellen betragen für Stickstoffdioxid 400 µg/m<sup>3</sup>, für Schwefeldioxid 500 µg/m<sup>3</sup>, jeweils gemittelt über eine volle Stunde, gemessen an drei aufeinanderfolgenden Stunden.

### 5.3.2.3 Beurteilungsschwellen

Anhand von Beurteilungsschwellen richtet sich die Immissionsüberwachung in Gebieten und Ballungsräumen aus (vgl. Kapitel 4.2.1 und 4.2.2). Eine Auflistung findet sich in Tabelle 4.1.

### 5.3.2.4 Datenqualitätsziele

Die als Richtschnur für Qualitätssicherungsprogramme in der 22. BImSchV genannten Datenqualitätsziele beziehen sich auf die erforderliche Genauigkeit der Beurteilungsmethoden (Messungen, Modellberechnungen, objektive Schätzung, s. Kapitel 4.2.1), die Mindestdatenerfassung und die Mindestzeitdauer der Probenahme. Sie sind für die Durchführung von ortsfesten Messungen in Tabelle 5.10 aufgelistet.

	Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide	Partikel und Blei	Benzol	Kohlenmonoxid
Kontinuierliche Messung <sup>1)</sup>				
Genauigkeit/Unsicherheit <sup>2)</sup>	15 %	25 %	25 %	15 %
Mindestdatenerfassung	90%	90 %	90%	90 %
Orientierende Messung				
Genauigkeit/Unsicherheit <sup>2)</sup>	25 %	50 %	25 %	15 %
Mindestdatenerfassung	90 %	90 %	90 %	90 %
Mindestzeitdauer <sup>3)</sup>	14 %	14 %	14 %	14 %

<sup>1)</sup> Stichprobenmessungen (gleichmäßig über das Jahr verteilt) anstelle von kontinuierlichen Messungen können durchgeführt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Genauigkeit mit einem Vertrauensbereich (systematische Abweichung + zweimalige Standardabweichung) von 95 % in Bezug auf kontinuierliche Messungen bei 10 % liegt.

<sup>2)</sup> Genauigkeit (Spalte 2 und 3) definiert in ISO 5725-1 /77/, Unsicherheit (Spalte 4 und 5) definiert in ISO 1993 /78/

<sup>3)</sup> eine Messung wöchentlich nach dem Zufallsprinzip gleichmäßig über das Jahr verteilt oder acht Wochen gleichmäßig über das Jahr verteilt

**Tabelle 5.10: Datenqualitätsziele bei der Durchführung ortsfester Messungen**

### 5.3.3 23. BImSchV

Die 23. BImSchV /27/ legt Konzentrationswerte fest, bei deren Überschreitung Minderungsmaßnahmen zu prüfen sind. Sie wird mit Inkrafttreten der 33. BImSchV /26/ außer Kraft gesetzt.

Es werden die folgenden Konzentrationswerte genannt:

<b>Stickstoffdioxid:</b>	160 µg/m <sup>3</sup> (98-Prozent-Wert aller Halbstundenmittelwerte eines Jahres)
<b>Ruß:</b>	14 µg/m <sup>3</sup> ab 1. Juli 1995 (arithmetischer Jahresmittelwert) 8 µg/m <sup>3</sup> ab 1. Juli 1998 (arithmetischer Jahresmittelwert)
<b>Benzol:</b>	15 µg/m <sup>3</sup> ab 1. Juli 1995 (arithmetischer Jahresmittelwert) 10 µg/m <sup>3</sup> ab 1. Juli 1998 (arithmetischer Jahresmittelwert)

### 5.3.4 33. BImSchV

Zur Bewertung von Immissionen von bodennahem Ozon enthält die 33. BImSchV /26/ die folgenden Kenngrößen:

- Immissionswerte
- Zielwerte und langfristige Ziele
- Informations- und Alarmschwellen
- Datenqualitätsziele

#### 5.3.4.1 Immissionswerte, Zielwerte und langfristige Ziele, Informations- und Alarmschwellen

Die Immissionswerte sind als 1-Stunden-Mittelwerte, 8- Stunden-Mittelwerte während eines Tages oder als AOT40 (Schutz der Vegetation) für den Zeitraum Mai – Juli, gemittelt über 5 Jahre angegeben. Der AOT40-Wert (AOT=“accumulation over threshold“) berücksichtigt neben der Konzentration auch die Dauer der Belastung. Er entspricht der über einen vorgegebenen Zeitraum summierten Differenz zwischen Ozonkonzentrationen über 80 Mikrogramm · Stunden per Kubikmeter und unter 80 Mikrogramm · Stunden per Kubikmeter. Zur Bildung des AOT40-Wertes werden ausschließlich die täglichen 1-Stunden-Mittelwerte zwischen 8.00 und 20.00 Uhr mitteleuropäischer Zeit (MEZ) verwendet.

Immissionswert für bodennahes Ozon Schutzgut	Zeitraum	Immissionswert	Bezug	Zulässige Überschreitungshäufigkeit
<b>Zielwert</b> Menschliche Gesundheit	ab 01.01.10	120 µg/m <sup>3</sup>	Höchster 8-Stundenmittelwert während eines Tages	25 pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre
<b>Zielwert</b> Vegetation	ab 2010	18 · 10 <sup>3</sup> µg·h/m <sup>3</sup>	AOT für den Zeitraum Mai – Juli, gemittelt über 5 Jahre	-
<b>Langfristiges Ziel</b> Menschliche Gesundheit	-	120 µg/m <sup>3</sup>	Höchster 8-Stundenmittelwert während eines Tages	-
<b>Langfristiges Ziel</b> Vegetation	-	6 · 10 <sup>3</sup> µg·h/m <sup>3</sup>	AOT für den Zeitraum Mai – Juli, gemittelt über 5 Jahre	-
<b>Informationsschwelle</b>	ab Inkrafttreten	180	1-Stunden-Mittelwert	-
<b>Alarmschwelle</b>	ab Inkrafttreten	240	1-Stunden-Mittelwert	-

**Tabelle 5.11: Immissionswerte für bodennahes Ozon**

### 5.3.4.2 Datenqualitätsziele

Die Datenqualitätsziele für Messungen von bodennahem Ozon und seinen Vorläuferstoffen sind wie folgt angegeben:

	Für Ozon, NO und NO <sub>2</sub>
Kontinuierliche ortsfeste Messung	
Unsicherheit der einzelnen Messung <sup>1)</sup>	15 %
Mindestdatenerfassung	Sommer: 90%, Winter 75 %
Orientierende Messung	
Unsicherheit der einzelnen Messungen <sup>1)</sup>	30 %
Mindestdatenerfassung	90 %
Mindestzeitdauer	> 10 % im Sommer

<sup>1)</sup> Unsicherheit nach den Grundsätzen des ISO-Leitfadens zur Unsicherheit beim Messen /78/ oder ISO 5725-1 /77/ oder gleichwertige Methodik

**Tabelle 5.12: Datenqualitätsziele bei der Durchführung von Messungen**

### 5.3.5 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

Im Vergleich zur TA Luft 1986 /50/ sind die Immissionskenngrößen entsprechend den Vorgaben der aktuellen EU-Richtlinien verändert worden. Sie sind in der neuen TA Luft wie folgt festgelegt:

#### – Immissionskenngrößen

Der **Immissions-Jahreswert** ist der Konzentrations- oder Depositionswert eines Stoffes gemittelt über ein Kalenderjahr.

Der **Immissions-Tageswert** ist der Konzentrationswert eines Stoffes gemittelt über einen Kalendertag mit der zugehörigen zulässigen Überschreitungshäufigkeit (Anzahl der Tage) während eines Kalenderjahres.

Der **Immissions-Stundenwert** ist der Konzentrationswert eines Stoffes gemittelt über eine volle Stunde (z.B. 8.00 bis 9.00 Uhr) mit der zugehörigen zulässigen Überschreitungshäufigkeit (Anzahl der Stunden) während eines Kalenderjahres.

Die Immissionen werden als Masse der luftverunreinigenden Stoffe bezogen auf das Volumen der verunreinigten Luft (bei gasförmigen Stoffen bezogen auf 293,15 K und 101,3 kPa) bzw. als Deposition (Ablagerung fester, flüssiger und gasförmiger Luftverunreinigungen durch die Schwerkraft auf einer definierten Fläche in einer definierten Zeit) angegeben.

Die Immissionswerte der TA Luft sind in Tabelle 5.13 zusammengestellt.

a) Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit			
Schadstoff	Konzentration [µg/m³]	Mittelungszeitraum	zulässige Überschreitungshäufigkeit pro Jahr
Schwefeldioxid	50	Jahr	-
	125	24 h	3
	350	1 h	24
Stickstoffdioxid	40	Jahr	-
	200	1 h	18
Benzol	5	Jahr	-
Tetrachlorethen	10	Jahr	-
Schwebstaub (PM <sub>10</sub> )	40	Jahr	-
	50	24 h	35
Blei und seine anorganischen Verbindungen im Schwebstaub (PM <sub>10</sub> ), angegeben als Blei	0,5	Jahr	-
b) Immissionswerte zum Schutz vor erheblichen Nachteilen oder Belästigungen durch Staubbiederschlag			
Schadstoff	Deposition [g/m²d]		Mittelungszeitraum
Staubbiederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35		Jahr
c) Immissionswerte zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation			
Schadstoff	Konzentration [µg/m³]	Mittelungszeitraum	
Schwefeldioxid	20	Jahr und Winter	
Stickstoffoxide, angegeben als Stickstoffdioxid	30	Jahr	
d) Immissionswert für Fluorwasserstoff zum Schutz vor erheblichen Nachteilen			
Schadstoff	Konzentration [µg/m²]	Mittelungszeitraum	
Fluorwasserstoff und gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als Fluor	0,4	Jahr	
e) Immissionswerte zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen			
Schadstoff	Deposition [µg/m²d]	Mittelungszeitraum	
Arsen und seine anorganischen Verbindungen	4	Jahr	
Blei und seine anorganischen Verbindungen	100	Jahr	
Cadmium und seine anorganischen Verbindungen	2	Jahr	
Nickel und seine anorganischen Verbindungen	15	Jahr	
Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen	1	Jahr	
Thallium und seine anorganischen Verbindungen	2	Jahr	

**Tabelle 5.13: Immissionswerte der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft**

Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft /24/ fordert zur Auswertung von Immissionsmessungen zum Vergleich mit den Immissionswerten die Bildung der Kenngrößen Immissions-Jahreswert, Immissions-Tageswert und Immissions-Stundenwert (bzw. IJV, ITV und ISV als Kenngrößen der gemessenen „Vorbelastung“ und der im Genehmigungsverfahren durch eine Ausbreitungsrechnung ermittelten „Zusatzbelastung“ IJZ, ITZ und ISZ durch eine neue Anlage).

Die Ermittlung der Gesamtbelastung im Überwachungsverfahren erfolgt analog zur Ermittlung der Vorbelastung im Genehmigungsverfahren.

Die Immissionswerte sind eingehalten, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

**Immissionsjahreswert (IJ):**

Der Immissionsjahreswert ist eingehalten, wenn die Summe aus Vorbelastung und Zusatzbelastung für den jeweiligen Schadstoff kleiner oder gleich dem Immissionsjahreswert sind.

$$IJV + IJZ \leq IJ$$

**Immissionstageswert:**

Der Immissions-Tageswert ist auf jeden Fall eingehalten, wenn die folgenden Bedingungen additiv erfüllt sind:

- $IJV \leq 0,9 IJ$
- $ITV \leq 0,8 IT$
- $ITZ \leq IT$

Im Übrigen ist der Immissions-Tageswert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung - ermittelt durch Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für den Tag - an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissionskonzentrationswert für 24 Stunden ist oder eine Auswertung ergibt, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit eingehalten ist.

## **Immissionsstundenwert**

Der Immissions-Stundenwert ist auf jeden Fall eingehalten, wenn die folgenden Bedingungen additiv erfüllt sind:

- $IJV \leq 0,9 IJ$
- Überschreitungshäufigkeit (ISV)  $\leq 0,8$  zulässige Überschreitungshäufigkeit (IS)
- $ISZ \leq IS - IJ$

Im Übrigen ist der Immissions-Stundenwert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung – ermittelt durch Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für die Stunde – an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissionskonzentrationswert für 1 Stunde ist oder eine Auswertung ergibt, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit eingehalten ist.

Die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Immissionsdaten aus diskontinuierlichen Messungen nach den Vorschriften der TA Luft, insbesondere auch für Luftreinhaltepläne, wird aufgrund umfangreichen Datenmaterials aus Nordrhein-Westfalen in einem Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz in Essen beschrieben /79/.

### 5.3.6 Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (4. BImSchVwV)

Die nach der 4. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (s. Kapitel 3.7 und 4.2.6) - vorzunehmenden Auswertungen sind weitgehend auf Bestimmungen in älteren Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften /28-30/ und in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft 86 /51/ bezogen. Es sind folgende Kenngrößen zu ermitteln:

Tagesmittelwerte	für gasförmige Luftverunreinigungen
arithmetische Mittelwerte für Monate und Kalenderjahr	für gasförmige Luftverunreinigungen, für Ruß in der Luft, für Schwebstaub und für die Inhaltsstoffe im Schwebstaub
Höchstwerte, Mediane und 98%-Werte der Stunden- und Achtstundenmittelwerte für das Kalenderjahr	für Ozon
Mediane für das Jahr und für den Zeitraum 1.10 bis 31.3, sowie die 98%-Werte für den Zeitraum 1.4 bis 31.3 (nach EG-Richtlinie 89/427/EWG)	für Schwefeldioxid und für Schwebstaub
98%-Werte für das Kalenderjahr	für gasförmige Luftverunreinigungen, für Ruß in der Luft und für Schwebstaub
Monatsmittelwerte	für den Staubbiederschlag
Jahresmittelwerte	für den Staubbiederschlag und für die Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag

**Tabelle 5.14: Kenngrößen der 4. BImSchVwV**

Mediane und 98%-Werte sollen nach der Rangplatzmethode ermittelt werden. Aus den ermittelten Monatsmittelwerten sind gleitende 12-Monatsmittelwerte zu bilden (d.h. 12-Monatsmittelwerte mit jeweils um einen Monat verschobenem Beginn und Ende).

### 5.3.7 Beurteilungsmaßstäbe des Länderausschusses für Immissionsschutz

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) veröffentlichte für eine Reihe von relevanten Luftschadstoffen Beurteilungsmaßstäbe zur Bewertung der Immissionsbelastung. Neben den unter 5.3.7.1 beschriebenen Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Stoffe liegen Bewertungen für die Immissionsbelastungen von Ammoniak und Ammoniumverbindungen /80/, Quecksilber und Quecksilberverbindungen /81/ sowie Vanadium /82/ vor.

Darüber hinaus wurde ein Vorschlag für die Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind vorgelegt /83/.

#### 5.3.7.1 Kanzerogene Luftverunreinigungen

In einem Abschlussbericht der Arbeitsgruppe “Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen“ des Länderausschusses für Immissionsschutz /84/ werden die in der Tabelle 5.15 wiedergegebenen “Beurteilungsmaßstäbe“ als arithmetische Mittelwerte nach Nr. 2.6 TA Luft 86 (Novellierung 2002) zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftschadstoffe auf der Basis des Gesamtrisikos von 1 : 2500 genannt.

Schadstoff	Beurteilungsmaßstab
Arsen und seine anorganischen Verbindungen	5 ng/m <sup>3</sup>
Asbestfasern <sup>1)</sup>	88 F/m <sup>3</sup>
Benzol	2,5 µg/m <sup>3</sup>
Cadmium und seine Verbindungen	1,7 ng/m <sup>3</sup>
Dieselpartikel	1,5 µg/m <sup>3</sup>
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Leitsubstanz Benzo-(a)-pyren	1,3 ng/m <sup>3</sup>
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	16 fg/m <sup>3</sup>

1) Faser-Definition: Dicke ≤ 3 µm; Länge ≥ 5 µm; Verhältnis:  $\frac{\text{Länge}}{\text{Dicke}} \geq \frac{3}{1}$

**Tabelle 5.15: Beurteilungsmaßstäbe des Länderausschusses für Immissionsschutz zur immissionsseitigen Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftschadstoffe auf der Basis des Gesamtrisikos von 1 : 2500. Arithmetische Mittelwerte in Anlehnung an die Mess- und Beurteilungsvorschriften der Nr. 2.6 TA Luft 86**

Für Luftverunreinigungen von anorganischen Verbindungen“ /85/ werden Langzeitwerte für Chrom von 17 ng/m<sup>3</sup> und für Nickel von 10 ng/m<sup>3</sup> angegeben /85/. Für Toluol und Xylol werden als Zielwerte für das Jahresmittel jeweils 30 µg/m<sup>3</sup> genannt /86/.

### 5.3.7.3 Geruchsschwellenwerte

Der Länderausschuss für Immissionsschutz veröffentlichte eine Geruchsimmissions-Richtlinie, deren Regelungen bis zum Erlass entsprechender bundeseinheitlicher Verwaltungsvorschriften beachtet werden sollen /87, 88/. In dieser Veröffentlichung sind die in der Tabelle 5.16 wiedergegebenen Geruchsschwellenwerte aufgeführt.

In der aktuellen Fassung vom 13.05.1998 wurden die Geruchsschwellenwerte nicht mehr aufgeführt. Chemisch-Analytische Methoden können zu orientierenden Zwecken bei der Geruchsbestimmung unter Verwendung dieser Werte jedoch weiterhin angewendet werden /89/. Im Regelfall sind Geruchsimmissionen durch Rasterbegehungen unter Berücksichtigung der Norm DIN EN 13725 – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie /90/ – zu ermitteln.

Die meisten Bundesländer haben die Geruchsimmissions-Richtlinie als landesrechtliche Vorschrift übernommen (mit Veröffentlichung im Amtsblatt des Landes).

**Tabelle 5.16: Geruchsschwellenwerte des Länderausschusses für Immissionsschutz**

Stoff	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>
Acetaldehyd	0,2	0,4
Aceton	20,0	48,0
Acrolein	0,2	0,5
Acrylnitril	20,0	44,0
Ameisensäure	1,0	1,9
Ammoniak	2,7	1,9
n-Amylacetat	0,07	0,4
i-Amylalkohol	0,05	0,2
n-Amylalkohol	0,2	0,7
Benzol	5,0	16,2
Butadien	0,5	1,1
i-Butanol	0,7	2,2
n-Butanol	0,14	0,4
Buttersäure	0,001	0,004
n-Butylacetat	0,006	0,03
Chlorbenzol	0,2	0,9
Cyclohexanon	0,1	0,4
Dibutylamin	0,26	1,4
Dichlormethan	200,0	706,0
Diethylamin	0,02	0,06
Dimethylamin	0,05	0,09
Dimethylformamid	100,0	303,0

Stoff	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>
Diphenyloxid	0,1	0,7
Essigsäure	1,0	2,5
Ethanol	10,0	19,1
Ethylacetat	6,0	22,0
Ethylacrylat	0,0005	0,002
Ethylenoxid	300,0	549,0
2-Ethylhexanol	0,08	0,4
Ethylmercaptan	0,001	0,003
Formaldehyd	0,1	0,1
o- m-Kresol	0,001	0,004
p- Methanol	4,0	5,3
Methylethylketon	2,0	6,0
Methylmercaptan	0,02	0,04
Methylmetacrylat	0,05	0,2
Morpholin	0,01	0,04
Nitrobenzol	0,005	0,03
Phenol	0,05	0,2
Phosgen	1,0	4,1
i-Propanol	3,0	7,5
Propionsäure	0,04	0,2
i-Propylbenzol	0,008	0,04
i-Propylether	0,02	0,09
Propylendiamin	0,01	0,03
Propylenoxid	10,0	24,0
Pyridin	0,02	0,07
Schwefelkohlenstoff	0,2	0,6
Schwefelwasserstoff	0,002	0,003
Tetrachlorethylen	5,0	34,0
Tetrachlorkohlenstoff	100,0	640,0
Toluol	2,0	7,6
2,4-Toloylendiisocyanat	2,0	14,4
Trichlorethylen	20,0	109,0
Triethylamin	0,09	0,4
Trimethylamin	0,0002	0,0005
1,3,5-Trimethylbenzol	0,4	2,0

## 5.4 Messberichte

Die Ergebnisse von fortlaufenden Immissionsmessungen werden von den Bundesländern in Monatsberichten und/oder Jahresberichten dokumentiert. Darüber hinaus gehen sie auch in Luftreinhaltepläne und Aktionspläne nach § 47 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ein.

Bis September 2002 hatten die Mitgliedstaaten den ersten Bericht an die EU-Kommission abzugeben, in dem die festgestellten Grenzwertüberschreitungen genannt werden /91/. Die ersten Aktionspläne, die Bestandteil eines Luftreinhalteplans sein können, sind bis zum Ende des Jahres 2003 zu erstellen /92/.

In zunehmendem Maße publizieren die Länderinstitutionen ihre Immissionsmessdaten auch mit Hilfe elektronischer Medien (Bildschirmtext, Videotext, Internet).

In der Tabelle 5.17 sind die zur Zeit herausgegebenen Monats- und Jahresberichte der Bundesländer sowie des Umweltbundesamtes sowie Links auf Messnetze der Bundesländer und des UBA (aktuelle Messwerte) zusammengestellt (Stand: 12.08.2003).

Die Messinstitute der Bundesländer teilen die Daten ihrer kontinuierlichen Immissionsmessungen dem Umweltbundesamt für zentrale Auswertungen mit.

Laufende Veröffentlichungen von Immissionsmessdaten von den Messstationen in den Bundesländern erscheinen in der Zeitschrift „VDI-Nachrichten“. Dort werden auch Angaben über telefonische und elektronische Abrufmöglichkeiten gemacht.

## **Tabelle 5.17: Berichte über die Ergebnisse von Immissionsmessungen**

---

### **Baden-Württemberg**

Immissionskonzentrationen. Monatsberichte und Jahresberichte. Herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Griesbachstr. 3, 76185 Karlsruhe

[www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/umeg](http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/umeg)

### **Bayern**

Luftthygienische Berichte. Monats- und Jahresberichte.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Rosenkavalierplatz 3, 81925 München

[www.bayern.de/lfu/luft/index.html](http://www.bayern.de/lfu/luft/index.html)

### **Berlin**

Luftverunreinigungen in Berlin, Monatsberichte und Jahresberichte. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Am Köllnischen Park 3, 10179 Berlin

[www.met.fu-berlin.de/senum/index.html](http://www.met.fu-berlin.de/senum/index.html)

### **Brandenburg**

Luftqualität in Brandenburg. Monatsberichte und Jahresberichte.

Landesumweltamt Brandenburg, Berliner Str. 21 - 25, 14467 Potsdam

[www.brandenburg.de/land/mlur/i/luftwert.htm](http://www.brandenburg.de/land/mlur/i/luftwert.htm)

### **Bremen**

Das Bremer Luftüberwachungssystem. Monatsberichte.

Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung, Hanseatenhof 5, 28195 Bremen

[www.umwelt.bremen.de/buisy/scripts/buisy.asp?doc=BLUES++Das+Bremer+Luftueberwachungssystem](http://www.umwelt.bremen.de/buisy/scripts/buisy.asp?doc=BLUES++Das+Bremer+Luftueberwachungssystem)

### **Hamburg**

Luftmessnetz Hamburg. Monatsberichte.

Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Steindamm 22, 20099 Hamburg

[www.hamburger-luft.de](http://www.hamburger-luft.de)

### **Hessen**

Luftthygienische Monatsberichte und Jahresberichte.

Hessische Landesanstalt für Umwelt, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

[www.hlug.de/medien/luft/index.htm](http://www.hlug.de/medien/luft/index.htm)

### **Mecklenburg-Vorpommern**

Monatsberichte. Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Abt. Immissionsschutz, Boldebucker Weg 3, 18273 Güstrow-Gülzow.

Luftgüteberichte (Jahre).

Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt, Schloßstr. 6 - 8, 19053 Schwerin

[www.lung.mv-regierung.de/index\\_luft\\_1024.htm](http://www.lung.mv-regierung.de/index_luft_1024.htm)

### **Niedersachsen**

Luftthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN), Monatsberichte (bis Juli 1996) und Jahresberichte. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Göttinger Str. 14, 30449 Hannover

[www.62.8.193/cgi-bin/dB4web\\_c.exe/Projekt3/Projekt3/index.htm?th=2&kn=14833&adresse=1](http://www.62.8.193/cgi-bin/dB4web_c.exe/Projekt3/Projekt3/index.htm?th=2&kn=14833&adresse=1)

### **Nordrhein-Westfalen**

Berichte über die Luftqualität an Rhein und Ruhr. LQUS-Jahresberichte, sowie MILIS-Jahresberichte über mobile Messungen.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Wallneyer Str. 6, 45133 Essen-Bredeney

[www.lua.nrw.de/index.htm?luft/temes/stat.htm](http://www.lua.nrw.de/index.htm?luft/temes/stat.htm)

### **Rheinland-Pfalz**

Monatsberichte über die Messergebnisse des Zentralen Immissionsmessnetzes - ZIMEN - für Rheinland-Pfalz.

Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, Messinstitut für Immissions-, Arbeits- und Strahlenschutz, Rheinallee 97 - 101, 55118 Mainz

[www.luft-rlp.de/aktuell/messwerte](http://www.luft-rlp.de/aktuell/messwerte)

### **Saarland**

Luftgütemessungen.

Vierteljährliche Berichte über die Messergebnisse des Immissionsmessnetzes Saar - IMMESA.

Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes, Hardenbergstr. 50, 66119 Saarbrücken

[www.umweltserver.saarland.de/luft/luft-pages/karten\\_luft/karte\\_frame.html](http://www.umweltserver.saarland.de/luft/luft-pages/karten_luft/karte_frame.html)

### **Sachsen**

Monatsberichte und Jahresberichte zur Immissionssituation.

Freistaat Sachsen, Landesamt für Umwelt und Geologie, Wasastr. 50, 01445 Radebeul

[www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lflug/lflug-internat/luft-laerm/lima\\_1468.htm](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lflug/lflug-internat/luft-laerm/lima_1468.htm)

### **Sachsen-Anhalt**

LÜSA-Monatsberichte.

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47 - 49, 06116 Halle (Saale).

Jahresberichte (Immissionsschutzberichte) des Landes Sachsen-Anhalt.

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Sachsen-Anhalt, Referat für Öffentlichkeitsarbeit, Pfälzer Str. 1, 39106 Magdeburg

[www.mu.sachsen-anhalt.de/lau/luesa](http://www.mu.sachsen-anhalt.de/lau/luesa)

### **Schleswig-Holstein**

Monatsberichte „Lufthygienische Überwachung Schleswig-Holstein“.

Gewerbeaufsichtsamt Itzehoe, Oelixer Str. 2, 25524 Itzehoe.

„Messberichte“ (Jahresberichte). Ministerium für Natur und Umwelt, Grenzstr. 1, 24149 Kiel

[www.umwelt.landsh.server.de/?1451](http://www.umwelt.landsh.server.de/?1451)

### **Thüringen**

Monatsberichte und Jahresberichte zur lufthygienischen Situation im Land Thüringen. Thüringer

Landesanstalt für Umwelt, Abt. Immissions- und Strahlenschutz, Prüssingstr. 25, 07745 Jena-Göschwitz

[www.tlug-jena/luftaktuell/421\\_11001\\_01\\_idx.html](http://www.tlug-jena/luftaktuell/421_11001_01_idx.html)

### **Umweltbundesamt**

Monatsberichte aus dem Messnetz. Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin

[www.env-it.de/luftdaten/start.fwd](http://www.env-it.de/luftdaten/start.fwd)

## 6. Messprinzipien und Messverfahren

Die Verfahren zur Immissionsmessung lassen sich unterteilen in:

- diskontinuierliche Verfahren und
- kontinuierliche Verfahren.

Diskontinuierliche Verfahren sind meist manuelle Verfahren, bei denen die Probenahme im Gelände und die Analyse im Laboratorium getrennte Vorgänge sind. Unter typischen kontinuierlichen Verfahren sind automatisch arbeitende Geräte zu verstehen, die bei stationärem Einsatz Probenahme und Analyse zeitlich lückenlos ausführen.

Durch die vorgenannte Unterscheidung werden nicht sämtliche Luftuntersuchungsmethodiken erfasst. So können „diskontinuierliche“ Messungen sowohl bei der Probenahme als auch bei der Analyse automatisiert werden. Die Verwendung von automatischen Probenahmeapparaturen - z.B. mit mehreren, nacheinander ansteuerbaren Absorptionsgefäßen - ermöglicht fortlaufende, zeitlich lückenlose Messungen. Für Analysen im Laboratorium können Laborautomaten eingesetzt werden.

Ein spezielles Beispiel sind Staubbiederschlagsmessungen. Sie sind zwar im Grunde diskontinuierliche, manuelle Messmethoden, wegen der langen Expositionszeit von einem Monat für eine Einzelmessung werden sie jedoch ohne Zeitlücke, und damit quasi-kontinuierlich, vorgenommen.

*Kontinuierliche* Messungen haben den Vorteil einer zeitlich lückenlosen Luftüberwachung. Sie sind für einen stationären Einsatz prädestiniert. Sie können jedoch auch in Messfahrzeugen installiert werden. Bei Luftverunreinigungen mit höheren *zeitlichen* Schwankungen als *räumlichen* Schwankungen (z.B. in Stadtgebieten mit weit verbreiteten Schadstoffen /93, 94/) weisen fortlaufende kontinuierliche Messungen Vorteile bei der Luftüberwachung auf.

Der Aufwand für automatisch-kontinuierliche Messungen ist hoch: Die Messgeräte sind relativ teuer und für ihren Betrieb ist gut qualifiziertes Personal erforderlich. Bisher wurden nur für eine begrenzte Anzahl von Substanzen kontinuierlich arbeitende Immissionsmessgeräte entwickelt.

*Diskontinuierliche*, manuelle Immissionsmessverfahren haben Vorteile bei Stichproben und vielen Messstellen im Gelände. Die Messapparaturen können oft für die Bestimmung verschiedener Substanzen eingesetzt werden. Außerdem ermöglicht diese Arbeitsrichtung die Messung der Substanzen, für die es keine automatischen Messgeräte gibt.

## **6.1 Kontinuierliche Messungen**

Kontinuierliche Immissionsmessungen werden vor allem zur Durchführung staatlicher Vorschriften – insbesondere der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (s. Kapitel 3.6, 4.2.5 und 5.3.5), der 22. und 33. BImSchV (s. Kapitel 3.3, 3.5, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.2 und 5.3.4) und der Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften (s. Kapitel 3.1, 4.2.1 und 5.3.1) - vorgenommen.

Geeignete Messgeräte für kontinuierliche Messungen werden im Auftrag des Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom Umweltbundesamt nach Abstimmung mit den für die Luftreinhaltung zuständigen obersten Landesbehörden seit 2003 im Bundesanzeiger bekannt gegeben. Vormalig erfolgte die Bekanntgabe im Gemeinsamen Ministerialblatt.

Die Bekanntmachungen benennen den Hersteller des Gerätes und den Prüfbericht mit Prüfinstitut sowie Hinweise oder Einschränkungen zum Betrieb des Gerätes. Beschreibungen der Geräte, Messprinzip und Kenngrößen werden in den Bekanntmachungen nicht angegeben. Sie können den Prüfberichten entnommen werden.

### **6.1.1 Eignungsprüfungen**

Die Bekanntgabe von geeigneten Geräten zur kontinuierlichen Immissionsmessung durch den BMU setzt den erfolgreichen Abschluss einer Eignungsprüfung und die Zustimmung des Unterausschusses Luft/Überwachung im „Länderausschuß für Immissionsschutz“ (LAI) voraus /95/. Einheitliche Anforderungen an diese Prüfung wurden bereits 1975 in „Richtlinien für die Eignungsprüfung laufend aufzeichnender Immissionsmessgeräte“ im Gemeinsamen Ministerialblatt /96/ veröffentlicht. Eine Neufassung erschien 1981 /97/.

Diese Richtlinie wurde aufgehoben und ersetzt durch die Richtlinie VDI 4202 Blatt 1, Mindestanforderungen an automatische Immissionsmeseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen /98/. Die Mindestanforderungen beziehen sich neben Bauartanforderungen auf die in Tabelle 6.1 dargestellten Verfahrenskenngrößen. Sie beziehen sich z. T. auf sogenannte Bezugswerte (siehe Tabelle 6.2), die sich an den Immissionsgrenzwerten nach EU-Richtlinien orientieren.

Verfahrenskenngröße	Anforderung
Messbereichsendwert	$\geq B_2$
Linearität	$\leq 0,05 B_1$ (Bereich 0 bis $B_1$ ) $\leq 0,01 B_2$ (Bereich 0 bis $B_2$ )
Nachweisgrenze	$\leq B_0$
Einstellzeit	$\leq 5 \%$ der Mittelungszeit (180 s)
Verfügbarkeit	$\geq 90 \%$
Wartungsintervall	möglichst 28 Tage, mindestens 14 Tage
Reproduzierbarkeit	$\geq 10$
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	$\leq B_0$
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	$\leq 0,05 B_1$
Drift am Nullpunkt	$\leq B_0$
Drift des Messwertes	$\leq 0,05 B_1$
Netzspannung	$\leq B_0$
Querempfindlichkeiten	$\leq 0,03 B_2$
Unsicherheit des Prüfgases	$\leq 0,01 B_2$

**Tabelle 6.1: Mindestanforderungen VDI 4202, Blatt 1**

Schadstoff	Bezugswert		
	$B_0$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$B_1$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$B_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO <sub>2</sub>	2	40	700
NO <sub>2</sub>	3	60	400
PM <sub>10</sub>	2	40	200
CO	$1 \times 10^3$	$20 \times 10^3$	$60 \times 10^3$
Benzol	0,5	10	100
O <sub>3</sub>	4	80	360

**Tabelle 6.2: Bezugswerte für Mindestanforderungen nach VDI 4202, Blatt 1**

Die erweiterte Messunsicherheit (Gesamtunsicherheit) muss den Anforderungen an die Datenqualität der EU-Tochtrichtlinien genügen. Sie wird im Rahmen der Eignungsprüfung nach DIN EN ISO 14 956 /99/ aus den Unsicherheitsbeiträgen der Verfahrenskenngrößen nach dem Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung ermittelt.

Eine entsprechende Richtlinie für optische Fernmesseinrichtungen (VDI 4202, Blatt 2) liegt als Entwurf vor /100/.

Grundlagen für Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen sind in der Richtlinie VDI 4203 Blatt 1, Ausgabe 10/2001 /101/, beschrieben. Konkrete Vorgaben für Prüfpläne für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen sind im Richtlinienentwurf VDI 4203, Blatt 3 /102/ enthalten.

Den Auftrag für die kostenpflichtige Durchführung einer Eignungsprüfung erteilt in der Regel der Hersteller des Immissionsmessgerätes an ein hierfür akkreditiertes Prüfinstitut. Nach Abschluss der Eignungsprüfung legt das beauftragte Institut einen Prüfbericht vor, der dem Umweltbundesamt und dem Unterausschuss Luft/Überwachung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zugestellt wird. Nach positiver Begutachtung erfolgt die schon genannte Bekanntgabe durch das Umweltbundesamt im Auftrag des BMU. Seit 2003 werden die als geeignet anerkannten Messeinrichtungen nicht mehr im Gemeinsamen Ministerialblatt, sondern im Bundesanzeiger bekannt gegeben.

Die bisher eignungsgeprüften kontinuierlich arbeitenden Messgeräte sind im Anhang 3 tabellarisch zusammengestellt. Ein Teil der dort aufgeführten Geräte wird heute nicht mehr hergestellt. Sie sind mit \* gekennzeichnet

Der Anhang 3 bringt neben der tabellarischen Auflistung aller bisher eignungsgeprüften Geräte nähere Beschreibungen aktuell lieferbarer eignungsgeprüfter Immissionsmessgeräte.

## 6.1.2 Messprinzipien

Eignungsgeprüfte, kontinuierlich arbeitende Immissionsmessgeräte wurden für die luftverunreinigenden Substanzen

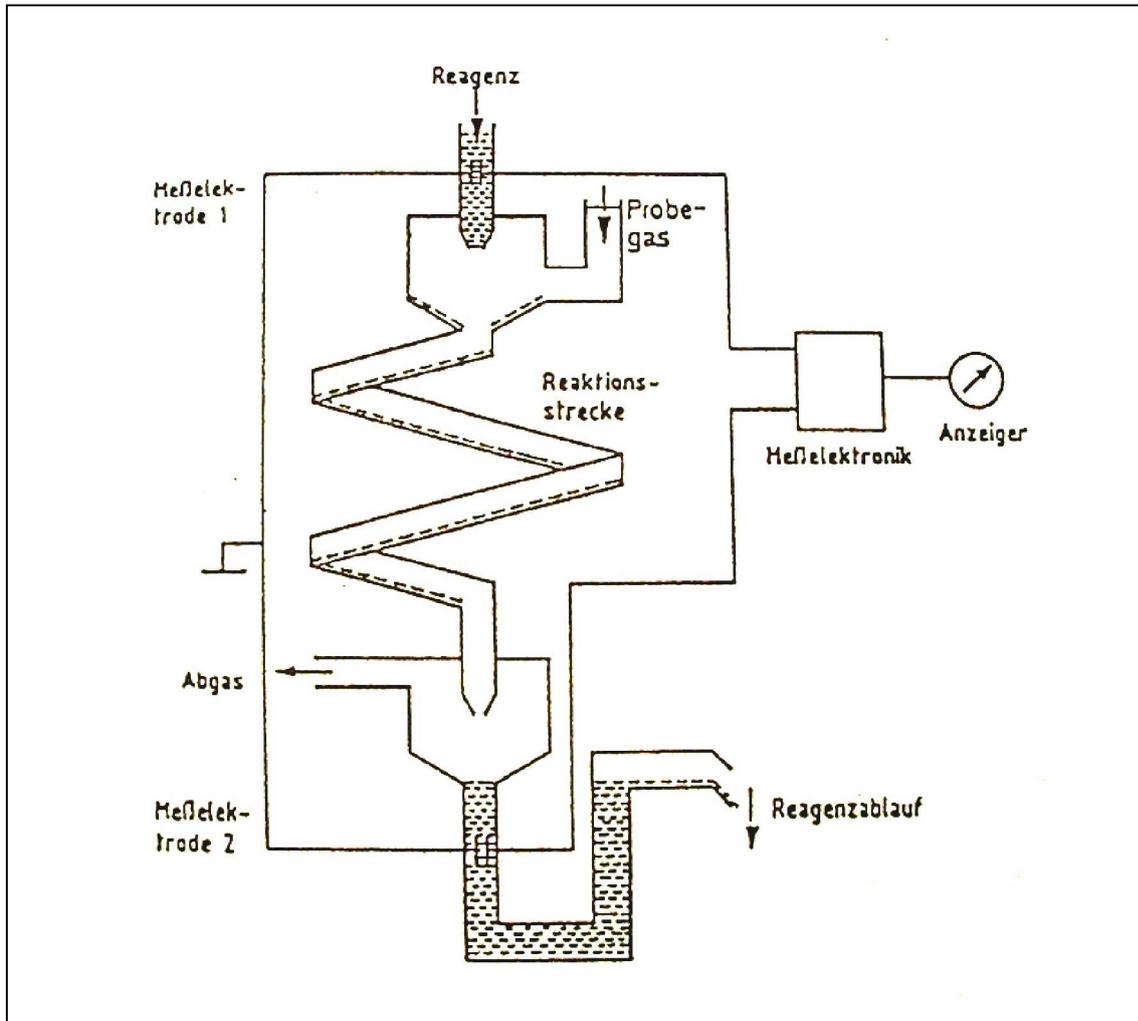
- Schwefeldioxid,
- Stickstoffoxide,
- Kohlenstoffmonoxid,
- Ozon,
- Organische, gasförmige Gesamt-C-Verbindungen,
- Benzol,
- Toluol, Ethylbenzol, Xylol,
- Schwebstaub und Partikel (PM<sub>10</sub>),
- Ruß.

entwickelt (siehe Anhang 3).

Die für diese Messungen eingesetzten Messprinzipien werden im folgenden kurz beschrieben. Sie entsprechen in den meisten Fällen den für kontinuierliche Emissionsmessungen verwendeten Verfahren /1/.

### 6.1.2.1 Leitfähigkeitsmessung (Konduktometrie) /1, 5, 14, 103, 104/

Bei dem konduktometrischen Messprinzip (Bild 1) wird die Probeluft in eine geeignete Absorptionslösung eingeleitet und deren Leitfähigkeitsänderung nach der Reaktion der Lösung mit dem luftverunreinigenden Gas gemessen. Messobjekte sind vor allem Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid.



**Bild 1:** Prinzip der konduktometrischen Messung

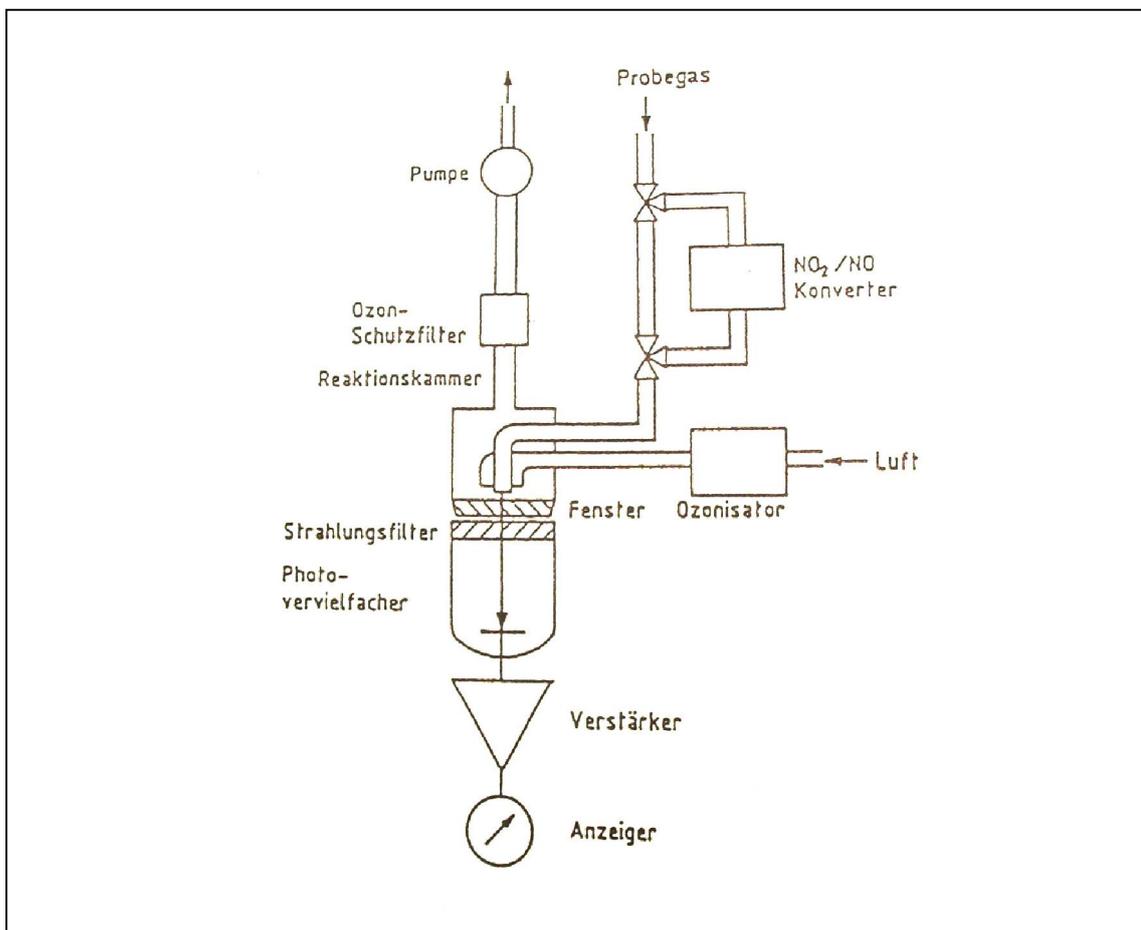
Bei der kontinuierlichen Leitfähigkeitsmessung werden die Probeluft und die Absorptionslösung der Reaktionsstrecke kontinuierlich zugeführt. Da die Leitfähigkeitsänderung auch vom Verhältnis der zugeführten Volumenströme abhängig ist, müssen beide Ströme durch geeignete Maßnahmen konstant gehalten werden. Temperatureinflüsse auf die Leitfähigkeit müssen kompensiert werden

### 6.1.2.2 Chemilumineszenz-Messung /1, 5, 14, 17, 106/

Bei einigen chemischen Reaktionen von Gasen entsteht eine charakteristische Strahlung, die Chemilumineszenz. Die Intensität dieser Chemilumineszenz ist bei konstanten Reaktionsbedingungen der Konzentration des zu messenden Gases in der Probeluft proportional, wenn das zur Reaktion benötigte Hilfsgas im Überschuss vorhanden ist.

Zur Bestimmung der NO-Konzentration in der Probeluft wird die Chemilumineszenz bei der Oxidation von Stickstoffmonoxid-Molekülen mit Ozon genutzt:  $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{h}\nu$ . Das Intensitätsmaximum der Chemilumineszenz liegt bei einer Wellenlänge von  $1,2 \mu\text{m}$ .

Die Chemilumineszenz-Messung erfolgt in einer Reaktionskammer (Bild 2). In diese Kammer strömt Luft, die zuvor über einen Ozonisator geleitet wurde. Die teilweise Umwandlung des Luftsauerstoffs im Ozonisator geschieht durch eine elektrische Entladung oder durch UV-Bestrahlung. Durch eine weitere Eintrittsöffnung wird dem Reaktionsraum ein konstanter Probeluftstrom zugemischt. Im Ausgang der Reaktionskammer befindet sich zur Vermeidung einer Umweltbelastung ein Ozon-Schutzfilter. Die Chemilumineszenz wird nach optischer Filterung mit einem Photoelektronen-Vervielfacher gemessen. Ein stabiler Messeffekt erfordert eine thermostatisierte Reaktionskammer mit konstantem Innendruck.



**Bild 2: Prinzip der Chemilumineszenz-Messung**

Zur Bestimmung von Stickstoffdioxid-Konzentrationen wird die Probeluft vor der Analyse durch einen thermokatalytischen Konverter geleitet, der  $\text{NO}_2$  zu  $\text{NO}$  reduziert.

Die Methodik wird auch für Ammoniak-Immissionsmessungen genutzt. Hierzu wird mittels eines Konverters  $\text{NH}_3$  zu  $\text{NO}$  umgesetzt, und der  $\text{NH}_3$ -Gehalt der Probeluft durch Differenzmessung zu dem zuvor vorhandenen  $\text{NO}$ -Gehalt bestimmt.

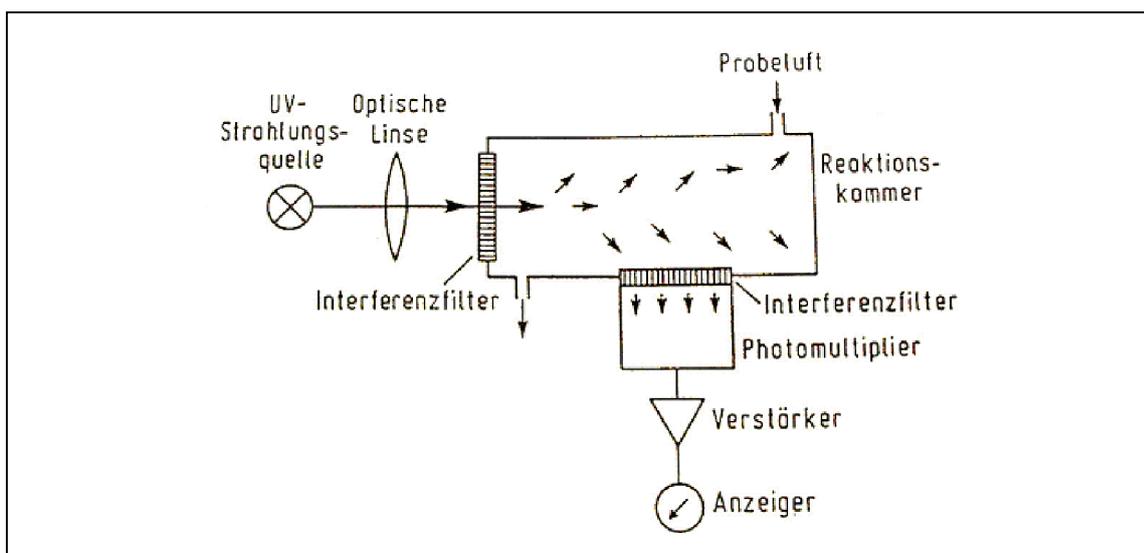
Das Chemilumineszenz-Prinzip wird auch für Ozon-Immissionsmessungen eingesetzt. Auch hier wird die oben angegebene Reaktion zwischen  $\text{O}_3$  und  $\text{NO}$  (im Überschuss) zur kontinuierlichen Messung genutzt.

### 6.1.2.3 UV-Fluoreszenz-Messung /14, 102/

Die Probeluft wird durch eine UV-Lampe (z.B. eine Zn-Hohlkathodenlampe) bestrahlt. Dadurch werden die Moleküle des zu messenden Gases zu einer Fluoreszenzstrahlung angeregt, die in einen Photomultiplier als Empfänger geleitet und nach Verstärkung angezeigt wird. Ein vor den Empfänger geschalteter Interferenzfilter lässt nur die für das zu messende Gas spezifische Fluoreszenzstrahlung durch. Die Intensität der Fluoreszenz ist eine Funktion der Konzentration des zu messenden Gases und der Lichtenergie der UV-Lichtquelle.

Die Verfahrensweise wird im Bild 3 dargestellt. Die Methode wird bei der Immissionsmesstechnik für die kontinuierliche Messung von Schwefeldioxid eingesetzt.

Das Messprinzip ermöglicht auch Schwefelwasserstoff-Immissionsmessungen. Aus der Probeluft wird zunächst  $\text{SO}_2$  abgeschieden, dann  $\text{H}_2\text{S}$  zu  $\text{SO}_2$  oxidiert und dieses Gas dann gemessen.



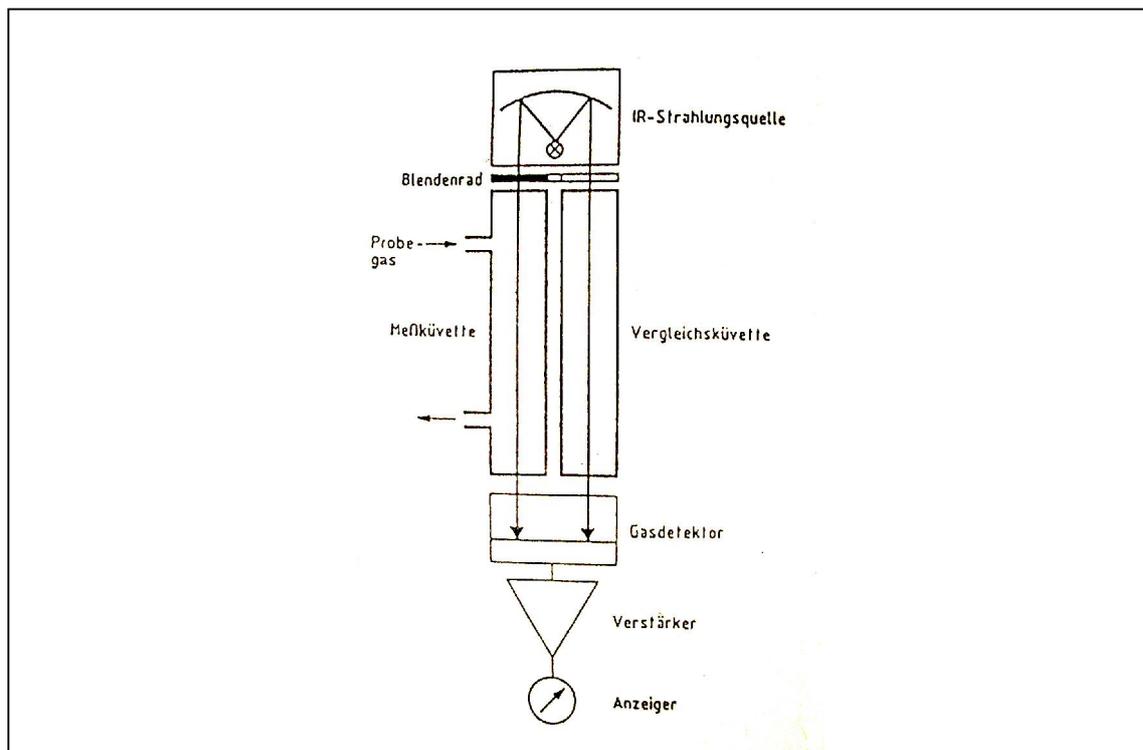
**Bild 3:** Prinzip der UV-Fluoreszenz-Messung

#### 6.1.2.4 Messung durch nichtdispersive Infrarotabsorption und durch Gasfilterkorrelation /1, 5, 13, 14, 17/

Im infraroten Spektralbereich besitzen alle heteroatomigen Moleküle wie CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NO ein charakteristisches Absorptionsspektrum. Diese Eigenschaft von Gasen wird bei der Emissionmessung vielfach genutzt /1/. Bei Immissionsmessungen wird das Messprinzip der Infrarotabsorption nur für die Messung von Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) angewendet, weil diese Gase eine ausreichend hohe Strahlungsabsorption auch bei den niedrigen Konzentrationen in atmosphärischer Luft aufweisen.

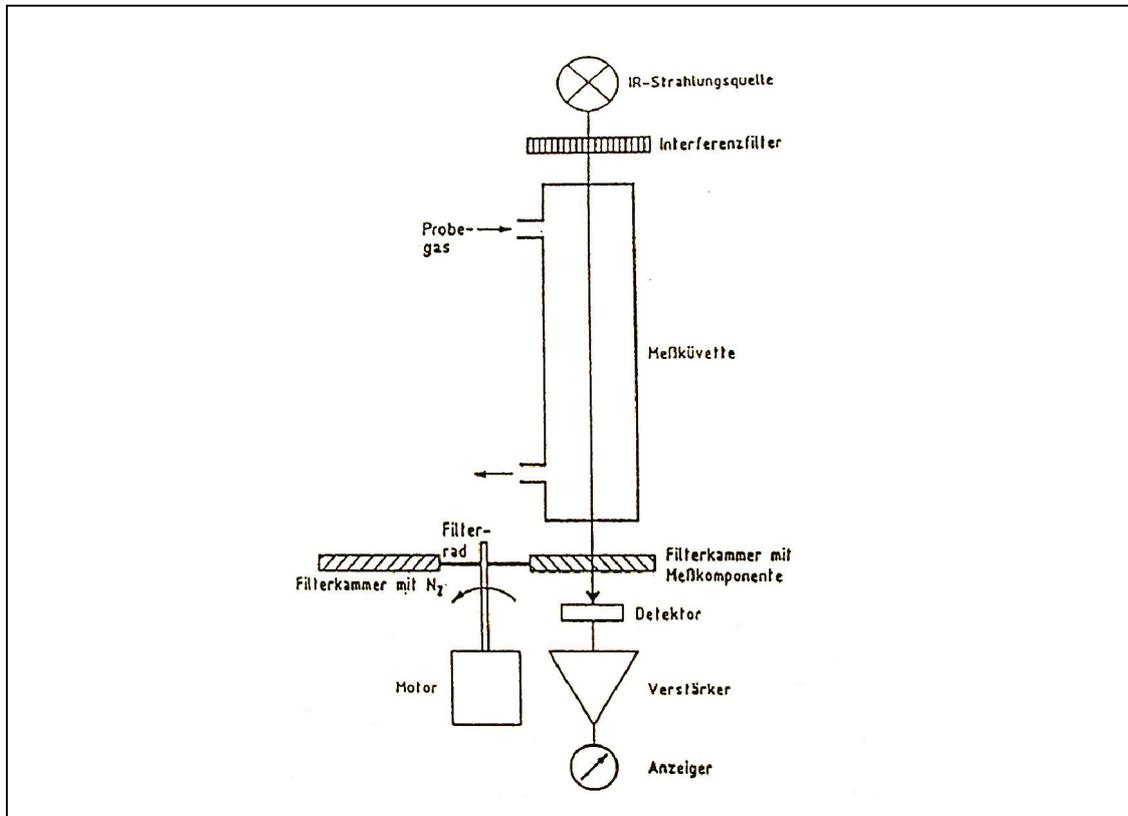
Bei nichtdispersiven Infrarotabsorptions-Messverfahren (NDIR) wird auf eine spektrale Zerlegung der IR-Strahlung verzichtet und statt dessen die Messung durch die im Gerät gespeicherte Messkomponente selektiv gemacht. Nach der Art der Speicherung unterscheidet man das nichtdispersive Infrarot-Verfahren (NDIR) und das Gasfilterkorrelations-Verfahren.

Beim **NDIR-Verfahren** (Bild 4) wird der Strahlungsempfänger als Speicher der Messkomponente (CO, CO<sub>2</sub>) verwendet. Die in den gasgefüllten Empfängerammern umgesetzte und durch ein umlaufendes Blendenrad modulierte Strahlung erzeugt in den Empfängerammern - infolge der Strahlungsabsorption durch das CO in der Messkammer - periodische Temperatur- und Druckschwankungen. Diese werden entweder durch einen Membrankondensator oder durch einen Mikroströmungsdetektor, der die Druckausgleichsströmung zwischen je zwei Empfängerammern erfasst, in ein elektrisches Signal umgewandelt.



**Bild 4:** Prinzip der Messung der nichtdispersiven Infrarotabsorption

Beim **Gasfilterkorrelations-Verfahren** (Bild 5) dient als Speicher eine gasgefüllte Filterkammer, die auf einem Filterrad befestigt ist. Diese Filterkammer wird abwechselnd und periodisch mit einer Öffnung oder einem mit Stickstoff gefüllten Gasfilter in den Strahlengang gebracht.

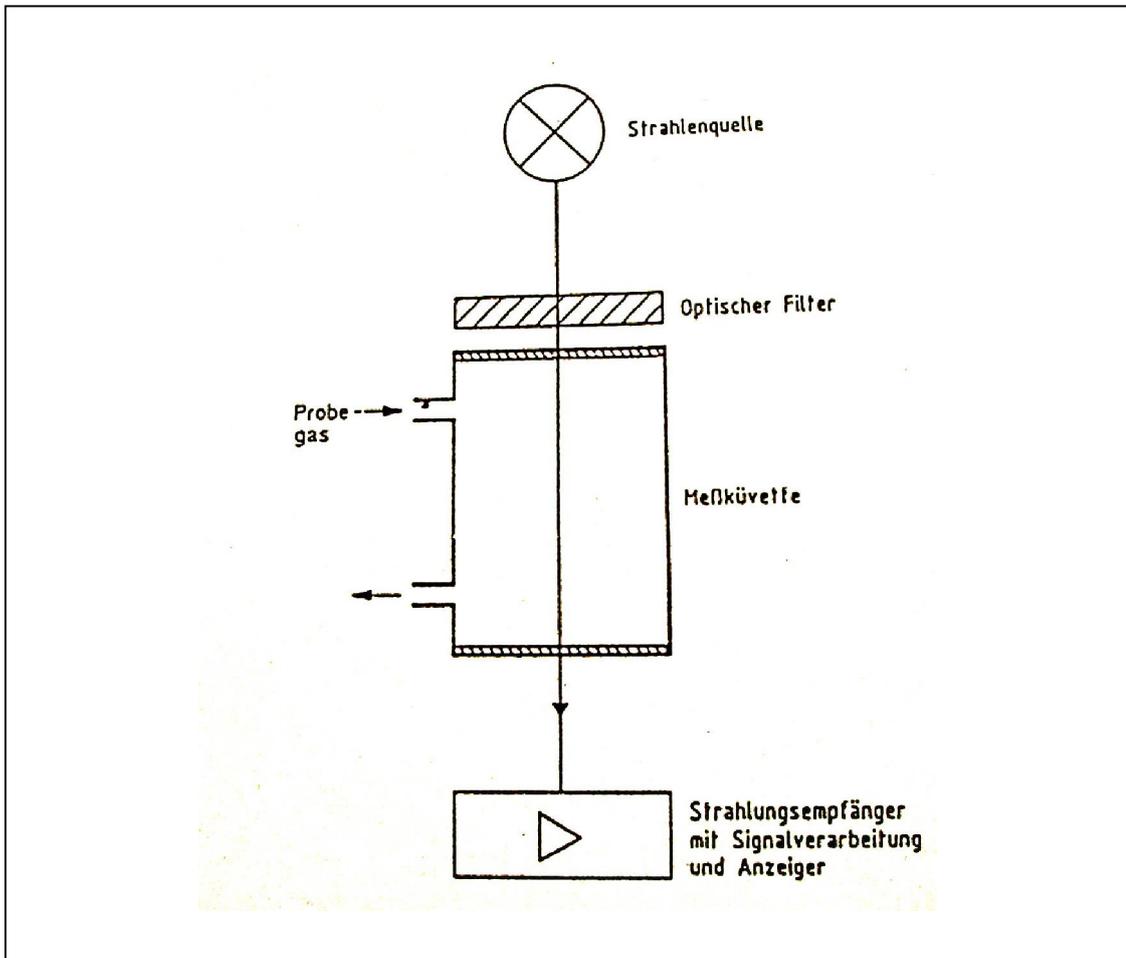


**Bild 5:** Prinzip des Gasfilterkorrelations-Messverfahrens

### 6.1.2.5 Messung der UV-Absorption /5, 14, 17/

Die UV-Absorptionsmessung wird für fortlaufende Bestimmungen von Ozon in der Luft eingesetzt. Die Messung basiert auf der Absorption ultravioletten Lichtes durch Ozon mit einem Maximum bei der Wellenlänge 254 nm. Die Durchführung dieser Messung ist im Bild 6 skizziert.

Die Probeluft wird einer Messküvette zugeleitet, die zwischen der UV-Strahlung und dem Strahlungsempfänger (einem Photomultiplier) angeordnet ist. Sie gelangt dabei über ein Magnetventil abwechselnd direkt und über einen katalytischen Konverter, der Ozon quantitativ zu Sauerstoff reduziert, in die Messküvette. Die an der ozonfreien Luft gemessene Strahlungsintensität wird gespeichert und von der an der ozonhaltigen Luft gemessenen Intensität subtrahiert.



**Bild 6:** Prinzip der UV-Absorptionsmessung

### 6.1.2.6 Messung der Flammenionisation /1, 5, 14, 17/

Gasförmige organische Kohlenstoffverbindungen sind in einer Wasserstoffflamme leicht ionisierbar. Die entstehende Ionenwolke wird in einer Ionisationskammer durch Anlegen eines elektrischen Feldes über Elektroden abgesaugt und erzeugt einen elektrischen Strom. Dieser Strom ist über viele Größenordnungen annähernd proportional zum zugeführten Massenstrom der organisch gebundenen Kohlenstoffatome. Dabei besteht eine gewisse Abhängigkeit von der strukturellen Bindung der C-Atome im jeweiligen Molekül.

Der Flammenionisationsdetektor (Bild 7) besteht im Wesentlichen aus einer Brennkammer. Aus einer Düse strömt reiner Wasserstoff, der aus einer Druckgasflasche entnommen oder in einem Wasserstoffgenerator elektrolytisch erzeugt wird, in die Brennkammer ein. Durch einen Ringspalt um die Düse wird der Kammer Luftsauerstoff zugeführt. Nach elektrischer Zündung brennt gleichmäßig eine Wasserstoffflamme, die bei der Abwesenheit organischer Kohlenstoffverbindungen in der Probeluft nur eine geringe Ionendichte liefert (Null-Wert). Die zum Absaugen der Ionenwolke benötigten Elektroden sind in Flammennähe angeordnet. Als eine der Elektroden kann - wie in Bild 7 dargestellt - die Brenndüse selbst verwendet werden. Bei genügend hoher elektrischer Spannung gelangen alle Ladungsträger auf die Elektroden, das heißt, es fließt der Sättigungsstrom. Dieser wird von einem empfindlichen Gleichstromverstärker auf die gewünschte Signalstärke angehoben, und gleichzeitig wird der Null-Wert kompensiert. Die absolute Messempfindlichkeit hängt vom Material der Brenndüse und der Detektorgeometrie ab. Zur kontinuierlichen Messung sind Temperatur und Massenstrom der Probeluft konstant zu halten.

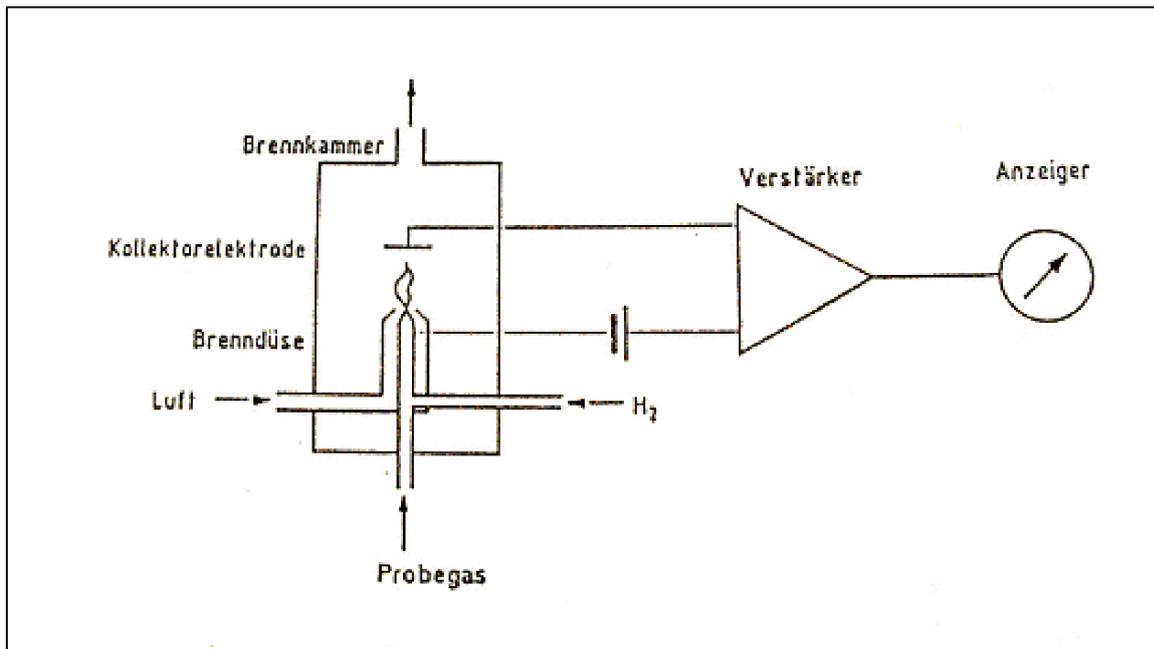


Bild 7: Prinzip des Flammenionisationsdetektors (FID)

Bei Immissionsmessungen wird - entsprechend der Benennung als Messobjekt in der 4. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz /33/ - die Summenbestimmung gasförmiger organischer Verbindungen unter Abscheidung des ubiquitär auftretenden Methans vorgenommen. Diese Abtrennung des Methans kann durch Vorschalten einer kurzen Trennsäule (VDI 3483, Blatt 4, Bendix 8202 /5/), durch eine gekühlte Speichersäule (VDI 3483, Blatt 2, Siemens U 100 /5/) oder durch katalytische Verbrennung der gegenüber Methan schwereren Kohlenwasserstoffe (Horiba APHA 360) erfolgen.

### **6.1.2.7 Optische Fernmessung (wegintegrierende Messung)**

Optische Fernmessverfahren zur Luftüberwachung werden schon seit Jahren für verschiedene Messaufgaben, insbesondere bei der Erfassung von Emissionen und bei luftchemischen und meteorologischen Forschungen eingesetzt /107, 108, 109/. In einem zusammenfassenden Beitrag werden folgende optische Verfahren zur Gasfernmessung benannt und beschrieben /104/:

- Lidar (VDI 4210 Blatt 1 /5/)
- Derivativ-Spektroskopie
- Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS)
- FTIR-Spektroskopie (Fourier-Transformations-Infra-Rot, VDI 4211 Blatt 1 /5/)
- Korrelations-Spektroskopie.

Bei der optischen Fernmessung wird keine Probenahme durch Ansaugen von Luft vorgenommen. Es wird die bei der Durchstrahlung einer Luftstrecke durch das zu analysierende Gas auftretende Strahlungsabsorption gemessen.

Fernmessungen liegen im Prinzip meist näher bei Emissions- als bei Immissionsmessungen. Es werden oft die Schadstoff-Konzentrationen in der Nähe von Emissionsquellen gemessen. Nachweisgrenzen und Störungen durch Nebel, Staub und andere Substanzen begrenzen den Einsatz für Immissionsmessungen.

