



LOSEBLATTSAMMLUNG FS-78-15-AKU
**EMPFEHLUNGEN ZUR ÜBERWACHUNG
DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT**

Blatt: 3.4.6

Seite: 1 von 7

Stand: August 1992*)

Repräsentative Aerosolsammlung zur Erfassung radioaktiver Immissionen

Bearbeiter: S. Allers, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
E. Frenzel, Laboratorium Prof. Dr. Berthold GmbH & Co., Wildbad
J. Narrog, Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart
Th. Steinkopff, Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main
R. Winkler, Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz,
Neuherberg
M. Winter, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

*) Eine Überprüfung durch damit beauftragte AKU – Mitglieder ergab, dass im Februar 2009 für dieses Lose Blatt noch kein Aktualisierungsbedarf bestand. Die Neufassung wurde im September 2011 redaktionell, nicht aber inhaltlich überarbeitet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Standort der Probenentnahmestelle	1
2.1	Allgemeine Kriterien	1
2.2	Besonderheiten bei großräumiger Überwachung.....	2
2.3	Besonderheiten bei objektbezogener Überwachung.....	3
2.4	Besonderheiten bei mobiler Aerosolprobenentnahme	4
3	Aufbau der Probenentnahmestelle.....	4
3.1	Anordnung der Probenentnahmestelle.....	4
3.2	Geometrie des Probenentnahmekopfes und Filterhalterung	5
3.3	Ansaugleitung	6
3.4	Volumendurchsatzmessung	6
4	Literatur	7

1 Einleitung

Für die Erfassung der Radioaktivität der Luft ist die repräsentative Aerosolprobenentnahme eine wesentliche Voraussetzung.

Im Folgenden sollen Hinweise zur Auswahl des Standortes und zur technischen Ausführung der Probenentnahmekonfiguration gegeben werden. Die Auswahl von Filtermaterial und sein Einfluss auf das Messergebnis werden nicht näher behandelt.

Ebenso wenig sind die Besonderheiten der Probenentnahme von gasförmigem Iod und gasförmigen Iodverbindungen Bestandteil dieser Empfehlung.

2 Standort der Probeentnahmestelle

2.1 Allgemeine Kriterien

Die aerosolgebundene Radioaktivität wird durch die Windfelder verfrachtet, so dass sich der Standort für die repräsentative Erfassung aerosolgebundener Radioaktivität an den für Windmessung formulierten Kriterien orientieren sollte [1]. Danach erfolgt die Messung des Windes 10 m über ungestörtem Gelände, wobei die Entfernung zwischen Probenentnahmestelle und dem nächsten Hindernis mindestens der 10fachen Höhe des Hindernisses entsprechen sollte.



Für die Aerosolsammlung ist diese Forderung nicht immer zu realisieren. Aus der Überlegung heraus, die aerosolgebundene Radioaktivität in der Atemluft zu erfassen, sollte die Probenentnahme in einer Höhe zwischen 1,5 und 5 m erfolgen.

Auf jeden Fall ist es wichtig, den Abstand zum nächsten Hindernis (Gebäude, Busch, Baum) gemäß den o. a. Kriterien so groß wie möglich zu halten, da es sonst zu einer Störung der Strömungsverhältnisse und damit auch zu einer gegenüber den ungestörten Windfeldern veränderten Verteilung der Aerosole kommen kann [2].

Für die Interpretation der Messwerte sind folgende meteorologische Daten hilfreich:

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Niederschlagsintensität
- evtl. Großwetterlage und Zuordnung von Luftmassen bei großräumiger Überwachung.

Der oft angeführte Hinweis auf Resuspensionseffekte ist in Bezug auf die Beurteilung der durch Inhalation der Lunge zugeführten Aktivität irrelevant. Hingegen sind solche Effekte beim Vergleich von Ergebnissen verschiedener Messstationen oder beim Vergleich von Immissionsmessdaten mit den Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen zu beachten.

2.2 Besonderheiten bei großräumiger Überwachung

Die großräumige Überwachung der Radioaktivität in der Luft stützt sich auf die Verteilung von Messstationen in einem Messnetz. Die Dichte dieses Messnetzes orientiert sich an den Annahmen über die Ausdehnung der verfrachteten, radioaktiv kontaminierten Luftkörper. Dabei spielen die Entfernung zum Quellort und meteorologische Parameter eine wesentliche Rolle. Jede einzelne Messstation eines Messnetzes sollte in Hinblick auf die Extrapolation auf die Fläche für einen möglichst großen geographischen Bereich repräsentativ sein. Dies zu beurteilen erfordert im Vorfeld genaue Kenntnisse der Orographie sowie der Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und der Windstärken (Stärkewindrosen) an der Probenentnahmestelle.

