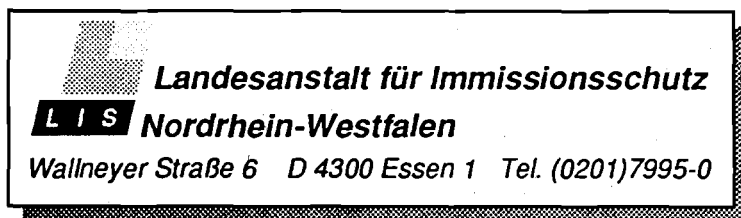


# LIS-Berichte

**Nr. 104**

**Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes  
FH 62 I-N (1 und 3 m<sup>3</sup>/h, geregelt) für die  
automatisierte Immissionsmessung**

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1992

100 % Altpapier, chlorfrei gebleicht

**Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I-N  
(1 und 3 m<sup>3</sup>/h, geregelt) für die  
automatisierte Immissionsmessung**

**Dr. Horst Manns und Hermann Gies**

# Inhalt

Zusammenfassung/Summary	7
1. Einleitung	8
2. Meßplatz "Schwebstaub" in automatisierten Meßstationen	8
2.1 Meßplatzaufbau	8
2.2 Beschreibung des Meßgerätes	9
3. Experimente und Prüfpunkte	10
3.1 Kalibrierung - Versuchsdurchführung - - 1.5.1. der Mindestanforderungen -	11
3.1.1 Kalibrierung der radiometrischen Anzeige	11
3.1.2 Probevolumen	14
3.1.3 Kalibrierung mittels Kalibrierfolien aus Glimmer	17
3.2 Nachweisgrenze - Punkt 1.1.7. der Mindestanforderungen -	17
3.3 Meßbereichsendwert - Punkt 1.1.8. der Mindestanforderungen -	20
3.4 Justierung	20
3.5 Lage des Meßsignal-Nullpunktes - Punkt 1.1.5. der Mindestanforderungen -	20
3.6 Reproduzierbarkeit	21
3.7 Einfluß der Umgebungstemperatur und -feuchte auf die Empfindlichkeit und die Lage des Nullpunktes	22
3.8 Einfluß der Meßguttemperatur und -feuchte auf Nullpunkt und Empfindlichkeit	25
3.8.1 Einfluß der Meßluftfeuchte auf den Meßwert	25
3.8.2 Untersuchungen zur Staubbestimmung in den TEMES-Stationen LISE und LAB1 unter Betriebsbedingungen	26
3.8.3 Betrachtungen zur Probenahmerohrheizung	28
3.9 Stabilität von Nullpunkt und Empfindlichkeit - Punkte 1.1.14 und 1.1.15 der Mindestanforderungen -	30
3.10 Weitere Kenndaten	30
3.10.1 Wartungsintervall - Punkt 1.1.16 der Mindestanforderungen -	30
3.10.2 Netzspannungsschwankungen - Punkt 1.1.17 der Mindestanforderungen -	30
3.10.3 Meßsignalausgang - Punkt 1.1.18 der Mindestanforderungen -	30
3.10.4 Statussignale/Telemetrie/Umschaltung - Punkte 1.2.1 und 1.2.2 der Mindestanforderungen -	30
3.10.5 Verfügbarkeit - Punkt 1.2.3 der Mindestanforderungen -	31
3.10.6 Einstellzeit - Punkt 1.4.4 der Mindestanforderungen -	31
3.10.7 Undichtigkeit - Punkt 1.5.4 der Mindestanforderungen -	31
3.10.8 Integrationszeit - Punkt 1.5.3 der Mindestanforderungen -	31
3.11. Querempfindlichkeiten - Punkt 1.4.2 der Mindestanforderungen -	31
3.12. Sinnvolle Probenahmezeiten	32
4. Schlußbemerkung	34
5. Schrifttum	35
6. Bild- und Tabellenanhang (mit Kurzfassung zum Ergebnis der Eignungsprüfung)	39

---

# Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I-N (1 und 3 m<sup>3</sup>/h, geregelt) für die automatisierte Immissionsmessung

Dr. Horst Manns und Hermann Gies

## Zusammenfassung

Es wird über die Erprobung des automatisierten Staubkonzentrationsmeßgerätes FH 62 I-N der Firma FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA - Erzeugnisbereich Strahlenmeßtechnik berichtet. Die Bestimmung der Schwebstaubmassenkonzentration in Außenluft ist mit dem geprüften Gerät im Sinne eines vollständigen Meßverfahrens möglich, sie erfolgt automatisiert. Eine einfach durchzuführende Kalibrierung mit dem zu messenden Aerosol ermöglicht eine realitätsgetreue Bestimmung der Schwebstaubmassenkonzentration. Die Stabilität des geregelten Probeluftstroms wurde durch Kontrollmessungen bestätigt. Neben eingehenden Untersuchungen zum Feuchteeinfluß auf das Meßergebnis werden auch die Kalibrierung sowie eine Reihe weiterer Kerndaten beschrieben. Das Meßgerät eignet sich im Rahmen des Immissionsschutzes für den Betrieb in automatisierten Meßstationen zur Echtzeitüberwachung der Schwebstaubimmission insbesondere in Smog-Situationen. Als Optimum für eine kontinuierliche Probeluftkonditionierung unter europäischen Klimabedingungen wird die geregelte Beheizung des Probenahmesystems auf  $45\text{ °C} \pm 1\text{ K}$  festgestellt.

## Summary

Performance test of dust-concentration monitor FH 62 I-N (1 and 3 m<sup>3</sup>/h) for automated air quality monitoring.

Results of a performance test according to the german test procedures for monitors of ambient air pollution are reported. The automated dust-concentration monitor FH 62 I-N (1 and 3 m<sup>3</sup>/h) System Frieseke und Höpfner of FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA is able to perform complete concentration measurements of suspended particulate matter (SPM) in real-time. The calibration has to be done with ambient air aerosol in a simplified manner. The stability of the sample air stream was tested. Beside performance characteristics the influence of humidity in air to the signal was examined. The monitor fulfills the minimum requirements for automated air monitors and may be used in remote measuring systems for air pollution surveillance or in smog alert systems. As an optimum option a temperature of  $45\text{ °C} \pm 1\text{ K}$  in the sample gas by a controlled heating of the sampling tube was found.

## 1. Einleitung

Das Staubmeßgerät FH 62 I-N wurde einer Erprobung in der LIS unterworfen. Das Gerät wurde bei einem Luftdurchsatz von 1 m<sup>3</sup>/h oder 3 m<sup>3</sup>/h betrieben. Der Prüfling wies gegenüber einem ähnlichen Gerätetyp aus vorangegangener Erprobung, siehe LIS-Berichte Nr. 11 und 68 [1 und 2], neben einer neuen Luftdurchsatzmessung und -regelung auch Verbesserungen in der Signalverarbeitung auf. Das Gerät besitzt nunmehr einen batteriegepufferten Mikroprozessor (CPU), mit dem die Meßsignalauswertungen nach den voreingestellten Auswerteverfahren durchgeführt werden. Dadurch können auch die Staubkonzentrationen als Meßergebnis ausgegeben werden. Die Elektronik ist in C-MOS-Technik ausgeführt und befindet sich in EC-Steckplätzen. Das Gerät wird menügesteuert über eine LCD-Tastatureinheit. Über die serielle Schnittstelle V24/RS 232 können Daten übertragen und Fernsteuerbefehle ausgeführt werden. Probegaswege und die Meßkammern, der Beta-Strahler sowie die Anordnung des Beta-Strahlers zu den Ionisationskammern sind, wie auch deren mechanischer Aufbau, identisch mit den Prüflingen in [1 u. 2]. Nach Angaben des Herstellers ist das Gerät "zu den älteren Geräten FH 62 I 8.0 und FH 62 I 8.1 ... 8.6 weitgehend aufwärts kompatibel". Die Bezeichnungen 8.0, 8.1 ... 8.6 sind Kürzel zur Verdeutlichung ergänzender Geräteanpassungen an die Anforderungen der verschiedenen telemetrischen Immissionsmeßnetze in Deutschland (z.B. 50-polige Parallelschnittstellen).

"Das Staubmeßgerät FH 62 I-N besitzt die Bauartzulassung nach § 22 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) der Bundesrepublik Deutschland. Für eine Anwendung mit einem Partikelvorabscheider nach den Vorstellungen der PM-10 Betrachtung besitzt das Gerät die Zulassung der Umweltbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika EPA EQ PM-0990-076" (Herstellerangaben).

Für Immissionsmessungen besteht eine vollständige Staubmeßanordnung aus vier Hauptbestandteilen:

- Probenahmesystem
- Zentralgerät FH 62 I-N mit Mikroprozessor

- Pumpe als Probeluftfördereinheit
- Registriergerät (Prozeßrechner)

Gegenstand dieser Erprobung ist das System bestehend aus dem Zentralgerät FH 62 I-N und der Pumpe, im weiteren Text auch Prüfling genannt. Die Prüflinge wurden vom Hersteller bereitgestellt oder sie waren Eigentum der LIS.

Die Bewertung der Prüfergebnisse wird nach den Mindestanforderungen an kontinuierlich arbeitende Immissionsmeßgeräte bei der Eignungsprüfung vorgenommen, die abgefaßt sind in der "Bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Immissionen" in den "Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen" [5]. Hinweise auf diese Mindestanforderungen werden im Text gegeben.

Die Durchführung der Prüfung schließt die Vorgaben aus dem "Prüfplan für die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immission" [8] ein, wobei sachgerechte Anpassungen für den Stoff Schwebstaub berücksichtigt werden.

## 2. Meßplatz "Schwebstaub" in automatisierten Meßstationen

### 2.1 Meßplatzaufbau

Der Meßplatz "Schwebstaub" in automatisierten Meßstationen zur Überwachung und Registrierung der Immissionsbelastung durch die Masse an "Schwebstaub" läßt sich unabhängig von einer Spezifizierung der Meßaufgabe in zwei Abschnitte teilen, die über eine Schnittstelle verbunden sind (siehe Abb. 2-1 im Anhang).

Diese Abschnitte sind:

- a) das Probenahmesystem für Schwebstaubmeßplätze (PNS) und
- b) das Meßgerät mit der Signalausgabe (mA), der Staubmasse ( $\mu\text{g}$ ) und der Staubmassenkonzentrationsausgabe ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Das Probenahmesystem dient zur Entnahme der Probeluft aus der Außenluft und der Zuleitung zum Meßgerät. Es endet an einer Schnittstelle

zum Meßgerät innerhalb der Meßstation. Die Abmessungen des Probenahmesystems und die Betriebsparameter können einen entscheidenden Einfluß auf die Erfassung der Partikel ausüben und bestimmen somit maßgeblich das mit einem stationären Schwebstaubmeßplatz zur Überwachung festgestellte Meßobjekt. Um zu einer Vergleichbarkeit der Meßdaten aus stationären Messungen zu kommen setzt die LIS ein Probenahmesystem ein, wie es in der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 5 [3] beschrieben ist. Dieses Probenahmesystem entspricht der Empfehlung für ein Probenahmesystem in den Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatisierter Meßstationen in telemetrischen Immissionsmeßnetzen nach der bundeseinheitlichen Praxis für die Überwachung der Emissionen und Immissionen [4].

Innerhalb der Meßstation übernimmt das Meßgerät an der Schnittstelle die Probeluft aus dem Probenahmesystem. Mit dieser Schnittstelle in der Probeluftzuführung können die Einflüsse des Probenahmesystems und die Kenndaten der daran anzuschließenden Meßgeräte getrennt ermittelt werden, wobei die Beurteilung des Meßgerätes unabhängig von den Einflüssen des Probenahmesystems erfolgen soll. Die Beurteilung eines stationären Schwebstaubmeßplatzes schließt jedoch beide Meßplatzabschnitte ein.

## 2.2 Beschreibung des Meßgerätes

Nachdem die zu untersuchende Luft an der Schnittstelle (siehe Abbildung 2-2 im Anhang) vom Probenahmesystem in den Probengaseinlaß des Meßgerätes übergeleitet worden ist, gelangt sie über eine leichte Krümmung des Probeluftweges zu einem als Partikelabscheider dienenden Filterband.

Zwischen dem Filterband und einer für den Saugbetrieb installierten Pumpe ist eine Luftdurchsatzmessung und -regelung eingebaut. Hier wird auch der Unterdruck hinter dem Filter und die Temperatur gemessen. Die Ausgabe von Meßwerten - berechnet auf ein Normvolumen - wird somit ermöglicht. Die Pumpe wird außerhalb des Gerätegehäuses betrieben.

Eine Beta-Strahlenquelle (Krypton-85; 1,85 GBq, siehe Abb. 2-2 und 2-3 im Anhang) ist so angeordnet, daß der Strahlengang in zwei

Strahlenbündel aufgeteilt wird. Ein Strahlenbündel durchläuft die Meßstrecke und das andere die Kompensationsmeßstrecke. Die Kompensationsstrecke (St-KK) zwischen Strahler (St) und der zweiten Ionisationskammer (KK) dient zum Ausgleich von verschiedenen Einflußfaktoren während der Messung. Die Meßstrecke (St-B-MK) zwischen Strahler (St) und der Meßionisationskammer (MK) dient gleichzeitig als Meß- und Bestaubungsstelle. Während der Sammlung wird gleichzeitig die sich akkumulierende Partikelmasse gemessen und angezeigt. Die in den Ionisationskammern erzeugten Ionisationsströme werden in ein Differenzmeßwertsignal umgesetzt und über einen AD-Wandler dem Mikroprozessor des Gerätes zugeführt und analog sowie digital ausgegeben. Darüber hinaus verarbeitet der im Meßgerät befindliche Rechner diese Meßsignale nach vorgegebenen Parametern zu Meßwerten der Staubmassenkonzentration und speichert sie in Dateien ab.

Als Beispiel soll hier der Ablauf einer Messung mit vorgegebenen Zeitintervallen für die Probenahme als eine von mehreren Betriebsvarianten einer Staubmessung beschrieben werden. Ein Meßzyklus innerhalb einer Meßserie beginnt mit dem Filterwechsel durch Transport des Filterbandes und einem anschließenden automatischen Nullabgleich der Ionisationskammerströme über eine digital gesteuerte Schaltung. Mit Beginn des Nullabgleiches setzt die Probeluftförderung ein. Nach 3 Minuten wird dieser Vorgang beendet und durch Anzeige/Ausgabe des Meßsignals in den Meß- und Sammelvorgang übergeleitet. Durch die nun stetig zunehmende Partikelabscheidung auf dem Filter erfolgt in Abhängigkeit von der Beta-Strahlenabschwächung eine Verstimmung des Stromes der Ionisationskammerschaltung. Das kontinuierlich ausgegebene Meßsignal ergibt auf einem Registrierschreiber (oder auf der Grafikausgabe eines PC) eine stetig steigende Kurve bis zum Ende des Meßzyklus. Aus dieser Kurve wird die Staubmassenkonzentration als Steigung der Regressionsgeraden nach der Methode der kleinsten Quadratsumme berechnet. Diese Vorgehensweise entspricht weitgehend der von der LIS entwickelten und seit Jahren eingesetzten Methode zur Auswertung von Schwebstaub-Immissionsmessungen mit dem Vorläufergerät FH 62 I [10]. Das Ende des Meßzyklus ist mit dem Abschalten der Probe-

nahmepumpe sowie dem gleichzeitigen Start zum Filterwechsel gegeben.

Dieses Meßprinzip läßt grundsätzlich zu jeder Zeit die Ermittlung der Massenkonzentration der Partikel in der Probeluft über ein bestimmtes zurückliegendes Zeitintervall zu. Ein Filterwechsel wird ausgelöst, wenn einer der voreingestellten Werte (logisches "or") für

1. die Staubmasse,  
Einstellbereich: 0...99999  $\mu\text{g}$  oder
2. den Unterdruck,  
Einstellbereich: 0...450 hPa oder
3. den minimal zulässigen Probeluftdurchsatz,  
Einstellbereich: 0...99999 l/h oder
4. den vorgewählten Zeitzyklus,  
Einstellbereich: 1...99999 min oder
5. den Zeitpunkt,  
Einstellbereich: 1:00 ...24:00 UHR

erreicht wird. Der zeitbegrenzte Meßzyklus eines Filterfleckens wird also verkürzt beim Erreichen der eingestellten Beladungsobergrenze des Filters, die bis zu einer Masse von 4,8 mg bei dem Prüfling einstellbar ist. Ebenso lösen die Parameter Unterdruck oder Luftdurchsatz bei Erreichen des Grenzwertes einen Filterwechsel aus.

