

Nr.19

Das Telemetrische
Immissionsmeßsystem
TEMES

Herausgeber:
Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
D-4300 Essen 1

1982

ISSN 0720-8499

Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen

^[Lans]
^[1/11/82]
Dr. H.-U. Pfeffer

DAS TELEMETRISCHE ECHTZEIT MEHRKOMPONENTEN-ERFASSUNGS-SYSTEM TEMES ZUR IMMISSIONSÜBERWACHUNG IN NORDRHEIN-WESTFALEN

Dr. H.-U. Pfeffer

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

Das telemetrische Immissionsmeßnetz TEMES wird vor dem Hintergrund der bestehenden Immissionsschutz-Gesetzgebung mit seinen Meßaufgaben erläutert.

Die technische Beschreibung nimmt ihren Anfang am Ort der Erzeugung der Meßdaten und erstreckt sich über die Datenübertragungswege bis hin zur Meßnetzzentrale in der Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) in Essen.

Die Darstellung von TEMES erfolgt hier aus meßtechnischer Sicht. Datentechnische Aspekte und Details werden nur insoweit behandelt, wie es für das Gesamtverständnis erforderlich ist.

S u m m a r y

The telemetric air quality measurement grid TEMES and its measurement tasks are elucidated taking into account the existing air quality control legislation.

The technical description begins at the point of generation of the measurement data, covers all data transmission paths and includes the central station of the measurement grid at the Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) in Essen.

The portrayal of TEMES focuses on the measurement technology. With regard to data processing only those aspects and details are discussed which are essential for the understanding of the measurement system.

E i n l e i t u n g

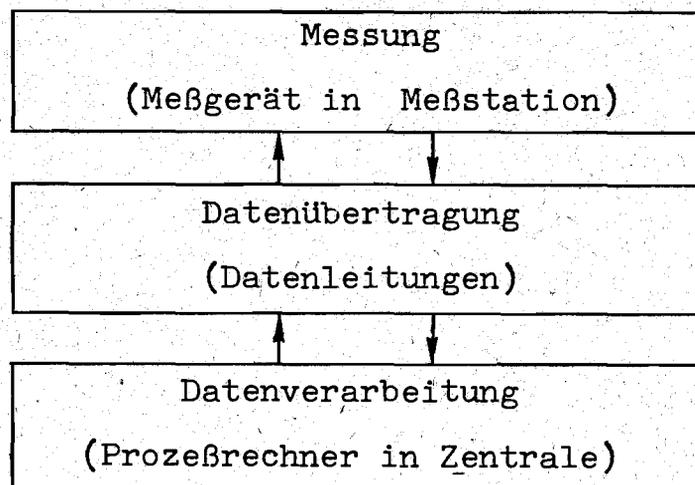
Der § 44 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) vom 15.3.74 [1] definiert umfangreiche Anforderungen hinsichtlich der Immissionsüberwachung im Bundesgebiet. Danach sind die Bundesländer verpflichtet, in "festgesetzten Belastungsgebieten Art und Umfang bestimmter Luftverunreinigungen in der Atmosphäre, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, fortlaufend festzustellen, sowie die für ihre Entstehung und Ausbreitung bedeutsamen Umstände zu untersuchen".

Mit der Belastungsgebiets-Verordnung vom 18. November 1975 [2] hat die Landesregierung Nordrhein-Westfalen fünf Belastungsgebiete ausgewiesen: Ruhrgebiet (RG)-West, RG-Mitte, RG-Ost, Rheinschiene (RS)-Mitte und RS-Süd. In diesen Belastungsgebieten ist demnach ein Meßsystem zu realisieren, das den Anforderungen des § 44 BImSchG genügt. Eine Konkretisierung dieser Aufgabe ist mit der Vierten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (4. BImSchG VwV) vom 8. April 1975 [3] gegeben.

In einem Runderlaß des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales [4] hat die Landesregierung von NW die "Konzeption der staatlichen Immissionsüberwachung" dargelegt, wie sie sich aus den Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes ergibt. Danach betreibt die Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) in Essen ein "Landes-Immissions-Meß- und Ermittlungssystem" (LIMES), um in den ausgewiesenen Belastungsgebieten und anderen smoggefährdeten Gebieten die Immissionsbelastung festzustellen.

Neben der mobilen und diskontinuierlichen Immissionsüberwachung ist das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES ein wesentlicher Bestandteil von LIMES.

Ein telemetrisches Meßsystem stellt eine Kombination dar aus Messung und Fernübertragung von Daten. Auf diese Weise können Echtzeit-Informationen über Messungen an räumlich entfernten Standorten erhalten werden. Am Zielort der Datenfernübertragung werden die aufgenommenen Informationen verarbeitet und gespeichert. Dies läßt sich im folgenden Diagramm in kürzester Form skizzieren.