Ebenes Gelände ist für eine Probenentnahmestelle ideal. Unebenes oder bergiges Gelände sowie dichte Bebauung können die Ergebnisse der Messung erheblich beeinflussen und dadurch die Repräsentanz der Messergebnisse beeinträchtigen.

Am Beispiel einer Modellrechnung (Abb. 1) mit dem mesoskaligen Strömungsmodell FITNAH (**F**low over **I**rregular **T**errain with **N**atural and **A**nthropogenic **H**eat sources) wird gezeigt, wie stark die bodennahen Windverhältnisse durch die Topographie geprägt werden. Dargestellt ist ein stark gegliedertes Gelände mit einer Fläche von ca. 20 km x 20 km. Die eingezeichneten Windvektoren haben einen Abstand von 1 km. Als obere Randbedingung für das Modell wird ein geostrophischer Wind bei 850 hPa von 3,1 m/s aus Südwest angenommen (d. h. Wind in hohen Luftschichten bei geradlinigen Isobaren).

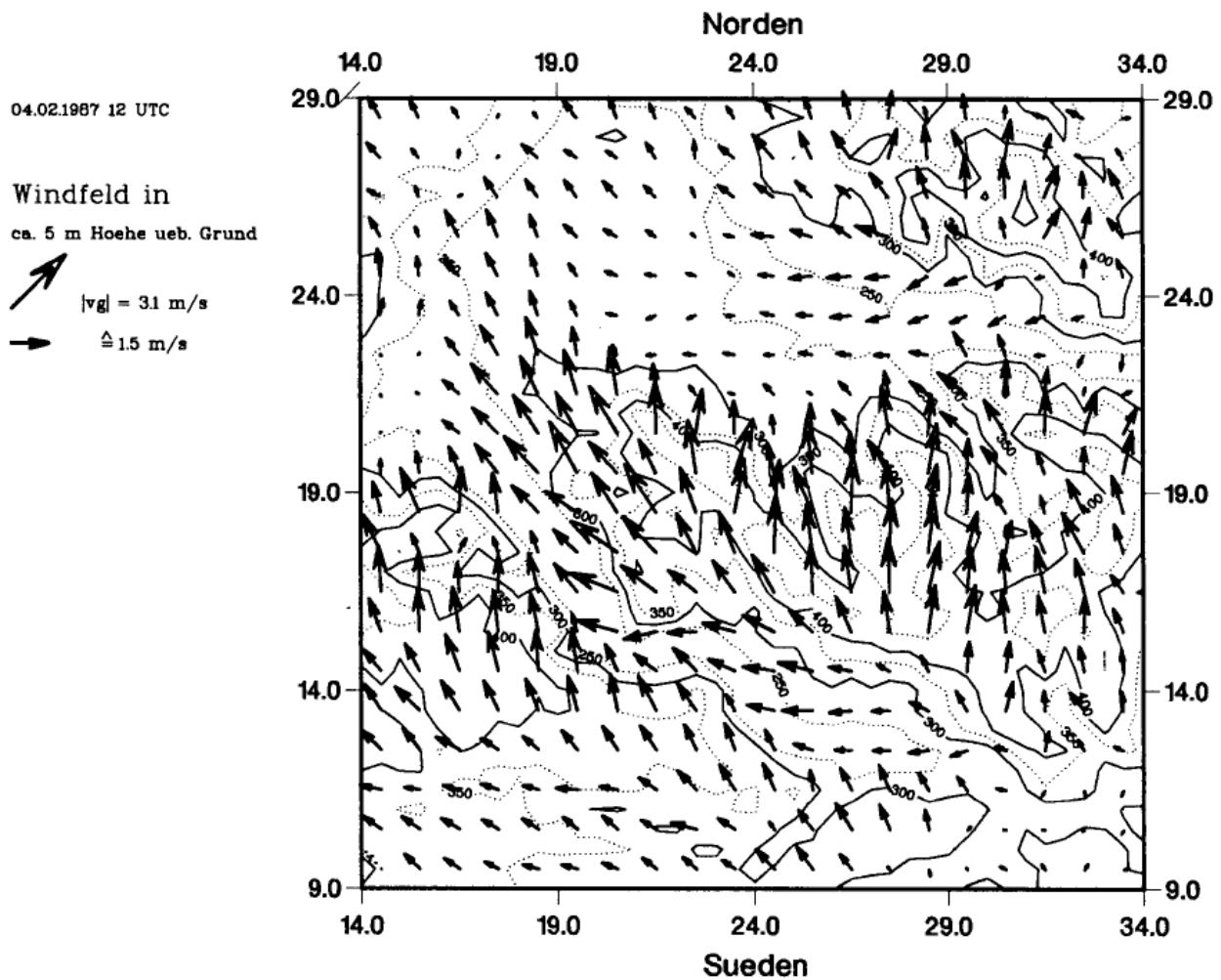


Abb. 1: Bodennahes Windfeld (ca. 5 m über Grund) in stark gegliedertem Gelände; Anströmung durch geostrophischen Wind aus Südwest mit 3,1 m/s

Messungen der Windrichtung am Boden in dem beschriebenen Gelände lassen danach keinen eindeutigen Schluss auf die Herkunft großräumig verfrachteter radioaktiver Aerosole zu.

Für eine von lokalen Einflüssen weitgehend unabhängige Erfassung von großräumigen Verfrachtungen eignen sich insbesondere Bergstationen. Durch eine Modellrechnung, wie zum Beispiel in Abb. 1 dargestellt, kann abgeschätzt werden, ob sich die Messergebnisse auf ein größeres Gebiet übertragen lassen.

2.3 Besonderheiten bei objektbezogener Überwachung

Im Fall einer objektbezogenen Überwachung (z. B. Kernkraftwerk) sollte die Probenentnahme nach Möglichkeit im errechneten Immissionsmaximum vorgenommen werden. Dieser Berechnung liegt eine Beschreibung der meteorologischen Verhältnisse am Emissionsstandort durch eine vierdimensionale Statistik über die Größen Windrichtung in Kaminhöhe, Windgeschwindigkeit in Kaminhöhe, Diffusionskategorie und Niederschlag für das Kalenderjahr zugrunde [3].