Eine gleichbleibende Partikelmassenkonzentration innerhalb eines beliebigen Meßzyklus (siehe Abb. 2-4) wird auf einem Registrierstreifen als Gerade (G) mit einer bestimmten Steigung festgehalten. Eine Änderung der Partikelmassenkonzentration würde eine Steigungsänderung (L) dieser Registrierkurve hervorrufen. Die laufende Meßwertregistrierung enthält somit zusätzlich Informationen über die zeitliche Änderung der Staubbelastung. Bei der Verarbeitung der gewonnenen Daten in dem Mikroprozessor des Gerätes ist eine Echtzeitausgabe des Trends von Staubkonzentrationsmeßwerten bei vorgegebener Zeitbasis möglich (eine Uhr ist im Gerät eingebaut).

Die Massenbestimmung erfolgt über die Beta-Strahlenabsorption, wobei der Meßbereich des Gerätes vom Hersteller auf eine Massendifferenz zwischen unbelegtem Filter und maximal belegtem Filter von 2,4 mg eingestellt ist. Der Meßbereich ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) umfaßt auf Grund der variablen Betriebsweise einen weiten, auch für die Überwachung hoher Schwebstaubmissionen völlig ausreichenden Konzentrations-

bereich (bis etwa  $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Jeder Anwender muß mit dem tatsächlich zu sammelnden Meßobjekt kalibrieren.

Die Messung des aktuellen Probeluftstromes basiert auf dem Wirkdruckverfahren [6]. Nach dem Passieren des Filterbandes durchströmt die Meßluft eine Blende. Aus dem Druckabfall an der Blende wird der Probeluftstrom bestimmt und im Rechner zur Berechnung der Konzentration verwendet. Die Kontrolle des so gemessenen Probevolumens muß über eine Kontrolle des Probeluftdurchsatzes durch den Anwender in periodischen Zeitabständen erfolgen. Der Sollwert für den Probeluftdurchsatz beträgt  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  oder  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  Luft. Abweichungen hiervon werden von einer Luftdurchsatzkontrolle angezeigt und lösen beim Unterschreiten des eingestellten Grenzwertes einen Filterwechsel aus.

### 3. Experimente und Prüfpunkte

Die Meßsignale des Prüflings wurden bei allen Versuchen dieses Berichtes auf einem zum Prüfling gehörenden Drucker ausgegeben oder auf einem Registrierschreiber vom Typ Metrawatt mit einer Registrierbreite von 120 mm für die Massen von 0 bis 2,4 mg (0 bis 20 mA) aufgezeichnet. Um Driften am Nullpunkt verfolgen zu können, wurde bei diesen Messungen der Meßsignal-Nullpunkt auf 24 mm (20 % der maximalen Registrierhöhe) angehoben. Dadurch verschiebt sich der registrierte Meßbereich, und es können noch Staubmengen von 0 bis 1,92 mg abgelesen werden. Der theoretische Faktor zur Umrechnung der Signalhöhe auf dem Schreiber in Massen bleibt bei  $20 \text{ mg}/\text{mm}$ !

Soweit in diesem Bericht im Zusammenhang mit der Signalregistrierung von Skalenteilen die Rede ist, gilt die Beziehung  $120 \text{ mm}$  gleich  $100$  Skalenteile. Die Regressionsberechnungen sind als "b-Dach-Regressionen" nacherstellt worden.

#### Klimakammer:

Die bei dem Experiment für diesen Bericht eingesetzte Klimakammer vom Typ 1000 AB/10J der Firma Weiss, Gießen, hat ein Nutzvolumen von  $1,1 \text{ m}^3$  bei Abmessungen von  $1020 \times 1020 \times 1070 \text{ mm}$ . Der Arbeitsbereich für die Temperatur umfaßt  $50 \text{ K}$  im Bereich von

etwa 0-50 °C. Die Umgebungsluft im Arbeitsvolumen läßt sich umwälzen. Den Prüflingen können Betriebsmittel und Prüfgase von außen zugeführt werden.

Meßbereichsendwert darf hier nur als Justierung des Gerätes aufgefaßt werden.

### 3.1 Kalibrierung - Versuchsdurchführung - - 1.5.1. der Mindestanforderungen -

Das Meßgerät soll eingesetzt werden für die Ermittlung der Schwebstaubmassenkonzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) im Konzentrationsbereich der Schwebstaubimmissionen. Daher muß ein Bezug zwischen der abgeschiedenen Staubmasse und dem Signalstrom, der aus der Abschwächung der Beta-Strahlen durch den abgeschiedenen Staub hergeleitet wird, hergestellt werden. Außerdem muß das Probeluftvolumen bekannt sein, aus dem der Staub abgeschieden wird. Es wurde daher in dieser Prüfung sowohl eine Kalibrierung der radiometrischen Anzeige vorgenommen als auch die Kennlinie der geregelten Probeluftförderung aufgenommen.

Zur Kalibrierung des Gerätes wird eine Beziehung zwischen der radiometrischen Anzeige der Staubmasse und der durch Wägung von Einzelfiltern ermittelten Staubmasse hergestellt.

Unter dem Begriff Einzelfilterkalibrierung wird die Ermittlung der Staubmasse mit einzelnen Filtern unter Rückgriff auf die Gravimetrie verstanden. Dazu wird ein etwa 7 bis 8 cm langer Streifen des Filterbandes oder ein Rundfilter mit etwa 50 mm Durchmesser wie ein Einzelfilter eines diskontinuierlich betriebenen Staubsammlers behandelt. Die Einzelfilter werden in einer Wägebox auf Trockenrost ausgelegt und 48 Stunden mit gereinigter Preßluft bei einer relativen Feuchte von etwa 10 % getrocknet. In der Box mit einer Größe von 1 m<sup>3</sup> ist ein zweifacher Luftwechsel pro Stunde eingestellt. Eine relative Feuchte von 25 % im Innenraum der Wägebox wird dabei in der Regel nicht überschritten. Die Filter werden unter den gleichen Klimabedingungen auf einer Mikrowaage in der Wägebox gewogen. Das tarierte Filterstück wird von Hand in die Bestaubungskammer des Staubmeßgerätes eingelegt, mit Staub beladen und sodann nach der beschriebenen Prozedur für die Auswaage der Staubmasse vorbereitet.

#### 3.1.1 Kalibrierung der radiometrischen Anzele

Bei der radiometrischen Staubmassenbestimmung obliegt es dem jeweiligen Anwender dieses Meßverfahrens - wie bei jedem anderen Meßverfahren auch - die Kalibrierung selbst durchzuführen. Dabei muß die Kalibrierung mit dem Staub vorgenommen werden, wie er am Meßort anfällt. Das vom Hersteller angegebene Massenäquivalent von 2,4 mg für den

Im Rahmen dieser Eignungsprüfung wurden im Zeitraum 20.07.89 bis 31.08.89 beispielhaft Kalibriorexperimente an sechs Meßorten durchgeführt.

Die Tabelle 3.1.1-1 beschreibt die Lage der Meßorte.

Tabelle 3.1.1.-1: Meßorte für Kalibriorexperimente

Station	Abkürzung	Rechts-/Hochwert	Lage
Essen-Altendorf	ALTE	2567,2-5703,1	Wohngebiet
Duisburg-Buchholz	BUCH	2553,2-5694,8	Wohngebiet
Essen-Bredeney (LIS)	LISE	2567,3-5697,3	ländlich, Autobahn
Düsseldorf-Einbrungen	EINB	2551,9-5687,3	neben der Straße B8
Duisburg-Meiderich	MEID	2554,7-5703,7	Eisenhüttenindustrie
Bottrop	BOTT	2567,8-5710,6	Chem. Industrie



**Tabelle 3.1.1.-2: Einzelwerte der Staubmassen bei Kalibrierexperimenten (in  $\mu\text{g}$ )**

Station	Masse gravimetrisch	Masse radiometrisch
ALTE	1078 1584 721 1661 1180 2150 1044	1046 1555 682 1536 1181 2170 998
BUCH	1764 718 1415 927 1598 1081	1738 662 1325 950 1594 1075
LISE	1009 1663 1250 739 1530 1072	970 1613 1152 797 1594 1142
EINB	840 1446 289 1081 558 1185 1016	864 1574 259 1056 576 1286 998
MEID	1057 1711 807 1270 2230 1160	1075 1843 912 1363 2419 1267
BOTT	1776 374 1923 1236 1515 1270	1709 480 1766 1258 1574 1373

Tabelle 3.1.1.-2 enthält die Einzelwerte der bei der Kalibrierung gravimetrisch und radiometrisch ermittelten Staubmassen.

Je Meßort liegen 6 bis 7 Wertepaare vor, insgesamt sind es 38 Wertepaare.

Für jeden einzelnen Meßort und für das gesamte Datenkollektiv wurde eine Auswertung auf der Basis einer linearen Regression erster Ordnung durchgeführt. Die zugrunde gelegte Beziehung lautet:

$$y = a + bx$$

mit  $x$  = gravim. ermittelte Staubmasse ( $\mu\text{g}$ )  
 $y$  = radiom. ermittelte Staubmasse ( $\mu\text{g}$ )

Die nachstehende Tabelle 3.1.1.-3 enthält die Parameter der durchgeführten Rechnungen ( $r^2$  = Quadrat des Korrelationskoeffizienten)

Aus den Rechnerergebnissen lassen sich im einzelnen folgende Aussagen ableiten:

- Die Quadrate der Korrelationskoeffizienten sind für alle Datensätze größer als 0,95. In allen Fällen liegt daher eine sehr gute Korrelation vor.
- Der Steigungsfaktor  $b$  des Gesamtkollektivs (0,995) liegt innerhalb der 95 %-Vertrauensbereiche der Steigungsfaktoren aller Regressionen für die Einzelstationen.

Die unter Berücksichtigung der Parameter  $a$  und  $b$  berechneten 95 %-Vertrauensbereiche aller Regressionen schließen jeweils den Ordinatennullpunkt ein. Diese Aussage gilt auch für die 95 %-Vertrauensbereiche der Achsenabschnitte  $a$ . Die ermittelten Ordinatenabschnitte  $a$  sind daher statistisch nicht von Null verschieden.

Aufgrund dieser Fakten ist es nicht erforderlich, die Ergebnisse der Kalibrierexperimente separat für die einzelnen Stationen zu behandeln. Die Wertepaare können somit für die weitere Betrachtung zu einem Gesamtkollektiv zusammengefaßt werden.

Die Kalibrierfunktion lautet daher:

$$Y = 0,995 x + 19,2 [\mu\text{g}]$$

Der für das Gesamtkollektiv enthaltene Ordinatenabschnitt von  $19,2 \mu\text{g}$  ist vernachlässigbar. Seine Standardabweichung beträgt bereits  $37,5 \mu\text{g}$ .

Bezogen auf den Mittelwert aller gravimetrisch ermittelten Staubmassen ( $1235 \mu\text{g}$ ) stellt der Ordinatenabschnitt einen Anteil von nur 1,6 % dar.

Tabelle 3.1.1-3: Ergebnisse der Regressionsrechnung

Station	a	b	95%-Vertrauensbereich für b		$r^2$
			untere Grenze	oberer Grenze	
ALTE	-51,6	1,012	0,903	1,121	0,991
BUCH	-17,2	0,993	0,854	1,131	0,990
LISE	73,1	0,940	0,661	1,22	0,956
EINB	-71,1	1,108	0,972	1,245	0,989
MEID	-6,0	1,081	0,986	1,179	0,996
BOTT	210,3	0,852	0,687	1,017	0,981
Gesamtkollektiv	19,2	0,995	0,937	1,053	0,971

Bei den Kalibrierungsmessungen wurden die Sammelzeiten variiert, um einen großen Massenbereich von  $< 300 \mu\text{g}$  bis  $> 2200 \mu\text{g}$  (Gravimetrie) abzudecken. Legt man eine mittlere Sammelzeit von 24 Stunden bei einem Volumendurchsatz von  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  zugrunde (entsprechend einer mittleren Massenkonzentration von  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), so ergibt sich auf der Konzentrationsachse ein Ordinatenabschnitt von  $19,2/24 = 0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Darstellung macht nochmals anschaulich deutlich, daß unter Vernachlässigung dieses Ordinatenabschnittes der Vergleich der gravimetrisch und radiometrisch ermittelten Daten auf die Massen bzw. Konzentrationen und ihre Quotienten beschränkt werden kann.

Für das Gesamtkollektiv erhält man im vorliegenden Fall:

	gravimetrisch	radiometrisch
Mittelwert der Staubmasse	1235 $\mu\text{g}$	1248 $\mu\text{g}$
Mittelwert der Konzentration	51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Bei der Konzentrationsangabe wurde wiederum eine mittlere Sammelzeit von 24 h zugrunde gelegt.

Der Quotient Radiometrie/Gravimetrie beträgt 1,01.

Zusammenfassend zeigen die beispielhaft durchgeführten Kalibriexperimente mit dem Gerät FH 62 I-N, daß die an verschiedenen Meßorten erhaltenen Datenkollektive zu einem Gesamtkollektiv zusammengefaßt werden können. Rechnungen anhand eines linearen Regressionsmodells erster Ordnung zeigen eine hohe Korrelation zwischen den gravimetrisch und radiometrisch ermittelten Staubmassen. Die hierbei auftretenden Ordinatenabschnitte sind statistisch nicht signifikant von Null verschieden (95 %-Niveau).

Zur Ermittlung eines Kalibrierfaktors für den Routinebetrieb eines Meßnetzes ist es empfehlenswert, die Kalibriexperimente an einer repräsentativen Auswahl von Meßstationen

über einen längeren Zeitraum (1 Jahr) durchzuführen.

### 3.1.2 Probevolumen

Das Gerät verfügt über eine Luftdurchsatz-Meßsonde, die nach dem Wirkdruckverfahren arbeitet. Zusätzlich zur kontinuierlichen Messung des Luftdurchsatzes werden der Unterdruck im Gasweg hinter dem Filter und die Temperatur gemessen. Das Volumen kann auf Norm-Bedingungen (273 K, 1013 hPa) oder auf Betriebs-Bedingungen berechnet werden (Wahl im Menü). Die Luftdurchsatzregelung ist im Gerät eingebaut und erfolgt mit Hilfe eines Bypass-Regelventils. Der Geräterechner steuert das Stellglied nach einem "PI-Regelalgorithmus", der den Sollwert bei 1 bzw. 3  $\text{m}^3/\text{h}$  einreguliert. Eine Unterschreitung des Sollwertes oder ein Anstieg des Unterdruckes führt zu einem Filterwechsel. Der Geräterechner ermittelt die Staubmassenkonzentration stets mit dem richtigen Bezugsvolumen, da kontinuierlich der aktuelle Luftdurchsatz in die Berechnung eingeht.

Der auf dem Display angezeigte Luftdurchsatz wurde mit dem am Eingangsstutzen gemessenen Luftdurchsatz verglichen. Eine Volumenmessung mit einer geeichten Gasuhr wurde über einen bestimmten Zeitraum zur Luftdurchsatzmessung eingesetzt. Die Abweichungen der so gemessenen Luftdurchsatzwerte von den angezeigten Werten lagen unter 1 %. Dies gilt sowohl für Luftdurchsätze von  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  als auch für  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Während der Staubmessung ändert sich der Strömungswiderstand durch allmähliche Verstopfung der Filter. Um einen Eindruck vom Regelverhalten bei allmählich steigender Filterbelegung zu bekommen, wurde 30 Minuten die Luftdurchsatzanzeige des Prüflings abgelesen. Dazu ist in der Tabelle 3.1.2.-1 die mittlere Streuung des geregelten Luftdurchsatzes während einiger Meßzyklen an Prüfaerosol wiedergegeben.