Die DOAS-Fernmesstechnik basiert auf der Absorption von UV- oder sichtbarem Licht durch das zu messende Gas auf einer Länge bis zu mehreren Kilometern zwischen einer Strahlungsquelle und einem Empfängersystem. Sie bewährte sich für die Immissionsmessung, so durch die Eignungsprüfungen eines Gerätes zur Messung von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Ozon (OPSIS AR 500) sowie eines Gerätes zur Benzol-Messung (Opsis AR 502 Z). Die Funktionsweise der Geräte ist im Anhang 3 wiedergegeben.

### **6.1.2.8      Automatisierte Gaschromatographie**

Das Prinzip der Gaschromatographie (s. Kapitel 6.2.3) wird in eignungsgeprüften Geräten auch zur kontinuierlich-automatischen Messung von aromatischen Kohlenwasserstoffen (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol) in atmosphärischer Luft eingesetzt (s. Anhang 3). Mindestanforderungen und Prüfung für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von Benzol in Luft mit anreichernder Probenahme und anschließender gaschromatographischer Trennung sind in der DIN-Norm 33963-2 beschrieben /110/.

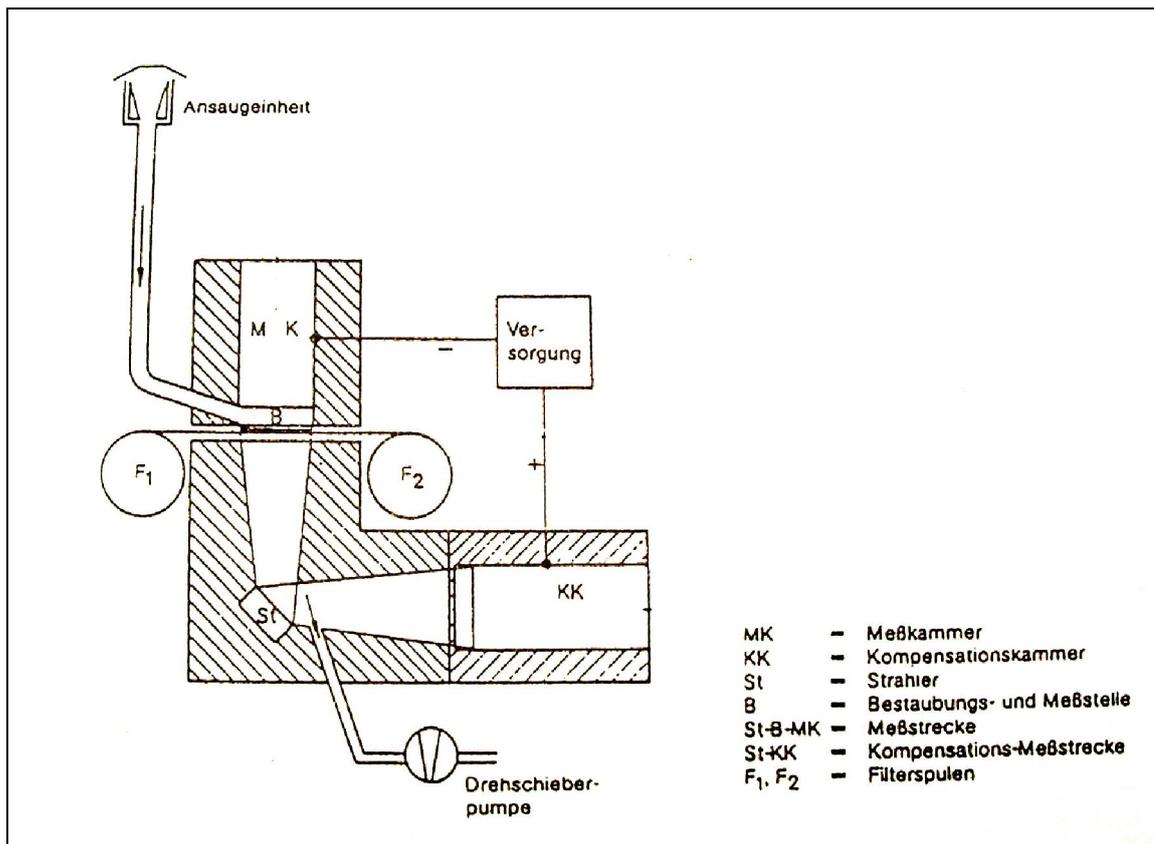
Insbesondere die Messung von Benzol als lufthygienisch kritischer Bestandteil des Kraftfahrzeugabgases ist heute ein Schwerpunkt der Luftüberwachung.

Eignungsgeprüfte Geräte zur kontinuierlichen Messung von aromatischen Kohlenwasserstoffen und ihre Arbeitsweise werden im Anhang 3 beschrieben.

### **6.1.2.9      Messung der Betastrahlenabsorption /1, 5, 13, 14, 17, 111/**

Bei der Staubmessung (fraktionierend oder nichtfraktionierend) mittels der Betastrahlenabsorption wird die Probeluft durch ein schrittweise fortbewegbares Filterband gesaugt. Die auf dem Filterbandabschnitt abgeschiedene Staubmenge wird über die Schwächung einer  $\beta$ -Strahlung beim Durchtritt durch den bestaubten Filter gemessen (Bild 8).

Als Strahlungsquelle wird eine künstlich hergestellte radioaktive Probe geeigneter Aktivität verwendet (z.B. die Isotope Kohlenstoff 14 oder Krypton 85), als Detektor ein Geiger-Müller-Zählrohr oder eine Ionisationskammer. Zur Kompensation für die mit der Zeit nachlassende Aktivität und die variierende Schwächung der Strahlung durch das Filtermaterial werden Absorptionsmessungen vor und nach bzw. vor und während der Staubabscheidung vorgenommen und die Messwerte miteinander verglichen. Bei der Absorptionsmessung während der Staubabscheidung wird die sich akkumulierende Partikelmasse gemessen und angezeigt. In der Regel arbeiten derartige Geräte nach dem Zwei-Strahl-Kompensationsverfahren (s. Bild 8). Diese Verfahrensweise ermöglicht eine Echtzeit-Messung der Staubkonzentration auf dem Filter.



**Bild 8: Prinzip der Schwebstaub-Messung durch Betastrahlenabsorption**

### 6.1.2.10 Messung der Schwingung eines staubbeladenen Filters („Staubwaage“) /112, 113/

Bei dieser Art der Schwebstaubmessung wird die Probeluft durch einen Filter geleitet, der Teil eines in Eigenresonanz schwingenden Systems ist. Sie ist je nach verwendetem Probenahmekopf für fraktionierende und nichtfraktionierende Schwebstaubmessung geeignet.

Der im Filter abgeschiedene Staub vergrößert die schwingende Masse und verringert damit die Resonanzfrequenz. Über die bei der Kalibrierung ermittelte Beziehung zwischen Frequenz und Staubbeladung ergibt sich unter Berücksichtigung des Probeluftvolumens die Schwebstaubkonzentration. Die Funktionsweise dieses Verfahrens ist im Anhang 3 beim eignungsgeprüften Gerät TEOM 1400a (MLU Messtechnik für Luft und Umwelt) graphisch dargestellt, welches nach dem Prinzip der Resonanzschwingung arbeitet.

## 6.2 Diskontinuierliche Messungen

Die in der Bundesrepublik gebräuchlichen Verfahren für diskontinuierliche Immissionsmessungen werden zum großen Teil in Richtlinien und Normen des Handbuchs Reinhaltung der Luft der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN beschrieben /5/. Diese sind im Anhang 2 zusammengestellt.

Die diskontinuierlichen, meist manuellen Immissionsmessverfahren zeigen eine große Vielfalt bei den meist getrennten Schritten der *Probenahme* im Gelände und der *Analyse* im Laboratorium.

### 6.2.1 Probenahme

Die zahlreichen Methodiken der Probenahme können aus einer zusammenfassenden Darstellung ersehen werden /114/. Dort wird zwischen folgenden Techniken der (diskontinuierlichen wie auch kontinuierlichen) Probenahme unterschieden:

1. Ohne Ansaugen, ohne Abscheiden (In-situ Techniken, „remote sensing“);
2. Ohne Ansaugen, mit Abscheiden („passive sampling“; Anreicherungsverfahren wie das Glocken-Verfahren nach Liesegang; die Bleikerzenmethode /15/; nasse Deposition; Staubniederschlag), Trichter-Absorber-Verfahren, Benzolmessung mit Passivsammlern;
3. Mit Ansaugen, ohne Abscheiden (Gassammelbehälter; einige kontinuierliche Messverfahren);
4. Mit Ansaugen, mit Abscheiden (Sorptionsmethoden; Staubabscheidung).

Die letztgenannte Gruppe dominiert bei diskontinuierlichen Immissionsmessungen. Übliche Probenahmeapparaturen für das Ansaugen der Probeluft und für die Abscheidung des zu analysierenden Fremdstoffes sind im Bild 9 skizziert und zwar für Probenahmen

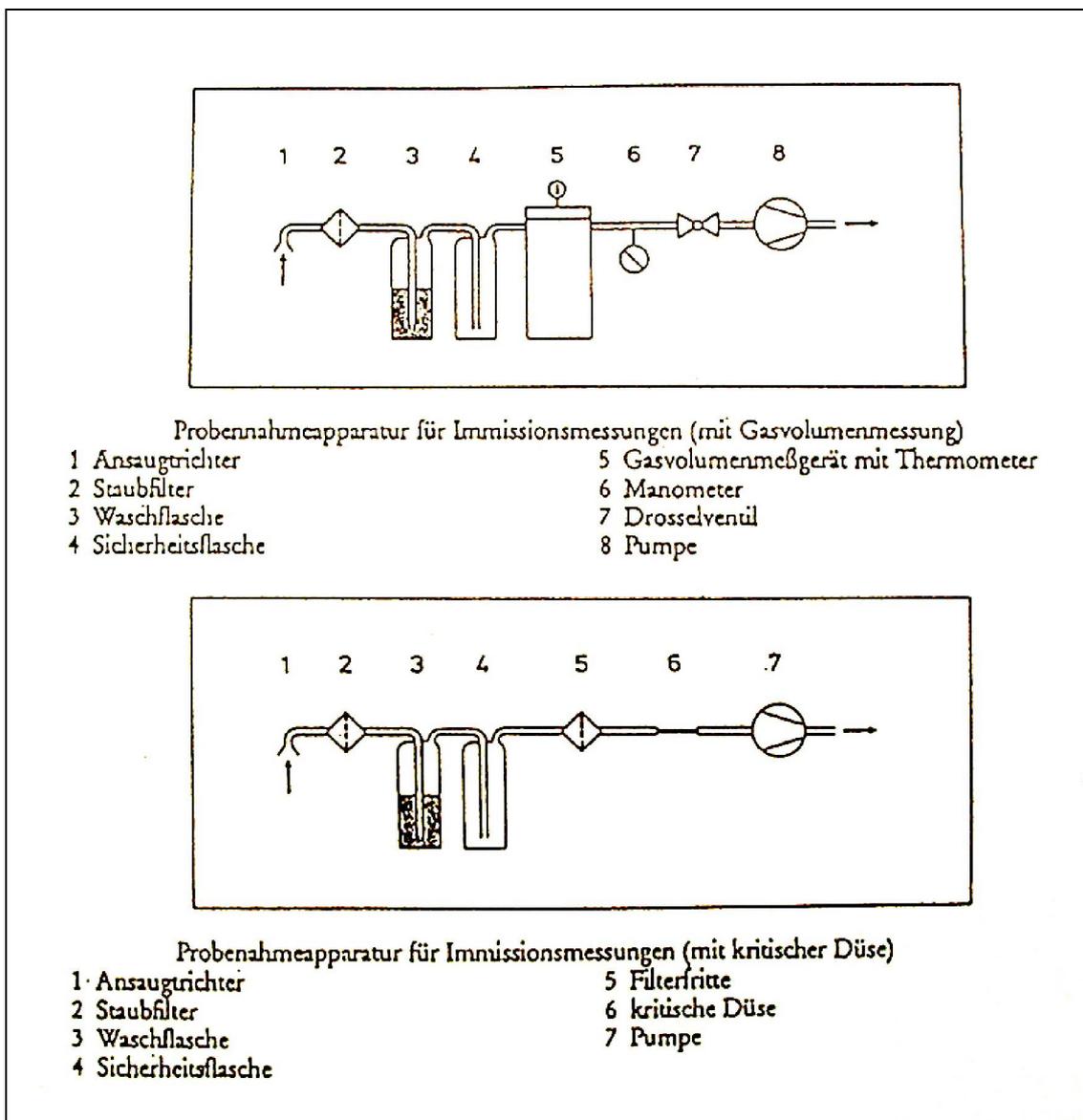
- mit Gasvolumenmessung oder
- mit kritischer Düse.

Die Probenahmetechnik mit einer kritischen Düse ermöglicht den Verzicht auf die Messung von Strömung oder Luftvolumen und damit die Verwendung recht einfacher Apparaturen. Nach Erreichen eines bestimmten Unterdruckes („kritischer Druck“) hinter der Düse stellt sich eine konstante Strömungsgeschwindigkeit ein. Sie kann durch Kalibrieren im Laboratorium bestimmt werden. Im Gelände wird dann das Probeluftvolumen einfach mittels einer Stoppuhr ermittelt. Die verwendete Pumpe muss den kritischen Druck sicher überschreiten. Die Düsen müssen aus einem Material (z.B. Korund) hergestellt sein, das keine temperaturabhängige Dehnung aufweist. Die Kalibrierung der Düsen ist in Abständen zu wiederholen.

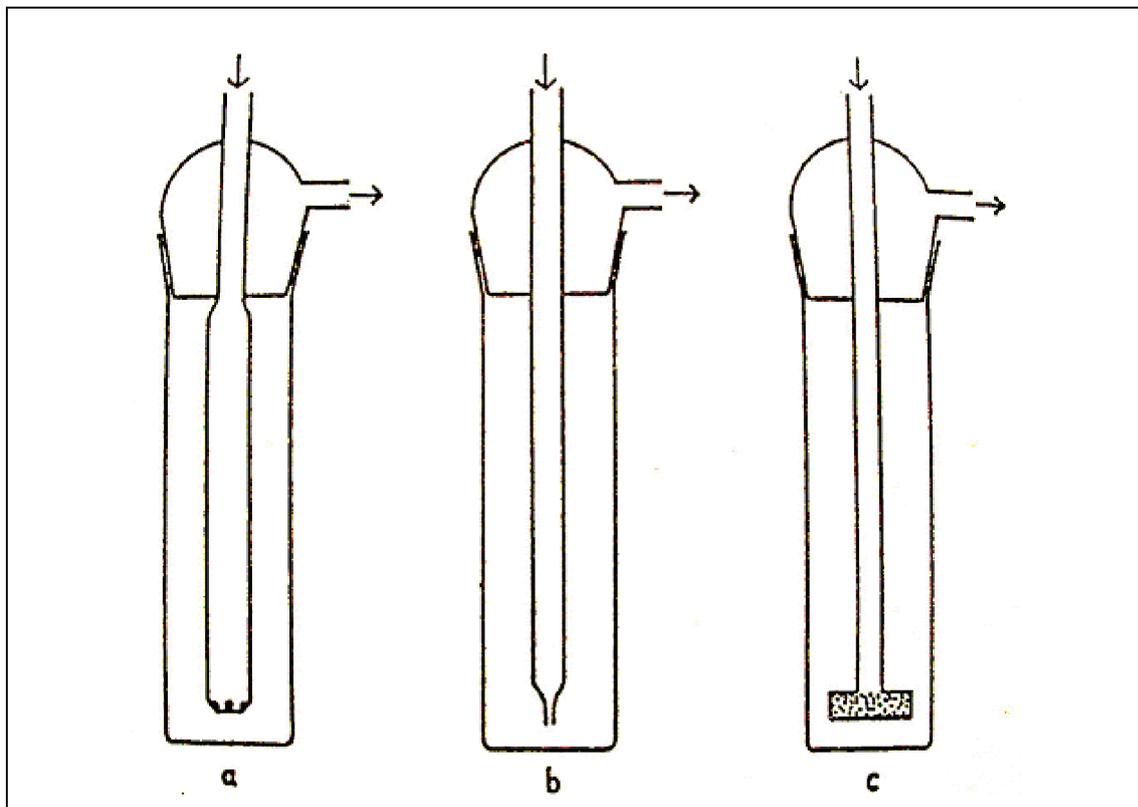
Die bei diskontinuierlichen Immissionsmessungen dominierenden Vorrichtungen zur Abscheidung von luftverunreinigenden Stoffen aus der Probeluft sind

- Waschflaschen zur Absorption von (insbesondere anorganischen) Gasen,
- Sorptionsvorrichtungen (beschickt mit Polymeren, Aktivkohle, Silikagel o. a.) für organische (und auch anorganische) Gase,
- Filter für partikelförmige Stoffe und
- Impaktoren für Korngrößenbestimmungen von Stäuben.
- Trichter-Absorber-Probennahme

Die für Immissionsmessungen eingesetzten Waschflaschen-Typen sind im Bild 10 skizziert.



**Bild 9:            Probenahmeapparatur für Immissionsmessungen**



**Bild 10: Probenahme-Waschflaschen für Immissionsmessungen (schematisch)**  
 a) Muenke-Waschflasche    b) Impinger    c) Frittenwaschflasche

Im Impinger tritt die Probeluft durch eine Düse mit hoher Geschwindigkeit in die Absorptionsflüssigkeit ein und wird mit dieser stark verwirbelt. Der Absorptionsgrad ist bei chemischer Reaktion zwischen dem zu analysierenden Gas und der Absorptionslösung günstig. Vorteile des Impingers sind ein hoher Luftdurchsatz und eine leichte Reinigungsmöglichkeit.

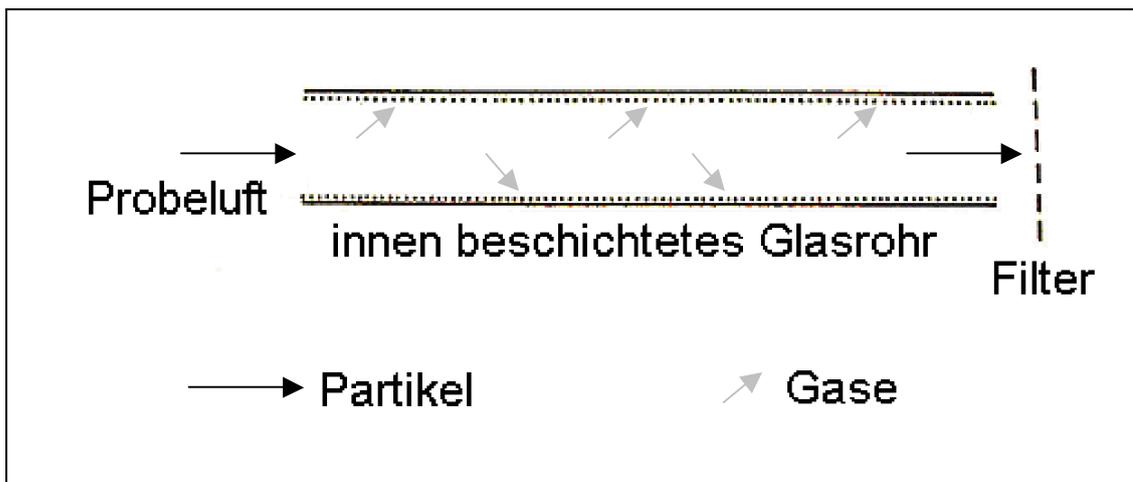
Frittenwaschflaschen werden in unterschiedlicher Konstruktion eingesetzt. Das langsame Perlen der Luftprobe durch die Absorptionsflüssigkeit kann Vorteile im Absorptionsgrad ergeben.

Die Muenke-Waschflasche, bei der die Probeluft aus dem Einleitungsrohr seitlich in die Absorptionslösung geleitet wird, nimmt hinsichtlich der Absorptionseigenschaften (und der Reinigungsmöglichkeit) eine Mittelstellung zwischen Impinger und Frittenwaschflasche ein.

Seltener wird bei den Probenahmen für diskontinuierliche Immissionsmessungen eine trockene Sorption des zu messenden anorganischen Gases vorgenommen. Als Sorptionsmittel werden für Schwefelwasserstoff beschichtete Glaskugeln (VDI 2454, Blatt 1 /5/) und für Fluorwasserstoff beschichtete Silberkugeln (VDI 2452, Blatt 2 und 3 /5/) verwendet. Filter als Sorptionsmittel für Gase haben in Deutschland kaum Eingang in die Immissionsmesstechnik gefunden.

Für die Trennung von gasförmigen und partikelförmigen Luftverunreinigungen bei der Probenahme werden eingesetzt:

- Filter zur Abtrennung der Partikel von Gasen.  
Fehlermöglichkeiten bestehen hier insbesondere in einer Abscheidung auch von Gasen durch den Filter oder durch auf dem Filter abgeschiedenen Staub oder Kondensat.
- Denuder (Diffusionsabscheider), zur Abtrennung von Gasen von Partikeln (Bild 11).



**Bild 11: Denuder (Prinzip)**

Die Probeluft wird in laminarer Strömung durch ein Denuder-Rohr gesaugt, dessen Innenwand mit einem Absorptionsmittel für das zu messende Gas beschichtet ist. Das durch Diffusion an die Wandung gelangende Gas wird dort abgeschieden. Die Methode wird z.B. für die Bestimmung von Aerosol-Schwefelsäure (mittels eines auf 135°C beheizten Denuders) eingesetzt (VDI 3869, Blatt 1 /5/).

Die oben unter 2. benannte Probenahmetechnik "Ohne Ansaugen, mit Abscheiden" wird heute meist als „passive Probenahme“ (passive sampling) bezeichnet. Diese früher - mangels anderer geeigneter Probenahmemethoden - weit verbreitete Arbeitsweise /15, 115/, wird auch heute noch (bzw. wieder) wegen ihres geringen Aufwandes für verschiedene Messaufgaben eingesetzt, insbesondere bei Innenraumlufthuntersuchungen, aber auch für Immissionsmessungen. Anforderungen beim Einsatz von Passivsammlern zur Bestimmung liegen als Norm-Entwurf vor /116/.

Besondere Bedeutung erlangte der Passivsammler nach Palmes, ein etwa 75 mm langes Plexiglas-Röhrchen (innerer Durchmesser 10 mm), das zur Absorption des zu messenden Gases beschichtete Drahtnetze enthält /117/. Die Palmes-Röhrchen bewährten sich bei NO<sub>2</sub>-Messungen in Außenluft /118, 119/.

Die passive Probenahme erfolgt ohne Pumpe oder Zusatzgeräte und ist daher lautlos, wenig aufwendig und einfach auszuführen. Der luftfremde Stoff gelangt durch Diffusion, Permeation oder direkten Übergang in ein Ad- oder Absorptionsmittel. Für diese ad- bzw. absorptive Sammlung werden z.B. (meist mit einem Reagens) imprägnierte Filter oder Röhrchen verwendet, welche das Ab- bzw. Adsorptionsmittel enthalten.

Mit Passivsammlern erzielt man Mittelwerte über relativ lange Expositionszeiten (ein oder mehrere Tage). Für die Erfassung kurzzeitiger Immissionsspitzen reicht in der Regel die Nachweisgrenze nicht aus.

## **6.2.2 Analyse von anorganischen Gasen**

### **6.2.2.1 Photometrische Verfahren**

Die dominierende Arbeitsweise zur Bestimmung anorganischer Gase in atmosphärischer Luft ist die photometrische Bestimmung der in einer wässrigen Absorptionslösung aufgefangenen Substanz. Nach dieser Verfahrensweise können

- Schwefeldioxid,
- Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid,
- Schwefelwasserstoff,
- Chlor,
- Chlorwasserstoff,
- Ammoniak,
- Ozon,

sowie auch einige organische Gase bestimmt werden. Tabelle 6.3 zeigt eine Zusammenstellung der in Deutschland gebräuchlichen photometrischen Immissionsmessverfahren.

Komponente	VDI-Richtlinie/ DIN-Norm	Absorptionslösung	Photometrisches Reagens
Schwefeldioxid	VDI 2451 Blatt 3	Tetrachlormercurat-Lösung	Pararosanilin und Formaldehyd
Stickstoffdioxid	VDI 2453 Blatt 1	Reagenslösung	N-Naphtyl-(1)-ethendiammoniumchlorid
Stickstoffmonoxid		Nach Oxidation zu NO <sub>2</sub> : Messung wie NO <sub>2</sub>	
Schwefelwasserstoff	VDI 2454 Blatt 1	Cadmiumhydroxidsuspension	Molybdänblau
	VDI 2454 Blatt 2	Cadmiumhydroxidsuspension	N,N-Dimethyl-p-phenylendiammoniumdichlorid
Fluorid-Ionen	VDI 2452 Blatt 3	Silberkugel Sorption	Photometrie
Chlor	VDI 2458 Blatt 1	Saure Methyloangelösung	Messung der Farbaufhellung
Chlorwasserstoff (Chlorid)		0,1-mol/l-NaOH	Quecksilberrhodanid und Eisen (III)-Salz
Ammoniak	VDI 2461 Blatt 1	0,005-mol/l-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Phenol u. Natriumhypochlorid
	VDI 2461 Blatt 2	0,005-mol/l-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
Ozon	VDI 2468 Blatt 5	5,5-Indigosulfonsäurelösung	Messung der Farbaufhellung
Formaldehyd	VDI 3484 Blatt 1	Tetrachlormercurat-Lösung	Pararosanilin und Sulfit
Phenole	VDI 3485 Blatt 1	0,1-mol/l NaOH	p-Nitranilin

**Tabelle 6.3: Photometrische Verfahren zur Messung gasförmiger Immissionen**

Bei den photometrischen Verfahren wird üblicherweise das farbbildende Reagenz der Absorptionslösung nach der Probenahme zugegeben. Bei der Bestimmung von Stickstoffdioxid erfolgt diese Zugabe bereits vor der Probenahme. Für Chlor- und für Ozon-Messungen werden farbstoffhaltige Absorptionslösungen verwendet, deren Aufhellung nach der Probenahme photometrisch bestimmt wird.

Voraussetzungen für eine photometrische Analyse sind

- ein auf das zu analysierende Gas weitgehend spezifisches und möglichst empfindliches Reagenz,
- eine Dauer der Farbbildung von möglichst nicht über 30 Minuten,
- ein möglichst scharfes Absorptionsmaximum des gebildeten Farbstoffes,
- die Erfüllung des Lambert-Beer'schen Gesetzes (Linearität zwischen Masse der zu analysierenden Substanz und der Extinktion der Färbung) über einen möglichst großen Konzentrationsbereich und
- eine ausreichende Haltbarkeit der Färbung.

Für die beiden wohl am meisten untersuchten gasförmigen anorganischen Luftverunreinigungen - Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid - wurden schon vor Jahrzehnten international bewährte pho-

tometrische Verfahren entwickelt: Das Tetrachloromercurat-Verfahren (TCM) nach West und Gaeke /120/ zur SO<sub>2</sub>-Bestimmung und das Saltzman-Verfahren /121/ zur NO<sub>2</sub>-Bestimmung.

### **6.2.2.2 Andere Verfahren**

Als andere Analysenmethoden von Absorptions- und Extraktionslösungen bei diskontinuierlichen Immissionsmessungen - neben der Photometrie - führt das VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft /5/

- die Bestimmung von Fluoriden (Fluorwasserstoff) mittels ionensensitiver Elektroden (VDI 2452 Blatt 1)
- die Ionenchromatographie (IC) zur Bestimmung von Schwefelsäure-Aerosolen (die wegen der überwiegenden Entstehung aus Schwefeldioxid bei den Gasen abgehandelt werden; VDI 3869, Blatt 1)

auf. Diese beiden Methoden - vor allem die Ionenchromatographie - sind auch für andere Messaufgaben geeignet, z.B. für die Bestimmung von Anionen im Schwebstaub, im Staubniederschlag und im Regenwasser.

Bei der Ionenchromatographie werden die Probelösung mittels eines Laufmittels durch eine spezielle Trennsäule (Ionenaustauscher) geleitet, dort aufgetrennt, und die Komponenten bei Austritt aus der Trennsäule durch einen Detektor (Leitfähigkeitsdetektor) bestimmt.

### **6.2.3 Analyse von organischen Gasen**

Die dominierende Methode zur Bestimmung gasförmiger oder verdampfbarer organischer Stoffe in atmosphärischer Luft ist die Gaschromatographie /122/. Die Luftprobe wird in einem Trägergasstrom („mobile Phase“: Stickstoff, Helium) durch eine Trennsäule geleitet und dort durch Absorptions- und Desorptionsvorgänge an der Beschichtung der Säulen in ihre Komponenten zerlegt. „Gepackte“ Säulen sind mit einem porösen, inerten, anorganischen oder organischen Material („stationäre Phase“: Silikagel, Aluminiumoxid, Polymere) gefüllt; Kapilarsäulen sind mit der „stationären Phase“ an den Innenwänden beschichtet.

Die Austrittszeit am Ende der Säule ist unter definierbaren Arbeitsbedingungen (Gasfluss, Säulenfüllung, Temperatur, Druck) charakteristisch für den zu analysierenden Stoff. Seine Masse wird durch das Signal des hinter die Trennsäulen geschalteten Detektors bestimmt. Als Detektoren stehen zur Verfügung:

- Flammenionisationsdetektor (FID);
- Flammenphotometrischer Detektor (FPD);
- Elektroneneinfangdetektor (ECD), geeignet z.B. für die Bestimmung von Halogenverbindungen;
- Photoionisationsdetektor (PID), besonders geeignet für aromatische Kohlenwasserstoffe;
- Thermoionischer Detektor (NPD), geeignet für Stickstoff- und Phosphorverbindungen;
- Infrarot-Detektor (IRD);
- Atomemissionsdetektor (AED).

Durch den Einsatz eines Massenspektrometers am Ausgang der gaschromatographischen Trennsäule lassen sich die einzelnen Bestandteile auch unbekannter Luftproben identifizieren. Das „GC/MS“-Verfahren ist heute die leistungsfähigste Methode für Immissionsmessungen von organisch-chemischen Stoffen.

Absorptions- oder Extraktionslösungen mit organischen Komponenten können mittels der - der Gaschromatographie ähnlichen - Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) analysiert werden (VDI 2467, Blatt 2 /5/). Hier werden die Probenlösungen in einem Flüssigkeitsstrom durch spezielle Trennsäulen geführt und die aufgetrennten Komponenten in einem Durchflussdetektor - z.B. in der Durchflussküvette eines UV- oder Fluoreszenz-Spektrometers - bestimmt. Die Methode wird vor allem für die Untersuchung partikelförmiger, gegen höhere Temperaturen empfindlicher Luftverunreinigungen eingesetzt.

Als ein kostengünstiges Verfahren zur schnellen und selektiven Bestimmung komplizierter organischer Schadstoffe in der Luft wird eine immunologische Analyse beschrieben /123/. Sie besteht aus der Probenahme (z.B. Kryosammeltechnik) und der immunologischen Nachweisreaktion. Es sollen Substanzen bestimmt werden, die nach den üblichen chemischen Methoden nur sehr aufwendig (hohe Voranreicherung; hoher Trennaufwand) analysiert werden können. Als Beispiel wird die Messung des Triazinherbizids Atrazin genannt. Als weitere zu erprobende Stoffklassen werden polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, halogenierte Dibenzodioxine bzw. Dibenzofurane, halogenierte Phenoxyessigsäuren und nitrierte aromatische Kohlenwasserstoffe bezeichnet.

## 6.2.4 Messung von Schwebstaub und Partikeln (PM<sub>10</sub>)

Schwebstaubmessungen können mittels entsprechender Probenahmeköpfe sowohl mit als auch ohne Fraktionierung nach der Partikelgröße vorgenommen werden.

Als Probenahmegeräte für diskontinuierliche Schwebstaub-Messungen nach dem Filterverfahren werden in der Bundesrepublik vor allem

- das LIB-Gerät (VDI 2463, Blatt 4 und 9 /5/) mit einem Probeluftvolumenstrom von ca. 15 m<sup>3</sup>/h und
- das Kleinfiltergerät (VDI 2463, Blatt 7 /5/) mit einem Probeluftvolumenstrom von ca. 3 m<sup>3</sup>/h

eingesetzt. Das VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft /5/ führt noch zwei weitere, diskontinuierlich arbeitende Filtergeräte auf, das (heute nicht mehr hergestellte) TBF 50f-Gerät (VDI 2463, Blatt 3; Volumenstrom ca. 3 m<sup>3</sup>/h) und den High Volume Sampler HV100 (VDI 2463, Blatt 2).

Der in den USA entwickelte High Volume Sampler hat den Vorteil eines hohen Probeluftvolumenstroms (fast 100 m<sup>3</sup>/h), der eine hohe, für Analysen gut geeignete Staubmasse sammeln lässt. Nachteile sind die Geräuschentwicklung und die Messung nur des momentanen Volumenstromes (Schwebekörper-Durchflussmesser), nicht aber des Probeluftvolumens, sofern nicht eine Modifikation des Gerätes mit einem Quantometer zur Messung des Volumens /124/ verwendet wird.

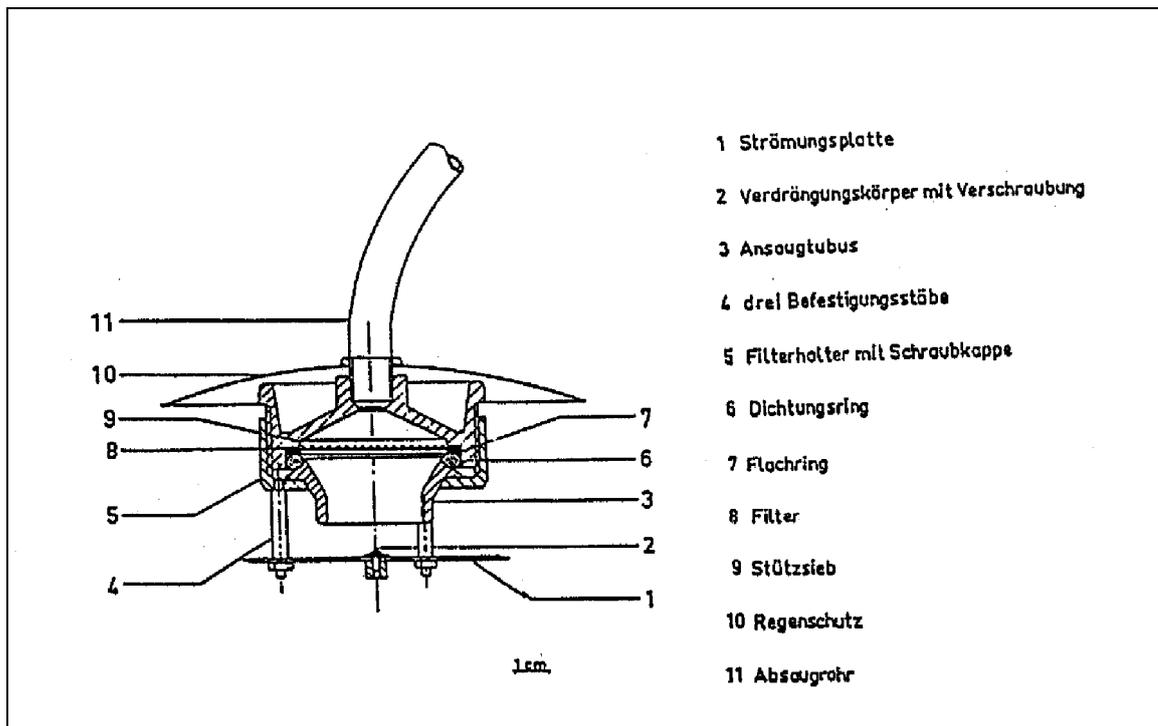
Der Schwebstaubgehalt der Probeluft wird durch Wägung des Filters (meist aus Glasfasern oder Quarzfasern) vor und nach der Probenahme unter definierten Bedingungen /125/ ermittelt.

Das LIB-Gerät wurde für einen stationären Einsatz entwickelt, das Kleinfiltergerät insbesondere auch für einen mobilen Einsatz. Besondere Kennzeichen des Kleinfiltergerätes sind:

- geringes Gewicht;
- leiser Betrieb;
- Messung des Probeluftvolumens durch ein Flügelrad-Anemometer oder durch eine Messblende;
- geregelter Luftdurchsatz;
- Vorwahlmöglichkeit für Anfang und Ende der Probenahme;
- Wechsel des Filters *mit* dem Probenahmekopf und dadurch Vermeidung von Fehlern bei einem Filterwechsel durch ungeübtes Personal;
- Einsatz verschiedener Probenahmeköpfe für die nichtfraktionierende und fraktionierende Staubmessung;

- Möglichkeit einer externen Anordnung des Probenahmekopfes vom Gerät ohne Störung der Messung durch Staubabscheidung im Probenmesystem.

Ein „Basisverfahren“ für den Vergleich von nichtfraktionierenden Schwebstaub-Messverfahren wird in der VDI-Richtlinie 2463, Blatt 8 /5/ beschrieben. Der in der Probeluft enthaltene Schwebstaub wird über ein genau definiertes Probenmesystem /126/, das dem des Kleinfiltergerätes entspricht, auf einem Glasfaserfilter abgeschieden und gewogen. Der Probenahmekopf dieses Systems ist in Bild 12 wiedergegeben. Das Basisverfahren ist als Referenzverfahren für die bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen festgelegt /127/.



**Bild 12: Probenahmekopf für nichtfraktionierende Schwebstaub-Messungen**

Für kontinuierliche Probenahmen bei der gravimetrischen Schwebstaubbestimmung können automatische Filterwechsler dienen (VDI 2463, Blatt 10 und 11 /5/; /128/). Über 37 bzw. 15 Filterhalter können nach einer vorwählbaren Probenahmedauer nacheinander eingesetzt und nach der Probenahme in einem Magazin verwahrt werden.

Als Referenzverfahren für die  $PM_{10}$ -Messung ist ein manuelles, gravimetrisches Staubmessverfahren nach DIN EN 12341 /5, 129/ festgelegt. Konstruktions- und Leistungsmerkmale für  $PM_{10}$ -Referenzgeräte sind für niedrige ( $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ), hohe ( $68 \text{ m}^3/\text{h}$ ) oder sehr hohe ( $996 \text{ m}^3/\text{h}$ ) Volumenströme genormt.

Die Konstruktionsangaben für die Probeneinlässe sind in den Abbildungen 13, 14 und 15 dargestellt.

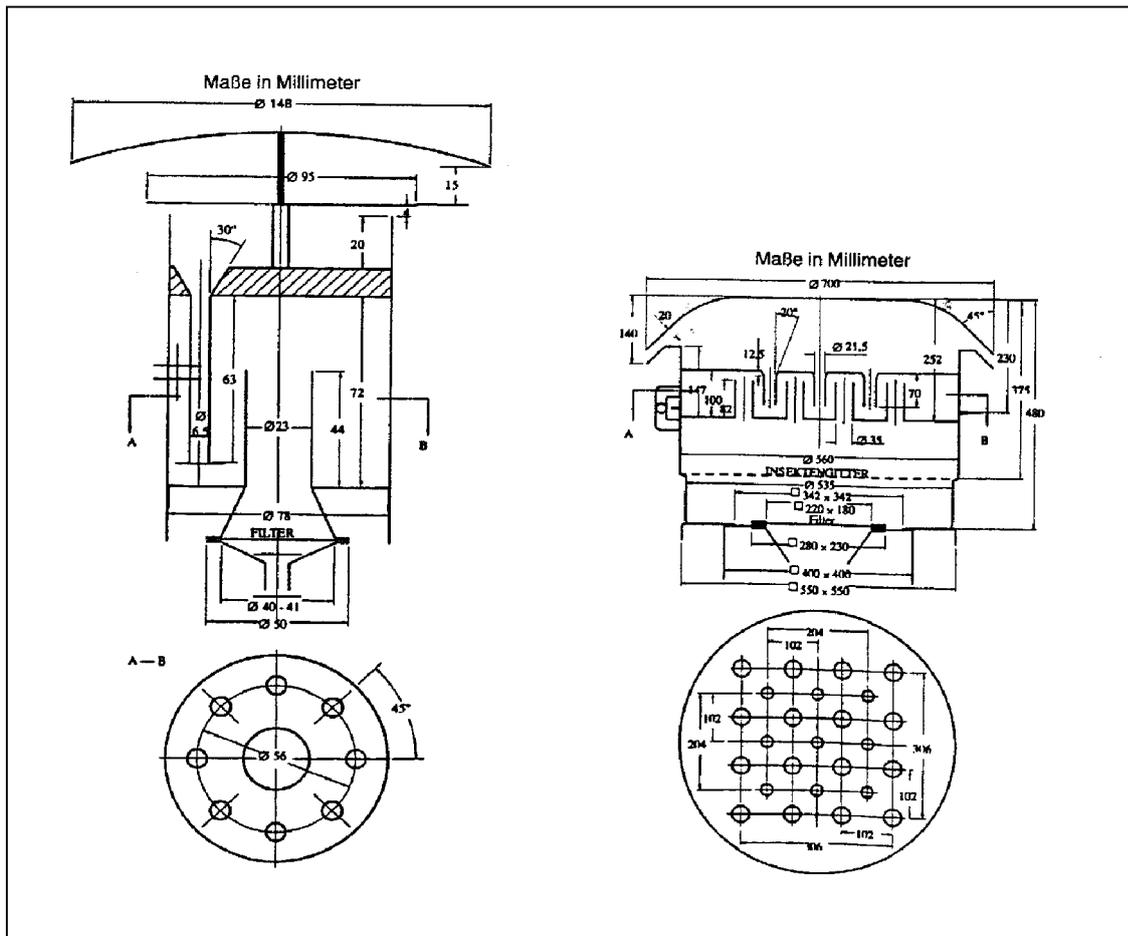


Bild 13: Probeneinlass des LVS-PM10-Gerätes (Volumenstrom 2,3 m<sup>3</sup>/h) und des HVS-PM10-Gerätes (Volumenstrom 68 m<sup>3</sup>/h)

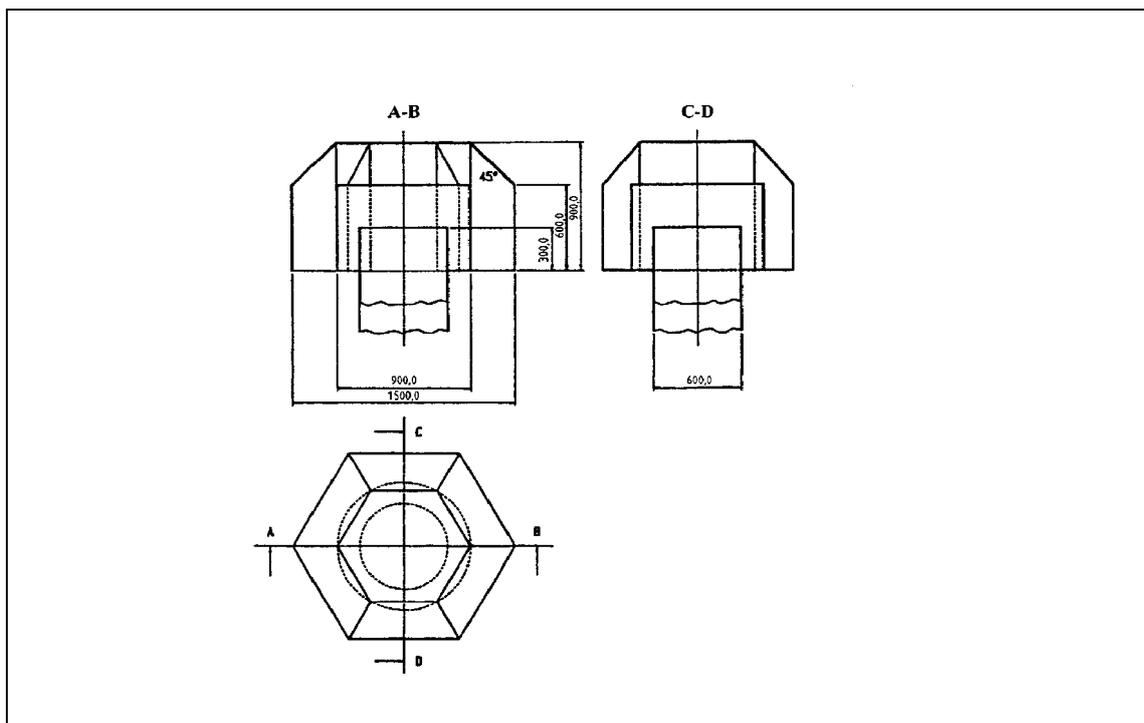
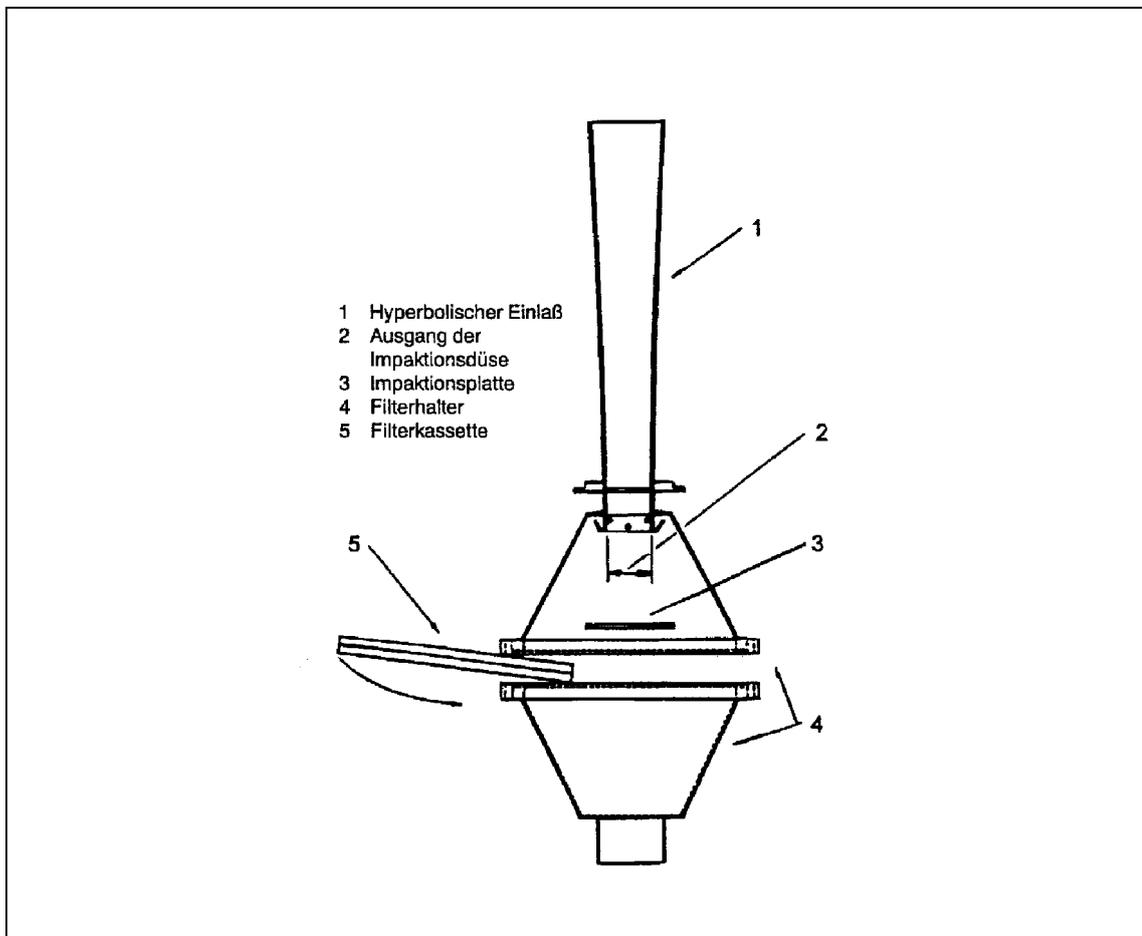


Bild 14: Probeneinlass des WRAC-Gerätes



**Bild 15: PM10-Stufe des WRAC-Gerätes**

Die PM10-Referenzgeräte arbeiten nach dem Impaktionsprinzip (siehe auch Kapitel 6.2..5).

Die Probeluft wird durch 8 (LVS-Gerät) oder 9 (HVS-Gerät) Impaktionsdüsen mit hoher Geschwindigkeit auf eine Impaktionsplatte geleitet. Das WRAC-Gerät verfügt über vier parallel betriebene Impaktoren mit isokinetischem Probeneinlass für verschiedene Trenndurchmesser und eine Sammeleinrichtung für den Gesamtschwebstaub. Als Abscheidemedien kommen jeweils Quarzfaserfilter mit einem Abscheidegrad von > 99,5 % zur Anwendung.

Die DIN EN 12341 /5, 129/ beschreibt Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von (kontinuierlichen) Messverfahren zur Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Fraktion mit der (gravimetrisch-manuellen) Referenzmessmethode.

In der Bundesrepublik wurde im Jahr 2002 an rund 560 Stationen Schwebstaub gemessen /57/, wobei an ca. 460 Stationen die Angabe als PM<sub>10</sub> erfolgte. An ca. 180 Stationen erfolgte die Bestimmung gravimetrisch-diskontinuierlich (Stichprobenumfang zur Angabe des Jahresmittelwertes 50 –180).

## **6.2.5 Messung von schwarzem Rauch (Black Smoke) /130, 131/**

Bei dem in Großbritannien entwickelten Black-Smoke-Verfahren wird der bei niedrigem Probeluftvolumenstrom ( $2 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ) auf einem Filter abgeschiedene Staub mittels eines Reflexionsphotometers gemessen. Die photometrisch gemessenen Black-Smoke-Werte werden mit Hilfe einer früher aufgestellten Kalibrierkurve in gravimetrische Werte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) umgerechnet. Das Black-Smoke-Verfahren erlangte Bedeutung auch in Deutschland, weil Grenzwerte für Schwebstaub in einer Richtlinie der Kommission der Europäischen Gemeinschaften /28/ auf Messergebnisse dieses Verfahrens bezogen sind (s. Kapitel 4.2). Diese Richtlinie ist bis zum 01.01.2005 teilweise weiterhin gültig.

Umfangreiche Vergleichsmessungen nach dem Black-Smoke-Verfahren und den in Deutschland üblichen gravimetrischen Methoden zeigten /132/, dass bei starken zeitlichen wie räumlichen Schwankungen die gravimetrischen Messwerte etwa dreimal höher als die ebenfalls in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angegebenen Black-Smoke-Werte lagen. Gravimetrie und Reflektometrie erfassen offensichtlich verschiedene Messobjekte. So hat u.a. die Staubfarbe wegen des unterschiedlichen Reflexionsgrades der Partikel einen erheblichen Einfluss auf das Messergebnis /133/.

Für die Black-Smoke-Methode wurde eine Probenahmeapparatur entwickelt, die mit 8 nacheinander einsetzbaren Filtereinheiten ausgerüstet ist. Sie ermöglicht bei 24-Stunden-Proben einwöchige Probenahmen ohne Wartung.

## **6.2.6 Messung von Korngrößen**

Korngrößen-Bestimmungen von Schwebstaub werden bislang nicht in Richtlinien des VDI-Handbuches Reinhaltung der Luft /5/ beschrieben. Sie werden üblicherweise nach dem Impaktor-Prinzip vorgenommen /134/.

Im Impaktor wird die Probeluft durch eine Düse mit hoher Geschwindigkeit auf eine Impaktionsplatte geleitet. Dort wird der Staub durch seine Trägheit entsprechend der Korngröße abgeschieden, während die Luft mit nicht abgeschiedenen (kleineren) Staubfraktionen seitlich abgeführt wird. Die Abscheidung der Partikel hängt insbesondere von der Strömungsgeschwindigkeit, vom Düsendurchmesser und vom Abstand der Düse von der Platte ab. Bei Variationen dieser Größen (insbesondere abnehmende Düsendurchmesser) in den hintereinandergeschalteten Düsen eines „Kaskaden-Impaktors“ gelingt die nach Korngrößen getrennte Abscheidung des Schwebstaubes aus der Probeluft.

Bei einer Weiterentwicklung des Impaktor-Prinzips, bei dem „Violdüsen-Impaktor“ (z.B. Andersen-Impaktor /135, 136/) sind die Düsen durch Lochplatten mit abnehmenden Lochdurchmessern ersetzt. Dadurch wird ein erheblich höherer Probeluftdurchsatz und die Abscheidung größerer Staubmengen ermöglicht, die eine direkte Massenbestimmung durch Wägung erlauben und auch für chemische Analysen genutzt werden können. Hinter der letzten Impaktorstufe werden feinste Staubanteile von einem Filter zurückgehalten.

## 6.2.7 Messung ultrafeiner Partikel /Nanopartikel

Aufgrund neuerer Erkenntnisse sind ultrafeine Partikel und Nanopartikel sowohl in Bezug auf Gesundheitsaspekte (Atemwegs- und Kreislauferkrankungen) als auch aufgrund klimatischer Effekte (Treibhauseffekt) in der Diskussion.

Methoden zur Immissionsmessung ultrafeiner Partikel und Nanopartikel sind bislang noch nicht in Rechtsvorschriften, Normen oder VDI-Richtlinien festgeschrieben. Es existieren auch keine verbindlichen Immissionsgrenzwerte.

Die Bezeichnungen Nanopartikel und Feinpartikel sind nicht standardisiert. In der Literatur werden häufig die folgenden Korngrößenbereiche genannt:

Ultrafeine Partikel: ca. 0,05  $\mu\text{m}$  bis 0,1  $\mu\text{m}$

Nanopartikel: < 0,05  $\mu\text{m}$

Die Messverfahren zur Bestimmung ultrafeiner Partikel und Nanopartikel lassen sich einteilen in:

- Bestimmung der Partikelmasse
- Bestimmung der Partikelzahl

Die Bestimmung der Partikelmasse kann gravimetrisch oder unter Ausnutzung der trägen Masse der Partikel erfolgen.

Bei TEOM (Tapered Element Oscillation) und QCM (Quarz Crystal Microbalance) wird die Verstimmung eines Quarzoszillators gemessen, die aus der zusätzlichen Partikelmasse resultiert.

Anstelle einer gravimetrischen Bestimmung (die bei geringen Partikelkonzentrationen lange Messzeiten voraussetzt) kann auch eine oberflächenbasierende Messung mittels elektrischer Aufladung der Partikel vor Eintritt in einen Niederdruckimpaktor erfolgen. Im Niederdruckimpaktor wird der Gasstrom stark beschleunigt, um die geringen Trägheitskräfte zu erhöhen. Bei diesem Messprinzip (ELPI; Electrical Low Pressure Impaktor) wird der auf der Impaktionsstufe eintreffende Strom mit einem Elektrometer gemessen. Die Ladung kann durch Diffusion von Gasionen (DC), oder durch Licht (PAS, PC) erfolgen.

Als weiteres Verfahren zur Bestimmung der Partikelmasse ist das Aethalometer zu nennen. Messgröße ist die (kontinuierlich erfasste) Abschwächung eines Lichtstrahls durch ein Filter während dessen Beladung mit Aerosolteilchen. Dabei wird über einen Teil des Filters Luft gesaugt und die darin enthaltenen Partikel abgesaugt. Eine stabilisierte Lampe beleuchtet gleichmäßig die beladene und unbeladene Filterfläche. Die durch die beiden Filterflächen transmittierte Strahlung wird mittels zweier Photodioden gemessen, die ein Referenzsignal und das eigentliche Messsignal liefern. Der negative natürliche

Logarithmus der beiden Signale ist als optische Abschwächung (Attenuation) definiert. Die Differenz der optischen Abschwächungen zu verschiedenen Zeitpunkten ist (innerhalb eines bestimmten Messbereiches) direkt proportional zur Änderung der Massenbelegung des Filters.

Gesamtpartikelzahlen lassen sich mit dem Prinzip des Kondensationskernzählers (CNC/CPC) bestimmen. Da die als Messgröße dienende Lichtabsorption mit dem Partikeldurchmesser stark abnimmt, werden die Feinpartikel künstlich (meist durch Anlagerung organischer Flüssigkeiten) vergrößert. Zur Bestimmung von Korngrößen kann dem Kondensationskernzähler ein elektrischer Klassierer (DMA=Differential Mobility Analyzer) vorgeschaltet werden. Dabei werden die im Messgasstrom enthaltenen Partikel elektrisch geladen. Der Messgasstrom wird als Hüllstrom auf einen Reinluftstrom gegeben und durch ein elektrisches Feld geführt. Abhängig von der anliegenden Spannung können nur Partikel einer bestimmten Größenklasse den DMA passieren. Diese Kombination aus Kondensationskernzähler und elektrischem Klassierer wird als SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) bezeichnet.

In optischen Partikelzählern werden einzelne Partikel mit dem Probenahmestrom durch ein beleuchtetes Messvolumen transportiert. Im Messvolumen streuen die Partikel das Licht, das von einem Photodetektor in elektrische Signale umgewandelt wird. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass sich nur ein Partikel im Probeluftvolumen befindet und das Licht streut. Eine nachgeschaltete Signalverarbeitung wertet die Signale meist anhand von definierten Schwellenwerten bezüglich Partikelgröße und Anzahl aus. Das Prinzip der Streulichtmessung wird auch als Nephelometrie bezeichnet.

Diffusionsbatterien nutzen die unterschiedlich schnelle Diffusion von Partikeln unterschiedlicher Größe aufgrund der Brown'schen Molekularbewegung durch hintereinander geschaltete Netze oder Blenden. In jeder Stufe der Diffusionsbatterie werden kleinere Partikel anteilig durch Kollisionen mit dem Netz oder der Blende am stärksten zurückgehalten. Aus der Partikelabnahme von einer Stufe zur nächsten lassen sich Größenverteilungen bestimmen. Die Partikel werden meist mit Kondensationskernzählern nachgewiesen.

Als neuere Entwicklungen sind die lasergestützten Verfahren LI<sup>2</sup>SA und photoakustischer Partikelsensor zu nennen.

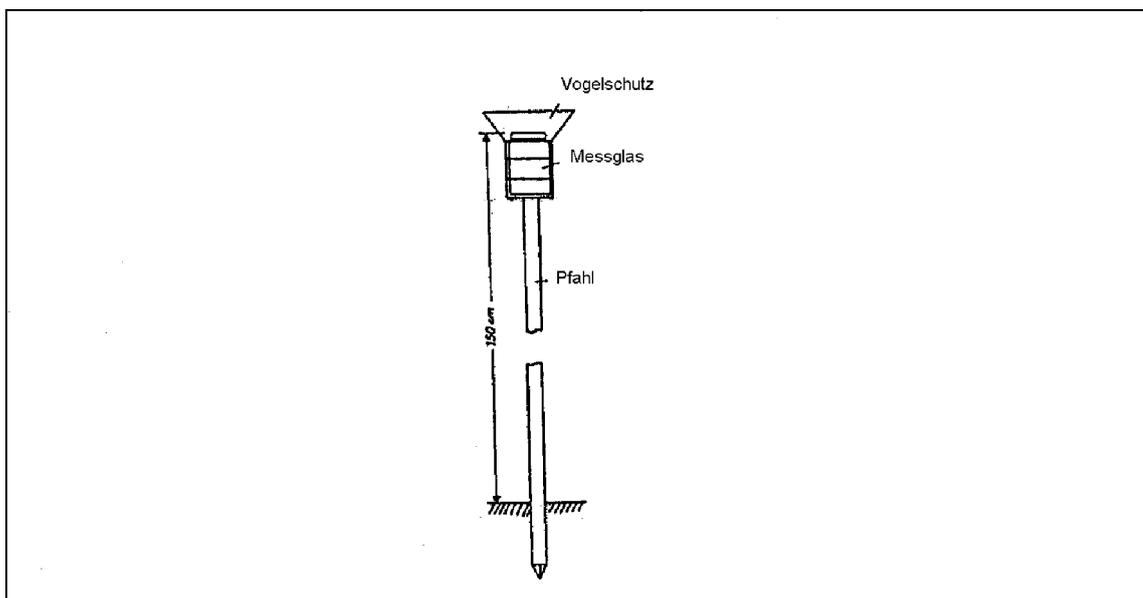
Bei der Incandescenz (LI<sup>2</sup>SA) werden die Partikel eines Messgasstromes laserindiziert zum Glühen gebracht. Messgröße ist das Abklingen des Glühlichtes, wobei die Intensität des Glühlichtes mit der Partikelzahl und die Abklingrate mit der Partikelgröße korrelieren.

Beim photoakustischen Partikelsensor wird durch einen gepulsten Laserstrahl ein Ausdehnen und Zusammenziehen der Partikel erzeugt und die hierdurch erzeugte Schallschwingung gemessen.

## 6.2.8 Messung von Staubniederschlag

Die Ergebnisse von Staubniederschlagsmessungen können durch das eingesetzte Probenahmegerät stark beeinflusst werden. Die gerätebedingten Unterschiede von Messergebnissen können bis etwa 50% betragen /137/.

In der Bundesrepublik Deutschland ist das Bergerhoff-Gerät (VDI 2119, Blatt 2 /5/) das dominierende Gerät für Staubniederschlagsmessungen, weil die Immissionswerte der TA Luft 86 /51/ auf Ergebnisse dieses Gerätes bezogen waren. Weitere Staubniederschlagsmessgeräte sind in der VDI-Richtlinienreihe 2119 beschrieben (Hibernia- und Löbner-Liesegang-Gerät). In Bild 16 ist das Bergerhoff-Gerät skizziert.



**Bild 16: Bergerhoff-Gerät**

Das Bergerhoff-Gerät enthält als Auffanggefäß ein gewöhnliches Konservenglas (Firma Weck) von 1,5 l Inhalt (8,9 cm innerer Durchmesser, 62 cm<sup>2</sup> Auffangfläche). Das Auffangglas wird in eine Vogelschutzvorrichtung aus Draht gestellt, die auf einem etwa 1,5 m langen Eisenrohr im Boden befestigt wird.

Das Auslaufen der Produktion von 1,5-l-Konserven-Gläsern und die Bruchanfälligkeit der Glasgefäße veranlassten vergleichende Untersuchungen zur Ermittlung, ob bei einer Verwendung von Sammelgefäßen aus Kunststoff Messergebnisse erzielt werden, die an das Bergerhoff-Verfahren angebunden werden können /138/. Statistische Auswertungen ergaben prinzipiell keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messwerten der beiden Verfahren /138/. Das modifizierte Probennahmeverfahren wurde somit 1996 in das VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft /5/ aufgenommen.

In der VDI Richtlinie 2119 Blatt 4 /5/ wird die Messung partikelförmiger Niederschläge durch mikroskopische Unterscheidung und größenfraktionierte Bestimmung der Partikeldeposition auf Haftfolien -Probenahmegerät Sigma-2 beschrieben.

## 6.2.9 Messung von Staubinhaltsstoffen

Als Bestandteile des atmosphärischen Staubes werden in erster Linie folgende Stoffe bestimmt:

- Metalle, insbesondere Schwermetalle,
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und
- Anionen (vor allem Sulfate, Nitrate und Chloride).

### 6.2.9.1 Metalle

Für einige Metalle sind in Deutschland Immissionsbegrenzungen festgelegt. Die TA Luft /24/, die 22. BImSchV /25/, der Entwurf der vierten EU-Tochrichtlinie /22/ und die 4. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz /33/ benennen mehrere Metalle bzw. Metallverbindungen als Messobjekte. Die gebräuchlichen Analysenverfahren für Metalle sind /139, 140, 141, 142/:

#### – **Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) /143/**

Der Extrakt der Staubprobe wird verdampft. Durch diesen Dampf wird das Licht einer Hohlkathodenlampe von derjenigen Wellenlänge geschickt, bei der die Atome des zu messenden Metalls eine Absorption aufweisen. Die Abnahme der Strahlungsintensität ist das Maß für den Metallionengehalt in der Probenlösung. Die Verdampfung der Probelösung kann durch eine Flamme oder durch ein elektrisch beheiztes Graphitrohr erfolgen. Die Flammenmethode ist einfacher auszuführen, die Graphitrohrmethode ermöglicht niedrigere Nachweisgrenzen.

Für einige Metalle und Halbmetalle wurden spezielle Techniken für atomabsorptionsspektrometrische Bestimmungen entwickelt, so die Hydridtechnik (Überführung des Elementes in sein Hydrid vor der Analyse) für Arsen, Antimon und Selen und die Kaltdampftechnik für das leicht flüchtige Quecksilber.

Mehrere VDI-Richtlinien (VDI 2267, Blatt 4 und 7 /5/) beschreiben atomabsorptionsspektrometrische Bestimmungen von Metallen in Schwebstaub bzw. in Staubniederschlag.

#### – **Atomabsorptionsspektrometrie (ASS) mit Kaltdampftechnik**

Bei diesem Verfahren zur Bestimmung der Massenkonzentration von Quecksilber wird an einem aufgewickelmten Gold-Platinnetz das Quecksilber durch Amalgambildung sorbiert. Gegebenenfalls vorhandenes partikelgebundenes Quecksilber wird durch einen Filter zurückgehalten. Aufgrund des hohen Dampfdruckes von Quecksilber ist nach einer thermischen Desorption eine atomabsorptionsspektrometrische Bestimmung ohne vorherige Atomisierung möglich. Das Verfahren wird in der VDI Richtlinie 2267 Blatt 8 /5/ beschrieben.

– **Atomfluoreszenzspektrometrie (AFS) mit Kaltdampftechnik**

Bei diesem Verfahren zur Bestimmung der Massenkonzentration von Quecksilber wird an einem goldbedampften Trägermaterial das Quecksilber durch Amalgambildung sorbiert und anschließend mithilfe eines Trägergases in den Strahlengang transportiert.

Die Quecksilberatome werden energetisch angeregt und geben beim Übergang auf ein niedrigeres Energieniveau Fluoreszenzstrahlung ab, die gemessen und ausgewertet wird.

Das Verfahren wird in der VDI-Richtlinie 2267 Blatt 9 /5/ beschrieben.

– **Atomemissionsspektroskopie mit Plasmaanregung (ICP-AES) /145, 151/**

Bei dem emissionsspektrometrischen ICP-AES-Verfahren bringt ein elektrisch beheizter Plasabrenner die Atome der Probe auf eine Temperatur von etwa 8000 K. Der Brenner ist induktiv mit einem Hochfrequenzgenerator hoher Leistung gekoppelt. Leicht ionisierbares Argon führt zum Übergang in den Plasmazustand. Das induktiv gekoppelte Plasma (ICP) ist das Atomisierungs- und Anregungsmedium für die Probe. Zur Messung gelangt das Emissionsspektrum der in der Probe enthaltenen Atome.

Die ICP-Methode ermöglicht die gleichzeitige Bestimmung zahlreicher Elemente in der Probe. Sie ist wegen dieses Vorteils weit verbreitet und wird in der VDI-Richtlinie 2267, Blatt 5 /5/ beschrieben

– **Optische Emissionsspektrometrie (ICP-OES)**

Bei der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES) nach Filterprobenahme und Aufschluss in oxidierendem Säuregemisch erfolgt die Elementbestimmung durch Atomemissionsspektrometrie im induktiv gekoppeltem Plasma (VDI 2267, Blatt 5 und 14 (Entwurf) /5/).

– **Massenspektrometrie mit Plasmaanregung (ICP-MS) /146/**

Die massenspektrometrische Bestimmung von zahlreichen Metallen im Staub, der wie beim ICP-AES-Verfahren aufbereitet wird, hat eine wesentlich höhere Empfindlichkeit als die ICP-AES-Methode, bei jedoch höheren apparativen Kosten. Der Entwurf der DIN-Norm 38406-29 /146/ beschreibt die Bestimmung von 61 Elementen in wässrigen Medien und Schlämmen.

– **Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) /147/**

Die RFA arbeitet zerstörungsfrei. An der Staubprobe wird die elementspezifische Fluoreszenzstrahlung gemessen, die nach der Röntgenbestrahlung der Probe auftritt. Die Methode ist im VDI-Handbuch für die Bleibestimmung in Partikeln beschrieben (VDI 2267, Blatt 2, 11 und 12 /5/).

Weitere Methoden zur Bestimmung von Metallen wie die

– **Polarographie**

(Messung von Strom/Spannungskurven bei Redox-Vorgängen an einer Quecksilbertropfektrode) und die

– **Neutronenaktivierungsanalyse**

(eine zerstörungsfrei arbeitende Methode, bei der die charakteristische Gammastrahlung gemessen wird, die Isotopen des zu bestimmenden Metalls nach Neutronenbestrahlung emittieren)

erlangten keine besondere Bedeutung bei der Immissionsüberwachung in Deutschland.

### **6.2.9.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Für die Bestimmung polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (wie auch weiterer organischemischer Komponenten von partikelförmigen Luftverunreinigungen) werden in erster Linie chromatographische Verfahren eingesetzt, insbesondere die Gaschromatographie und die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie. Probenahme, Probenaufbereitung und Analytik nach der Gaschromatographie werden in der VDI-Richtlinie 3875, Blatt 1 /5/ (Innenraumluft) beschrieben.