Wie durch Pfeile angedeutet, ist dabei ein Informationsfluß in beiden Richtungen erforderlich:

- vom Meßgerät zum Prozeßrechner (Meßwerte u. a. Informationen)
- vom Prozeßrechner zum Meßgerät (z. B. Befehle)

2 . U m f a n g , S i n n u n d A u f g a b e n v o n T E M E S

Im Sinne einer räumlich und zeitlich lückenlosen Überwachung wäre es theoretisch notwendig, ein sehr enges Netz automatisch arbeitender Meßstationen - etwa im Abstand von 1 km - zu errichten. Ein solches System ist schon aus Kostengründen völlig unrealistisch und auch nicht sinnvoll.

Entsprechend den Vorschriften der 4. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum BImSchG wurden die Stationen des TEMES-Meßnetzes in einem nahezu regelmäßigen Raster mit einer Maschenweite von 8 km aufgebaut. Die Lieferung der Meßhütten und des gesamten meßtechnischen Instrumentariums erfolgte durch die Firma SIEMENS AG.

1978 wurde die erste Ausbaustufe von TEMES im Belastungsgebiet RG-West mit 10 automatischen Meßstationen in Betrieb genommen.

1979 erfolgte der Aufbau im RG-Ost (7 Stationen) sowie in der RS-Süd (9 Stationen).

Das Belastungsgebiet RG-Mitte wurde 1980/81 mit 11 Stationen ausgerüstet, 1981 erfolgte der Ausbau in der RS-Mitte (4 Stationen) sowie eine Ergänzung im westlichen Ruhrgebiet (1 Station). Der Umfang des gesamten Meßsystems beträgt also 42 Stationen, deren genaue Ortslage der Tabelle 1 (s. Anhang) sowie der Karte gemäß Abbildung 1 (s. Anhang) zu entnehmen ist.

Als konkrete Hauptaufgabe für TEMES sind zu nennen:

- Wahrnehmung der aus der Smog-Verordnung NW [5] resultierenden Pflichten: schnelles Erkennen und Beurteilen von außergewöhnlichen Immissionsituationen im Zusammenhang mit austauscharmen Wetterlagen (Smogwarndienst). Ab 1.10.81 hat TEMES damit die Aufgaben der alten Smogwarndienststationen [6, 7] übernommen, die ihren Betrieb zum 31. 3. 81 eingestellt haben.
- Unmittelbare und fortlaufende Feststellung von regional und eventuell lokal auftretenden Immissionsbelastungen zwecks Einleitung und Durchführung von Ursachenanalysen.
- Beobachtung und Verfolgung der Entwicklung der Luftqualität in den Belastungsgebieten.
- Wissenschaftliche Untersuchung der ermittelten Daten im Hinblick auf die räumliche und zeitliche Struktur von Immissionsbelastungen.

3. In TEMES gemessene Komponenten

Routinemäßig werden an den TEMES-Stationen folgende Schadstoffe kontinuierlich gemessen:

- Schwefeldioxid (SO_2)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffmonoxid (NO)

- Stickstoffdioxid (NO_2)
- Schwebstaub
- Ozon (O_3).

Die Erfassung von SO_2 und Schwebstaub soll an allen Stationen erfolgen. Bei Schwebstaub sind zur Erreichung dieses Zieles noch Nachrüstungen einzelner Meßgeräte notwendig!

Die Stickoxide NO und NO_2 werden an ca. 90 %, CO an ca. 70 % der Stationen überwacht. Die Messung von Ozon wird schwerpunktartig an elf Stationen vorgenommen.

Zur Durchführung von Ursachenanalysen von Immissionen und im Zusammenhang mit Smogsituationen (austauscharme Wetterlagen) sind meteorologische Daten erforderlich. Infolgedessen werden an vierzehn Stationen Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie an sechs Stationen zusätzliche meteorologische Parameter gemessen. Es sind dies:

- Lufttemperatur
- Luftdruck
- Relative Feuchte
- Niederschlag
- Strahlungsbilanz

4 . B a u g r u p p e n u n d B e s t a n d t e i l e d e s t e l e m e t r i s c h e n M e ß n e t z e s T E M E S

4.1. Meßorte

Gemäß den Anforderungen der 4. Allg. Verw. Vorschrift sollen die Meßstationen so angeordnet sein, daß sie möglichst repräsentativ für das Belastungsgebiet und für ihr Umfeld sind. Diesem sehr hohen Anspruch, der jedoch gleichwohl völlig undefiniert ist, wird versucht, durch folgende Kriterien Rechnung zu tragen:

- Die Stationen werden (sofern möglich bzw. sinnvoll) in einem regelmäßigen Gitternetz von 8 km Maschenweite angeordnet. Als

Grundlage dient das GAUSS-KRÜGER-Netz

- Es muß eine freie und unbeeinflusste Anströmung der Luft gewährleistet sein. Die Meßstelle darf daher z. B. nicht in einer Mulde liegen und darf nicht durch hohe Bauwerke, Bäume o. ä. abgeschattet werden. Der Abstand der Meßstelle von einem Hindernis soll mindestens das Doppelte der Hindernishöhe betragen.
- Um die Einwirkung lokaler Emittenten gering zu halten, sofern sie nicht ausgesprochen typisch für den Landschaftsabschnitt ist, wird deren unmittelbare Nähe gemieden. Beispiele für derartige Emittenten sind stark befahrene Straßen, Industriebetriebe, Hausbrand etc..
- Die Beeinflussung des Meßortes durch kleinklimatische Verhältnisse, verursacht durch Topographie und Orographie, ist nach Möglichkeit auszuschließen.
- Bei der Durchführung von Windmessungen muß VDI 3786 eingehalten sein.

Hinzu kommen Anforderungen technischer Art an die Meßorte:

- Sie müssen mit vertretbarem Aufwand an das elektrische Stromversorgungsnetz und an das Kabelnetz der Deutschen Bundespost anschließbar sein.
- Die Meßorte müssen für die Wartungsfahrzeuge auch bei ungünstiger Witterung gut erreichbar sein.

Sämtliche TEMES-Stationen wurden auf öffentlichen Geländen errichtet (häufig Schulgrundstücke, Sportplätze). Die Grundstücke wurden von den jeweiligen Kommunen dem Land NW über Gestattungsverträge zur kostenlosen Nutzung zur Verfügung gestellt.

4.2. Meßstationen und Probenahme

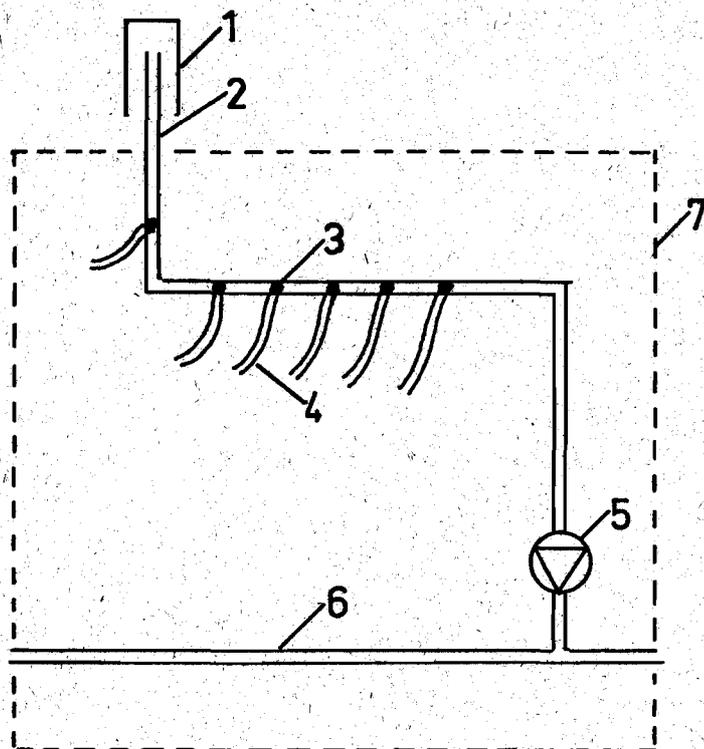
Die TEMES-Stationen (s. Abb. 2 im Anhang) haben eine Größe von etwa 5,30 m x 2,70 m Grundfläche mit einer Höhe von ca. 2,50 m und sind auf eine Betonplatte als Fundament gesetzt. Sie bestehen aus einem Stahlskelett, das zusammen mit einem wärmedämmendem Material in zweischalige Stahlblechelemente eingeschlossen ist; die Außenschale ist zusätzlich mit Aluminiumprofilblechen verkleidet. Auf einem kastenförmigen Dachaufbau (Dom) sind zwei getrennte Probenahmesysteme für gasförmige und partikelförmige Immissionen in ca. 3 m bzw. 3,50 m Höhe über dem Boden montiert. Der Sinn des Domes ist dabei, das Hüttenklima soweit wie möglich an die Probenahmestelle heranzuführen. Art und Ausführung der Probenahmesysteme sind bundesweit weitgehend vereinheitlicht auf der Basis eines "Standardisierungsvorschlags Probenahmesysteme" des Meßtechnischen Kolloquiums im Rahmen des Länderausschusses für Immissionsschutz.