In der Abb. 3.1.2.-1 ist die Abhängigkeit des Unterdrucks in der Meßkammer von der Belegung des Filters mit Prüfaerosol dargestellt.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

Tabelle 3.1.2.-1: Mittlere Streuung des geregelten Luftdurchsatzes beim Staubmeßgerät FH 62I-N während einiger Meßzyklen an Prüfaerosol

Abgeschiedene Aerosol-Masse im Meßzyklus $\mu\text{g}$	Anzahl $\frac{1}{2}$ -h-Werte N	Luftdurchsatz mittl. l/h	(Anzeige) Streuung l/h	%
0 - 25	36	2999,4	$\pm 5$	$\pm 0,2$
0 - 1136	21	3019,0	$\pm 69$	$\pm 2,3$
0 - 1141	19	2982	$\pm 70$	$\pm 2,3$
0 - 1892	28	3009	$\pm 71$	$\pm 2,3$
0 - 1751	26	2991	$\pm 77$	$\pm 2,6$
0 - 1162	18	999	$\pm 1,2$	$\pm 0,1$

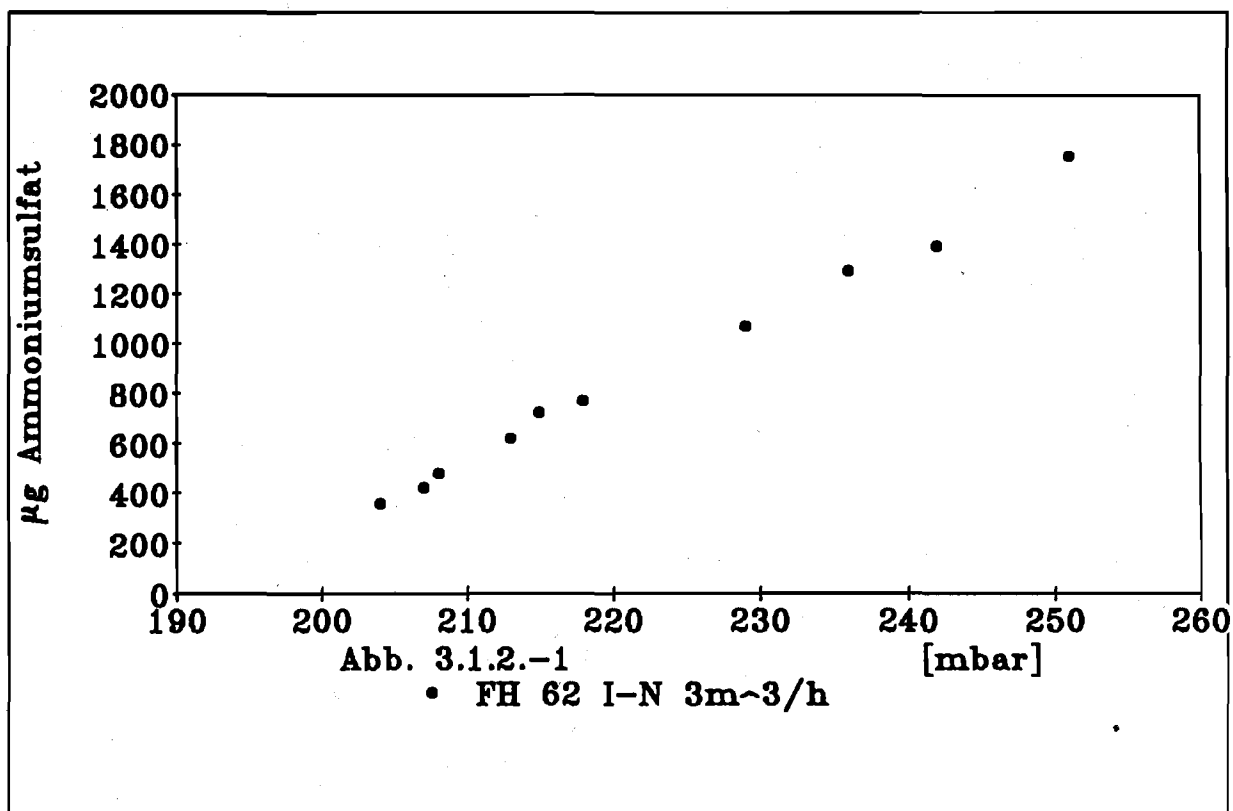


Abb. 3.1.2.-1: Abhängigkeit des Unterdrucks in der Meßkammer von der Filterbelegung

In weiteren Experimenten wurde im Meßbetrieb die Regelung des Luftdurchsatzes beobachtet. Im Gegensatz zum Normalbetrieb wurde nun jedoch durch Veränderung der Auslöseparameter in der Unterdrucküberwachung der automatische Filterwechsel weit hinausgeschoben. Hierdurch wurde erreicht, daß der mit zunehmender Filterbelegung aufgebaute Unterdruck die Luftdurchsatzregelung bis an die Grenzen ihres Regelbereiches auslöste und der gemessene

Luftdurchsatz angezeigt wurde. Die Luftdurchsatzanzeige des Prüflings wurde jede halbe Stunde abgelesen.

Die Tabelle 3.1.2.-2 zeigt ein Beispiel für die Luftdurchsatzabhängigkeit von der Filterbelegung mit Feinstaub (aus dem Technikum der LIS), wobei ein automatischer Filterwechsel, den das Gerät im Normalbetrieb sonst auslöst, verhindert wurde.

**Tabelle 3.1.2.-2: Beispiel einer Luftdurchsatzabhängigkeit von der Filterbelegung mit Staub, Gerät FH 62I-N**

Filterbelegung $\mu\text{g}$	Luftdurchsatz l/h	Abweichung vom Luftdurchsatz %	Unterdruck mbar
<b>a) geregelter Luftdurchsatz : 1 m<sup>3</sup>/h über geregelte Pumpe VT 1,5</b>			
0	1000	0	etwa - 60
120	999	- 0,1	
360	999	- 0,1	
480	997	- 0,3	
1080	993	- 0,7	
<b>b) geregelter Luftdurchsatz : 3 m<sup>3</sup>/h</b>			
0	3000	0	etwa - 200
90	2973	- 0,9	
182	2923	- 2,5	
308	2838	- 5,4	
400	2768	- 7,7	
510	2684	- 10,5	
595	2619	- 12,7	
705	2528	- 15,7	
800	2461	- 18,0	
907	2380	- 20,7	
958	2344	- 21,9	

### 3.1.3 Kalibrierung mittels Kalibrierfolien aus Glimmer

Die Übertragung der Grundkalibrierung auf Kalibrierfolien als Transferstandard läßt eine reproduzierbare Rekalibrierung des Meßgerätes zu. Eine Wiederholung der Rekalibrierung in Abständen von 3 bis 6 Monaten ist sinnvoll, weil sie zugleich eine Funktionsprüfung der Beta-Strahlen-Absorptionsmessung darstellt. Der Zeitbedarf für diese Arbeit beträgt etwa 1 Stunde.

### 3.2 Nachweisgrenze - Punkt 1.1.7. der Mindestanforderungen -

Die Darlegung zur Nachweisgrenze im LIS-Bericht Nr. 68 [2] gelten wegen der Übereinstimmung des radiometrischen Systems des damaligen Prüfling mit dem derzeitigen Prüfling weiter. Dort wurden im sogenannten Nullluftexperiment die Ergebnisse über die Stabilität des Nullpunktes herangezogen. Die mittlere monotone Drift des Nullpunktes von  $20,9 \mu\text{g}$  pro Tag wurde mit einer gemittelten Streuung (Kurzzeitdrift) von  $4,8 \mu\text{g}$  gefunden. Die daraus zu errechnende Nachweisgrenze als mittlerer Nullwert plus der dreifachen Streuung betrug  $35,4 \mu\text{g}$  für die Staubmasse.

Die Angabe der relativen Nachweisgrenze setzt die Festlegung des Bezugsvolumens voraus,

welches im Zeitraum der Probenahme (oder zutreffender: im Zeitabschnitt der Signalauswertung) als Probeluft gefördert wird. In der Tabelle 3.2-1 sind Beispielrechnungen für die relative Nachweisgrenze aufgeführt. Inwieweit die Anwendung dieses Meßverfahrens hinsichtlich der Nachweisgrenzen bei kurzen Probenahmezeiten sinnvoll ist, wird im Kapitel 3.12 "Sinnvolle Probenahmezeiten" diskutiert.

Ergänzend werden hier Meßergebnisse für die Ermittlung der Nachweisgrenze dargelegt, die direkt vom Datendrucker (Ausgabegerät des Prüflings) einerseits, als über die Probenahmezeit (Zeitbasis für die Berechnung) gesammelte Staubmasse, oder andererseits als daraus berechnete Staubmassenkonzentration bereitgestellt werden. In diesen Daten sind also auch die Einflüsse des im Prüfling enthaltenen Rechnersystems enthalten, das die Ausgabe von Meßwerten nach sehr kurzer Sammelzeit erlaubt. Für den häufig vorgebrachten Wunsch zur Staubmessung mit sehr kurzen Probenahmezeiten sind als Orientierung für zwei hintereinander liegende Zeitabschnitte über je 15 Minuten diese Ergebnisse dargestellt.

Für die Berechnung der Nachweisgrenze der Schwebstaubbestimmung werden die Ergebnisse über die Stabilität des Nullpunktes aus den Tabellen 3.2.-2 und 3.2.-3 herangezogen. Aus den Versuchen mit je 21 Einzelwerten wird die Streuung berechnet; die Nachweisgrenze ergibt sich aus der dreifachen Streuung.

Tabelle 3.2-1: Relative Nachweisgrenze  $\underline{C}$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Zitat aus [2])

Probenahmezeit h	Volumen $\text{m}^3$	Nachweisgrenze $\underline{C}$
0,5	1,5	23,6
1	3	11,8
3	9	3,9
24	72	0,5

Folgende Versuchsbedingungen wurden gewählt:

1. Nullgas mit einer relativen Feuchte < 20 %, Probeluftdurchsatz 1 m<sup>3</sup>/h
2. Filterwechsel jede Stunde
3. Ausdruck der Staubmasse und Konzentration in Abständen von 15 min nach Abwarten der Filterwechselzeit und des Meßbeginns

Erster Meßausdruck 5 min. nach Filterwechsel (Masse 1 + Konz. 1, M1; C1)  
 Zweiter Meßausdruck 20 min. nach Filterwechsel (M2; C1)  
 Dritter Meßausdruck 35 min. nach Filterwechsel (M3; C3)

4. Für die Differenzen der Massen (M2-M1) und (M3-M2) sowie der Konzentrationen (C2-C1) und (C3-C2) werden die Standardabweichungen (sw) berechnet.

Tabelle 3.2.-2: Nachweisgrenze Staubmasse

Datum	Zeit	M1 µg	M2 µg	M3 µg	M2-M1 µg	M3-M2 µg
12.12.89	16:00	0	5	2	3	-3
12.12.89	17:00	0	2	2	0	0
12.12.89	18:00	-7	6	-2	8	-8
12.12.89	19:00	0	4	-6	10	-10
12.12.89	20:00	-10	-6	0	-6	6
12.12.89	21:00	6	-5	2	-7	7
12.12.89	22:00	-7	8	10	-2	2
12.12.89	23:00	6	-4	6	-10	10
13.12.89	0:00	1	-2	13	-15	15
13.12.89	1:00	3	-10	-7	-3	3
13.12.89	2:00	4	-1	9	-10	10
13.12.89	3:00	7	7	7	0	0
13.12.89	4:00	6	-2	-4	2	-2
13.12.89	5:00	4	3	2	1	-1
13.12.89	6:00	-4	11	-2	13	-13
13.12.89	7:00	-3	2	-4	6	-6
13.12.89	8:00	1	2	-3	5	-5
13.12.89	9:00	1	4	1	3	-3
13.12.89	10:00	-3	-7	-1	-6	6
13.12.89	11:00	6	-4	-5	1	-1
13.12.89	12:00	1	-7	-1	-6	6
x-mittl.		0,57	0,29	0,90	-0,62	0,62
sw		4,81	5,68	5,46	7,09	7,09
3*sw		14,4	17,1	16,4	21,3	21,3
N		21	21	21	21	21

Tabelle 3.2.-3: Nachweisgrenze der Staubmassenkonzentration

Datum	Zeit	C1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C2-C1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C3-C2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
12.12.89	16:00	21	19	20	-2	1
12.12.89	17:00	21	14	14	-7	0
12.12.89	18:00	13	6	13	-7	7
12.12.89	19:00	13	5	7	-8	2
12.12.89	20:00	15	9	13	-6	4
12.12.89	21:00	15	6	0	-9	-6
12.12.89	22:00	25	21	33	-4	12
12.12.89	23:00	36	14	16	-22	2
13.12.89	0:00	34	25	29	-9	4
13.12.89	1:00	38	18	8	-20	-10
13.12.89	2:00	25	21	27	-4	6
13.12.89	3:00	22	12	19	-10	7
13.12.89	4:00	28	2	10	-26	8
13.12.89	5:00	14	13	16	-1	3
13.12.89	6:00	3	0	7	-3	7
13.12.89	7:00	12	2	6	-10	4
13.12.89	8:00	14	11	10	-3	-1
13.12.89	9:00	20	9	19	-11	10
13.12.89	10:00	14	-3	0	-17	3
13.12.89	11:00	23	14	2	-9	-12
13.12.89	12:00	20	10	11	-10	1
x-mittl.		20,29	10,86	13,33	-9,43	2,48
sw		8,70	7,47	8,99	6,71	6,00
3*sw		26,1	22,4	27,0	20,1	18,0
N		21	21	21	21	21

Die Nachweisgrenze für die Staubmasse (M2-M1) auf der Basis einer Probenahmezeit von 15 Minuten nach dem Filterwechsel beträgt  $\underline{c} = 25 \mu\text{g}$ , auf der Basis einer Probenahmezeit von 15 Minuten beginnend 20 Minuten nach dem Filterwechsel,  $\underline{c} = 21 \mu\text{g}$ .

Die (relative) Nachweisgrenze, ermittelt aus den vom Rechner des Staubmeßgerätes ausgegebenen Meßwerten für die Staubkonzentration, beträgt auf der Basis einer Probenahmezeit von 15 Minuten nach dem Filterwechsel  $\underline{c} = 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , auf der Basis einer Probenahmezeit von 15 Minuten, beginnend 20 Minuten nach dem Filterwechsel,  $\underline{c} = 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



### 3.3 Meßbereichsendwert - Punkt 1.1.8. der Mindestanforderungen -

Die Eigensteuerung des Prüflings für den Filterwechsel über den Maximumwert führt zu einem "flexiblen Meßbereich" durch häufigeren Filterwechsel, der z.B. bei einer Konzentration von  $4,8 \text{ mg/m}^3$  - unter der Annahme gleichbleibender Staubbelastung (bei  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ ) Luftdurchsatz - im Abstand von 10 Minuten erfolgt. Eine weitere Ausdehnung des Meßbereiches kann erreicht werden durch Verringerung des Luftdurchsatzes oder auch durch Abschaltung der Probeluftförderung während des Nullabgleiches. Eine derartige Schaltung ist als Option erhältlich; sie war im Prüfling nicht eingebaut. Eine Anpassung des Meßbereiches kann zudem erreicht werden, wenn das Gerät mit der Einstellung für die maximale Staubbelastung des Filters von  $\text{max} = 4,8 \text{ mg}$  mit einem Luftdurchsatz von  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  betrieben wird. Dabei kann z.B. eine Konzentration von  $20 \text{ mg/m}^3$  (gleichbleibende Staubbelastung) noch erfaßt werden. Allerdings würde dann alle 14,4 Minuten ein Filterwechsel ausgelöst.

Gemessen an normalen Immissionsbelastungen von  $0,05$  bis  $0,2 \text{ mg/m}^3$  ist dies ein außerordentlich großer Meßbereich. Dennoch soll hier bei der "verbundenen Größe" Konzentration nicht der Eindruck erweckt werden, als würde im normalen Meßbetrieb ständig an der unteren Grenze des Meßbereiches gemessen werden. Um dieses zu verdeutlichen, sei noch einmal auf die Arbeitsweise des Meßgerätes eingegangen, welches bei konstantem Luftdurchsatz eine auf einem Filter abgeschiedene Staubmenge von z.B. maximal  $2,4 \text{ mg}$  messen kann. Eine interne Rechnersteuerung über einen Maximumwert für die Staubbelegung löst einen Filterwechsel aus und sorgt somit für eine Fortsetzung der kontinuierlichen Messung nach der Filterwechselfpause von 3 Minuten. Bei normalen Schwebstaubimmissionen wird jedoch nur einmal pro Tag ein Filterwechsel über die Zeitsteuerung ausgelöst, sofern diese auf eine Bestaubungszeit von 720 Minuten eingestellt worden ist. Zum Beispiel wird bei einer gleichbleibenden Konzentration von  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  die maximale Staubmasse von  $2,4 \text{ mg}$  auf dem Filter nach 24 Stunden erreicht bei  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  nach 48 Stunden.

Der Meßbereich für den Konzentrationswert ist hinreichend groß, so daß auch kurzzeitige und plötzliche Spitzenbelastungen, die die Immissionsgrenzwerte um ein Vielfaches übersteigen dürfen, ohne Zeitverzug angezeigt werden können. Die Lage des Meßbereichsendwertes für den Konzentrationswert wurde daher nicht überprüft.