### **6.2.9.3 Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane**

Verfahren zur Bestimmung der PCDD/F-Deposition sind in der VDI-Richtlinie 2090; Blatt 1 und 2 /5/ beschrieben. Als Analyseverfahren erfolgt eine massenspektrometrische Bestimmung nach gaschromatographischer Trennung (GC/HMRS) nach Bergerhoff-Probenahme (Blatt 1) oder Trichter-Absorber-Probenahme (Blatt 2).

Zur Bestimmung der hochtoxischen Dioxine und der Furane in Innenraumluft beschreibt die VDI-Richtlinie 3498, Blatt 1 und 2 /5/ ein Verfahren, bei dem diese Substanzen bei der Probenahme auf einem Glasfaserfilter (Partikel) und auf einem Polyurethanschaum (Gase) gesammelt werden. Zur Analyse werden Filter und Schaum extrahiert und die Extrakte gereinigt. Nach gaschromatographischer Trennung erfolgt die massenspektrometrische Bestimmung der einzelnen Verbindungen.

#### 6.2.9.4 Anionen

Für die auf Filtern abgeschiedenen Anionen werden im VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft /5/ folgende Methoden beschrieben:

- **Isotopenverdünnungsanalyse** für Sulfat (VDI 3497, Blatt 2)
- **Ionenchromatographie** für Chlorid, Nitrat und Sulfat (VDI 3497, Blatt 3 (Suppressortechnik) und Blatt 4 (Einsäulentchnik)).

Die Ionenchromatographie ist heute auch die bevorzugte Methode zur Bestimmung von Anionen in nassen Niederschlägen (vgl. Kapitel 6.2.2.2).

#### 6.2.9.5 Ruß

“Ruß“ wird nicht chemisch, sondern letztlich durch das Messverfahren definiert. Die kanzerogenen Eigenschaften von Ruß und die mit der 23. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz /27/ eingeführte Überwachung von Ruß-Immissionen durch den Kraftverkehr wiesen seiner Messung eine besondere Bedeutung zu. Nach der 23. BImSchV wird unter Ruß der elementare Kohlenstoff des lungengängigen Feinstaubes in der Außenluft verstanden.

Nach Aufhebung der 23. BImSchV soll Ruß als Teilmenge der Partikel (PM<sub>10</sub>) vom diesbezüglichen Jahresgrenzwert der 22. BImSchV /25/ mit erfasst werden.

Zur Messung von Ruß in Luft wurden schon verschiedene Verfahren vorgeschlagen. Das “Black-Smoke“-Verfahren (s. Kapitel 6.2.5) kann bedingt auch als eine Rußmessung verstanden werden. Vergleichsmessungen in Deutschland ergaben eine unbefriedigende Nachweisgrenze und unbefriedigende Unsicherheitsbereiche der Methode /148/.

In der VDI-Richtlinie 2465, Blatt 1 /5/ wird ein Verfahren zur Ruß-Immissionsmessung /149/ beschrieben. Zur Probenahme wird ein zur Abscheidung von Feinstaub geeignetes Filtergerät eingesetzt, z.B. das KleinfILTERgerät GS 050/3-C (VDI 2463, Blatt 7 /5/). Im abgeschiedenen Feinstaub wird der Kohlenstoff durch Verbrennen der Probe unter Sauerstoff und coulometrische Messung des dabei gebildeten Kohlenstoffdioxids bestimmt. Eine Vorbehandlung der Proben (Flüssigkeitsextraktion zur Entfernung extrahierbarer organisch-chemischer Verbindungen und Thermodesorption nicht extrahierbarer organischer Verbindungen und anhaftender Lösemittelreste unter Stickstoff) macht das Verfahren spezifisch für elementaren Kohlenstoff.

Die VDI-Richtlinie 2465, Blatt 2 /5/ beschreibt ein Verfahren zur thermographischen Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs nach Thermodesorption des organischen Kohlenstoffs. Der Staubprobenahme

nach DIN EN 481 /150/ und DIN ISO 7708 /151/ in Verbindung mit VDI 2463, Blatt 7 /5/ mit PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf folgt eine Pyrolyse und Messung durch einen NDIR-Detektor.

### **6.2.10 Messung von Asbest und anorganischen Fasern /152/**

Asbest und andere anorganische Fasern werden in Immissionsmessungen nicht als Massenkonzentration, sondern als Faserzahlen pro Luftvolumen angegeben. Darüber hinaus wird in der Regel nach Faserlängensklassen differenziert, nach VDI 3492, Blatt 1 /5/, in die Klassen

$$2,5 \mu\text{m} \leq L < 5 \mu\text{m} \text{ und} \\ 5 \mu\text{m} \leq L \leq 100 \mu\text{m}.$$

In der Bundesrepublik Deutschland wurde bei Asbest-Immissionsmessungen gewöhnlich ein Verfahren eingesetzt, das in der VDI-Richtlinie 3492, Blatt 1 näher beschrieben ist. Bei der Probenahme werden die Fasern auf einem mit Gold bedampften Kernporen-Filter abgeschieden. Die Probe wird nach einem speziellen Plasmaveraschungsverfahren weitgehend von organischem Material befreit. An einer Teilfläche des Filters werden die Einzelfasern im Rasterelektronenmikroskop (REM) ausgezählt, nach der Größe klassifiziert und ihre Art mittels der energiedispersiven Röntgenmikroanalyse (EDXA) identifiziert.

Als eine Folge des Verwendungs- und Herstellungsverbotes asbesthaltiger Produkte haben Messungen von Asbestfasern (insbesondere in Außenluft) nur noch eine untergeordnete Bedeutung. Das Interesse richtet sich verstärkt auf andere anorganische Fasern, z.B. künstliche Mineralfasern (KMF).

Das in der Richtlinie VDI 3492 (Entwurf vom Dezember 2002) vorgeschlagene Verfahren ermöglicht die Messung der Faserzahlkonzentrationen anorganischer Faserförmiger Partikel und deren Zuordnung zu Faserklassen (Chrysotil, Amphiloasbest, Gips, sonstige anorganische Fasern). Die Faserzählung und –zuordnung erfolgt ebenfalls mit REM/EDXA.

Im Zuge des Trends zur internationalen Vereinheitlichung in der Messtechnik wurden die Faserzählregeln der WHO übernommen.

Bei dem in Kürze zu erwartenden Erscheinen der Richtlinie als Weißdruck werden die beiden in der Richtlinienreihe 3492 erschienen Blätter 1 (betrifft Außenluft) und 2 (betrifft Innenraumluft) ersetzt.

## **7. Qualitätssicherung**

Die Durchführung von Immissionsuntersuchungen ist in der Bundesrepublik Deutschland weitgehend durch staatliche Bestimmungen (z.B. TA Luft /24/, 22. und 33. BImSchV /25, 26/) geregelt und erfolgt anhand von staatlich anerkannten Normen und Richtlinien. Die hierfür tätigen Untersuchungsinstitute unterliegen einer fachbehördlichen Aufsicht. Daher fließen neben der Basisnorm für die Qualitätssicherung, der ISO 9000-Serie, und der für die Akkreditierung von Prüflaboratorien zu Grunde gelegten Norm DIN ISO/IEC 17025 /153/ zusätzliche Qualitätsanforderungen aus dem staatlichen Bereich in die Qualitätssicherung ein (z.B. Datenqualitätsziele der 22. und 33. BImSchV).

Die Qualitätssicherungsmaßnahmen bei Immissionsuntersuchungen betreffen die folgenden Handlungsebenen:

- Messplanerische Vorgaben
- Einsatz standardisierter Immissionsmessverfahren (VDI-Richtlinien, Normen, Referenz-, Äquivalenz- und Kalibrierverfahren, eignungsgeprüfte Messgeräte)
- Fachkompetenzermittlung und –bestätigung durch Akkreditierung und Bekanntgabe
- Qualitätskontrolle der Messstellen (Ringversuche, Laboraudits, QM-Systeme)

Die verschiedenen Maßnahmen werden im folgenden dargestellt.

### **7.1 Messplanerische Vorgaben**

Zweck messplanerischer Vorgaben ist das Erreichen eines einheitlichen Qualitätslevels der Messergebnisse durch die Standardisierung der Messdurchführung. Sie sind damit auch unter Qualitätssicherungsaspekten zu betrachten.

Von der EU ist die Messstrategie zur Beurteilung der Konzentrationen verschiedener Schadstoffe in den sogenannten Tochterrichtlinien /19, 20, 21/ neu festgelegt worden und durch Novellierungen des BImSchG /31/, der TA Luft /24/ und der 22. BImSchV /25/ sowie die Einführung der 33. BImSchV /26/ (in Vorbereitung) in deutsches Recht überführt worden.

Eine der wichtigsten Änderungen gegenüber der vorherigen Situation ist durch einen Übergang von der flächenbezogenen auf die punktbezogene Messung und Beurteilung von Belastungen anhand neu bemessener Immissionsrichtwerte gekennzeichnet. Bezüglich der Auswahl der Messorte besteht ein großer Ermessensspielraum, der die Reproduzierbarkeit der Messortfestlegung erschwert und zur

Unsicherheit des Messergebnisses beiträgt. Die VDI-Richtlinienreihe 4280 /54, 55, 56/ ist daher u.a. mit dem Ziel der Vereinheitlichung des Auswahlverfahrens von Probenahmestellen aufgelegt worden.

## **7.2 Einsatz standardisierter Messverfahren**

Die Zielsetzung der Standardisierung von Messverfahren ist ein Erreichen zuverlässiger, vergleichbarer Messergebnisse durch Festlegung vollständiger Verfahren vom Probenahmevergange bis zur Analyse unter Benennung quantitativer Qualitätskenngrößen, den sog. Verfahrenskenngrößen (Nachweisgrenze, Messunsicherheit etc.).

### **7.2.1 Standardisierung von Messverfahren als VDI-Richtlinien oder Normen**

Bereits Ende der 50er Jahre befasste sich die VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“ (heute: Kommission „Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss“) mit der Erprobung und Standardisierung von Immissions-Messverfahren in Form von VDI-Richtlinien. Im Zuge einer Internationalisierung der Luftüberwachung im Bereich der Europäischen Union gewinnen internationale Normen (ISO-Standards und CEN-Normen) an Bedeutung, die zunehmend als DIN ISO- bzw. DIN EN-Normen übernommen werden.

Entscheidendes Kriterium für die Auswahl von Verfahren ist u.a. ihre Eignung zur Beurteilung der Einhaltung oder Überschreitung von in staatlichen Verordnungen festgelegten Immissionswerten oder anderen Wirkungskriterien.

Neben der Standardisierung der eigentlichen Messverfahren sind unter Qualitätssicherungsaspekten die VDI-Richtlinienreihen 3490 (Messen von Gasen; Prüfgase), 3491 (Messen von Partikeln, Prüfaerosole) und 2449 (Prüfkriterien von Messverfahren) zu nennen /5/.

Die Normen DIN ISO 6879 (Verfahrenskenngrößen) /154/, DIN ISO 13752 (Ermittlung der Unsicherheit eines Messverfahrens) /90/ und DIN EN ISO 14956 (Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit) /99/ sind zur Beurteilung von Messverfahren von Bedeutung /5/ (vgl. Anhang 2).

### **7.2.2 Eignungsgeprüfte Messgeräte**

Durch den Einsatz eignungsgeprüfter Messgeräte wird eine vergleichbare Datenqualität bei der Durchführung kontinuierlicher Immissionsuntersuchungen angestrebt.

Die Mindestanforderungen werden neuerdings in der VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmessenrichtungen zur kontinuierlichen

Überwachung von Immissionen – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“ /98/ geregelt und orientieren sich bezüglich der Messunsicherheit an den Bestimmungen der EU-Tochtrichtlinien /19-21/.

Eine entsprechende Richtlinie für optische Fernmesseinrichtungen (VDI 4202, Blatt 2) liegt als Entwurf vor /100/.

Die für die Eignungsprüfung erforderlichen Prüfpläne werden im Rahmen der VDI-Richtlinienarbeit, und zwar in der Richtlinie 4203, Blatt 1, Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen, und Blatt 3, Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen, z. Zt. Entwurf, standardisiert /101, 102/.

Die Eignungsprüfung wird von hierfür akkreditierten Prüfinstituten vorgenommen.

### **7.2.3 Referenzverfahren, Äquivalenzverfahren und Kalibrierverfahren**

Die 1988 von Fachleuten der Bundes- und Ländereinrichtungen des Immissionsschutzes für den Bereich der Immissionsüberwachung erarbeiteten und vom Bundesumweltministerium im Einvernehmen mit dem LAI erlassenen „Richtlinien über die Festlegung von Referenzverfahren, die Auswahl von Äquivalenzverfahren und die Anwendung von Kalibrierverfahren“ /127/ nennt neben Definitionen und allgemeinen Angaben konkrete Festlegungen von Referenzverfahren für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ozon, Kohlenmonoxid und Schwebstaub. Da sich im Zeitraum seit dem Erlass der Richtlinie die Immissionsmesstechnik stark auf die Anwendung kontinuierlich registrierender, automatischer Messgeräte verlagert hat und inzwischen diesbezügliche europäische Regelungen zur Immissionsmessung bestehen bzw. erarbeitet werden, ist eine Überarbeitung der Richtlinie erforderlich.

### **7.3 Fachkompetenzermittlung und –bestätigung der Messstellen durch Bekanntgabe und Akkreditierung**

Mit der Durchführung von Immissionsmessungen im Einwirkungsbereich von Anlagen sind gemäss §§ 26, 28 BImSchG Untersuchungsstellen zu beauftragen, die von den obersten Landesbehörden für den Immissionsschutz notifiziert worden sind. Diese Notifizierung wird als Bekanntgabe bezeichnet und besagt, dass die Befähigung einer Messstelle für die Durchführung dieser Messaufgaben festgestellt und anerkannt worden ist.

Zur Erzielung einheitlicher Standards wurde Anfang der 90er die in allen EU-Mitgliedsstaaten gültige Akkreditierung von Prüf- und Kalibrierlaboratorien gemäss der europäischen Norm EN 45001 /155/ eingeführt. An ihre Stelle ist inzwischen die internationale Norm DIN/ISO/IEC 17025 „Allgemeine

Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ /153/ getreten. Sie berücksichtigt Übergangsfristen für die nach alter Norm akkreditierten Laboratorien. Insbesondere wird bei der Akkreditierung die Durchführung eines internen Qualitätsmanagement unter Querverweis auf die internationale Normenreihe DIN ISO EN 9000 verlangt.

In der 47. Umweltministerkonferenz (UMK) wurde beschlossen, dass die Feststellung der Kompetenz (Fachkunde) eines im gesetzlich geregelten Umweltbereich tätigen Laboratoriums als Voraussetzung für die Notifizierung nach Wunsch des Antragstellers durch eine private evaluierte Akkreditierungsstelle oder eine hierzu vom Land benannte Stelle durchgeführt werden kann.

Der Kompetenznachweis hat entsprechend der europäischen Norm DIN EN 45001 /155/ bzw. in deren Nachfolge der DIN/ISO/IEC 17025 /153/, „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ /148/ zu erfolgen.

Die Umsetzung der Zusammenarbeit von privaten und staatlichen Stellen erfolgt auf Grundlage der „Vereinbarung über das Zusammenwirken der Länder mit beteiligten Akkreditierungsstellen im Umweltbereich“ /157/ und der „Verwaltungsvereinbarung über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich“ /158/. Beide Vereinbarungen wurden von den Ländern und Akkreditierungsstellen durch Zeichnung in Kraft gesetzt und im Bundesanzeiger veröffentlicht.

Neben diesen, den gesamten gesetzlich geregelten Umweltbereich betreffenden Beschlüssen wurden spezifische Regelungen für den Immissionsschutz aufgestellt.

Zur notwendigen Vereinheitlichung der von privaten und staatlichen Akkreditierungsstellen zugrundegelegten Anforderungen dient der im LAI erarbeitete „Fachkundenachweis für Ermittlungen im Bereich des Immissionsschutzes“, auch „Modul Immissionsschutz“ /159/ genannt.

Weiterhin wurden die Richtlinien des LAI für die Bekanntgabe und die Zulassung von sachverständigen Stellen im Bereich des Immissionsschutzes /160/ durch eine Neufassung vom 17.10.2000, Aktualisierung am 20.05.2001, angepasst.

Zukünftig soll dementsprechend als Grundlage für Notifizierungen und Akkreditierungen eine Kompetenzfeststellung ausreichen.

Endgültige diesbezügliche Vereinbarungen werden gegenwärtig noch zwischen den drei Akkreditierungsstellen DACH (Deutsches Akkreditiersystem Chemie), DAP (Deutsches Akkreditiersystem Prüfwesen, DASMIN (Deutsche Akkreditierungsstelle Mineralöl) und den obersten Umweltbehörden der Bundesländer verhandelt.

## **7.4 Qualitätskontrolle der Laboratorien**

### **7.4.1 Ringversuche**

Ein wesentliches Element der Qualitätskontrolle von gem. § 26 BImSchG bekannt gegebenen Messstellen ist die Verpflichtung zur Teilnahme an Ringversuchen.

Gemäß einer Vereinbarung des LAI werden diese seit 1989 zentral im Landesumweltamt (LUA) Nordrhein-Westfalen in Essen für alle, in verschiedenen Bundesländern anerkannten Messstellen durchgeführt.

1996 wurde auf Beschluss des LAI im Rahmen einer fortschreitenden Harmonisierung der europäischen Akkreditierungspraxis ein neuer Aus- und Bewertungsmodus, das sog. z-score-Verfahren eingeführt.

Der Schätzwert für das „wahre“ Ergebnis ergibt sich hierbei als Medianwert aller Teilnehmerergebnisse pro Komponente und Konzentrationsstufe. Aus statistischen Gründen ist eine Mindestteilnehmerzahl von 10 Bedingung.

Zur Ableitung der sog. Präzisionsvorgabe, also des vom Ringversuchsteilnehmer einzuhaltenden Präzisionswertes wurde - wie auch beim früheren Auswertungssystem - als Anhalts- und Ausgangspunkt die Anforderung an die Reproduzierbarkeit aus den Mindestanforderungen für kontinuierliche Immissionsmessgeräte herangezogen.

Zur Bewertung des Ringversuchsergebnisses wird die Differenz zwischen dem vom Ringversuchsteilnehmer erzielten Messwert und dem Schätzwert für das wahre Ergebnis zum Wert der jeweiligen Präzisionsvorgabe in Beziehung gesetzt. Der sich auf diese Weise ergebende sog. z-score-Wert eines jeden Versuchsteilnehmers wird unter Berücksichtigung der Messwerte von den verschiedenen Konzentrationsstufen nach einem international allgemein gebräuchlichen Schema bewertet, sodass schließlich eine eindeutige Aussage über eine erfolgreiche bzw. nicht erfolgreiche Teilnahme der Messstelle am Ringversuch resultiert.

Messstellen, die den Ringversuch nicht erfolgreich abschließen konnten, werden zu einer Wiederholungsprüfung aufgefordert. Bei wiederholter Erfolglosigkeit ist mit dem Entzug der Bekanntgabe durch die oberste Landesbehörde zu rechnen.

Die Grundlagen für die gegenwärtige Durchführung der Ringversuche sind in den folgenden Vorschriften des LAI beschrieben, auf die bzgl. Einzelheiten verwiesen wird:

Durchführungsbestimmungen für Ringversuche von § 26-Meßstellen /161/

Empfehlungen zur Bewertung von Ringversuchen für § 26-Meßstellen /161/

Eine Überarbeitung dieser Ringversuchsrichtlinien ist notwendig geworden, da die in Deutschland als Referenzmessverfahren vorgeschriebenen Verfahren zur SO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Immissionsmessung überwiegend nur noch für die vorgeschriebenen Ringversuche angewendet werden, in der Messpraxis aber kaum noch Bedeutung haben.

Die diesbezüglichen Novellierungsarbeiten sind auf Beschluss des LAI begonnen worden, eine verbindliche Neuregelung steht noch aus.

Es ist zu erwarten, dass sich die Änderungen u.a. auf folgende Sachverhalte beziehen werden:

1. Als Sollwert wird wegen der in Zukunft zu erwartenden geringen Teilnehmerzahl nicht mehr der Teilnehmer-Mittelwert, sondern ein vorgegebener Wert herangezogen werden.
2. Die Konzentrationsbereiche werden den tatsächlich auftretenden Immissionsbelastungswerten und den neuen Grenzwerten angepasst.
3. Die Präzisionsvorgaben werden unter Berücksichtigung der im europäischen Forschungszentrum in Ispra (Italien) durchgeführten Ringversuche wahrscheinlich verschärft werden
4. Es wird eine einheitlichere Handhabung durch die verschiedenen Bundesländer angestrebt

## **7.4.2 Qualitätsmanagement-Systeme**

Mit Einführung der Akkreditierung gem. der europäischen Norm EN 45001 wurden Qualitätsmanagementsysteme (QM-Systeme) Voraussetzung für die Kompetenzfeststellung von Laboratorien. In der internationalen Norm DIN/ISO/IEC 17025 /153/ ist das QM-System beschrieben, das grundsätzlich (ggfs. ergänzt durch die VDI-Richtlinie 4220 /162/ und das „Modul Immissionsschutz /146/) auch für Immissionsmessstellen geeignet ist.

Des Weiteren wird auf das im LAI erarbeitete Muster-Qualitätsmanagement-Handbuch vom 29.03.2001 /163/ und auf bei den Akkreditierungsstellen erhältliche Informationen als Praxishilfe hingewiesen.

Im folgenden werden die wichtigsten Elemente eines QM-Systems skizziert:

- Für die Durchführung des QM-Systems ist ein Beauftragter einzusetzen, der unabhängig von anderen Aufgaben mit direktem Zugang zur Geschäftsleitung tätig wird
- Das Kernstück des Systems ist das sog. Qualitätsmanagement-Handbuch

Dieses muss beinhalten:

Die grundsätzlichen Regelungen, Systeme, Programme, Verfahren, Anleitungen sowie technische Verfahren

Die Verpflichtung des Labors zu guter fachlicher Praxis und Qualität sowie ein Leistungsangebot

Die Darstellung der Aufgaben des Qualitätsmanagers und der technischen Leitung

- Es müssen Regelungen für die Durchführung interner Audits sowie für Korrekturmaßnahmen bei festgestellten Mängeln festgelegt werden
- Das QM-System muss die in den genannten Normen und im Fachmodul aufgestellten Anforderungen an das Personal, an die Räumlichkeiten, an die Laboreinrichtungen, an die Verfahrensweisen zur Validierung und Schätzung der Messunsicherheit, an die Ergebnisberichte etc. berücksichtigen.

## **8. Zusammenfassung**

Der Leitfaden zur Immissionsüberwachung in Deutschland gibt eine Übersicht über die in der Bundesrepublik angewendeten Verfahren zur Messung der Verunreinigungen der atmosphärischen Luft. Es werden die einschlägigen Rechts- und Verwaltungsvorschriften im Bundes-Immissionsschutzgesetz, in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, in der Vierten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift vor dem Hintergrund der Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft dargestellt.

Die Aufgaben von Immissionsmessungen werden umrissen und diskontinuierliche und kontinuierliche Messverfahren beschrieben. Die messtechnischen Richtlinien und Normen der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN und eignungsgeprüfte kontinuierliche Immissionsmessgeräte werden in Anhängen zusammengestellt sowie die Ergebnisse der zugehörigen Eignungsprüfungen dargestellt.

Die Qualitätssicherung von Immissionsmessungen wird besonders behandelt, sowohl hinsichtlich der Messplanung, der Messverfahren als auch der ausführenden Institute. Die Ausführungen über die Messplanung beschreiben die wichtigsten Begriffe, Messvorschriften und Messpläne in der Bundesrepublik Deutschland, Messungen in der Umgebung von Emissionsquellen und Messnetze in Deutschland.

Zur Auswertung von Immissionsmessdaten wird auf Kenngrößen zur Beurteilung von Immissionen, auf die technische Durchführung und auf staatliche Vorschriften sowie auf Auswertungen von emissionsquellenbezogenen Messungen eingegangen. Schließlich werden Messberichte vom Bund und insbesondere von den Ländern dargestellt.

Gegenüber der 2. Auflage wurden neue rechtliche Bestimmungen (Änderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 22. und 33. Verordnung und 4. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG, Rahmenrichtlinie und Tochterrichtlinie der Europäischen Union), weitere Messmethoden, weitere Richtlinien der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, als DIN-Normen übernommene internationale Standards (ISO und CEN) sowie weitere eignungsgeprüfte automatisch-kontinuierlich arbeitende Messgeräte aufgenommen. Das Kapitel „Qualitätssicherung“ sowie das Literaturverzeichnis wurden aktualisiert. Ein Stichwortverzeichnis soll das Zurechtfinden im Text erleichtern.

## Literaturverzeichnis

- 1) Umweltbundesamt (Herausgeber): Luftreinhaltung - Leitfaden zur kontinuierlichen Emissionsüberwachung. 4., überarbeitete Auflage. Umweltbundesamt Berichte 11/90. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1990.
- 2) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Herausgeber): Air Pollution Control - Manual of Continuous Emission Monitoring. Bonn 1988, New Edition, 1992.
- 3) Lahmann, E.: Feststellung und Bewertung von Immissionen - Leitfaden zur Immissionsüberwachung in Deutschland. Umweltbundesamt Texte 34/97. Berlin 1997.
- 4) Lahmann, E.: Determination and Evaluation of Ambient Air Quality - Manual of Ambient Air Monitoring in Germany. Umweltbundesamt Texte 34/97. Berlin 1997.
- 5) Verein Deutscher Ingenieure: VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft (Loseblattsammlung). VDI-Verlag, Düsseldorf.
- 6) Kommission Reinhaltung der Luft (Herausgeber): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. Kolloquium Heidelberg, 17.-19. September 1986. VDI-Berichte 608, VDI-Verlag, Düsseldorf 1987.
- 7) Kommission Reinhaltung der Luft (Herausgeber): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. Kolloquium Heidelberg, 29.-31. Mai 1990. VDI-Berichte 838, VDI-Verlag, Düsseldorf 1990.
- 8) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Herausgeber): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. Kolloquium Heidelberg, 2.-4. Juni 1993. VDI-Berichte 1059, VDI-Verlag, Düsseldorf 1993.
- 9) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Herausgeber): Aktuelle Aufgaben der Meßtechnik in der Luftreinhaltung. Kolloquium Heidelberg, 3.-5. Juni 1996. VDI-Berichte 1257, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996.
- 10) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Herausgeber): Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität. Kolloquium Heidelberg, 27.-29. April 1999. VDI-Berichte 1443, VDI-Verlag, Düsseldorf 1999.
- 11) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Herausgeber): Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität. Tagung Schwäbisch-Gmünd, 11.-13. Juni 2002. VDI-Berichte 1656, VDI-Verlag, Düsseldorf 2002 Baum, F.: Luftreinhaltung in der Praxis. R. Oldenbourg Verlag, München - Wien 1988.
- 12) Baum, F.: Luftreinhaltung in der Praxis. R. Oldenbourg Verlag, München - Wien 1988
- 13) Lahmann, E.: Luftverunreinigung - Luftreinhaltung. Verlag Paul Parey, Berlin 1990.
- 14) Baumbach, G.: Luftreinhaltung. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1994.
- 15) Lahmann, E.: Untersuchung und Beurteilung der Luft. In: Handbuch der Lebensmittelchemie, 2. Auflage, Band VIII, Teil 2, S. 1319-1460. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1969.
- 16) Leithe, W.: Die Analyse der Luft und ihrer Verunreinigungen. 2. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1974.
- 17) Birkle, M.: Meßtechnik für den Immissionsschutz. Messen der gas- und partikelförmigen Luftverunreinigungen. Oldenbourg Verlag, München 1979.
- 18) Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 296/55

- 19) Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 2. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 163/41, geändert am 17. Oktober 2001, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 278/35
- 20) Richtlinie 2000/69/EG des Rates vom 16. November 2002 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 111/31
- 21) Richtlinie 2002/3/EG des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt in der Luft, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 67/14
- 22) Vorschlag einer Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft vom 16.07.2003, KOM (2003) 423 endgültig, 2003/0164 (OD)
- 23) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 14. Mai 1990. Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, S. 880/901; zuletzt geändert am 9. Oktober 1996, Bundesgesetzblatt 1996, Teil S. 1498-1502.
- 24) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002. Gemeinsames Ministerialblatt S. 511
- 25) Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte - 22. BImSchV) vom 11. September 2002. Bundesgesetzblatt 2002, Teil I, S. 3626
- 26) Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen - 33. BImSchV), in Vorbereitung
- 27) Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV) vom 16. Dezember 1996. Bundesgesetzblatt 1996, Teil I, S. 1962
- 28) Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebstaub (80/779/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 23 (1980), Nr. L 229, S. 30/48. Änderung: (89/427/EWG). Ibid. 32 (1989), Nr. L 201, S. 53/55.
- 29) Richtlinie des Rates vom 3. Dezember 1982 betreffend einen Grenzwert für den Bleigehalt in der Luft (82/884/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 25 (1982), Nr. L 378, S. 15/18.
- 30) Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 betreffend Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid (85/203/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 28 (1985), Nr. L 87, S. 1/7.
- 31) Siebtes Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 11. September 2002. Bundesgesetzblatt 2002, Teil I, S. 3622
- 32) Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften, Nr. L 257
- 33) Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten - 4. BImSchVwV) vom 26. November 1993. Gemeinsames Ministerialblatt 44 (1993), S. 827/830.
- 34) Musterentwurf einer neuen Smogverordnung. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 7 (1988), S. 138/140.
- 35) Richtlinie des Rates vom 21. September 1992 über die Luftverschmutzung durch Ozon (92/72/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 35 (1992), Nr. L 297, S. 1/7.

- 36) Munn, R.E.: The Design of Air Quality Monitoring Networks. Macmillan Publishers, London 1981.
- 37) Lahmann, E., W. Morgenstern und L. Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 25 (1967).
- 38) Lahmann, E. und K.-E. Prescher: Schwefeldioxid-Immissionen in Berlin. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 41 (1974), S. 83/114.
- 39) Stratmann, H., M. Buck, U. Hölzel und D. Rosin: Untersuchungen über die SO<sub>2</sub>-Immissionen im Stadtgebiet von Duisburg. Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NRW Heft 1 (1965), S. 25/43.
- 40) Prinz, B.: Anwendung statistischer Methoden der Stichprobenerhebung bei der Aufstellung von Immissionsmeßplänen. Staub-Reinhalt. Luft 30 (1970), S. 204/210.
- 41) Keddie, A.W.C., E. Lahmann and G. McInnes: European Community Directive 80/779/EEC: An assessment of monitoring network design and of the corresponding stringency of Annexes I and IV. Report 9249, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1984.
- 42) Beier, R.: Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft '83. LIS-Berichte Nr. 53. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen 1985.
- 43) Beier, R., P.-L. Gonzales, G. McInnes, E. Muylle and D. Onderdelinden: EEC Directive 80/779/EEC: A study of network design for monitoring suspended particulates and sulphur dioxide in the Member States. Report EUR 10647. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1986.
- 44) Beier, R., P.-L. Gonzales, G. McInnes, E. Muylle, K. Stevenson and K.-H. Zierock: A study of network design and measurement methods in Member States for the EC Air Quality Directive for nitrogen dioxide (85/203/EEC). Report to the EC for Study Contract No. 85-B 6642-11-004-11-N, 1986.
- 45) Beier, R. und A. Doppelfeld: Räumliche Repräsentativität kontinuierlicher Immissionsmessungen in Nordrhein-Westfalen. Staub-Reinhalt. Luft 47 (1987), S. 16/21.
- 46) König, R., L. Laskus, E. Eickler, F. Mandjour und E. Lahmann: Nationale Erprobung der in EG-Richtlinien vorgeschriebenen Verfahren zur Bewertung der Immission. Abschlußbericht über das Teilprojekt 'Berliner Meßprogramm'. Forschungsbericht 10402308 des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin, vom Juni 1988, im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- 47) Beier, R. und A. Doppelfeld: Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität. LIS-Berichte Nr. 89. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen 1989.
- 48) Beier, R. und A. Doppelfeld: Räumliche Übertragbarkeit und Interpolation von Luftqualitätsdaten im Meßnetz TEMES. LIS-Berichte Nr. 101. Landesanstalt Nordrhein-Westfalen, Essen 1992.
- 49) Lahmann, E.: Zum Einfluß der Meßdauer auf die Ergebnisse von automatischen Kohlenmonoxid-Bestimmungen an einem Ort. Staub-Reinhalt. Luft 28 (1968), S. 371/373.
- 50) Lahmann, E.: Luftverunreinigung - Luftreinhaltung. Verlag Paul Parey, Berlin 1990.
- 51) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986. Gemeinsames Ministerialblatt 37 (1986), S. 95/144.

- 52) König, R., L. Laskus, E. Eickler, F. Mandjour und E. Lahmann: Nationale Erprobung der in EG-Richtlinien vorgeschriebenen Verfahren zur Bewertung der Immission. Abschlußbericht über das Teilprojekt 'Berliner Meßprogramm'. Forschungsbericht 10402308 des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin, vom Juni 1988, im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- 53) Laskus, L. and E. Lahmann: Continuous lead measurements in ambient air using an automatic filter changer. Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Clean Air Congress 1989, The Hague, Vol. 3, S. 137/141.
- 54) VDI 4280 Blatt 1, Entwurf 1996-11, Planung von Immissionsmessungen-Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit. Berlin: Beuth Verlag
- 55) VDI 4280 Blatt 2, 2000-12, Planung von Immissionsmessungen-Regeln zur Planung von Untersuchungen verkehrsbedingter Luftverunreinigungen an Belastungsschwerpunkten. Berlin: Beuth Verlag
- 56) VDI 4280 Blatt 3, 2003-06, Planung von Immissionsmessungen-Messstrategien zur Ermittlung von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Emissionsquellen. Berlin: Beuth Verlag
- 57) Bericht an den LAI zum momentanen Stand der Untersuchungen zu den Ursachen der PM10-Belastung in Deutschland und über die bisher erfolgten Messungen von PM10/PM2.5, Aktualisierte Arbeitsversion, Stand 02.11.01, LAI
- 58) Entscheidung der Kommission vom 16.01.2003 über einen Leitfaden für eine vorläufige Referenzmethode für die Probenahme und Messung der PM 2,5-Konzentration im Rahmen der Richtlinie 1999/30/EG des Rates (2003/37/EG), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 17.01.2003, Nr. L 12, S. 31/33
- 59) Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen und der Immissionen. II. Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatisierter Meßstationen in telemetrischen Immissionsmeßnetzen. Gemeinsames Ministerialblatt 34 (1983), S.78/81.
- 60) Abshagen, J., W. Rudolf und H. Stahl: Maßnahmen zur Sicherung einer bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Immissionen. Staub-Reinhalt. Luft 43 (1983), S. 107/112.
- 61) Verwaltungsvorschriften zum Genehmigungsverfahren nach §§ 6, 15 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) für Mineralölraffinerien und petrochemische Anlagen zur Kohlenwasserstoffherstellung. RdErl. des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales vom 14. April 1975. Ministerialblatt Nordrhein-Westfalen S. 966/1006.
- 62) VDI 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Berlin: Beuth Verlag, 2001
- 63) VDI 3945, Blatt 3: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Partikelmodell, Berlin: Beuth Verlag 2000
- 64) DIN ISO 11 222: Luftbeschaffenheit: Ermittlung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten von Luftbeschaffenheitsmessungen, Berlin: Beuth Verlag 2002
- 65) DIN V ENV 13005: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Berlin: Beuth Verlag 1999
- 66) Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz: Das Luftgüte-Meßnetz (BLUME). Informationsreihe zur Luftreinhaltung in Berlin Nr. 5 (1995).
- 67) Pfeffer, H.U.: Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen. LIS-Berichte Nr. 19. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen 1982.
- 68) Pfeffer, H.-U.: Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen. Staub-Reinhalt. Luft 42 (1982), S. 233/236.

- 69) Borchert, H.: Kontinuierliche Überwachung der Luftqualität in Stadt und Land. Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 12 (1989), S. 387/407.
- 70) Bronder, M.: Ein Immissionsmeßnetz wächst und wandelt sich. Wasser, Luft u. Betrieb 32 (1988), S. 30/34.
- 71) Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Luftqualität in Nordrhein-Westfalen. TEMES-Jahresberichte 1992 bis 1994, Essen 1995.
- 72) Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz: Das Luftgüte-Meßnetz (BLUME). Informationsreihe zur Luftreinhaltung in Berlin Nr. 5 (1995).
- 73) Pfeffer, H.U.: Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen. LIS-Berichte Nr. 19. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen 1982.
- 74) Pfeffer, H.-U.: Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen. Staub-Reinhalt. Luft 42 (1982), S. 233/236.
- 75) Borchert, H.: Kontinuierliche Überwachung der Luftqualität in Stadt und Land. Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 12 (1989), S. 387/407.
- 76) Munn, R.E.: The Design of Air Quality Monitoring Networks. Macmillan Publishers, London 1981.
- 77) DIN ISO 5725-1: Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen – Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe (ISO 5725-1: 1994), Berlin: Beuth Verlag 1997 und DIN ISO 5725-1, Berichtigung (ISO 5725-1:1994/Cor. 1:1998), Berlin: Beuth Verlag 1998
- 78) ISO (Hrsg.): Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen; Deutsche Übersetzung des „Guide to the expression of uncertainty in measurement“, 1. Auflage. Berlin: Beuth Verlag 1995
- 79) Lahmann, E.: Die Auswertung kontinuierlicher Immissionsmessungen durch punktförmige Registrierung. Staub-Reinhalt. Luft 27 (1967), S. 490/491.
- 80) Bewertung von Ammoniak- und Ammonium-Immissionen, Schriftenreihe des LAI, Band 11, E. Schmidt Verlag, Berlin, 1997
- 81) Immissionswerte für Quecksilber und Quecksilberverbindungen, Schriftenreihe des LAI, Band 10, E. Schmidt Verlag, Berlin, 1997
- 82) Bewertung von Vanadium-Immissionen, Schriftenreihe des LAI, Band 19, E. Schmidt Verlag, Berlin, 1999
- 83) Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind, LAI, Hrsg. MURL NRW, 1990
- 84) Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Herausgeber): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Länderausschuß für Immissionsschutz, Düsseldorf 1992.
- 85) Bewertung von Chrom-, Nickel- und Styrolimmissionen, Schriftenreihe des LAI, Band 21, E. Schmidt Verlag, Berlin, 2000
- 86) Bewertung von Toluol und Xylol-Immissionen, Bericht des Unterausschusses „Wirkungsfragen“ des Länderausschusses für Immissionen, E. Schmidt Verlag, Berlin, 1998
- 87) Länderausschuß für Immissionsschutz: Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie). Schriftenreihe des LAI, Bd. 5. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1994.

- 88) Both, R., K. Otterbeck und B. Prinz: Die Geruchsimmissions-Richtlinie. Kommentar und Anwendung in der Praxis. Staub Reinhalt. Luft 53 (1993), S. 407/412.
- 89) Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen in der Fassung vom 13. Mai 1998 mit Begründung und Auslegungshinweisen in der Fassung vom 7. Mai 1999
- 90) DIN EN 13725, Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie, Berlin: Beuth Verlag 2000
- 91) Modellprojekt zur Erstellung von Luftreinhalteplänen nach Artikel 8 der Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, Landesumweltamt NRW, Oktober 2002
- 92) Leitfaden zur Erstellung von Luftreinhalteplänen nach Artikel 8 der Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, Landesumweltamt NRW, Entwurf Juni 2002
- 93) Lahmann, E., W. Morgenstern und L. Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 25 (1967).
- 94) Lahmann, E. und K.-E. Prescher: Schwefeldioxid-Immissionen in Berlin. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 41 (1974), S. 83/114.
- 95) Abshagen, J., W. Rudolf und H. Stahl: Maßnahmen zur Sicherung einer bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Immissionen. Staub-Reinhalt. Luft 43 (1983), S. 107/112.
- 96) Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen. Richtlinien für die Eignungsprüfung laufend aufzeichnender Immissionsmeßgeräte. Gemeinsames Ministerialblatt 26 (1975), S. 366/367.
- 97) Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen; hier: Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen. Gemeinsames Ministerialblatt 32 (1981), S. 355/357.
- 98) VDI 4202, Blatt 1: Mindestanforderungen an kontinuierlich arbeitende Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung - Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen, Ausgabe Dezember 2000, Berlin: Beuth Verlag
- 99) DIN EN ISO 14956, Luftbeschaffenheit - Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit, Berlin: Beuth Verlag 2003
- 100) VDI 4202, Blatt 2 (Entwurf): Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung - Optische Fernmessverfahren, Ausgabe Februar 2003, Berlin: Beuth Verlag
- 101) 4203, Blatt1, Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Grundlagen, Ausgabe Oktober 2001, Berlin: Beuth Verlag
- 102) 4203, Blatt 3 (Entwurf): Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen-Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen, Berlin: Beuth Verlag 2003
- 103) Grupinski, L.: Gas-Immissionsmessungen nach dem Leitfähigkeitsverfahren. Wasser, Luft und Betrieb 9 (1965), S. 38/40.
- 104) Buck, M.: Entwicklung und Prüfung einer Filterpatrone zur Ausschaltung von Störeinflüssen bei der Messung von Schwefeldioxid in der Atmosphäre. Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NRW Heft 6 (1967), S. 28/31.
- 105) Clough, P.N. and B.A. Trush: Mechanism of chemiluminescent reaction between nitric oxide and ozone. Trans. Faraday Soc. 63 (1967), S. 915/925.

- 106) Schwarz, F.P. and H. Okabe: Fluorescence detection of sulphur dioxide in the air at the parts per billion level. *Analytical Chemistry* 46 (1974), S. 1024/1028.
- 107) Weber, K., V. Klein und W. Diehl: Optische Fernmeßverfahren zur Bestimmung gasförmiger Luftschadstoffe in der Troposphäre. *VDI-Berichte* 838 (1990), S. 201/246.
- 108) Klein, V. und C. Werner: Fernmessung von Luftverunreinigungen. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1993.
- 109) Weber, K., T. Lamp, J. Weidemann, G.v. Haren, Th. Eisenmann, H. Mosebach, A. Gärtner und G. Bröker: FTIR - Langwegabsorptionsspektroskopie zur Messung von Luftverunreinigungen: Grundlagen und ausgewählte Beispiele von Messungen bei Industrieanlagen, im urbanen Umfeld und bei Deponien. *VDI-Berichte* 1257 (1996), S. 205/255.
- 110) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN und Deutsches Institut für Normung: Messen organischer Immissionen. Teil 1: Mindestanforderungen und Prüfung für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von organischen Komponenten in Luft; Teil 2: Mindestanforderungen und Prüfung für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von Benzol in Luft mit anreichernder Probenahme und anschließender gaschromatographischer Trennung. Deutsche Norm DIN 33963-1 und DIN 33963-2, Berlin: Beuth Verlag; Februar 1997.
- 111) Profos, P. (Herausgeber): *Handbuch der industriellen Meßtechnik*. 4. Auflage. Vulkan-Verlag, Essen 1987.
- 112) Lahmann, E.: Neues zur Messung und Untersuchung von Luftverunreinigungen. *Staub-Reinhalt. Luft* 51 (1991), S. 422/423.
- 113) Horodecki, J. und H. Fißan: Vergleich unterschiedlicher Kalibriermethoden für den Sensor eines TEOM-Meßgerätes. *Gefahrstoffe - Reinhaltung Luft* 56 (1996), S. 5/10.
- 114) Klockow, D.: Zum gegenwärtigen Stand der Probenahme von Spurenstoffen in der freien Atmosphäre. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 326 (1987), S. 5/24.
- 115) Lahmann, E.: 50 Jahre Luftuntersuchung in Deutschland. Umweltbundesamt, Monatsberichte aus dem Meßnetz 3/86, S. 3/22.
- 116) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentration von Gasen und Dämpfen, DIN EN 13528-1 (Entwurf, Juli 1997, DIN EN 13528-2 (Entwurf, Juli 1997, DIN EN 13528-3 (Entwurf, November 2001, Berlin: Beuth Verlag
- 117) Palmes, E.D., A.F. Gunnison, J. diMattio and C. Tomczyk: Personal sampler for nitrogen dioxide. *Amer. Industr. Hyg. Assoc. J.* 32 (1975), S. 570/577.
- 118) Moriske, H.J., M. Schöndube, G. Menk und B. Seifert: Erfassung von NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Außenluft mittels Passivsammlern nach Palmes. Teil 1: Laborversuche und Qualitätssicherung. *Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft* 56 (1996), S. 129/132.
- 119) Moriske, H.J., M. Schöndube, G. Ebert, G. Menk, B. Seifert und H.J. Abraham: Erfassung von NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Außenluft mittels Passivsammlern nach Palmes. Teil 2: Feldversuche. *Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft* 56 (1996), S. 161/164.
- 120) West, P.W. and G.C. Gaeke: Fixation of sulfur dioxide as disulfitomercurate (II) and subsequent colorimetric estimation. *Analytical Chemistry* 28 (1956), S. 1816/1819.
- 121) Saltzman, B.E.: Colorimetric microdetermination of nitrogen dioxide in the atmosphere. *Analytical Chemistry* 26 (1954), S. 1949/1955.
- 122) Kaiser, R.E.: *Chromatographie in der Gasphase*. Bibliographisches Institut, Mannheim-Wien-Zürich (1973).

- 123) Nießner, R.: Anwendung immunologischer Screeningtechniken zur Luftinhaltsstoffbestimmung. VDI-Berichte 1059 (1993), S. 33/47.
- 124) Lahmann, E. und K.-E. Prescher: Beitrag zur gravimetrischen Bestimmung der Staubkonzentration in atmosphärischer Luft mittels Filtergeräten (High Volume Sampler), Wasser, Luft u. Betrieb 11 (1967), S. 677/678.
- 125) Laskus, L., K.-E. Prescher und D. Bake: Konditionierung von Schwebstaubproben. Staub-Reinhalt. Luft 45 (1985), S. 47/53.
- 126) Laskus, L., D. Bake und L. Armbruster: Untersuchungen an Probenahmesystemen für den hygienisch relevanten Schwebstaub im Staubkanal und in der Außenluft. Staub-Reinhalt. Luft 40 (1980), S. 18/26, 101/105.
- 127) Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen. Richtlinien über die Festlegung von Referenzverfahren, die Auswahl von Äquivalenzmeßverfahren und die Anwendung von Kalibrierverfahren. Gemeinsames Ministerialblatt 39 (1988), S. 191/195.
- 128) Lahmann, E.: Neues zur Messung und Untersuchung von Luftverunreinigungen. Staub-Reinhalt. Luft 51 (1991), S. 422/423.
- 129) DIN EN 12341, Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmethode, Berlin: Beuth Verlag 1999
- 130) Lahmann, E., L. Laskus, W. Siggelkow, R. König, J. Abshagen, M. Buck, H. Ixfeld und H. Manns: Schwefeldioxid- und Schwebstaub-Vergleichsmessungen gemäß der EG-Richtlinie 80/779. Staub-Reinhalt. Luft 46 (1986), S. 72/81.
- 131) Lahmann, E., L. Laskus, D. Bake und R. König: Nationale Erprobung der in EG-Richtlinien vorgeschriebenen Verfahren zur Bewertung der Immission, WaBoLu-Hefte 8/1986, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin 1986.
- 132) Organisation for Economic Co-operation and Development: Methods of measuring air pollution, Paris 1964.
- 133) D. Eickelpasch, Application and Comparison of international Standards for Measuring the Dust Load of ambient air, IUAPPA, 5<sup>th</sup> International Clean Air Congress, Buenos Aires, Oct. 1980
- 134) Lahmann, E., L. Laskus, D. Bake und R. König: Nationale Erprobung der in EG-Richtlinien vorgeschriebenen Verfahren zur Bewertung der Immission, WaBoLu-Hefte 8/1986, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin 1986.
- 135) Laskus, L. und D. Bake: Erfahrungen bei der Korngrößenanalyse von Luftstäuben mit dem Andersen-Kaskaden-Impaktor. Staub-Reinhalt. Luft 36 (1976), S. 102/106.
- 136) Franzen, H. und H.S. Fissan: Das Abscheideverhalten von Andersen non-viable- und Andersen Stack Sampler bei Verwendung von Glasfaserprallplatten. Staub-Reinhalt. Luft 39 (1979), S. 50/55.
- 137) Knop, W., A. Heller und E. Lahmann: Technik der Luftreinhaltung. 2. Auflage. Krausskopf-Verlag, Mainz 1972.
- 138) Bake, D.: Bestimmung der atmosphärischen Deposition an verschieden belasteten Standorten. VDI-Berichte 837 (1990), S. 333/341.
- 139) Lahmann, E., S. Munari, V. Amicarelli, P. Abbaticchio and R. Gabellieri: Heavy metals: Identification of air quality and environmental problems in the European Community. Commission of the European Communities, Report EUR 10678, Luxembourg 1986.
- 140) Merian, E. (Herausgeber): Metals and their compounds in the environment. 2. Auflage. Verlag Chemie, Weinheim-New York-Basel-Cambridge 1991.

- 141) Bruckmann, P. und H.-U. Pfeffer: Immissionen von Metall- und Metalloid-Verbindungen - Meßverfahren und Außenluftkonzentrationen. VDI-Berichte 888 (1991), S. 377/396.
- 142) Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium 37 (1989), Sonderheft Spektroskopie.
- 143) Seifert, B. und M. Drews: Atomabsorptionspektrometrische Bestimmung von Blei, Zink und Arsen in Schwebstaub und in Staubniederschlag. WaBoLu-Berichte 1/1978. Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1978.
- 144) Thompson, M. and J.N. Walsh: Handbook of inductively coupled plasma spectrometry. Blackie, Glasgow-London 1983.
- 145) Sonneborn, M. und V. Bähn: Multielementbestimmung metallischer Bestandteile in Umweltproben mit Hilfe der Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ICP-AES). In: Welz, B. (Herausgeber): Atomspektrometrische Spurenanalytik. Verlag Chemie, Weinheim 1982.
- 146) Normenausschuß Wasserwesen im DIN Deutsches Institut für Normung: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Kationen (Gruppe E). Teil 29: Bestimmung von 61 Elementen durch Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS). DIN 38406-29 (Entwurf). Berlin: Beuth Verlag, Dezember 1996.
- 147) Bertin, E.P.: Principles and practice of x-ray spectrometric analysis. 2<sup>nd</sup> Edition, Plenum Press, New York-London 1975.
- 148) Petzold, A. und R. Nießner: Rußmessungen in der Außenluft - Vergleich verschiedener Methoden. VDI-Berichte 1059 (1993), S. 303/324.
- 149) Petzold, A. und R. Nießner: Coulometrische Messung der Rußbelastung in der Außenluft - Verfahrensentwicklung und Anwendungen an Meßstellen unterschiedlicher Belastung. Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft 56 (1996), S. 173/177.
- 150) DIN EN 481, Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel, Berlin: Beuth Verlag 1993
- 151) DIN ISO 7708, Luftbeschaffenheit – Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Staubprobenahme, Berlin: Beuth Verlag 1996
- 152) Teichert, U.: Methodik und Ergebnisse der Messung von faserigen Stäuben. VDI-Berichte 888 (1991), S. 257/271.
- 153) Allgemein Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, DIN/ISO/IEC 17025 , Berlin, Beuth Verlag 2000
- 154) DIN ISO 6879, Luftbeschaffenheit – Verfahrenskenngrößen und verwandte Begriffe für Messverfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit, Berlin, Beuth Verlag 2000
- 155) Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien DIN EN 45001, Berlin, Beuth Verlag 1990
- 156) Eickhoff, W.: Bekanntgabe sachverständiger Stellen im Bereich des Immissionsschutzes unter Berücksichtigung einschlägiger Akkreditierungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 oder vergleichbarer Kompetenzfeststellungen. VDI-Berichte Nr. 1656 (2002), S. 81-90.
- 157) Vereinbarung der Länder mit beteiligten Akkreditierungsstellen zur Zusammenarbeit bei der Akkreditierung und Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im Gesetzlich geregelten Umweltbereich, LAI, Bundesanzeiger Nr. 220, Jg. 54, 2002
- 158) Verwaltungsvereinbarung über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich, Bundesanzeiger Nr. 220, Jg. 54, 2002

- 159) Fachkundenachweis für Ermittlungen im Bereich des Immissionsschutzes („Modul Immissionsschutz“), LAI, in Vorbereitung
- 160) Empfehlungen für die Bekanntgabe von sachverständigen Stellen im Bereich des Immissionsschutzes. Schriftenreihe des LAI, Band 18 (1999), E. Schmidt-Verlag, Berlin
- 161) Empfehlungen zur Bewertung von Ringversuchen gasförmigen Immissionskomponenten für § 26-Meßstellen; Durchführungsbestimmungen für Ringversuche von § 26-Messstellen (gasförmige Immissionskomponenten). Immissionsschutz 1, s. 30-33 (1996)
- 162) VDI 4220: Qualitätssicherung; Anforderungen an Emissions- und Immissionsprüfstellen für die Ermittlung luftverunreinigender Stoffe, Berlin: Beuth Verlag 1999
- 163) Muster-Qualitätssicherungshandbuch (LAI), in Vorbereitung (i. V. mit /159/)

## **ANHANG 1**

### **RECHTS- UND VERWALTUNGSVORSCHRIFTEN**

## 1. Auszug aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz

### Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG)

Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 (BGBl. I Nr. 71, S. 3841)

#### § 26

##### Messungen aus besonderem Anlass

Die zuständige Behörde kann anordnen, dass der Betreiber einer genehmigungsbedürftigen Anlage oder, soweit § 22 Anwendung findet, einer nicht genehmigungsbedürftigen Anlage Art und Ausmaß der von der Anlage ausgehenden Emissionen sowie die Immissionen im Einwirkungsbereich der Anlage durch eine der von der nach Landesrecht zuständigen Behörde bekannt gegebenen Stellen ermitteln lässt, wenn zu befürchten ist, dass durch die Anlage schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden. Die zuständige Behörde ist befugt, Einzelheiten über Art und Umfang der Ermittlungen sowie über die Vorlage des Ermittlungsergebnisses vorzuschreiben.

#### § 28

##### Erstmalige und wiederkehrende Messungen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen

Die zuständige Behörde kann bei genehmigungsbedürftigen Anlagen

1. nach der Inbetriebnahme oder einer Änderung im Sinne des § 15 oder des § 16 und sodann
2. nach Ablauf eines Zeitraums von jeweils drei Jahren

Anordnungen nach § 26 auch ohne die dort genannten Voraussetzungen treffen. Hält die Behörde wegen Art, Menge und Gefährlichkeit der von der Anlage ausgehenden Emissionen Ermittlungen auch während des in Nummer 2 genannten Zeitraums für erforderlich, so soll sie auf Antrag des Betreibers zulassen, dass diese Ermittlungen durch den Immissionsschutzbeauftragten durchgeführt werden, wenn dieser hierfür die erforderliche Fachkunde, Zuverlässigkeit und gerätetechnische Ausstattung besitzt.

#### § 29

##### Kontinuierliche Messungen

(1) Die zuständige Behörde kann bei genehmigungsbedürftigen Anlagen anordnen, dass statt durch Einzelmessungen nach § 26 oder § 28 oder neben solchen Messungen bestimmte Emissionen oder Immissionen unter Verwendung aufzeichnender Messgeräte fortlaufend ermittelt werden. Bei Anlagen mit erheblichen Emissionsmassenströmen luftverunreinigender Stoffe sollen unter Berücksichtigung von Art und Gefährlichkeit dieser Stoffe Anordnungen nach Satz 1 getroffen werden, soweit eine Überschreitung der in Rechtsvorschriften, Auflagen oder Anordnungen festgelegten Emissionsbegrenzungen nach der Art der Anlage nicht ausgeschlossen werden kann.

(2) Die zuständige Behörde kann bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, soweit § 22 anzuwenden ist, anordnen, dass statt durch Einzelmessungen nach § 26 oder neben solchen Messungen bestimmte Emissionen oder Immissionen unter Verwendung aufzeichnender Messgeräte fortlaufend ermittelt werden, wenn dies zur Feststellung erforderlich ist, ob durch die Anlage schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden.

#### § 40

##### Verkehrsbeschränkungen

(1) Die zuständige Straßenverkehrsbehörde beschränkt oder verbietet den Kraftfahrzeugverkehr nach Maßgabe der straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften, soweit ein Luftreinhalte- oder Aktionsplan nach § 47 Abs. 1 oder 2 dies vorsehen. Die Straßenverkehrsbehörde kann im Einvernehmen mit der für den Immissionsschutz zuständigen Behörde Ausnahmen von Verboten oder Beschränkungen des Kraftfahrzeugverkehrs zulassen, wenn unaufschiebbare und überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dies erfordern.

(2) Die zuständige Straßenverkehrsbehörde kann den Kraftfahrzeugverkehr nach Maßgabe der straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften auf bestimmten Straßen oder in bestimmten Gebieten verbieten oder beschränken, wenn der Kraftfahrzeugverkehr zur Überschreitung von in Rechtsverordnungen nach § 48a Abs. 1a festgelegten Immissionswerten beiträgt und soweit die für den Immissionsschutz zuständige Behörde dies im Hinblick auf die örtlichen Verhältnisse für geboten hält, um schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen zu vermindern oder deren Entstehen zu vermeiden. Hierbei sind die Verkehrsbedürfnisse und die städtebaulichen Belange zu berücksichtigen. § 47 Abs. 6 Satz 1 bleibt unberührt.

(3) Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 51) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates zu regeln, dass Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung von Verkehrsverboten ganz oder teilweise ausgenommen sind oder ausgenommen werden können, sowie die hierfür maßgebenden Kriterien und die amtliche Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge festzulegen. Die Verordnung kann auch regeln, dass bestimmte Fahrten oder Personen ausgenommen sind oder ausgenommen werden können, wenn das Wohl der Allgemeinheit oder unaufschiebbare und überwiegende Interessen des Einzelnen dies erfordern.

## § 44

### Überwachung der Luftqualität

(1) Zur Überwachung der Luftqualität führen die zuständigen Behörden regelmäßige Untersuchungen nach den Anforderungen der Rechtsverordnungen nach § 48a Abs. 1 oder 1a durch.

(2) Die Landesregierungen oder die von ihnen bestimmten Stellen werden ermächtigt, durch Rechtsverordnungen Untersuchungsgebiete festzulegen, in denen Art und Umfang bestimmter nicht von Absatz 1 erfasster Luftverunreinigungen in der Atmosphäre, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, in einem bestimmten Zeitraum oder fortlaufend festzustellen sowie die für die Entstehung der Luftverunreinigungen und ihrer Ausbreitung bedeutsamen Umstände zu untersuchen sind.

## § 45

### Verbesserung der Luftqualität

(1) Die zuständigen Behörden ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um die Einhaltung der durch eine Rechtsverordnung nach § 48a festgelegten Immissionswerte sicherzustellen. Hierzu gehören insbesondere Pläne nach § 47.

(2) Die Maßnahmen nach Absatz 1

- a) müssen einem integrierten Ansatz zum Schutz von Luft, Wasser und Boden Rechnung tragen;
- b) dürfen nicht gegen die Vorschriften zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer am Arbeitsplatz verstoßen;
- c) dürfen keine erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt in anderen Mitgliedstaaten verursachen.

## § 46a

### Unterrichtung der Öffentlichkeit

Die Öffentlichkeit ist nach Maßgabe der Rechtsverordnungen nach § 48a Abs. 1 über die Luftqualität zu informieren. Überschreitungen von in Rechtsverordnungen nach § 48a Abs. 1 als Immissionswerte festgelegten Alarmschwellen sind der Öffentlichkeit von der zuständigen Behörde unverzüglich durch Rundfunk, Fernsehen, Presse oder auf andere Weise bekannt zu geben.

## § 47

### Luftreinhaltepläne, Aktionspläne, Landesverordnungen

(1) Werden die durch eine Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1 festgelegten Immissionsgrenzwerte einschließlich festgelegter Toleranzmargen überschritten, hat die zuständige Behörde einen Luftreinhalteplan aufzustellen, welcher die erforderlichen Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung von Luftverunreinigungen festlegt und den Anforderungen der Rechtsverordnung entspricht.

(2) Besteht die Gefahr, dass die durch eine Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1 festgelegten Immissionsgrenzwerte oder Alarmschwellen überschritten werden, hat die zuständige Behörde einen Aktionsplan aufzustellen, der festlegt, welche Maßnahmen kurzfristig zu ergreifen sind. Die im Aktionsplan festgelegten Maßnahmen müssen geeignet sein, die Gefahr der Überschreitung der Werte zu verringern oder den Zeitraum, während dessen die Werte überschritten werden, zu verkürzen. Aktionspläne können Teil eines Luftreinhalteplans nach Absatz 1 sein.

(3) Liegen Anhaltspunkte dafür vor, dass die durch eine Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1a festgelegten Immissionswerte nicht eingehalten werden, oder sind in einem Untersuchungsgebiet im Sinne des § 44 Abs. 2 sonstige schädliche Umwelteinwirkungen zu erwarten, kann die zuständige Behörde einen Luftreinhalteplan aufstellen. Bei der Aufstellung dieser Pläne sind die Ziele der Raumordnung zu beachten; die Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung sind zu berücksichtigen.

(4) Die Maßnahmen sind entsprechend des Verursacheranteils unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit gegen alle Emittenten zu richten, die zum Überschreiten der Immissionswerte oder in einem Untersuchungsgebiet im Sinne des § 44 Abs. 2 zu sonstigen schädlichen Umwelteinwirkungen beitragen. Werden in Plänen nach Absatz 1 oder 2 Maßnahmen im Straßenverkehr erforderlich, sind diese im Einvernehmen mit den zuständigen Straßenbau- und Straßenverkehrsbehörden festzulegen. Werden Immissionswerte hinsichtlich mehrerer Schadstoffe überschritten, ist ein alle Schadstoffe erfassender Plan aufzustellen. Werden Immissionswerte durch Emissionen überschritten, die außerhalb des Plangebiets verursacht werden, hat in den Fällen der Absätze 1 und 2 auch die dort zuständige Behörde einen Plan aufzustellen.

(5) Die nach den Absätzen 1 bis 4 aufzustellenden Pläne müssen den Anforderungen des § 45 Abs. 2 entsprechen. Die Öffentlichkeit ist bei ihrer Aufstellung zu beteiligen. Die Pläne müssen für die Öffentlichkeit zugänglich sein.

(6) Die Maßnahmen, die Pläne nach den Absätzen 1 bis 4 festlegen, sind durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen der zuständigen Träger öffentlicher Verwaltung nach diesem Gesetz oder nach anderen Rechtsvorschriften durchzusetzen. Sind in den Plänen planungsrechtliche Festlegungen vorgesehen, haben die zuständigen Planungsträger dies bei ihren Planungen zu berücksichtigen.

(7) Die Landesregierungen oder die von ihnen bestimmten Stellen werden ermächtigt, bei der Gefahr, dass Immissionsgrenzwerte überschritten werden, die eine Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1 festlegt, durch Rechtsverordnung vorzuschreiben, dass in näher zu bestimmenden Gebieten bestimmte

1. ortsveränderliche Anlagen nicht betrieben werden dürfen,
2. ortsfeste Anlagen nicht errichtet werden dürfen,
3. ortsveränderliche oder ortsfeste Anlagen nur zu bestimmten Zeiten betrieben werden dürfen oder erhöhten betriebstechnischen Anforderungen genügen müssen,
4. Brennstoffe in Anlagen nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen,

soweit die Anlagen oder Brennstoffe geeignet sind, zur Überschreitung der Immissionswerte beizutragen. Absatz 4 Satz 1 und § 49 Abs. 3 gelten entsprechend.

#### § 48

##### Verwaltungsvorschriften

Die Bundesregierung erlässt nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 51) mit Zustimmung des Bundesrates zur Durchführung dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen des Bundes allgemeine Verwaltungsvorschriften, insbesondere über

1. Immissionswerte, die zu dem in § 1 genannten Zweck nicht überschritten werden dürfen,
2. Emissionswerte, deren Überschreiten nach dem Stand der Technik vermeidbar ist,
3. das Verfahren zur Ermittlung der Emissionen und Immissionen,
4. die von der zuständigen Behörde zu treffenden Maßnahmen bei Anlagen, für die Regelungen in einer Rechtsverordnung nach § 7 Abs. 2 oder 3 vorgesehen werden können, unter Berücksichtigung insbesondere der dort genannten Voraussetzungen.

Bei der Festlegung der Anforderungen sind insbesondere mögliche Verlagerungen von nachteiligen Auswirkungen von einem Schutzgut auf ein anderes zu berücksichtigen; ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt ist zu gewährleisten.

#### § 48a

##### Rechtsverordnungen über Emissionswerte und Immissionswerte

(1) Zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften kann die Bundesregierung zu dem in § 1 genannten Zweck mit Zustimmung des Bundesrates Rechtsverordnungen über die Festsetzung von Immissions- und Emissionswerten einschließlich der Verfahren zur Ermittlung sowie Maßnahmen zur Einhaltung dieser Werte und zur Überwachung und Messung erlassen. In den Rechtsverordnungen kann auch geregelt werden, wie die Bevölkerung zu unterrichten ist.

(1a) Über die Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften hinaus kann die Bundesregierung zu dem in § 1 genannten Zweck mit Zustimmung des Bundesrates Rechtsverordnungen über die Festlegung von Immissionswerten für weitere Schadstoffe einschließlich der Verfahren zur Ermittlung sowie Maßnahmen zur Einhaltung dieser Werte und zur Überwachung und Messung erlassen. In den Rechtsverordnungen kann auch geregelt werden, wie die Bevölkerung zu unterrichten ist.

(2) Die in Rechtsverordnungen nach Absatz 1 festgelegten Maßnahmen sind durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen der zuständigen Träger öffentlicher Verwaltung nach diesem Gesetz oder nach anderen Rechtsvorschriften durchzusetzen; soweit planungsrechtliche Festlegungen vorgesehen sind, haben die zuständigen Planungsträger zu befinden, ob und inwieweit Planungen in Betracht zu ziehen sind.

(3) Zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften kann die Bundesregierung zu dem in § 1 genannten Zweck mit Zustimmung des Bundesrates in Rechtsverordnungen von Behörden zu erfüllende Pflichten begründen und ihnen Befugnisse zur Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten einräumen, soweit diese für die Beurteilung und Kontrolle der in den Beschlüssen gestellten Anforderungen erforderlich sind.

#### § 48b

##### Beteiligung des Bundestages beim Erlass von Rechtsverordnungen

Rechtsverordnungen nach § 7 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, § 23 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, § 43 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1, § 48a Abs. 1 und § 48a Abs. 1a dieses Gesetzes sind dem Bundestag zuzuleiten. Die Zuleitung erfolgt vor der Zuleitung an den Bundesrat. Die Rechtsverordnungen können durch Beschluss des Bundestages geändert oder abgelehnt werden. Der Beschluss des Bundestages wird der Bundesregierung zugeleitet. Hat sich der Bundestag nach Ablauf von drei Sitzungswochen seit Eingang der Rechtsverordnung nicht mit ihr befasst, wird die unveränderte Rechtsverordnung dem Bundesrat zugeleitet.

#### § 49

##### Schutz bestimmter Gebiete

(1) Die Landesregierungen werden ermächtigt, durch Rechtsverordnung vorzuschreiben, dass in näher zu bestimmenden Gebieten, die eines besonderen Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen oder Geräusche bedürfen, bestimmte

1. ortsveränderliche Anlagen nicht betrieben werden dürfen,
2. ortsfeste Anlagen nicht errichtet werden dürfen,
3. ortsveränderliche oder ortsfeste Anlagen nur zu bestimmten Zeiten betrieben werden dürfen oder erhöhten betriebstechnischen Anforderungen genügen müssen oder
4. Brennstoffe in Anlagen nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen,

soweit die Anlagen oder Brennstoffe geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen oder Geräusche hervorzurufen, die mit dem besonderen Schutzbedürfnis dieser Gebiete nicht vereinbar sind, und die Luftverunreinigungen und Geräusche durch Auflagen nicht verhindert werden können.

(2) Die Landesregierungen werden ermächtigt, durch Rechtsverordnung Gebiete festzusetzen, in denen während austauscharmer Wetterlagen ein starkes Anwachsen schädlicher Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen zu befürchten ist. In der Rechtsverordnung kann vorgeschrieben werden, dass in diesen Gebieten

1. ortsveränderliche oder ortsfeste Anlagen nur zu bestimmten Zeiten betrieben oder
2. Brennstoffe, die in besonderem Maße Luftverunreinigungen hervorrufen, in Anlagen nicht oder nur beschränkt verwendet

werden dürfen, sobald die austauscharme Wetterlage von der zuständigen Behörde bekannt gegeben wird.

(3) Landesrechtliche Ermächtigungen für die Gemeinden und Gemeindeverbände zum Erlass von ortsrechtlichen Vorschriften, die Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen oder Geräusche zum Gegenstand haben, bleiben unberührt.