Die TEMES-Probenahmesysteme entsprechen diesen Empfehlungen.

Das Gasprobenahmesystem besteht aus einem Vorabscheider für Staub (aerodynamischer Partikeldurchmesser: ca. $> 60 \mu\text{m}$) aus Edelstahl sowie einem Probenahmerohr aus Borosilicatglas mit einer lichten Weite von 40 mm. Ein Membrankompressor saugt ein Probeluftvolumen von $> 5,4 \text{ m}^3/\text{h}$ als Bypass durch diese Leitung. Innerhalb der Station hat das Probenahmerohr verschiedene Anschlußstellen für die Analysengeräte, die den von ihnen benötigten Probenluftanteil über Teflon-Schlauchleitungen aus dem Probenahmerohr absaugen (vgl. Abb. 3 sowie Abb. 4 im Anhang). Entsprechend der chemischen Reaktivität der Schadgase sind die Meßgeräte in folgender Reihenfolge an das Probenahmerohr angeschlossen:

1. Ozon
2. Stickoxide
3. Schwefeldioxid
4. Kohlenmonoxid

Die Verweilzeit einer Luftprobe von der Ansaugöffnung bis zur letzten Entnahmestelle ist kleiner als 5 Sekunden.

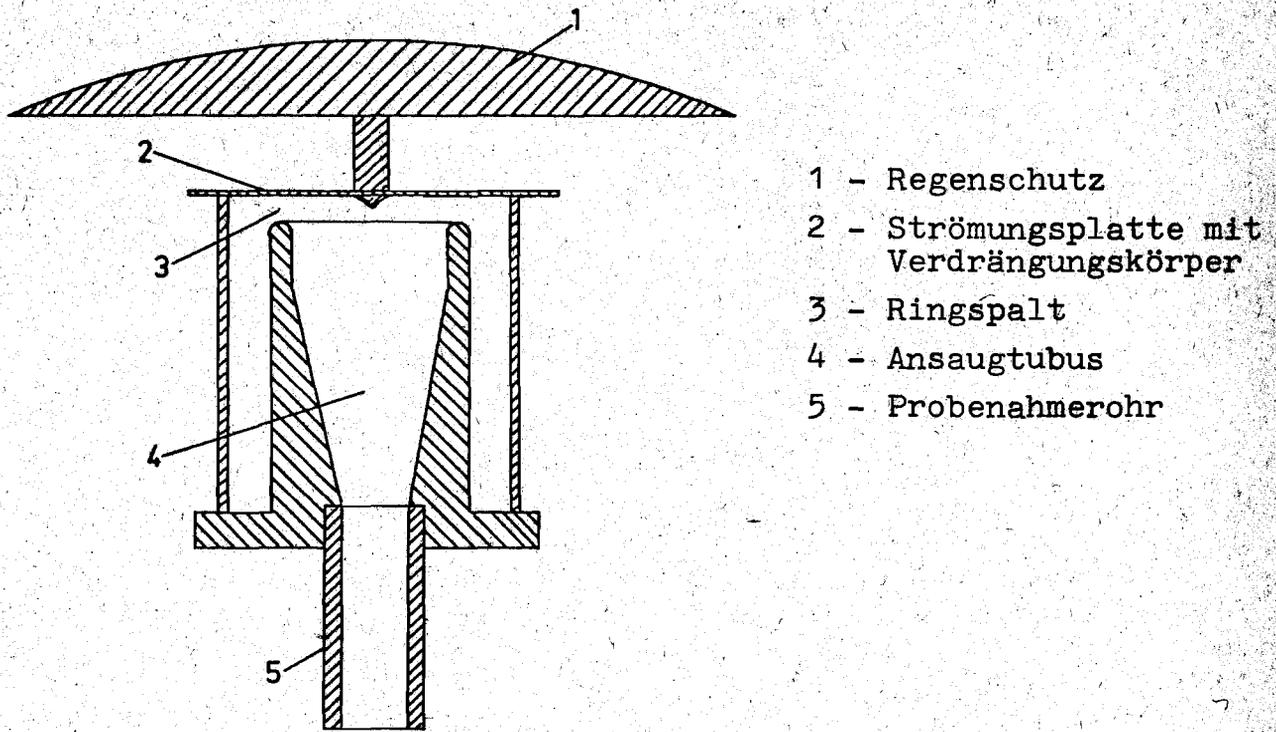


1. Vorabscheider
2. Probenahmerohr
3. Anschlüsse für Analytoren
4. Teflonleitungen zu den Analytoren
5. Probenahmepumpe
6. Luftauslaß
7. Meßstation