### 3.4 Justierung

Die Bestimmung der auf einer Filterfläche abgeschiedenen Staubmasse über die Beta-Strahlenabsorption der beaufschlagten Filterfläche bedarf wegen der bekannten Abhängigkeiten, wie z.B. von der elementaren Aerosolzusammensetzung und der Partikelgröße [1, 9], einer Anpassung der Meßkette an das Problem. Daher war der Prüfling vom Hersteller unter Zuhilfenahme eines Prüfaerosols aus Quarzstaub (physikalischer Stoffzustand: fest) Dörentrup Nr. 120 justiert worden, und zwar so, daß  $2,4 \text{ mg}$  des Prüfaerosols Quarzstaub ein Meßsignal von  $20 \text{ mA}$  erzeugen. Das Außenluftaerosol (Schwebstaub), bestehend aus Teilchen der festen oder flüssigen Phase oder beider Phasen, kann daher durch ein Prüfaerosol nur unzureichend abgebildet werden. Dies hat zur Folge, daß zu jeder Meßaufgabe eine Kalibrierung mit dem am Meßort vorhandenen Aerosol durchgeführt werden muß. Es mag aus den Randbedingungen der jeweiligen Meßaufgabe abgeleitet werden, in welchem Umfang die Richtigkeit der Meßergebnisse beeinflußt werden darf, wenn auf die Berücksichtigung der Abweichung der Meßwerte eines nur justierten Meßgerätes gegenüber einer Kalibrierung durch Stichproben (Einzelfiltermessungen) verzichtet wird.

### 3.5 Lage des Meßsignal-Nullpunktes - Punkt 1.1.5. der Mindestanforderungen -

Der Nullpunkt wird über einen automatischen Nullpunktsabgleich zu Beginn einer jeden Filterbeaufschlagung eingestellt. Der Probeluftstrom wird mit dem Nullpunktsabgleich eingeschaltet, so daß schon während dieses Zeitraumes neben dem Abgleich der Filterbanddicken auch Effekte (wie z.B. Fil-

termaterialverluste loser Filterteile oder ein Feuchtegehaltsausgleich) abgeglichen werden, die beim erstmaligen Bestromen des Filters auftreten können.

### 3.6 Reproduzierbarkeit

Die Meßdaten zur Reproduzierbarkeit wurden mit 2 Meßgeräten gleichen Typs erstellt.

Die in Tabelle 3.6.-1 wiedergegebenen Werte zur Reproduzierbarkeit stammen aus drei Untersuchungen, bei denen in den Versuchen

a) Prüfaerosol

und

b) Außenluftstaub im Technikum der LIS,

beide Geräte zusammen im gleichen Versuchsraum untergebracht waren. Beide Geräte wurden über eine gemeinsame Ansaugleitung mit Meßgas versorgt. Temperaturunterschiede zwischen beiden Geräten traten nicht auf, und somit konnte sich auch keine unterschiedliche relative Feuchte einstellen. Bei diesen Messungen lag die relative Feuchte in der Meßluft zwischen 10 % und 40 %. Der Meßraum (Technikum) war temperaturstabilisiert, so daß größere Temperaturschwankungen kaum zu erwarten waren.

Im Versuch

c) Außenluftstaub an den TEMES-Stationen LISE und LAB1

wurden zwei mit dem Prüfling typgleiche Meßgeräte FH 62 I-N verglichen, die in den TEMES-Stationen LISE und LAB1 auf dem Gelände der LIS installiert waren. Die Probeluft wird innerhalb der Stationen durch ein 3 m langes, von der Raumluft der Station umspültes Stahlrohr geleitet. Die Probelufttemperatur gleicht sich dabei an die Raumtemperatur der Meßstation an.

Die TEMES-Station LISE war auf 24 °C und die TEMES-Station LAB1 auf 21,5 °C thermostatisiert. In der Meßperiode lag die relative Luftfeuchte zwischen 48 % und 89 % bei Lufttemperaturen zwischen 9 °C und 20 °C. Daraus errechnete sich in den Stationen eine relative Meßgasfeuchte von 29 - 54 %. Nach Inbetriebnahme der am Probenahmerohr (außerhalb des Meßgerätes) befindlichen Rohrheizung (etwa 55 °C geregelt) fiel die relative Meßgasfeuchte auf 5 - 10 % ab. Der Abstand zwischen den beiden Ansaugköpfen der Meßstationen betrug 7 m.

Die Meßwerte wurden als Tagesmittelwerte den TEMES-Protokollen entnommen.

**Tabelle 3.6.-1:** Reproduzierbarkeit R als Quotient aus dem Mittelwert  $\bar{x}$  der Staubmasse und der Unsicherheit U aus Doppelbestimmungen, RF = relativer Feuchte, N = Anzahl Meßwerte

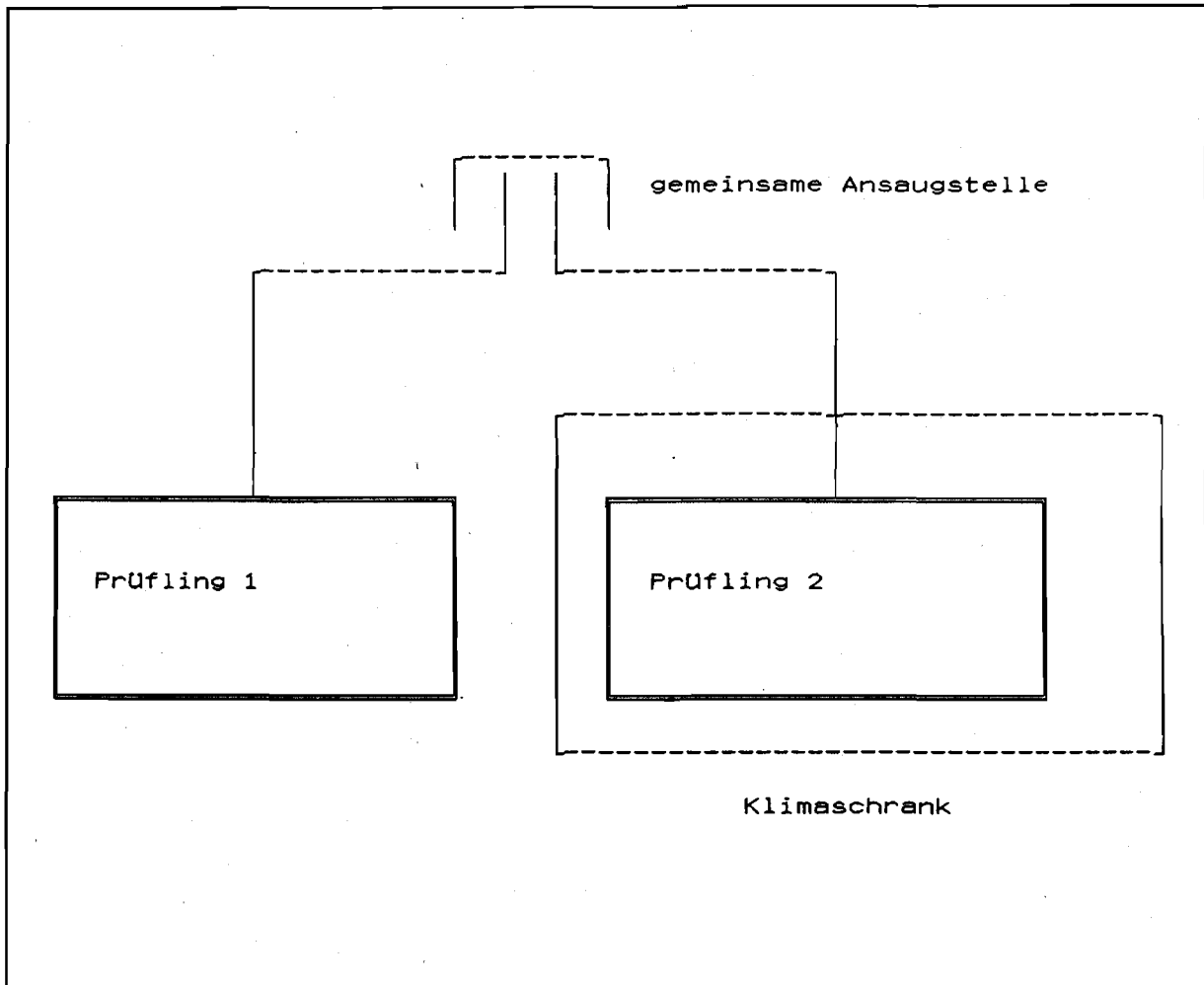
Datum	RF %	N	$\bar{x}$ $\mu\text{g}$	U $\mu\text{g}$	R
<b>Versuch a) Prüfaerosol</b>					
Juli 88	10	20	1713	60,2	28
Sept. 88	< 40	36	1442	43,2	33
Jan. 89	10	8	1888	55,6	34
	10	8	1466	37,0	40
	10	8	860	20,6	42
<b>Versuch b) Außenluftstaub Technikum der LIS</b>					
8./9. 88	< 40	8	1058	34,6	31
	< 40	12	482	21,6	22
	< 40	8	340	33,2	10
	< 40	14	260	21,4	12
	< 40	10	180	26,8	7
Nov. 88	< 40	14	1403	43,0	33
	< 40	10	876	26,2	33
3./4.89	25	16	583	24,2	24
	25	44	296	15,4	19
<b>Versuch c) Außenluftstaub an den Stationen LISE und LAB1 mit beheizter Probenahmeleitung (in <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) aus TEMES-Protokollen</b>					
Mai 89	< 10	38	64,5	5,0	13

### 3.7 Einfluß der Umgebungstemperatur und -feuchte auf die Empfindlichkeit und die Lage des Nullpunktes

Versuche im Technikum der LIS:

Dem Technikum wurde gefilterte Frischluft zugeführt. Sie enthielt keine groben Partikeln. Die Aerosolkonzentration in der Technikums-

luft wurde als homogen betrachtet. Von zwei FH-Staubmeßgeräten wurden das Gerät 1 (Ser.-Nr. 132) seitlich vom Klimaschrank und das Gerät 2 (Ser.-Nr. 527) im Klimaschrank selbst installiert (siehe Abb.3.7-1). Beide Probenahmeleitungen wurden in einem gemeinsamen Probenahmekopf zusammengeführt. Die Staubmeßgeräte wurden mit Kalibrierfolien kalibriert und der Luftdurchsatz der Prüflinge kontrolliert.



**Abb. 3.7-1 Anordnung der Prüflinge in der Parallelbestimmung bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen**

In Tabelle 3.7.-1 sind die Meßwerte und die Versuchsbedingungen zusammengestellt.

**Versuch 1:**

Beide Meßgeräte wurden ohne Heizung bei gleicher Umgebungstemperatur betrieben. Der Klimaschrank war dazu abgeschaltet und die große Öffnungstür weit geöffnet, so daß beide Prüfling die Raumtemperatur annehmen konnten. Die Probenahmezeit betrug etwa 24 Stunden.

**Versuch 2:**

Bei gleichem Aufbau der Prüflinge wie im Versuch 1 war hier der Klimaschrank geschlossen und die Temperatur im Inneren des

Klimaschranks wurde abgesenkt. Damit erniedrigten sich die Temperaturen der Meßgasleitung und des Meßgerätes 2. In der Meßgasleitung erhöhte sich zwangsläufig mit fallender Temperatur die relative Feuchte des Meßgases für den Prüfling 2, ohne daß dabei die absolute Wassermenge verändert wurde.

Wie es die physikalischen Eigenschaften eines realen Luftstaubes erwarten lassen, vermag sich die Staubkonzentration unter diesen Bedingungen grundsätzlich hinsichtlich der Partikelmassen zu ändern.

Dieser Versuch zeigt anschaulich das Anwachsen der auf dem Filter der Prüflinge abscheidbaren Staubmasse einschließlich der Feuchteaufnahme durch die Filtermasse.

Versuch 3:

Im Versuch 3 wurde die gleiche Anordnung wie im Versuch 2 benutzt. In Ergänzung dazu wurde die Heizung am Probenahmerohr des gekühlten Meßgerätes (Prüfling 2) eingeschaltet und dadurch die Temperatur der Heizmanschette am Probengaseinlaßkrümmer zwischen 50 und 60 °C eingestellt. Die relative Feuchte des

Meßgases an der Heizmanschette stellte sich bei etwa 5 % ein.

Bei diesem Experiment wurden keine Hinweise auf Einflüsse der Umgebungstemperatur gefunden, die außer der Staubveränderung (Betriebsbedingungen) durch das Meßgeräteverhalten verursacht sein könnten. Siehe auch dazu Kap.3.11.

Tabelle 3.7.-1: Einfluß der Änderung der Umgebungstemperatur über die Feuchte der Meßluft auf die Staubmasse (Klimaschrankversuch)

Meßgerät Serien-Nr.	1 132	2 527
<b>Versuch 1:</b>		
Rohrheizung °C	ohne	ohne
Anzahl Meßwerte	30	
Rel. Feuchte %	etwa 25	etwa 25
mittl. Masse µg	370,7	374,5
mittl. Quotient 2:1		1,009 ± 0,037
SD µg	± 9,1	
R	20	
<b>Versuch 2:</b>		
Rohrheizung °C	ohne	ohne
Anzahl Meßwerte	10	
Rel. Feuchte %	23-39	48-79
mittl. Masse µg	348,5	495,5
mittl. Quotient 2:1		1,457 ± 0,370
SD µg	± 140	
R	1,5	
<b>Versuch 3:</b>		
Rohrheizung °C	ohne	55
Anzahl Meßwerte	10	
Rel. Feuchte %	25-33	58-74
mittl. Masse µg	501,0	500,5
mittl. Quotient 2:1		0,999 ± 0,032
SD ± 9,7		
R 26		

Die Gewichtsänderung des Leerfilters in Abhängigkeit von der relativen Feuchte ist der Abb. 3.7.-2 zu entnehmen.

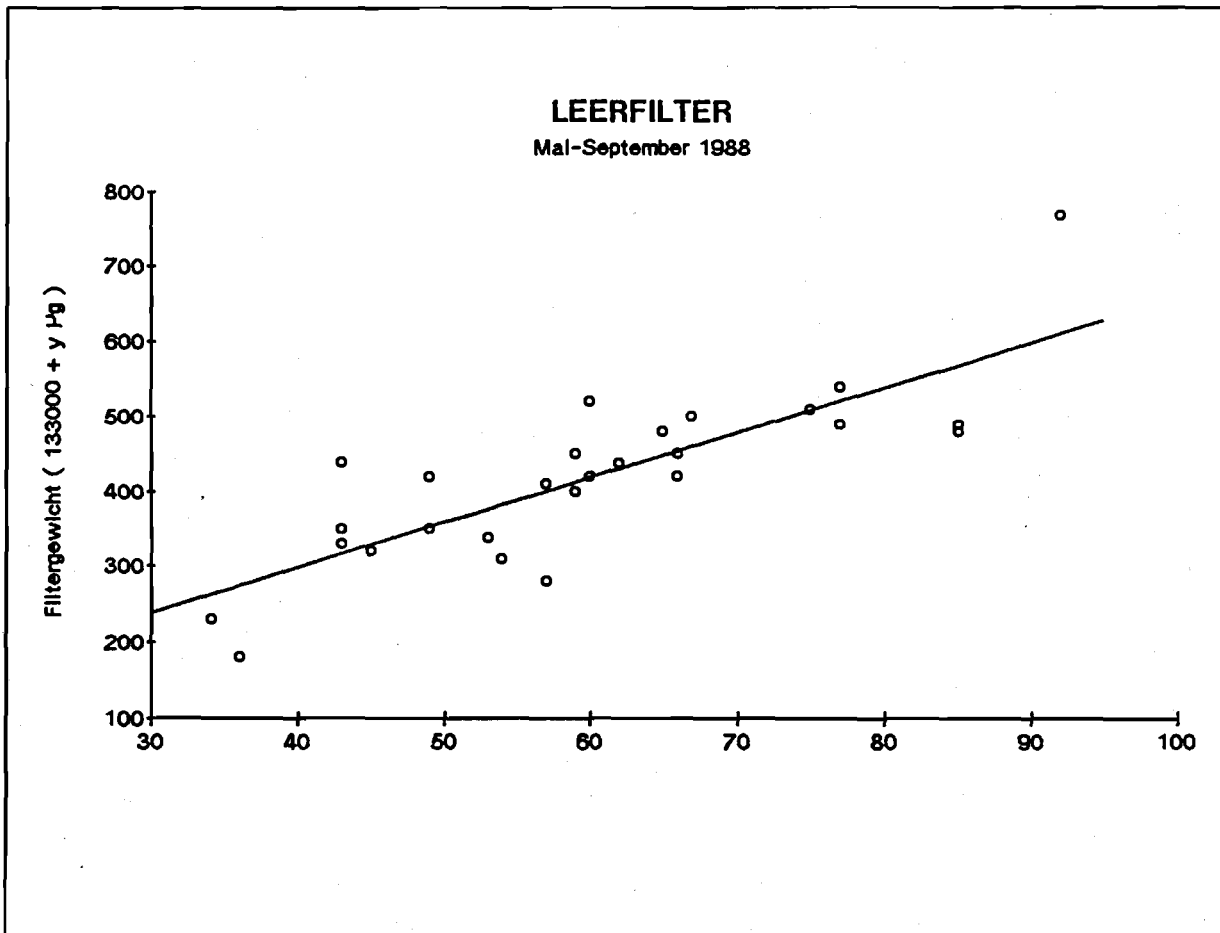


Abb. 3.7.2.-2: Filtergewicht abhängig von der relativen Luftfeuchte (%)

### 3.8 Einfluß der Meßguttemperatur und -feuchte auf Nullpunkt und Empfindlichkeit - Punkte 1.1.12. und 1.1.13. der Mindestanforderungen -

An dieser Stelle sei an die physikalischen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Feuchtegehalt eines Gases erinnert. Hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Luftfeuchte und Meßsignal bei unterschiedlichen Belegungen des Filter mit verschiedenen Staubarten sei hier noch einmal auf die Ausführungen im LIS-Bericht Nr. 68 [2] verwiesen. Wechselwirkungen zwischen der Luftfeuchte und dem Meßobjekt hinsichtlich der definitorischen Abgrenzung des Meßobjektes gegenüber Störstoffen werden im Kapitel Querempfindlichkeiten diskutiert.