## § 51

### **Anhörung beteiligter Kreise**

Soweit Ermächtigungen zum Erlass von Rechtsverordnungen und allgemeinen Verwaltungsvorschriften die Anhörung der beteiligten Kreise vorschreiben, ist ein jeweils auszuwählender Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Betroffenen, der beteiligten Wirtschaft, des beteiligten Verkehrswesens und der für den Immissionsschutz zuständigen obersten Landesbehörden zu hören.

## 2. Auszug aus der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft

### Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz

#### (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft)

vom 24. Juli 2002 (GMBI. 2002, S. 511)

#### 4.6 Ermittlung der Immissionskenngrößen

##### 4.6.1 Allgemeines

##### 4.6.1.1 Ermittlung im Genehmigungsverfahren

Die Bestimmung der Immissions-Kenngrößen ist im Genehmigungsverfahren für den jeweils emittierten Schadstoff nicht erforderlich, wenn

- die nach Nummer 5.5 abgeleiteten Emissionen (Massenströme) die in Tabelle 7 festgelegten Bagatellmassenströme nicht überschreiten und
- die nicht nach Nummer 5.5 abgeleiteten Emissionen (diffuse Emissionen) 10 vom Hundert der in Tabelle 7 festgelegten Bagatellmassenströme nicht überschreiten,

soweit sich nicht wegen der besonderen örtlichen Lage oder besonderer Umstände etwas anderes ergibt. Der Massenstrom nach Buchstabe a) ergibt sich aus der Mittelung über die Betriebsstunden einer Kalenderwoche mit dem bei bestimmungsgemäßem Betrieb für die Luftreinhaltung ungünstigsten Betriebsbedingungen.

In die Ermittlung des Massenstroms sind die Emissionen im Abgas der gesamten Anlage einzubeziehen; bei der wesentlichen Änderung sind die Emissionen der zu ändernden sowie derjenigen Anlagenteile zu berücksichtigen, auf die sich die Änderung auswirken wird, es sei denn, durch diese zusätzlichen Emissionen werden die in Tabelle 7 angegebenen Bagatellmassenströme erstmalig überschritten. Dann sind die Emissionen der gesamten Anlagen einzubeziehen.

##### 4.6.1.2 Ermittlung im Überwachungsverfahren

Zur Ermittlung der Gesamtbelastung im Überwachungsverfahren ist wie bei der Ermittlung der Vorbelastung im Genehmigungsverfahren (s. Nummer 4.6.2) vorzugehen. Kommen Anordnungen gegenüber mehreren Emittenten in Betracht, sind die von diesen verursachten Anteile an den Immissionen zu ermitteln, soweit dies zur sachgerechten Ermessensausübung erforderlich ist. Dabei sind neben der Messung der Immissionen auch die für die Ausbreitung bedeutsamen meteorologischen Faktoren gleichzeitig zu ermitteln. Die Sektoren der Windrichtung sowie die Lage der Messstellen und der Aufpunkte sind so zu wählen, dass die gemessenen bzw. gerechneten Immissionen den einzelnen Emittenten zugeordnet werden können.

Tabelle 7: Bagatellmassenströme

Schadstoffe	Bagatellmassenstrom kg/h
Arsen und seine Verbindungen, angegeben als As	0,0025
Benzo(a)pyren*) (als Leitkomponente für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe)	0,0025
Benzol	0,05
Blei und seine Verbindungen, angegeben als Pb	0,025
Cadmium und seine Verbindungen, angegeben als Cd	0,0025
Fluorwasserstoff und gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als F	0,15
Nickel und seine Verbindungen, angegeben als Ni	0,025
Quecksilber und seine Verbindungen, angegeben als Hg	0,0025
Schwefeloxide (Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid), angegeben als SO <sub>2</sub>	20
Staub (ohne Berücksichtigung der Staubinhaltsstoffe)	1
Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid), angegeben als NO <sub>2</sub>	20
Tetrachlorethen	2,5
Thallium und seine Verbindungen, angegeben als Tl	0,0025

\*) Der Bagatellmassenstrom für diesen Schadstoff kommt erst zur Anwendung, wenn in Nummer 4 ein Immissionswert für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe festgelegt wird. Dies ist spätestens dann der Fall, wenn nach Nummer 4.2.1 Absatz 2 ein entsprechender Immissionswert gilt.

- 4.6.2 Ermittlung der Vorbelastung
- 4.6.2.1 Kriterien für die Notwendigkeit der Ermittlung der Vorbelastung
- Die Ermittlung der Vorbelastung durch gesonderte Messungen ist mit Zustimmung der zuständigen Behörde nicht erforderlich, wenn nach Auswertung der Ergebnisse von Messstationen aus den Immissionsmessnetzen der Länder und nach Abschätzung oder Ermittlung der Zusatzbelastung oder auf Grund sonstiger Erkenntnisse festgestellt wird, dass die Immissionswerte für den jeweiligen Schadstoff am Ort der höchsten Belastung nach Inbetriebnahme der Anlage eingehalten sein werden.
- Ferner ist die Ermittlung vorbehaltlich des Absatzes 3 nicht erforderlich, wenn auf Grund sonstigen Vorwissens, z. B. ältere Messungen, Messergebnisse aus vergleichbaren Gebieten, Ergebnisse orientierender Messungen oder Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen oder -schätzungen, festgestellt werden kann, dass für den jeweiligen Schadstoff am Ort der höchsten Vorbelastung
- der Jahresmittelwert weniger als 85 vom Hundert des Konzentrationswertes,
  - der höchste 24-Stunden-Wert weniger als 95 vom Hundert des 24-Stunden-Konzentrationswertes (außer Schwebstaub (PM-10)) und
  - der höchste 1-Stunden-Wert weniger als 95 vom Hundert des 1-Stunden-Konzentrationswertes
- beträgt,
- für Schwebstaub (PM-10) eine Überschreitungshäufigkeit des 24-Stunden-Konzentrationswertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft als Mittelwert der zurückliegenden drei Jahre mit nicht mehr als 15 Überschreitungen pro Jahr verzeichnet wird.
- Absatz 2 gilt nicht, wenn wegen erheblicher Emissionen aus diffusen Quellen oder besonderer betrieblicher, topographischer oder meteorologischer Verhältnisse eine Überschreitung von Immissionswerten nicht ausgeschlossen werden kann.
- 4.6.2.2 Messplanung
- Die Messungen sind nach einem mit der zuständigen Behörde abgestimmten Messplan durchzuführen, in dem die Beurteilungspunkte, die Messobjekte, der Messzeitraum, die Messverfahren, die Messhäufigkeit, die Messdauer von Einzelmessungen in Abhängigkeit von den jeweiligen Quellen bzw. Quellhöhen unter Berücksichtigung der meteorologischen Situation festgelegt werden.
- 4.6.2.3 Messhöhe
- Die Immissionen sind in der Regel in 1,5 m bis 4 m Höhe über Flur sowie in mehr als 1,5 m seitlichem Abstand von Bauwerken zu messen. In Waldbeständen kann es erforderlich sein, höhere Messpunkte entsprechend der Höhe der Bestockung festzulegen.
- 4.6.2.4 Messzeitraum
- Der Messzeitraum beträgt in der Regel 1 Jahr. Der Messzeitraum kann auf bis zu 6 Monate verkürzt werden, wenn die Jahreszeit mit den zu erwartenden höchsten Immissionen erfasst wird. Im Übrigen ist ein kürzerer Messzeitraum möglich, wenn auf Grund der laufenden Messungen klar wird, dass der Antragsteller von Immissionsmessungen entsprechend Nummer 4.6.2.1 freigestellt werden kann.
- 4.6.2.5 Beurteilungsgebiet
- Beurteilungsgebiet ist die Fläche, die sich vollständig innerhalb eines Kreises um den Emissionsschwerpunkt mit einem Radius befindet, der dem 50fachen der tatsächlichen Schornsteinhöhe entspricht und in der die Zusatzbelastung im Aufpunkt mehr als 3,0 vom Hundert des Langzeitkonzentrationswertes beträgt.
- Absatz 1 gilt bei einer Austrittshöhe der Emissionen von weniger als 20 m über Flur mit der Maßgabe, dass der Radius mindestens 1 km beträgt.
- 4.6.2.6 Festlegung der Beurteilungspunkte
- Innerhalb des Beurteilungsgebietes sind die Beurteilungspunkte nach Maßgabe der folgenden Absätze so festzulegen, dass eine Beurteilung der Gesamtbelastung an den Punkten mit mutmaßlich höchster relevanter Belastung für dort nicht nur vorübergehend exponierte Schutzgüter auch nach Einschätzung der zuständigen Behörde ermöglicht wird. Messungen, die nur für einen sehr kleinen Bereich repräsentativ sind, sollen vermieden werden. Bei der Auswahl der Beurteilungspunkte sind somit die Belastungshöhe, ihre Relevanz für die Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit und die Exposition zu prüfen.
- Zunächst werden der nach Anhang 3 durchgeführten Ausbreitungsrechnung im Genehmigungsverfahren bzw. einer entsprechenden Ausbreitungsrechnung im Überwachungsverfahren die Aufpunkte mit maximaler berechneter Zusatzbelastung entnommen. Für Schadstoffe, für die nur ein Immissionswert als Jahresmittelwert festgesetzt worden ist, ist nur der berechnete Jahresmittelwert zu berücksichtigen, für Schadstoffe mit maximalen Tages- oder Stundenwerten sind auch diese zu berücksichtigen.
- In einem zweiten Schritt ist die im Beurteilungsgebiet vorhandene Vorbelastung durch andere Quellen (einschließlich Hausbrand und Verkehr) unter Berücksichtigung der Belastungsstruktur abzuschätzen. Insbesondere ist der mögliche Einfluss vorhandener niedriger Quellen einschließlich Straßen abzuschätzen. Dabei ist das Vorwissen heranzuziehen. Zusätzliche Ermittlungen zur Abschätzung der Vorbelastung sind nur durchzuführen, soweit dies mit verhältnismäßigem Aufwand möglich ist.
- In einem dritten Schritt sind auf Grund der Ermittlungen nach den Absätzen 2 und 3 die

- Punkte mit der zu erwartenden höchsten Gesamtbelastung festzulegen. Daraus sind in der Regel zwei Beurteilungspunkte auszuwählen, so dass sowohl eine Beurteilung des vermutlich höchsten Risikos durch langfristige Exposition als auch durch eine Exposition gegenüber Spitzenbelastungen ermöglicht wird. Falls es sich um einen Schadstoff handelt, für den nur ein Immissionswert für jährliche Einwirkung festgelegt ist, genügt im Regelfall 1 Beurteilungspunkt.
- Bei sehr inhomogener Struktur der Vorbelastung (z. B. bei stark gegliedertem Gelände, besonderen meteorologischen Verhältnissen, Einfluss mehrerer niedriger Emittenten im Beurteilungsgebiet) können mehr als zwei Beurteilungspunkte erforderlich sein. Wenn sich zeigt, dass die Immissionsstruktur bezüglich kurzfristiger Spitzenbelastungen und langzeitiger Belastungen gleichartig ist, kann auch 1 Beurteilungspunkt genügen.
- Beurteilungspunkte zur Überprüfung der Immissionswerte nach Nummer 4.4.1 sind so festzulegen, dass sie mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.
- Die Festlegung der Beurteilungspunkte ist im Messplan zu begründen.
- 4.6.2.7 Messverfahren
- In der Regel ist die Vorbelastung kontinuierlich zu bestimmen, da mit diskontinuierlichen Messmethoden nur die Jahresmittelwerte mit ausreichender Genauigkeit abgeleitet werden können. Insoweit kommen diskontinuierliche Messungen nur dann in Betracht, wenn für den jeweiligen Schadstoff nur ein Immissionswert für jährliche Einwirkung festgelegt ist oder wenn eine Bestimmung kurzzeitiger Spitzenbelastungen entbehrlich ist.
- Neben den Verfahren, die in Verordnungen oder Verwaltungsvorschriften zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, in VDI-Richtlinien, DIN-, CEN- oder ISO-Normen beschrieben sind, können auch andere, nachgewiesen gleichwertige Verfahren angewandt werden.
- 4.6.2.8 Messhäufigkeit
- Bei kontinuierlicher Messung muss bezogen auf die Stundenmittelwerte eine Mindestverfügbarkeit von 75 vom Hundert gewährleistet sein. Sind weniger als 90 vom Hundert der Stundenmittelwerte verfügbar, ist die Zahl der Überschreitungen des Grenzwertes (gemäß den Nummern 4.7.2 Buchstabe b) und 4.7.3 Buchstabe b) ermittelt) auf 100 vom Hundert hochzurechnen. Diese Anforderungen an die Verfügbarkeit gelten auch für Tagesmittelwerte der Schwebstaubbeltungsmessung.
- Bei diskontinuierlicher Messung beträgt die Zahl der Messwerte pro Messpunkt mindestens 52. Sofern die Anforderung einer EG-Richtlinie an die Datenqualität des Jahresmittelwertes durch 52 Messwerte erfahrungsgemäß nicht erfüllt wird, ist die Zahl der Messwerte entsprechend zu erhöhen. Zur Ermittlung der Datenqualität eines Jahresmittelwertes ist DIN ISO 11222 (Entwurf, Ausgabe April 2001) in Verbindung mit DIN V ENV 13005 (Ausgabe Juni 1999) heranzuziehen. Die Probenahmezeiten sind gleichmäßig über den Messzeitraum zu verteilen, um eine zeitlich repräsentative Probenahme sicherzustellen.
- 4.6.2.9 Messwerte
- Die Messwerte sind entsprechend den Zeitbezügen der Immissionswerte als Jahresmittelwert, Tagesmittelwert und Stundenmittelwert festzustellen. Bei diskontinuierlichen Messungen soll die Probenahmezeit in der Regel 1 Stunde betragen.
- 4.6.2.10 Orientierende Messungen
- Eine Verminderung des Messaufwands nach den Nummern 4.6.2.7 und 4.6.2.8 kommt in Betracht, um
- bei vorhandenem Vorwissen einen von der Größenordnung her bekannten Jahresmittelwert abzusichern oder
  - an Standorten mit vermuteter Unter- oder Überschreitung der Belastungskriterien gemäß Nummer 4.6.2.1 diese durch orientierende Messung nachzuweisen. Je nach Ergebnis sind dann ggf. Messungen nach Nummer 4.6.2.7 vorzunehmen.
- 4.6.3 Kenngrößen für die Vorbelastung
- Messmethoden nur die Jahresmittelwerte mit ausreichender Genauigkeit abgeleitet werden können. Insoweit kommen diskontinuierliche Messungen nur dann in Betracht, wenn für den jeweiligen Schadstoff nur ein Immissionswert für jährliche Einwirkung festgelegt ist oder wenn eine Bestimmung kurzzeitiger Spitzenbelastungen entbehrlich ist.
- Neben den Verfahren, die in Verordnungen oder Verwaltungsvorschriften zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, in VDI-Richtlinien, DIN-, CEN- oder ISO-Normen beschrieben sind, können auch andere, nachgewiesen gleichwertige Verfahren angewandt werden.

4.6.3.1	<p><b>Allgemeines</b></p> <p>Immissionsmessungen oder vergleichbare Feststellungen über die Immissionsbelastung dürfen herangezogen werden, wenn sie nicht länger als 5 Jahre zurückliegen und sich die für die Beurteilung maßgeblichen Umstände in diesem Zeitraum nicht wesentlich geändert haben.</p> <p>Die Kenngrößen für die Vorbelastung sind aus den Stundenmittelwerten der kontinuierlichen Messungen bzw. diskontinuierlichen Messungen für jeden Beurteilungspunkt zu bilden.</p>	<p>Aufpunkt berechnete höchste Tagesmittelwert.</p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Stunden-Zusatzbelastung (ISZ) ist der berechnete höchste Stundenmittelwert für jeden Aufpunkt.</p>
4.6.3.2	<p><b>Ermittlung der Kenngrößen für die Vorbelastung</b></p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Jahres-Vorbelastung (IJV) ist der Jahresmittelwert, der aus allen Stundenmittelwerten gebildet wird.</p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Tages-Vorbelastung (ITV) ist die Überschreitungshäufigkeit (Zahl der Tage) des Konzentrationswertes für 24-stündige Immissionseinwirkung.</p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Stunden-Vorbelastung (ISV) ist die Überschreitungshäufigkeit (Zahl der Stunden) des Konzentrationswertes für 1-stündige Immissionseinwirkung.</p>	<p>4.7 <i>Einhaltung der Immissionswerte</i></p> <p>4.7.1 Immissions-Jahreswert</p> <p>Der für den jeweiligen Schadstoff angegebene Immissions-Jahreswert ist eingehalten, wenn die Summe aus Vorbelastung und Zusatzbelastung an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissions-Jahreswert ist.</p> <p>4.7.2 Immissions-Tageswert</p> <p>a) Der Immissions-Tageswert ist auf jeden Fall eingehalten,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wenn die Kenngröße für die Vorbelastung IJV nicht höher ist als 90 vom Hundert des Immissions-Jahreswertes und</li> <li>- wenn die Kenngröße ITV die zulässige Überschreitungshäufigkeit des Immissions-Tageswertes zu maximal 80 vom Hundert erreicht und</li> <li>- wenn sämtliche für alle Aufpunkte berechneten Tageswerte ITZ nicht größer sind, als es der Differenz zwischen dem Immissions-Tageswert (Konzentration) und dem Immissions-Jahreswert entspricht.</li> </ul> <p>b) Im Übrigen ist der Immissions-Tageswert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung – ermittelt durch die Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für den Tag – an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissionskonzentrationswert für 24 Stunden ist oder eine Auswertung ergibt, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit eingehalten ist, es sei denn, dass durch besondere Umstände des Einzelfalls, z.B. selten auftretende hohe Emissionen, eine abweichende Beurteilung geboten ist.</p>
4.6.3.3	<p><b>Auswertung der Messungen</b></p> <p>Aus den Messwerten sind die Kenngrößen IJV, ITV, ISV zu bilden, soweit für die jeweiligen Schadstoffe Immissionswerte für jährliche, tägliche und stündliche Einwirkung festgelegt sind.</p> <p>Bei der Angabe von ITV und ISV ist gleichzeitig der jeweils höchste gemessene Tagesmittelwert bzw. Stundenmittelwert anzugeben.</p>	
4.6.4	<p><b>Kenngrößen für die Zusatzbelastung</b></p>	
4.6.4.1	<p><b>Allgemeines</b></p> <p>Die Kenngrößen für die Zusatzbelastung sind durch rechnerische Immissionsprognose auf der Basis einer mittleren jährlichen Häufigkeitsverteilung oder einer repräsentativen Jahreszeitreihe von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse zu bilden. Dabei ist das im Anhang 3 angegebene Berechnungsverfahren anzuwenden.</p>	
4.6.4.2	<p><b>Ermittlung der Kenngrößen für die Zusatzbelastung</b></p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Jahres-Zusatzbelastung (IJZ) ist der arithmetische Mittelwert aller berechneten Einzelbeiträge an jedem Aufpunkt.</p> <p>Die Kenngröße für die Immissions-Tages-Zusatzbelastung (ITZ) ist</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Verwendung einer mittleren jährlichen Häufigkeitsverteilung der meteorologischen Parameter das 10fache der für jeden Aufpunkt berechneten arithmetischen Mittelwerte IJZ oder</li> <li>- bei Verwendung einer repräsentativen meteorologischen Zeitreihe der für jeden</li> </ul>	<p>4.7.3 Immissions-Stundenwert</p> <p>a) Der Immissions-Stundenwert ist auf jeden Fall eingehalten,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wenn die Kenngröße für die Vorbelastung IJV nicht höher ist als 90 vom Hundert des Immissions-Jahreswertes und</li> <li>- wenn die Kenngröße ISV die zulässige Überschreitungshäufigkeit des Immissions-Stundenwertes zu maximal 80 vom Hundert erreicht und</li> <li>- wenn sämtliche für alle Aufpunkte berechneten Stundenwerte ISZ nicht größer sind, als es der Differenz zwischen dem Immissions-Stundenwert (Konzentration)</li> </ul>

tration) und dem Immissions-Jahreswert entspricht.

- b) Im Übrigen ist der Immissions-Stundenwert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung – ermittelt durch die Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für die Stunde – an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissionskonzentrationswert für 1 Stunde ist oder eine Auswertung ergibt, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit eingehalten ist, es sei denn, dass durch besondere Umstände des Einzelfalls, z. B. selten auftretende hohe Emissionen, eine abweichende Beurteilung geboten ist.

4.8

*Prüfung, soweit Immissionswerte nicht festgelegt sind, und in Sonderfällen*

Bei luftverunreinigenden Stoffen, für die Immissionswerte in den Nummern 4.2 bis 4.5 nicht festgelegt sind, und in den Fällen, in denen auf Nummer 4.8 verwiesen wird, ist eine Prüfung, ob schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können, erforderlich, wenn hierfür hinreichende Anhaltspunkte bestehen.

Die Prüfung dient

- a) der Feststellung, zu welchen Einwirkungen die von der Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen im Beurteilungsgebiet führen; Art und Umfang der Feststellung bestimmen sich nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit;

und

- b) der Beurteilung, ob diese Einwirkungen als Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft anzusehen sind; die Beurteilung richtet sich nach dem Stand der Wissenschaft und der allgemeinen Lebenserfahrung.

Für die Beurteilung, ob Gefahren, Nachteile oder Belästigungen erheblich sind, gilt:

- a) Gefahren für die menschliche Gesundheit sind stets erheblich. Ob Gefahren für Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter erheblich sind, ist nach den folgenden Buchstaben b) und c) zu beurteilen.
- b) Nachteile oder Belästigungen sind für die Allgemeinheit erheblich, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer das Gemeinwohl beeinträchtigen.
- c) Nachteile oder Belästigungen sind für die Nachbarschaft erheblich, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer unzumutbar sind.

Bei der Beurteilung nach den Buchstaben b) und c) sind insbesondere zu berücksichtigen:

- die in Bebauungsplänen festgelegte Nutzung der Grundstücke,
- landes- oder fachplanerische Ausweisungen,

- Festlegungen in Luftreinhalteplänen,
- eine etwaige Prägung durch die jeweilige Luftverunreinigung,
- die Nutzung der Grundstücke unter Beachtung des Gebots zur gegenseitigen Rücksichtnahme im Nachbarschaftsverhältnis,
- vereinbarte oder angeordnete Nutzungsbeschränkungen und
- im Zusammenhang mit dem Vorhaben stehende Sanierungsmaßnahmen an Anlagen des Antragstellers oder Dritter.

Bei der Prüfung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen (z. B. Baumschulen, Kulturpflanzen) und Ökosysteme durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist, ist Anhang 1 Abbildung 4 heranzuziehen. Dabei gibt die Unterschreitung der Mindestabstände einen Anhaltspunkt für das Vorliegen erheblicher Nachteile.

Liegen ferner Anhaltspunkte dafür vor, dass der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen (z. B. Baumschulen, Kulturpflanzen) und Ökosysteme (z. B. Heide, Moor, Wald) durch Stickstoffdeposition nicht gewährleistet ist, soll dies ergänzend geprüft werden. Dabei ist unter Berücksichtigung der Belastungsstruktur abzuschätzen, ob die Anlage maßgeblich zur Stickstoffdeposition beiträgt. Als ein Anhaltspunkt gilt die Überschreitung einer Viehdichte von 2 Großvieheinheiten je Hektar Landkreisfläche. Bei dieser Prüfung sind insbesondere die Art des Bodens, die Art der vorhandenen Vegetation und der Grad der Versorgung mit Stickstoff zu berücksichtigen.

Ergeben sich Anhaltspunkte für das Vorliegen erheblicher Nachteile durch Schädigung empfindlicher Pflanzen (z. B. Baumschulen, Kulturpflanzen) und Ökosysteme auf Grund der Einwirkung von Ammoniak oder wegen Stickstoffdeposition, soll der Einzelfall geprüft werden.

Ist eine Sonderfallprüfung aufgrund der Nummer 4.5.2 Buchstabe d) durchzuführen, ist insbesondere zu untersuchen, ob und inwieweit die Depositionen bei der derzeitigen oder geplanten Nutzung (z. B. als Kinderspielfläche, Wohngebiet, Park- oder Freizeitanlage, Industrie- oder Gewerbefläche sowie als Ackerboden oder Grünland) zu schädlichen Umwelteinwirkungen durch eine mittelbare Wirkung auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Lebens- und Futtermittel führen können. Die Depositionswerte stellen im Regelfall den Schutz von Kinderspielflächen und Wohngebieten sicher. Für die übrigen Flächen können höhere Depositionswerte herangezogen werden. Dabei geben die in Tabelle 8 bezeichneten Depositionswerte Anhaltspunkte für das Vorliegen schädlicher Umwelteinwirkungen bei Ackerboden oder Grünland.

Tabelle 8: Depositionswerte als Anhaltspunkte für die Sonderfallprüfung

Stoff/Stoffgruppe	Ackerböden $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	Grünland $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Arsen	1 170	60
Blei	185	1 900
Cadmium	2,5	32
Quecksilber	30	3
Thallium	7	25

### 3. Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift

Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten – 4. BImSchVwV)

vom 26. November 1993

#### Inhaltsübersicht

1. Anwendungsbereich
  2. Begriffsbestimmungen
    - 2.1 Meßobjekte
    - 2.2 Meßgebiete
    - 2.3 Meßstellen
    - 2.4 Immissionen
    - 2.5 Immissionswerte
    - 2.6 Schwellenwerte
  3. Meßobjekte
    - 3.1 Luftverunreinigungen
      - 3.1.1 Leitkomponenten
      - 3.1.2 Spezielle Komponenten
    - 3.2 Meteorologische Einflußgrößen
    - 3.3 Auswahl der Meßobjekte
    - 3.4 Weitere Meßobjekte
  4. Meßstellen
    - 4.1 Einrichtung der Meßstellen
    - 4.2 Lage der Meßstellen
    - 4.3 Zahl und Abstand der Meßstellen
  5. Messungen
    - 5.1 Grundsätze
    - 5.2 Kontinuierliche Messungen
    - 5.3 Einzelmessungen
    - 5.4 Meßverfahren und Meßgeräte
    - 5.5 Meßzeitraum
    - 5.6 Meteorologische Messungen
  6. Einheiten und Meßergebnisse
    - 6.1 Meßwert-Einheiten
    - 6.2 Meßwerte
  7. Auswertung der Meßergebnisse
    - 7.1 Beurteilung des Standes der Luftverunreinigung
    - 7.2 Beurteilung der Entwicklung der Luftverunreinigung
    - 7.3 Beurteilung der für die Entstehung und Ausbreitung bedeutsamen Umstände
    - 7.4 Angabe der Meßergebnisse
      - 7.4.1 Jährliche Angaben
      - 7.4.2 Angaben bei Überschreitung von Schwellenwerten
    - 7.5 Unterrichtung der Bevölkerung
  8. Aufhebung von Vorschriften
  9. Inkrafttreten
- Anhang A: Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften  
Anhang B: Meßstellenauswahl  
Anhang C: Vorschriften, Normen und Richtlinien zur Immissionsmeßtechnik  
Anhang D: Ermittlung von Kenngrößen  
Anhang E: Formularmuster

Nach § 45 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880) erläßt der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit folgende allgemeine Verwaltungsvorschrift:

1. Anwendungsbereich  
Diese allgemeine Verwaltungsvorschrift gilt für die Durchführung der Feststellungen nach § 44 Abs. 1 BImSchG und den Richtlinien des Rates der Europäischen Gemeinschaften (Anhang A). Sie enthält Vorschriften über die Meßobjekte, die Zahl und Lage der Meßstellen, die Meßverfahren und Meßgeräte, die Auswertung der Meßergebnisse und die Unterrichtung der Bevölkerung.
2. Begriffsbestimmungen
  - 2.1 *Meßobjekte*  
Meßobjekte sind die in 3.1 genannten Luftverunreinigungen, sowie die in 3.2 genannten meteorologischen Einflußgrößen.
  - 2.2 *Meßgebiete*  
Meßgebiete sind die nach § 44 Abs. 3 BImSchG durch Rechtsverordnung der Länder festgelegten Untersuchungsgebiete oder Teile eines Untersuchungsgebietes, sowie die Gebiete, in denen nach den in Anhang A genannten Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften Immissionen festgestellt werden müssen.
  - 2.3 *Meßstellen*  
Meßstellen sind die Orte, an denen die Immissionen durch Messungen festgestellt werden.
  - 2.4 *Immissionen*  
Immissionen im Sinne dieser Vorschrift sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen.
  - 2.5 *Immissionswerte*  
Immissionswerte sind die in der 1. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBl S. 95, 202) in Nr. 2.5 zum Schutz vor Gesundheitsgefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen, sowie die in § 1 der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte – 22. BImSchV) vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1819) festgelegten Werte.
  - 2.6 *Schwellenwerte*  
Schwellenwerte sind die in der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften 92/72/EWG über die Luftverschmutzung durch Ozon festgelegten Werte.

3. **Meßobjekte**
- 3.1 **Luftverunreinigungen**
- 3.1.1 **Leitkomponenten**
- Schwefeldioxid
  - Stickstoffdioxid
  - Kohlenmonoxid
  - Ozon
  - Schwebstaub
  - Staubniederschlag
- 3.1.2 **Spezielle Komponenten**
- ausgewählte flüchtige organische Einzelverbindungen (z. B. Toluol, Xylol), aushilfsweise die Summe flüchtiger organischer Verbindungen (methanfrei)
  - Benzol
  - Inhaltsstoffe im Schwebstaub: (z. B. Blei, Cadmium, Arsen, Nickel, Benzo(a)pyren)
  - Inhaltsstoffe im Staubniederschlag (z. B. Blei, Cadmium)
  - Ruß in der Luft
- 3.2 **Meteorologische Einflußgrößen**
- Windrichtung
  - Windgeschwindigkeit
  - Lufttemperatur
  - Luftdruck
  - Luftfeuchte
  - Niederschlag
  - Globalstrahlung
- 3.3 **Auswahl der Meßobjekte**
- Jedes für das jeweilige Meßgebiet bedeutsame Meßobjekt ist an mindestens einer Meßstelle im Meßgebiet zu ermitteln. Anhaltspunkte für die Zuordnung von Meßobjekten zu Meßstellen ergeben sich aus Anhang B.
- 3.4 **Weitere Meßobjekte**
- Die Länder können über die in 3.1 genannten Meßobjekte hinaus weitere Meßobjekte festlegen, soweit diese für die Beurteilung der Luftverunreinigungen in dem jeweiligen Meßgebiet bedeutsam sind.
4. **Meßstellen**
- 4.1 **Einrichtung der Meßstellen**
- In den Meßgebieten werden Meßstellen eingerichtet, an denen die ausgewählten Meßobjekte durch kontinuierliche Messungen oder durch Einzelmessungen festgestellt werden.
- Mindestanforderungen über die Einrichtung kontinuierlicher Meßstellen enthalten die in Anhang C genannten Richtlinien über die Standortwahl und die Bauausführung automatischer Meßstationen in telemetrischen Meßnetzen, soweit in dieser Verwaltungsvorschrift nichts anderes bestimmt ist.
- 4.2 **Lage der Meßstellen**
- In einem Meßgebiet sollen Meßstellen dort eingerichtet werden, wo Immissionswerte der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte - 22. BImSchV) vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1819) und der 1. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissi-

onsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBl S. 95, 202), soweit diese nicht in der 22. BImSchV geregelt werden, überschritten sind oder Personen während eines langen Zeitraums kontinuierlich Belastungen durch Luftverunreinigungen ausgesetzt sein können und Schwellenwerte der Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften (Anhang A) möglicherweise annähernd erreicht oder überschritten werden, oder wo sonstige schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen zu erwarten sind. Ziel der Messungen ist die einheitliche Beurteilung von Stand und Entwicklung der Luftverunreinigung im Bundesgebiet, die Bestimmung von Art und Umfang bestimmter Luftverunreinigungen, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, sowie die möglichst sichere Beurteilung der Frage, inwieweit die Gefahr besteht, daß die Immissionswerte der TA Luft oder die Immissionswerte des § 1 der 22. BImSchV bzw. die Schwellenwerte einer Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften überschritten werden. Meßstellen sollen deshalb insbesondere auch an den Stellen eingerichtet werden, an denen die höchste Umweltbelastung vermutet wird. Anhaltspunkte für die Auswahl der Meßstellen ergeben sich aus Anhang B.

4.3 **Zahl der Meßstellen**

Werden mehrere Meßstellen eingerichtet, so sollen diese zunächst den verschiedenen Fällen nach Anhang B zugeordnet werden. Werden mehrere Meßstellen derselben Kategorie festgelegt, so soll die Anzahl der Meßstellen grundsätzlich um so größer gewählt werden, je höher die Belastung ist.

5. **Messungen**

5.1 **Grundsätze**

Die Immissionen werden durch kontinuierliche Messungen oder durch Einzelmessungen festgestellt. Mindestens an einer Meßstelle des Meßgebietes sind die in 3.1.1 genannten Meßobjekte auf Dauer zu messen. Ergänzend zur Messung der Leitkomponenten nach Nr. 3.1.1 können in Abhängigkeit von der Belastung der Untersuchungsgebiete spezielle Komponenten nach Nr. 3.1.2 gemessen werden. Die in 3.1.2 genannten Meßobjekte können zeitlich begrenzt gemessen werden, wenn dies für die Beurteilung der Meßergebnisse ausreicht und die Messungen nach einer angemessenen Zeit wiederholt werden.

5.2 **Kontinuierliche Messungen**

Es werden möglichst lückenlose Messungen an ortsfesten Meßstellen durchgeführt. Die Verfügbarkeit der Meßsysteme soll mindestens 75% der jährlichen Meßzeit betragen, 90% sind anzustreben.

5.3 **Einzelmessungen**

Es werden Messungen mit begrenzter Sammelzeit an Meßstellen durchgeführt. Die Zahl der Einzelmessungen ist so festzulegen, daß die in 7. festgelegten Ergebnisse der Auswertung mit ausreichender Sicherheit angegeben werden können. Zur Ermittlung des arithmetischen Jahresmittelwertes und des 98%-Wertes eines Jahres ist mindestens eine Einzelmessung pro Woche erforderlich. Bei hohen Belastungen (mehr als 80% eines Immissionswertes der TA Luft oder des § 1 der 22. BImSchV) sind zur Ermittlung des arithmetischen Jahresmittelwertes und des 98%-Wertes eines Jahres mindestens zwei Einzelmessungen pro Woche erforderlich. Werden Tagesmittelwerte gemessen, so sind mindestens 5 Messungen pro Monat, bei hohen Belastungen mindestens 10 Messungen pro Monat erforderlich. Bei der Ermitt-

- lung der Bleikonzentration in der Luft sind mindestens 15 Messungen pro Monat erforderlich, falls zu erwarten ist, daß der in § 1 der 22. BImSchV genannte Grenzwert für die Bleikonzentration in der Luft annähernd erreicht oder überschritten wird. Die Einzelmessungen sind gleichmäßig über den Meßzeitraum (5.5) zu verteilen.
- 5.4 Meßverfahren und Meßgeräte**
- Für die Kalibrierung der Meßgeräte und für die Messungen sind Referenzverfahren bzw. Äquivalenzmeßverfahren anzuwenden; hierbei sind die in Anhang C aufgeführten Richtlinien über Referenz- und Äquivalenzmeßverfahren zu berücksichtigen. Für Messungen im Rahmen der in Anhang A genannten Richtlinien des Rates der Europäischen Gemeinschaften sind die dort angegebenen Referenzmeßverfahren anzuwenden. Die Meßgeräte zur Ermittlung der Luftverunreinigungen müssen den Anforderungen der in Anhang C genannten Richtlinien über die Bauausführung und Eignungsprüfung der Meßgeräte entsprechen und vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit nach Abstimmung mit den für die Luftreinhaltung zuständigen obersten Landesbehörden bekanntgegeben worden sein. Die Messungen sind nach einem der Verfahren durchzuführen, die in den in Anhang C genannten Richtlinien beschrieben sind. Andere oder ergänzende Meßverfahren sind zulässig, wenn sie vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit nach Abstimmung mit den für die Luftreinhaltung zuständigen obersten Landesbehörden im Gemeinsamen Ministerialblatt als geeignet bekannt gegeben sind oder dem allgemein anerkannten Stand der Meßtechnik entsprechen. Bei der Kalibrierung ist das Luftvolumen auf die Temperatur von 273 K und den Druck von 101,3 kPa zu normieren.
- 5.5 Meßzeitraum**
- Der Meßzeitraum beträgt in der Regel mindestens ein Jahr. Er darf nur verkürzt werden, wenn dadurch die Meßergebnisse nicht systematisch beeinflußt werden. Sechs Monate sollen nicht unterschritten werden. Bei Anwendung eines verkürzten Zeitraumes muß die in 5.3 festgelegte Gesamtzahl der Einzelmessungen im Meßzeitraum erhalten bleiben.
- 5.6 Meteorologische Messungen**
- Die Ermittlung der meteorologischen Einflußgrößen soll nach den in Anhang C genannten Richtlinien durchgeführt werden. Auf die Messung der meteorologischen Einflußgrößen kann verzichtet werden, soweit Angaben anderer Meßstellen (z. B. der Stationen des Deutschen Wetterdienstes) zur Verfügung stehen und diese Angaben mit den Messungen der Luftverunreinigungen in den Untersuchungsgebieten so in Verbindung gesetzt werden können, daß die in 7. festgelegten Kenngrößen mit ausreichender Sicherheit angegeben werden können.
- 6. Einheiten und Meßergebnisse**
- 6.1 Meßwert-Einheiten**
- Die Luftverunreinigungen sind als Massenkonzentration in der Einheit  $\text{mg}/\text{m}^3$ , der Staubbiederschlag und die Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag als Massenbelegung in  $\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  oder entsprechend erweiterten Größenordnungen, die Windrichtung in Grad, die Windgeschwindigkeit in  $\text{m}/\text{s}$ , die Lufttemperatur in Grad Celsius und der Luftdruck in kPa anzugeben. Die Meßwerte für Luftverunreinigungen sind mit mindestens der gleichen Stellenzahl anzugeben, wie die entsprechenden Immissions- oder Schwellenwerte.
- 6.2 Meßwerte**
- Die Massenkonzentrationen der gasförmigen Luftverunreinigungen sind als Halbstundenmittelwerte, von Ozon als Halbstunden- oder Stundenmittelwerte, von Benzol und ausgewählten flüchtigen organischen Verbindungen als Halbstunden- oder Tagesmittelwerte festzustellen. Die Massenkonzentrationen von Schwebstaub, Ruß in der Luft und Inhaltsstoffen im Schwebstaub sind als Tagesmittelwerte festzustellen. Staubbiederschlag ist als Monatswert, Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag sind als Jahreswerte festzustellen. Die meteorologischen Einflußgrößen sind so zu ermitteln, daß sie zu den in Satz 1 und Satz 2 genannten Mittelwerten in Beziehung gesetzt werden können.
- 7. Auswertung der Meßergebnisse**
- 7.1 Beurteilung des Standes der Luftverunreinigung**
- Aus den Messungen der Luftverunreinigungen sind die folgenden Kenngrößen zu ermitteln für
- die kontinuierlich gemessenen gasförmigen Luftverunreinigungen die arithmetischen Tagesmittelwerte,
  - die gasförmigen Luftverunreinigungen, den Ruß in der Luft, den Schwebstaub und die Inhaltsstoffe im Schwebstaub die arithmetischen Mittelwerte für die Monate und das Kalenderjahr,
  - Ozon (nach EG-Richtlinie 92/72/EWG, Artikel 6) der Höchstwert, der Median und der 98%-Wert der Stunden- und der Achtstundenmittelwerte (gleitend) für das Kalenderjahr sowie Zahl, Zeitpunkt und Dauer der Überschreitung der in Anhang I der Richtlinie festgesetzten Schwellenwerte und die während jedes Überschreitungszeitraums festgestellte stündliche Höchstkonzentration,
  - Schwefeldioxid und Schwebstaub (nach EG-Richtlinie 89/427/EWG, Anhang) zusätzlich jeweils die Mediane für den Zeitraum 1. 10. bis 31. 3. sowie die 98%-Werte (nach der Rangplatzmethode, Anhang D) für den Zeitraum 1. 4. bis 31. 3.,
  - die gasförmigen Luftverunreinigungen, den Ruß in der Luft und den Schwebstaub die 98%-Werte für das Kalenderjahr (nach der Rangplatzmethode, Anhang D) sowie
  - den Staubbiederschlag die höchsten Monatswerte und die Jahreswerte, für die Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag die Jahreswerte,
  - Schwefeldioxid (nach EG-Richtlinie 89/427/EWG, Anhang, Fußnote 1) jeder einzelne Tag, an dem der Wert von  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (98%-Wert der Summenhäufigkeit aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte) bei einem zugeordneten Wert für Schwebstaub von mehr als  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (98%-Wert der Summenhäufigkeit aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte) oder  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (98%-Wert der Summenhäufigkeit aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte) bei einem zugeordneten Wert für Schwebstaub kleiner oder gleich  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (98%-Wert der Summenhäufigkeit aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte) überschritten worden ist und der jeweilige höchste Stundenmittelwert.
- Die Kenngrößen sind zu kennzeichnen, wenn die Verfügbarkeit der kontinuierlichen Meßsysteme weniger als 75% der Meßzeit betragen hat oder Ausfallzeiten von mehr als einer Woche aufgetreten sind.

- 7.2 *Beurteilung der Entwicklung der Luftverunreinigung*  
 Aus den Monatsmittelwerten sind übergreifende Mittelwerte für jeweils 12 Monate zu bilden (gleitende 12-Monatswerte). Bei diesem Auswerteverfahren werden Beginn und Ende des Beurteilungszeitraumes um jeweils einen Monat verschoben.
- 7.3 *Beurteilung der für die Entstehung und Ausbreitung bedeutsamen Umstände*  
 Hinsichtlich der für die Entstehung der Luftverunreinigungen bedeutsamen Umstände sollen die Angaben in Emissionskatastern herangezogen werden. Hinsichtlich der für die Ausbreitung der Luftverunreinigungen bedeutsamen Umstände sollen die Meßwerte als Zeitreihe mindestens für einen Zeitraum von 10 Jahren archiviert werden. Für immissionsklimatologische Betrachtungen soll gemäß den Anforderungen der Ausbreitungsrechnung ausgewertet werden. Werden die Grenzwerte für Schwefeldioxid gemäß Anhang, Tabelle A Fußnote 1 der EG-Richtlinie 89/427/EWG überschritten, ist die Herkunft der Luftverunreinigung festzustellen.
- 7.4 *Angabe der Meßergebnisse*
- 7.4.1 *Jährliche Angaben*  
 Die Ergebnisse der Messungen und Auswertungen sollen nach den in Anhang E beigefügten Formularmustern angegeben werden. Die Lage der Meßstelle, Informationen über ihre Umgebung sowie sonstige für die Beurteilung der Meßergebnisse bedeutsame Einzelheiten sind in einer Meßstellenbeschreibung (Anhang E) anzugeben. Zur Berichterstattung an die EG-Kommission und für den Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag nach § 61 BImSchG werden die Meßergebnisse nach den in Anhang E beigefügten Formularmustern angegeben. Die zuständigen obersten Landesbehörden übermitteln dem Umweltbundesamt einen Satz der ausgefüllten Formulare nach E 1 bis E 2.7.4 (oder entsprechende Datenträger). Die Meßergebnisse für Schwefeldioxid und Schwebstaub sowie für den Staubbiederschlag und die Inhaltsstoffe werden jährlich bis zum 15. August, die Meßergebnisse für Stickstoffoxid, Blei und Ozon werden jährlich bis zum 31. Mai, die übrigen Meßergebnisse bis zum 1. August übermittelt.
- 7.4.2 *Angaben bei Überschreitung von Schwellenwerten*
- a) Wird der in Anhang I Nummer 3 der EG-Richtlinie 92/72/EWG über die Luftverschmutzung durch Ozon festgesetzte Schwellenwert zur Unterrichtung der Bevölkerung in einem Kalendermonat überschritten, so übermitteln die zuständigen Landesbehörden dem Umweltbundesamt spätestens vor dem 25. Tag des darauffolgenden Monats Angaben gemäß Formularmuster E 2.7.3 oder durch entsprechende Datenträger über den Zeitpunkt der Überschreitung bzw. der Überschreitungen, die Dauer der Überschreitung bzw. der Überschreitungen und die während jedes Überschreitungszeitraumes festgestellte stündliche Höchstkonzentration.
- b) Wird der in Anhang I Nummer 4 der EG-Richtlinie 92/72/EWG festgesetzte Schwellenwert für die Auslösung des Warnsystems im Laufe einer Woche (von Montag bis zum darauffolgenden Sonntag) überschritten, so übermitteln die zuständigen Landesbehörden dem Umweltbundesamt spätestens vor dem 25. Tag des darauffolgenden Monats Angaben gemäß Formularmuster E 2.7.4 oder durch entsprechende Datenträger über den Zeitpunkt der Überschreitung bzw. der Überschreitungen, die Dauer der Überschreitung bzw. der Überschreitungen und die während jedes Überschreitungszeitraumes festgestellte stündliche Höchstkonzentration sowie einschlägige Daten, mit denen das Überschreiten erklärt werden kann.
- 7.5 *Unterrichtung der Bevölkerung*  
 Zur Unterrichtung der Bevölkerung sollen folgende Daten zur Veröffentlichung bereitgestellt werden:
- a) Für kontinuierliche Messungen täglich der Tagesmittelwert und der höchste Halbstundenmittelwert. Für Ozon ist anstelle des höchsten Halbstundenmittelwertes der höchste Stundenwert zu veröffentlichen; die Veröffentlichung der Ozondaten kann auf das Sommerhalbjahr (April bis September) beschränkt werden.
- b) monatlich der Monatsmittelwert und der 98%-Wert;
- c) jährlich der Jahresmittelwert, der höchste Tages- und Monatsmittelwert, der 98%-Wert sowie
- d) für Ozon die Angaben nach Anhang IV der EG-Richtlinie 92/72/EWG vom 21. September 1992.
8. *Aufhebung von Vorschriften*  
 Die Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Belastungsgebieten – 4. BImSchVwV) vom 8. April 1975 (GMBl S. 358) wird aufgehoben.
9. *Inkrafttreten*  
 Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift tritt am Tage nach der Veröffentlichung in Kraft.
- Der Bundesrat hat zugestimmt.



## **ANHANG 2**

### **RICHTLINIEN UND NORMEN ZUR IMMISSIONSMESSUNG DER KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN**



## Alphabetisches Substanzregister für immissionsmesstechnische Richtlinien und Normen der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN

(Stand: Oktober 2003)

<u>Substanz</u>	<u>Richtlinien Nr./Norm</u>
Aluminium	VDI 2267 (14 E)
Amine	VDI 2467 (1), (2)
Ammoniak	VDI 2461 (1), (2), 3794 (2), 3869 (3 E), (4 E)
Anorganische faserförmige Partikel	VDI 3492 (1), (2)
Antimon	VDI 2267 (1), (5)
Aromatische Kohlenwasserstoffe	DIN ISO 12884, DIN ISO 16362
Arsen	VDI 2267 (1), (14 E)
Asbest	VDI 3492 (E), 3492 (1), (2)
Benzol	DIN 33963 (2), E DIN EN 14662 (1), (2), (3), (4), (5)
Beryllium	VDI 2267 (1), (5)
Blei	VDI 2267 (1), (2), (4), (5), (11), (14 E)
Cadmium	VDI 2267 (1), (4), (5), (14 E), 3956 (2)
Chlor	VDI 2458 (1)
Chloride	VDI 3497 (1 E), (3), (4), 3870 (13)
Chlorwasserstoff	VDI 3869 (2 E)
Chrom	VDI 2267 (1), (5), (12 E), (14 E)
Eisen	VDI 2267 (5), (12 E), (14 E)
Faserförmige Partikel	VDI 3492 (E), 3492 (1), (2)
Fluor-Ionen	VDI 2452 (1), (2), (3)
Formaldehyd	VDI 3484 (1), (2), 4300 (3)
Freie Acidität (Regeninhaltsstoffe)	VDI 3870 (11)
Gasförmige Schadstoffe	VDI 2449 (1), (2), (3), 2450 (1), (2), (5 E)
Gasförmige saure Luftverunreinigungen	DIN ISO 4220
Hexachlorcyclohexan	VDI 4300 (4), 4301, (2), (3)
Innenraumluft	VDI 4300 (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) VDI 4301 (1), (2), (3)
Kobalt	VDI 2267 (1), (5), (14 E)

<b>Substanz</b>	<b>Richtlinien Nr./Norm</b>
Kalium	VDI 2267 (14 E)
Kohlenstoffdioxid	VDI 4300 (9)
Kohlenstoffmonoxid	VDI 2455 (1), (2) E DIN EN 14626
Kohlenwasserstoffe	VDI 3483 (1), (2), (4), 3495 (1)
Kupfer	VDI 2267 (1), (5), (12 E), (14 E)
Lindan	VDI 4300 (4), 4301, (2), (3)
Mangan	VDI 2267 (1), (5), (12 E), (14 E)
Natrium	VDI 2267 (14 E)
Niedere Carbonsäuren	VDI 3869 (5 E)
Nickel	VDI 2267 (1), (5), (12 E), (14 E), 3956 (3 E)
Nitrate	VDI 3497 (1 E), (3), (4), 3870 (13)
Organische Verbindungen	VDI 2100 (1), (2), (3), (4), 4300 (6) DIN EN ISO 16017 (1) (2), DIN 33963 (1), DIN 19739 (2)
Ozon	VDI 2468 (4), (5), (6) DIN ISO 13964, E DIN EN 14625
Partikel in der Außenluft	VDI 2269 (1 E) VDI 2463 (1), (2 E), (3 E), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11)
Pentachlorphenol (PCP)	VDI 4300 (4), 4301 (2), (3)
Peroxyacetylnitrat (PAN)	VDI 2468 (7), (7 E), (8), (8 E)
Phenole	VDI 3485 (1)
pH-Wert (Regenwasser)	VDI 3870 (10)
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	VDI 4300 (2)
Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	VDI 2090 (1), (2), 3498 (1), (2 E), 4300 (2)
Polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD)	VDI 2090 (1), (2), 3498 (1), (2), 4300 (2)
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	VDI 3875 (1), 4300 (2), DIN ISO 12884
Quecksilber	VDI 2267 (8), (9)
Regeninhaltsstoffe	VDI 3870 (1 E), (2), (10), (11), (13)
Ruß	VDI 2465 (1), (2)
Salpetersäure (gasförmig)	VDI 3869 (2 E)
Schwebstaub	VDI 2463 (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11) DIN ISO 7708, E DIN ISO 10473, DIN EN 12341

<b>Substanz</b>	<b>Richtlinien Nr./Norm</b>
Schwebstaub (PM 10-Fraktion)	DIN EN 12341
Schwefeldioxid	VDI 2451(3), 3869 (1) DIN ISO 4219, DIN ISO 4221, E DIN EN 14212
Schwefelwasserstoff	VDI 2454 (1), (2) DIN ISO 4219
Staubniederschlag	VDI 2119 (1), (2), (3), (4)
Stickstoffoxide	VDI 2453 (1), (2), (3) DIN ISO 7996, E DIN EN 14211, E DIN EN 14212
Stickstoffmonoxid	VDI 2453 (2), (3) E DIN EN 14211, DIN ISO 7796
Stickstoffdioxid	VDI 2453 (1), (2), (3), 4300 (5), 4301 (1) E DIN EN 14211, E DIN EN 14212, DIN ISO 7796
Sulfate	VDI 3497 (1 E), (3), (4) VDI 3870 (13)
Thallium	VDI 2267 (1), (7)
Vanadium	VDI 2267 (5), (14 E)
Wasserstoffperoxid	VDI 2468 (9), (10)
Zink	VDI 2267 (1), (5), (12 E), (14 E)

E: Entwurf

VDI Nr./Blatt	Aus- gabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze			Standardabweichung		Bemerkungen
				PCDD/F	NWG pg/(m <sup>2</sup> d)	S <sub>rel</sub> %			
2090/1	01.01	Messung von Immissionen; Bestimmung der Deposition von schwerflüchtigen organischen Substanzen	Bestimmung der PCDD/F- Deposition Bergerhof-Probennahme und GC/HRMS-Analyse	2,3,7,8-TCDD	1	19,8			
				1,2,3,7,8-PeCDD	1	18,9			
				1,2,3,7,8-/1,2,3,4,8-PeCDF	1	6,8			
				2,3,4,7,8-PeCDF	1	5,6			
				1,2,3,4,7,8-HxCDD	1	29,4			
				1,2,3,6,7,8-HxCDD	2	20,9			
				1,2,3,7,8,9-HxCDD	2	22,0			
				1,2,3,4,7,8-/1,2,3,4,7,9-HxCDF	1	5,2			
				1,2,3,6,7,8-HxCDF	1	3,2			
				1,2,3,7,8,9-HxCDF	2	13,6			
				2,3,4,6,7,8-HxCDF	2	5,2			
				2,3,7,8-TCDF	1	9,7			
				1,2,3,7,8-PeCDF	1	5,6			
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	4	3,7			
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2	44			
				1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3	2,5			
				OCDD	10	8,8			
				OCDF	10	26,0			

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung		Bemerkungen
				PCDD/F	NWG pg/(m <sup>2</sup> d)	S <sub>rel</sub> %	
2090/2	12.02	Messung von Immissionen; Bestimmung der Deposition von schwerflüchtigen organischen Substanzen	Bestimmung der PCDD/F- Deposition Trichter-Absorber-Probenahme und GC/HRMS-Analyse	2,3,7,8-TCDD	1	8,9	
				1,2,3,7,8-PeCDD	1	18,3	
				1,2,3,7,8-/1,2,3,4,8-PeCDF	1	10,2	
				2,3,4,7,8-PeCDF	1	9,0	
				1,2,3,4,7,8-HxCDD	1	22,7	
				1,2,3,6,7,8-HxCDD	2	9,3	
				1,2,3,7,8,9-HxCDD	2	12,0	
				1,2,3,4,7,8-/1,2,3,4,7,9-HxCDF	1	6,6	
				1,2,3,6,7,8-HxCDF	1	6,9	
				1,2,3,7,8,9-HxCDF	2	8,9	
				2,3,4,6,7,8-HxCDF	2	7,8	
				2,3,7,8-TCDF	1	11,9	
				1,2,3,7,8-PeCDF	1	9,0	
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	4	7,2	
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2	7,0	
				1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3	23,0	
OCDD	10	10,8					
OCDF	10	21,8					
2100/1	06.01	Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluft; Messen von Innenraumlufiverunreinigungen	Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen; Grundlagen				
2100/2	06.01	Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluft; Messen von Innenraumlufiverunreinigungen	Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen; Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle				
2100/3	11.02	Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluft; Messen von Innenraumlufiverunreinigungen	Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen; Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Sorbentien				

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
2100/4	06.01	Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluft; Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen; Kalibrierverfahren als Maßnahme zur Qualitätssicherung			
2119/1	06.72	Messung partikelförmiger Niederschläge	Übersicht			
2119/2	09.96	Messung partikelförmiger Niederschläge	Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff	1,5 mg/Gerät 5-8 mg/m <sup>2</sup> d	S <sub>D</sub> = 14-33 8 mg/m <sup>2</sup> d Im Bereich 6-530 mg/m <sup>2</sup> d	
2119/3	06.72	Messung partikelförmiger Niederschläge	Bestimmung des partikelförmigen Niederschlags mit dem Hibernia- und Löbner-Liesegang-Gerät	Hib.: 20 mg/Gerät 0,0133 g/m <sup>2</sup> d L-L.: 20 mg/Gerät 0,0091 g/m <sup>2</sup> d	S <sub>D</sub> = 0,025 g/m <sup>2</sup> d bei $\bar{x}$ = 0,65 S <sub>D</sub> = 0,027 g/m <sup>2</sup> d bei $\bar{x}$ = 0,54	
2119/4	08.97	Messung partikelförmiger Niederschläge	Mikroskopische Unterscheidung und größenfraktionierte Bestimmung der Partikeldeposition auf Haftfolien -Probenahmegerät Sigma-2	25,6 g/m <sup>2</sup> d	S <sub>D</sub> = ± 7,1 mg/m <sup>2</sup> d	

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen			
2267/1	04.99	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, Zn	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)		ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	x	s <sub>0</sub>	Unterschiede der Kenngrößen in Abhängigkeit vom Filter (Membranfilter, Quarzfaserfilter), Atomisierung (Graphitrohr, Flammenatomisieren) und der Aufschlussvariante
				As	0,08-0,7	As	1,9-3,5	0,23-0,6	
				Be	0,003-0,08	Be	0,014	0,002	
				Cd	0,02-0,05	Cd	0,8-1,4	0,1-0,33	
				Co	0,2-0,4	Co	0,36	0,1	
				Cr	0,2-3	Cr	5,4-16,4	2-3,1	
				Cu	0,5-8	Cu	22,2-177	1-26	
				Mn	0,16	Mn	14,7	0,7	
				Ni	0,3-2	Ni	6,1-12,4	0,6-2,5	
				Pb	0,0002--2	Pb	46,5-304	4-46	
				Sb	0,16-0,8	Sb	5,7-6,8	0,4	
Tl	0,06-0,3	Tl	k.A.	k.A.					
Zn	0,003-2,6	Zn	119,5-154	3-6					
2267/2	02.83	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft, Pb	Röntgenfluoreszenzanalyse	0,03-02 µg/m <sup>3</sup> je nach Probenahme	S <sub>rel.</sub> < 15% im Bereich 0,3-30 µg/m <sup>3</sup>				
2267/4	03.87	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft; Messen von Blei, Cadmium und deren anorganischen Verbindungen	Atomabsorptionsspektrometrie	Blei Pb 2 µg/m <sup>3</sup> Cadmium Cd 0,1 µg/m <sup>3</sup>	Im Nahbereich einer Quelle: S <sub>d</sub> : 147µg/(m <sup>2</sup> d) = 10% MW In Großstädten: S <sub>D</sub> : 15 µg/(m <sup>2</sup> d) = 10% MW Im Nahbereich einer Quelle: S <sub>d</sub> : 1,4 µg/(m <sup>2</sup> d) = 10% MW In Großstädten: S <sub>D</sub> : 0,6 µg/(m <sup>2</sup> d) = 10% MW				
2267/5	11.97	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn	optische Emissionsspektrometrie (ICP-OES) nach Filterprobenahme und Aufschluss in oxidierendem Säuregemisch		ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	x	s <sub>0</sub>	Zu beachten sind die verwendeten Emissionslinien, ihre Wellenlänge und auftretende Störelemente
				Sb	3	Sb	3,1	0,6	
				Be	0,01	Be	0,046	0,005	
				Pb	6	Pb	63,1	5,6	
				Cd	0,7	Cd	1,2	0,2	
				Cr	7	Cr	5,7	0,4	
				Fe	55	Fe	944	49	
				Co	0,4	Co	0,6	0,1	
				Cu	0,3	Cu	16,6	1,1	
				Mn	0,7	Mn	33,2	3,8	
				Ni	4,3	Ni	5,4	0,6	
V	2	V	3,9	0,6					
Zn	10	Zn	98,1	8,8					

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen			
2267/7	11.88	Messen von Thallium und seinen anorganischen Verbindungen	Atomabsorptionsspektrometrie	Graphitrohr: 0,1 µg/m <sup>2</sup> /d Flamme: 5 µg/m <sup>2</sup> /d	S <sub>D</sub> = 30%				
2267/8	03.00	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft, Messen der Massenkonzentration von Quecksilber	Sorption als Amalgam und Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit Kaltdampftechnik	0,14-0,15 ng/m <sup>3</sup> Bestimmungsgrenze: 0,27-0,31 ng/m <sup>3</sup>	S <sub>rel</sub> = 1,4-9,3 % Bei verschiedenen Quecksilbermassen von 0,5-10 ng	Kalibrierung mit Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -Standardlösungen oder Quecksilbergesättigter Luft			
2267/9	07.02	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft, Messen der Massenkonzentration von Quecksilber	Sorption als Amalgam und Bestimmung mittels Atomfluoreszenzspektrometrie (AFS)	0,03-0,05 ng Bestimmungsgrenze: 0,07-0,11 ng daraus berechnete Nachweisgrenze <sub>rel</sub> = 0,6-1 ng/m <sup>3</sup>	S <sub>rel</sub> = 0,4-2% Bei verschiedenen Quecksilbermassen von 0,2-11,9 ng	Zu beachten sind die verwendeten Lampen und die Peakauswertung			
2267/11	01.86	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft;	Blei-Massenkonzentration mit Hilfe der energiedispersiven Röntgenfluoreszenzanalyse	0,05 µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> = 0,04 µg/m <sup>3</sup> bei $\bar{x}$ = 0,5 µg/m <sup>3</sup>				
2267/12 E	11.89	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft; Messen der Massenkonzentration von Chrom, Eisen, Kupfer, Mangan, Nickel und Zink	Energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse		NWG <sub>abs</sub> ng/cm <sup>2</sup>	NWG <sub>rel</sub> ng/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> [%]	Unterschiede der Kenngrößen in Abhängigkeit vom Filter (Membranfilter, Glasfaserfilter, Quarzfaserfilter) Membranfilterwert für Eisen nicht ermittelt	
				Cr	20	3,6	Cr		10
				Fe	230-260	41-46,3	Fe		2-4
				Cu	30-50	5,4-9	Cu		2-3
				Mn	30-55	5,4-9,8	Mn		5
				Ni	10-20	2-3,6	Ni		18-20
Zn	110-300	19,6-54	Zn	4-7					

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze		Standardabweichung		Bemerkungen
					$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{d})$		$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{d})$	
2267/14 E	10.02	Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft; Messen der Massenkonzentration von Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, V, Zn als Bestandteile des Staubniederschlages	Mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP OES)		$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{d})$		$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{d})$	Werte je nach Aufschlussvariante Zu beachten sind die Wellenlängen und Störelemente der verwendeten Emissionslinien
				Al	14,13	Al	27	
				As	1,08	As	-	
				Pb	1,05	Pb	56	
				Cd	0,05	Cd	189	
				Cr	0,28	Cr	0,5	
				Fe	14,11	Fe	107	
				K	11,1	K	59	
				Co	0,1	Co	2,9	
				Cu	0,85	Cu	2,9	
				Mg	9,87	Mg	48	
				Mn	0,27	Mn	8,6	
				Na	44,16	Na	423	
				Ni	0,61	Ni	0,3	
V	0,03	V	0,3					
Zn	7,72	Zn	217					
2269/1 E	11.72	Mikroskopische Untersuchungsverfahren feiner Teilchen	Übersicht					
2449/1	02.95	Prüfkriterien von Messverfahren	Ermittlung von Verfahrenskenngrößen für die Messung gasförmiger Schadstoffe (Immission)					
2449/2	01.87	Grundlagen zur Kennzeichnung vollständiger Messverfahren	Begriffsbestimmungen					
2449/3	09.01	Prüfkriterien von Messverfahren	Allgemeine Methode zur Ermittlung der Unsicherheit kalibrierfähiger Messverfahren	Definition und Ermittlung von Nachweis- und Bestimmungsgrenze				
2450/1	09.77	Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe	Begriffe, Definitionen, Erläuterungen					
2450/2	09.77	Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe	Messplanung, Grundlagen					

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
2450/5	09.77	Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe	Methoden zur Behandlung einzelner Variablen; Quantile			
2451/3	09.96	Messen gasförmiger Immissionen - Messen der Schwefeldioxid-Konzentration	Photometrisches Verfahren (TCM-Verfahren)	0,2 µg daraus berechnet 6,6 µg/m <sup>3</sup>	± 3 µg/m <sup>3</sup> im Bereich der Immissionswerte von 140-400 µg/m <sup>3</sup>	
2452/1	03.78	Messen von Immissionen; Messen der Gesamt-Fluoridionen-Konzentration;	Impinger-Verfahren	0,5-1 µg/m <sup>3</sup>	± 0,5 µg/m <sup>3</sup> im Bereich um 10 µg/m <sup>3</sup>	Schwankungen in Abhängigkeit der apparativen Ausrüstung
2452/2	02.75	Messung gasförmiger Immissionen; Messen der Fluor-Ionen-Konzentration;	Silberkugel-Sorptionsverfahren mit Vorabscheidung	Anstelle der NWG die untere Grenze des Messbereiches 0,07 µg/5ml <sub>Lösung</sub>	S <sub>D</sub> = 0,098-0,364 µg/m <sup>3</sup> bei 0-35 F <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	
2452/3	07.87	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Fluoridionen-Konzentration;	Silberkugel-Sorptionsverfahren mit beheiztem Membranfilter	0,5 µg daraus berechnete Nachweisgrenze <sub>rel</sub> = 0,5 ng/m <sup>3</sup>	Photometrie S <sub>D</sub> = ± 0,35-0,7 µg/m <sup>3</sup> bei 0-10 F <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup> Elektrometrie S <sub>D</sub> = ± 0,19-0,30 µg/m <sup>3</sup> bei 0-6 F <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	Standartabweichung ohne Berücksichtigung des zweiten Sorptionsrohres
2453/1	10.90	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration;	Manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzmann)	3 µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> = 1,0-1,1 µg/m <sup>3</sup>	Schwankungen in Abhängigkeit des Probevolumens
2453/2	10.02	Messen gasförmiger Immissionen - Messen der Stickstoffmonoxid- und Stickstoffdioxid-Konzentration	Kalibrierung von NO/NO <sub>x</sub> -Chemilumineszenz-Messgeräten mit Hilfe der Gasphasentitration		Abhängig vom jeweiligen Laboratorium (muss individuell erstellt werden)	
2453/3	10.95	Messen gasförmiger Immissionen - Messen der Stickstoffmonoxid- und Stickstoffdioxid-Konzentration	Herstellung der Prüfgase und Bestimmung ihrer Konzentration			
2454/1	03.82	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Schwefelwasserstoff-Konzentration;	Molybdänblau-Sorptionsverfahren	0,4 µg/m <sup>3</sup> bei 1 m <sup>3</sup> Probevolumen	± 0,5-1,4 µg/m <sup>3</sup> bei 4,7-11,6 µg/m <sup>3</sup>	
2454/2	03.82	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Schwefelwasserstoff-Konzentration;	Methylenblau-Impingerverfahren	0,3 µg/m <sup>3</sup> bei 1 m <sup>3</sup> Probevolumen	± 0,5-0,7 µg/m <sup>3</sup> bei 4,0-10,5 µg/m <sup>3</sup>	
2455/1	08.70	Messung gasförmiger Immissionen; Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration;	Ultrarot-Absorptionsverfahren (URAS 1 und 2)	1 ppm im Messbereich von 0-100 ppm	Zu beachten sind Nullpunkts-gang, Empfindlichkeitsgang und Einstellzeit	Störeinflüsse: (Luftdruck, Temperatur und Probengas)
2455/2	10.70	Messung gasförmiger Immissionen; Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration;	Ultrarot-Absorptionsverfahren (UNOR 2)	1 ppm im Messbereich von 0-100 ppm	Zu beachten sind Nullpunkts-gang, Empfindlichkeitsgang und Einstellzeit	Störeinflüsse: (Luftdruck, Temperatur und Probengas)

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
2458/1	12.73	Messung gasförmiger Immissionen; Messen der Chlorkonzentration;	Methylorange-Verfahren	0,015 mg/m <sup>3</sup>	± 0,05 mg/m <sup>3</sup> S <sub>rel</sub> ≤ 8 %	
2461/1	03.74	Messung gasförmiger Immissionen; Messen der Ammoniak-Konzentration;	Indophenol-Verfahren	2,5 µg bei Impingern: NWG <sub>rel</sub> : 3,0 µg/m <sup>3</sup> bei Waschflaschen: NWG <sub>rel</sub> : 20,0 µg/m <sup>3</sup>	± 2,5 µg bei ca. 50 µg/20 ml	
2461/2	05.76	Messung gasförmiger Immissionen; Messen der Ammoniak-Konzentration;	NESSLER-Verfahren	1,0 µg bei Impingern: NWG <sub>rel</sub> : 2,5 µg/m <sup>3</sup> bei Waschflaschen: NWG <sub>rel</sub> 50µg/m <sup>3</sup>	± 0,6 µg bei ca. 20 µg/50ml	
2463/1	11.99	Messen von Partikeln - Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft	Grundlagen			
2463/2 E	07.77	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft;	High Volume Sampler - HV 100	2,5 mg NWG <sub>rel</sub> 4 µg/m <sup>3</sup> (24h Probenahme)	Unsicherheitsbereich: ± 2,5 µg im Bereich 4-90 µg/m <sup>3</sup>	
2463/3 E	12.76	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft;	TBF 50 f Filterverfahren	0,24 mg NWG <sub>rel</sub> 3,3 µg/m <sup>3</sup> (72 m <sup>3</sup> Probeluftvolumen)	Unsicherheitsbereich: ± 3,9 µg im Bereich 6,5-65 µg/m <sup>3</sup>	
2463/4	12.76	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft;	LIB-Filterverfahren	Absolut Membranfilter SM 11302: 3,6 mg Glasfaserfilter GF9: 4,7 mg Relativ(360 m <sup>3</sup> Probeluft) SM: 10µg/m <sup>3</sup> GP: 13µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> (bei SM-Filtern) = ± 3,0 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 51-100) bis ± 13,7µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 251-510)  S <sub>D</sub> (bei GF-Filtern) = ± 2,6 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 51-100) bis ± 21,1µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 501-950)	Unsicherheitsbereiche (in Abhängigkeit von der Konzentration) SM: ± 6,4 - ± 33,6 µg/m <sup>3</sup> GF: ± 5,3 - ± 50 µg/m <sup>3</sup>
2463/5	12.87	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission);	Filterverfahren; Automatisiertes Filtergerät FH 62 I		S <sub>D</sub> = 1,4 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 20-40) bis 13,3 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 201-322)	Unsicherheitsbereiche (3m <sup>3</sup> /h) ± 2,9 - ± 34,3 µg/m <sup>3</sup>
2463/6	11.87	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission);	Filterverfahren; Automatisiertes Filtergerät BETA-Staubmeter F 703		S <sub>D</sub> = 1,9 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 15-40) bis 20,7 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 201-259)	Unsicherheitsbereiche ± 4,0 - ± 65,9 µg/m <sup>3</sup>
2463/7	08.82	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission);	Filterverfahren; Kleinfiltergerät GS 050		S <sub>d</sub> = 1,8 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 30-80) bis 6,1 µg/m <sup>3</sup> (x̄ = 231-350)	Unsicherheitsbereiche ± 3,7 - ± 16,9 µg/m <sup>3</sup>