Die ständige Registrierung der Windrichtung und die Erfassung der Niederschlagsintensität an der Probenentnahmestelle sind für den Vergleich von Emissions- und Immissionsdaten unbedingt zu empfehlen.



LOSEBLATTSAMMLUNG FS-78-15-AKU

EMPFEHLUNGEN ZUR ÜBERWACHUNG DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Blatt: 3.4.6

Seite: 4 von 7

Stand: August 1992*)

2.4 Besonderheiten bei mobiler Aerosolprobenentnahme

Mobile Sammler werden bei besonderen Vorkommnissen und bei Messfahrten im Rahmen des Störfalltrainingsprogrammes an festgelegten Messorten eingesetzt. Im Hinblick auf die Lage des erwarteten Immissionsmaximums sollte sich die Auswahl des Messortes an den aktuellen meteorologischen Verhältnissen orientieren.

Beim Einsatz von mobilen Aerosolsammlern gelten grundsätzlich ebenfalls die unter Punkt 1.1 beschriebenen Kriterien.

Der mobile Sammler ist in einer Probenentnahmehöhe von ca. 1,5 m über dem Boden auf einem Stativ anzuordnen. Je nach Sammlertyp ist das Filter horizontal oder vertikal angeordnet. Bei vertikaler Anordnung ist das Filter in die dem Wind zugewandte Seite (Luv) auszurichten. Dabei ist darauf zu achten, dass ein ausreichender Abstand zu Hindernissen (Gebäuden, Waldrändern, Messfahrzeug) vorhanden ist.

Da die Aerosolsammlung auch bei ungünstigen Wetterbedingungen durchzuführen ist, sollte für einen Regenschutz, z. B. eine Abdeckhaube des Sammelgerätes gesorgt werden.

Der Probenentnehmer hat ein Protokoll anzufertigen, das Angaben über die Art des Bewuchses, über Abstand und Richtung des Sammlers zum nächsten Hindernis enthält und eventuell durch eine Skizze oder ein Foto ergänzt wird (siehe z. B. Loses Blatt 3.2.7).

Mögliche Mess- und Probenentnahmeanordnungen werden in den Losen Blättern 3.2.3 und 3.2.4 beschrieben und daher hier nicht näher erläutert.