Abb. 3. Schematischer Aufbau des Gasprobenahmesystems

Vergleichsmessungen an der Komponente SO_2 mit zwei baugleichen Geräten, von denen eins an dieses Probenahmesystem angeschlossen wurde, während das zweite Gerät Luft in unmittelbarer Nähe des Staubvorabscheiders (1 in Abb. 3) direkt ansaugte, haben ergeben, daß das standardisierte Gas-Probenahmesystem in der beschriebenen Ausführung keine Verfälschung der Messung bewirkt.

Das Staubprobenahmesystem ist für die nicht fraktionierende Erfassung von Schwebstoffen ausgelegt [8] und besteht aus einem Probenahmekopf aus Edelstahl sowie einem nahtlos gezogenen, innen geglätteten Stahl-Probenahmerohr, das direkt senkrecht ohne jede Krümmung und Querschnittsänderung zum darunterliegenden Staubmeßplatz führt. Der Luftdurchsatz beträgt $1 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer lichten Weite des Probenahmerohres von 12 mm (siehe Abb. 5).



- 1 - Regenschutz
- 2 - Strömungsplatte mit Verdrängungskörper
- 3 - Ringspalt
- 4 - Ansaugtubus
- 5 - Probenahmerohr

Abb. 5: Probenahmekopf für die Staubmessung

Im Innern der Meßstationen (s. Abb. 6 im Anhang), die klimatisiert sind, ist eine Reihe von 5 19-Zoll-Schränken aufgebaut, in die sämtliche Meßplätze und die Einrichtungen für die Meßdatenübertragung eingebaut sind. Außerdem ist ein kleiner Arbeitsplatz eingerichtet.

Die Elektroinstallation weist getrennte Stromkreise für allgemeine Verbraucher wie Licht, Klimaanlage sowie die Meßplätze und Datenübertragungseinrichtungen auf. Als Sicherheitselemente sind NOT-AUS-Schalter und Fehlerstrom (FI)-Schutzschalter vorhanden.

Verschiedene Zustandsparameter und Funktionen der Meßstation werden automatisch und kontinuierlich überwacht:

- Die Innentemperatur wird ständig gemessen und zur Zentrale übermittelt. Bei zu hohem Temperaturanstieg erfolgt eine automatische Abschaltung der Station. Für die Wiederinbetriebnahme nach einer derartigen Störung kann diese Abschaltautomatik mit Hilfe einer Schaltuhr für eine wählbare Zeit außer Funktion gesetzt werden.

Durch sog. digitale Statusmeldungen, die in ihrer Aussage nur die Zustände "gut" oder "schlecht" beschreiben, werden außerdem folgende Funktionen überwacht:

- Luftdurchsatz im Gasprobenahmesystem mit Hilfe eines Druckschalters. Darüber hinaus erfolgt eine Abschaltung der Probenahmepumpe, wenn die Druckdifferenz zwischen den Einzelprobenahmestellen und der Atmosphäre größer als 10 mbar wird (Verstopfung des Systemes). Dies dient als Schutz für die Analysengeräte.
- Ordnungsgemäßer Betrieb der Klimaanlage.
- Relative Feuchte des Hüttenklimas.
- Schließzustand der Stationstür. Das Öffnen der Tür muß durch Betätigung eines Wartungsschalters quittiert werden. Anderenfalls erfolgt eine Alarmmeldung (Einbruchsicherung).

Wie bereits in Abschnitt 3 erläutert, werden an verschiedenen TEMES-Standorten meteorologische Messungen durchgeführt. In diesen Fällen ist im Umfeld der Meßstation eine Außenanlage errichtet, die im wesentlichen aus einem Gittermast als Träger für die Meßwertgeber für Windrichtung und -geschwindigkeit besteht. Wenn das gesamte Spektrum meteorologischer Parameter gemessen wird, so ist in ca. 2 m Höhe ein Querträger am Windmast montiert, der die Geber für Lufttemperatur, Luftfeuchte und Strahlungsbilanz aufnimmt. Diese Messungen erfolgen über kurz geschnittenem Rasen (siehe Abb. 7 im Anhang). Der Regenschirm steht auf einem separaten Fundament, der Luftdruck wird im Innern der Meßhütte erfaßt. Hinsichtlich der Standortfragen für sämtliche meteorologische Meßwertgeber und ihrer detaillierten Anordnung wurden die Empfehlungen des Deutschen Wetterdienstes [9] und andere einschlägige Vorschriften [10] zugrundegelegt. Über diese generellen Richtlinien hinaus wurde für jeden Meßort, an dem meteorologische Messungen vorgesehen sind, ein Einzelgutachten des Deutschen Wetterdienstes eingeholt, in dem die jeweiligen Einzelheiten, wie

z. B. die erforderliche Höhe des Windmastes, festgelegt wurden. Die Regelhöhe für den Windmast beträgt ca. 20 m. Die gesamte Meßanlage einer TEMES-Station ist grundsätzlich eingezäunt.