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen																																								
2463/8	08.82	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission);	Basisverfahren für den Vergleich von nichtfraktionierenden Verfahren		$S_D = 1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 30-80$ ) bis $6,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 231-350$ )	Unsicherheitsbereiche $\pm 3,5 - \pm 16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$																																								
2463/9	02.87	Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission);	Filterverfahren; LIS/P-Filtergerät		$S_D = 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 50-80$ ) Bis $8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 231-350$ )	Unsicherheitsbereiche $\pm 5,7 - \pm 25,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$																																								
2463/10	09.96	Messen von Partikeln - Messen der Massenkonzentration (Immission)	Filterverfahren; Filterwechsler AGS 050 und AGS 115	Konzentrationsbereich: $0,01-0,25 \text{ mg}/\text{m}^3$	$S_D = 0,001-0,0023 \text{ mg}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 0,033-0,17 \text{ mg}/\text{m}^3$ )	Werte in Abhängigkeit vom Gerät																																								
2463/11	10.96	Messen von Partikeln - Messen der Massenkonzentration (Immission)	Filterverfahren - Filterwechsler Digital DHA-80	Konzentrationsbereich: $0,01-0,25 \text{ mg}/\text{m}^3$	$S_D = 0,0008-0,0061 \text{ mg}/\text{m}^3$ ( $\bar{X} = 0,035-0,157 \text{ mg}/\text{m}^3$ )	Werte in Abhängigkeit vom Gerät																																								
2465/1	12.96	Messen von Ruß (Immission)	Chemisch-analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes	Absolut: $9 \mu\text{g}$ Kohlenstoff	$S_D = 0,3-1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$																																									
2465/2	05.99	Messen von Ruß (Immission)	Thermographische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes	OC: $\text{NWG}_{\text{abs}}: 1,78 \mu\text{g}$ $\text{NWG}_{\text{rel}}: 0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC: $\text{NWG}_{\text{abs}}: 0,26 \mu\text{g}$ $\text{NWG}_{\text{rel}}: 0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$	OC: $S_D = 0,48-0,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $S_{\text{rel}} = 8,2-12,8 \%$ EC: $S_D = 0,21-0,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $S_{\text{rel}} = 3,2-5,9 \%$	OC: Organischer Kohlenstoff EC: Elementarer Kohlenstoff Werte in Abhängigkeit des verwendeten Labors																																								
2467/1	08.91	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Konzentration von primären und sekundären Aminen	Dünnschicht-Chromatographie; Visuelles und densitometrisches Verfahren	$0,01 \mu\text{g}$ für DC Fertigplatten; $0,001 \mu\text{g}$ für HPTLC-Fertigplatten $\text{NWG}_{\text{rel}}: 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{\text{rel}} = \pm 20 \%$																																									
2467/2	08.91	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Konzentration primärer und sekundärer aliphatischer Amine	Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Amin</th> <th>NWG <math>\mu\text{g}</math></th> <th><math>\text{NWG}_{\text{rel}} \mu\text{g}/\text{m}^3</math></th> <th><math>S_{\text{rel}} \%</math></th> <th><math>S_{\text{rel}} \%</math> +</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Methylamin</td> <td>0,45</td> <td>9</td> <td>2,9</td> <td>7,3</td> </tr> <tr> <td>Dimethylamin</td> <td>1,35</td> <td>27</td> <td>1,9</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>Ethylamin</td> <td>0,5</td> <td>10</td> <td>6,3</td> <td>6,3</td> </tr> <tr> <td>Propylamin</td> <td>0,45</td> <td>9</td> <td>2,1</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>Diethylamin</td> <td>0,6</td> <td>12</td> <td>4,7</td> <td>4,7</td> </tr> <tr> <td>Butylamin-1</td> <td>0,7</td> <td>14</td> <td>4,9</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>Pentylamin-1</td> <td>0,55</td> <td>11</td> <td>5,1</td> <td>5,1</td> </tr> </tbody> </table>	Amin	NWG $\mu\text{g}$	$\text{NWG}_{\text{rel}} \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{\text{rel}} \%$	$S_{\text{rel}} \%$ +	Methylamin	0,45	9	2,9	7,3	Dimethylamin	1,35	27	1,9	5,6	Ethylamin	0,5	10	6,3	6,3	Propylamin	0,45	9	2,1	2,9	Diethylamin	0,6	12	4,7	4,7	Butylamin-1	0,7	14	4,9	4,9	Pentylamin-1	0,55	11	5,1	5,1		ohne Probenahmeschritt $S_{\text{rel}}$ + ohne Eliminierung der Ausreißer
Amin	NWG $\mu\text{g}$	$\text{NWG}_{\text{rel}} \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{\text{rel}} \%$	$S_{\text{rel}} \%$ +																																										
Methylamin	0,45	9	2,9	7,3																																										
Dimethylamin	1,35	27	1,9	5,6																																										
Ethylamin	0,5	10	6,3	6,3																																										
Propylamin	0,45	9	2,1	2,9																																										
Diethylamin	0,6	12	4,7	4,7																																										
Butylamin-1	0,7	14	4,9	4,9																																										
Pentylamin-1	0,55	11	5,1	5,1																																										
2468/4	05.78	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Ozon-Konzentration	Chemilumineszenz-Verfahren; Bendix Ozone Monitor 8002	$0,0015 \text{ ppm}$	$S_D = \pm 0,0003 \text{ ppm}$																																									

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
2468/5	10.78	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Ozon-Konzentration	Manuelles photometrisches Verfahren; Indigosulfonsäure- Verfahren	$NWG_{rel} : 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{rel} = \pm 3,5\%$ (bei $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $S_{rel} = \pm 6,5\%$ (bei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
2468/6	07.79	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Ozonkonzentration	Direktes UV-photometrisches Verfahren (Basisverfahren)	0,01 ppm	$S_D = \pm 0,010$ ppm	Nur für gereinigte oder synthetische Luft zur Kalibrierung
2468/7	06.85	Messen gasförmiger Immissionen	Messen von Peroxyacetylnitrat (PAN)	0,1 – 0,18 ppm ( je nach Verfahren)	$S_{rel} = 0,4 - 4,5\%$ (bei 50 ppb) $S_{rel} = \text{bis } 4\%$ (bei 0,5 ppb)	
2468/7 E	07.03	Messen gasförmiger Immissionen	Messen von Peroxyacetylnitrat (PAN)	0,1 – 0,9 ppb ( je nach Verfahren)	$S_{rel} = 0,4 - 4,5\%$ ( je nach Verfahren)	
2468/8	06.85	Messen gasförmiger Immissionen;; Herstellen von Peroxyacetylnitrat(PAN)-Prüfgas	Kalibrieren eines Peroxyacetylnitrat-Analysators			
2468/8 E	07.03	Messen gasförmiger Immissionen;; Herstellen von Peroxyacetylnitrat(PAN)-Prüfgas	Kalibrieren eines Peroxyacetylnitrat-Analysators			
2468/9	09.95	Messen gasförmiger Immissionen - Messen der Wasserstoffperoxid- Konzentration	Registrierendes fluorimetrisches Verfahren	$NWG_{rel} : 0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{rel} = \pm 2 \%$	
2468/10	07.95	Messen gasförmiger Immissionen - Herstellen von Wasserstoffperoxid- Prüfgas				
3483/1	12.79	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Summe organischer Stoffe mit einem Flammen- Ionisations-Detektor (FID);	Grundlagen			
3483/2	11.81	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Summe organischer Stoffe ohne Methan	Siemens U 100 Flammen-Ionisations-Detektor (FID)	Messschwelle im Mess- bereich 0-2,5 $\text{mg}/\text{m}^3$ : 0,026 $\text{mg}/\text{m}^3$	$S_D = \pm 0,03 \text{ mg}/\text{m}^3$ ( $\bar{x} = 1,9$ )	
3483/4	11.81	Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Summe organischer Stoffe und von Methan	Bendix 8202 Flammen-Ionisations-Detektor (FID)	Messschwelle im Mess- bereich 0-2,5 $\text{mg}/\text{m}^3$ : 0,05 $\text{mg}/\text{m}^3$	$S_D = \pm 0,03 \text{ mg}/\text{m}^3$ ( $\bar{x} = 1,9$ )	
3484/1	11.01	Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messen von Prüfgasen; Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach dem Sulfit-Pararosanilin-Verfahren	$NWG_{abs} : 0,0003 \text{ mg}$ $NWG_{rel} : 0,004 \text{ mg}/\text{m}^3$	$S_D = \pm 0,003 \text{ mg}/\text{m}^3$ ( $\bar{x} = 0,04-0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ )	

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
3484/2	11.01	Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode	NWG <sub>abs</sub> : 0,0003 mg NWG <sub>rel</sub> : 0,005 mg/m <sup>3</sup> (60 l Probenahmeverolumen) NWG <sub>rel</sub> : 0,003 mg/m <sup>3</sup> (100 l Probenahmeverolumen)	S <sub>D</sub> = ± 0,001-0,002mg/m <sup>3</sup> ( $\bar{x}$ = 0,05-0,2 mg/m <sup>3</sup> )	
3485/1	12.88	Messen gasförmiger Immissionen; Messen von Phenolen; p-Nitroanilin-Verfahren	Inhaltlich überprüft und unverändert weiterhin gültig: September 1999	NWG <sub>abs</sub> : 0,0006 mg A:NWG <sub>rel</sub> : 0,0008 mg/m <sup>3</sup> (800 l Probenahmeverolumen) B:NWG <sub>rel</sub> : 0,012 mg/m <sup>3</sup> (50 l Probenahmeverolumen)	S <sub>D</sub> = ± 0,006 mg/m <sup>3</sup> ( $\bar{x}$ = 0,1-0,9 mg/m <sup>3</sup> )	A:Impinger-Verfahren B:Muencke-Verfahren
3490/1	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Begriffe und Erläuterungen			
3490/2	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellungsverfahren, Übersicht			
3490/3	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Anforderungen und Maßnahmen für den Transfer			Werkstoffe, Bauteile, Leitungssysteme
3490/4	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung mit gravimetrischen Methoden			
3490/5	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Ermittlung der Zusammensetzung durch Vergleichsmethoden			
3490/6	12.88	Messen von Gasen; Prüfgase	Dynamische Herstellung mit Gasmischpumpen			Kalibrierung
3490/7	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Dynamische Herstellung durch periodische Injektion			Ausführungsbeispiele
3490/8	01.81	Messen von Gasen; Prüfgase	Dynamische Herstellung durch kontinuierliche Injektion			Ausführungsbeispiel
3490/9	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung durch Permeation der Beimengung in einen Grundgasstrom			
3490/10	01.81	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellen von Prüfgasen durch Mischen von Volumenströmen - Kapillardosierer			
3490/11	12.80	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung von Prüfgasen nach der volumetrisch-statischen Methode unter Verwendung von Kunststoffbeuteln			
3490/12	12.88	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellen von Prüfgasen durch manometrische Methoden			Beispiele

<b>VDI Nr./Blatt</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Messobjekt</b>	<b>Methode bzw. Inhalt</b>	<b>Nachweisgrenze</b>	<b>Standardabweichung</b>	<b>Bemerkungen</b>
3490/13	02.92	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellen von Prüfgasen durch Sättigungsmethoden			Ausführungsbeispiele
3490/14	11.94	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung von Prüfgasen nach der volumetrisch-statischen Methode unter Verwendung von Glasbehältern			
3490/15 E	11.85	Messen von Gasen; Prüfgase	Direkte Ermittlung der Beimengung eines Prüfgases durch Gasdichtemessung; Gasdichtewaage			
3490/16	10.94	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung von Prüfgasen mit Blenden - Mischstrecken			
3490/17	08.98	Messen von Gasen; Prüfgase	Herstellung von Prüfgasen unter Verwendung von thermischen Massenstromreglern			
3491/1	09.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Kennzeichnung von Partikeldispersionen in Gasen, Begriffe und Definitionen			
3491/2	07.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellungsverfahren für Prüfaerosole, Grundlagen und Übersicht			
3491/3	11.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellung von Latex-Aerosolen unter Verwendung von Düsenzerstäubern			
3491/4	12.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Aerosolgenerator nach Sinclair und La Mer			
3491/5	12.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen aus Farbstofflösungen mit Düsenzerstäubern			
3491/6	12.80	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Plantinoxid-Aerosolgenerator nach Rapaport und Weinstock			
3491/7	12.87	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Aerosolgenerator nach Rapaport und Weinstock			
3491/8	09.89	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen aus Haufwerken mittels Banddosierer			
3491/9	09.89	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen mittels eines Bürstendosierers			

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen
3491/10	01.90	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen aus pulverförmigen Haufwerken faserförmiger Partikeln mittels Schwingbett-Aerosolgenerator			
3491/11	01.90	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen unter Verwendung von Ultraschallzerstäubern			
3941/12	01.90	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen unter Verwendung von Zentrifugalzerstäubern			
3491/13	06.96	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen mittels eines Schwingblenden-Aerosolgenerators			
3491/14	11.95	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Prüfaerosolen unter Verwendung eines Kapillarwellengenerators			
3491/15	12.96	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellungsverfahren für Prüfaerosole, Verdünnungssysteme mit kontinuierlichem Durchfluß			
3491/16	11.96	Messen von Partikeln, Prüfaerosole	Herstellen von Kohlenstoff-Aerosolen unter Verwendung eines Funken-Aerosolgenerators			
3492/1	08.91	Messen anorganischer faserförmiger Partikel in der Außenluft	Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren		Messunsicherheit durch: Probenahme, Probenpräparation, Auswertung	Kritisch bei der Auswertung: dünne Fasern mit $D < 0,2 \mu\text{m}$ Faseridentifizierung
3492/2	06.94	Messen von Innenraumlufverunreinigungen, Messen anorganischer faserförmiger Partikel	Messplanung und Durchführung der Messung, Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren			
3492 E	12.02	Messen von Innenraumlufverunreinigungen - Messen von Immissionen - Messen anorganischer faserförmiger Partikel	Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren		Messunsicherheit durch: Probenahme, Probenpräparation, Auswertung	Kritisch bei der Auswertung: dünne Fasern mit $D < 0,2 \mu\text{m}$ Faseridentifizierung
3495/1	09.80	Messen gasförmiger Immissionen;	Bestimmung des durch Adsorption an Kieselgel erfassbaren organisch gebundenen Kohlenstoffs in Luft	$\text{NWG}_{\text{rel}} : 0,3 \text{ mg C/m}^3$	$S_D = \pm 0,11 \text{ mg C/m}^3$ ( $\bar{x} = 1,0$ )	

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen	
3496/1	04.82	Messen gasförmiger Immissionen;	Bestimmung der durch Absorption in Schwefelsäure erfassbaren basischen Stickstoffverbindungen	Analytisch: 0,1 mg N Photometrisch: 0,001 mg NH <sub>3</sub>	S <sub>ana</sub> = 5,8 mg/m <sup>3</sup> ( $\bar{x}$ = 27-60) S <sub>p</sub> = 7,7mg/m <sup>3</sup> ( $\bar{x}$ = 30-64) S <sub>p</sub> = 1,6mg/m <sup>3</sup> ( $\bar{x}$ = 2,5-8)	Analytisch N Photometrisch NH <sub>3</sub> Photometrisch N nach Kjeldahl Aufschluss	
3497/1 E	12.87	Messen partikelgebundener Anionen in der Außenluft;	Verlustarme Probenahme für Chlorid, Nitrat und Sulfat im Partikelgrößenbereich bis zu einer medianen Abscheidegröße von 5µm	Bei einer Anströmgeschwindigkeit von 3m/s werden 50 µm große Partikel zu 50% erfasst			
3497/2	09.91	Messen partikelgebundener Anionen in der Außenluft;	Isotopenverdünnungsanalyse für Sulfat auf Filtern	0,14 µg Sulfat 0,1 µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> = ± 0,18 µg Sulfat bei $\bar{x}$ = 1,5 µg Sulfat	S <sub>d</sub> = 9 % bei $\bar{x}$ = 3 µg/m <sup>3</sup>	
3497/3	07.88	Messen partikelgebundener Anionen in der Außenluft; Analyse von Chlorid, Nitrat und Sulfat	Ionenchromatographie mit Suppressortechnik nach Aerosolabscheidung auf PTFE-Filtern	Substanz:	(bei 5 m <sup>3</sup> )	Substanz:	
				Chlorid	93 ng/m <sup>3</sup>	Chlorid	S <sub>D</sub> = 10 % ( $\bar{x}$ =1,5 µg/m <sup>3</sup> )
				Nitrat	10 ng/m <sup>3</sup>	Nitrat	S <sub>D</sub> = 5 % ( $\bar{x}$ = 8 µg/m <sup>3</sup> )
				Sulfat	17 ng/m <sup>3</sup>	Sulfat	S <sub>D</sub> = 5 % ( $\bar{x}$ =10 µg/m <sup>3</sup> )
3497/4	09.91	Messen partikelgebundener Anionen in der Außenluft; Analyse von Chlorid, Nitrat und Sulfat	Ionenchromatographie (IC) mit der Einsäulentechnik nach Aerosolabscheidung auf PTFE-Filtern	Substanz:	(bei 5 m <sup>3</sup> )	Substanz:	
				Chlorid	78 ng/m <sup>3</sup>	Chlorid	S <sub>D</sub> = 8 % ( $\bar{x}$ = 2,3 µg/m <sup>3</sup> )
				Nitrat	9 ng/m <sup>3</sup>	Nitrat	S <sub>D</sub> = 8 % ( $\bar{x}$ = 8,6 µg/m <sup>3</sup> )
				Sulfat	18,6 ng/m <sup>3</sup>	Sulfat	S <sub>D</sub> = 8 % ( $\bar{x}$ =10 µg/m <sup>3</sup> )

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung			Bemerkungen
3498/1	07.02	Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen;	Verfahren mit großem Filter	<b>PCDD</b>	<b>NWG<sub>rel</sub> fg/m<sup>3</sup></b>	<b>Konzentration fg/m<sup>3</sup></b>	<b>S<sub>rel</sub> %</b>	
				2,3,7,8-TCDD	0,5	4-7	7	
				1,2,3,7,8-PeCDD	1,6	19-38	10	
				1,2,3,6,7,8-HxCDD	3,4	32-66	7	
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1,8	295-554	11	
				OCDD	3,0	620-965	6	
				<b>PCDF</b>	<b>NWG<sub>rel</sub> fg/m<sup>3</sup></b>	<b>Konzentration fg/m<sup>3</sup></b>	<b>S<sub>rel</sub> %</b>	
				2,3,7,8-TCDF	0,3	62-113	7	
				1,2,3,7,8-PeCDF	1,2	61-186	9	
				1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,1/ 0,7	56-133	7	
				2,3,4,6,7,8-HxCDF		36-87	7	
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,3	170-434	5	
				OCDF	2,4	139-291	10	
3498/2	07.02	Messen von Immissionen; Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen	Verfahren mit kleinem Filter	<b>PCDD</b>	<b>NWG<sub>rel</sub> fg/m<sup>3</sup></b>	<b>Konzentration fg/m<sup>3</sup></b>	<b>S<sub>rel</sub> %</b>	
				2,3,7,8-TCDD	< 1,0	2,1-2,6	9,6	
				1,2,3,7,8-PeCDD	< 1,5	8-9	5,0	
				1,2,3,6,7,8-HxCDD	< 2,0	10-13	8,9	
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	<3,0	243-287	6,6	
				OCDD	<3,5	615-643	1,7	
				<b>PCDF</b>	<b>NWG<sub>rel</sub> fg/m<sup>3</sup></b>	<b>Konzentration fg/m<sup>3</sup></b>	<b>S<sub>rel</sub> %</b>	
				2,3,7,8-TCDF	< 1,0	23-27	6,2	
				1,2,3,7,8-PeCDF	< 1,0	30-36	6,2	
				1,2,3,4,7,8-HxCDF	< 1,5	22-28	8,0	
				2,3,4,6,7,8-HxCDF				
				1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	< 3,0	6-8	11,2	
				OCDF	< 3,0	55-58	5,4	

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen		
3792/5	06.91	Messen der Immissions-Wirkdosis	Verfahren zur Standardisierung der Wirkungsfeststellung an Blättern und Nadeln von Bäumen am natürlichen Standort					
3794/1	11.82	Bestimmung von Immissions-Raten	Bestimmung der Immissions-Rate mit Hilfe des IRMA-Verfahrens	Substanz:	mg/m <sup>2</sup> d	Substanz:	$\bar{x}$ [mg/m <sup>2</sup> d]	S <sub>drel</sub> [%]
				SO <sub>2</sub>	2,0	SO <sub>2</sub>	15-200	10
				F <sup>-</sup>	0,29	F <sup>-</sup>	0,1-2,2	30
				Cl <sup>-</sup>	1,0	Cl <sup>-</sup>	1-16	13,3
3794/2	01.03	Bestimmung von Immissions-Raten	Bestimmung der Immissions-Rate von Ammoniak und Ammonium-Verbindungen mit Hilfe des IRMA-Verfahrens	Blindwert 180 µg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0,7 mg/m <sup>2</sup> d	± 0,1 mg/m <sup>2</sup> d	Gemessene Werte in der Nähe eines Mastbetriebes: 3,7-94,9 mg/m <sup>2</sup> d		
3795/1	06.78	Bestimmung von Immissionskomponenten in biologischem Material	Bestimmung des Fluorgehaltes in biologischen Proben sowie in IRMA-Lösungen; Photometrische Bestimmung	0,8 mg F/ kg	S <sub>rel</sub> = 3,3-4,6 %			
3795/2	04.81	Bestimmung von Immissionskomponenten in biologischem Material	Bestimmung des Fluorgehaltes in biologischen Proben sowie in IRMA-Lösungen; Elektrometrische Bestimmung	2,4 µg/g	S <sub>rel</sub> = 2,2-3,1 bei = 10 - >100			
3796/1	09.96	Bestimmen von Thallium in Böden und Pflanzen;	Übersicht, Probenvorbereitung					
3869/1	09.91	Messen von Säuren und Basen in der Außenluft; Messen von Aerosol-Schwefelsäure	Thermodiffusionsabscheider	0,01 µg/m <sup>3</sup> (bei 24h Probennahme)	S <sub>D</sub> = 15 % ( $\bar{x}$ = 1,2 ng/m <sup>3</sup> )			
3869/2 E	05.96	Messen von Säuren und Basen in der Außenluft Messen von Chlorwasserstoffgas und gasförmiger Salpetersäure;	Abscheidung in mit Natriumfluorid beschichteten Diffusionsabscheidern - Analyse durch Ionen-Chromatographie	0,10 µg/m <sup>3</sup> HCL 0,08 µg/m <sup>3</sup> HNO <sub>3</sub>	S <sub>D</sub> = 20 % bei mittlerem Gehalt von 1,0 µg/m <sup>3</sup>			
3869/3 E	05.96	Messen von Säuren und Basen in der Außenluft Messen von Ammoniak; Probenahme in mit Phosphorsäure beschichteten Diffusionsabscheidern	Analyse durch Fließinjektions-Analyse	0,1 µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> = 10 % bei mittlerem Gehalt von 1,0 µg/m <sup>3</sup>			

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen		
3869/4 E	05.96	Messen von Säuren und Basen in der Außenluft - Messen von Ammoniak; Probenahme in mit Citronensäure beschichteten Diffusionsabscheidern	Analyse mit dem Indophenol-Verfahren	0,1 µg/m <sup>3</sup>	S <sub>D</sub> = 10 % bei mittlerem Gehalt von 1,0 µg/m <sup>3</sup>			
3869/5 E	07.97	Messen von Säuren und Basen in der Außenluft Messen niederer Carbonsäuren	Probenahme in Diffusionsabscheidern Analyse durch Ionen-Chromatographie	Substanz:	mg/m <sup>3</sup>	Substanz:	mg/m <sup>3</sup>	S <sub>rel</sub>
				Ameisensäure	0,09	Ameisensäure	1,8	8,6
				Essigsäure	0,10	Essigsäure	3,2	8,9
				Propionsäure	0,16	Propionsäure	3,6	10,1
3870/1 E	07.85	Messen von Regeninhaltsstoffen;	Kriterien für Aufbau, Aufstellung und Betrieb von Regensammlern					
3870/2	12.97	Messen von Regeninhaltsstoffen	Probenahme von Regenwasser - Sammelgerät ARS 721	In 75% der Fälle wird eine Niederschlagshöhe von 0,1 mm/h erkannt				
3870/10	12.94	Messen von Regeninhaltsstoffen	Messen des pH-Wertes in Regenwasser		S <sub>w</sub> = 0,01 pH Einheiten	Bis 0,05 pH Einheiten durch Störeinflüsse		
3870/11	12.96	Messen von Regeninhaltsstoffen	Bestimmung der freien Acidität	20 µmol/l	S <sub>w</sub> < 2%			
3870/13	12.96	Messen von Regeninhaltsstoffen	Bestimmung von Chlorid, Nitrat und Sulfat in Regenwasser mittels Ionenchromatographie mit Suppressortechnik	Substanz:	mg/l, n=6	Substanz:		
				Chlorid	0,001	Chlorid	S <sub>wrel</sub> = 31 % ( $\bar{x}$ = 0,22-2,46 mg/l)	
				Nitrat	0,004	Nitrat	S <sub>wrel</sub> = 11 % ( $\bar{x}$ = 0,63-4,05 mg/l)	
				Sulfat	0,005	Sulfat	S <sub>wrel</sub> = 14 % ( $\bar{x}$ = 1,31-7,62 mg/l)	

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen	
3875/1	12.96	Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) - Gaschromatographische Analyse	5,7 pg/m <sup>3</sup>  Doppelbestimmungen in 2 Messserien	PAH	S <sub>D</sub> (%)	$\bar{X}$ (ng/m <sup>3</sup> )
					Benzo(b)naphtho (2,1-d) thiophen	13,20/11,20	0,99/0,78
					Benzo(ghi)fluoranthren und Ben2o(c)phenanthren	8,40/6,15	3,90 / 2,92
					Cyclopenta(cd)pyren	16,56/10,82	4,62 / 3,03
					Benz(a)anthracen	9,15/5,14	3,19/2,66
					Chrysen und Triphenylen	6,53 / 4,99	5,51/4,55
					Benzofluoranthene (b+j+k)	5,33 / 3,45	8,13/6,48
					Benzo(e)pyren	6,0 / 4,84	3,40 / 2,63
					Benzo(a)pyren	7,69/5,93	3,13/2,52
					Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,94 / 3,35	3,34 / 2,66
					Dibenz(a,c)anthracen und Dibenz(a,n)anthanthren	9,62 / 9,59	0,40 / 0,31
					Benzo(ghi)perylen	6,13/3,26	6,22 / 4,84
					Anthanthren	13,14/11,13	0,93 / 0,70
Coronen	6,45 / 6,24	4,80/3,64					
3956/1	12.97	Zielsetzung, Bedeutung und Grundlagen von Richtlinien zum Schutze der Böden	Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten				
3956/2	04.02	Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten für Böden	Ableitung niederschlagsbegrenzender Werte für Cadmium	Kinderspielflächen	3,4 µg Cd / (m <sup>2</sup> Tag)	Es sind niederschlagsbegrenzende Immissionswerte angegeben	
				Ackerböden	2,5 µg Cd / (m <sup>2</sup> Tag)		
				Grünland	32 µg Cd / (m <sup>2</sup> Tag)		
				Waldböden	2 µg Cd / (m <sup>2</sup> Tag)		
3956/3 E	11.03	Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten für Böden	Ableitung niederschlagsbegrenzender Werte für Nickel	Toxikologische Bewertung für Mensch und Ökosystem			
3957/1	05.99	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Grundlagen und Zielsetzung				
3957/2 E	01.01	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Verfahren der standardisierten Graskultur	Allgemeine Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der zu bestimmenden Kenngrößen und zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse			
3957/3	12.00	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl	Allgemeine Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der zu bestimmenden Kenngrößen und zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse			

<b>VDI Nr./Blatt</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Messobjekt</b>	<b>Methode bzw. Inhalt</b>	<b>Nachweisgrenze</b>	<b>Standardabweichung</b>	<b>Bemerkungen</b>
3957/5	12.01	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Das Fichten-Expositionsverfahren	Allgemeine Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der zu bestimmenden Kenngrößen und zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse.		
3957/6 E	11.00	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Ermittlung und Beurteilung der phytotoxischen Wirkung von Ozon und anderen Photooxidantien Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition	Allgemeine Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der zu bestimmenden Kenngrößen und zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse; Optische Bewertung der Bioindikation		
3957/8 E	01.02	Flächenbestimmung epiphytischer Flechten zur immissionsökologischen Langzeitbeobachtung		Allgemeine Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung der zu bestimmenden Kenngrößen und zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse		
3957/10	11.02	Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation)	Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren			
4210/1	06.99	Fernmeßverfahren - Messungen in der Atmosphäre nach dem LIDAR-Prinzip	Messen gasförmiger Luftverunreinigungen mit dem DAS-LIDAR			
4211/1	12.00	Fernmessverfahren - Messungen in der bodennahen Atmosphäre nach dem FTIR-Prinzip	Messen gasförmiger Emissionen und Immissionen; Grundlagen			
4280/1	11.96	Planung von Immissionsmessungen	Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit			
4280/2	12.00	Planung von Immissionsmessungen	Regeln zur Planung von Untersuchungen verkehrsbedingter Luftverunreinigungen an Belastungsschwerpunkten			
4280/3	06.03	Planung von Immissionsmessungen	Messstrategien zur Ermittlung von Luftqualitätsmerkmalen in der Umgebung ortsfester Emissionsquellen			
4300/1	12.95	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Allgemeine Aspekte der Messstrategie			

VDI Nr./Blatt	Ausgabe	Messobjekt	Methode bzw. Inhalt	Nachweisgrenze	Standardabweichung	Bemerkungen																																								
4300/2	12.97	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB)																																											
4300/3	12.97	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für Formaldehyd																																											
4300/4	08.97	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft																																											
4300/5	06.02	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )																																											
4300/6	12.00	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)																																											
4300/7	07.01	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen																																											
4300/8	06.01	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Probenahme von Hausstaub																																											
4300/9	05.03	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messstrategie für Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )																																											
4301/1	12.97	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messen der Stickstoffdioxidkonzentration- Manuelles photometrisches Verfahren (Saltzmann)	NWG: 3-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ je nach Schichtdicke der verwendeten Küvetten	S <sub>rel</sub> = 1- 3 % bei 10 – 750 $\mu\text{g}/\text{m}^3$																																									
4301/2	06.00	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messen von Pentachlorphenol (PCP) und $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) - GC/MS-Verfahren	0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Tabelle links PCP Tabelle rechts $\gamma$ -HCH	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C<sub>L</sub> PCP <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></th> <th>S<sub>I</sub> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></th> <th>VK %</th> <th>n</th> <th>C<sub>L</sub> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></th> <th>S<sub>I</sub> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></th> <th>VK %</th> <th>n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,6</td> <td>0,133</td> <td>8</td> <td>20</td> <td>0,41</td> <td>0,040</td> <td>10</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>0,29</td> <td>0,025</td> <td>9</td> <td>16</td> <td>0,31</td> <td>0,018</td> <td>6</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>0,21</td> <td>0,023</td> <td>11</td> <td>14</td> <td>0,30</td> <td>0,025</td> <td>8</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>0,14</td> <td>0,030</td> <td>21</td> <td>20</td> <td>0,21</td> <td>0,023</td> <td>11</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table>	C <sub>L</sub> PCP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S <sub>I</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VK %	n	C <sub>L</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S <sub>I</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VK %	n	1,6	0,133	8	20	0,41	0,040	10	20	0,29	0,025	9	16	0,31	0,018	6	20	0,21	0,023	11	14	0,30	0,025	8	15	0,14	0,030	21	20	0,21	0,023	11	17	
C <sub>L</sub> PCP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S <sub>I</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VK %	n	C <sub>L</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	S <sub>I</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VK %	n																																							
1,6	0,133	8	20	0,41	0,040	10	20																																							
0,29	0,025	9	16	0,31	0,018	6	20																																							
0,21	0,023	11	14	0,30	0,025	8	15																																							
0,14	0,030	21	20	0,21	0,023	11	17																																							
4301/3	06.03	Messen von Innenraumluftverunreinigungen	Messen von Pentachlorphenol (PCP) und $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) - GC/ECD-Verfahren	20 ng/m <sup>3</sup> können mit der notwendigen Sicherheit quantifiziert werden																																										

<b>Klassifizierung DIN-EN-ISO</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
DIN ISO 4219	1990-05	Luftbeschaffenheit; Bestimmung gasförmiger Schwefelverbindungen in atmosphärischer Luft; Probenahmeausrüstung
DIN ISO 4220	1990-05	Atmosphärische Luft; Bestimmung einer Kenngröße für saure, gasförmige Luftverunreinigungen; Titrimetrisches Verfahren mit Endpunktbestimmung durch Indikator oder auf potentiometrischem Wege
DIN ISO 4221	1990-05	Luftbeschaffenheit; Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid in atmosphärischer Luft, Spektralphotometrisches Verfahren mit Thorin
DIN ISO 4225	1996-08	Luftbeschaffenheit – Allgemeine Gesichtspunkte - Begriffe
DIN ISO 4226	1996-02	Luftbeschaffenheit – Allgemeine Gesichtspunkte - Einheiten
DIN ISO 6879	1996-12	Luftbeschaffenheit – Verfahrenskenngrößen und verwandte Begriffe für Messverfahren zur Messung der Luftbeschaffenheit
DIN ISO 7168-1	1999-12	Luftbeschaffenheit – Datenaustausch; Teil 1: Allgemeines Datenformat
DIN ISO 7168-2	1999-12	Luftbeschaffenheit – Datenaustausch; Teil 2: Komprimiertes Datenformat
DIN ISO 7708	1996-01	Luftbeschaffenheit – Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Staubprobenahme
DIN ISO 7996	1990-02	Atmosphärische Luft; Bestimmung der Massenkonzentration an Stickstoffoxiden; Chemilumineszenz- Verfahren
DIN ISO 9169	1996-08	Luftbeschaffenheit – Bestimmung von Verfahrenskenngrößen von Messverfahren
E DIN ISO 10473	2001-11	Außenluft – Bestimmung der Staubmasse auf einem Filtermedium – Betastrahlen-Absorptionsmethode
DIN ISO 11222	2002-12	Ermittlung der Unsicherheit von zeitlichen Mittelwerten von Luftbeschaffenheitsmessungen
DIN ISO 12884	2000-12	Außenluft – Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe – Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/massenspektrometrischer Analyse
DIN ISO 13752	1999-01	Luftbeschaffenheit – Ermittlung der Unsicherheit eines Messverfahrens
DIN ISO 13964	1999-12	Luftbeschaffenheit – Bestimmung von Ozon in der Außenluft – UV-Photometrisches Verfahren
DIN ISO 16362	2002-12	Außenluft - Bestimmung partikelgebundener aromatischer Kohlenwasserstoffe mittels Hochdruck-Flüssigchromatographie
DIN EN 12341	1999-03	Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmethode

<b>Klassifizierung DIN-EN-ISO</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
E DIN EN 13528-1	1999-07	Außenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren; Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 13528-2	2002-12	Außenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren; Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 13528-3	2002-12	Außenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren; Teil 3. Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung
DIN EN 13725	2003-07	Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie
E DIN EN 14211	2003-05	Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz;
E DIN EN 14212	2003-05	Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz
E DIN EN 14625	2003-06	Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie
E DIN EN 14626	2003-06	Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nichtdispersiver Infrarot-Photometrie
E DIN EN 14662-1	2003-08	Außenluftbeschaffenheit - Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe, gefolgt von Thermodesorption und Gaschromatographie
E DIN EN 14662-2	2003-08	Außenluftbeschaffenheit - Referenzverfahren zur Messung von Benzolkonzentrationen – Teil 2: Probenahme mit einer Pumpe, gefolgt von Lösemitteldesorption und Gaschromatographie
E DIN EN 14662-3	2003-08	Außenluftbeschaffenheit - Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung
E DIN EN 14662-4	2003-08	Außenluftbeschaffenheit - Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 4: Diffusionsprobenahme, gefolgt von Thermodesorption und Gaschromatographie
E DIN EN 14662-5	2003-08	Außenluftbeschaffenheit - Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 5: Diffusionsprobenahme, gefolgt von Lösemitteldesorption und Gaschromatographie

<b>Klassifizierung DIN-EN-ISO</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
DIN 19739-1	2002-03	Luftbeschaffenheit und Bodenbeschaffenheit - Messen der atmosphärischen Deposition organischer Spurenstoffe; Trichter-Adsorber-Verfahren - Teil 1: Sammelgeräte; Anforderungen, Aufbau, Anwendung
DIN 19739-2	2003-03	Luftbeschaffenheit und Bodenbeschaffenheit - Messen der atmosphärischen Deposition organischer Spurenstoffe; Trichter-Adsorber-Verfahren - Teil 2: Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen
DIN 33963-1	1997-02	Messen organischer Verbindungen in Außenluft; Anforderungen und Prüfvorschriften für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von organischen Komponenten in Luft
DIN 33963-2	1997-02	Messen organischer Verbindungen in Außenluft Anforderungen und Prüfvorschriften für automatisch messende Geräte für Einzelmessungen von Benzol in Luft mit anreichernder Probenahme und anschließender gaschromatographischer Trennung
DIN EN ISO 14956	2003-01	Luftbeschaffenheit - Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit
DIN EN ISO 16017-1	1999-10	Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz - Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie - Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe
DIN EN ISO 16017-2	1999-03	Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz - Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie - Teil 2: Probenahme mit Passivsammlern

## **ANHANG 3**

### **EIGNUNGSGEPRÜFTE IMMISSIONSMESSGERÄTE**



## Eignungsgeprüfte, kontinuierlich arbeitende Immissionsmessgeräte

(Stand: September 2003)

Messobjekt	Messprinzip	Messgerät	Hersteller (Vertreiber) <sup>1)</sup>	Prüfinstitut <sup>2)</sup>	Bekanntgabe im GMBI <sup>3)</sup>
SCHWEFELDIOXID	Leitfähigkeit	Ultragas U3 ES <sup>*)</sup>	H. Wösthoff, Bochum	RW TÜV	1985, 22, 455
		Picoflux 4 <sup>*)</sup>	Hartmann & Braun, Frankfurt	RW TÜV	1985, 22, 455
		Ultragas U3 EK	H. Wösthoff, Bochum	RW TÜV	1990, 12, 242
		Ultragas U3 RK	H. Wösthoff, Bochum	UBA	1995, 33, 703
	UV-Fluoreszenz	Modell 43 <sup>*)</sup>	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	1990, 12, 242
		ML 8850 <sup>*)</sup>	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (MS4-Analysentechnik, Rockenberg)	UBA	1990, 12, 242
		ML 8850 S <sup>*)</sup>	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (MS4-Analysentechnik, Rockenberg)	UBA	1992, 32, 796
		APSA 350 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1990, 12, 243
		Modell 43a <sup>*)*)</sup>	Thermo Instruments, Dortmund	UBA	1990, 12, 243
		AF 21M	Environnement S.A. (Ansyco, Karlsruhe)	UBA	1992, 45, 1143
		ML 9850	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (MS4-Analysentechnik, Rockenberg)	RW TÜV	1996, 8, 189
		APSA 360	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1996, 28, 594
		API Modell 100 A (MLU 100A)	Advanced Pollution Instrumentation, San Diego (USA) (MLU, Essen)	RW TÜV	1997, 29, 466
		Modell 43 C	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	1997, 29, 466
	DOAS (Differen- tielle optische Absorptionsspektro- skopie)	Mehrkomponenten- messgerät AR 500 mit Kalibriereinheit CB 100	Opsis AB, Furuland (Schweden)	UMEG	1993, 26, 471
STICKSTOFFOXIDE	Chemilumineszenz	ML 8440 <sup>*)</sup>	Monitor Labs (Rohde & Schwarz, Köln)	UBA	1990, 12, 243
		Modell 14 D/E <sup>*)</sup>	Thermo Instruments, Dortmund	Lfu B.-W.	1985, 22, 455
		ML 8840 <sup>*)</sup>	Monitor Labs (Rohde & Schwarz, Köln)	UBA	1990, 12, 243
		CSI 1600 <sup>**)</sup>	Columbia Scientific Ind. Corp. (Bestobell Mobrey, Düsseldorf)	RW TÜV	1990, 12, 243
		Modell 8101-CTM <sup>*)</sup>	UPM, Langgöns	Lfu B.-W.	1990, 12, 243
		APNA 300 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1990, 12, 243
		APNA 350 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	UBA	1992, 32, 796
		AC 30 M <sup>*)</sup>	Environnement S.A. (Ansyco, Karlsruhe)	UBA	1990, 12, 243
		Modell CLD 502 <sup>*)</sup>	TECAN, Hombrechtikon (Schweiz)	TÜV Bayern	1990, 12, 243
		CLD 700 AL	Eco Physics, Dürnten (Schweiz) Ergänzungsprüfung von 1996	UMEG	1991, 37, 1046 1996, 42, 884
		Modell TE 42 <sup>*)</sup>	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	1994, 28, 871
		Modell 8841 <sup>*)</sup>	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	UBA	1995, 7, 132

Messobjekt	Messprinzip	Messgerät	Hersteller (Vertreiber) <sup>1)</sup>	Prüfinstitut <sup>2)</sup>	Bekannt- gabe im GMBI <sup>3)</sup>
STICKSTOFFOXIDE	Chemilumineszenz	ML 9841	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	UBA	1996, 8, 189
		APNA 360 E	Horiba Europe, Leichlingen	UBA	1996, 28, 594
		AC 31 M	Environnement S.A. (Ansyco, Karlsruhe)	UBA	1996, 28, 594
		API Modell 200A (MLU 200A)	Advanced Pollution Instrumentation, San Diego (USA) (MLU, Essen)	RW TÜV	1996, 42, 884
		Modell TE 42 C	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	2003, 7, 139
	DOAS	AR 500 mit CB 100	Opsis, Furuland (Schweden)	TÜV Rheinland	2000, 22, 445
KOHLENSTOFF- MONOXID	Leitfähigkeit	Ultragas U3 D-CO	H. Wösthoff, Bochum	RW TÜV	1990, 12, 243
		Ultragas U3 ED-CO	H. Wösthoff, Bochum	RW TÜV	1990, 12, 243
		Nichtdispersive IR- Absorption	Ultramat 3 <sup>*)</sup>	Siemens, Karlsruhe	RW TÜV
	URAS 2 T <sup>*)</sup>		Hartmann & Braun, Frankfurt	RW TÜV	1985, 22, 456
	URAS 4 N <sup>*)</sup>		Maihak, Hamburg	RW TÜV	1990, 12, 243
	UNOR 5 N <sup>*)</sup>		Maihak, Hamburg	RW TÜV	1985, 22, 456
	APMA 300 E <sup>*)</sup>		Horiba Europe, Leichlingen	LfU B.-W.	1990, 12, 244
	APMA 350 E <sup>*)</sup>		Horiba Europe, Leichlingen	UBA	1991, 20, 526
	APMA 360 CE		Horiba Europe, Leichlingen	UBA	1996, 42, 884
	Gasfilterkorrelation	Modell 48 <sup>*)</sup>	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	1990, 12, 244
		CO 10 M <sup>*)</sup>	Environnement S.A. (Ansyco, Karlsruhe)	UBA	1990, 12, 244
		CO 11 M	Environnement S.A. (Ansyco, Karlsruhe)	UBA	1995, 33, 704
		ML 8830 <sup>*)</sup>	Monitor Labs (Rohde & Schwarz, Köln)	RW TÜV	1991, 37, 1046
		ML 9830	Monitor Labs / Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	RW TÜV	1995, 33, 704
		API Modell 300 (MLU 300)	Advanced Pollution Intrumen- tation, San Diego (USA) (MLU Essen)	RW TÜV	1996, 28, 594
SUMME ORGANISCHER- VERBINDUNGEN (OHNE METHAN)	Gaschromatographie / Flammenionisation	U 100 <sup>*)</sup>	Siemens, Karlsruhe	UBA	1985, 22, 456
		APHA 300 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1990, 12, 244
		APHA 350 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1991, 20, 526
		APHA 360	Horiba Europe, Leichlingen	UBA	1998, 1, 10
BENZOL	Gaschromatographie	Umwelt-Gas- Chromatograph U 102 BTX <sup>***)</sup>	Siemens, Karlsruhe	UMEG	1995, 33, 704
		Airmo BTX 1000	Airmotec, Illnau (Schweiz) (Airmotec, Essen)	RW TÜV	1996, 28, 595
		CP-7001 BTX Monitor <sup>*)</sup>	Chrompack, Frankfurt	TÜV Bayern	1996, 28, 595
		GC 855 Serie 600	Umwelttechnik MCZ, Ober- Mörlen	UBA	1998, 20, 419
	DOAS	AR 502 mit FC 150	Opsis, Furuland, Schweden	UBA	2001, 19,388

Messobjekt	Messprinzip	Messgerät	Hersteller (Vertreiber) <sup>1)</sup>	Prüfinstitut <sup>2)</sup>	Bekannt- gabe im GMBI <sup>3)</sup>	
MEHRKOMPO- NENTEN-MESS- EINRICHTUNG	Gaschromatographie	airmo BTX 1000 für Toluol, Ethylbenzol, m-, p-Xylol und o- Xylol	Airmotec, Illnau (Schweiz) (Airmotec, Essen)	RW TÜV	1996, 28, 595	
OZON	UV-Absorption	1008 AH <sup>*)</sup>	Dasibi (Bionics Instruments, Wuppertal)	LIS	1990, 12, 244 1992, 32, 796	
		Modell 3100 <sup>**)</sup>	Columbia Scientific Inc. Corp. (Bestobell Mobrey, Düsseldorf)	RW TÜV	1990, 12, 244	
		APOA 300 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1990, 12, 244	
		ML 8810 <sup>*)</sup>	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	UBA	1990, 12, 244	
		APOA 350 E <sup>*)</sup>	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1990, 34, 861	
		Modell 49 <sup>*)</sup>	Thermo ESM Andersen, Erlangen	UBA	1991, 37, 1046	
		Modell 0; 41 M	Environnement S.S. (Ansyco, Karlsruhe)	LIS	1993, 43, 865	
		ML 9810	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	UMEG	1995, 7, 132	
		ML 9811/12 <sup>****)</sup>	Monitor Labs, Englewood, CO (USA) (Rohde & Schwarz, Köln)	UMEG	1995, 33, 704	
		API Modell 400 (MLU 400)	Advanced Pollution Instrumentation, San Diego (USA) (MLU Messtechnik für Luft und Umwelt, Essen)	RW TÜV	1995, 33, 704	
		APOA 360	Horiba Europe, Leichlingen	TÜV Rheinland	1996, 28, 595	
		TE 49 C	Thermo ESM Andersen, Erlangen	RW TÜV	1999, 22, 448	
		DOAS	AR 500 mit CB 100 und OC 500	Opsis, Furuland (Schweden)	TÜV Rheinland	1999, 22, 448
		Chemilumineszenz	Modell 8002 <sup>*)</sup>	UPM, Langgöns	UBA	1990, 12, 244
RUSS	Thermische CO <sub>2</sub> - Methode	rp 5400	Rupprecht & Patashnick, Albany, N.Y. (USA) (MLU Essen)	RW TÜV	1997, 29, 466	
STAUB	Betastrahlen- Absorption	FH 62 I	Thermo ESM Andersen, Erlangen	LIS	1990, 12, 242	
		FH 62 I (3 m <sup>3</sup> /h)	Thermo ESM Andersen, Erlangen	LIS	1990, 12, 242	
		F 703 <sup>*)</sup>	VEREWA, Mülheim (Ruhr)	BGA	1990, 12, 242	
		FH 62 I-N	Thermo ESM Andersen, Erlangen	LIS	1992, 45, 1142	
		FH 62-IR, PM 10 nach DIN EN 12341	Thermo ESM Andersen, Erlangen	TÜV Bayern TÜV Süd Deutschland	1995, 33, 703 2000, 60, 1195	
	Resonanz- schwingung	TEOM Modell 1400 <sup>*)</sup>	Rupprecht & Patashnick, Albany, N.Y. (USA) (MLU, Essen)	RW TÜV	1992, 32, 796	
		TEOM Modell 1400a	Rupprecht & Patashnick, Albany, N.Y. (USA) (MLU Essen)	RW TÜV	1995, 7, 132 1996, 8, 190	

Messobjekt	Messprinzip	Messgerät	Hersteller (Vertreiber) <sup>1)</sup>	Prüfinstitut <sup>2)</sup>	Bekanntgabe im GMBI <sup>3)</sup>
STAUB	Resonanzschwingung	TEOM Modell 1400a Revision B	Rupprecht & Patashnick, Albany, N.Y. (USA) (MLU, Essen)	RW TÜV	1996, 42, 884 1999, 22, 448
	Betastrahlen-Absorption	SM 200	Opsis, Furuland (Schweden)	TÜV Rheinland	15.05.2003 <sup>4)</sup>

\*) Das Gerät befindet sich nicht mehr im Lieferprogramm des Herstellers. Es wird jeweils der letzte Vertreiber genannt

\*\*) Herstellerfirma existiert nicht mehr

\*\*\*) Gerät zur Zeit nicht lieferbar

\*\*\*\*) Das Gerät 9812 wird aktuell unter der Bezeichnung 9810 mit IZS vertrieben

-) Für das Nachfolge-Gerät F-701 ist eine Eignungsprüfung in Vorbereitung

+) Die Eignungsbekanntgabe wurde auf die baugleichen und von der Firma Philips unter den Bezeichnungen K 50206/00 (SO<sub>2</sub>), K 50109/00 (CO) und K 50110/00 (O<sub>3</sub>) vertriebenen Geräte übertragen (GMBI 1992, 32, 796)

1) Bei einigen Geräten wechselte der Vertreiber seit der Eignungsprüfung. Genannt ist der derzeitige Vertreiber. Bei nicht mehr lieferbaren Geräte ist der letzte Vertreiber genannt.

2) BGA = Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin;

LfU B.-W. = Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe (heute: UMEG);

LIS = Landesanstalt für Immissionsschutz (heute: Landesumweltamt) des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen;

RW TÜV = Rheinisch-Westfälischer Technischer Überwachungs-Verein, Essen;

TÜV Bayern, München;

TÜV Rheinland, Köln;

TÜV Süddeutschland, München

UBA = Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt, Offenbach;

UMEG = Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen, Karlsruhe

3) GMBI = Gemeinsames Ministerialblatt Jahr, Nr., Seite

4) Änderung des Publikationsorgans: Bundesanzeiger 15.05.2003 Nr. 90 10742ff

**Zusammenstellung der im Anhang 3 beschriebenen eignungsgeprüften Immissionsmessgeräte**

Hersteller/Vertrieb	Messobjekt								
	Schwefel- dioxid	Stickstoff- oxide	Kohlenstoff- monoxid	Ozon	Kohlen- wasserstoffe	Ruß	Benzol	organische Mehrkomponenten	Staub bzw. PM <sub>10</sub>
Airmotec							BTX 1000	BTX 1000	
Ansyco	AF 21M	AC 31M	CO 11M	O <sub>3</sub> 41M					
ECO Physics		CLD 700 AL							
HORIBA	APSA-360	APNA-360	APMA-360	APOA-360	APHA-360				
MCZ Umwelttechnik							GC 855 Serie 600		
MLU	MLU 100A	MLU 200A	MLU 300	MLU 400		rp 5400			TEOM 1400a
MS4-Analysentechnik	ML 9850	ML 9841	ML 9830	ML 9810 ML 9811					
Opsis	AR 500	AR 500		AR 500			AR 502Z		SM 200
Thermo ESM Andersen	TE 43 C	TE 42 C		TE 49 C					FH 62-I-N FH 62-I-R

## Alphabetisches Verzeichnis der beschriebenen Messgeräte

Die folgenden Darstellungen der eignungsgeprüften Immissions-Messgeräte basieren in der Regel auf Angaben der Hersteller oder Vertreiber und auf zur Verfügung gestellten Unterlagen, Abbildungen und Skizzen sowie Internetseiten. Hieraus resultieren Unterschiede in der Darstellung. In einigen Fällen sowie bei den „Technischen Daten“ wurde auf die Berichte der Prüfinstitute über die Eignungsprüfung der Geräte zurückgegriffen. Einige Daten aus den Eignungsprüfungen beziehen sich auf die Immissionswerte IW1 bzw. IW 2 aus der TA Luft 86 /51/ (Novelle: TA Luft 02 /24/).

Geräte, die nicht mehr im Lieferprogramm des Herstellers enthalten oder nur noch wenig im Einsatz sind, werden hier nicht aufgeführt. Es wird nur die neuere Ausführung beschrieben, auch wenn das vorangegangene Modell eignungsgeprüft ist. Es ist generell davon auszugehen, dass Neuentwicklungen eignungsgeprüfte ältere Geräte ersetzen werden.

### Airmotec GmbH

airmo BTX 1000 für Benzol und	
airmo BTX 1000 für Toluol, Ethylbenzol, m, p-Xylol und o-Xylol .....	168

### Ansyco GmbH

SO <sub>2</sub> -Analysator Modell AF 21M .....	171
NO/NO <sub>x</sub> -Analysator Modell AC 31M .....	174
CO-Analysator Modell CO 11M .....	177
Ozon-Analysator Modell O <sub>3</sub> 41M.....	179

### ECO PHYSICS AG

Chemilumineszenzanalysator für NO und NO <sub>x</sub> Modell CLD 700 AL.....	181
------------------------------------------------------------------------------	-----

### Horiba Europe GmbH

SO <sub>2</sub> -Analysengerät APSA-360.....	184
NO <sub>x</sub> -Analysengerät APNA-360.....	186
CO-Analysengerät APMA-360 .....	189
O <sub>3</sub> -Analysengerät APOA-360 .....	192
HC-Analysengerät APHA-360 .....	194

### MCZ Umwelttechnik GmbH

Messgerät für Benzol GC 855 .....	197
-----------------------------------	-----

## Verzeichnis der beschriebenen Messgeräte (Fortsetzung)

### MLU Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

Modell 100A SO <sub>2</sub> Messgerät .....	199
Modell 200A NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> Messgerät .....	202
Modell 300 CO Messgerät.....	205
Modell 400 Ozon Messgerät.....	208
Schwebstaub-Messgerät TEOM 1400a .....	211
Modell rp 5400 Kohlenstoff-Messgerät .....	213

### MS4-Analysentechnik

SO <sub>2</sub> -Analysator ML 9850.....	215
NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> -Analysator ML 9841 .....	218
CO-Analysator ML 9830.....	221
Ozon-Analysator ML 9810.....	224
Ozon-Analysator ML 9811.....	227

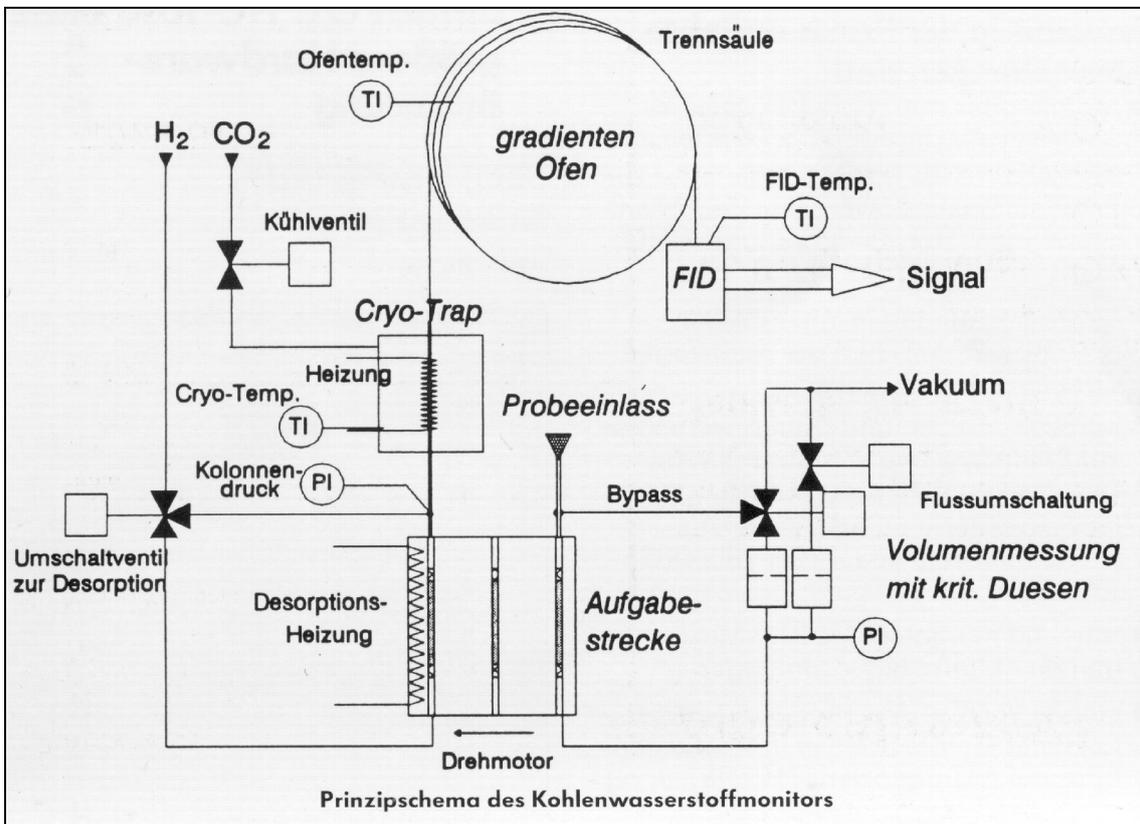
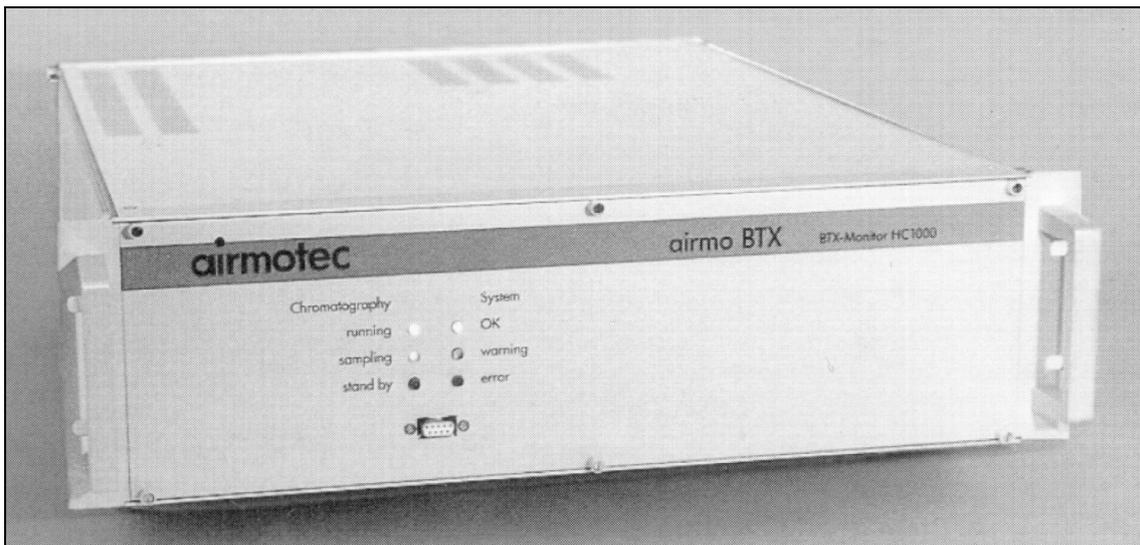
### Opsis Umweltmesssysteme GmbH

Mehrkomponentenmessgerät AR 500.....	229
Benzol-Messgerät AR 502 Z .....	232
PM10-Messgerät SM200.....	235

### Thermo ESM Andersen

SO <sub>2</sub> -Analysator Modell TE 43C .....	237
NO <sub>x</sub> -Analysator Modell TE 42C.....	239
Ozon-Analysator Modell 49C .....	241
Automatisches Staubmessgerät 62 I-N.....	243
Automatisches Staubmessgerät 62 I-R.....	246

**airmo BTX 1000 für Benzol  
airmo BTX 1000 für Toluol, Ethylbenzol, m, p-Xylol  
und o-Xylol**



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Benzol und weiteren leichtflüchtigen BTX-Komponenten (Toluol, Ethylbenzol, Xylole) in atmosphärischer Luft (und Innenraumluft).

Eignungsprüfungen durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungsverein - Anlagentechnik GmbH:

Bericht Nr. 3.5.1/1169/92-474267/01 vom 1.3.1996 für Benzol

Bericht Nr. 3.5.1/1169/69-474267/01 vom 1.3.1996 für Toluol, Ethylbenzol, o-, m-, p-Xylol

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Gerät airmo BTX 1000 enthält einen Gaschromatographen mit automatischer Probenahme.

Die Luftprobe wird mittels einer außerhalb des Gerätes befindlichen Pumpe von hinten in das Gerät geführt und mittels Unterdruck über das im Probenahmepfad stehende, mit Adsorbentien gefüllte Proberöhrchen gesaugt. Insgesamt befinden sich 3 Röhrchen für die Messung im Gerät; jeweils ein Röhrchen befindet sich im Probenahmepfad, im Analysepfad und in Warteposition.

Die Desorption der Röhrchen erfolgt nach Drehen der Aufgabestrecke durch Aufheizen des Adsorbens. Mit dem Einschalten der Desorptionsheizung wird gleichzeitig das Trägergas vom Säulenanfang vor die Aufgabestrecke geschaltet, damit die Probe in die Cryo-Trap überführt wird. In dieser Kühlfalle wird die Probe auf das kleinstmögliche Volumen gebracht

Die Cryo-Trap wird zur Injektion der Probe in die Kapillarsäule des Gaschromatographen sehr schnell (bis auf 350 °C) aufgeheizt. Die in den Kapillarsäulen aufgetrennten Stoffe werden von einem Flammen-Ionisations-Detektor (FID) nachgewiesen. Das Signal des FID wird verstärkt und einem Analog/Digital-Wandler zugeführt, der das digitalisierte Signal dem angeschlossenen PC mittels RS 232-Schnittstelle übermittelt. Die Ausgabe erfolgt (neben anderen Auswertungs- und Speicherungsmöglichkeiten) als Chromatogramm in Echtzeitdarstellung.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus den Eignungsprüfungen

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	< 0,16 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup> 0,58 µg/m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>
Messbereichsendwert	300 µg/m <sup>3</sup> Benzol 300 µg/m <sup>3</sup> Toluol 250 µg/m <sup>3</sup> m-, p-Xylol 420 µg/m <sup>3</sup> Ethylbenzol 130 µg/m <sup>3</sup> o-Xylol
Reproduzierbarkeit (R)	> 19,4 <sup>(1)</sup> > 18,7 <sup>(2)</sup>
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	< - 1,2% <sup>(1)</sup> < + 1,285% <sup>(2)</sup>
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< -3,365% <sup>(1)</sup> < - 3,485% <sup>(2)</sup>
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	0%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24h	< 0,41% <sup>(1)</sup> < 0,51% <sup>(2)</sup>
in 14 Tagen	< 5,8% <sup>(1)</sup> < 7,1 % <sup>(2)</sup>
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 220-245V	< +1,36% <sup>(1)</sup> < - 1,97% <sup>(2)</sup>
Verfügbarkeit	> 99%
Einlaufzeit	<< 15 Minuten
Nutzungsdauer sämtlicher Verbrauchsmittel	> 6 Wochen
Lebensdauer sämtlicher Verschleißteile	> 6 Monate
Querempfindlichkeit	max. -8,02% gegenüber Prüfgasgemischen von O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, CCl <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> HCl und 8 Kohlenwasserstoffen <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Benzol

<sup>(2)</sup> Toluol, Ethylbenzol, o-, m- und p-Xylol

### 3.2 Weitere technische Daten

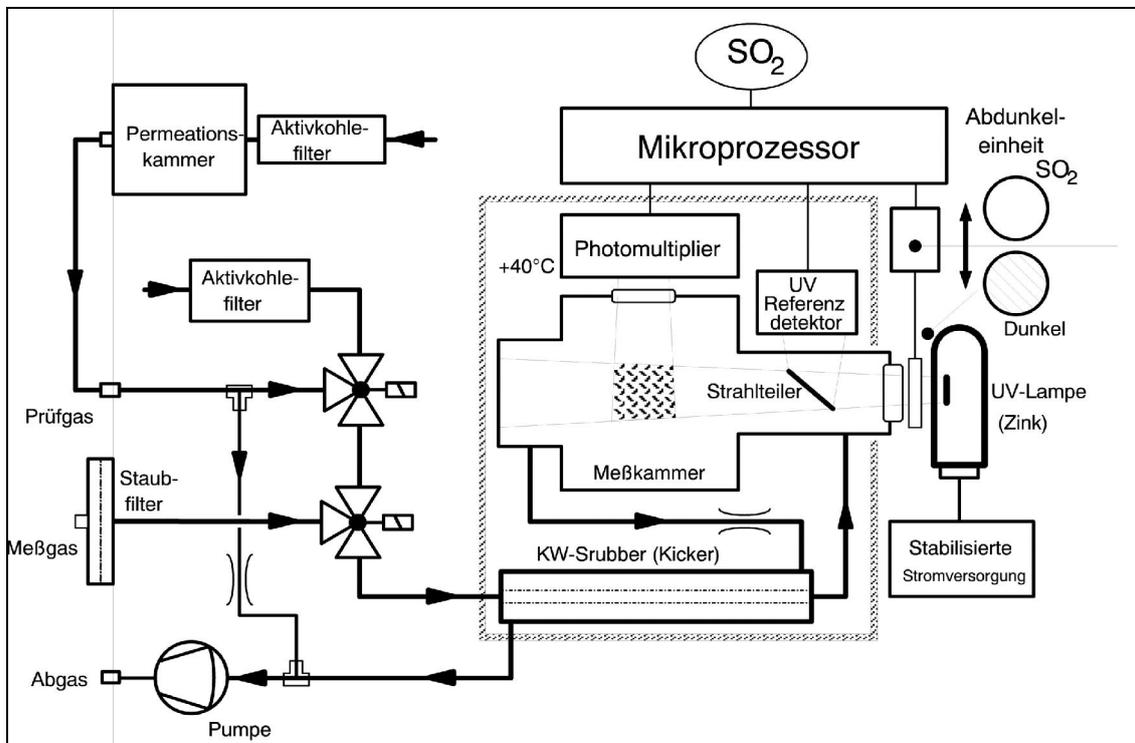
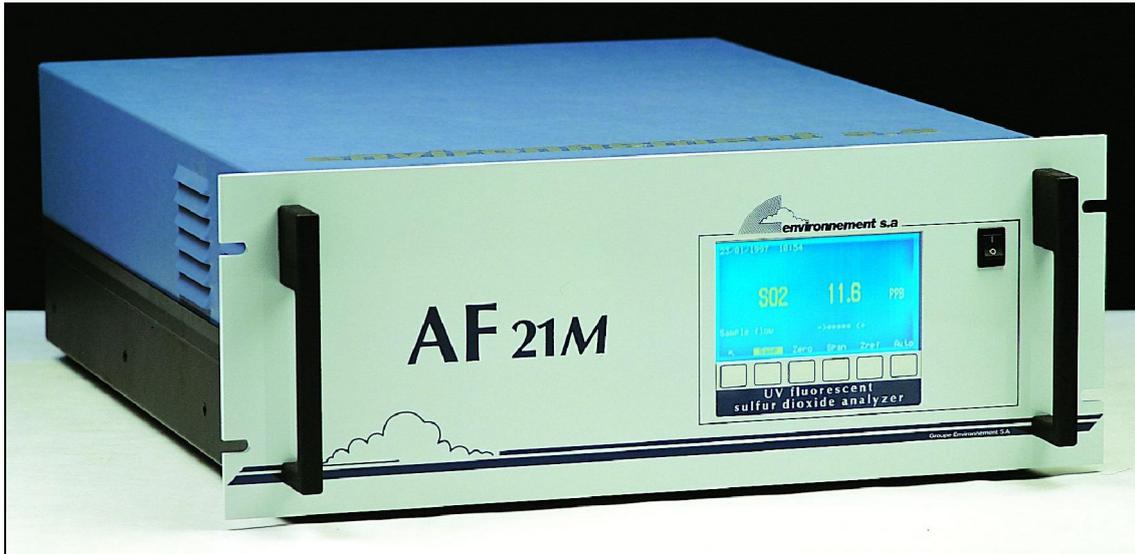
Abmessungen	19", 3 HE
Gewicht	18 kg
Netzanschluss	230 V AC /50.60 Hz
Leistungsaufnahme	130 W
Messwertausgang	0...1 V analog (FID-Signal)
Digitale Schnittstelle	RS 232

**Hersteller** Airmotec, Illnau (Schweiz)

**Vertreiber in  
Deutschland** Airomotec GmbH  
Kurfürstenstraße 19  
D-45138 Essen

Telefon +49 201 280 280  
Telefax +49 201 280 2899  
Email [airmotec-gmbh@t-online.de](mailto:airmotec-gmbh@t-online.de)  
Internet [www.airomotec.com](http://www.airomotec.com)

## SO<sub>2</sub>-Analysator (UV Fluoreszenz) Modell AF 21M



## 1. Anwendungsbereich

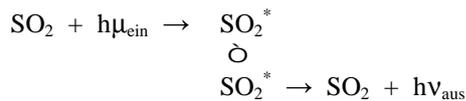
Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Schwefeldioxid.

Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 16, August 1992.

Schwefelwasserstoff kann nach Konvertierung von H<sub>2</sub>S zu SO<sub>2</sub> in einem Zusatzgerät automatisch-kontinuierlich gemessen werden.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der SO<sub>2</sub>-Analysator arbeitet auf der Basis eines Fluoreszenzdetektors. Das Probegas wird in der Messkammer einem UV-Licht von 214 nm ( $v_{\text{ein}}$ ) ausgesetzt, das zu einer Anregung des SO<sub>2</sub> führt. Ein Teil der elektronisch angeregten SO<sub>2</sub>-Moleküle gibt die aufgenommene Energie durch Fluoreszenz mit einer längeren Wellenlänge bei 320 nm ( $v_{\text{aus}}$ ) wieder ab:



Die freiwerdende Strahlung wird von einem Photomultiplier senkrecht zur Bestrahlungsrichtung detektiert. Die Intensität der Fluoreszenz ist proportional zur SO<sub>2</sub>-Konzentration.

Die UV-Quelle, eine Zink-Lampe wird mit Konstantstrom versorgt. Über einen Referenzdetektor wird die Lampenintensität kontinuierlich erfasst und geringere Schwankungen laufend korrigiert.

Störende aromatische Verbindungen werden zuvor in einem Scrubber bzw. „Carbon-Kicker“ weitgehend entfernt. Unter der Wirkung eines Druckgradienten diffundieren die Aromaten durch eine semipermeable Membran ins Abgas.

Eine interne Pumpe saugt das Probegas durch den Analysator; der Gasfluss wird durch einen Restriktor vorgegeben. Nach dem Einschalten wird automatisch Nullgas aufgeschaltet und der Nullpunkt nachjustiert. Eine Blende unterbricht den UV-Strahl und der PM-Dunkelstrom wird erfasst und berücksichtigt. Der Prozessor berechnet den Messwert und Mittelwerte (Interner Datenspeicher für max. 10.000 Mittelwerte über 1 bis 1440 Minuten einstellbar, Abruf im Display als Tabelle oder Grafik), überwacht und steuert alle Gerätefunktionen. Alle vorliegenden Analogsignale sind mittels Diagnosefunktionen im Klartext abrufbar.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	≤ 11,5 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 - 1144 µg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	143 µg/m <sup>3</sup> : 21 429 µg/m <sup>3</sup> : 52 858 µg/m <sup>3</sup> : 80
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	5°C - 40°C: ≤ 2%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	5°C - 40°C: ≤ 2%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	≤ 10% im Wartungsintervall ≤ 2% überwiegend eingehalten
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	≤ 10% im Wartungsintervall ≤ 2% immer eingehalten
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Störungen feststellbar
Verfügbarkeit	> 95%
Kalibrierzeit	≤ 2%
Rüstzeit	ca. 1 Stunde
Einstellzeit	≤ 120 s
Wartungsintervall	ca. 4 Monate
Querempfindlichkeit	≤ 2% pro Komponente (CO <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , Benzol, Ethen, NO, NO <sub>2</sub> ) H <sub>2</sub> O: ≤ 3,5% (80% r.F.)

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	19" Einschub, 4 HE (=177 mm) Tiefe 650 mm
Gewicht	ca. 15 kg
Netzanschluss	220V / 50 Hz
Gewicht	ca. 70VA
Messwertausgang	0 – 1...10 V oder 0 – 4...20 mA
Digitale Schnittstelle	RS232/RS422 mit Protokoll Bayern-Hessen (MGS1)

### Hersteller

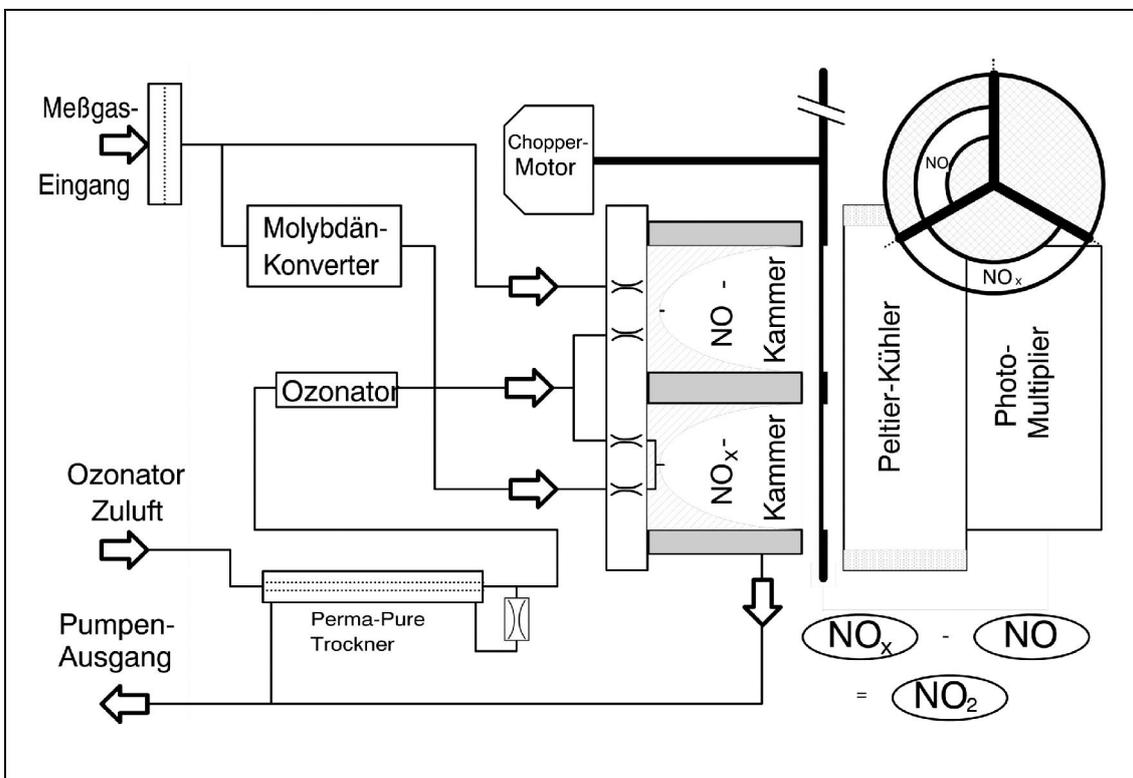
Environnement s.a.

### Vertreiber in Deutschland

Ansyco GmbH,  
Ostring 4  
D-76351 Karlsruhe

Telefon +49 721 626560  
Telefax +49 721 621332  
Email [info@ansyco.de](mailto:info@ansyco.de)  
Internet [www.ansyco.de](http://www.ansyco.de)

## NO/NO<sub>x</sub>-Analysator (Chemilumineszenz) Modell AC 31M



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Stickstoffdioxid und der Gesamtstickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) sowie von Stickstoffdioxid durch Differenzbildung.

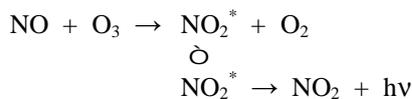
Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 23, März 1996.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Modells AC 30 M (nicht mehr lieferbar).

Ammoniak kann kontinuierlich-automatisch bei Vorschalten eines Konverters, der NH<sub>3</sub> zu NO oxidiert, gemessen werden.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der NO/NO<sub>x</sub>-Analysator, Modell AC 31 M, arbeitet auf Basis eines Chemilumineszenzdetektors (CLD). Prinzipiell kann mit dem CLD nur das Stickstoffmonoxid NO aufgrund seiner Reaktion mit überschüssig angebotenen Ozon erfasst werden. Die im Verlauf der Reaktion



freiwerdende Lumineszenz (hν) wird von einem Photomultiplier detektiert. Ihre Intensität ist der NO-Konzentration proportional.

Zur NO<sub>x</sub>-Messung wird das NO<sub>2</sub> in einem beheizten Molybdän-Konverter zu NO reduziert, so dass das Messsignal der Summe (NO + NO<sub>2</sub>) entspricht. Die Anzeige erfolgt parallel zum NO-Wert.

Beide Werte werden durch das „Zwei-Kammer-Ein-Detektor“-System zeitgleich gemessen; es treten weder negative NO<sub>2</sub>-Werte noch Nullpunkt-driften auf. Dafür sorgt ein Choppersystem mit 250 U/min, das bei jedem Umlauf die Erfassung der beiden Messwerte und den Abgleich des PM-Dunkelstroms ermöglicht. Die Messkammer ist beheizt und evakuiert, der Photomultiplier auf +10°C gekühlt. Die Gasflüsse für Ozon und Messgas sind über kritische Düsen eingestellt. Zur Ozonerzeugung wird nur Umgebungsluft benötigt, die über ein wartungsfreies „Perma-Pure“-System getrocknet wird.

Die Prozessorelektronik berechnet den Messwert und Mittelwerte (Interner Datenspeicher für max. 10.000 Mittelwerte über 1 bis 1440 Minuten einstellbar, Abruf im Display als Tabelle oder Grafik), überwacht und steuert alle Geräte-

funktionen. Alle vorliegenden Analogsignale sind mittels Diagnosefunktionen im Klartext abrufbar.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear		
Nachweisgrenze	NO, NO <sub>x</sub> : < 8 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> : < 3,7 µg/m <sup>3</sup>		
Messbereich	0 - 1340 bzw. 2040 µg/m <sup>3</sup>		
Reproduzierbarkeit (R)	NO	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>
	26-57	69-90	34,8-355
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	5°C - 40°C : ≤ 0,5%		
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	0°C - 30°C : ≤ 2% > 30°C : > 2%		
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	≤±10%	im Wartungsintervall	
	≤±2%	im 24 Std.-intervall	
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	≤±10%	im Wartungsintervall	
	≤±2%	im 24 Std.-intervall	
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Störeinflüsse beobachtet		
Verfügbarkeit	100%		
Rüstzeit + Einslaufzeit	ca. 1 Stunde		
Einstellzeit	< 70 s		
Wartungsintervall	ca. 1 Monat		
Querempfindlichkeit	NO: pro Komponente ≤ 0,1% NO <sub>x</sub> : für Summe der Komponenten ≤ 1% (CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , Ethen, Benzol) NO <sub>2</sub> : H <sub>2</sub> O ≤ 1% bei 85% r.F.		

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	19"-Einschub, 4 HE (=177 mm) Tiefe 650 mm
Gewicht	ca. 25 kg
Netzanschluss	220V / 50Hz, ca. 300VA (Aufheizphase) ca. 150VA (Dauerbetrieb)
Messwertausgang	0 – 1...10 V oder 0 – 4...20 mA
Digitale Schnittstelle	RS232/RS422 mit Protokoll Bayern-Hessen (MGS1)

### Hersteller

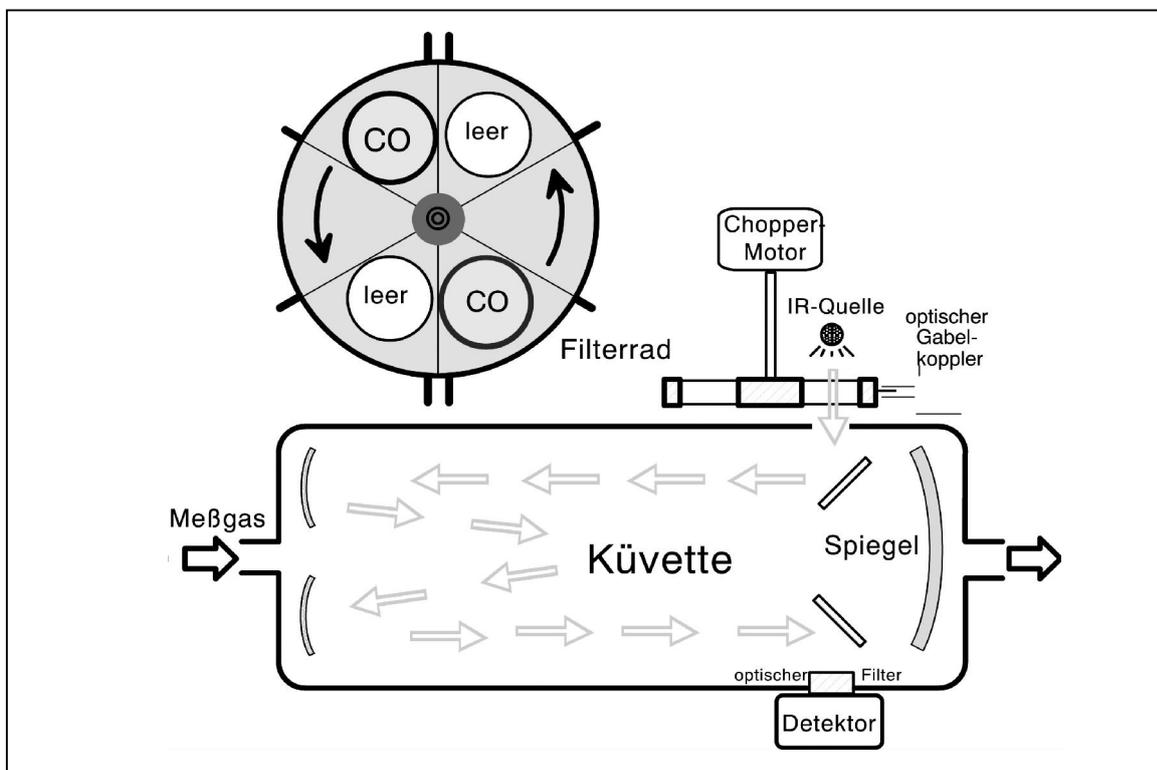
Environnement s.a.

### Vertreiber in Deutschland

Ansyco GmbH,  
Ostring 4  
D-76351 Karlsruhe

Telefon +49 721 626560  
Telefax +49 721 621332  
E-Mail [info@ansynco.de](mailto:info@ansynco.de)  
Internet [www.ansynco.de](http://www.ansynco.de)

## CO Analysator Modell CO 11M



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Kohlenstoffmonoxid.

Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 20, März 1995.

## 2. Aufbau und Funktionsweise

Der IR-CO-Analysator, Modell CO 11 M, arbeitet auf der Basis der Gasfilter-Korrelation: Die von einem Widerstandsdraht emittierte Infrarotstrahlung passiert zuerst das Korrelationsfilterrad, dann die Messküvette und schließlich ein Interferenzfilter mit  $4,7 \mu\text{m}$  vor dem Festkörperdetektor. Das Filterrad besteht aus 3 Segmenten, womit 50 mal pro Sekunde 3 Signale erzeugt werden:

- Das **Dunkelsignal** des Detektors bei abgedeckter IR-Quelle;
- das **Messsignal** beim Strahlendurchgang durch eine evakuierte Küvette;
- das **Referenzsignal** zur Kompensation von Querempfindlichkeiten. Eine mit CO gefüllte Filterküvette absorbiert alle CO-charakteristischen Wellenlängen.

Die Differenz der 3 Signale ergibt den störungsfreien, selektiven CO-Messwert.

Die kompakte Bauform der Küvette mit 5,6 m optischer Weglänge in Verbindung mit dem auf  $-30^\circ\text{C}$  gekühlten Detektor ergibt die kurze Ansprechzeit bei niedriger Nachweisgrenze. Die moderne Prozessorelektronik berechnet den Messwert und die Mittelwerte (Interner Datenspeicher für max. 10.000 Mittelwerte über 1 bis 1440 Minuten einstellbar, Abruf im Display als Tabelle oder Grafik), überwacht und steuert alle Gerätefunktionen. Alle vorliegenden Analogsignale sind mittels Diagnosefunktionen im Klartext abrufbar.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	$\leq 0,032 \text{ mg/m}^3$
Messbereich	$0 - 120 \text{ mg/m}^3$
Reproduzierbarkeit (R)	IW1 : 19,2 IW2 : 57,9 2·IW2 : 119,1

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)  $5^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}: \leq 2\%$

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)  $0^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}: \leq 2\%$   
 $35^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}: \leq 3\%$

Zeitliche Änderung des Nullpunktes  $\leq 10\%$  im Wartungsintervall  
 $\leq 2\%$  immer eingehalten

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit  $\leq 10\%$  im Wartungsintervall  
 $\leq 2\%$  immer eingehalten

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals keine Störungen feststellbar

Verfügbarkeit  $> 95\%$

Kalibrierzeit  $\leq 2\%$

Rüstzeit ca. 1 Stunde

Einstellzeit  $\leq 70 \text{ s}$

Wartungsintervall ca. 1 Monat

Querempfindlichkeit  $\leq 2\%$  pro Komponente (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>O)

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen  $19''$ -Einschub, 4 HE  
Tiefe 650 mm

Gewicht ca. 18 kg

Netzanschluss 220V / 50Hz,  
ca. 90 W

Messwertausgang  $0 - 1...10 \text{ V}$  oder  
 $0 - 4...20 \text{ mA}$

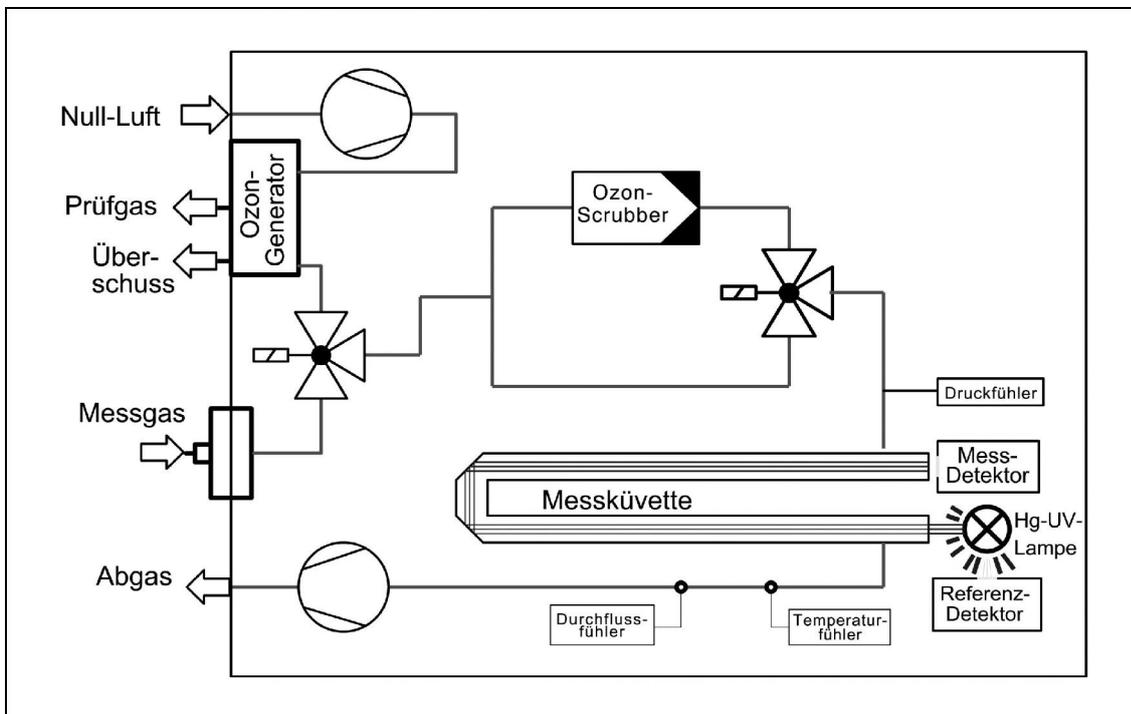
Digitale Schnittstelle RS232/RS422 mit Protokoll Bayern-Hessen (MGS1)

Hersteller Environnement s.a.

Vertreiber in Deutschland Ansyco GmbH  
Ostring 4  
D-76351 Karlsruhe

Telefon (0721) 626560  
Telefax (0721) 621332  
E-Mail info@ansyco.de  
Internet www.ansyco.de

## Ozon Analysator Modell O<sub>3</sub> 41M



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Ozon.

Eignungsprüfung durch die Landesanstalt für Immissionsschutz (heute: Landesumweltamt) des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen, LIS-Bericht 111/1993.

## 2. Aufbau und Funktionsweise

Der Analysator, Modell O<sub>3</sub> 41 M, ist ein kontinuierlich und spezifisch messender Ozonanalysator für den Einsatz im Immissionsbereich (Messwagen, Messstation, Labor, Simulationskammern) und zur MAK-Überwachung.

Grundlage des Messverfahrens ist die UV-Absorption des Ozons bei 254 nm, wobei eine Quecksilberlampe als UV-Lichtquelle dient.

Das UV-Licht wird von Vakuum-Photoröhren detektiert und ihr Ausgangssignal von Elektrometern verstärkt.

Das Photometer umfasst zwei Detektoren, einen zur Messung der Transmission durch die Messzelle (Messdetektor) und einen zur Messung der UV-Intensität der Lampe (Referenzdetektor).

Im Messbetrieb wird das Messgas im 10s-Takt zuerst über einen selektiven Ozonfilter in die Küvette geleitet. Dabei wird die Transmission  $I_0$  der ozonfreien Probe gemessen. Darauf folgt die direkte Messgasaufnahme und Messung der Transmissions  $I$ . Die Ozonkonzentration errechnet sich nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz:

$$c_{O_3} = k \cdot \log(I_0/I)$$

Druck- und Temperatursensoren ermöglichen die Korrektur der Werte auf Normbedingungen (= 273 K, 1013 hPa).

Elektronik und Optik sind in übersichtlichen Baugruppen aufgebaut, so dass Wartungen problemlos durchzuführen sind.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher (bis zu 10.000 Mittelwerte über 1 bis 1440 Minuten einstellbar, Abruf im Display als Tabelle oder Grafik).

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion  $x = by + a$

Nachweisgrenze 1 ppb

Messbereichsendwert 200 ppb

Reproduzierbarkeit (R) 48

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 0,4%

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 1%

Zeitliche Änderung Nullpunktes < 0,1% in 24 Stunden  
0,2% in 30 Tagen

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit < 0,1% in 24 Stunden  
1,5% in 30 Tagen

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 0,4%

Verfügbarkeit  $\geq 80\%$

Einstellzeit  $\leq 180$  s

Wartungsintervall 30 Tage

Querempfindlichkeit < 6%  
(SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, Benzol, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, Ethylen, iso-Buten, CH<sub>4</sub>, Ethan)

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen 19"-Einschub,  
4 HE (=177 mm)  
Tiefe 650 mm

Gewicht ca. 15 kg

Netzanschluss 220V / 50Hz,  
ca. 50VA

Messwertausgang 0 – 1...10 V oder  
0 – 4...20 mA

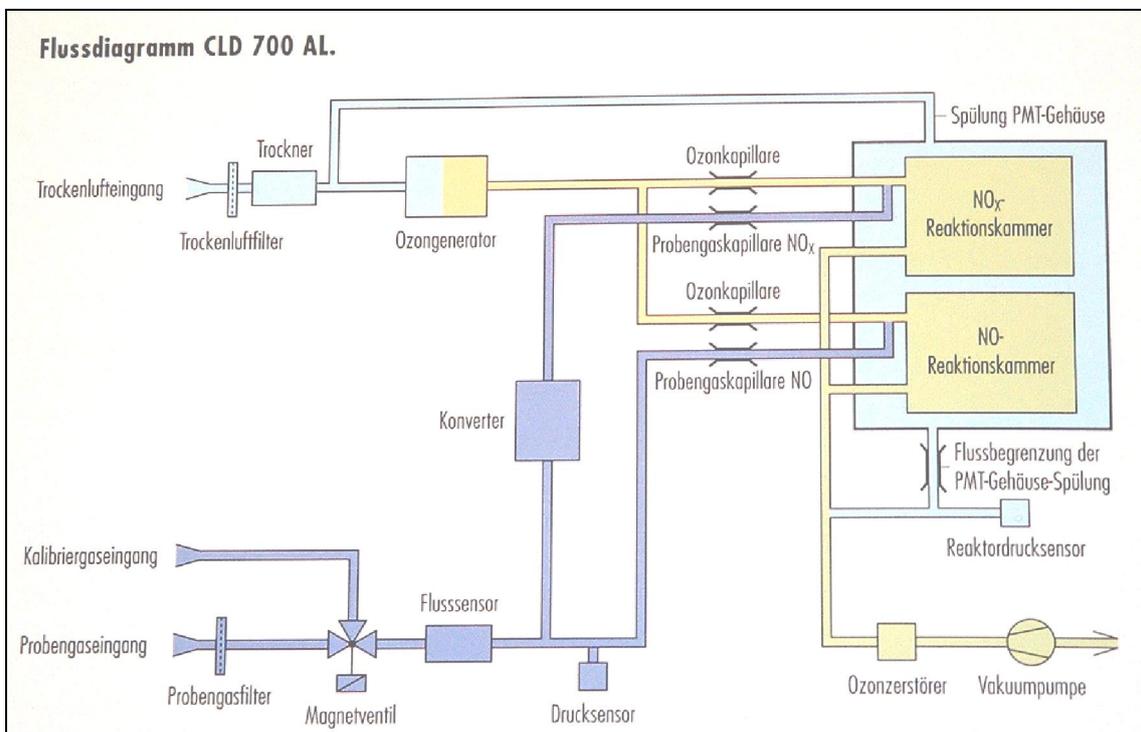
Digitale Schnittstelle RS232/RS422 mit Protokoll  
Bayern-Hessen (MGS1)

**Hersteller** Environnement s.a.

**Vertreiber in Deutschland** Ansyco GmbH,  
Ostring 4  
D-76351 Karlsruhe

Telefon +49 721 626560  
Telefax +49 721 621332  
E-Mail: info@ansyco.de  
Internet www.ansyco.de

## Chemilumineszenzanalysator CLD 700 AL



## 1. Anwendungsbereich

Gleichzeitige automatisch-kontinuierliche Messung von NO-, NO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Immissionen.

Eignungsprüfung durch die Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, Karlsruhe, UMEG-Bericht Nr. 33-19/91 vom August 1991. Nachprüfung: UMEG-Bericht Nr. 33-07/96 vom August 1996.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Modell CLD 700 AL ist ein Zweikanal-Chemilumineszenzgerät mit einem Photomultiplier (siehe Abbildung). Dem Messprinzip liegt die Chemilumineszenzreaktion zwischen Stickstoffmonoxid und Ozon zugrunde. Die Chemilumineszenzstrahlung ist bei konstantem und im Überschuss angebotenen Ozon der in der Probeluft enthaltenen NO-Konzentration proportional. Durch einen der zweiten Reaktionskammer vorgeschalteten Molybdän-Konverter (Arbeitstemperatur 325°C) wird das Stickstoffdioxid in der Probeluft zu Stickstoffmonoxid reduziert und ebenfalls als NO gemessen. Durch Differenzbildung wird der Gehalt von NO<sub>2</sub> in der Außenluft errechnet.

Die optische Trennung des Reaktionslichts der beiden auf 55°C thermostatisierten Reaktionskammern geschieht über einen schrittmotorgetriebenen Umlenkspiegel.

Die Ozonerzeugung geschieht nach dem Prinzip der sogenannten stillen elektrischen Ladung. Dabei wird, mit einer Trockenpatrone (Füllung: Silicagel), getrocknete Umgebungsluft über ein Staubfilter durch ein elektrisches Wechselfeld geleitet. Durch eine Ionisationsreaktion entsteht aus dem Luft-sauerstoff Ozon.

Die Abhängigkeit des Messergebnisses vom Massenstrom in der Reaktionskammer wird durch Konstanthalten des Durchflusses minimiert. Dazu wird mittels Kapillaren aus Edelstahl im Ozon- und Messgutweg und einer Vakuumpumpe, die einen Reaktionskammerunterdruck von bis zu 40 mbar erzeugt, der Massenstrom konstant gehalten.

Ein kleiner Teilstrom der getrockneten Luft wird zur Spülung des Photomultipliergehäuses verwendet.

Der Druck in der Reaktionskammer sowie der Eingangsdruck des Messgutes werden gemessen und zur Messsignalkorrektur und Funktionsüberwachung verwendet.

Auf der Eingangsseite der Vakuummembranpumpe sitzt ein Bauteil, in dem Ozon thermisch

zerstört wird. Ein Wärmetauscher kühlt das Abgas anschließend wieder auf Pumpentemperatur ab. Eine Temperaturüberwachung sorgt dafür, dass die Pumpe erst nach Erreichen der Arbeitstemperatur des Ozonerstörers von 700°C zu arbeiten beginnt.

Das 1996 nachgeprüfte Gerät unterschied sich vom 1991 geprüften Gerät durch folgende Änderungen: Ersatz der Kapillaren zum Konstanthalten der Volumenströme durch kritische Düsen; Ersatz der ursprünglichen Trockensäule zur Trocknung der Versorgungsluft für den Ozongenerator durch einen Permeationstrockner; schmaleres Gehäuse und dadurch geänderte Anordnung der Baugruppen im Analysator; geänderte Software mit Kompensation des Einflusses der Umgebungstemperatur.

Die Bedienung erfolgt entweder über die eingebaute Tastatur oder ferngesteuert von einem PC aus.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Eichfunktion	linear
Nachweisgrenze (2 Geräte)	NO 0,55 / 0,49 ppm NO <sub>x</sub> 0,63 / 0,74 ppm
Messbereich	0 -1000 ppb (bei der Prüfung)
Reproduzierbarkeit (R) (auf IW2 für NO <sub>2</sub> bezogen)	ppb NO NO <sub>x</sub> 58,3 81 31 290,2 26 20 436,9 16 27 861,1 13 11
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	NO : max. 0,1% NO <sub>x</sub> : max. 0,7% (bei 30 / 40°C: -4,8%)
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	NO : max. 5,3% NO <sub>x</sub> : max. 5,0%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	0% max. 0,2%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	0,4% max. 5,6%
Netzspannungs- abhängigkeit des Messsignals	kein Einfluss
Verfügbarkeit	> 99%

Rüstzeit 0,5 h  
 Einlaufzeit ca. 2 Stunden  
 Einstellzeit 60 sec

**Hersteller** ECO PHYSICS AG.  
 Postfach 282  
 CH-8635 Dürnten  
 Telefon +41 55 240 43 43  
 Telefax +41 55 240 85 85  
 E-Mail info@ecophysics.com

		NO	NO <sub>x</sub>
SO <sub>2</sub> , SF <sub>6</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , Ethen, Propan		0	0
H <sub>2</sub> S	1 ppm	2,8%	0
Benzol	0,1 ppb	2,4%	2,4%
NH <sub>3</sub>	5 ppb	max 1,6%	max 1,9%
H <sub>2</sub> O	50%	-2,9%	-2,4%
H <sub>2</sub> O	93%	-6,2%	-5,1%

**Vertreiber in Deutschland** ECO PHYSICS GmbH.  
 Schleissheimerstr. 270b  
 D-80809 München  
 Telefon +49 89 307667-0  
 Telefax +49 89 307667-29  
 E-Mail info@ecophysics.de  
 Internet www.ecophysics.de

Wartungsintervall 14 Tage

Querempfindlichkeit  
 (bei 428 ppb)

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen B x H x T  
 483 x 133 x 588 mm

Gewicht 23 kg

Netzanschluss 230V / 50Hz,  
 110V / 60Hz (±10%)

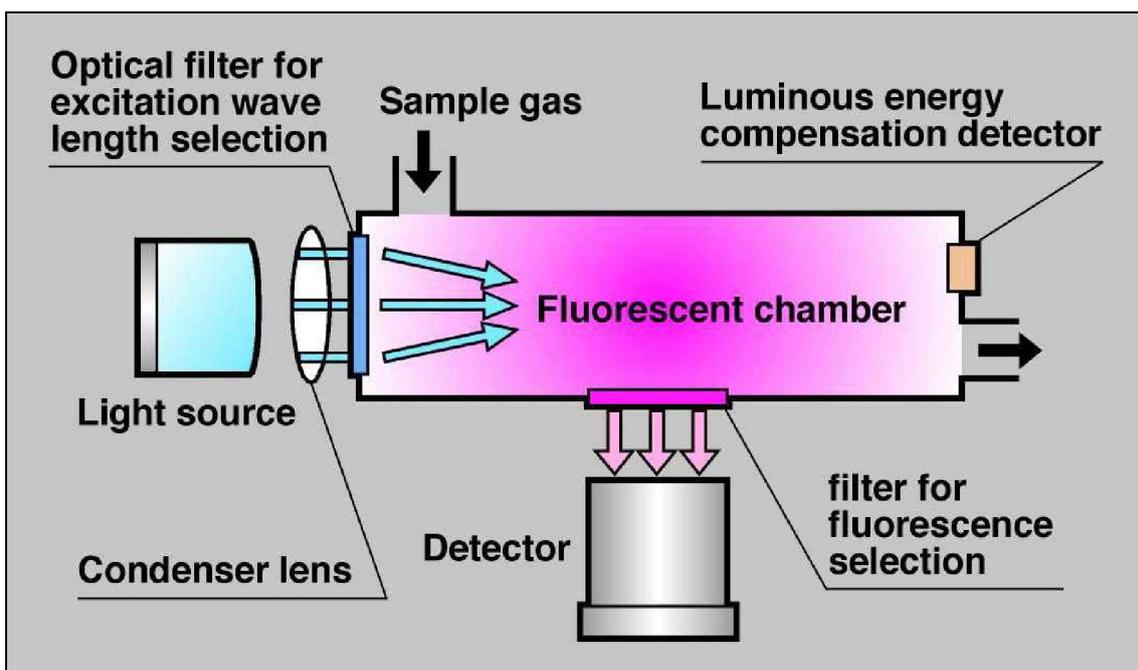
Messwertausgang wählbar 1V / 10V,  
 20 mA

Digitale Schnittstelle RS-232

## SO<sub>2</sub>-Analysator HORIBA Modell APSA-360



Prinzip-Abbildung:  
UV Fluoreszenz,



## 1. Anwendungsbereich

Kontinuierlich-automatische Schwefeldioxidmessungenmessung.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Gerätes APSA-350E.

Eignungsprüfung durch den TÜV Rheinland, Institut für Umweltschutz und Energietechnik, Köln, TÜV-Bericht 936/805008/SO<sub>2</sub> vom 29.02.1996.

Schwefelwasserstoff kann mittels eines Konverters gemessen werden, der H<sub>2</sub>S zu SO<sub>2</sub> oxidiert.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das kontinuierlich angesaugte Probengas wird mit einer UV-Lampe (Xe) bestrahlt. Dadurch werden die SO<sub>2</sub>-Moleküle zur Fluoreszenz angeregt. Das im Wellenlängenbereich von 240-420 nm emittierte UV-Licht ist proportional der SO<sub>2</sub>-Konzentration des Probengases.

Ein Referenzdetektor erfasst die Lichtintensität der UV-Quelle.

Über eine elektronische Signalverarbeitung werden Schwankungen der Lichtintensität korrigiert. Die bei diesem Messverfahren bereits bekannten Querempfindlichkeiten gegen aromatische Kohlenwasserstoffe werden durch einen integrierten, 2-stufigen HC-Cutter eliminiert.

Die Messwerte werden an der großformatigen Fluoreszenzanzeige des Gerätes wahlweise in ppm oder µg/m<sup>3</sup> angezeigt.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher. Die Mittelwerte werden über einen längeren Zeitraum gespeichert und können jederzeit abgerufen bzw. über das Display angezeigt werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	1,7 ppb
Messbereiche bei der Eignungsprüfung	0 - 100 ppb (0 - 286 µg/m <sup>3</sup> ) 0 - 500 ppb (0 - 1430 µg/m <sup>3</sup> )
Reproduzierbarkeit (R)	Labor: 271 Feld: 70

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	max. ± 0,2%
-----------------------------------------------------------------------	-------------

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	max. -0,2%
---------------------------------------------------------------------------	------------

Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h	0,00%
im Wartungsintervall	0,02%

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h	0,00%
im Wartungsintervall	-0,06%

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	nicht vorhanden
-------------------------------------------	-----------------

Verfügbarkeit	99%
---------------	-----

Rüstzeit / Einlaufzeit	ca. 15 / 60 Minuten
------------------------	---------------------

Einstellzeit	130 s
--------------	-------

Kalibrierzeit	< 5%
---------------	------

Wartungsintervall	3 Wochen
-------------------	----------

Querempfindlichkeit	Summe aller einzelnen Messwertänderungen: < 8,4 ppb (< 6% des Immissionswertes IW 2) gegenüber CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O
---------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 430 x 221 x 550 mm
-------------	---------------------------------

Gewicht	ca. 20 kg
Netzanschluss	220V AC, 50Hz, ca. 200VA

Messwertausgang	RS 232C (optional) oder 0 - 1V, 0 - 10V und 4 - 20 mA
-----------------	-------------------------------------------------------------

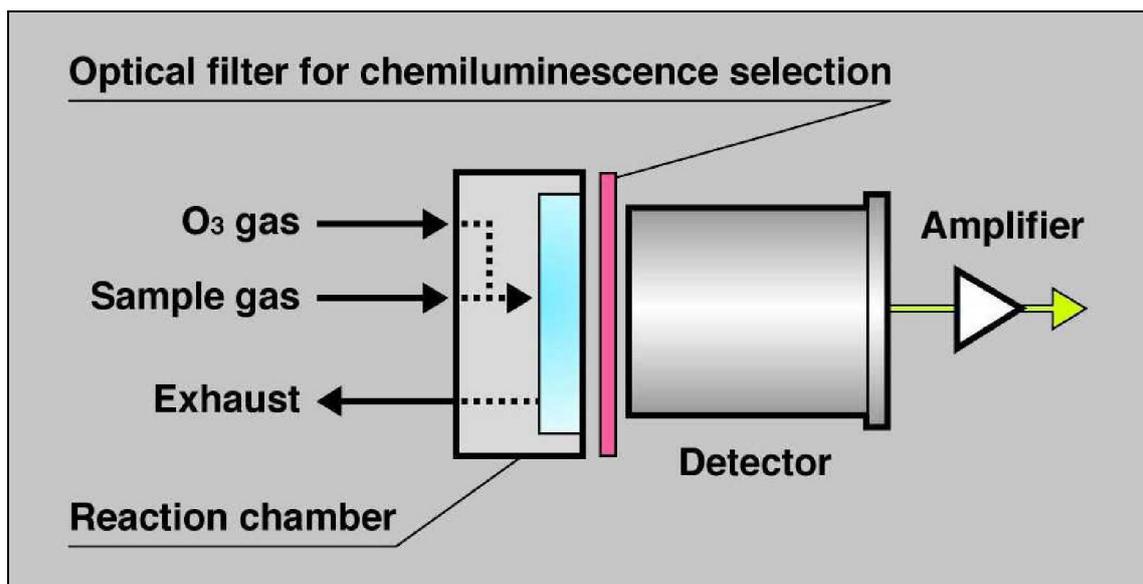
Hersteller	Horiba Europe GmbH Julius-Kronenberg-Str. 9 D-42799 Leichlingen
------------	-----------------------------------------------------------------------

Telefon	+49 2175 8978-0
Telefax	+49 2175 8978-50
Internet	www.horiba.de

## NO<sub>x</sub>-Analysator HORIBA Modell APNA-360



Prinzip-Abbildung:  
Chemilumineszenz



## 1. Anwendungsbereich

Kontinuierlich-automatische Immissionsmessung von Stickstoffoxid-Immissionen (Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt, Offenbach, Testbericht Nr. 24 vom März 1996).

Ammoniak kann durch Vorschalten eines Konverters gemessen werden, welcher  $\text{NH}_3$  zu  $\text{NO}$  oxidiert.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Gerätes APNA-350E.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Grundprinzip für die Messung von Stickstoffoxiden basiert auf der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon, bei der eine - über einen optischen Filter messbare - Chemilumineszenz auftritt.

Gefiltertes Messgas wird in zwei Gaswege geteilt. Ein Teilstrom wird dabei direkt, der andere über einen Konverter, der  $\text{NO}_2$  zu  $\text{NO}$  reduziert, zur Messkammer geleitet. Dabei werden über Magnetventile in einem 0,5 sec.-Intervall im Wechsel  $\text{NO}_x$ , Referenzgas,  $\text{NO}$  und wieder Referenzgas in die Reaktionskammer geleitet. Die Lumineszenz wird entsprechend der Reaktion zwischen Messgas und  $\text{O}_3$  in der Messkammer mittels Photodiode gemessen. Die Auswertelektronik ermöglicht ein kontinuierliches Messsignal von  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}$ . Die  $\text{NO}_2$ -Konzentration wird durch Differenzbildung ermittelt.

Dieses Verfahren verbindet die Vorteile des Ein-Kanal-Systems mit den Vorteilen der Zwei-Kanal-Messtechnik, ohne deren klassische Nachteile zu übernehmen.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher. Die Mittelwerte werden über einen längeren Zeitraum gespeichert und können jederzeit abgerufen bzw. über das großformatige Display angezeigt werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	$\text{NO}, \text{NO}_x$ : $< 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{NO}_2$ : $< 2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Messbereiche bei der Eignungsprüfung	$\text{NO}$ : 0 - 1340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1000 ppb) $\text{NO}_2$ : 0 - 2050 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1000 ppb)
Reproduzierbarkeit (R)	$\text{NO}$ : 53 - 55 $\text{NO}_x$ : 125 - 138 $\text{NO}_2$ : 47 - 281 konzentrationsabhängig
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	$\leq 1\%$
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	$\leq 2\%$
Zeitliche Änderungen des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	$\leq \pm 2\%$ $\leq \pm 10\%$
Zeitliche Änderungen der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	$\leq \pm 2\%$ $\leq \pm 10\%$
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 200 - 240V	keine Einflüsse feststellbar
Verfügbarkeit	$> 95\%$
Rüstzeit und Einlaufzeit	ca. 1 h
Einstellzeit	$\leq 70$ Sekunden
Kalibrierzeit	$\leq 2\%$
Wartungsintervall	ca. 1 Monat
Querempfindlichkeit	Nur Kurztest bei der Eignungsprüfung, Verweis auf das eignungsgeprüfte APNA-350 E

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	B x H x T 430 x 221 x 550 mm
Gewicht	ca. 30 kg
Netzanschluss	230V AC, 50Hz, ca. 200VA
Messwertausgang	RS 232C (optional) oder 0 - 1V, 0 - 10V und 4 - 20 mA

### Hersteller

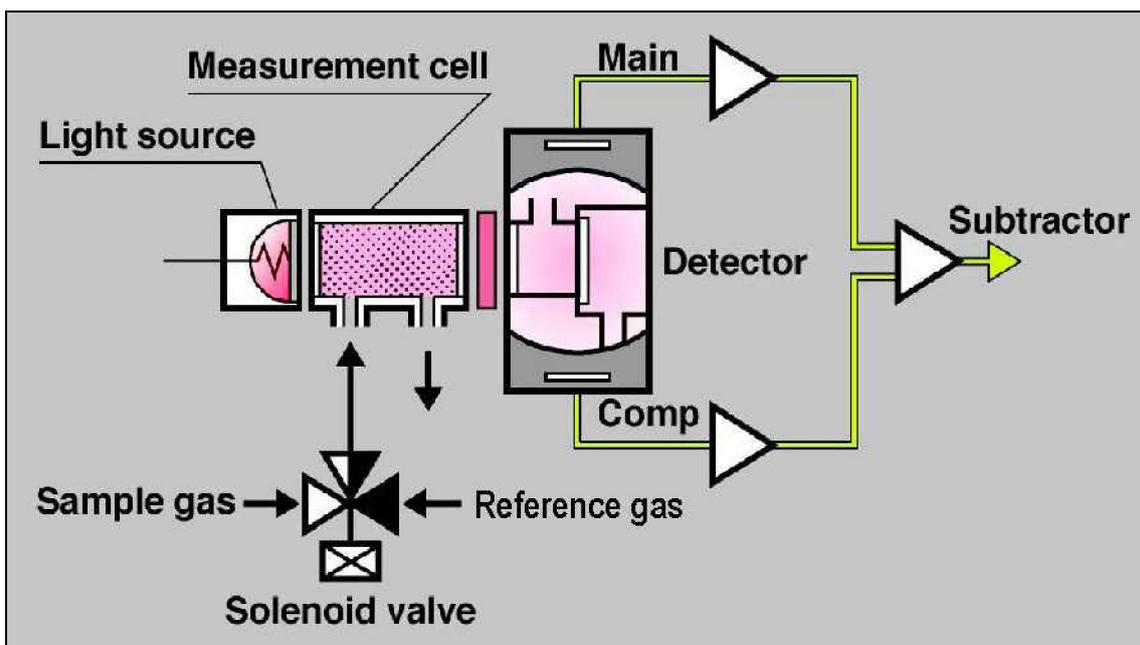
Horiba Europe GmbH  
Julius-Kronenberg-Str. 9  
D-42799 Leichlingen

Telefon +49 2175 8978-0  
Telefax +49 2175 8978-50  
Internet [www.horiba.de](http://www.horiba.de)

## CO-Analysator HORIBA Modell APMA-360



**Prinzip-Abbildung:**  
(NDIR) Nicht-dispersive Infrarotabsorption,  
kombiniert mit patentierter Cross-Flow-Modulationstechnik



## 1. Anwendungsbereich

Kontinuierlich-automatische Messung von Kohlenstoffmonoxid-Immissionen.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Gerätes APMA 350 E.

Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt, Offenbach, Testbericht Nr. 22, August 1996.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Grundprinzip des Analysenverfahrens ist die Messung der Infrarotabsorption durch Kohlenmonoxid.

Das Messgas wird über ein Partikelfilter angesaugt. Ein Teilstrom des Messgases wird nach der Pumpe (am Messgasausgang) rückgeführt und als Referenzgas verwendet. Im Referenzgasstrom wird das CO katalytisch entfernt. Über ein Magnetventil wird abwechselnd Mess- bzw. Referenzgas in die Messküvette zwischen IR-Quelle und Detektor geleitet. Ein Teil der Infrarotenergie wird in Abhängigkeit vom CO-Gehalt des Mess- bzw. Referenzgases bereits in der Messküvette absorbiert und gelangt nicht mehr in den Detektor. Die unterschiedliche Energieaufnahme führt nun innerhalb des Detektors zur Auslenkung einer dünnen Metallmembrane (im 1-Hz-Rhythmus), deren Stellung kapazitiv abgetastet wird. Auch die im Prinzip beachtliche Querempfindlichkeit gegenüber Wasser wird mit einem zweiten wasserspezifischen Detektor gemessen und kompensiert.

Die Messsignale werden über einen Verstärker aufbereitet und an der großformatigen Fluoreszenzanzeige des Gerätes wahlweise in ppm oder  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angezeigt.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher. Die Mittelwerte werden über einen längeren Zeitraum gespeichert und können jederzeit abgerufen bzw. über das Display angezeigt werden.

Dieses Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Differenzsignaldetektion und kommt ohne optische Zerhacker aus; dadurch wird die Auflösung wesentlich erhöht und der Nullpunktfehler ausgeschlossen. Zudem macht diese Technik eine Justierung der Optik hinfällig.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	$\leq 0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$
Messbereich	0 - $62 \text{ mg}/\text{m}^3$ (50 ppm)
Reproduzierbarkeit (R)	IW1 : 116,8 IW2 : 324,9 $2 \cdot \text{IW2}$ : 287,5
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	$\leq 2\%$
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	$\leq 2\%$
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	innerhalb 24 h $\leq 2\%$ im Wartungsintervall $\leq 10\%$
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	innerhalb 24 h $\leq 2\%$ im Wartungsintervall $\leq 10\%$
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Einflüsse feststellbar
Verfügbarkeit	$> 95\%$
Rüstzeit + Einlaufzeit	ca. 1 Stunde
Einstellzeit	$\leq 70$ Sekunden
Kalibrierzeit	$\leq 2\%$
Wartungsintervall	ca. 1 Monat
Querempfindlichkeit	$\leq 6\%$ des IW2-Wertes (Komponenten: $\text{CO}_2$ , $\text{SO}_2$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{CH}_4$ , $\text{C}_2\text{H}_4$ , $\text{C}_6\text{H}_6$ , $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ (85% r.F.))

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 430 x 221 x 550 mm
Gewicht	ca. 20 kg
Netzanschluss	230V AC, 50Hz, ca. 170VA
Messwertausgang	RS 232 C (optional) oder 0 - 1V, 0 - 10V und 4 - 20 mA

### Hersteller

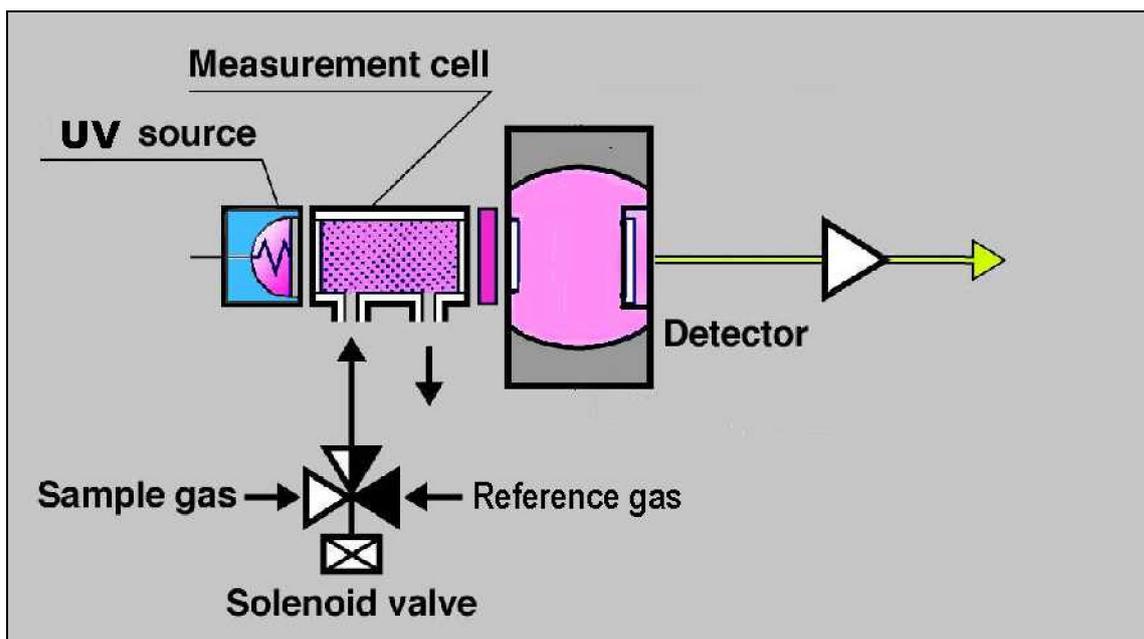
Horiba Europe GmbH  
Julius-Kronenberg-Str. 9  
D-42799 Leichlingen

Telefon +49 2175 8978-0  
Telefax +49 2175 8978-50  
Internet [www.horiba.de](http://www.horiba.de)

## O<sub>3</sub>-Analysator HORIBA Modell APOA-360



**Prinzip-Abbildung:**  
**Ultraviolettabsorption,**  
kombiniert mit patentierter Cross-Flow-Modulationstechnik



## 1. Anwendungsbereich

Kontinuierlich-automatische Messung von Ozon in atmosphärischer Luft.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Gerätes APOA-350E.

Eignungsprüfung durch den TÜV Rheinland, Institut für Umweltschutz und Energietechnik, Köln, TÜV-Bericht 936/805008/O<sub>3</sub> vom 29.02.1996.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Prinzip der UV-Absorptionsmessung beruht auf der Tatsache, dass Ozon UV-Licht absorbiert. Im beschriebenen Ozon-Messgerät wird die Ozon-Absorption im Bereich der Hg-Resonanzwellen von 253,7 nm gemessen. Durch die Anwendung des patentierten "Cross-flow"-Verfahrens wird das Abwandern des Messsignals und des Nullpunktes verhindert und eine optimale Empfindlichkeit des Monitors erreicht.

Messgas wird über eine interne Pumpe angesaugt, gefiltert und in 2 Gaswege geteilt. Der eine Gasweg (Referenzgas) führt über einen Ozonvernichter, der andere Gasweg (Messgas) direkt in die Messkuvette. Über ein Magnetventil werden die beiden Gaswege im 1-Hertz-Rhythmus abwechselnd in die Messzelle geleitet.

Diese Messzelle wird mit einer Niederdruck-Quecksilberdampfampe bestrahlt, die ultraviolettes Licht im Wellenlängenbereich von 253,7 nm erzeugt. Die unterschiedliche UV-Absorption von Mess- und Referenzgas wird über eine Photodiode gemessen. Aus der Differenz wird das Messsignal abgeleitet.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher. Die Mittelwerte werden über einen längeren Zeitraum gespeichert und können jederzeit abgerufen bzw. über das Display angezeigt werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	0,47 ppb
Messbereich	0,47 ppb (428 µg/m <sup>3</sup> )
Reproduzierbarkeit (R)	Labor : 49 Feld : 104

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	max. -0,4%
-----------------------------------------------------------------------	------------

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	max. +0,3%
---------------------------------------------------------------------------	------------

Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h	0,00%
im Wartungsintervall	0,09%

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h	0,00%
im Wartungsintervall	-0,07%

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	nicht vorhanden
-------------------------------------------	-----------------

Verfügbarkeit	99%
---------------	-----

Rüstzeit	ca. 15 Minuten
----------	----------------

Einlaufzeit	ca. 60 Minuten
-------------	----------------

Einstellzeit	74 Sekunden
--------------	-------------

Kalibrierzeit	< 5%
---------------	------

Wartungsintervall	3 Wochen
-------------------	----------

Querempfindlichkeit	Summe aller einzelnen Messwertänderungen: < 5 ppb (< 6% des Immissionswertes) gegenüber CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O
---------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 430 x 221 x 550 mm
-------------	---------------------------------

Gewicht	ca. 30 kg
---------	-----------

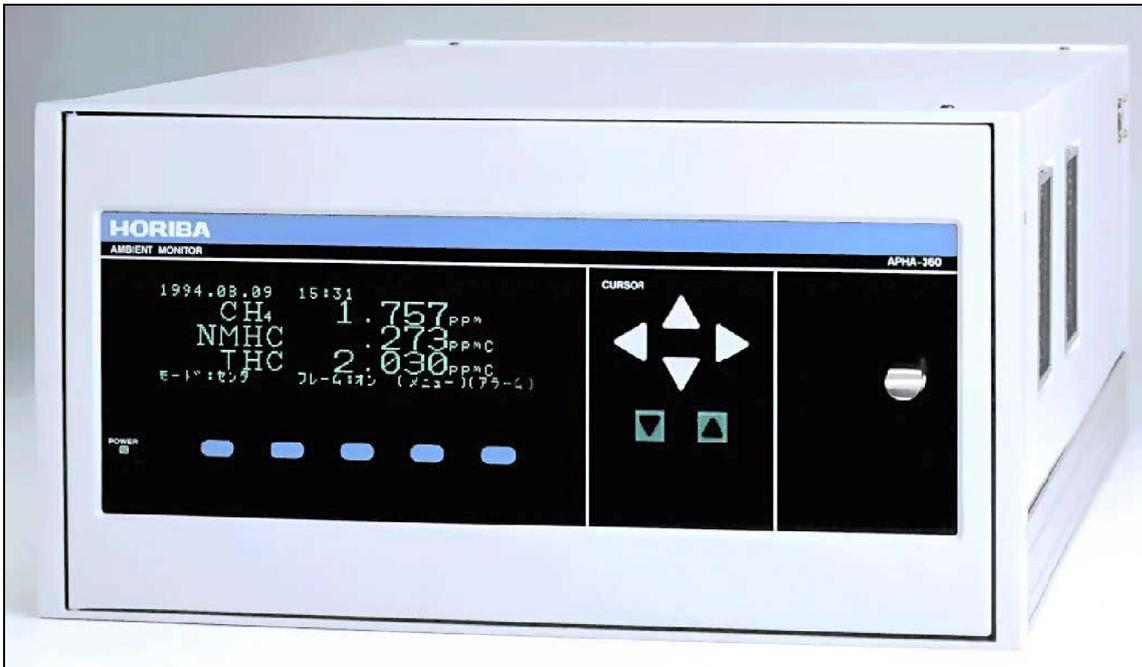
Netzanschluss	230V AC, 50Hz, ca. 180VA
---------------	-----------------------------

Messwertausgang	RS 232C (optional) der 0 - 1V, 0 - 10V und 4 - 20 Am
-----------------	------------------------------------------------------------

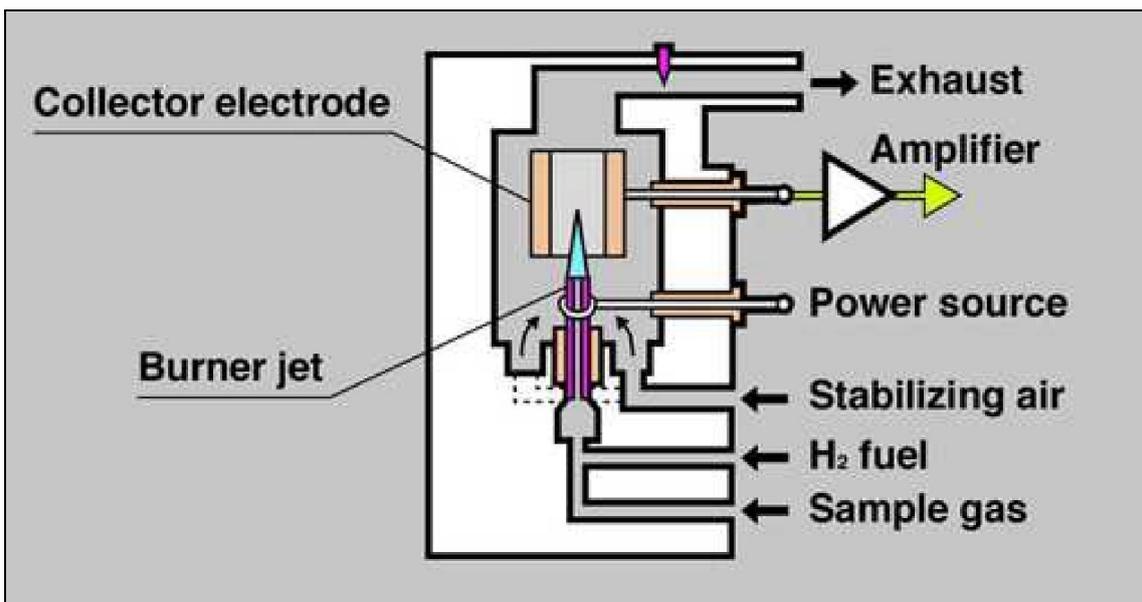
Hersteller	Horiba Europe GmbH Julius-Kronenberg-Str. 9 D-42799 Leichlingen
------------	-----------------------------------------------------------------------

Telefon	+49 2175 8978-0
Telefax	+49 2175 8978-50
Internet	www.horiba.de

## THC-/CH<sub>4</sub>-/non-CH<sub>4</sub>-Analysator HORIBA Modell APHA-360



Prinzip-Abbildung:  
FID, Flammenionisationsdetektor,



## 1. Anwendungsbereich

Das Gerät dient zur kontinuierlichen, automatischen Messung von Gesamtkohlenwasserstoffen, Methan und des Anteils an methanfreien Kohlenwasserstoffen in atmosphärischer Luft.

Eignungsprüfung durch das Umwelt-Bundes-Amt, Pilotstation Offenbach, Bericht-Nr. 25, v. August 1997.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Kohlenwasserstoffmessgerätes APHA-350 E, das ebenfalls eine Eignungsprüfung erfolgreich durchlaufen hat (Prüfbericht Nr. 936/800005 vom 8.3.1991 des Instituts für Energietechnik und Umweltschutz des Technischen Überwachungs-Vereins Rheinland, Köln.)

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Die wesentlichen Elemente des Gerätes sind:

- Flammenionisationsdetektor (FID)
- Cross-flow Modulationstechnik
- kontinuierliches Signal für
  - Kohlenwasserstoffe,
  - Methan und
  - Kohlenwasserstoffe methanfrei
- katalytische HC-Abtrennung zur kontinuierlichen Messung
- inklusive Brennerluftversorgung
- automatische Wasserstoffabschaltung durch Flammenüberwachung

Zur kontinuierlichen Messung von Methan (CH<sub>4</sub>) und Gesamtkohlenwasserstoffen (THC) in Umgebungsluft wird ein Flammenionisationsdetektor (FID) eingesetzt.

Im Messgerät ist ein Katalysator integriert, der kohlenwasserstofffreies Gas aus Umgebungsluft erzeugt. Dieses Gas wird als Brennerluft für den Detektor und als Referenzgas verwendet.

Der Messgasstrom wird gefiltert und anschließend geteilt.

Der Gasweg für die THC-Trennung wird über das rotierende Ventil 1 direkt zum FID geleitet. Der Gasweg für die CH<sub>4</sub>-Messung führt über den integrierten HC-Cutter und wird dort so aufbereitet, dass nur CH<sub>4</sub> über das rotierende Ventil 2 dem FID zugeht.

Das Referenzgas aus dem Katalysator wird ebenfalls geteilt und den beiden rotierenden Ventilen zugeführt.

Die beiden Ventile sind so aufeinander abgestimmt, dass abwechselnd THC/Referenzgas, CH<sub>4</sub>/Referenzgas in den FID gelangen.

Brennerluft und Wasserstoff werden dem FID kontinuierlich zugeführt.

Das elektrische Feld zwischen der Brennerdüse und einer Kollektorelektrode saugt die bei der Verbrennung entstehenden Ionen ab. Der Ionenstrom ist proportional zum C-Gehalt der Probe. Das gemessene Signal wird demoduliert und liefert einen kontinuierlichen Messwert für THC und CH<sub>4</sub>. Aus der Differenz der beiden Signale wird der Anteil an methanfreien Kohlenwasserstoffen ermittelt und liegt als drittes Signal kontinuierlich vor.

Das Gerät verfügt über einen internen Datenspeicher. Die Mittelwerte werden über einen längeren Zeitraum gespeichert und können jederzeit abgerufen bzw. über das Display angezeigt werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	THC: 0,017 ppm CH <sub>4</sub> : 0,021 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> : 0,017 ppm
Messbereiche	4 Messbereiche; wählbar von 0 - 50 ppm C kleinster Bereich: 0 - 10 ppm C
Reproduzierbarkeit (R)	

Messobjekt	IW1 2ppm	IW2 4ppm	2*IW2 6ppm
THC	689,71	502,27	585,17
CH <sub>4</sub>	399,46	476,69	426,12
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	434,77	369,88	452,89

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) max. 2%

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) max. 2%

Zeitliche Änderung des Nullpunktes  
innerhalb 24 h < 2 %  
innerhalb 14 Tage < 10 %

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit  
innerhalb 24 h < 2 %  
innerhalb 14 Tage < 10 %

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	Änderungen wurden nicht festgestellt
Verfügbarkeit	> 95 %
Kalibrierzeit	ca. 10 Minuten
Rüstzeit + Einlaufzeit	4,5 Stunden
Einstellzeit	< 70 s
Wartungsintervall	< 1 Monat
Querempfindlichkeit	keine bezüglich CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>3</sub>

**Hersteller**

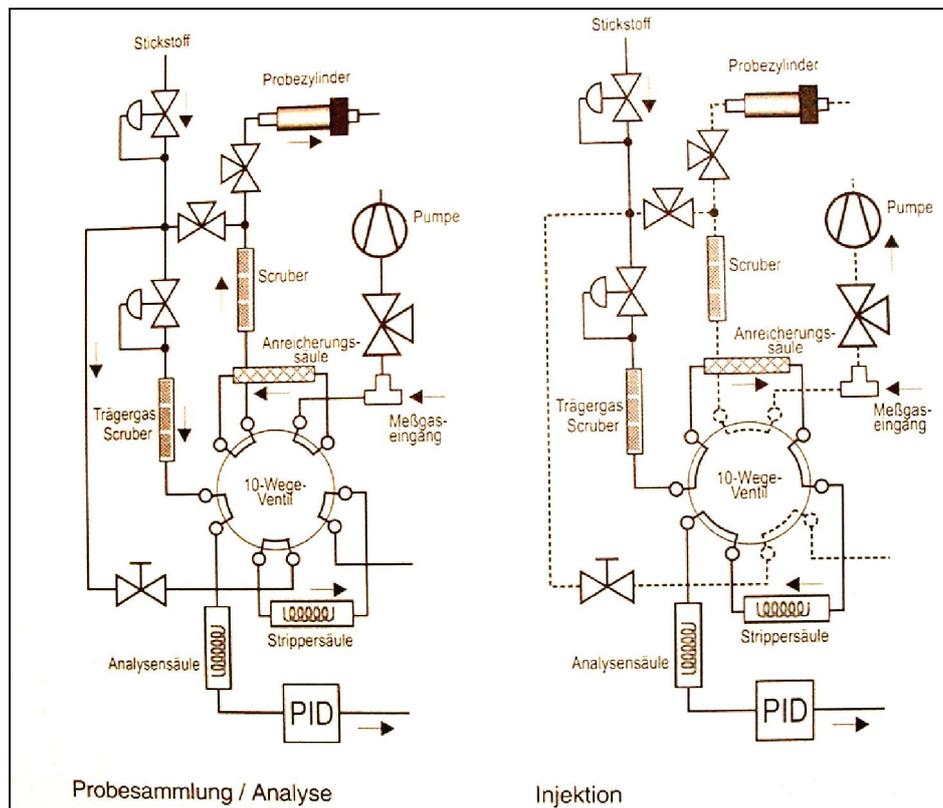
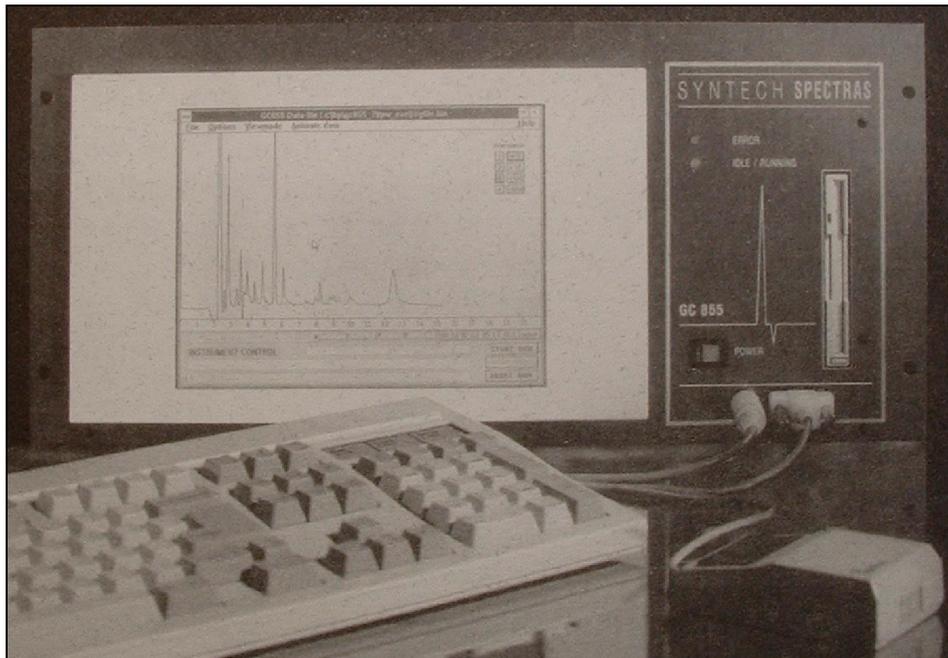
Horiba Europe GmbH  
Julius-Kronenberg-Str. 9  
D-42799 Leichlingen

Telefon +49 2175 8978-0  
Telefax +492175 8978-50  
Internet www.horiba.de

**3.2 Weitere technische Angaben**

Abmessungen	B x H x T 430 x 221 x 550 mm
Gewicht	ca. 30 kg
Netzanschluss	230V, 50Hz
Messwertausgang	RS 232C (optional) der 0 - 1V, 0 - 10V und 4 - 20mA DC

## Messgerät für Benzol: SYNTECH SPECTRAS GC 855



## 1. Anwendungsbereich

Zur kontinuierlichen Überwachung von Benzol-Immissionen

Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Offenbach, Bericht-Nr. 26, Januar 1998.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der Gaschromatograph GC 855 Serie 600, Applikation Benzol ist ein Analysator für die automatische, quasi-kontinuierliche Messung von Benzol in Umgebungsluft mit anreichernder Probenahme und anschließender gaschromatographischer Trennung.