3 Aufbau der Probenentnahmestelle

3.1 Anordnung der Probenentnahmestelle

Die Aerosole werden über einen geeignet konstruierten Probenentnahmekopf und anschließendem Filter aus der umgebenden Atmosphäre entnommen. Der Probenentnahmekopf muss daher von allen Seiten frei und unbeeinflusst anströmbar sein, d. h. Abschattung durch Wände, Dächer, Rohre u. ä. muss vermieden werden. Diese Forderung ist am sichersten durch eine radialsymmetrische Anordnung des Probenentnahmekopfes gewährleistet (siehe 3.2), wobei dieser in mindestens 1,50 m Höhe über dem Boden (oder über einem Flachdach) angeordnet sein muss. (Bei einer Anordnung auf einem größeren Flachdach sollte wegen Gefahr der Verwirbelung an den Dachkanten der Probenentnahmekopf möglichst in der Dachmitte angeordnet sein).

Ist die Anordnung des Probenentnahmekopfes nur an der Seitenwand eines Gebäudes möglich, so ist bei objektbezogener Aerosolprobenentnahme die Wand auszuwählen, die parallel zur Verbindungslinie Objekt - Probenentnahmestelle liegt. Die Probenentnahme auf der dem Objekt abgewandten Seite (Lee) ist unbedingt zu vermeiden. Bei der großräumigen Überwachung sollte die Anordnung an einer Seitenwand vermieden werden. Der Probenentnahmekopf sollte mit einem Regenschutz versehen sein, der nach Möglichkeit so geneigt ist, dass keine Regentropfen oder Schnee auf ihm liegen bleiben können. Zum Schutz vor Insekten kann die Ansaugöffnung mit einem korrosionsbeständigen Edstahlgitter abgedeckt werden. Zur Vermeidung von Kondensation oder Eisbildung am Probenentnahmekopf (oder auf dem Filter) sollte eine Beheizung des Lufteinlasses vorgesehen werden.

Durch entsprechende räumliche Trennung von Probenentnahmekopf und Gebläseabluft ist dafür zu sorgen, dass es zu keinem „Strömungskurzschluss“ zwischen Zu- und Abluft kommen kann.

3.2 Geometrie des Probenentnahmekopfes und Filterhalterung

Aus der Forderung nach möglichst repräsentativer Probenahme und der praktischen Forderung nach einer durch äußere Bedingungen (Luftbewegung, Regen, Schnee usw.) ungestörten Probenentnahme, ergeben sich für die Geometrie des Probenentnahmekopfes und der Filterhalterung [4-11] grundsätzlich zwei geeignete Möglichkeiten (siehe Abb. 2):

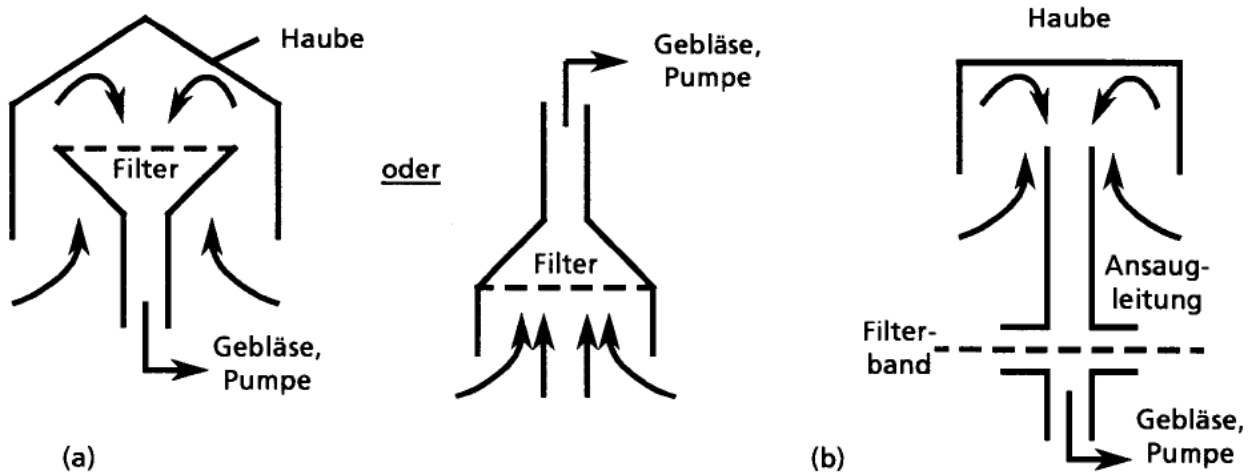


Abb. 2: Geometrie des Probenentnahmekopfes
 (a) Probenentnahmekopf und Filterhalterung integriert oder
 (b) Probenentnahmekopf und Filterhalterung räumlich getrennt