4.3. Meßplätze

Alle im TEMES-System eingesetzten Meßplätze sind hinsichtlich des konstruktiven Aufbaus und der Signalverarbeitung soweit wie möglich vereinheitlicht. Der Begriff des Meßplatzes umfaßt hierbei die Gesamtheit der Einrichtungen, die im Zusammenhang mit der Messung der jeweiligen Komponente benötigt werden. In der Regel lassen sich drei Funktionseinheiten eines Meßplatzes unterscheiden:

- a) Analysator (Meßgerät)
- b) Prüfgasversorgung zur Funktionskontrolle bzw. Kalibrierung; Probenkonditionierung
- c) Meßplatzelektronik zur Steuerung durch Rechnerbefehle und für Statusüberwachung.

Die Meßplätze sind grundsätzlich als 19"-Einschübe auf Teleskop-schienen montiert, so daß ein Herausziehen der Module ohne Betriebsunterbrechung möglich ist.

Alle elektrischen Anschlüsse und Leitungen für Probenluft, Prüfgase und sonstige Hilfsstoffe werden von der Rückseite der Geräte herangeführt. Die Abgase der Meßplätze werden weitgehend durch chemisch-physikalische Filter aufgearbeitet und einer zentralen Abgasleitung zugeführt.

Die Funktionen der Meßplätze können durch Befehle des zentralen Rechners automatisch gesteuert werden. Auf den Frontplatten sind in vereinheitlichter Form alle Elemente für die manuelle Bedienung der Meßplätze sowie die optischen Anzeigen aller sog. Statussignale angeordnet (Leuchtdioden).

Bei den digitalen Statussignalen sind zwei Gruppen zu unterscheiden:

Betriebsstatussignale indizieren den aktuellen Betriebszustand des Meßplatzes und dienen u. a. als Rückmeldung an den zentralen Rechner für die Zeitdauer eines anstehenden Befehls. Für alle Schadstoffmeßplätze gelten einheitlich folgende Betriebsstatus (in Klammern Alternativzustand):

- Meßplatz eingeschaltet (ausgeschaltet)
 - Automatikbetrieb durch Rechnersteuerung (manueller Betrieb)
 - Betrieb (Wartung)
 - Eichwert 0
 - Eichwert 1
 - Eichwert 2
- } nicht beim Staubmeßplatz

Fehlerstatussignale dienen der Überwachung bestimmter, besonders wichtiger Gerätefunktionen und zeigen Ausfälle und Störungen gewisser Module an. Die Art der Fehlerstatussignale ist von Fall zu Fall unterschiedlich. Häufige Überwachungspunkte sind jedoch:

- Durchflüsse von Probenluft, Prüfgasen oder Reagenzien
- Temperaturen von Meßzellen oder anderen Teilen
- Hochspannungsversorgungen
- Füllzustand von Druckgasflaschen mit Betriebs- oder Prüfgasen

Alle Statussignale sind als potentialfreie Kontakte ausgeführt. Das Meßsignal aller Meßplätze beträgt ausnahmslos 0 - 20 mA (eingepprägter Strom), wobei der Meßsignal-Nullpunkt bei 4 mA liegt ("live zero"), um Schwankungen und Driften des Nullsignals erfassen zu können [11, 12].

Über das Analogsignal des Meßwertes und die Statussignale hinaus wird die Schnittstelle der Meßplätze vervollständigt durch eine Codierung für die Meßstation bzw. die Meßkomponente sowie durch die Eingänge für Rechnerbefehle. Die gesamte Schnittstelle ist

für sämtliche Meßplätze standardisiert und wird über einen genormten 50-poligen Stecker geführt. Die Belegung der Pins der TEMES-Schnittstelle entspricht der "Standardisierungsempfehlung für automatische Meßnetze zur Luftüberwachung" [13].