#### 3.8.1 Einfluß der Meßluftfeuchte auf den Meßwert

Die in [2] zu dieser Fragestellung ausgeführten Experimente gelten im Grundsatz weiter und wurden hier durch weitere Beobachtungen ergänzt. Zur Erinnerung wird hierzu aus [2] zitiert:

##### *"Versuchsdurchführung*

*Der Prüfling wird an die Probeluft-Verteilerleitung angeschlossen und erhält über dieses Nullgas im Überschuß bei Umgebungstemperatur. Das Nullgas ist aus partikelfreier und trockener Preßluft hergestellt und enthält auch keine anderen Gasbeimengungen. Zur Befeuchtung des Nullgases wird Wasser kontinuierlich dosiert und als Dampf dem*

*Nullgas zugemischt. Die Wasserdosierung erlaubt eine stufenlose Anfeuchtung des Nullgases....*

*Schwebstaub wird dem Prüfling über eine Staubdosierung oder aus der Umgebungsluft zugeführt. Nach einer Belegung des Filters mit einer vorgegebenen Masse Schwebstaub wird die Bestäubung abgebrochen und der Prüfling mit trockenem oder feuchtem Nullgas versorgt.*

*Die .... Versuchsdaten zeigen den Einfluß von Wasser auf den Meßwert unter den Bedingungen einer Feuchte im Meßgas, die keine Kondensation von Wasser zuließen. Es sind also Vorgänge simuliert worden, wie sie in der Atmosphäre üblicherweise auftreten. Alle Vorgänge waren reversibel, d.h., das Wasser konnte durch trockenes Nullgas wieder entfernt werden. Bei den hier zufällig ausgewählten Stäuben betrug der Spitzenwert der radiometrischen Signaländerung durch Wasser 440 µg (18,3 % vom Meßbereichsende 2,4 mg), wobei ein Teil der Signaländerung der Wasseraufnahme im Bereich der Meßkammer zuzuschreiben ist. So stieg das Signal bei 90 % relativer Feuchte um 111 µg (4,6 % des Meßbereichsendwertes) reversibel an, während die Wasseraufnahme bei 60 % relativer Feuchte nur 22 µg betrug. Wie aus den Abbildungen .... zu entnehmen ist, steigt das Signal mit zunehmender Feuchte oberhalb von 90 % relativer Feuchte schnell an! Der Prüfling wird bei diesen Versuchen ohne Probeluftbeheizung bei Raumtemperatur .... betrieben."*

### **3.8.2 Untersuchungen zur Staubbestimmung in den TEMES-Stationen LISE und LAB1 unter Betriebsbedingungen**

Der Abstand zwischen den beiden Ansaugköpfen der Meßstationen betrug 7 m. Die Meßwerte wurden als Tagesmittelwerte den TEMES-Protokollen entnommen. Die Meßwerte und die Versuchsbedingungen sind in Tabelle 3.8.1.-1 aufgeführt.

Versuch 1:

Beide Meßstationen waren mit den Staubmeßgeräten der Serie FH 62 I-N bestückt. Vor den Messungen wurden die Geräte kalibriert

und die Luftdurchsätze überprüft. Die Heizungen an den Krümmern in beiden Geräten blieben kalt.

Versuch 2:

Bei gleicher Anordnung wie im Versuch 1 wurden die Heizungen der beiden Meßgeräte eingeschaltet und die Temperatur der Heizmanschette (außen) zwischen 50 und 60 °C eingeregelt.

Diese beiden zufällig ausgewählten Stichproben zeigen, daß eine Angleichung der Mittelwerte durch Betrieb der Krümmerheizung erreichbar ist, ohne daß jedoch hier aus der Höhe der Mittelwerte ein Schluß auf die Immissionsituation im Versuch gezogen werden darf, da die beiden Versuchsreihen zeitlich hintereinander ausgeführt wurden. Das Ergebnis des Versuches 1 konnte im Nachhinein auf den Einfluß des Parameters Temperatur zurückgeführt werden. Die Erklärung ist in der Tatsache begründet, daß die Station Lab1 eine Experimentalstation für das TEMES-System ist und in ihr unter den allgemeinen Randbedingungen von TEMES experimentiert wird. In der Überprüfung der Randbedingungen zeigte sich jedoch, daß die Temperatur im Inneren der beiden Stationen in diesem Experiment um 3 K differierten (Lab1 war kühler).

Die Raumtemperatur der Station beeinflusst systembedingt die Temperatur der Probeluft der Prüflinge, so daß sich bei gleicher absoluter Feuchte der Probeluft in der kühleren Station die relativ höher Feuchte im Probegas einstellte. Bei der Betrachtung der Mittelwerte fällt auf, daß in beiden Versuchen die Mittelwerte gerade um etwa den Betrag der Standardabweichung differieren. Dennoch ist dies ein Hinweis auf die Notwendigkeit, die Meßdaten immer unter gleichen Betriebsbedingungen zu erzeugen, da schon kleine Änderungen an den Betriebsparametern insbesondere bei kleinen Stichprobenumfängen der Meßwerte zu abweichenden Mittelwerten führen können.

Wie schon im Erprobungsbericht [2] zum Vorläufertyp des Meßgerätes ausgeführt wurde, bestimmen bei der Schwebstaubmessung die Parameter des Meßverfahrens beginnend bei den

Tabelle 3.8.1.-1: Parallelmessung unter TEMES-Betriebsbedingungen

Meßgerät Serien-Nr. Stationstemperatur	1 132 21° C	2 226 24°C
<b>Versuch 1:</b>		
Meßort	LAB1	LISE
Heizung °C	ohne	ohne
Meßzeit Tage	23	23
mittl. Konz. µg/m <sup>3</sup>	53,3	47,4
mittl. Quot. 2/1 S <sub>D</sub> µg/m <sup>3</sup> R		0,894 ± 0,101 ± 5,7 4
<b>Versuch 2:</b>		
Meßort	LAB1	LISE
Heizung °C	55	55
Meßzeit Tage	19	19
mittl. Konz. µg/m <sup>3</sup>	65,6	63,3
mittl. Quot. 2/1 S <sub>D</sub> µg/m <sup>3</sup> R		0,972 ± 0,029 ± 2,5 13

Ansaugbedingungen am Probenahmekopf über die Konditionierung der Filter bis hin zur Klassierung der Meßwerte in einer Signalverarbeitung durch digitale Systeme das Meßobjekt. Von einem gleichen Meßobjekt darf daher nur dann gesprochen werden, wenn exakt alle Parameter der Meßverfahren gleich eingestellt sind. Die hier dargelegten Experimente ergänzen die schon früher dargestellten Ergebnisse [2] und zeigen wiederum, daß dieses sehr schnell anzeigende Meßsystem Veränderungen der Staubmasse erkennen läßt, die lediglich aus einer häufig als unbedeutend angesehenen Änderung eines Parameters resultiert. Dieser sehr wichtige Parameter ist die Temperatur in der Meßzelle. Es ist daher nicht nur sinnvoll, sondern auch dringend notwendig, die über Temperaturänderungen in der Meßluft veränderten Gaszustände in allen Fällen gleich einzurichten, in denen man dasselbe Meßobjekt "Schwebstaub" ermitteln will. Die Konditionierung der Meßluft im Probenahmesystem für automatische Staubmessungen - wie hier mit den radiometrischen Staubmonitoren oder auch bei

automatischen Staubsammlern - kann durch gezielte Temperierung des Ansaugrohres im Probenahmesystem Staub für telemetrische Meßstationen erfolgen. Neben anderen hier nicht erwähnten Möglichkeiten kann die Änderung des Parameters "Meßlufttemperatur" auf ein Minimum beschränkt werden, wenn die Probenahmesysteme mit einer Rohrheizung betrieben werden, die das Meßgas im Bereich der Temperaturen von 45 bis 60 °C auf eine einzustellende Temperatur erwärmt und dabei die Temperaturschwankung nicht größer als ± 1 K eintreten kann. Höhere Temperaturen führen zu Verlusten an Ammoniumsalzen und anderen Staubbestandteilen.

Für Anwender von Staubmeßverfahren, die Zeitreihen erstellen oder erstellt haben, sei angemerkt, daß eine Änderung der Betriebstemperaturen im Probenahmesystem Staub mit einer deutlichen Änderung der Meßergebnisse des Staubmeßverfahrens verbunden sein kann und diese Änderung in zunächst unbekannter Höhe die Ergebnisse der Immissionserhebung



beeinflusst (vgl. [1, 2]). Man spricht hier von einer Änderung der Meßobjektdefinition. Inwieweit das Ergebnis einer Erhebung hierdurch beeinflusst wird, muß vom Anwender des Meßverfahrens selbst ermittelt werden. Wegen der unbekanntens Zusammensetzung des Schwebstaubes kann der Einfluß dieser Parameteränderung nicht durch ein Experiment im Laboratorium im voraus oder im nachhinein ermittelt werden.

### 3.8.3 Betrachtungen zur Probenahmerohrheizung

Die thermische Konditionierung im Echtzeitmeßbetrieb erfordert eine ununterbrochene Beeinflussung des Probengutes und dessen Einstellung auf die gegenüber dem Außenluftzustand erzwungenen Gaszustände. Eine Anpassung des Probenluftzustandes über kurze Probenahmerohrstrecken mit großen Temperaturgradienten wird als nachteilig angesehen, da zur Erreichung der gewünschten Konditionierung hohe Wandtemperaturen und damit verbunden auch partiell hohe Gastemperaturen resultieren.

Diese Schlußfolgerung muß aus dem nachfolgend beschriebenen Versuch gezogen werden; sie führt zur Forderung nach Anwendung einer geregelten Heizmanschette, die etwa 30 cm des Probenahmerohres im Probenahmesystem für die Staubimmissionsmessung umfaßt. Diese geregelte thermische Konditionierung ist außerhalb des Staubmeßgerätes angebracht, so daß die Verweilzeiten des Probengases sowohl in der Heizzone als auch im Durchmischungsraum zwischen Heizzone und Bestäubungskammer im Meßgerät größer sind gegenüber den Zeiten, die mit dem Betrieb der Heizmanschette am Krümmer im Meßgerät erreichbar sind. Lokale Überhitzungen können so weitgehend vermieden werden.

Um das Ziel einer Vermeidung von Taubildung im Probengasbereich des Staubmeßplatzes auch bei sommerlichen Außentemperaturen mit hohen Feuchten in den häufig auf 20 °C temperierten Meßstationen mit den Staubmeßplätzen zu erreichen, ist es erforderlich,

- den in der Meßstation befindlichen Teil des Probenahmerohres auf die Konditionierungstemperatur zu bringen,
- eine Konditionierungstemperatur zu wählen, bei der Staubmassenverluste flüchtiger anorganischer und organischer Staubbestandteile gering bleiben und von daher akzeptiert werden können,
- eine Konditionierungstemperatur zu wählen, bei der eine Taubildung auch bei hohen Außenlufttemperaturen und hoher Luftfeuchte zuverlässig vermieden wird, aber dennoch die Sublimation der Ammoniumsalze noch nicht einsetzt. Ammoniumsalze sind ein permanent auftretender Bestandteil des Außenluftstaubes.

Zur Feststellung einer optimalen Gastemperatur für die Konditionierung wurde Ammoniumnitrat als Leitkomponente ausgewählt. Ammoniumnitrat sublimiert bei Temperaturen unter 100 °C. Bei höheren Temperaturen können zusätzlich auch Zersetzungen auftreten.

Zur Ermittlung der Einflüsse der Konditionierungstemperatur des Probengases wurden in den Meßcontainern LISE und LAB die Staubmeßgeräte FH 62 I-N mit Einzelfiltern betrieben. Die gravimetrische Staubmassenbestimmung der belegten Filter erfolgte nach einer 48stündigen Aquilibrierung und anschließender Wägung in einem Wägezelt bei ca. 10 % RF. Die Nitratbestimmung im Staub wurde nach der Wägung der Filter ausgeführt.

In Tabelle 3.8.2. sind die gravimetrisch ermittelten Staubmassen mit ihren Nitratkonzentrationen aufgelistet.

In der Station LISE wurde das Staubmeßgerät 1 bei Hüttentemperatur betrieben, während die Staubmessungen in der Station LAB mit dem Meßgerät 2 bei eingeschalteter Heizung durchgeführt wurden. Die Heizleistung der Krümmerheizung wurde durch Zusatzwiderstände fest eingestellt, so daß sich mittlere Temperaturen im Bereich zwischen Hüttentemperatur und 80 °C einstellen konnten.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß bei Konditionierungstemperaturen bis zu 35 °C zwar schon Verluste oder Zunahmen bei der Staubmasse erkennbar werden, jedoch bedingt durch die Anlage des Experimentes keine Verluste an Ammoniumnitrat zu beobachten sind. Bei einer Temperatur von 50 °C sind etwa 20 %, bei 60 °C sind etwa 18 % des Ammoniumnitrats, das sind etwa 4 % der gesamten Staubmasse, und bei einer Temperatur von 80 °C etwa 42 % Nitrat gleich 15 % der gesamten Staubmasse verloren.

Aus diesen Beobachtungen und aus langjährigen Erfahrungen mit Meßnetzen für die Luftqualitätsüberwachung in Deutschland wird für eine Betriebsweise der Staubmeßplätze mit Probeluftkonditionierung die Anwendung einer geregelten Heizung des Probenahmerohres vorgeschlagen. Die Temperatur der Probeluft soll dabei auf 45 °C ± 1 K eingestellt werden und bis zum Erreichen der Meßzelle im Staubmeßgerät immer 2 K oberhalb der Raumtemperatur der Meßstation bleiben.

Dieser Vorschlag folgt aus der Überlegung, daß ab 50 °C Probelufttemperatur schon merkliche Staubmassenverluste auftreten. Bei 35 °C sind die Verluste zwar klein, jedoch werden bei warmem feuchtem Wetter insbesondere in den Mittelmeerländern der EG die Außentemperaturen recht häufig über diesem Wert gefunden. Um eine Taubildung auch für diese Fälle zu unterdrücken, wird als praktikables Optimum die Konditionierungstemperatur von 45 °C vorgeschlagen. Wegen der bedeutenden Einflüsse auf die gesammelte Staubmasse, die eine Änderung der Konditionierungstemperatur nach sich zieht, wird zur Erzielung einer einheitlichen Datenstruktur der enge Toleranzbereich von ± 1 K für die Konditionierungstemperatur vorgeschlagen. Die Gleichartigkeit der Staubmeßergebnisse mit anderen Staubmeßverfahren, wie sie zum Beispiel in der VDI Richtlinie 2463 beschrieben sind, muß wegen der dann sehr unterschiedlichen Konditionierungsverfahren der Staubfilter durch neue umfangreiche Vergleichsmessungen festgestellt werden.

**Tabelle 3.8.2: Staubverluste in Abhängigkeit von der Temperatur der Probeluft durch geregelte und ungeregelte Rohrheizung**

Die Ermittlung der Staubmengen (Staubverluste) erfolgt einerseits gravimetrisch und andererseits durch Bestimmung der Nitratmenge in der Staubmasse.