Beide Anordnungen haben praktische Vor- und Nachteile:

- (a) nur für Festfilteranlagen (Einzelfilter) geeignet; keine Abscheideverluste in einer Ansaugleitung; bei Anordnung auf einem Dach erschwerter Filterwechsel;
- (b) auch für Schrittfilteranlagen (Filterbänder) geeignet; mögliche Abscheideverluste im Ansaugrohr (das Rohr muss aus Edelstahl sein, sollte ohne Krümmungen und Querschnittsänderungen zum Filter geführt werden und eine Länge von 3 m nicht überschreiten; siehe 3.3).

Für beide Varianten gilt:

Die Form des Probenentnahmekopfes sowie die Eintrittsgeschwindigkeit der Luft in den Kopf und die herrschende Windgeschwindigkeit bestimmen das Größenspektrum der angesaugten Partikel, wobei der Durchmesser der noch erfassten Teilchen mit steigender Eintrittsgeschwindigkeit und abnehmender Windgeschwindigkeit zunimmt. Um Partikel $>1 \mu\text{m}$ AED (aerodynamischer Äquivalent-Durchmesser) auch bei höheren Windgeschwindigkeiten noch sammeln zu können, muss eine gewisse Mindestansauggeschwindigkeit am Probenentnahmekopf eingehalten werden. In der Praxis sind Ansauggeschwindigkeiten zwischen 0,12 und 3 m/s üblich.

Eine absolut richtige Erfassung aller Teilchengrößen ist praktisch nicht möglich. Daher kann der sogenannte „Gesamtstaub“, also das Teilchenkollektiv von etwa 0,001 bis etwa 150 μm AED, nicht repräsentativ erfasst werden.

Der sogenannte „lungengängige Staub“ (Teilchen mit 10 μm AED, sog. „PM-10-Anteil“) wird durch definierte Vorabscheider nahezu windgeschwindigkeitsunabhängig erfasst und sollte für die hier interessierende Schwebstaubsammlung zur Radioaktivitätsbestimmung herangezogen werden [5, 9-11].



Wegen der mechanischen Ausführung von Probenentnahmeköpfen und von Vorabscheidern (bereits eine Abdeckhaube gegen den Regen wirkt als solcher) wird auf die entsprechende Literatur (insbesondere VDI-Richtlinien) verwiesen. Für gebräuchliche Sammlertypen (bis ca. 100 m³/h) sind solche Vorabscheider kommerziell erhältlich.

Die korrosionsbeständige Filterhalterung selbst muss so ausgebildet sein, dass das verwendete Filter ausreichend unterstützt wird und durch geeignete Abdichtung das Ansaugen von Nebenluft vermieden wird.

3.3 Ansaugleitung

Die Ansaugleitung sollte ebenfalls grundsätzlich aus korrosionsbeständigem Stahl mit glatter Oberfläche sein. Kunststoffrohre haben den Nachteil, dass sie sich elektrostatisch aufladen können. Gewellte Schläuche sowie mit Draht stabilisierte Schläuche sind ebenfalls zu vermeiden, da sie als Aerosolfallen wirken können.

Bei geschweißten Rohren muss darauf geachtet werden, dass die Schweißnähte so gut wie möglich geglättet werden. Das betrifft insbesondere auch Flanschverbindungen, wobei es hier aber auf dem Markt schon Flanschverbindungen gibt, die nahezu gratfrei sind und ohne Spalten verschiedene Rohre miteinander verbinden.

Die ideale Ansaugleitung führt vom Ansaugkopf ohne Krümmung und Querschnittsänderung direkt auf das Filter. Falls in der Praxis doch gekrümmte Rohrleitungen verwendet werden müssen, so sollten keine Krümmungsradien vorkommen, die kleiner als drei Rohrdurchmesser sind.

Das Ansaugrohr sollte beheizbar sein, damit Taupunktunterschreitungen und Kondensation am Rohr und auf dem Filter vermieden werden. Das Rohr darf aber nicht so stark aufgeheizt werden, dass bereits chemische Veränderungen oder eine Zersetzung der Aerosole stattfinden könnten.