Der Meßwertausgang jedes Meßplatzes wird zusätzlich über einen Analogschreiber geführt. Diese Registrierungen dienen keinen quantitativen Auswertungen, stellen jedoch eine unverzichtbare Hilfe für die Wartungstechniker vor Ort dar im Rahmen von Gerätekontrollen und bei der Einkreisung von Meßgerätestörungen.

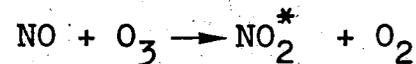
4.3.1. Analysatoren für Schadstoffe

Im folgenden wird eine kurze Übersicht gegeben über die Art der in den TEMES-Meßplätzen eingesetzten Schadstoffanalysatoren.

Für Schwefeldioxid (SO_2) wird der Picoflux 3 T der Firma HARTMANN & BRAUN eingesetzt. In diesem Gerät wird die Probeluft im Gegenstrom mit einer wasserstoffperoxidhaltigen, phosphorsauren Lösung in Kontakt gebracht. Das in der Luft enthaltene SO_2 wird dabei absorbiert und zu Schwefelsäure oxidiert. Die hiermit verbundene absolute Leitfähigkeitszunahme der Reaktionslösung wird erfaßt und stellt ein direktes Maß für die SO_2 -Konzentration dar. Durch Verwendung eines Selektivfilters werden die Querempfindlichkeiten gegen die wichtigsten, potentiellen Störkomponenten (HCl , Cl_2 , NH_3) weitgehend ausgeschaltet. Weitere Daten zu Vorläufermodellen des Picoflux 3 T, die jedoch das gleiche Meßprinzip verwenden, finden sich in [14, 15].

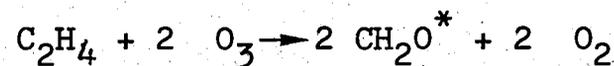
Kohlenmonoxid CO wird mit dem UNOR 5 N der Fa. MAIHAK gemessen. Es handelt sich um einen nicht dispersiven Infrarot-Analysator nach dem Einstrahlverfahren. In einem auf CO sensibilisierten Detektor wird die Absorption von IR-Strahlung in der Meßküvette umgesetzt in Druckimpulse. Diese Druckimpulse werden mit Hilfe eines Membrankondensators in Kapazitätsänderungen umgewandelt, aus denen wiederum das Gleichstrommeßsignal abgeleitet wird. Das Verfahren ist anhand eines Vorläufermodells in [16] beschrieben.

Die Konzentration der Stickoxide NO und NO₂ wird mit dem Modell 8440 der Fa. MONITOR LABS gemessen (s. Abb. 8, Anhang). Grundlage des Meßverfahrens, das in einer VDI-Richtlinie detaillierter beschrieben ist [17], ist die Reaktion von Stickstoffmonoxid mit im Gerät aus Luft erzeugtem Ozon:



Es entstehen hierbei NO₂-Moleküle zum Teil in einem elektronisch angeregten Zustand. Bei Rückkehr auf den Grundzustand wird die Anregungsenergie als Chemolumineszenz-Strahlung wieder abgegeben. Die Intensität dieser Strahlung, die bei konstantem Volumenstrom und Druck der NO-Konzentration proportional ist, wird nach Ausblendung des interessierenden Spektralbereiches mit einem Photomultiplier gemessen. Zur Bestimmung von NO₂ wird ein zweiter Teilstrom der Probenluft durch einen beheizten Molybdän-Konverter geleitet, in dem das NO₂ quantitativ zu NO reduziert wird. Anschließend wird in einer zweiten Meßzelle die Summe von NO und NO₂ als NO_x gemessen. Durch elektronische Differenzbildung erhält man das Signal für NO₂ = NO_x - NO (siehe hierzu auch [18]).

Ebenfalls ein Chemolumineszenzanalysator ist das Modell 8002 der Fa. BENDIX zur Bestimmung von Ozon. Bei diesen VDI-Richtlinien-Verfahren [19, 20] wird in analoger Weise die Chemolumineszenzstrahlung gemessen, die bei der Reaktion von O₃ mit Ethen zu teilweise angeregtem Formaldehyd ausgesandt wird.



Das Modell FH 62 I der Fa. KUGELFISCHER/System FRIESEKE & HOEPFNER zur Bestimmung von Schwebstoffen ist ein radiometrisches Meßverfahren [8, 21]. Probenluft wird mit Hilfe einer Pumpe durch ein Glasfaserfilterband gesaugt, wobei der Schwebstaub abgeschieden wird. Die Strahlung eines radioaktiven β - Strahlers (Krypton 85, 50 Millicurie) wird beim Durchtritt durch das beaufschlagte Filter geschwächt. In einer Ionisationskammer wird das Ausmaß dieser Absorption in Relation zu einem Vergleichsstrahl als Ionisationsstrom ermittelt. Hiermit ist

ein Maß für die abgeschiedene Staubmasse gegeben, die sich unter Hinzunahme des bekannten und konstanten Volumendurchsatzes in eine Staubmassenkonzentration umrechnen läßt.