		Gravimetrie				NO <sub>3</sub> -Anteil im Staub				
Gerät 1		Gerät 2		Verlust				NO <sub>3</sub> -Sublimat		
Anz.	Temp. °C	Temp. °C	Grav. µg	Grav. µg	Grav. G2/G1	Grav. %	G1 %	G2 %	Verlust G2/G1	NO <sub>3</sub> -Sublimat %
<b>geregelte Heizstrecke</b>										
4	21	1295	35	1214	0,937	-6,3	16,5	17,1	1,036	3,6
6	21	1126	40	1103	0,979	-2,1	14,1	13,0	0,922	-7,8
4	21	739	50	712	0,963	-3,7	16,2	12,9	0,796	-20,4
<b>ungeregelte Heizstrecke (Temperatur am Außenmantel gemessen)</b>										
5	21	734,2	17	777,8	1,056	5,6	14,8	15,0	1,013	1,3
2	21	1604	35	1573	0,981	-1,9	22,3	22,5	1,009	0,9
12	21	1153	60	1174	1,018	1,8	17,0	13,9	0,819	-18,1
4	21	882,7	80	825,2	0,935	-6,5	25,0	14,5	0,580	-42,0

**3.9 Stabilität von Nullpunkt und Empfindlichkeit**  
- Punkte 1.1.14 und 1.1.15 der Mindestanforderungen -

Die Stabilität des Nullpunktes ist aus den Daten zu entnehmen, die im Kapitel Nachweisgrenze (3.2) wiedergegeben sind. Die Stabilität des Nullpunktes zeigt sich dort in gleicher Weise wie beim Vorläufermodell. Siehe dazu [2].

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

**3.10 Weitere Kenndaten**  
**3.10.1 Wartungsintervall**  
- Punkt 1.1.16 der Mindestanforderungen -

Das Wartungsintervall beträgt 6 Monate. Ein Strahlerabgleich wie beim Vorgängermodell ist nicht mehr nötig, da der entsprechende Korrekturfaktor aus dem Zeitgesetz für den radioaktiven Zerfall von dem im Gerät eingebauten Rechner aus Datum und Uhrzeit berechnet wird.

Das Wartungsintervall kann sich verkürzen, wenn das Filterband, das für etwa 1200 Filterwechsel ausreicht, erneuert werden muß. Dies ist regelmäßig nur dann der Fall, wenn immer vor Ablauf von maximal 3,6 Stunden ein Filterwechsel auftritt.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

**3.10.2 Netzspannungsschwankungen**  
- Punkt 1.1.17 der Mindestanforderungen -

Nicht durchgeführt.

**3.10.3 Meßsignalausgang**  
- Punkt 1.1.18 der Mindestanforderungen -

Der Prüfling hat folgende Meßsignalausgänge:

Staubmasse: 0 bis 10 V;  
0 bis 20 mA

eingepprägter Strom/galvanisch getrennt

Staubmassenkonzentration: 0 bis 10 V;  
0 bis 20 mA

eingepprägter Strom/galvanisch getrennt

serielle Schnittstelle V24/RS 232  
Der Nullpunkt kann durch Eingabe im Menü über die Software und auch durch Stecken von Schaltbrücken auf der Leiterplatte 20 mA angehoben werden.

Obgleich der Prüfling auf der Frontplatte keinen separaten zweiten Ausgang für eine Analoganzeige besitzt, wird wegen des vorhandenen Anzeigeinstruments die Mindestanforderung als erfüllt angesehen.

Nach Herstellerangaben werden die o.g. Ausgänge je nach Schnittstellenkonfiguration des Anwenders auf die Frontplatte gelegt.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

**3.10.4 Statussignale/Telemetrie/ Umschaltung**  
- Punkte 1.2.1 und 1.2.2 der Mindestanforderungen -

Der Zustand wesentlicher Gerätefunktionen ist als Statussignal angezeigt und telemetrisch übermittelbar. Der Prüfling hat eine serielle Schnittstelle V24/RS232 eingebaut, über die nach einem festgelegten Grundaufbau des Datenprotokolls eine Reihe von Statussignalen, ein sehr umfangreicher Satz an Fernsteuerbefehlen und Antworten übertragen werden kann. Das Protokoll hat sich inzwischen in einigen Ländermeßnetzen bewährt.

Die Mindestanforderung 1.2.1 ist erfüllt.

Der Prüfling besaß eine telemetrisch auslösbare Umschaltung (50 poliger Parallelschnittstelle). Diese vielpolige Buchse (Ausgang 0 bis 10 Volt, 0 bis 20 mA und Steuerungsauslösung), bei der diese Kontakte schnittstellengerecht herausgeführt sind, wird als Option (für jedes bundesdeutsche Meßnetz mit einer anderen Pinbelegung) angeboten; sie ist in den Meßnetzgeräten FH 62 I-N (kompatibel zu FH 62 I 8.0 ... 8.8) serienmäßig ausgeführt.

Die Mindestanforderung 1.2.2 ist für die Geräteausführung des Prüflings erfüllt.

### 3.10.5 Verfügbarkeit - Punkt 1.2.3 der Mindestanforderungen -

Der Prüfling besitzt eine Verfügbarkeit von 99,5 %.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.10.6 Einstellzeit - Punkt 1.4.4 der Mindestanforderungen -

Zur Ermittlung der Einstellzeit (90 %) wurde bei zwei Geräten aus der Serienproduktion (Nr. 97 und 101), nach Einlegen einer Kalibrierfolie mit einer Strahlenabschwächung im Meßbereich bei etwa 65 Skalenteilen, die Zeit zwischen dem Durchgang des Meßsignals bei 4 mA (Null) und der Maximalanzeige für die Kalibrierfolie gemessen. Die 90 %-Einstellzeit wurde daraus mit 62,5 s und 64,8 s gefunden.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.10.7 Undichtigkeit - Punkt 1.5.4 der Mindestanforderungen -

Der Prüfling wurde für diesen Versuch mit einer unregelmäßig betriebenen Pumpe betrieben. Im Zentralgerät ist ein Regler eingebaut. Die Messung des Luftdurchsatzes am Geräteeingang zeigte keine Abweichungen vom Sollwert. Hinweise auf einen Nebenstrom an der Filterabdichtung gab es beim Prüfling nicht.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.10.8 Integrationszeit - Punkt 1.5.3 der Mindestanforderungen -

Anfangs- und Endpunkt des Integrationszeitraumes sind frei wählbar und erlauben somit auch die Bildung von 24-Stunden-Mittelwerten. Beim Betrieb mit einer Filterwechselzeit von 24 Stunden beträgt die Totzeit zwischen Anfang und Ende der Meßsignalunterbrechung 3 Minuten, entsprechend 0,2 % der Tagesstunden.

Bei einer Filterwechselzeit von 3 Stunden beträgt die Totzeit 2,2 %. Für den Fall höherer Staubkonzentrationen ist davon auszugehen, daß der Maximumwert zum Beispiel bei 2,4 mg anspricht. Eine Totzeit von 5 % würde auftreten, wenn alle 1,33 Stunden ein Filterwechsel durch den Maximumwert ausgelöst würde. Die Staubkonzentration würde dann  $602 \mu\text{g}/\text{m}^3$  betragen.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.11. Querempfindlichkeiten - Punkt 1.4.2 der Mindestanforderungen -

Problematik :

Der schon in [2] darlegte Sachverhalt wird hier wegen des Zusammenhanges mit den Ergebnissen über den Verlust von Ammoniumverbindungen noch einmal dargelegt.

Das hier geprüfte Meßgerät soll zur Ermittlung der Schwebstaubmassenkonzentration in der Luft dienen. Meßobjekt ist also die Summe aller in der Luft dispergierten Teilchen (Aerosole), die auf dem Filter abgeschieden werden können. Der Aggregatzustand der Schwebstaubteilchen kann fest oder flüssig sein oder beide Zustände umfassen, wobei die chemische Zusammensetzung der Aerosole hier nicht das Meßziel ist. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften können also von Teilchen (Tröpfchen) zu Teilchen (Tröpfchen) unterschiedlich sein; sie lassen auf jeden Fall jedoch zu, daß in der Atmosphäre Vorgänge an und mit den Partikeln ablaufen, die deren Zusammensetzung und Masse verändern. Hinsichtlich der hier zu beobachtenden Meßgröße Masse kann vor allem das in der Atmosphäre immer vorhandene Wasser die Masse von Aerosolteilchen durch Kondensation, Ad- und Absorption sowie Verdunstung bedeutend verändern. Diese Veränderungen sind auch anzunehmen, wenn die Aerosole auf Partikelfiltern abgeschieden wurden und einem häufigen Austausch der sie umgebenden Luft unterworfen sind, wie dies bei allen Staubmeßverfahren der Fall ist, die nach diesem Prinzip die Partikel abscheiden.

Diese Vorgänge treffen nicht nur auf das Wasser zu, sondern, wie das Beispiel der

Ammoniumverbindungen in diesem Bericht zeigt, auch auf alle anderen verdampfbaren und sublimierbaren Stoffe.

Für den Idealfall der meßtechnischen Beschreibung einer unverfälschten Aerosolmasse sollte diese sofort nach der Abscheidung mit weiteren Luftströmungen nicht mehr in Berührung kommen. Diese Bedingung ist jedoch nur bei der Abschaltung des Probeluftstromes - also jeweils am Ende einer vorgegebenen Sammelzeit - gegeben. In der gesamten davorliegenden Zeit der Aerosolsammlung kann also eine Wechselwirkung der Aerosolteilchen mit der sie umströmenden Luft stattfinden.

Bei der Massenbestimmung des Schwebstaubes durch Wägung sofort nach dem Ende der Sammelzeit würde die Aerosolmasse einschließlich aller dann noch vorhandenen, verdampfbaren Anteile ermittelt. Bei dem hier geprüften Gerät erfolgt die Massenbestimmung quasi in Echtzeit, das heißt, die augenblicklich auf dem Filter befindliche Masse wird kontinuierlich als elektrisches Signal ausgegeben und registriert. Ebenso wie durch jede zusätzliche Abscheidung weiterer Aerosole auf dem Filter die dort befindliche Masse verändert wird, kann sie auch durch Ad- und Absorption, ggf. Kondensation sowie durch Verdunstung von Wasser und anderen Stoffen verändert werden.

Ad- und Absorptionsvorgänge von Wasser oder anderen Stoffen sind unvermeidbare, stoffspezifische Massenänderungen innerhalb der Definition des Meßobjektes, das ja hinsichtlich seiner Zusammensetzung nicht näher bestimmt ist. Die Verdunstung von Wasser und anderen Flüssigkeiten aus der Aerosolmasse auf dem Filter im strömenden Gas ist ebenfalls unvermeidlich; sie verringert die abgeschiedene Aerosolmasse. Eine Kondensation von Wasserdampf auf der abgeschiedenen Aerosolmasse oder auf dem Filter ist unter sehr selten auftretenden Randbedingungen immer dann möglich, wenn warm-feuchte Probeluft in der Meßanordnung soweit abgekühlt wird, daß der Taupunkt am Filter unterschritten wird. Derart auf dem Filter oder der dort befindlichen Aerosolmasse kondensiertes Wasser ist nicht dem Meßobjekt zugehörig, es wird als Störung der Anzeige der Masse aufgefaßt. Tritt die Kondensation von Wasser im Probenahmerohr vor dem Filter auf, so wird die

Echtzeitmassenanzeige des Aerosols nicht beeinflusst, obgleich andere massebeeinflussende Effekte im Probenahmerohr auftreten können, die hier nicht weiter diskutiert werden sollen. Eine Kondensation hinter der radiometrischen Meßzelle des Prüflings beeinflusst die Massenanzeige nicht.

Für den Meßbetrieb ist zu berücksichtigen, daß das Meßgerät nach jedem Filterwechsel einen Nullabgleich mit gleichzeitiger Probeluftförderung ausführt, so daß dabei das Filtermaterial mit Wasser äquilibriert wird. Alle durch Wasser hervorgerufenen Veränderungen der Massenanzeige während des Meßbetriebes, ausgenommen die durch Kondensation, können im einzelnen nicht den zuvor beschriebenen Zuwachs- oder Abnahmevorgängen zugeordnet werden. Die wahrnehmbare Massenänderung resultiert somit aus allen diesen Vorgängen, die man im Hinblick auf den Zustand der Aerosole zum Zeitpunkt ihrer Abscheidung auf dem Filter nicht als Meßfehler betrachten kann, da sie in der verfahrensbedingten Meßobjektdefinition aller Meßverfahren, die Schwebstaub auf Filtern anreichern, eingeschlossen sind.

Folgerung:

- Eine Kondensation muß vermieden werden.
- Die Schwankung der relativen Feuchte zwischen zwei extremen Gaszuständen beim Betrieb mit Probengaskonditionierung in Anlehnung an die Außenluftzustände soll nicht mehr als 60 % relativer Feuchte betragen.

Dazu sind in [2] einige Rechenbeispiele in den Tabellen 3.11-1 bis 3.11-3 zu finden.

### 3.12. Sinnvolle Probenahmezeiten

Die Ausführungen in [2] werden hier wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung noch einmal wiederholt:

*"Die Eigenart des Meßobjektes Schwebstaub als ein Aerosol mit Aerosolen der festen und flüssigen Phase gibt hier Anlaß, die Lage der relativen Nachweisgrenze unter Einbeziehung der Probenahmezeit und der in der Außenluft*

auf tretenden Schwankungen des Feuchtegehaltes der Luft zu diskutieren. Die zuvor in Kapitel 3.11 dargelegten Zusammenhänge zwischen der Feuchte und der abgeschiedenen Aerosolmasse stützen folgende Überlegungen, bei denen eine kurzzeitige Schwankung der relativen Feuchte über eine Spanne von 30 % vorausgesetzt werden. Daraus ergibt sich für die Erfassung von 24-Stundenmittelwerten der in der Spalte D der Tabelle 3.11.-3 wiedergegebene Meßwert einfluß von 0,3 bis 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Einflüsse sind im Hinblick auf die Streuung des Meßverfahrens nicht weiter von Bedeutung. Das gleiche gilt auch noch für 3-Stundenmittelwerte, sofern die rel. Feuchte von 75 % nicht überschritten wird. Werden jedoch kürzere Probenahmezeiten angewandt, so wird die Über- oder Unterschätzung (vgl. Spalten A und B in Tabelle 3.11.-3) durch Änderung des Feuchtegehaltes im Meßgas deutlich und dies insbesondere immer dann, wenn niedrige Staubimmissionen vorliegen. Obgleich die

Wechselwirkung des Staubes mit der Luftfeuchte stark von seiner Zusammensetzung abhängen kann (Staubarten 4 und 5), ist es möglich, daß die absolute Zunahme des Feuchteinflusses ebenso nahezu konstant bleibt (Tabelle 3.11.-1, Versuche Nr. 2, 3 und 4). Dies vorausgesetzt kann also gesagt werden, daß der Feuchteinfluß auf den Konzentrationswert mit zunehmender Staubmassenbelegung auf dem Filter abnimmt.

Der Prüfling bietet technisch die Voraussetzungen, auch automatisierte Schwebstaub-Immissionsmessungen über einen Zeitraum von 30 Minuten auszuführen. Der Anwender muß sich jedoch vor Augen halten, daß der Betrag des Luftfeuchteinflusses bei Luftfeuchten bis 75 % relativ (Versuch Nr. 1, Spalte A in Tabelle 3.11.-3) zwar nur wenig größer ist als die Nachweisgrenze, dieser aber bei Feuchten um 90 % relativ so deutlich wird, daß erst Meßwerte oberhalb 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sinnvoll sind."

#### 4. Schlußbemerkung

Das Staubmeßgerät FH 62 I-N (1 und 3 m<sup>3</sup>/h) eignet sich zur Ermittlung von Schwebstaubkonzentrationen in Echtzeit bei vollautomatisierter Betriebsweise. Die Staubmassenermittlung im Staubmeßgerät über die  $\beta$ -Strahlen-Absorptionsmessung erfordert die Kalibrierung der Massenanzeige mit dem Außenluftstaub am jeweiligen Meßort durch den Anwender. Verfahrensbedingt sind Kalibriermessungen zugleich Messungen der Schwebstaubimmissionen. Die Kalibrierung kann zur Rekalibrierung wie auch zur Übertragung auf weitere typgleiche Meßgeräte auf Justagefolien übertragen werden, die dann als Transferstandard (Kalibrierfolien) eine einfache und zeitsparende Rekalibrierung und Funktionsprüfung auch im Meßnetzbetrieb für viele Meßgeräte erlauben. Die Übertragung der Kalibrierfunktion an alle weiteren Meßorte setzt

eine Übereinstimmung der Kalibrierfunktion (Gleichartigkeit des Staubes) voraus; sie ist durch Stichproben zu überprüfen. Das Meßgerät erlaubt nunmehr die Ausgabe von mittleren Staubkonzentrationswerten über frei wählbare Probennahmezeitspannen.