3.4 Volumendurchsatzmessung

Für die Berechnung der Strahlenexposition ist das Produkt aus Aktivitätskonzentration (Aktivität pro Volumen) und Einwirkungsdauer maßgebend, weshalb der Bestimmung des während der Messzeit durchgeströmten Volumens eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Grundsätzlich sollte die Ermittlung des Durchsatzes hinter dem Filter geschehen. Die hierzu eingesetzten Luftdurchsatz-Messgeräte sind häufig einfach Schwebekörper-Durchflussmesser sowie kleine Turbinen und Flügelrad-Messgeräte.

Beide Verfahren haben aber den Nachteil, dass sie sowohl temperatur- als auch druckabhängig sind. Dies kann ohne entsprechende Temperatur- und Druckkorrekturen zu Messwertverfälschungen führen.

Besonders leistungsfähig sind auch Messverfahren nach dem Wirkdruckprinzip. Hier befindet sich hinter dem Filter eine Blende; durch Messung des Differenzdruckes über der Blende, durch Messung des absoluten Luftdruckes und der Lufttemperatur des strömenden Mediums lässt sich über die allgemeine Gasgleichung exakt das durchströmende Volumen bestimmen.

Darüber hinaus sind auf dem Markt kalorimetrische Verfahren, Ultraschall- und Vibrationsmessverfahren bekannt.

Die auf dem Markt erhältlichen Luftdurchsatzmessgeräte sind grundsätzlich nur für einen kleinen Messbereich ausgelegt, der in der Regel 1 bis 1½ Dekaden umfasst. Die Auswahl dieser Luftdurchsatzmessgeräte muss daher sehr sorgfältig geschehen, da in der Praxis im Zusammenhang mit der Aerosolsammlung Luftdurchsätze zwischen 1 m³/h und 500 m³/h vorkommen.

Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit von Messwerten kann es bei der großräumigen Überwachung sinnvoll sein, auf das Normvolumen (0 °C und 1013 hPa) zu beziehen. Das bedeutet, dass für jede



Durchflussmessung, sowohl die Temperatur des Luftstromes als auch der Absolutdruck bzw. eventuell der Differenzdruck hinter dem Filter zu bestimmen ist. Bei einer standortspezifischen Überwachung ist dies nicht notwendig. In Berichten sollte jedoch grundsätzlich die Bezugsgröße angegeben werden, d. h. ohne weitere Erläuterung werden unter „m³“ die Betriebskubikmeter, unter „Norm-m³“ die Kubikmeter Luft im Normzustand verstanden.

4 Literatur

- [1] WMO: Guide to Meteorological Instrumentation and Methods of Observation. WMO No. 8. (1983)
- [2] T. R. Oke: Boundary Layer-Climate, 264-272, London (1987)
- [3] KTA 1508: Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre. Kap. 7.4.4 (BAnz. No. 37a, 22. Februar 1989)
- [4] D. Klockow: Zum gegenwärtigen Stand der Probenahme von Spurenstoffen in der freien Atmosphäre. Fresenius Z. Anal. Chem. 326, 5 - 24 (1987)
- [5] V. S. Hering (Ed.): Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. American Conf. of Governm. Ind. Hygienists, Cincinnati, Ohio, 7th Edition (1989)
- [6] F. Raes: Monitoring of Environmental Radioactivity in the European Community. Report EUR 12801 EN (1990)
- [7] DIN 25423: Probenahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft - Probenahmeverfahren, Teil 1 - 3, März 1987
- [8] VDI-Richtlinie 2463: Messen von Partikeln in der Außenluft
Blatt 1: Übersicht, Januar 1974.
Blatt 2: High Volume Sampler HV 100
Blatt 5: Filterverfahren; Automatisiertes Filtergerät FH 62 I, Dezember 1987
Blatt 7: Kleinfiltergerät GS050/3
Blatt 8: Basisverfahren für den Vergleich von nichtfraktionierenden Verfahren
Blatt 9: LIS/P-Filtergerät
- [9] VDI-Richtlinie 2310: Maximale Immissionskonzentrationen für Schwebstaub, Blatt 19, Entwurf, April 1990
- [10] U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Ambient Air Monitoring and Equivalent Methods. Fed. Reg. 52 (126): 24727 (July 1, 1987)
- [11] U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM-10 in the Atmosphere. Fed. Reg. 52 (126): 24664, Appendix J (July 1, 1987)

Bitte beachten Sie den Hinweis im Losen Blatt 1.3 „Erläuterungen zur Loseblattsammlung“.