Im ersten Schritt wird die Probenahmeleitung mittels einer internen Pumpe gespült, um die zu analysierende Probe bis an den Eingang des Analysators zu bringen. Mit Hilfe eines Kolbens wird ein Probenvolumen von 18,5 ml oder ein vielfaches davon über eine Adsorptionssäule gedrückt. Die Füllung aus TENAX GR<sup>TM</sup> adsorbiert bei Umgebungstemperatur das in der Probe enthaltene gasförmige Benzol. Durch schnelles Erhitzen auf 180°C wird die Komponente in einen Trägergasstrom von 2,0 ml/min desorbiert und in die Trennsäule überführt.

Die Trennung der Luftprobe in die Einzelkomponenten geschieht in zwei hintereinander geschalteten Kapillarsäulen, der Strippersäule und der Analysensäule. Wenn die interessierende Komponente die Analysensäule erreicht hat, wird die Strippersäule zurück gespült, damit Hochsieder, die die Analysenzeit sehr verlängern würden, nicht in die Analysensäule gelangen können.

Der quantitative Nachweis der Verbindung erfolgt mit einem Photo-Ionisations-Detektor (PID). Eine UV-Lampe mit einem Ionisationspotential von 10,6 eV ionisiert die Moleküle. Der dadurch erzeugte Strom wird verstärkt und als Spannungswert ausgegeben.

Die Analysensoftware integriert das elektrische Signal und quantifiziert durch Verrechnung mit der Kalibrierung die Komponente.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	≤ 0,21 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 - 300 µg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	4,64-5,25
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	≤ 0,5%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	≤ 4,6 %
Netzspannungsabhängigkeit bei Nullgas	nicht nachweisbar
Netzspannungsabhängigkeit beim Bezugswert	≤ 1,9 %
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	nicht nachweisbar
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h	< 3,2 %
in 14 Tagen	< 7,3 %
Verfügbarkeit	> 91 %
Wartungsintervall	30 Tage
Querempfindlichkeit	jeweils < 5,7 % gegenüber H <sub>2</sub> O, O <sub>3</sub> , und 11 organischen Substanzen

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	Gehäuse: 19" Tiefe 37,2 cm
Netzanschluss	220V / 50Hz
Messwertausgänge	RS 232 , 0-10 V

**Hersteller** Syntech Spectras B. V., Groningen, Niederlande

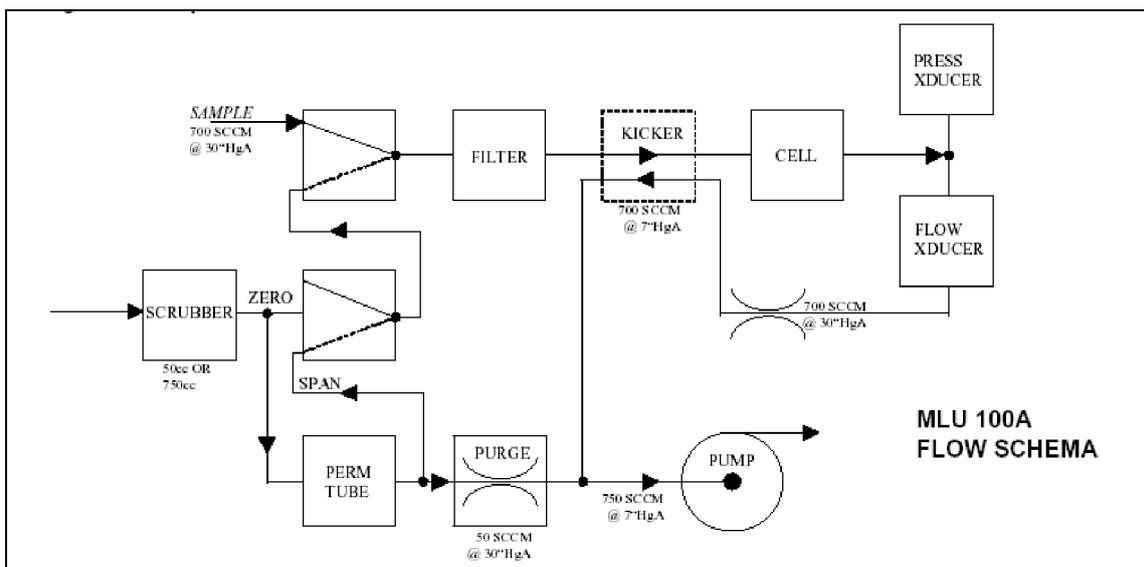
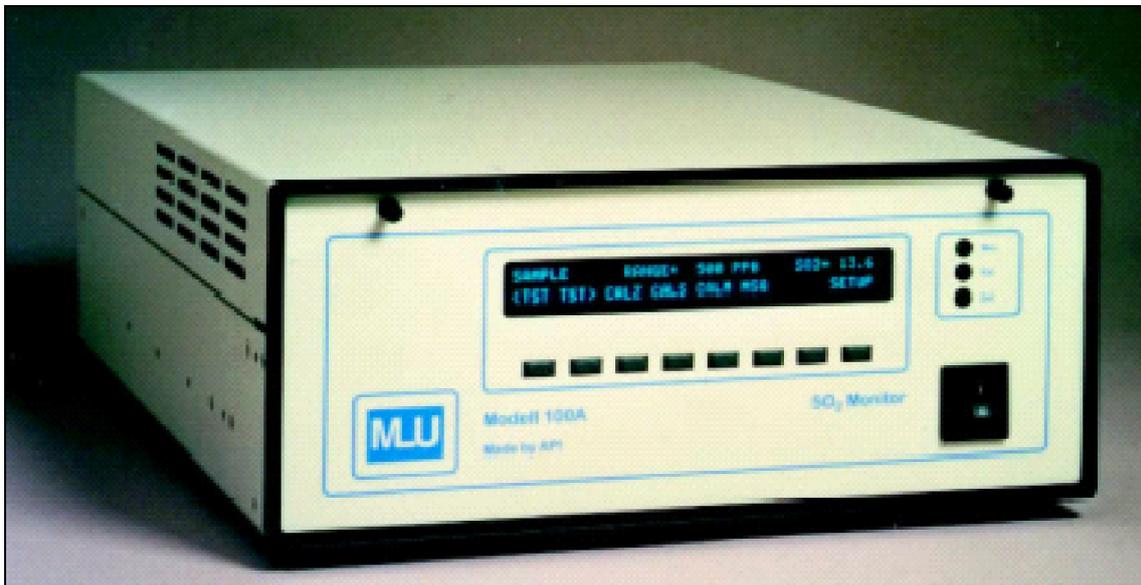
**Vertreiber in Deutschland** MCZ Umwelttechnik GmbH  
Dieselstr. 20a  
D-61239 Ober-Mörlen

Telefon +49 6002 1711  
Telefax +49 6002 1713  
E-Mail info@mcz.de  
Internet www.mcz.de



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## MLU 100A SO<sub>2</sub> Messgerät



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Umweltberatung und -projekte, Essen, Bericht Nr. 3.5.1/101/91 - 389005/01 vom 28.2.1997.

Das API Modell 100A wird von der Firma MLU, Messtechnik für Luft und Umwelt als MLU Modell 100A vertrieben.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Die Messtechnik des MLU Modell 100A basiert auf der durch Absorption von UV-Energie bedingten Fluoreszenz von SO<sub>2</sub>. Eine automatische Nullpunktüberprüfung sowie eine die Schwankungen der Lampenintensität kompensierende Software garantieren die Stabilität der Messungen. Die störenden Einflüsse möglicher Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen werden ebenfalls ausgeglichen. Die adaptive Filterung des Messsignals ermöglicht sowohl die unmittelbare Erfassung plötzlich auftretender Konzentrationsänderungen als auch den Erhalt eines stabilen Signals mit optimaler Rauschunterdrückung.

Das Messgerät verfügt über ein leistungsstarkes Multitaskingsystem zur Instrumentenkontrolle, zur Anzeige von Testwerten und zur analogen Datenausgabe. Die Daten können in den Einheiten ppb, ppm, mg/m<sup>3</sup> und µg/m<sup>3</sup> gespeichert werden. Der Benutzer kann zwei unabhängige SO<sub>2</sub>-Messbereiche definieren.

Die automatische Messbereichsumschaltung wechselt selbständig zwischen diesen beiden Bereichen hin und her. In den Datenkanälen stehen die letzten 8000 SO<sub>2</sub>-Mittelwerte zur Verfügung. Während der Kalibrierung und Diagnose gewonnene Daten werden von der Datenaufzeichnung verworfen.

Die optionale interne Nullpunkt- und Spanüberwachung kann entweder manuell, automatisch, zeitgesteuert, oder ferngesteuert über einen Kontakt oder einen Befehl der RS-232 Schnittstelle ausgelöst werden. Als Resultat dieses Befehls können der Null- und der Spanpunkt automatisch korrigiert werden. Die bidirektionale serielle RS-232 Schnittstelle stellt alle Daten aus dem Messgerät zur Verfügung: Mittelwerte, aktuelle Messdaten, Testwerte und Warnmeldungen.

Zusätzlich können über die RS-232-Schnittstelle Setupperparameter auf einen externen Rechner übertragen werden. Dadurch kann das Gerät ferngesteuert betrieben werden. Eingeschlossen in diesen ferngesteuerten Betrieb sind die Messwertüberprüfung, Nullpunktüberprüfungs- und Kalibrierprozeduren, sowie die Modifikation der Geräteparameter.

Die Überprüfung der Parameterentwicklung ermöglicht die rechtzeitige Einleitung eventuell notwendiger Wartungsarbeiten.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	linear (durch Regression)
Nachweisgrenze	SO <sub>2</sub> : < 0,0018 mg/m <sup>3</sup>
Messbereichsendwert	SO <sub>2</sub> : 500ppb 1,429 mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	141,5 bei IW2
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	< -1,356 %
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< +1,576 %
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< +0,039 % < +1,16 %
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< +0,108 % < +3,25%
Verfügbarkeit	100%
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10 Min.+22 Min
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 200 - 235V	< +1,1 %
Einstellzeit:	< 73 s
Totzeit	< 12 s
Kalibrierzeit	< 3%
Wartungsintervall	30 Tage
Querempfindlichkeit	< +3,1 % gegenüber NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 597
Gewicht	20,5 kg
Netzanschluss	100V / 50 / 60Hz;  115V / 60Hz;  220V / 50Hz;  240V / 50Hz
Messwertausgang	10V, 5V, 1V, 100mV, 4 – 20 mA (optional) RS-232

#### Hersteller

Teledyne Advanced Pollution  
Instrumentation, Inc.  
San Diego, Californien, USA

#### Vertreiber in Deutschland

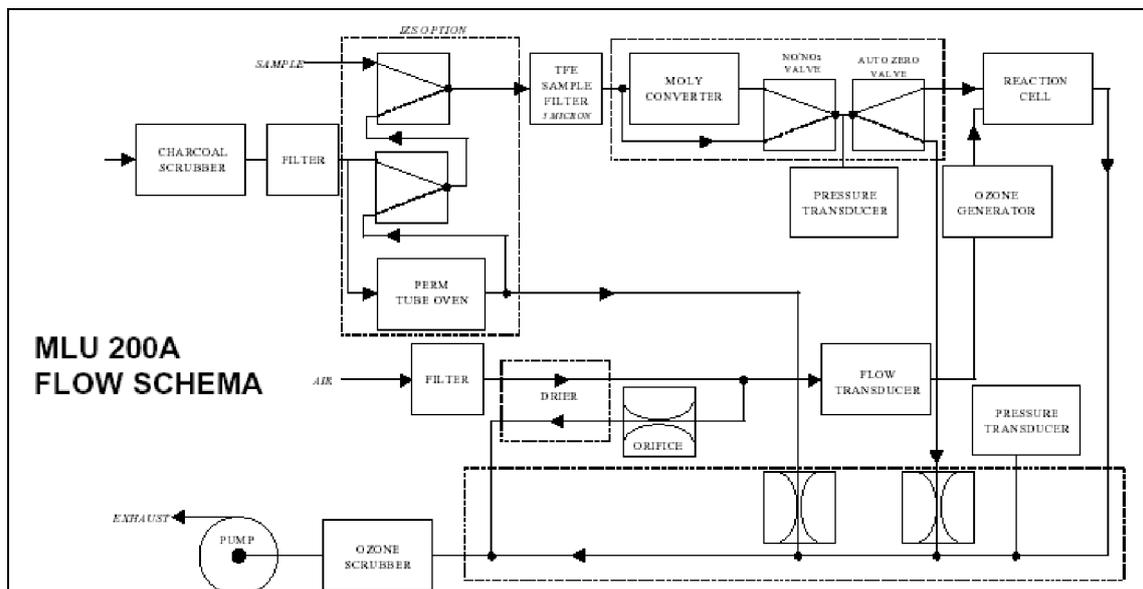
MLU Messtechnik für Luft  
und Umwelt GmbH  
Altendorferstr. 97-101  
D-45143 Essen

Telefon +49 201 281091  
Telefax +49 201 281094  
E-Mail [info@mlu-d.de](mailto:info@mlu-d.de)  
Internet [www.mlu.at](http://www.mlu.at)



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## MLU 200A NO/NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub> Messgerät



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Stickstoffmonoxid (NO), der Gesamtstickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) sowie - durch Differenzbildung - von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>).

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Umweltberatung und -projekte, Essen, Bericht Nr. 3.5.1/101/91 - 389004/01 vom 25.7.1996.

Das API Modell 200A wird von der Firma MLU, Messtechnik für Luft und Umwelt als MLU Modell 200A vertrieben.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Gerät ist ein Ein-Kanal NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-Analysator. Rasche Umschaltzyklen und spezielle Softwarealgorithmen minimieren NO<sub>2</sub>-Veränderung (artifacts). Durch adaptive Filterung des Messsignals ist es möglich, sowohl rasche Konzentrationsänderungen zu erfassen als auch ein stabiles Signal mit optimaler Rauschunterdrückung zu ermitteln. Die hervorragende Stabilität des Messsignals wird erreicht durch temperaturgesteuerte kritische Düsen für den Probenfluss. Nullpunkt-schwankungen sind im Wesentlichen eliminiert durch eine Überprüfung und Korrektur des Nullpunkts einmal pro Minute. Störende Einflüsse durch Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen werden kompensiert. Ein interner Permeationstrockner beliefert den Ozongenerator mit trockener Luft. Dieser wird dadurch vor Austrocknung geschützt, die Wartungszyklen können verlängert werden.

Das API bzw. MLU Modell 200A verwendet ein leistungsstarkes Multitasking-Betriebssystem, welches etwa ermöglicht, Testparameter zu kontrollieren. Folgende Parameter werden ständig überprüft: PMT (Photomultipliertube) - Spannung, Vakuum, Probenfluss, Ozonfluss, Hochspannungseinstellungen, Wechselstrom-Versorgung und die Temperaturen der Reaktionszelle, der PMT, des Molybdän-Konverters und des internen Permeationsofens. Sie können ständig beobachtet werden, ohne die Messung zu unterbrechen.

Die Daten können als ppb, ppm, mg/m<sup>3</sup> und µg/m<sup>3</sup> gespeichert werden. Eine Software überprüft die Effizienz des Konverters, und kann ggf. Korrekturen vornehmen. Die Messbereiche von NO, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> können unabhängig eingestellt werden. Die automatische Messbereichsumschaltung schaltet selbständig zwischen zwei benutzerdefinierbaren Messbereichen um. Die letzten 100 Mittelwerte von

NO, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> werden in einem zuverlässigen batterie-gepufferten RAM gespeichert. Ungültige Daten, die während der Kalibrierung und der Diagnose entstehen, werden von der Datenmittlung ausgenommen.

Alle Programme und Setup-Parameter werden in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert. Der Mikroprozessor und andere empfindliche Teile sind vor Überspannungen in der Stromversorgung geschützt. Eine Watchdog-Funktion setzt das System nach eventuellen Fehlern zurück. Folgende Diagnosen bietet das Messgerät: Elektrischer Test, Optischer Test, Tests der digitalen Schnittstelle, Test der RS-232-Schnittstelle. Ein Test des Digital/Analog-Konverters ermöglicht es dem Benutzer, externe Schreiber und Datenlogger einzustellen. Das Messgerät überprüft ständig selbständig einige Schlüsselparameter und sendet Warnmeldungen, sobald ein Parameter außerhalb des Toleranzwertes fällt.

Die optionale interne Null- und Prüfpunkt-Kontrolle (IZS Internal Zero Span) kann entweder manuell, automatisch, zeitgesteuert oder ferngesteuert über einen Kontakt oder ein RS-232-Kommando ausgelöst werden. Danach können der Null- und der Prüfpunkt automatisch korrigiert werden. Die leistungsstarke bidirektionelle serielle RS-232-Schnittstelle stellt alle Daten aus dem Gerät zur Verfügung: Mittelwerte, aktuelle Messdaten, Test-Werte und Warnzustände. Zusätzlich ist es möglich, über die RS232-Schnittstelle Setup-Parameter auf einen PC zu übertragen. Es können alle Operationen, die über die Gerätetastatur durchgeführt werden, auch ferngesteuert mittels PC erledigt werden. Das API bzw. MLU Modell 200A kann vollständig fernbedient werden. Das NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-Messgerät ist so konstruiert, dass es höchste Verfügbarkeit bietet.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	NO und NO <sub>x</sub> : < 0,0015 mg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> : < 0,00069 mg/m <sup>3</sup>
Messbereichsendwert	NO und NO <sub>x</sub> : 1,34 mg/m <sup>3</sup> (1000 ppb) NO <sub>2</sub> : 1,025 mg/m <sup>3</sup> (500 ppb)
Reproduzierbarkeit (R)	> 188 > 190

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	NO : < +0,183%	NO <sub>x</sub> : < +0,11%	NO <sub>2</sub> : < -0,273%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	NO : < -0,85%	NO <sub>x</sub> : < -0,947%	NO <sub>2</sub> : < -1,023%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	NO	NO <sub>x</sub>	
	< +0,0074%	< +0,005%	< +0,105%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	NO	NO <sub>x</sub>	
	< 0,415%	< -0,427%	< -8,97%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 200 - 245V	NO : < +0,393%	NO <sub>x</sub> : < +0,566%	
Verfügbarkeit	100%		
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10 Min. + 27 Min		
Einstellzeit	NO : < 44,7 s		
	NO <sub>x</sub> : < 44,3 s		
Kalibrierzeit	< 3%		
Wartungsintervall Querempfindlichkeit	21 Tage		
	NO : < -4,87%	NO <sub>x</sub> : < -4,73%	NO <sub>2</sub> : < -4,90%
	gegenüber NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O		

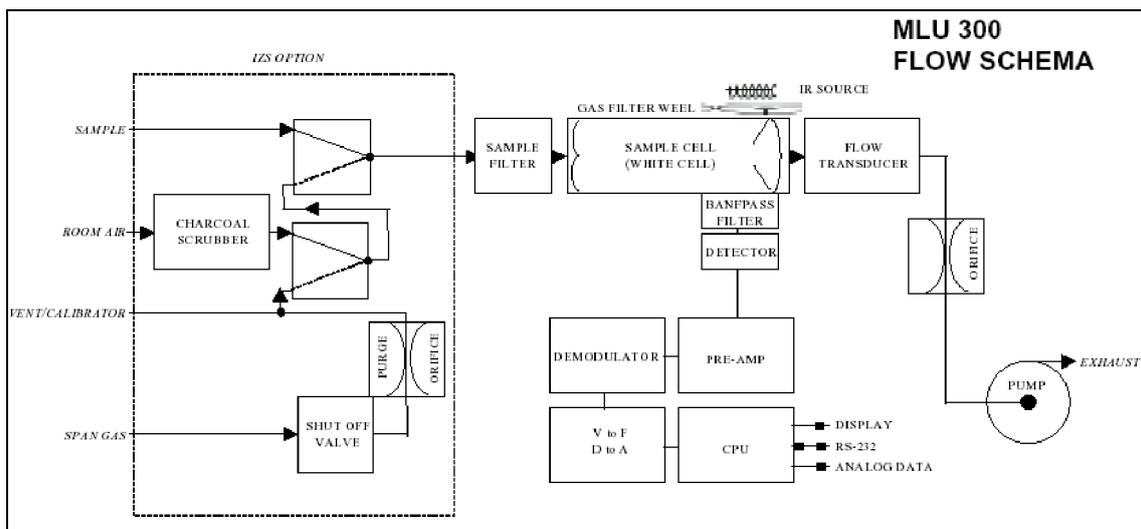
### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 597 mm
Gewicht	21 kg
Netzanschluss	100V / 50 / 60Hz; 115V / 60Hz; 220V / 50Hz; 240V / 50Hz
Messwertausgang	10V, 5V, 1V, 100mV, 0 – 20 mA (optinal) RS-232
<b>Hersteller</b>	Teledyne Advanced Pollution Instrumentation, Inc. San Diego, Californien, USA
<b>Vertreiber in Deutschland</b>	MLU Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH Altendorferstr. 97-101 D-45143 Essen
	Telefon +49 201 281091 Telefax +49 201 281094 E-Mail info@mlu-d.de Internet www.mlu.at



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## MLU 300 CO Analysator



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Kohlenstoffmonoxid-Immissionen.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Umweltberatung und -projekte, Essen, Bericht Nr. 3.5.1/1046/93 - 57303801 vom 3.8.1995.

Das API Modell 300 wird von der Firma MLU, Messtechnik für Luft und Umwelt als MLU Modell 300 vertrieben.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Modell 300 ist ein mikroprozessor-gesteuertes NDIR-Photometer, das mittels Gasfilter-Korrelationsmesstechnik geringe Konzentrationen von CO in der Luft misst. Eine niedrige Nachweisgrenze sowie hohe Nullpunkt- und Messwertstabilität werden durch den Einsatz einer Gas-Korrelations-filterscheibe in Verbindung mit einem schmalbandigen Interferenzfilter, einem gekühlten Halbleiter-Detektor und einem Strahlengang von 16 m Länge erreicht.

Der 8088 Mikroprozessor erlaubt, in Kombination mit einem leistungsfähigen Multi-Tasking-System, eine gleichzeitige Testparameteranzeige während der Messung.

Eine Diagnose enthält optische, wie elektronische Prüfungen für Probengasfluss, Probendruck u.a., ein Prüfprotokoll wird automatisch erstellt. Die Möglichkeit der Anzeige sämtlicher Parameter erleichtert die Lokalisierung von Problemen zur Störungsbehebung. Die interne Funktion zur Prüfung der Nullpunkt- und Kalibrierprozesse enthält eine Temperaturüberwachung für die Null- und Prüfgas-Ventile und den Nullluftfilter. Nullpunkt- und Kalibrierprozesse können über eine Zeitskala automatisch, manuell über die Tastatur, ferngesteuert über einen Schließkontakt oder über eine RS-232 mittels ASCII-Code-Befehl ausgeführt werden. Die externen Ventile der Null- und Prüfgaseinrichtung können analog gesteuert werden. Das System speichert die letzten 100 CO-Mittelwerte, je nach Benutzerdefinition von 1-60 min. Die als Option erhältliche, bidirektionale RS-232 Schnittstelle ermöglicht die Ausgabe von Mittelwerten, Alarmmeldungen und Testwerten.

Ferner ermöglicht sie die Übertragung der Steuer-Variablen auf einen externen Computer. Dadurch kann das MLU CO-Messgerät ferngesteuert betrieben werden. Eingeschlossen: Messwertüber-

prüfung, Nullpunkt- und Kalibrierprozeduren sowie Modifikation der Geräteparameter.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	< 0,37 mg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 - 62,5 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)
Reproduzierbarkeit (R)	56,9
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	< +0,575%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< -0,67%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< +0,047% < +1,3%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< -0,059% < -1,64%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 200 - 245V	< +0,2%
Verfügbarkeit	99%
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10 Min. + 29 Min
Einstellzeit	< 180 s
Kalibrierzeit	< 3%
Wartungsintervall	28 Tage
Querempfindlichkeit	jeweils < -4,3% gegenüber NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 597 mm
Gewicht	22,7 kg
Netzanschluss	100V / 50 / 60Hz; 115V / 60Hz; 220V / 50Hz; 240V / 50Hz
Messwertausgang	0,1, 1, 5, 10V, 0 – 20 mA oder 4-20 mA (optional) RS-232

#### Hersteller

Teledyne Advanced Pollution  
Instrumentation, Inc.  
San Diego, Californien, USA

#### Vertreiber in Deutschland

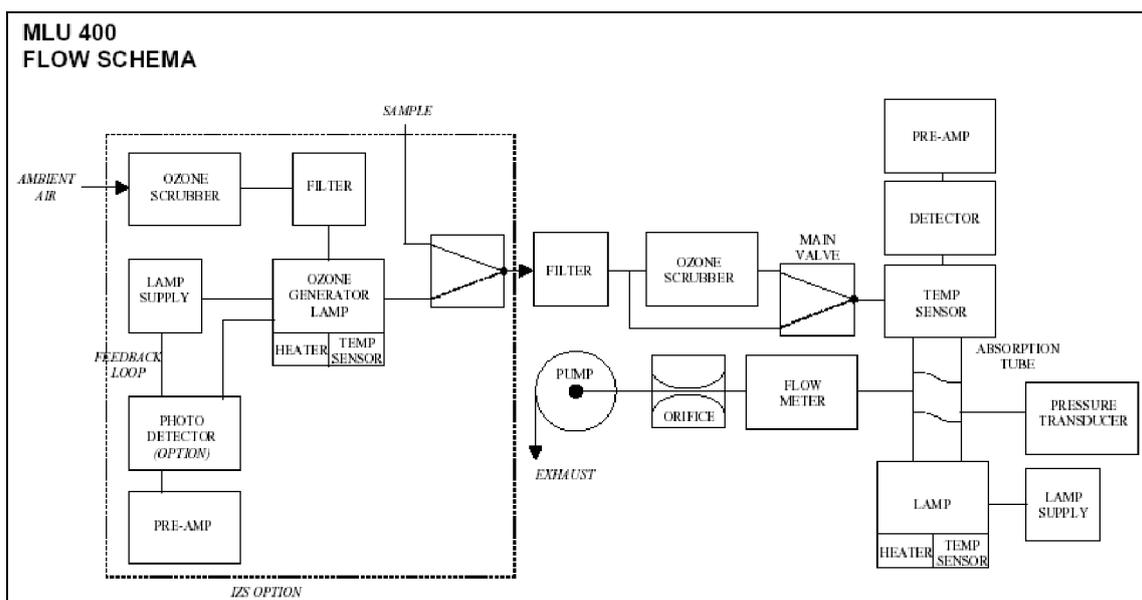
MLU Messtechnik für Luft  
und Umwelt GmbH  
Altendorferstr. 97-101  
D-45143 Essen

Telefon +49 201 281091  
Telefax +49 201 281094  
E-Mail info@mlu-d.de  
Internet www.mlu.at



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## MLU 400 Ozon Messgerät



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Ozon-Immissionen.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Umweltberatung und -projekte, Essen, Bericht Nr. 3.5.1/262/92 - 461775/02 vom 7.3.1995.

Das API Modell 400 wird von der Firma MLU, Messtechnik für Luft und Umwelt als MLU Modell 400 vertrieben.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Modell 400 ist ein mikroprozessorgesteuerter UV-Absorptions-O<sub>3</sub>-Analysator für Immissionsmessungen. Die Bestimmung der Ozonkonzentration erfolgt bei einer Wellenlänge von 254 nm. Gemäß dem Lambert Beer'schen Gesetz ist der Verlust an UV-Intensität in der Messzelle bei dieser Wellenlänge proportional zur Ozonkonzentration. Alle 4 Sekunden schaltet ein Ventil von der Probenahme zur Referenz und zurück.

Die Referenzaufbereitung erfolgt über ein Ozonabsorbierendes Filter. Somit wird Ozon ohne jegliche Interferenzen sehr genau gemessen.

Der 8088 Mikroprozessor erlaubt, in Kombination mit einem leistungsfähigen Multi-Tasking-System, eine gleichzeitige Testparameteranzeige während der Messung.

In den Parametern eingeschlossen sind: Intensität der UV-Lampe, Streulicht, Temperaturen der Reaktionskammer und der Ozongeneratorquelle, Spannung des Photomultipliers und weitere Parameter.

Die Diagnose enthält optische, wie elektronische Prüfungen für den Verstärker und die Speisung des Photomultipliers, ein Prüfprotokoll wird automatisch erstellt. Die Möglichkeit der Anzeige sämtlicher Parameter erleichtert die Lokalisierung von Problemen zur Störungsbehebung.

Das interne Nullpunkt- und Prüfpunktsystem enthält einen in der Konzentration variablen Ozongenerator, sowie Nullfilter zur Überprüfung des Analysators. Null- und Prüfpunktprozesse können über eine Zeitskala automatisiert, manuell via Tastatur, ferngesteuert über einen Schließkontakt oder über RS-232-ASCII-Code-Befehle ausgeführt werden. Die externen Ventile der Null- und Prüfgaseinrichtung können analog gesteuert werden.

Das System speichert die letzten 100 Ozon-Mittelwerte, je nach Benutzerdefinition von 1-60 min. Diese Daten können direkt über die Anzeige dargestellt oder über die serielle Schnittstelle auf den PC übertragen werden.

Die optionale, bidirektionale RS-232 Schnittstelle ermöglicht die Ausgabe von Mittelwerten, Alarmmeldungen und Testwerten. Ferner ermöglicht sie die Übertragung der Steuer-Variablen auf einen externen Computer, so dass das MLU Ozonmessgerät ferngesteuert betrieben werden kann, eingeschlossen Messwertüberprüfung, Nullpunkt- und Kalibrierprozeduren sowie, Modifikation der Geräteparameter.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	< 0,006 mg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 - 900 µg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	119
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	< 1,2%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< 1,4%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< 0,015% < 0,41%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< 0,085% < 2,37%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals 200 - 245V	< 0,5%
Verfügbarkeit	99%
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10 Min. + 17 Min.
Kalibrierzeit	< 3%
Wartungsintervall	28 Tage
Querempfindlichkeit	jeweils < 4,4% gegenüber NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 686 mm
Gewicht	24 kg
Netzanschluss	100V / 50 / 60Hz; 115V / 60Hz; 220V / 50Hz; 240V / 50Hz
Messwertausgang	0,1, 1, 5, 10V, RS-232 0-20 mA, 4-20 mA

#### Hersteller

Teledyne Advanced Pollution  
Instrumentation, Inc.  
San Diego, Californien, USA

#### Vertreiber in Deutschland

MLU Messtechnik für Luft  
und Umwelt GmbH  
Altendorferstr. 97-101  
D-45143 Essen

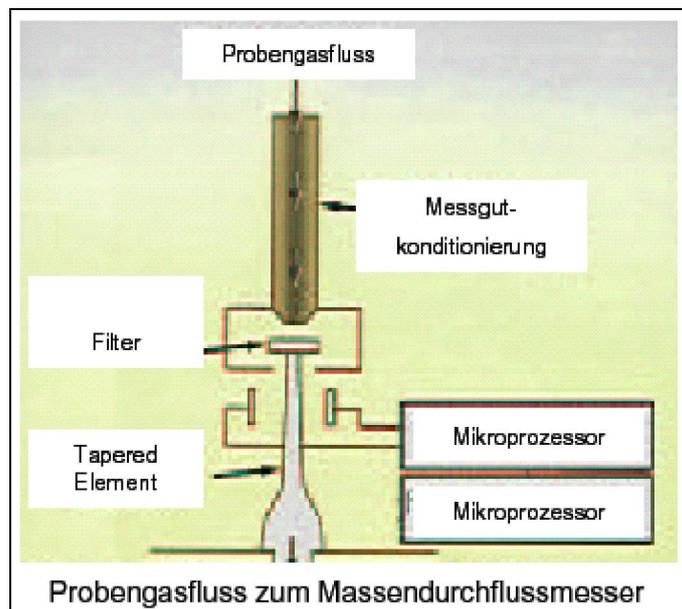
Telefon +49 201 281091  
Telefax +49 201 281094

E-Mail [info@mlu-d.de](mailto:info@mlu-d.de)  
Internet [www.mlu.at](http://www.mlu.at)



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## Schwebstaub-Messgerät TEOM 1400a, Rev. B



## 1. Anwendungsbereich

Echtzeitmessung von Schwebstaub in niedrigen Konzentrationen. Bildung kurzzeitiger Mittelwerte.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, (RWTÜV Anlagentechnik), Essen, Berichte Nr. 3.5.1/205/90/483079/01 und -577925/01 vom 2.9.1994 (Ergänzungsprüfung), durch RWTÜV, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Umweltberatung und -projekte, Essen, Berichte Nr. 3.5.1/205/90-577925/01 vom 27.2.1995, 3.5.1/205/90-577925/01 vom 27.7.1995 (Ergänzungsprüfungen) sowie Nr. 3.5.1/205/90-614152/01 vom 8.8.1996 (Ergänzungsprüfung des Modells 1400a, Revision B, mit einigen konstruktiven Änderungen und 5.01/205/90-714721/01 (PM<sub>10</sub> gemäß EN 12341).

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Modells 1400, das ebenfalls die Eignungsprüfung bestanden hatte (Bericht des RWTÜV G. Nr. 3.5.1/205/90 vom 7.4.1992).

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Schwebstaubmessgerät TEOM 1400a besteht aus zwei Hauptkomponenten: der TEOM-Messeinheit (Sensor-Einheit) und der TEOM-Kontrolleinheit (Steuer-Einheit). Das System ist des weiteren mit einem Softwareprogramm ausgestattet, mit welchem der unmittelbare Messbetrieb des Gerätes beobachtet sowie die der Schwebstaubmessung zugrundeliegenden Betriebsparameter verändert werden können.

Die staubhaltige Probeluft wird durch ein Filter geleitet, das Teil eines in Eigenresonanz schwingenden Systems ist. Der im Filter zurückgehaltene Staub vergrößert die schwingende Masse. Dadurch wird die Resonanzfrequenz verringert. Die Frequenzänderung ist der vom Filter aufgenommenen Staubmenge proportional. Das elektronische System in der TEOM-Kontrolleinheit registriert kontinuierlich diese Änderung der Frequenz. Der eingebaute Mikroprozessor errechnet aus der durch Kalibrierung ermittelten Beziehung zwischen Frequenz und Masse die auf dem Filter abgeschiedene Staubmasse. Als Messdaten werden sowohl der augenblickliche Messwert für die Staubkonzentration in der angesaugten Luft als auch der Halbstunden-, Stunden-, 8-Stunden- und 24-Stunden-Mittelwert der Schwebstaubkonzentration angezeigt.

Ein batteriegepufferter Datenspeicher ermöglicht die Speicherung typischer Messdaten bis zu einem Monat.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	< 15 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	< 6 µg/m <sup>3</sup> bis einige mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	29 – 374
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	≤ ±0,04%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	max. -0,98% zwischen 6 und 40°C
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	≤ ±0,6% im Wartungsintervall
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	≤ -0,7% im Wartungsintervall
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	kein Einfluss feststellbar
Verfügbarkeit	90 - 100%
Rüstzeit	< 2 h
Kalibrierzeit	≤ 0,1% der Messzeit

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	B x H x T
Sensor-Einheit	38 x 33 x 21 cm
Steuer-Einheit	44 x 22 x 33 cm
Gewicht	
Sensor-Einheit	14 kg
Steuer-Einheit	12 kg
Netzanschluss	120V / 60Hz, 4A 240V / 50Hz, 2A
<b>Hersteller</b>	Rupprecht & Patashnick Co Inc., Albany, New York, USA
<b>Vertreiber in Deutschland</b>	MLU Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH Altendorferstr. 97-101 D-45143 Essen
	Telefon +49 201 281091 Telefax +49 201 281094
	E-Mail info@m-lu-d.de Internet www.m-lu.at
-	



Messtechnik für Luft und Umwelt GmbH

## rp 5400 Kohlenstoffmessgerät



## 1. Anwendungsbereich

Zur automatischen Messung von elementarem und organischem Kohlenstoff in der Außenluft und in Innenräumen.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, (RWTÜV Anlagentechnik), Essen, Bericht-Nr. 3.5.1/205/90/676600/01 vom 4.3.1997.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Die Messung erfolgt automatisch und basiert auf einer patentierten thermischen CO<sub>2</sub>-Methode.

Die mit zwei separaten Ofen/Sammlereinheiten arbeitende Konstruktion ermöglicht eine unabhängige Erfassung von Stundenmittelwerten der Konzentration von organischem und elementarem Kohlenstoff. Hierdurch ist es möglich, gleichzeitig in einem Sammler die Probe zu nehmen und im zweiten eine Analyse vorzunehmen.

Durch die Sammlung in einem Impaktor wird unerwünschte Partikelagglomeration verhindert. Der Anwender hat Kontrolle über die Temperatur des Ofens während der Verbrennung. Auch eine Beheizung des Probenahmerohres ist möglich. Ein Nachbrenner oxidiert die sich während der Analysephase aus dem Sammler lösenden flüchtigen Stoffe.

Um zwischen organischem und elementarem Kohlenstoff unterscheiden zu können, wird die Probe bei verschiedenen, vom Anwender einstellbaren Temperaturen verbrannt.

Der Messvorgang besteht aus zwei Phasen: Sammeln und Analysieren. Der Standardwert für die Sammelzeit beträgt eine Stunde.

Die Kalibrierung des CO<sub>2</sub>-Sensors erfolgt softwaregestützt. Dabei wird der Sensor mit Null- und Kalibriergas gespült.

Die RS-232 Schnittstelle des rp 5400 Kohlenstoffmessgerätes ermöglicht vollen Zugang zu den gespeicherten Informationen und die Änderung von Systemparametern sowohl ferngesteuert als auch vor Ort am Gerät selbst.

## 3. Technische Daten

### 3. Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	< 0,73 µg/m <sup>3</sup>

Messbereich	< 0 – 240 mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	10,9 – 12
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	≤ -0,51%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	max. -1,13 % zwischen 6 und 40°C
Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit	max. -2,34 %
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	max. -0,5 %
Verfügbarkeit	> 97,5 %
Rüstzeit	ca. 20 min
Einlaufzeit	max. 55 min
Totzeit	max. 0,3 % des Messintervalls
Kalibrierzeit	≤ 0,01% bezogen auf 6 Monate
Querempfindlichkeit	jeweils < +3,24% gegenüber NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole

## 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen	B x H x T 44 x 69 x 53 cm
Gewicht	47 kg
Netzanschluss	220V / 50Hz    240V / 60Hz
Messwertausgänge	RS-232, 0-1, 0-2, 0-5 V optional 0-20, 4-20mA

**Hersteller**            Rupprecht & Patashnick  
Co Inc.,  
Albany, New York, USA

**Vertreiber  
in Deutschland**        MLU Messtechnik für Luft  
und Umwelt GmbH  
Altendorferstr. 97-101  
D-45143 Essen

Telefon +49 201 281091  
Telefax +49 201 281094

E-Mail  
customer-service@mlu-d.de  
Internet www.mlu.at



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Schwefeldioxid-Immissionen.

Der Analysator ML 9850 ist vor allem in der Elektronik (modularer Aufbau) eine Weiterentwicklung des Modells 8850.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Luftreinhalte, Immission, Essen, Bericht Nr. 3.5.1/554/9-466140/01 vom 18.07.1995.

Ein Konverter ermöglicht die Messung von Schwefelwasserstoff (nach der Oxidation zu SO<sub>2</sub>).

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der SO<sub>2</sub>-Analysator ML 9850 misst die Fluoreszenzstrahlung von angeregten SO<sub>2</sub>-Molekülen im UV-Licht bei 214 nm. Als Ersatz für einen Chopper wird die bewährte langlebige UV-Lampe elektronisch gepulst. Das optische System (gepulste Lampe, Filter, verkleinerte Messkammer) vermeidet jegliche Wasserdampf-Querempfindlichkeit, optimiert die Lebensdauer der Lampe, verbessert gleichzeitig das Rauschverhalten und verkürzt die Ansprechzeit.

Ein wartungsfreier „Kicker“ entfernt alle Kohlenwasserstoffe aus dem zu messenden Gas.

Der SO<sub>2</sub>-Analysator ML 9850 führt zur Selbstüberwachung eine analytische Nullpunktüberprüfung automatisch durch. Ein Test mit Prüfgas (Flasche bzw. Null-Prüfgas-System) kann manuell wie auch automatisch durchgeführt werden (Option).

Einflüsse während der Messung durch Druck, Temperatur und Messgasdurchfluss (Massenfluss) werden überwacht und kompensiert. Ein weiterentwickelter Photomultiplier mit integrierter Hochspannung minimiert das Rauschverhalten zusätzlich. Der Messgasfluss wurde so weit wie möglich minimiert, um die Standzeiten der Probeneingangsfilter sowie die Wartungsintervalle kostensparend zu verlängern.

Ein leistungsstarker Mikroprozessor ermöglicht einen Multitaskingbetrieb. Die Betriebsdaten des Gerätes werden während des Messbetriebes überwacht und optimiert. Gleichzeitig werden die aktuellen wie auch die gemittelten Messwerte (wählbare Zeitintervalle) über eine serienmäßige RS-232- oder 50polige Datenschnittstelle ausgegeben.

Eventuell auftretende Fehler werden über eine entsprechende Klartextanzeige gekennzeichnet.

Über ein großflächiges Anzeigendisplay werden die Messwerte und Betriebsdaten grafisch und digital dargestellt.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	keine Abweichung von der Linearität erkennbar
Nachweisgrenze	< 0,0081 mg/m <sup>3</sup>
Messbereichsendwert	z.B. 20 ppm bzw. 57,14 mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	111
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	< 0,375%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< 0,233%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	
innerhalb 24 Stunden	< 0,03%
im Wartungsintervall	< 0,84%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	
innerhalb 24 Stunden	< 0,28%
im Wartungsintervall	< 7,84%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	< 0,93%
200 - 245V	
Verfügbarkeit	97%
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10 + 33 Minuten
Einstellzeit	< 161 s
Kalibrierzeit	< 4%
Wartungsintervall	28 Tage
Querempfindlichkeit	jeweils < 5,5% gegenüber NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O

### 3.2 Weitere technische Angaben

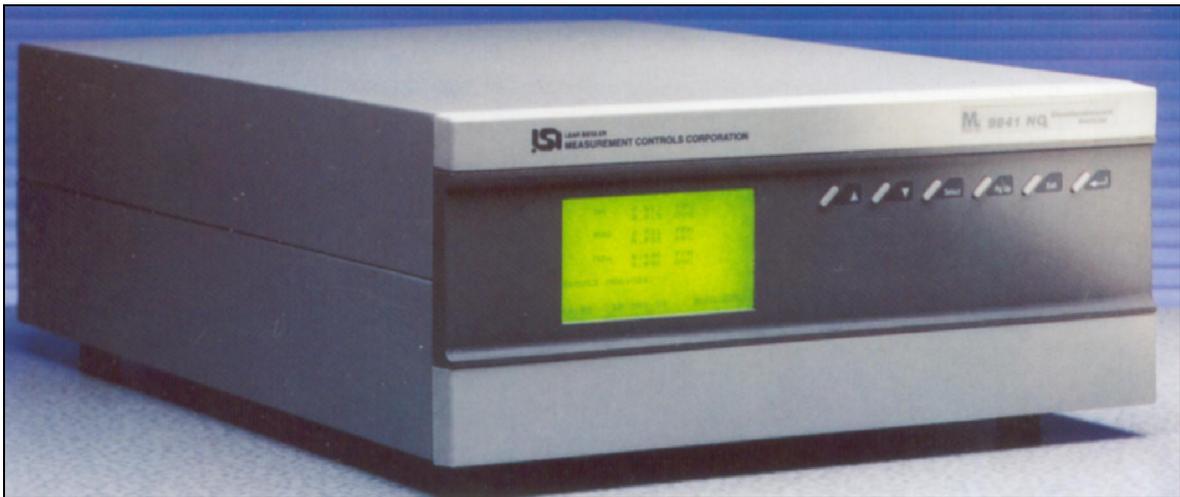
Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 648 mm
Gewicht	25 kg
Netzanschluss	198 - 264V AC, 50Hz oder 99 - 132 V AC, 60Hz
Messwertausgang	100mV, 1V, 5V, 10V oder 0, 1, 2, 4 - 20mA, RS-232

**Hersteller** Monitor Labs/Monitor Europe  
(U.K.)

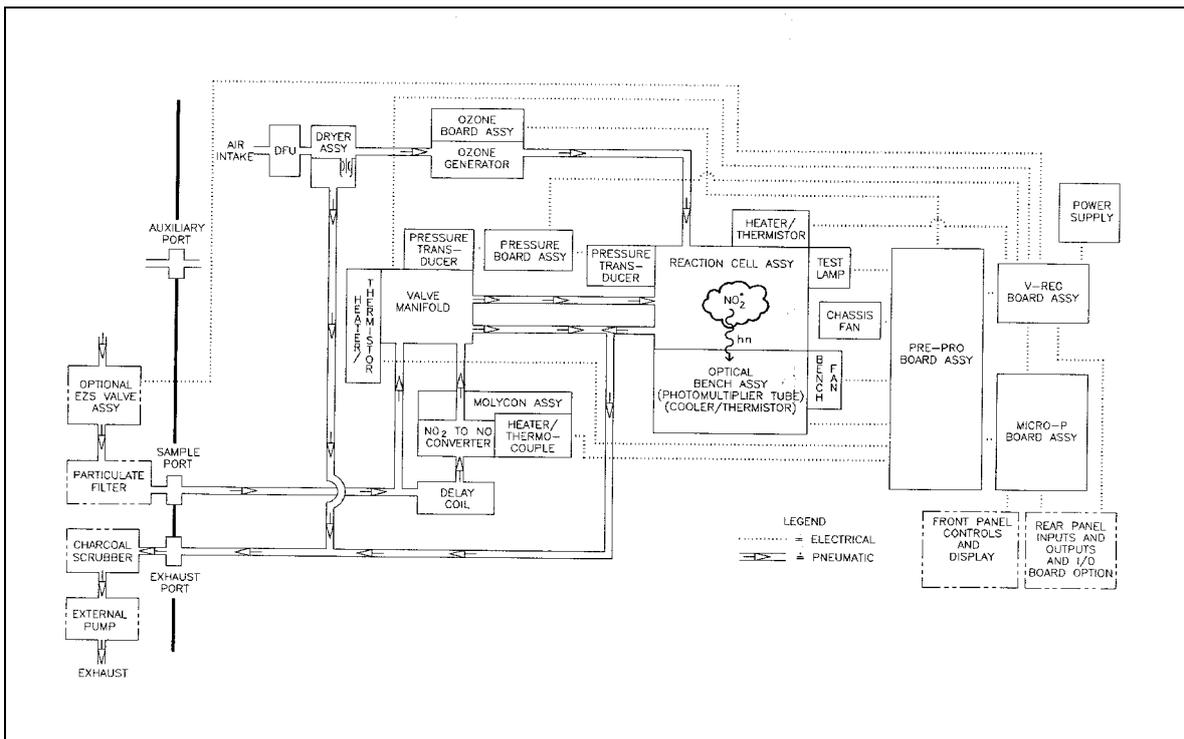
**Vertreiber  
in Deutschland** MS-4 Analysentechnik GmbH  
Am Sandberg 20  
D-35519 Rockenberg

Telefon +49 6033 9235-0  
Telefax +49 6033 9235-19  
E-Mail  
office@ms4-analysentechnik.com  
Internet  
www.ms4-analysentechnik.com

## NO<sub>2</sub>-Analysator ML 9841



### Flussdiagramm:



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung der Immissionen von Stickstoffoxiden (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>).

Der Analysator ML 9841 ist vor allem in der Elektronik (modularer Aufbau) eine Weiterentwicklung des Modells 8841.

Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt, Offenbach, Testbericht-Nummer 21 vom August 1995.

Ein Konverter ermöglicht die Messung von Ammoniak (nach dessen Oxidation zu NO).

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-Analysator ML 9841 misst mittels des Chemilumineszenz-Messprinzips den NO/NO<sub>x</sub>-Gehalt der Luft. Sequentiell wird in nur einer Messkammer gemessen. Dem Gerätekonzept entsprechend ist der gesamte Energieverbrauch mit ca. 150 Watt sehr gering.

Die Gasführung des NO/NO<sub>x</sub>-Analysators ist eine Besonderheit und eine wesentliche Verbesserung bekannter Lösungen. Zusammen mit einer durchdachten Software garantiert dieses Konzept reale und genaue NO<sub>2</sub>-Messungen auch unter schwierigsten Bedingungen. Über einen Vorreaktor werden Nullpunkt und Grundrauschen analytisch überprüft und korrigiert. Querempfindlichkeiten werden auf ein Minimum reduziert.

Umweltfreundlich wird, dem Messprinzip entsprechend, das überschüssige Ozon in einem wartungsfreien Katalysator vernichtet.

Einflüsse während der Messung durch Druck und Temperatur werden überwacht und kompensiert.

Ein leistungsstarker Mikroprozessor ermöglicht einen Multitaskingbetrieb. Die Betriebsdaten des Gerätes werden während des Messbetriebes überwacht und optimiert. Gleichzeitig werden die aktuellen wie auch die gemittelten Messwerte (wählbare Zeitintervalle) über eine serienmäßige RS-232- oder 50polige Datenschnittstelle ausgegeben.

Eventuell auftretende Fehler werden über eine entsprechende Klartextanzeige gekennzeichnet.

Über ein großflächiges Anzeigendisplay werden die Messwerte und Betriebsdaten grafisch und digital dargestellt.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	NO, NO <sub>x</sub> : < 8 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> : < 3,1 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	408 µg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	NO : 69 - 220 NO <sub>x</sub> : 28 - 157 NO <sub>2</sub> : 37 - 123 (konzentrationsabhängig)
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	≤ 0,12% 5 - 40°C
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	≤ 2% 5 - 40°
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb von 24 h im Wartungsintervall	≤ 2% ≤ 10%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb von 24 h im Wartungsintervall	≤ 2% ≤ 10%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Einflüsse feststellbar
Verfügbarkeit	> 95%
Kalibrierzeit	≤ 2%
Rüstzeit	ca. 1 Stunde
Einstellzeit Wartungsintervall	≤ 60 s ca. 1 Monat
Querempfindlichkeit	NO: pro Komponente ≤ 0,1% (CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) NO <sub>x</sub> : Summe Komponenten ≤ 1% NO <sub>2</sub> : H <sub>2</sub> O ≤ 1% bei 85% r.F.

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 648 mm
Gewicht	28 kg
Netzanschluss	198 - 264V AC, 50Hz oder 99 - 132V AC, 60Hz
Messwertausgang	100mV, 1V, 5V, 10V, oder 0, 1, 2, 4 - 20mA RS-232

**Hersteller** Monitor Labs/Monitor Europe  
(U.K.)

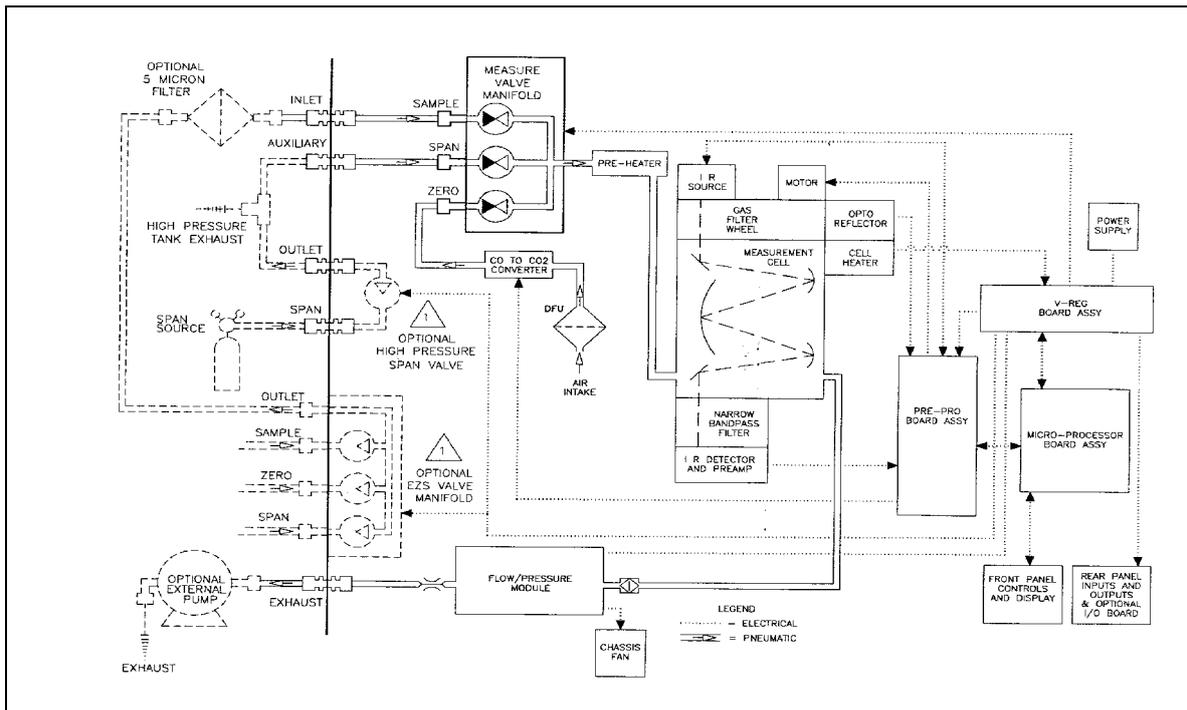
**Vertreiber  
in Deutschland** MS-4 Analysentechnik GmbH  
Am Sandberg 20  
D-35519 Rockenberg

Telefon (06033) 9235-0  
Telefax (06033) 9235-19  
E-Mail  
office@ms4-analysentechnik.com  
Internet

# CO-Analysator ML 9830



## Flussdiagramm:



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Kohlenstoffmonoxid-Immissionen.

Der Analysator ML 9830 ist vor allem in der Elektronik (modularer Aufbau) eine Weiterentwicklung des Modells 8830.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Luftreinhaltung, Immission, Essen, Prüfbericht 3.5.1./554/92 -461774/01 vom 8.3.1995.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der CO-Analysator ML 9830 ist ein NDIR-Photometer. Ein Messgerät, das mittels Gasfilterkorrelations-Messtechnik schon geringe Konzentrationen von CO in der Luft misst.

Der CO-Analysator ML 9830 hat keine Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf oder anderen störenden Gaskomponenten. Beeinträchtigungen aufgrund von Erschütterungen sind ausgeschlossen.

Ein internes temperaturkontrolliertes Null-Luft-System erlaubt eine automatische analytische Nullpunkt-Überprüfung. Abweichungen werden erfasst und korrigiert.

Wie bei allen Geräten der Reihe ML 9800 werden ebenfalls automatisch Druck und Temperatur kompensiert. Eine temperaturstabilisierte Messkammer sorgt für einen störungsfreien Betrieb auch bei schwankenden Umgebungsbedingungen.

Ein leistungsstarker Mikroprozessor ermöglicht einen Multitaskingbetrieb. Die Betriebsdaten des Gerätes werden während des Messbetriebes überwacht und optimiert. Gleichzeitig werden die aktuellen wie auch die gemittelten Messwerte (wählbare Zeitintervalle) über eine serienmäßige RS-232- oder 50polige Datenschnittstelle ausgegeben.

Eventuell auftretende Fehler werden über eine entsprechende Klartextanzeige gekennzeichnet.

Über ein großflächiges Anzeigendisplay werden die Messwerte und Betriebsdaten grafisch und digital dargestellt.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Analysenfunktion	keine Abweichung der Linearität erkennbar
Nachweisgrenze	< 0,7 mg/m <sup>3</sup>
Messbereich bei der Eignungsprüfung	0 - 230 mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	58,8
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	< 1,35%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 5 - 40°C	< 0,93%
Zeitliche Änderung des Nullpunktes innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< 0,13% < 3,7%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit innerhalb 24 h im Wartungsintervall	< 0,13% < 3,7%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	< 0,7%
Verfügbarkeit	99%
Kalibrierzeit	< 3%
Rüstzeit + Einlaufzeit	max. 10+24 min
Einstellzeit	< 44 s
Wartungsintervall	28 Tage
Querempfindlichkeit	jeweils < 3,2% gegenüber NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O

### 3.2 Weitere technische Angaben

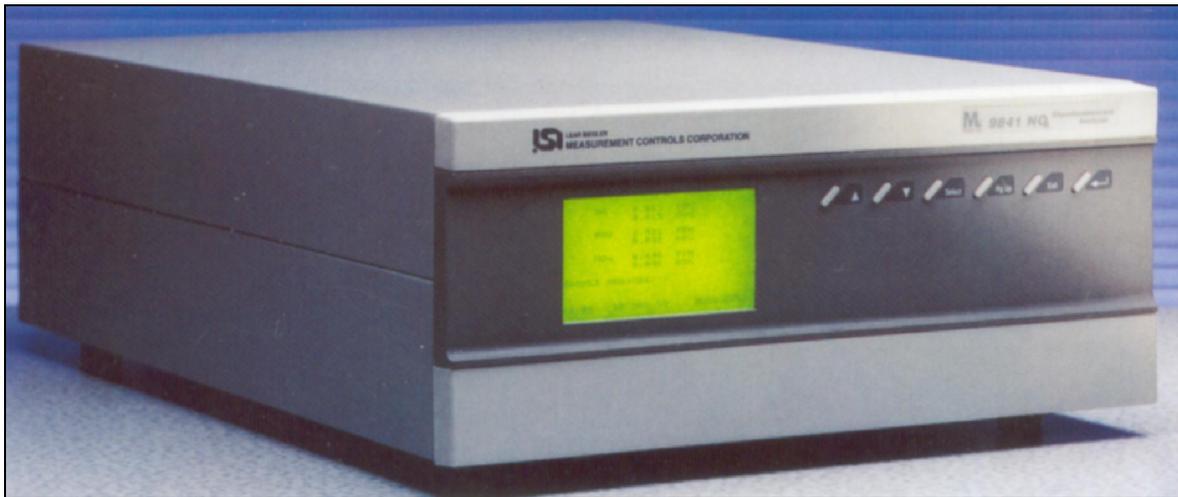
Abmessungen	B x H x T 432 x 178 x 648 mm
Gewicht	21 kg
Netzanschluss	198 - 264V AC, 50Hz oder 99 - 132V AC, 60Hz
Messwertausgang	100mV, 1V, 5V, 10V oder 0, 1, 2, 4 - 20 mA RS-232

**Hersteller** Monitor Labs/Monitor Europe  
(U.K.)

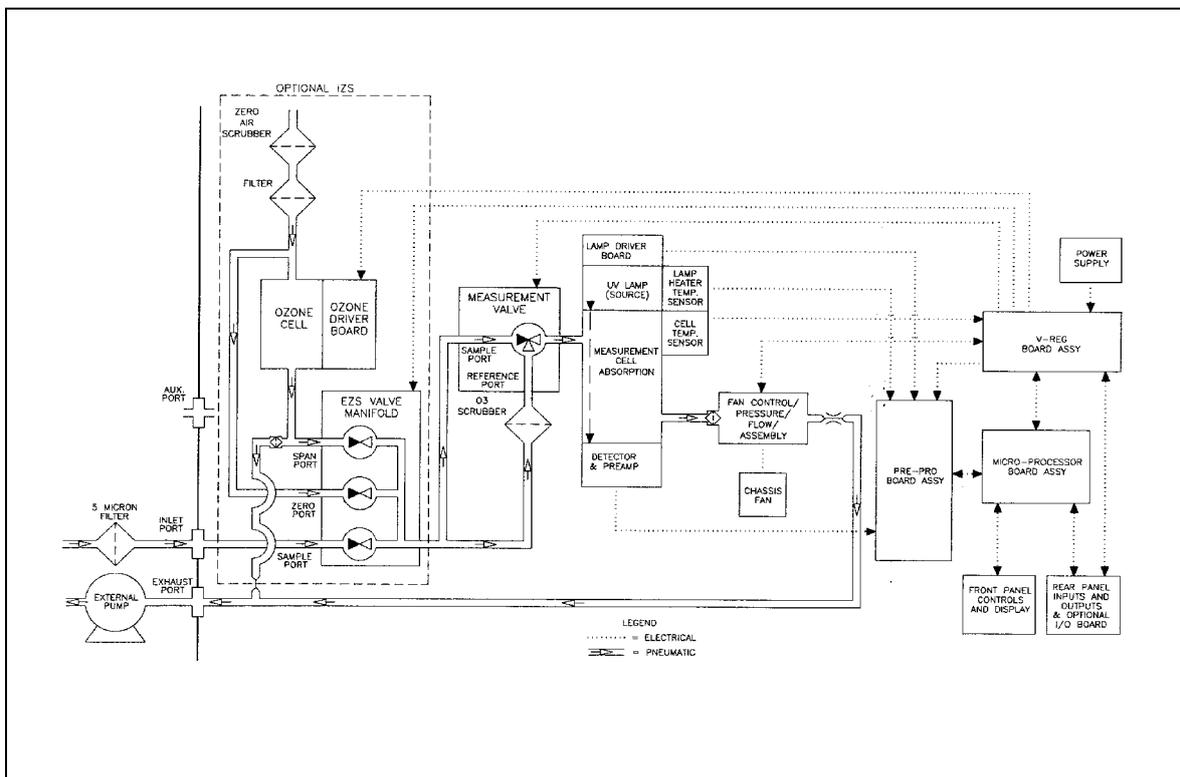
**Vertreiber  
in Deutschland** MS-4 Analysentechnik GmbH  
Am Sandberg 20  
D-35519 Rockenberg

Telefon +49 6033 9235-0  
Telefax +49 6033 9235-19  
E-Mail  
office@ms4-analysentechnik.com  
Internet  
www.ms4-analysentechnik.com

# Ozon-Analysator ML 9810



## Flussdiagramm:



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Ozon in atmosphärischer Luft.

Der Analysator ML 9810 ist vor allem in der Elektronik (modularer Aufbau) eine Weiterentwicklung des Modells 8810.

Eignungsprüfung durch den Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungs-Verein, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Zentralabteilung Luftreinhaltung, Immission, Essen, Prüfbericht 3.5.1./554/92 -461774/01 vom 8.3.1995.

Der Analysator ML 9812 (eingebauter Ozongenerator) wird nunmehr unter der Bezeichnung ML 9810 mit IZS vertrieben. Im Gegensatz zum ML 9811 kann der interne Ozongasgenerator nur eine frei wählbare Ozonkonzentration erzeugen.

Eignungsprüfung (Nachprüfung) durch die Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH (UMEG), Karlsruhe, Bericht Nr. 33-06/95 vom März 1995.

Beide Geräte sind im Messaufbau identisch.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der Ozon-Analysator ML 9810 ist ein UV-Photometer. Ein Analysator, der geringe Konzentrationen einer durch Ozon hervorgerufenen Absorption von UV-Licht bei 254 nm misst. Sein Prinzip beruht auf dem Lambert-Beer'schen Gesetz, mit dem das mikroprozessorgesteuerte Gerät die Ozonkonzentration berechnet.

Das Ozonmessgerät ML 9810 schließt mögliche Querempfindlichkeiten durch die Verwendung einer Einkanalmesstechnik von vornherein aus. Der Messgasfluss wurde so weit wie möglich reduziert, die Lebensdauer von Scrubber und Proben-eingangsfILTER dadurch entscheidend erhöht. Eine bessere Verfügbarkeit ist durch einen serienmäßigen zweiten Scrubber (Nullpunktüberprüfung) gegeben.

Wie bei allen Geräten der Reihe ML 9800 werden ebenfalls automatisch Druck und Temperatur kompensiert. Eine temperaturstabilisierte Messkammer sorgt für einen störungsfreien Betrieb auch bei schwankenden Umgebungsbedingungen.

Ein leistungsstarker Mikroprozessor ermöglicht einen Multitaskingbetrieb. Die Betriebsdaten des Gerätes werden während des Messbetriebes überwacht und optimiert. Gleichzeitig werden die aktuellen wie auch die gemittelten Messwerte (wählbare Zeitintervalle) über eine serienmäßige

RS-232- oder 50polige Datenschnittstelle ausgegeben.

Eventuell auftretende Fehler werden über eine entsprechende Klartextanzeige gekennzeichnet.

Über ein großflächiges Anzeigendisplay werden die Messwerte und Betriebsdaten grafisch und digital dargestellt.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung (ML 9810)

Kalibrierfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	1,8 ppm
Messbereichsendwert	z. B. 200 ppm
Reproduzierbarkeit (R)	Labor: 92 Feld: 19
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 10 - 20°C	- 1,3%
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 10 - 20°C	1,7 %
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	
innerhalb 24 h	- 0,04%
im Wartungsintervall	- 1,1%
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	
innerhalb 24 h	0,01%
im Wartungsintervall	0,2%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine vorhanden
Verfügbarkeit	> 98%
Kalibrierzeit	> 5%
Rüstzeit + Einlaufzeit	15 + 45 min
Einstellzeit	< 144 s
Wartungsintervall	28 Tage

Querempfindlichkeit < 6% (z.T. erheblich)  
gegenüber CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>,  
C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S,  
NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>,  
SO<sub>2</sub> (bis 600 ppb),  
Benzaldehyd  
(bis 0,7 mg/m<sup>3</sup>)  
> 6%  
gegenüber Wasserdampf  
und Styrol

**Hersteller** Monitor Labs/Monitor Europe  
(U.K.)

**Vertreiber  
in Deutschland** MS-4 Analysentechnik GmbH  
Am Sandberg 20  
D-35519 Rockenberg

Telefon +49 6033 9235-0  
Telefax +49 6033 9235-19  
E-Mail  
office@ms4-analysentechnik.com  
Internet  
www.ms4-analysentechnik.com

### 3.2 Weitere technische Angaben

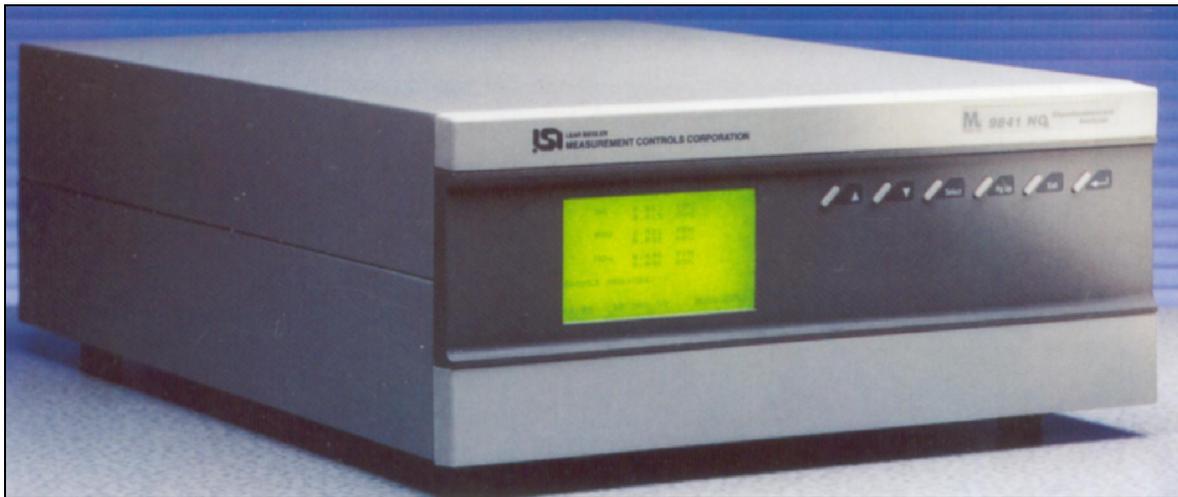
Abmessungen B x H x T  
432 x 178 x 648 mm

Gewicht 16 kg

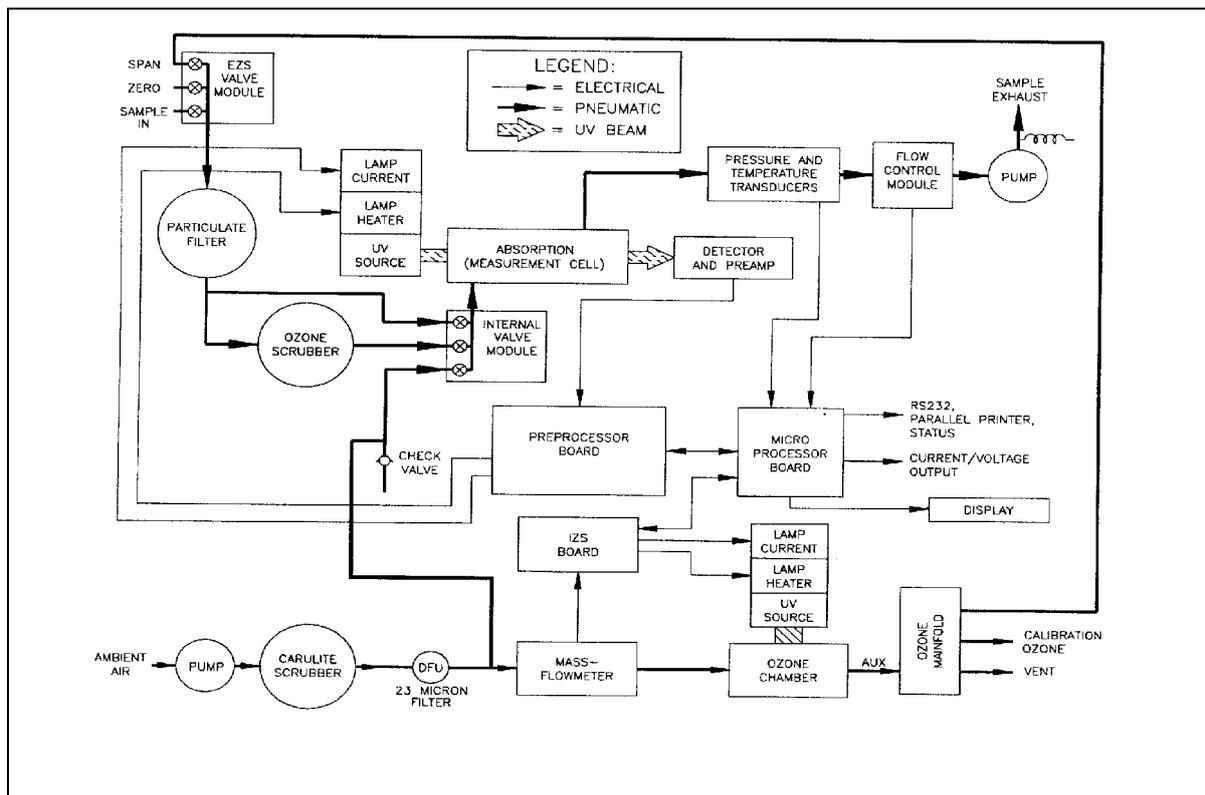
Netzanschluss 198 - 264V AC, 50Hz  
oder  
99 - 132V AC, 60Hz

Messwertausgang 100mV, 1V, 5V, 10V  
oder  
0, 1, 2, 4 - 20 mA,  
RS-232

## Ozon-Analysator ML 9811



### Flussdiagramm:



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Ozon in atmosphärischer Luft.