Eine sorgfältige Beachtung der Betriebsbedingungen bei der Staubmessungen mit diesem Gerät ist unerlässlich, da wegen der physikalischen Zusammenhänge die Definition des Meßobjektes Schwebstaub deutlich von den Gaszuständen beeinflusst wird, die durch die Betriebsbedingungen des Meßgerätes und des Anwenders vorgegeben werden. Ohne Angabe aller das Meßobjekt beeinflussenden Randbedingungen kann bei einer Gegenüberstellung von Staubmeßwerten aus radiometrischen Staubmeßgeräten nicht von einer Gleichartigkeit der Meßobjekte ähnlich konstruierten Meßgeräte ausgegangen werden.

---

## 5. Schrifttum

- [1] MANN, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH 62 I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft. LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 11 (1980), 26 S.
- [2] MANN, H. und H. GIES:  
Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automatisierte Immissionsmessung. LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, H. 68 (1986), 53 S.
- [3] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 5:  
Messen von Partikeln, Messen der Massenkonzentration (Immission), Filterverfahren, Automatisiertes Filtergerät FH 62 I. (Dezember 1987).
- [4] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen und der Immissionen:  
Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatisierter Meßstationen in telemetrischen Immissionsmeßnetzen.  
  
RdSchr. d. BMI vom 02.02.1983 - UII 8 - 556 134/4 GMBI 1983, S. 78-81.
- [5] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen:  
Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen.  
RdSchr. d. BMI vom 19.08.1981 - UII 18-556 134/4 GMBI 1981, S. 355 - 357.
- [6] KOHLRAUSCH F.:  
Praktische Physik. Band 1, 1955, Seite 177 bis 178
- [7] ELZAKKER v., B.G. and A. van der MEULEN:  
Performance Characteristics of Various Beta-Dust Monitors: Intercomparison  
J.Aerosol Sci., 20(1989)1549-1552
- [8] Prüfplan für die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen.  
Herausgeber: Länderausschuß für Immissionsschutz (LAI), Unterausschuß Luft/Überwachung, Oktober 1990, (erhältlich über Umweltbundesamt Az.:II.6-54473-1, Berlin)
- [9] GEIPEL, W.:  
Untersuchungen zur Staubemissionsmessung. Dissertation, Inst. Therm. Kraftanlagen, TU München 1979.
- [10] PFEFFER, H.-U. und H.W. LOHSE:  
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen,  
Teil II: Eine Methode zur Echtzeitauswertung von Schwebstoffmessungen mit dem Staubmonitor FH 62 I. Staub-Reinhalt. Luft, 44(1984)67-71.



---

## **6. Bild- und Tabellenanhang**

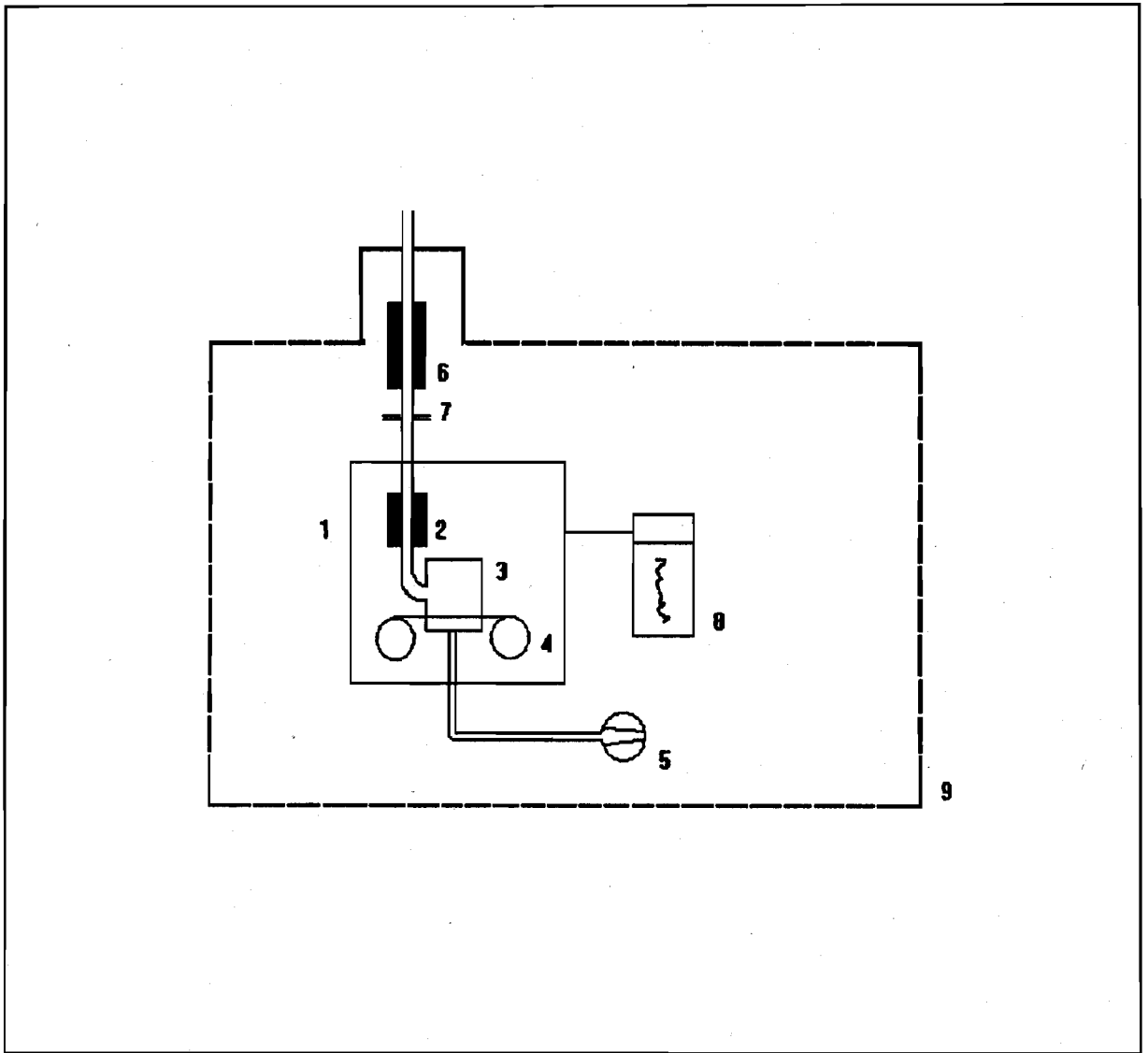


Abb. 2.-1: Schema der Anordnung eines automatischen Meßplatzes für die Messung der Schwebstaubimmissionen

## Funktionsprinzip Staubmeßgerät FH 62 I-N

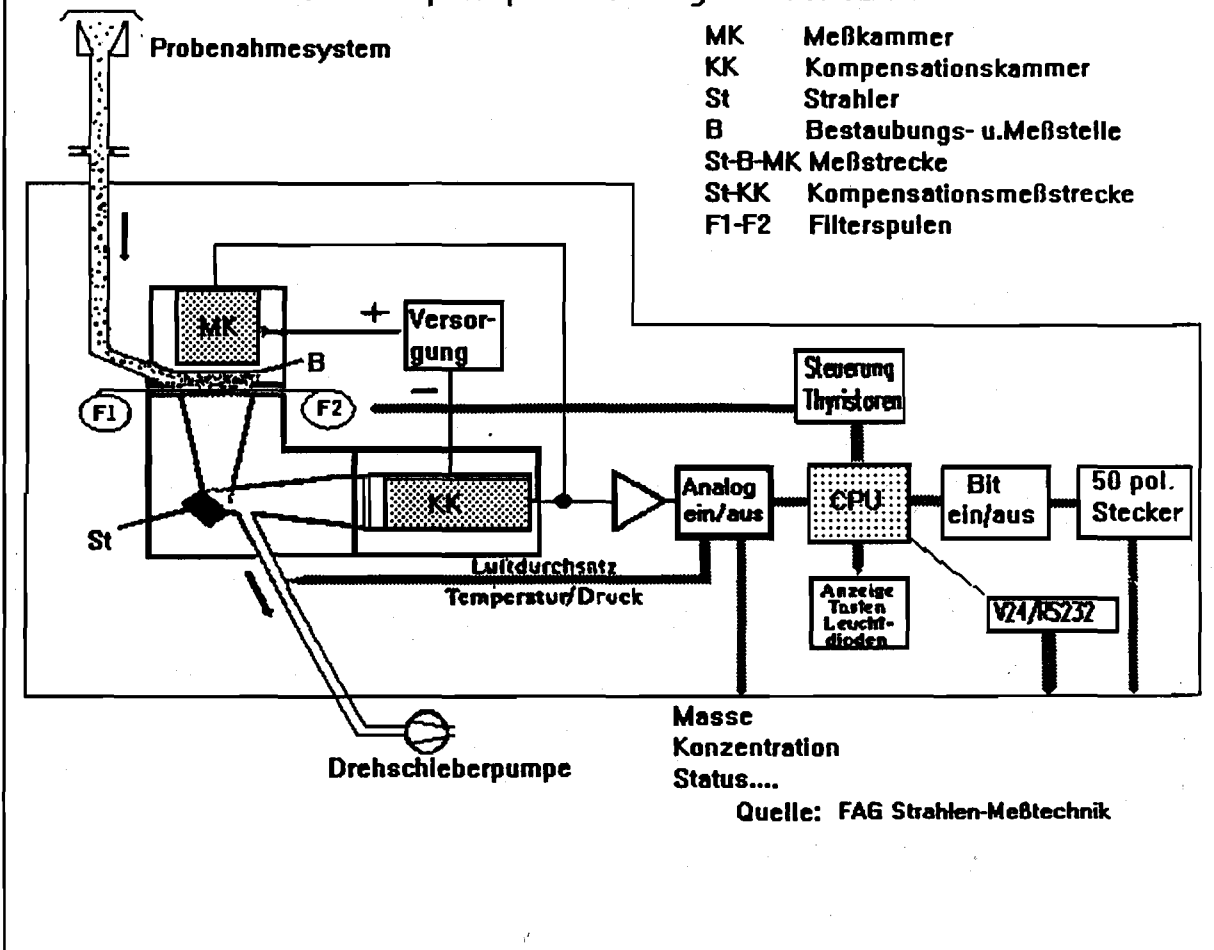
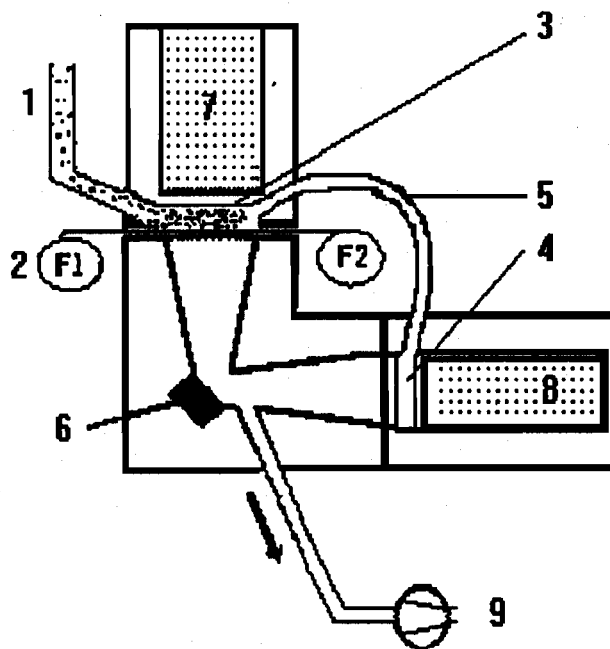
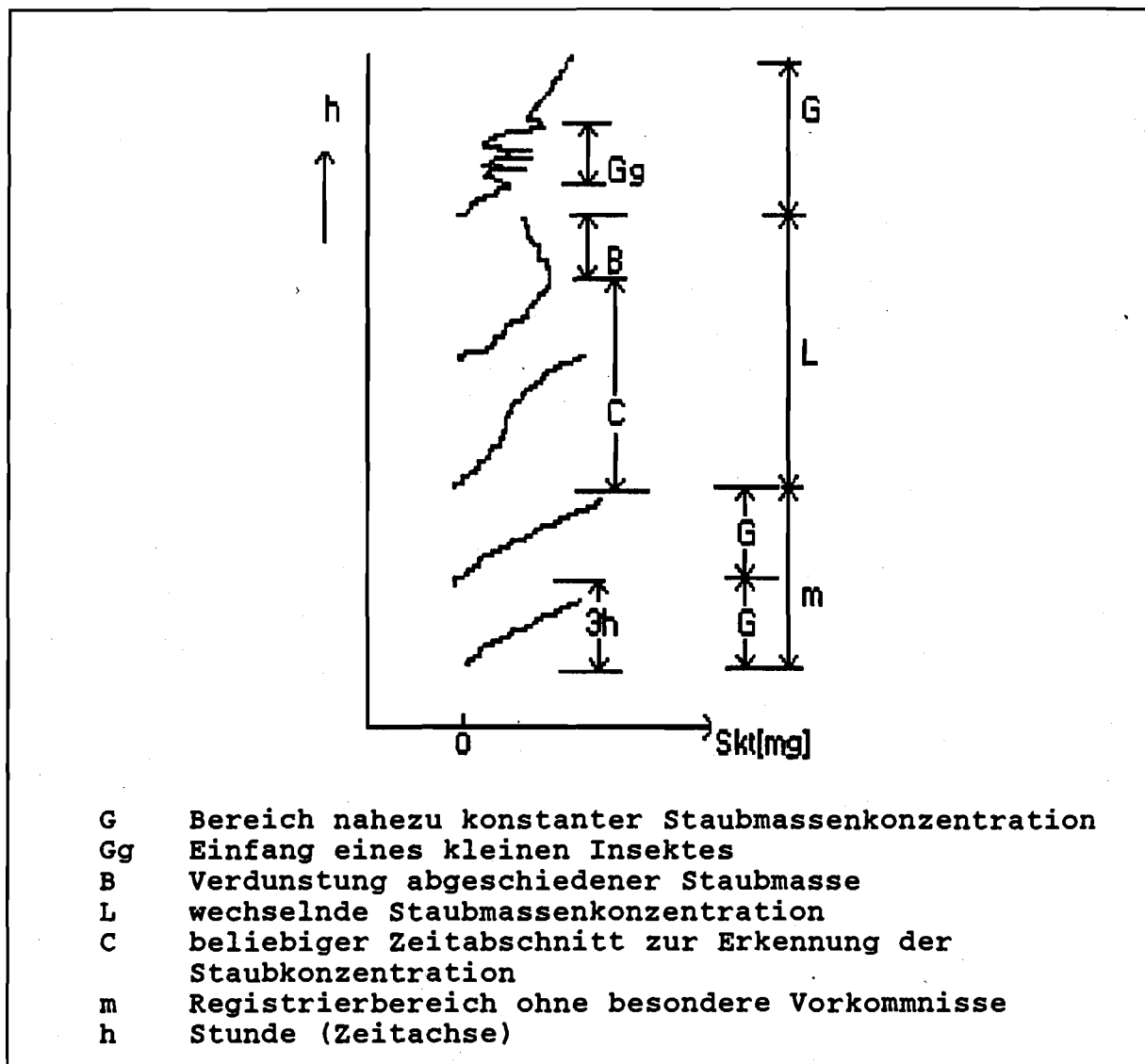


Abb. 2.-2: Funktionsschema zum FH 62 I-N



- 1     Ansaugrohr
- 2     Filterbandrollen F1 und F2
- 3     Bestäubungskammer
- 4     Ausgleichskammer mit Scheinfiltermasse
- 5     Verbindungsschlauch (vergrößert)
- 6      $\beta$ -Strahler Kr-85
- 7     Meßkammer
- 8     Kompensationskammer
- 9     Pumpe

Abb. 2.-3:     Skizze der Meßanordnung im Staubmeßgerät FH 62 I-N



- G** Bereich nahezu konstanter Staubmassenkonzentration
- Gg** Einfang eines kleinen Insektes
- B** Verdunstung abgeschiedener Staubmasse
- L** wechselnde Staubmassenkonzentration
- C** beliebiger Zeitabschnitt zur Erkennung der Staubkonzentration
- m** Registrierbereich ohne besondere Vorkommnisse
- h** Stunde (Zeitachse)

Abb. 2.-4: Beispiel aus dem Registrierstreifen eines Staubmeßgerätes FH 62 I-N

Kurzfassung zum  
 Ergebnis der Eignungsprüfung nach den Mindestanforderungen.  
 Erprobungsbericht der LIS, Essen 1991

Prüfling: Staubmeßgerät FH 62 I-N (1 und 3 m<sup>3</sup>/h geregelt)  
 Gerät Nr. 132 sowie TEMES-Geräte