Der Analysator ML 9811 ist im Messaufbau identisch mit dem Gerät 9810.

Eignungsprüfung (Nachprüfung) durch die Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH (UMEG), Karlsruhe, Bericht Nr. 33-06/95 vom März 1995.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der Ozonanalysator ML 9811 verfügt über einen eingebauten Ozongenerator. Der Ozongasgenerator kann zur Funktionsüberprüfung des Messgerätes und zur Überprüfung anderer Messgeräte verwendet werden.

Die für den Ozongasgenerator mit einer zusätzlichen Pumpe angesaugte Luft wird durch ein Partikelfilter und einen Aktivkohlescrubber gereinigt. In einer Reaktionskammer wird mit einer UV-Lampe Ozon erzeugt.

Wie bei allen Geräten der Reihe ML 9800 werden ebenfalls automatisch Druck und Temperatur kompensiert. Eine temperaturstabilisierte Messkammer sorgt für einen störungsfreien Betrieb auch bei schwankenden Umgebungsbedingungen.

Ein leistungsstarker Mikroprozessor ermöglicht einen Multitaskingbetrieb. Die Betriebsdaten des Gerätes werden während des Messbetriebes überwacht und optimiert. Gleichzeitig werden die aktuellen wie auch die gemittelten Messwerte (wählbare Zeitintervalle) über eine serienmäßige RS-232- oder 50polige Datenschnittstelle ausgegeben.

Eventuell auftretende Fehler werden über eine entsprechende Klartextanzeige gekennzeichnet.

Über ein großflächiges Anzeigendisplay werden die Messwerte und Betriebsdaten grafisch und digital dargestellt.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung (Nachprüfung)

Kalibrierfunktion ausreichend linear

Messbereich bei der Eignungsprüfung 0 – 400 µg/m<sup>3</sup>

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) max. - 1,3%  
5 - 40°C

Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) max. 1,2 %  
5 - 40°C

Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals kann nicht festgestellt werden.

### 3.2 Weitere technische Angaben

Abmessungen B x H x T  
432 x 178 x 648 mm

Gewicht 16 kg

Netzanschluss 198 - 264V AC, 50Hz  
oder  
99 - 132V AC, 60Hz

Messwertausgang 100mV, 1V, 5V, 10V  
oder  
0, 1, 2, 4 - 20 mA,  
RS-232

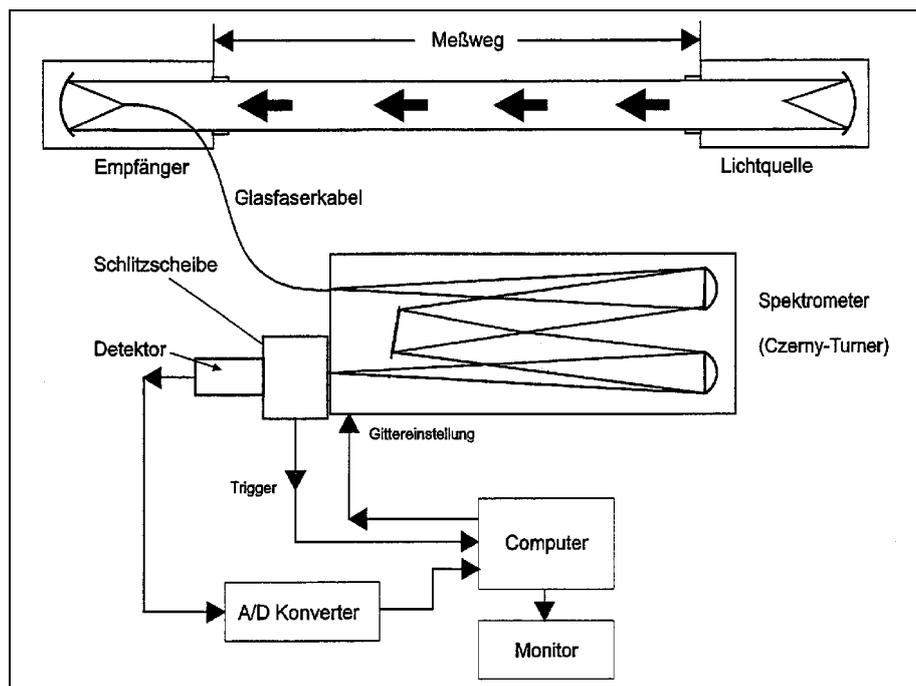
**Hersteller** Monitor Labs/Monitor Europe (U.K.)

**Vertreiber in Deutschland** MS-4 Analysentechnik GmbH  
Am Sandberg 20  
D-35519 Rockenberg

Telefon +49 6033 9235-0  
Telefax +49 6033 9235-19  
E-Mail  
office@ms4-analysentechnik.com  
Internet  
www.ms4-analysentechnik.com



## Mehrkomponentenmessgerät OPSIS AR 500



## 1. Anwendungsbereich

Wegintegrierende automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Ozon.

Eignungsprüfungen durch die Gesellschaft für Umwelterhebungen mbH (UMEG), Karlsruhe, Bericht Nr. 33-10/93 vom März 1993 (Schwefeldioxid) und durch den TÜV Rheinland, Institut für Umweltschutz und Energietechnik Prüfbericht 936/807014/A vom 11.02.2000 (Stickstoffdioxid); Prüfbericht 936/807014/B vom 12.02.1999 (Ozon).

## 2. Aufbau und Funktionsweise

Das Messprinzip beruht bei diesen Geräten auf der Absorption von Licht durch das zu messende Gas in den für das Gas charakteristischen Wellenlängenbereichen. Bei der differentiellen optischen Absorptions-Spektroskopie (DOAS), die auf dem Lambert-Beer'schen Gesetz beruht, wird das im Messweg befindliche Gas zwischen dem Sender und Empfänger gemessen, über ein Glasfaserkabel an den Analysator weitergeleitet (Gitterspektrometer nach dem Czerny-Turner Prinzip), durch ein rotierende Schlitzscheibe geleitet (100 Abtastungen pro Sekunde) und von einem Photomultiplier detektiert.

Ein Computer steuert das Spektrometer (Gittereinstellung) und verarbeitet die von der rotierenden Schlitzscheibe und dem Detektor gesendeten Signale. Der untersuchte Wellenlängenbereich wird hierdurch in 1000 Kanäle aufgespreizt. Die Integrationszeit pro Komponente liegt zwischen 30 s und 60 s. Während dieses Zeitraums werden mehrere tausend Abtastsignale aufgezeichnet, so dass sich ein ausreichend hohes Signal-Rausch-Verhältnis ergibt.

Querempfindlichkeiten unbekannter Substanzen, die im gleichen Wellenlängenbereich differentielle Absorption aufweisen, erhöhen den Standardfehler. Dieser wird als Qualitätskriterium zu jedem Messwert errechnet und angezeigt.

Querempfindlichkeiten bekannter Substanzen können, wenn die differentiellen Absorptionskoeffizienten im Rechner gespeichert sind, minimiert werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus den Eignungsprüfungen

Nachweisgrenze	$\leq 1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SO <sub>2</sub> ) $\leq 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO <sub>2</sub> ) $\leq 2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ozon)
Messbereich	frei wählbar
Messweg	50-300 m
Reproduzierbarkeit (R)	> 10
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur) 0-35°C	0 % (SO <sub>2</sub> ) <± 1,9 % (NO <sub>2</sub> ) <± 0,8 % (Ozon)
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur) 0-35°C	< 1,6 % (SO <sub>2</sub> ) <± 1,7 % (NO <sub>2</sub> ) <± 0,8 % (Ozon)
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	0 % (SO <sub>2</sub> ) $\leq -0,01$ % Feldversuch $\leq -0,02$ % im Wartungsintervall (NO <sub>2</sub> ) $\leq -0,01$ % Feldversuch $\leq -0,14$ % im Wartungsintervall (Ozon)
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	0 % (SO <sub>2</sub> ) $\leq -0,03$ % Feldversuch $\leq -0,1$ % im Wartungsintervall (NO <sub>2</sub> ) $\leq -0,00$ % Feldversuch $\leq -0,003$ % im Wartungsintervall (Ozon)
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Störungen feststellbar
Verfügbarkeit	98 % (SO <sub>2</sub> ) > 98,6% (NO <sub>2</sub> , Ozon)
Kalibrierzeit	< 5% der Messzeit
Einstellzeit	max. 150 s
Wartungsintervall	28 Tage (SO <sub>2</sub> ) ca. 3 Monate (NO <sub>2</sub> , Ozon)

Querempfindlichkeit	
SO <sub>2</sub> :	< 2 % gegenüber 28 geprüften anorganischen und organischen Komponenten
NO <sub>2</sub> , Ozon:	< 6% pro Komponente (CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , NO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sub>2</sub> O) Kein signifikanter Einfluss (auch bei rel. Luftfeuchte bis 100 %.)

<b>Hersteller</b>	OPSIS AB, Furuland, Schweden.
<b>Vertreiber in Deutschland</b>	OPSIS GmbH, Hauptstr. 69 D-50226 Frechen
	Telefon +49 2234 23097 Telefax +49 2234 22535 E-Mail <a href="mailto:opsis@opsis-gmbh.de">opsis@opsis-gmbh.de</a> Internet <a href="http://www.opsis-gmbh.de">www.opsis-gmbh.de</a>

### 3.2 Weitere technische Daten

#### Opsis AR 500

Abmessungen	60 x 44 x 27 cm
Gewicht	ca. 30 kg
Netzanschluss	220V / 50Hz, ca. 110VA

#### Sender ER 150

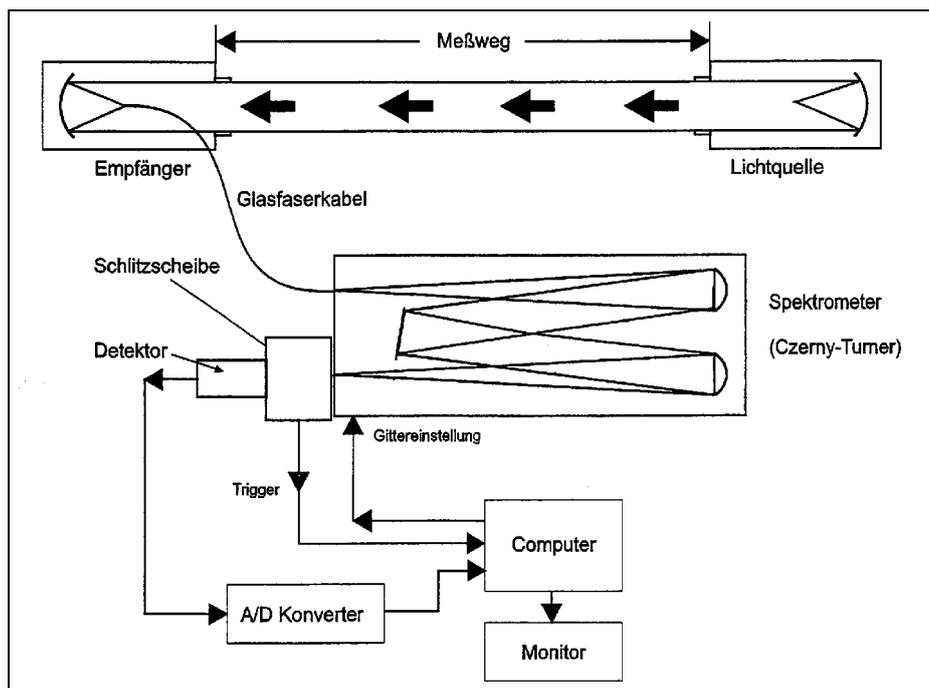
Abmessungen	99 x 20,5 x 42,5 cm
Gewicht	ca. 55 kg
Netzgerät:	220 W

#### Empfänger EM 150

Abmessungen	137,5 x 20,5 x 38 cm
Gewicht	ca. 60 kg



## Mehrkomponentenmessgerät OPSIS AR 502Z (Benzol)



## 1. Anwendungsbereich

Wegintegrierende automatisch-kontinuierliche Immissionsmessung von Benzol.

Eignungsprüfung durch den TÜV Rheinland, Institut für Umweltschutz und Energietechnik Prüfbericht 936/807014/C vom 26.01.2001

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des OPSIS AR 500 (siehe vorherige Seiten), das bereits für Schwefeldioxid, Ozon und Stickstoffdioxid eignungsgeprüft ist.

## 2. Aufbau und Funktionsweise

Im wesentlichen entspricht das AR 502Z in Hard- und Softwareausstattung dem AR 500. Zur Messung von Benzol sind folgende Verbesserungen erforderlich:

- Erhöhung der spektralen Auflösung des eingesetzten Gitters
- Einführung einer Rückkopplungsschleife zwischen Sender und Empfänger zur automatischen Lichtoptimierung (LO 150 / 110)
- Einführung der Kalibrier- und Justiereinrichtung FC 150

Das Messprinzip beruht bei diesen Geräten auf der Absorption von Licht durch das zu messende Gas in den für das Gas charakteristischen Wellenlängenbereichen. Bei der differentiellen optischen Absorptions-Spektroskopie (DOAS), die auf dem Lambert-Beer'schen Gesetz beruht, wird das im Messweg befindliche Gas zwischen dem Sender und Empfänger gemessen, über ein Glasfaserkabel an den Analysator weitergeleitet (Gitterspektrometer nach dem Czerny-Turner Prinzip), durch ein rotierende Schlitzscheibe geleitet (100 Abtastungen pro Sekunde) und von einem Photomultiplier detektiert.

Ein Computer steuert das Spektrometer (Gittereinstellung) und verarbeitet die von der rotierenden Schlitzscheibe und dem Detektor gesendeten Signale. Der untersuchte Wellenlängenbereich wird hierdurch in 1000 Kanäle aufgespreizt. Die Integrationszeit pro Komponente liegt zwischen 30 s und 60 s. Während dieses Zeitraums werden mehrere tausend Abtastsignale aufgezeichnet, so dass sich ein ausreichend hohes Signal-Rausch-Verhältnis ergibt.

Querempfindlichkeiten unbekannter Substanzen, die im gleichen Wellenlängenbereich differentielle Absorption aufweisen, erhöhen den Standardfehler. Dieser wird als Qualitätskriterium zu jedem Messwert errechnet und angezeigt.

Querempfindlichkeiten bekannter Substanzen können, wenn die differentiellen Absorptionskoeffizienten im Rechner gespeichert sind, minimiert werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Nachweisgrenze	$\leq 0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Kleinster Messbereich	0 - 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sonst frei wählbar
Messzeit	min. 30 s
Messweg	300 m
Reproduzierbarkeit (R)	> 10
Ausnahme: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IW2	> 10
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	$< \pm 1,1 \%$ 0°C – 35 °C
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	$< \pm 2,7 \%$ 0°C - 35°C
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	$\leq \pm 0,01 \%$ Feldversuch $\leq \pm 0,01 \%$ im Wartungsintervall
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	$\leq 0,03\%$ Feldversuch $\leq 0,03\%$ im Wartungsintervall
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Störungen feststellbar
Verfügbarkeit	> 92,4%
Kalibrierzeit Automatisch:	ca. 30 min 30 – 45 min
Rüstzeit	nicht geprüft
Einstellzeit	max. 150 s
Wartungsintervall	ca. 3 Monate

Querempfindlichkeit < 6% pro Komponente  
(CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>,  
NO<sub>2</sub>, NO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>,  
C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>O)  
Kein signifikanter  
Einfluss (auch bei rel.  
Luftfeuchte bis 100 %.)

**Hersteller** OPSIS AB, Furuland,  
Schweden.

**Vertreiber  
in Deutschland** OPSIS GmbH,  
Hauptstr. 69  
D-50226 Frechen

Telefon +49 2234 23097  
Telefax +49 2234 22535  
E-Mail [opsis@opsis-gmbh.de](mailto:opsis@opsis-gmbh.de)  
Internet [www.opsis-gmbh.de](http://www.opsis-gmbh.de)

### 3.2 Weitere technische Daten

#### **Opsis AR 502Z**

Abmessungen 60 x 44 x 27 cm  
Gewicht ca. 30 kg

Netzanschluss 220V / 50Hz,  
ca. 110VA

#### **Sender ER 150**

Abmessungen 99 x 20,5 x 42,5 cm

Gewicht ca. 55 kg

Netzgerät: 220 W

#### **Empfänger EM 150**

Abmessungen 137,5 x 20,5 x 38 cm

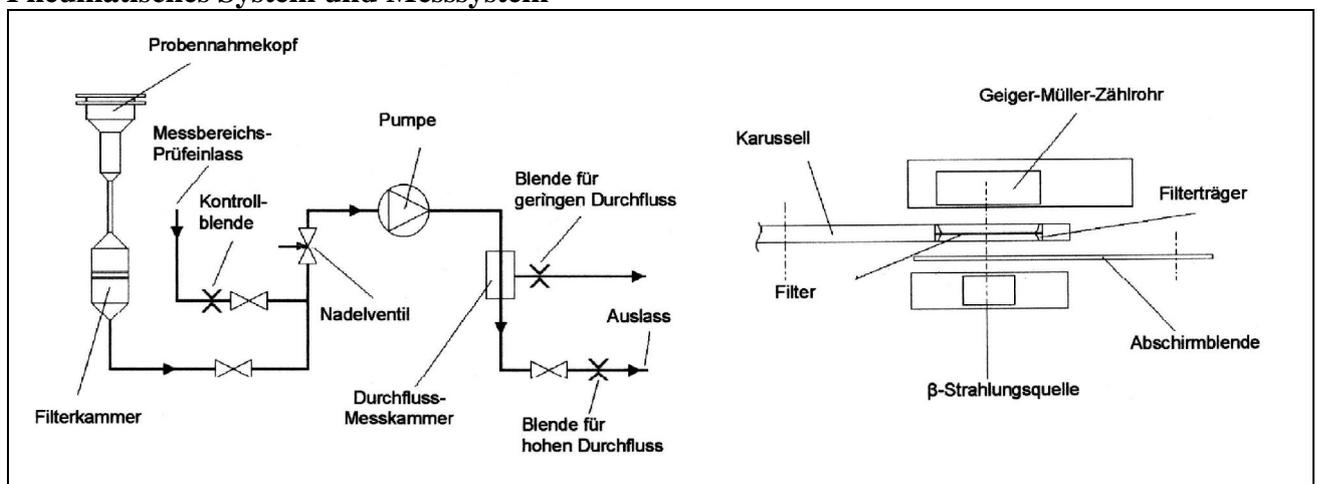
Gewicht ca. 60 kg



## Schwebstaubimmissionsmessgerät OPSIS SM 200 (PM 10)



### Pneumatisches System und Messsystem



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Immissions-Messung von Schwebstaub mit PM<sub>10</sub> Vorabscheider.

Eignungsprüfung durch den TÜV Rheinland, Institut für Umweltschutz und Energietechnik Prüfbericht 936/801013/A vom 29.01.2003

## 2. Aufbau und Funktionsweise

Das Messprinzip beruht bei diesem Gerät auf der Beta-Absorption von Schwebstaub, der während der Probenahme auf einem Membranfilter abgeschieden wird.

Die Messeinrichtung besteht aus dem Probenahmekopf und dem Ansaugrohr, der Pumpeneinheit, der Probenahme- und Messeinheit sowie den Filtercontainern zur Bevorratung der unbeaufschlagten und beaufschlagten Filter.

Als Probenahmekopf wird ein PM<sub>10</sub> Probeneinlass, der als Vorabscheider für den aus der Außenluft angesaugten Schwebstaub fungiert (Volumenstrom: 1,0 m<sup>3</sup>/h), eingesetzt.

Alternativ ist auch der Einsatz von TSP-, PM<sub>2,5</sub>- sowie PM<sub>1</sub>- Probeneinlässen möglich.

Die Probenahme- und Messeinheit steuert die Pumpe und beinhaltet auch das mechanische System zur Bewegung der Filter im Gerät, große Teile des pneumatischen Systems, die Messeinrichtung und alle notwendigen elektronischen Einrichtungen und Mikroprozessoren zur Steuerung und Kontrolle der Messeinrichtung. Die Daten einer laufenden Probenahme und die gespeicherten Daten können jederzeit über das Display abgerufen werden. Das Gerät verfügt über eine RS 232-Schnittstelle zum Datentransfer, die auch eine Fernsteuerung des Gerätes ermöglicht.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung

Nachweisgrenze	≤ 1,29 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 - 1000 µg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	> 10 im Feldtest
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	5°C - 40°C < ± 0,48 µg/m <sup>3</sup>
Temperaturabhängigkeit	5°C - 40°C

der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	< ± 1,22 %
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	< 2µg/m <sup>3</sup> in 24 h
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	≤ 3,14%
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine Störungen > 0,77% feststellbar
Verfügbarkeit	> 97,8%
Kalibrierzeit	< 5% der Messzeit
Wartungsintervall	1 Monat
Tagesmittelwerte 24h	Filterwechsel: 0,28 % der Mitteilungszeit
Querempfindlichkeit	< 0,2 µg/m <sup>3</sup> (auch bei wechselnder Luftfeuchte)
Abweichung des Probenahmenvolumens	< 3 % Tagesmittel < 5 % Momentanwert

### 3.2 Weitere technische Daten

#### Probenahme- und Messmodul

Abmessungen	43 x 60 x 26 cm
Gewicht ca.	45 kg
Netzanschluss	220V / 50Hz, ca. 800 W
Messwertausgang	0 –10V, RS 232

#### Pumpenmodul

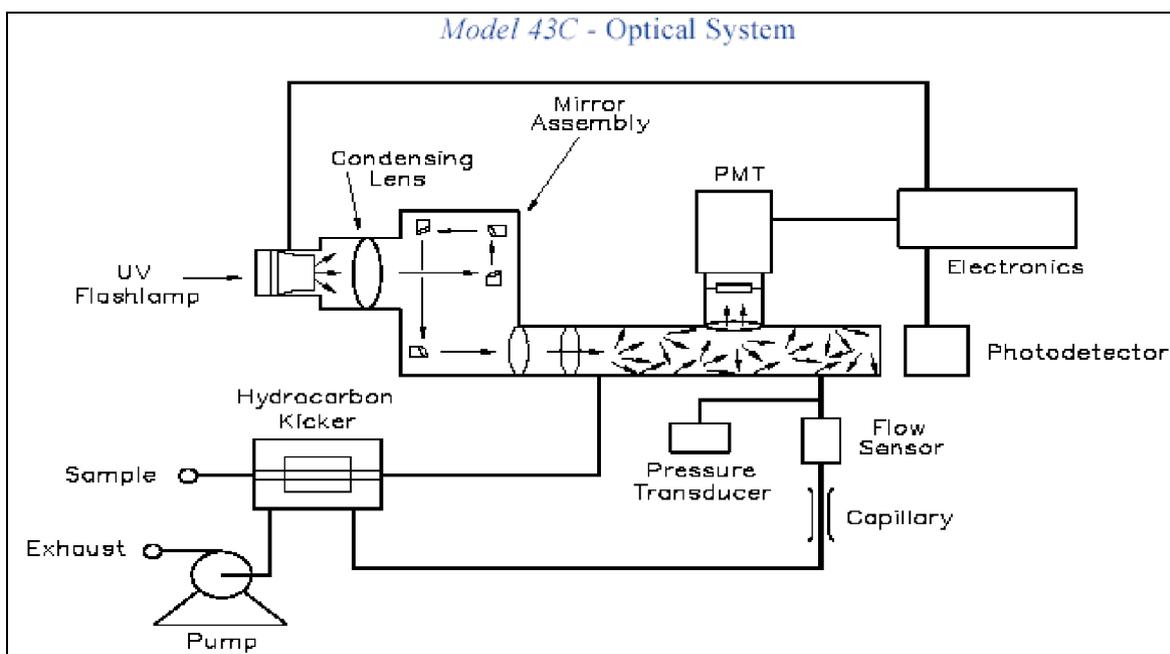
Abmessungen	32 x 22 x 30 cm
Ansaugrohr	1,5 m
Gewicht	20 kg

**Hersteller** OPSIS AB, Furuland, Schweden.

**Vertreiber in Deutschland** OPSIS GmbH,  
Hauptstr. 69  
D-50226 Frechen  
Telefon (02234) 23097  
Telefax (02234) 22535  
E-Mail opsis@opsis-gmbh.de  
Internet www.opsis.de

# Thermo ESM Andersen

## SO<sub>2</sub> – Analysator Modell TE 43 C



## 1. Anwendungsbereich

Automatisch-kontinuierliche Messung von Schwefeldioxid-Immissionen (SO<sub>2</sub>), ohne Hilfsgase oder Chemikalien. Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Modells TE 43 a (Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 11 vom März 1989).

Ergänzende Eignungsprüfung durch die RWTÜV TÜV Anlagentechnik GmbH, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Bericht Nr. 3.5.1/324/95-598031/01 vom 05.09.1996.

Ein vor das Gerät geschalteter Konverter ermöglicht die Messung von Schwefelwasserstoff-Immissionen (H<sub>2</sub>S)

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der SO<sub>2</sub> – Analysator TE 43 C arbeitet nach dem Prinzip der gepulsten UV-Fluoreszenz.

Wie in dem oben skizzierten optischen System wird gepulstes UV-Licht über ein Spiegelsystem mit Bandpasswirkung in die Reaktionszelle geleitet, wo es die vorhandenen SO<sub>2</sub>-Moleküle des Messgases anregt. Wenn diese Moleküle in den Grundzustand zurück fallen, emittieren sie ein charakteristisches, floureszierendes Licht, das der Konzentration der vorhandenen SO<sub>2</sub>-Moleküle proportional ist.

Dieses floureszierende Licht wird über ein optisches Bandpassfilter in den Photomultiplier geleitet. Das Ausgangssignal des Photomultipliers wird in einer Elektronik für die Anzeige den Analogausgang und die RS 232 aufbereitet.

Die im optischen System erzeugte UV-Strahlung wird über einen Photodetektor gemessen und dient als Regelgröße für die Regelung der UV-Lampe. Diese optische Rückkoppelung der UV-Konzentration garantiert eine geringe Eichpunkt drift des Analysators.

Über das Bandpassspiegelsystem wird sichergestellt, dass der Anteil des Streulichtes sehr gering ist. Dadurch wird eine hohe Nullpunktstabilität erreicht. Querempfindlichkeiten gegenüber Kohlenwasserstoffen werden durch den Einsatz eines „Kicker-Moduls“, einem System, das über eine permeable Membran Aromaten aus dem Messgas entfernt, weitgehend unterdrückt.

Die Messwerte werden auf dem Display angezeigt und an einen Analogausgang sowie auf die RS-232-Schnittstelle ausgegeben (GEI-Bayern/Hessen – Messnetzprotokoll).

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus den Eignungsprüfungen

Analysenfunktion ausreichend linear

Nachweisgrenze < 1,7 µg/m<sup>3</sup>

Messbereich 0 bis 2 ppm

Reproduzierbarkeit ca. 147

Temperaturabhängigkeit < 0,25 %  
des Nullpunktes  
(Umgebungstemperatur)

Temperaturabhängigkeit < 1,01 %  
der Empfindlichkeit  
(Umgebungstemperatur)

Zeitliche Änderung: < 2 %  
des Nullpunktes

Zeitliche Änderung: < 2 %  
der Empfindlichkeit

Netzspannungsabhängigkeit keine  
keit des Messsignals

Verfügbarkeit > 97 %

### 3.2 Weitere technische Daten

Abmessungen 19“; 5 HE ;  
58,5 cm Tiefe

Gewicht ca. 19,5 kg

Messwertausgänge 0 - 10 V; RS 232  
(Bayern/Hessen-Mess-  
netzprotokoll)

Messwertanzeige LCD/LED, fernsteuerbar

**Hersteller** Thermo ESM Andersen  
Frauenauracher Str. 96  
D-91056 Erlangen

Telefon +49 9131 909-262

Telefax +49 9131 909-156

E-Mail

esm.andersen@thermo-esm.com

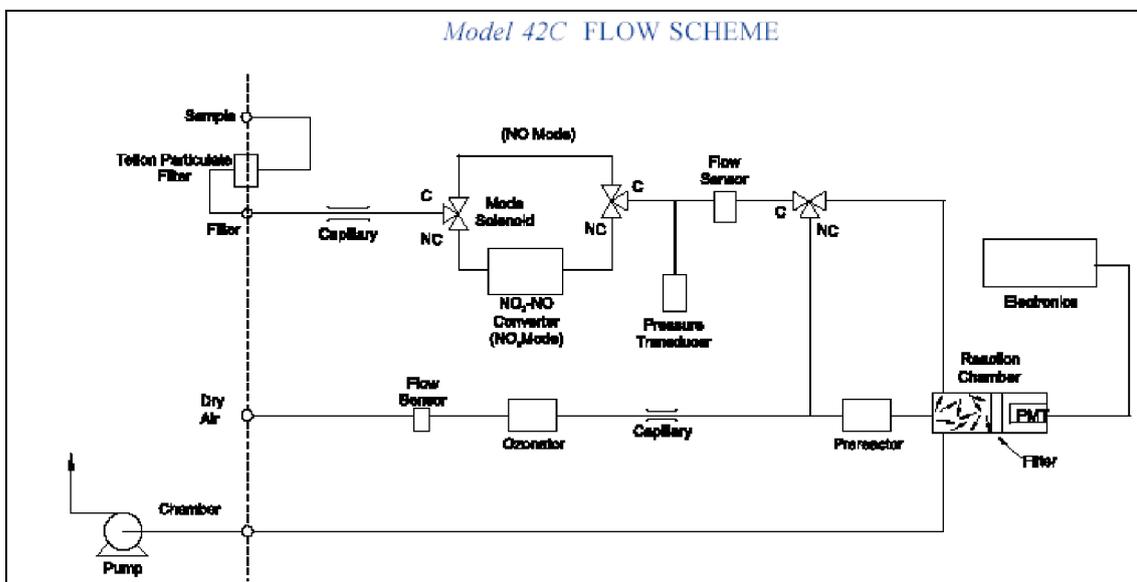
Internet

www.esm-andersen.de

www.esm-thermo.com

# Thermo ESM Andersen

## NO<sub>x</sub> – Analysator Modell TE 42 C



## 1. Anwendungsbereich

Automatische kontinuierliche Messung von Stickoxid-Immissionen (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>). Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Modells TE 42 (Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 17 vom September 1993).

Ergänzende Eignungsprüfung durch die RWTÜV TÜV Anlagentechnik GmbH, Fachbereich Energie und Umwelt, Bericht Nr. 1.6/0324/1995 – 20385383/01 vom 07.11.2001.

Die Trace Level Version hat eine Nachweisgrenze von 50 ppb.

Ein vor das Gerät geschalteter Konverter ermöglicht die Messung von Ammoniak-Immissionen.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der Stickoxid-Analysator arbeitet nach dem Prinzip der Chemilumineszenz mit einem Detektor, der zyklisch zur NO- und NO<sub>x</sub>-Messung umgeschaltet wird. Aus der Differenz der beiden Messungen wird die NO<sub>2</sub>-Konzentration berechnet.

Nach dem o.g. Fließschema gelangt die Probeluft über ein Messgasfilter und eine Kapillare zum Zyklusventil. Dieses Ventil schaltet den Messgasdurchfluss zyklisch direkt bzw. über den NO<sub>2</sub> → NO<sub>x</sub> - Konverter zur Reaktionskammer.

Das im Messgas enthaltene NO reagiert mit dem Ozon aus dem Ozongenerator. Bei dieser Reaktion werden die NO-Moleküle angeregt und senden beim Zurückfallen in den Grundzustand die für die Reaktion charakteristische Wellenlänge (Chemilumineszenz) aus. Die Lumineszenzstrahlung wird über ein optisches Bandfilter zum Photomultiplier geleitet und für die Anzeige und den Analogausgang aufbereitet.

Ist das Zyklusventil so geschaltet, dass der Messgasdurchfluss an dem Konverter vorbei geleitet wird, so wird nur die NO-Konzentration der Probe bestimmt. Fließt das Messgas durch den Konverter, so werden die NO<sub>2</sub>-Moleküle zu NO reduziert und es erfolgt die Messung der (NO + NO<sub>2</sub>)-Konzentration. Über die CPU wird aus der Differenz der beiden Messungen die NO-Konzentration berechnet. Die Messwerte für NO, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> werden auf dem Display angezeigt und jeweils auf einen separaten Analogausgang sowie auf die RS 232 Schnittstelle ausgegeben (GEI-Bayern/Hessen-Messnetzprotokoll).

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus den Eignungsprüfungen

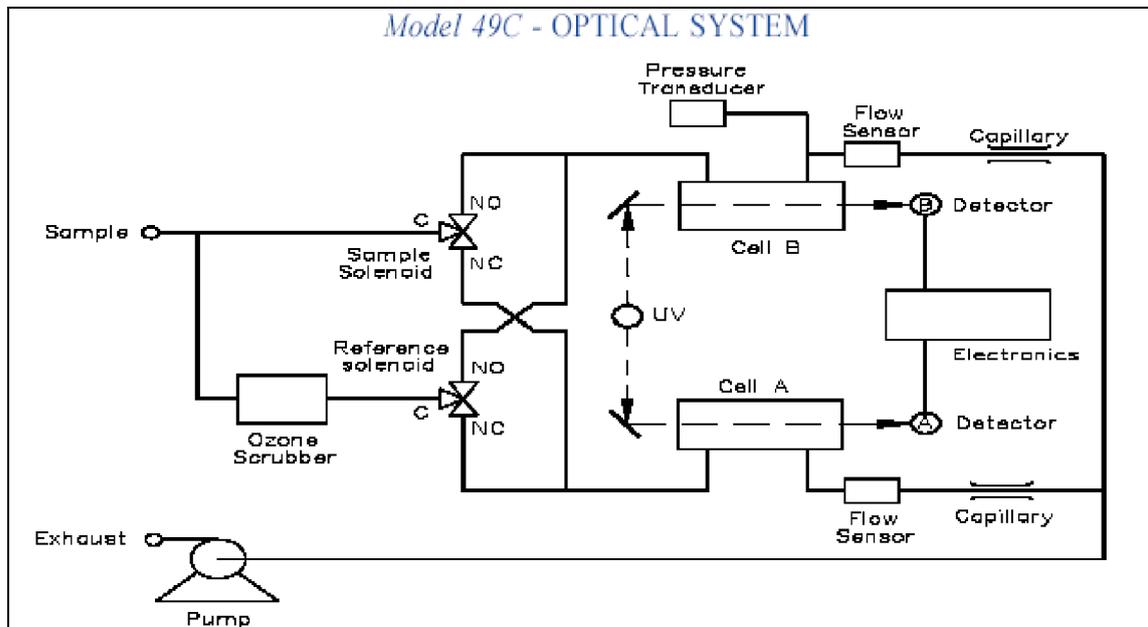
Analysenfunktion	ausreichend linear
Nachweisgrenze	< 0,41 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 bis 50 mg/m <sup>3</sup>
Reproduzierbarkeit (R)	ca. 500 (NO) ca. 400 (NO <sub>x</sub> ) ca. 41 (NO <sub>2</sub> )
Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Umgebungstemperatur)	<+0,7 % im Bereich 5-40°C
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Umgebungstemperatur)	≤ 1,1 % (5-30°C) ≤ 6,8 % (30-40°C)
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	< 10 %
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	< 2 %
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine
Verfügbarkeit	> 95 %

### 3.2 Weitere technische Daten

Messwertausgänge	RS 232 , 4 - 20 mA; Volt: frei wählbar  RS232 Bayern/Hessen-Protokoll
Messwertanzeige	LCD/LED, fernsteuerbar
Abmessungen	19“ ; 5 HE ; 58,5 cm Tiefe
Gewicht	ca. 24 kg
<b>Hersteller</b>	Thermo ESM Andersen Frauenauracher Str. 96 D-91056 Erlangen  Telefon +49 9131 909-262 Telefax +49 9131 909-156 E-Mail esm.andersen@thermo-esm.com Internet www.esm-andersen.de www.esm-thermo.com

# Thermo ESM Andersen

## Ozon – Analysator Modell TE 49 C



## 1. Anwendungsbereich

Automatische kontinuierliche Messung von Ozon-Immissionen (O<sub>3</sub>), ohne Verbrauchsmaterialien.

Das Gerät ist eine Weiterentwicklung des Modells TE 49 (Eignungsprüfung durch das Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt in Offenbach, Testbericht Nr. 14 vom September 1991).

Ergänzende Eignungsprüfung durch die RWTÜV TÜV Anlagentechnik GmbH, Institut für Umweltschutz, Chemie und Biotechnologie, Bericht Nr. 5.0.1/324/95-598031/01 vom 16.02.1999.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Der Ozon – Analysator TE 49 C arbeitet nach dem Doppelzellen-Time-Share-Verfahren (UV-Absorption) mit einem optischen System, das gegenüber Interferenzen unempfindlich ist und eine sehr schnelle Ansprechzeit ermöglicht.

Wie in dem o. g. Fließschema dargestellt, ist der Analysator TE 49 C ein Doppelzellen-UV-Photometer. Der Analysator arbeitet in zwei Messzyklen. Im ersten Zyklus wird das Messgas in die erste Messzelle und das Referenzgas in die zweite Messzelle geleitet. Das Referenzgas ist der Messgasstrom, der über den katalytischen Konverter fließt. Dabei wird das in dem Messgas vorhandene O<sub>3</sub> zu O<sub>2</sub> reduziert. In den beiden Zellen wird die Lichtintensität gemessen.

Im zweiten Messzyklus wird die Mess- und Referenzzelle durch Umschalten der Magnetventile getauscht und wiederum die Lichtintensität in den beiden Zellen gemessen. Aus den Messwerten berechnet die CPU die Ozonkonzentration in der Außenluft.

Über Messwertaufnehmer werden kontinuierlich der Druck und die Umgebungstemperatur gemessen. Diese Messwerte werden der CPU zugeführt und ermöglichen eine kontinuierliche automatisch Messwertkorrektur.

Die Messwerte werden auf dem Display angezeigt und einen Analogausgang sowie auf die RS 232 Schnittstelle ausgegeben (GEI-Bayern/Hessen-Messnetzprotokoll).

Der TE 49 C Analysator kann mit einem integrierten Ozongenerator zur Eichgaserzeugung geliefert werden.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus den Eignungsprüfungen

Analysenfunktion	linear
Nachweisgrenze	< 1,95 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 bis 1 ppm
Reproduzierbarkeit	224....674
Temperaturabhängigkeit	< 2 %
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit	< 2 %
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	< 2 %
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	< 2 %
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine
Verfügbarkeit	> 98 %

### 3.2 Weitere technische Daten

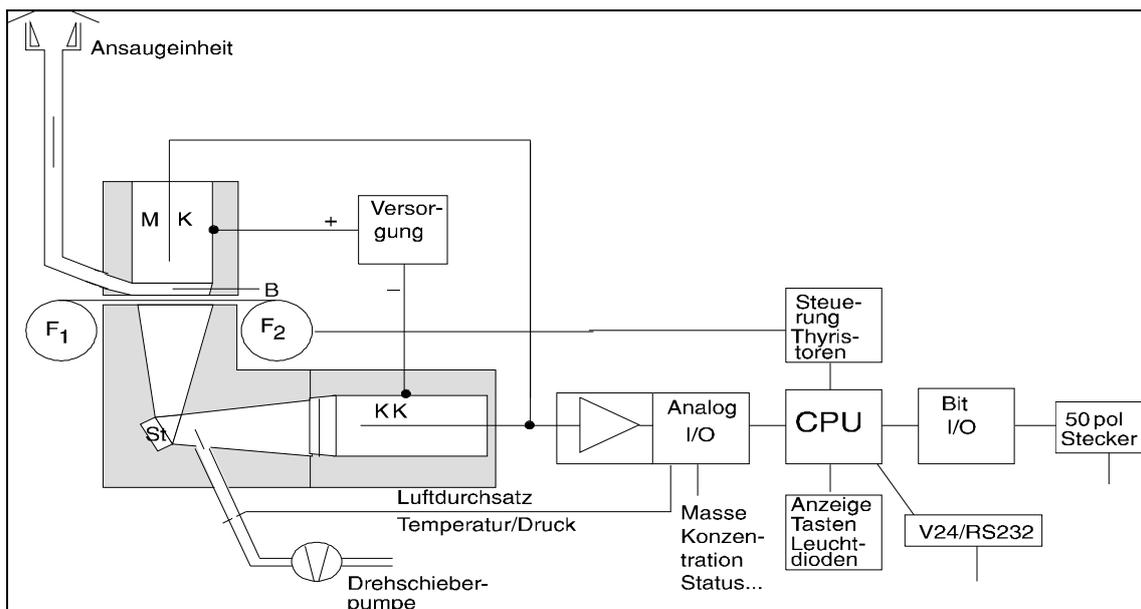
Messwertausgänge	RS 232 , 0 - 10 V; RS232 Bayern/Hessen-Protokoll
Messwertanzeige	LCD/LED, fernsteuerbar
Abmessungen	17“ ; 5 HE ; 58,5 cm Tiefe
Gewicht	ca. 16 kg

**Hersteller** Thermo ESM Andersen  
Frauenauracher Str. 96  
D-91056 Erlangen

**Hersteller** Telefon +49 9131 909-262  
Telefax +49 9131 909-156  
E-Mail  
esm.andersen@thermo-esm.com  
Internet www.esm-andersen.de  
www.esm-thermo.com

# Thermo ESM Andersen

## Automatisches Staubmessgerät FH 62 I-N (TSP)



## 1. Anwendungsbereich

- Bundesrepublik Deutschland

Eignung entsprechend den bundeseinheitlichen Richtlinien für kontinuierliche Immissionsmessungen des Schwebstaubes und den Richtlinien für telemetrische Luftgüte-Messnetze. Verwendung zur Erfüllung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Die Staubmessgeräte FH 62 I und FH 62 I-N werden in allen Messnetzen der 16 Bundesländer in Deutschland eingesetzt.

Eignungsprüfungen:

FH62 I (1m<sup>3</sup>/h) durch die LIS Essen (Bericht-Nr.11, 1980); GMBI 1990, Nr. 12, 242

FH62 I (3m<sup>3</sup>/h) durch die LIS Essen (Bericht-Nr.68, 1986); GMBI 1990, Nr. 12, 242

FH62 I-N (1m<sup>3</sup>/h, 3m<sup>3</sup>/h) durch die LIS Essen (Bericht-Nr.104,1991); GMBI 1992, Nr. 45, 1142, Richtlinie VDI 2463 Blatt 5

- USA

Geeignet für die automatische und kontinuierliche PM-10 Messung mit dem Inlet SA 246 b

Eignungsprüfung:

FH 62 I-N PM-10 Beta Attenuation Monior (1m<sup>3</sup>/h) durch die EPA (Prüf-Nr. EQPM-0990-076)

- EG

Die EPA-Prüfung entspricht weitgehend der thorakalen Konvention der EEC-Directive 80/779.

-Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Messung der MAK - und TRK-Werte im Arbeitsschutz.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Das Staubmessgerät FH 62 I-N verwendet das radiometrische Prinzip der Beta-Strahlenabsorption mit einem Zwei-Strahl-Kompensationsverfahren (radiometrische Echt-Zeit-Waage).

Es ist das einzige Gerät, dass während der Sammlung des Staubes gleichzeitig die sich akkumulierende Partikelmasse misst, beobachtet und anzeigt. Aus dieser Verfahrensweise resultiert diese Echt-Zeit-Messung des Staubes auf einem Filter. Ein einzelner Filterfleck bleibt in einer Einzelposition lange Zeit stehen (z.B. bei 50 µg/m<sup>3</sup> 48 Stunden lang), bis volle Belegung erreicht ist.

Die Abbildung zeigt das Prinzip des Staubmessgerätes FH 62 I-N. Die Bestäubungs- und Messstelle B befindet sich zwischen Strahler St und der Messkammer MK. Die Versorgungsspannungen der Kammern sind entgegen geschaltet. Als Ausgangsspannung liefert MK ein positives und KK (Kompensationskammer) ein negatives Signal.

Die Ausgänge beider Kammern sind zusammengeschaltet, so dass am gemeinsamen Ausgang in der Regel 0 V anliegen, wenn keine Partikel zwischen Strahler und Kammern sind.

Die staubhaltige Luft wird über das Probenahmesystem angesaugt. Ein Stück unbestaubtes Filterband rückt in die Messstelle. Während der gesamten Messzeit wird nur ein Filterfleck verwendet. Die Pumpe schaltet ein und das System wird am Ausgang auf Null abgeglichen (0 Volt). Mit der Bestäubung des Filterfleckes B scheiden sich mehr und mehr Partikel ab. Diese sich kontinuierlich aufbauende Staubschicht schwächt den Beta-Strahl in der Messstrecke ab und das elektrische Signal am Ausgang steigt an. Die anwachsende Partikelmasse erzeugt ein integrales Ausgangssignal als akkumulierte Staubmassenkurve über der Zeit.

Dieses System ist ein sogenannter "Direktbeobachter" der Staubmasse an der Stelle B. Zu jedem Zeitpunkt ist der Massewert (in µg) auf dem Filterfleck B bekannt und man kann die Geschwindigkeit der Partikelsammlung beobachten.

Die Messwerte werden verstärkt und über einen AD-Wandler an den Prozessor gegeben. Aus dem zeitlichen Anwachsen der Staubmasse pro Zeit wird mit Verrechnung des Luftdurchsatzes die Staubkonzentration berechnet und angezeigt. Der Einzel-Filterfleck steht während der ganzen Messzeit in einer Position. Nach Erreichen der max. Beladung beginnt der Zyklus mit dem nächsten Filterwechsel.

## 3. Technische Daten

### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung FH 62 I-N (1 und 3 m<sup>3</sup>/h)

Analysenfunktion	$x=1/b \ y = a/b$ $x=1,024 - 0,9$
Nachweisgrenze	10 µg/m <sup>3</sup>
Messbereich	0 bis 2400 µg/m <sup>3</sup> (max. 20 mg/m <sup>3</sup> )
Reproduzierbarkeit	42 - 28

Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes	nicht nachweisbar
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit	nicht nachweisbar
Zeitliche Änderung des Nullpunktes	0 %
Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit	0 %
Netzspannungsabhängigkeit des Messsignals	keine
Verfügbarkeit	99,5 %
Kalibrierzeit	entfällt
Wartungsintervall	> 3 Monate

**Hersteller** Thermo ESM Andersen  
Frauenauracher Str. 96  
D-91056 Erlangen

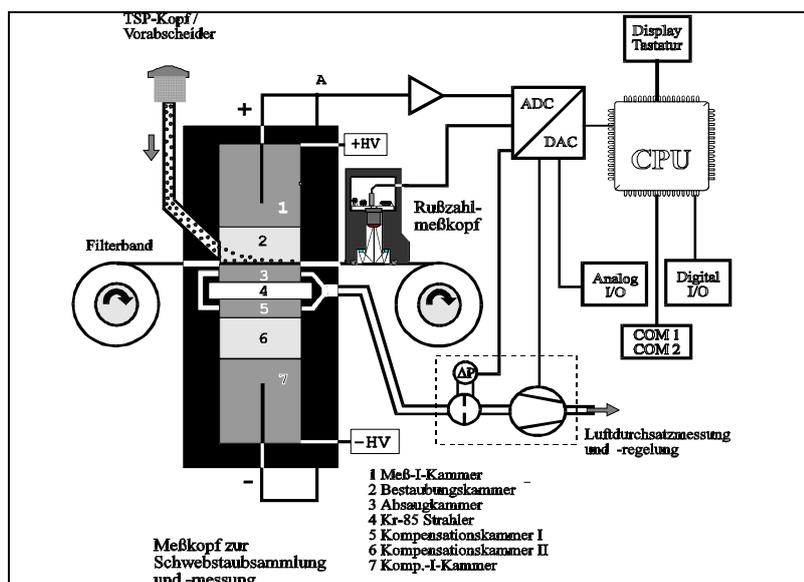
**Hersteller** Telefon +49 9131 909-262  
Telefax +49 9131 909-156  
E-Mail  
esm.andersen@thermo-esm.com  
Internet www.esm-andersen.de  
www.esm-thermo.com

### 3.2 Weitere technische Daten

Messwertausgänge	RS 232 , 0 - 10 V; 0 - 20 mA
Messwertanzeige	LCD/LED, fernsteuerbar
Abmessungen	BxHxT = 485x488x563mm; 19",10 HE
Gewicht	42 kg
Präparat	<sup>85</sup> Kr ; 1,85 GBq (50 mCi)
Bauart-Zulassung	By 33/88

# Thermo ESM Andersen

## Automatisches Staubmessgerät FH 62 I-R (TSP; PM10)



## 1. Anwendungsbereich

- Bundesrepublik Deutschland

Eignung entsprechend den bundeseinheitlichen Richtlinien für kontinuierliche Immissionsmessungen des Schwebstaubes und den Richtlinien für telemetrische Luftgüte-Messnetze. Verwendung zur Erfüllung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Die Staubmessgeräte FH 62 werden in allen Messnetzen der 16 Bundesländer in Deutschland eingesetzt (weltweit ca. 45 Messnetze).

Eignungsprüfungen:

- TSP:

TÜV-Bericht Nr. 240 11676 (1995)  
TÜV Umwelttechnik GmbH, München  
GMBI-Blatt-Nr. 33 (1995), Seite 703  
Richtlinie VDI 2463 Blatt 5

- PM-10:

Eignungsprüfung durch den TÜV Bayern (Nr. 2402 2605) konform der europäischen PM-10 Richtlinie DIN EN 12341 (Bekanntgabe im Gemeinsamen Ministerialblatt Nr. 60 (2000) Seite 1195

-Weitere Anwendungsmöglichkeiten:

Messung der MAK - und TRK-Werte im Arbeitsschutz.

## 2. Aufbau und Arbeitsweise

Die Staubmessgeräte vom Typ FH 62 sind die einzigen radiometrischen Geräte, die während der Sammlung des Staubes gleichzeitig die sich akkumulierende Partikelmasse messen und anzeigen. Aus dieser Verfahrensweise resultiert die Echt-Zeit-Messung des Staubes auf einem Filter sowie die Online-Messung der Massenkonzentration des Schwebstaubes in der Luft.

Das Staubmessgerät FH 62 I-R verwendet das radiometrische Prinzip der Beta-Strahlenabsorption mit einem Zwei-Strahl-Kompensationsverfahren. Durch dieses Verfahren wird eine sehr hohe Messstabilität erreicht, weil zu jedem Messwert gleichzeitig ein Wert in der Referenzstrecke ermittelt wird, in der das Filterband durch eine feste Folie ersetzt ist.

Diese Referenzstrecke ist mit der eigentlichen Messstrecke physikalisch so verbunden, dass auftretende Temperatur- und Druckschwankungen sich in beiden Messsystemen stets gleich auswirken.

Die Abbildung zeigt das Prinzip des Staubmessgerätes FH 62 I-R.

Über eine Probenahmeinheit wird die Messluft angesaugt. Die in der Luft enthaltenen Staubpartikel scheiden sich auf einem Filterband ab.

Die Bestäubung erfolgt nach dem Festfilter-Prinzip. Ein einzelner Filterfleck bleibt so lange in der Mess- und Bestäubungs-Position stehen, bis die volle Belegung (1500 µg), oder ein anderer Filterwechselfaktor (Uhrzeit, vorgewählte Standzeit, Unterdruck, Luftdurchsatz, Massenbelegung) erreicht worden ist. Anschließend wird der bestaubte Filterfleck aus der Messposition und ein frisches Filterband in die Messposition transportiert (automatischer Filterwechsel). Es beginnt ein neuer Zyklus.

Die Bestäubungs- und Messstelle 2 befindet sich zwischen Strahler 4 und der Ionisationskammer 1. Die Versorgungsspannungen der Ionisationskammern (1 + 7) haben entgegengesetzte Polarität. Als Ausgangssignal liefert 1 einen positiven und 2 einen negativen Strom. Der Differenzstrom der beiden Ausgänge wird als bereinigtes Messsignal auf den Eingangsverstärker geführt. Um Dickenschwankungen des Filterbandes zu kompensieren, wird das Messsignal nach jedem Filterwechsel automatisch auf Null abgeglichen.

Die sich kontinuierlich aufbauende Staubschicht schwächt die Intensität des Beta-Strahls im Messzweig (4 - 2 - 1) ab und das elektrische Potential am Ausgang A steigt an. Das Messsignal liefert damit zu jedem Zeitpunkt die auf dem Filterband abgeschiedene Staubmasse. Dieses System ist ein sogenannter "Direktbeobachter" der Staubmasse an der Position 2. Zu jedem Zeitpunkt ist der Massewert (in µg) auf dem Filterfleck bekannt und man kann die Geschwindigkeit der Partikelsammlung beobachten.

Das Signal am Ausgang A wird verstärkt und über einen Analog/Digital-Wandler an die Prozessor-Einheit (CPU) gegeben. Aus dem zeitlichen Anwachsen der Staubmasse resultieren Berechnung und Anzeige der Staubkonzentration.

Bei der Berechnung der Staubkonzentration wird der durch eine Sonde exakt gemessene Luftdurchsatz berücksichtigt. Dadurch wird die Konzentration bei Betrieb ohne Durchsatzregelung auch bei schwankendem Luftdurchsatz richtig berechnet.

Wenn der Luftdurchsatz sehr konstant gehalten werden muss - beispielsweise bei Verwendung des Zyklons für Feinstaubmessungen oder eines PM10 Kopfes - kann vom FH 62 I-R ein Regelventil angesteuert werden. Alternativ kann der

Luftdurchsatz auch durch eine drehzahlgesteuerte Pumpe geregelt werden.

Der Einfluss schwankender Luftfechtigkeiten sowie die Gefahr der Betauung im Gerät bei hoher Luftfeuchtigkeit kann durch den Einsatz eines beheizten Probenahmerohres verhindert werden.

### 3. Technische Daten

#### 3.1 Daten aus der Eignungsprüfung FH 62 I-R (TSP)

Analysenfunktion  $y = 0,99 x - 5,06$   
 $R^2 = 0,997$

Nachweisgrenze 0,5 µg/m<sup>3</sup> (24h)

Messbereich 0 bis 5000 µg/m<sup>3</sup>

Reproduzierbarkeit 29 - 149

Temperaturabhängigkeit < 0,1 % / 10 K  
 des Nullpunktes

Temperaturabhängigkeit < 0,1 % / 10 K  
 der Empfindlichkeit

Zeitliche Änderung des Nullpunktes 0,1 %

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit 0,1 %

Netzspannungsabhängigkeit- keine  
 keit des Messsignals

Verfügbarkeit 99,8 %

Kalibrierzeit < 0,1 %

Wartungsintervall > 6 Monate

#### 3.2 Daten aus der Eignungsprüfung FH 62 I-R (PM-10) mit zwei PM-10 Inlet Typen (Digital; US-EPA)

Analysenfunktion  $y = 1,07 x - 7,27$   
 $R^2 = 0,96$

Nachweisgrenze 0,5 µg/m<sup>3</sup> (24h)

Messbereich 0 bis 5000 µg/m<sup>3</sup>

Reproduzierbarkeit 29 - 149

Temperaturabhängigkeit < 0,1 % / 10 K  
 des Nullpunktes

Temperaturabhängigkeit < 0,1 % / 10 K  
 der Empfindlichkeit

Zeitliche Änderung des Nullpunktes 0,1 %

Zeitliche Änderung der Empfindlichkeit: 0,1 %

Netzspannungsabhängigkeit- keine  
 keit des Messsignals:

Verfügbarkeit 99,8 %

Kalibrierzeit < 0,1 %

Wartungsintervall > 6 Monate

#### 3.3 Weitere technische Daten

Messwertausgänge zwei RS 232, 0 - 10 V;  
 0 - 20 mA  
 RS232 Bayern/Hessen-  
 Protokoll

Messwertanzeige LCD/LED,  
 fernsteuerbar

Abmessungen BxHxT =  
 483x310x380 mm;  
 19",7 HE

Gewicht 45 kg

Präparat <sup>85</sup>Kr ; 1,85 GBq  
 (50 mCi)

Bauart-Zulassung By 43/95

**Hersteller** Thermo ESM Andersen  
 Frauenaucher Str. 96  
 D-91056 Erlangen

**Hersteller** Telefon +49 9131 909-262  
 Telefax +49 9131 909-156  
 E-Mail  
 esm.andersen@thermo-esm.com  
 Internet www.esm-andersen.de  
 www.esm-thermo.com

## Stichwortverzeichnis

- Aktionspläne 7, 8, 9, 18, 47, 58
- Alarmschwellen 5, 8, 9, 10, 12, 18, 20, 22, 23, 30, 43, 47, 48
- Alarmstufen 12
- Aluminium 133
- Amine 133
- Ammoniak 55, 56, 68, 80, 81, 109, 133
- Anorganische Gase 78, 80 ff.
- Antimon 92, 133
- Aromatische Kohlenwasserstoffe 5, 39, 55, 73, 74, 83, 92, 94, 106, 108, 133
- Arsen 5, 51, 55, 92, 106, 113, 133
- Asbest 96, 133
- Atomabsorptionsspektrometrie 92, 113
- Atomemissionsspektrometrie 83, 93
- Ausgangsbeurteilung 6, 19, 20, 22
- Ballungsraum 18, 19, 20, 22, 24, 25, 31, 47
- Benzol 5, 9, 20 ff., 37, 43, 46ff., 51, 55, 56, 63, 65, 73, 74, 76, 106, 133, 162, 165, 168ff., 197ff., 232ff.
- Betastrahlenabsorption 74ff., 163, 164, 235ff., 243ff., 246ff.
- Beurteilungsgebiet 33, 35
- Beurteilungsmaßstab (LAI) 55 ff.
- Beurteilungspunkt 11, 12, 13, 32, 33, 52, 53
- Beurteilungsschwelle 20ff., 43, 47
- Bergerhoff-Gerät 91, 94
- Beryllium 133
- Black-Smoke 88, 95
- Blei 3, 5, 9, 15, 16, 20 ff., 25, 27, 28, 46, 47, 51, 76, 94, 101, 106, 113, 133
- Bundes-Immissionsschutzgesetz 6, 7ff., 11, 17, 35, 106
- Cadmium 5, 51, 55, 106, 133
- CEN 28, 29, 33, 98, 104
- Chemilumineszenz 27, 67ff., 161, 162, 163, 174ff., 181ff., 186ff., 202ff., 218ff., 239ff.
- Chlor 80, 81, 133
- Chlorid 81, 92, 95, 133
- Chlorwasserstoff 80, 81, 133
- Chrom 55, 109, 133
- Denuder 79
- Detektoren (Gaschromatographie) 82ff.
- Dioxine 83, 94
- DOAS 73, 161, 162, 163, 229ff., 232ff.
- Dreiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz 9 ff., 30, 48
- Dreiunddreißigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz 10ff., 30ff., 48ff.
- Eisen 133
- Eignungsgeprüfte Immissionsmessgeräte 159ff.
- Eignungsprüfung 62, 63, 64, 73, 99, 104, 110
- Ethylbenzol 65, 74, 168ff.
- EU-Richtlinien 5 ff., 18 ff., 43 ff.
- Fasern 55, 96, 133
- Feinstaub 95
- Fernmessung 73, 111
- Filtergeräte 84 ff., 112
- Filterwechsler 85
- Flammenionisation 72, 83, 162
- Flechtenexposition 3
- Fluorchlorkohlenwasserstoffe 38, 39
- Fluorid 51, 81, 82, 133
- Fluorverbindungen 51
- Fluorwasserstoff 51, 78, 82
- Formaldehyd 57, 82, 133
- Freie Acidität 133
- Gaschromatographie 74, 82, 94, 162, 163, 168ff., 194ff., 197ff.,
- Gasfilterkorrelation 69 ff, 162, 177ff., 205ff., 221ff.
- Gebiet 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31
- Geruchsimmissionsrichtlinie 56, 109
- Geruchsmessung 3, 56
- Geruchsschwellenwerte 56
- Graskulturverfahren 3
- Grenzwerte siehe Immissionsgrenzwerte
- Hexachlorcyclohexan 133
- High Volume Sampler 84, 112
- Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) 83

Immissionsgrenzwerte 4, 9, 19, 22, 23, 24, 43, 44, 45, 46, 62, 69  
 Immissionskenngrößen 11, 16, 32, 33, 44, 50  
 Immissionswerte 4, 9, 19, 22, 23, 24, 43, 44, 45, 46, 62, 69  
 Immunologische Analyse 83, 112  
 Impaktor 77, 87, 88, 89, 112  
 Impinger 78  
 Informationsschwelle 19, 30, 49  
 Infrarotabsorption siehe NDIR  
 Innenraumluft 79, 94, 95  
 Ionenchromatographie 82, 95  
 Isotopenverdünnungsanalyse 95

Kanzerogene Stoffe 55  
 Kaskaden-Impaktor 88, 112  
 Kleinfiltergerät 84 ff.  
 Kobalt 131  
 Kohlendioxid 38, 39, 69, 95, 134  
 Kohlenmonoxid 5, 9, 20ff., 25, 29, 46, 47, 66, 99, 106, 107, 134, 162, 165, 177ff., 189ff., 205ff., 221ff.  
 Kohlenwasserstoffe 5, 55, 73, 74, 83, 92, 94, 132, 134, 194ff.  
 Konduktometrie 66ff  
 Korngröße 77, 88ff., 90, 112  
 Kraftverkehr 13, 30, 36, 95  
 Kresole 57  
 Kritische Düse 76  
 Kupfer 134

Langfristziel 10, 19, 30, 31, 48, 49  
 Lindan 134  
 Luftreinhaltepläne 5, 8, 110

Mangan 134  
 Massenspektrometrie 83, 93, 113  
 Maßnahmenpläne 6, 9  
 Maximale-Immissions-Konzentrationen (MIK-Werte) 14, 40, 41  
 Messberichte 36, 55, 104  
 Messstationen 20, 21, 30, 34, 36, 37ff., 58  
 Metalle 92ff.

Nanopartikel 89  
 Natrium 134  
 Neutronenaktivierungsanalyse 94  
 Nickel 5, 51, 55, 106, 109, 134  
 Nichtdispersive Infrarotabsorption (NDIR) 29, 69, 96, 160, 189ff.  
 Niedere Carbonsäuren 134  
 Nitrate 134

Olfaktometrie 3, 56, 110  
 Organische Gase 15, 82ff.  
 Ozon 39, 43, 48, 49, 54, 65, 67ff., 70, 73, 80, 81, 99, 106, 110, 134, 163, 179ff., 192ff., 208ff., 224ff., 227ff., 241ff.

Passivsammler 155  
 Pentachlorphenol 142  
 Peroxyacetylnitrat 134  
 Phenole 57, 81  
 Photometrie 31, 80ff., 83, 88  
 PM<sub>2,5</sub> 9, 27, 28, 38, 39, 108  
 PM<sub>10</sub> 9, 27, 28, 31, 36ff., 42, 45, 51, 65, 84ff., 95, 108, 112, 135, 165, 211ff., 246ff.  
 Polarographie 94  
 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe 5, 55, 83, 92, 94, 106, 134  
 Polychlorierte Biphenyle 134  
 Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane 94, 134  
 Prüfaerosole 98, 147  
 Prüfgase 98, 146

Quecksilber 5, 9, 106, 109, 134

Rahmenrichtlinie 5, 9, 11, 19, 22, 42, 63, 104, 106, 109  
 Regeninhaltsstoffe 38ff., 134  
 Resonanzschwingung 75, 163, 164, 211ff.  
 Ringversuche 97, 101ff., 114  
 Röntgenfluoreszenzanalyse 94  
 Ruß 9, 30, 48, 54, 95, 113, 134, 163, 213ff.

Salpetersäure 134  
 Saltzman-Verfahren 82, 111  
 Schwarzer Rauch 88, 95

Schwebstaub 12, 16, 21, 22, 26, 27ff., 33, 38, 39, 42ff., 51, 54, 65, 75, 82, 84ff., 92, 99, 112, 134, 135, 163, 164, 211ff., 235ff., 243ff., 246ff.

Schwefeldioxid 5, 9, 12, 15, 16, 20ff., 25, 26, 36, 37ff., 43, 44, 47, 51, 54, 65, 66, 68, 73, 80ff., 99, 106, 107, 110, 112, 135, 161, 171ff., 184ff., 199ff., 215ff., 229ff., 239ff.

Schwefelwasserstoff 57, 68, 78, 80, 81, 135

Selen 92

Smog-Verordnungen 12, 36

Staubniederschlag 11, 51, 54, 61, 82, 91ff., 113, 135

Stickstoffdioxid 5, 9, 12, 20ff., 27, 30, 37ff., 41, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 63, 67, 68, 69, 73, 80ff., 99, 102, 106, 111, 135, 174ff., 186ff., 202ff., 218ff., 230ff., 239ff.

Stickstoffmonoxid 37, 38, 39, 133

Stickstoffoxide 133, 161, 162, 165, 174ff., 186ff., 202ff., 218ff., 239ff.

Sulfate 135

TCM-Verfahren 82

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) 6, 11ff., 24, 34, 35, 37, 40, 42, 50, 53, 55, 91, 92, 97, 106, 107

Thallium 51, 133

Tochterrichtlinie 5, 6, 9, 10, 11, 18, 20, 21, 22, 25, 31, 35, 36, 42, 43, 63, 92, 97, 99, 104

Toleranzmarge 9, 19, 42ff.

Toluol 37, 55, 57, 65, 74, 109, 168ff.

Überschreitungshäufigkeit 22, 33, 40, 50, 52, 53

Untersuchungsgebiete 7, 12, 34, 106

UV-Absorption 70ff., 163, 179ff., 192ff., 208ff., 224ff., 227ff., 241ff.

UV-Fluoreszenz 26, 68, 161, 171ff., 184ff., 199ff., 237ff.

Vanadium 55, 109, 135

Waschflaschen 77ff.

Wasserstoffperoxid, 135

Xylol 65, 74

Zink 113, 135

Zielwert 10, 19, 30, 48, 49, 55

Zweiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz 9, 22ff., 43ff