IW 1: 150 µg/m<sup>3</sup>

IW 2: 300 µg/m<sup>3</sup>

1.1.5	Justierung der Meß- geräte	gesichert gegen un- beabsichtigtes Ver- stellen	gut gesicherte + Bedienelemente
1.1.6	Lage des Meßsignal- nullpunktes	lebender Nullpunkt	nein, Null- + punktsanhebung
1.1.7	Nachweisgrenze	≤ 0,1 IW1	bei 3 m <sup>3</sup> /h: + 10µg/m <sup>3</sup> (1 h) bei 1 m <sup>3</sup> /h: 20 µg/m <sup>3</sup> (1 h) 10 µg/m <sup>3</sup> (3 h) siehe Text
1.1.8	Meßbereichsendwert	≥ 2 x IW2 + Spitzen- belastungen	2,4 mg +
1.1.9	Reproduzierbarkeit	10 (IW2)	33, siehe Text +
1.1.10	Umgebungstempera- turänderung Null- punkt	bei 10 K = 2 % vom IW2	0 +  siehe Text
1.1.11	Umgebungstempera- turänderung Em- pfindlichkeit	bei 10 K = 2 % der Empfindlichkeit bei 293 K	0 +  siehe Text
1.1.12	Meßguttemperatur/ Änderung Nullpunkt	von 253 K bis 313 K ≤ 2 % vom IW2	siehe Text +

1.1.13	Meßguttemperatur/ Änderung Empfind- lichkeit	von 253 K bis 313 K $\leq 2\%$ der Empfind- lichkeit bei 273 K	siehe Text	+
1.1.14	Nullpunktsdrift in 24 Stunden	$\leq 2\%$ vom IW2	0.1 % [2] siehe Text	+
	Nullpunktsdrift in 30 Tagen	$\leq 10\%$ vom IW2	entfällt	
	Nullpunktsdrift in 1 Stunde	$\leq$ Nachweisgrenze	0 [2]	+
1.1.15	Empfindlichkeits- drift in 24 Stunden	$\leq 2\%$ der Empfind- lichkeit	0 %	+
	Empfindlichkeits- drift in 30 Tagen	$\leq 10\%$ der Empfind- lichkeit	entfällt	
	Empfindlichkeits- drift in 1 Stunde	$\leq$ Nachweisgrenze	0 [2]	+
1.1.16	Wartungsintervall		>> 30 Tage	+
1.1.17	Netzspannungs- schwankungen		siehe Text, automatische power failure Funktion	+
1.1.18	Meßsignalausgänge	jeweils an der Rückwand -Masse 0-10V, 0-20mA -Konzentration 0-10V, 0-20 mA -RS 232 Schnittstelle	Anzeige frontseitig LCD	+

1.2.1	Statussignale/ Telemetrie	Überwachung der Gerätefunktion	ja/nein	+
1.2.2	Umschaltung/ Telemetrie	Messen/Kalibrieren	ja, siehe Text	+
1.2.3	Verfügbarkeit	≥ 80 %	> 99 %	+
1.2.4	Kalibrierzeit (1 Punkt)	≤ 0,05 Meßzeit 30 Minuten 24 Stunden	entfällt entfällt	
1.4.4	Einstellzeit (90 %)	≤ 180 s	siehe Text	
1.4.5	Undichtigkeit	≤ 5 %	siehe Text	
1.5.1	Analysenfunktion	$x = by + a$	siehe Text	+
1.5.2	Querempfindlichkeit Wasserdampf	≤ 6 % vom IW2	siehe Text	+
1.5.3	Integrationszeit	Bildung von 24- Stundenmittelwerten	ja	+



# Eichfunktion

Formblatt 1

Hersteller FAG	Nullgas gereinigte PreBluft RF etwa 10 %	Kalibrier Gas (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + CdSO <sub>4</sub> in Luft	IW 1 <input checked="" type="checkbox"/> mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$ ppm
Serien-Nr.: 132	Hersteller	Hersteller	IW 2 <input checked="" type="checkbox"/> mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$ ppm
Meßbereich 2,4 mg	LIS	LIS	Umr. Fakt. <input checked="" type="checkbox"/> mg/m <sup>3</sup> : = ppm
Gerätetyp FH 62 I-N			ppm bei 273 K und 1013 mbar

Versuchsbeginn			Versuchsbedingungen			Wertepaare		Bemerkungen	Eichfunktion $y = mx + b$
Nr.	Datum	Uhrzeit	Temp. °C	Luftdruck mbar	sonst.	x c mg Cd	y Meßsignal mg (Radiom.)		
1	22.02.89					1,414	1,380	Cd-Bestimmung mittels	$y = 0,9822 x - 16,0$ [µg]
2	"					0,890	0,882	AAS	
3	24.02					0,716	0,660		
4	24.02.					0,668	0,617		
5						0,119	0,120		
								ohne Krümmerheizung	Analysenfunktion:  $x = \frac{1}{m} \cdot y - \frac{b}{m}$  $x = 1,018 y + 16,3$  $Q = \frac{\text{Cd}}{\text{Radiom}} = 1,036 \pm 0,040$



# Eichfunktion

Formblatt 1

Hersteller FAG	Nullgas gereinigte Preßluft	Kalibrier Gas (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Cd SO <sub>4</sub> in Luft	IW 1 ./.	mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$	ppm
Serien-Nr.: 132	RF etwa 10 %	Hersteller	IW 2 ./.	mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$	ppm
Meßbereich 2,4 mg	Hersteller	Hersteller	Umr. Fakt. ./.	mg/m <sup>3</sup> : =	ppm
Gerätetyp FG 62 I-N	LIS	LIS	ppm bei 273 K und 1013 mbar		

Versuchsbeginn			Versuchsbedingungen			Wertepaare		Bemerkungen	Eichfunktion $y = mx + b$
Nr.	Datum	Uhrzeit	Temp. °C	Luftdruck mbar	sonst.	x c mg Cd	y Meßsignal mg (Radiom.)		
1	09.06.89					1,477	1,421	Cd-Bestimmung	$y = 0,9941 x + 20,6$ [ µg ]  $K = m =$  Analysenfunktion:  $x = \frac{1}{m} \cdot y - \frac{b}{m}$  $x = 1,006 y - 20,7$  $Q = \frac{Cd}{Radiom} = 0,980 \pm 0,031$
2	09.06.89					1,429	1,440	mittels AAS	
3	09.06.89					1,411	1,440		
4	09.06.89					0,947	0,979	1 µg Dc/ml →	
5	15.06.89					0,927	0,979	2139,4 µg SST	
6	15.06.89					0,909	0,960		
7	15.06.89					0,927	0,960	alle Messungen ohne	
8	15.06.89					0,454	0,442	Krümmmerheizung	
9	15.06.89					0,473	0,480		
10	15.06.89					0,483	0,499		
11	15.06.89					0,473	0,499		
12	15.06.89					0,483	0,480		

Eichfunktion										Formblatt 1	
Hersteller FAG			Nullgas			Kalibrier Gas		IW 1	./.	mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$	ppm
Serien-Nr.: 132			gereinigte Preßluft			(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +		IW 2	./.	mg/m <sup>3</sup> : $\hat{=}$	ppm
Meßbereich 2,4 mg			Hersteller			Cd SO <sub>4</sub> in Luft		Umr. Fakt.	./.	mg/m <sup>3</sup> : =	ppm
Gerätetyp FH 62 I-N			LIS			LIS		ppm bei 273 K und 1013 mbar			
Versuchsbeginn			Versuchsbedingungen			Wertepaare		Bemerkungen		Eichfunktion	
Nr.	Datum	Uhrzeit	Temp. °C	Luftdruck mbar	sonst.	x c	y Meßsignal			y = mx + b	
						mg (IC)	mg (Radiom.)				
1	09.06.89					1,505	1,421	ionenchromatographisch		y = 1,006 x - 18,3	
2	09.06.89					1,474	1,440	bestimmt.		[ µg ]	
3	09.06.89					1,421	1,440	1 µg SO <sub>4</sub> /ml →		K = m =	
4	09.06.89					1,007	0,979	34,84 µg Staubmasse			
5	15.06.89					0,972	0,979				
6	15.06.89					0,930	0,960			Analysefunktion:	
7	15.06.89					0,937	0,960				
8	15.06.89					0,526	0,499			$x = \frac{1}{m} \cdot y - \frac{b}{m}$	
9	15.06.89					0,516	0,480				
10	15.06.89					0,514	0,480			x = 0,999 y + 18,3	
11	15.06.89					0,502	0,480				
12	15.06.89					0,502	0,480			$Q = \frac{IC}{Radiom} = 1,026 \pm 0,037$	

## LIS-Berichte

der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus dem Untersuchungs- und Forschungsprogramm der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anfrage hin kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Bestellungen sind zu richten an die



Die Titel der LIS-Berichte Nr. 1 bis 50 sind in einem Prospekt nachgewiesen, der auf Anfrage gerne zugesandt wird. Diese Berichte sind, bis auf teilweise noch verfügbare Überstücke, vergriffen.

- Berichte-Nr. 51: Herpertz, E., J. Assmann, D. Krane, E. Hartmann, B. Steck, E. Brewig und J. Krochmann:  
(vergriffen) Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions-Meß- und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO (1984).
- Berichte-Nr. 53: Beier, R.:  
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983 (1985).
- Berichte-Nr. 54: Bröker, G. und H. Gliwa:  
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der 12 Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen (1985).
- Berichte-Nr. 55: Külske, S., J. Giebel, H.-U. Pfeffer und R. Beier:  
Analyse der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband (1985)  
Teil 2: Meßergebnisse (1985).
- Berichte-Nr. 56: Splittgerber, H., M. Klein und P. Neutz:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: Prinz, B., J. Hradetzky, H.-U. Pfeffer, H.W. Zöttl und H.-K. Lichtenthaler:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden (1985).
- Berichte-Nr. 58: Giebel, J. und W. Stramplat:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationspektrometers COSPEC V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (1986).

- Berichte-Nr. 59: Prinz, B., D. Schwela, E. Koch, S. Ganser und T. Eikmann:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen (1986)..
- Berichte-Nr. 60: Manns, H. und H. Gies:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH (1986).
- Berichte-Nr. 61: Splittgerber, H.:  
Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:  
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in Nordrhein-Westfalen (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:  
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air (1987).(Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62)
- Berichte-Nr. 63: Giebel, J.:  
(vergriffen) Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissionssimulation (1986).
- Berichte-Nr. 64: Winkler, H.D.:  
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: Wietlake, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungseinwirkungen durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung (1986).
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9. Oktober 1985 in der LIS, Essen (1986).
- Berichte-Nr. 67: Assmann, J.:  
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (1986).
- Berichte-Nr. 68: Manns, H. und H. Gies:  
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automatisierte Immissionsmessung (1986).
- Berichte-Nr. 69: Beine, H.:  
(vergriffen) Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung (1987).
- Berichte-Nr. 70: Buck, M. und H.-U. Pfeffer:  
Air Quality Surveillance in the State North-Rhine-Westphalia (F.R.G.).  
(Vollständig neu bearbeitete Fassung LIS-Berichtes Nr. 46 ) (1987).
- Berichte-Nr. 71: Wefers, H. und H. Katzer:  
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken (1987).
- Berichte-Nr. 72: Beier, R., J. Kohlert und M. Buck:  
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984 bis 1986 (1987).
- Berichte-Nr. 73: Schade, H.:  
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost. (1987).

- Berichte-Nr. 74: Beier, R. und M. Buck:  
(vergriffen) Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft (1988).
- Berichte-Nr. 75: Koch, E. und P. Altenbeck:  
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes (1988).
- Berichte-Nr. 76: Giebel, J.:  
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation (1988).
- Berichte-Nr. 77: Külske, S., R. Beier und H.-U. Pfeffer:  
(vergriffen) Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988).
- Berichte-Nr. 78: Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:  
(vergriffen) Bestimmung von Benzol in Abgasen (1988).
- Berichte-Nr. 79: Wietlake, K.-H.:  
(vergriffen) Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern (1988).
- Berichte-Nr. 80: Krause, G.H.M. und B. Prinz:  
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der neuartigen Waldschäden (1989).
- Berichte-Nr. 81: Goldberg, K.H.:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei Kleinkaliberschießständen (1988).
- Berichte-Nr. 82: Buck, M. und K. Ellermann:  
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen (1988).
- Berichte-Nr. 83: Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:  
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen nach der Störfall-Verordnung (1988).
- Berichte-Nr.84: Wefers, H., T. Schulz und R. John:  
(vergriffen) Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung (1988).
- Hinweis:** Die Grundlage des LIS-Berichtes bildet eine ständig fortgeschriebene PC-Organismen- und Stoffliste mit modularem Aufbau (mit mehr als 30 Einzellisten) die von der LIS mit Hilfe einer relationalen Datenbank für Personalcomputer erstellt wurde. Die PC-Organismen- und Stoffliste kann auf PC mit Festplatte und dem Betriebssystem MS-DOS (IBM-kompatibel) betrieben werden. Sie wird im Auftrag der LIS von der Fa. Colman Computer Service, Brunnenstr. 61 - 65, 4300 Essen, (Tel.: 0201/87206-0; Telefax: 0201/784559) für DM 195.-- vertrieben!
- Berichte-Nr. 85: Krause, G.H.M.:  
(vergriffen) Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie (1988).
- Berichte-Nr. 86: Katzer, H. und R. John:  
(vergriffen) Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO<sub>x</sub>-Anlagen - Ergebnisse an einer Versuchsanlage - (1989).
- Berichte-Nr. 87: Kirschmer, P. und A. Gerlach:  
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse, Ergebnisse - (1989).
- Berichte-Nr. 88: Euteneuer, U., H. Katzer und H. Wefers:  
(vergriffen) Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage nach einem modifizierten PAAG-Verfahren am Beispiel eines Flüssiggaslagers (1989).
- Berichte-Nr. 89: Beier, R. und A. Doppelfeld:  
Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität (1989).

- Berichte-Nr. 90: Beier, R. und J. Kohlert:  
Pilotstudie zur Überwachung von Tetrachlorethen in der Nachbarschaft von Chemisch-Reinigungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1989).
- Berichte-Nr. 91: Buck, M. (Bearb.):  
Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung.  
Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der LIS NRW, Essen,  
Tagungsbericht. Gem. hrsg. von: Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg,  
Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Landesanstalt für Immissionsschutz  
Nordrhein-Westfalen (1989).
- Berichte-Nr. 92: Kirschmer, P. und P. Eynck:  
Meßverfahren mit automatisierter Probenahme zur Bestimmung von Aldehyden in der Luft  
(1989).
- Berichte-Nr. 93: Ehl, W. und A. Ertl:  
Kriterien-Katalog zur "Prüftiefe" bei Sicherheitsanalysen am Beispiel eines Flüssiggasla-  
gers. (1990).
- Berichte-Nr. 94: Manns, H., G. Nitz und B. Striefler:  
Weiterentwicklung und Erprobung von Immissionsmeßverfahren für gesundheitsgefähr-  
dende organische Stoffe. (1990).
- Berichte-Nr. 95: Splittgerber, H. und R. Hillen:  
Wahrnehmungsschwelle für Ganzkörperschwingungen in sitzender Körperhaltung.  
(1991).
- Berichte-Nr. 96: Mang, F. und F. Wolfmüller  
Großvolumige Behälter zur erdgedeckten Lagerung von druckverflüssigtem  
Propan, Butan und Ammoniak (bearb. von W. v. Borries und H. Katzer).  
(1991).
- Berichte-Nr. 97: Hansmann, G. und H. Wefers:  
Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltren an Abfallverbrennungsanlagen  
- Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung  
(1991)
- Berichte-Nr. 98: Koch, E. und P. Altenbeck:  
Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Richtlinie der EG in den Mitgliedstaaten.  
(1992)
- Berichte Nr. 99: Beisheim, K., A. Ertl und H. Wefers:  
Sicherheitsanalysen zu Pflanzenschutzmittellägern  
- gutachterliche Bewertung zweier Beispiele.  
(1992)
- Berichte Nr. 100: Pfeffer, H.-U., H. Dobrick und R. Junker:  
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Anforderungen an die Telemetrischen Echtzeit-Immissionsmeßsysteme TEMES und  
MILIS in NRW.  
(1992)
- Berichte Nr. 101: Beier, R. und A. Doppelfeld:  
Räumliche Übertragbarkeit und Interpolation von Luftqualitätsdaten im Meßnetz TEMES.  
(1992)
- Berichte Nr. 102: Essers, K.-H.:  
Praxiserfahrungen mit dem LIS-Olfaktometer MEO-5.  
(1992)
- Berichte Nr. 103: Bröker, G., K.-J. Geueke, E. Hiester und H. Niesenhaus:  
Emission polychlorierter Dibenzop-dioxine und -furane aus Hausbrand-Feuerungen.  
(1992)