In der Tabelle 2 (s. Anhang) sind in kurzer Form die wichtigsten Angaben zu den Analysatoren zusammengefaßt. Unter DA (digitale Auflösung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro bit) ist die kleinste nach der Analog-Digital-Wandlung (8 bit) angebbare Konzentration verzeichnet. Eine Nachweisgrenze \underline{C} (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wird nur angegeben, sofern sie größer ist als die digitale Auflösung.

4.3.2. Kalibriersysteme für Schadstoffanalysatoren

Bestandteil jedes Meßplatzes für Schadgase ist eine Kalibrier-einheit, die in der Lage ist, ein schadstofffreies Nullgas sowie Prüfgase in zwei Konzentrationen zu erzeugen. Die Konzentrationsabstufung im Verhältnis 2 : 1 erfolgt durch entsprechende Beimischung von Nullluft. Die Höhe der Konzentrationen orientiert sich dabei an zu überwachenden Grenzwerten [12]. Die Null- und Prüfgase können sowohl automatisch durch Prozeßrechnersteuerung als auch manuell von der Zentrale aus oder vor Ort auf die Meßgeräte aufgeschaltet werden. Die Gase werden weitgehend drucklos und im Überschuß angeboten. Alle Leitungen, die mit Prüfgasen in Berührung kommen, sind aus inerten Materialien wie Teflon, Glas oder Edelstahl gefertigt. Die Kalibriersysteme wurden - sofern nicht anders vermerkt - von der Firma SIEMENS AG nach Vorgaben der LIS gebaut. Bestandteil des SO_2 -Meßplatzes ist ein modifizierter Prüfgasgenerator CGP der Fa. HARTMANN & BRAUN. Die Herstellung von Nullgas erfolgt aus Raumluft mit Hilfe eines Feinstaubfilters und einer SO_2 -Absorptionspatrone (Chromsäure auf Trägermaterial). Als Prüfgasquelle dient eine Permeationsflasche, die SO_2 adsorbiert auf Aktivkohle enthält und sich in einem thermostatisierten Ofen befindet.

Die Prüfgase für den CO -Meßplatz können direkt aus Druckgasflaschen entnommen werden, wobei als Nullgas Stickstoff bzw. synthetische Luft und als Prüfgase CO/N_2 -Gemische Verwendung finden.

Das Prüfgaserzeugungssystem für NO und NO_2 besteht zunächst aus einer Nullgasaufbereitungsanlage: Raumluft wird nacheinan-

der durch einen Basenfänger (Entfernung von NH_3), ein Staubfilter, eine Oxidationspatrone und ein Aktivkohlefilter geleitet. In der Oxidationsstufe werden vorhandene Anteile von NO zu NO_2 oxidiert, die ihrerseits an der Aktivkohle fixiert werden.

Aus mit Phosphorpentoxid scharf getrockneter Nullluft wird unter Verwendung eines mehrfach modifizierten Prüfgasgenerators CGP (HARTMANN & BRAUN) ein NO_2 -Prüfgas erzeugt. Ein Permeationssystem enthält dafür einen NO_2 -Vorrat, der an Aluminiumoxid als Träger adsorbiert ist.

Weiterhin wird aus einer Druckgasflasche ein NO/N_2 -Gasgemisch mit einem Gehalt von ca. 100 ppm NO entnommen und unter Zuhilfenahme von kritischen Blenden verdünnt. Dieses Gemisch wird sodann dem NO_2 -Prüfgas zugegeben.

Das Kalibriersystem liefert insgesamt neben Nullgas in der vorstehend beschriebenen Weise zwei NO/NO_2 -Prüfgasgemische in verschiedenen Konzentrationen und darüber hinaus - allerdings nur im manuellen Betrieb - reines NO- oder NO_2 -Prüfgas.

Beim Ozon-Meßplatz erfolgt die Nullgasherstellung unter Verwendung eines Staubfilters und einer Molekularsieb-Trockenstufe, indem so konditionierte Außenluft mit einer UV-Strahlungsquelle vorbestrahlt wird (s. Abb. 9 im Anhang). Hierbei werden NO-Anteile der Außenluft durch aus Luftsauerstoff gebildetes Ozon zu NO_2 oxidiert. NO_2 und O_3 -Reste werden anschließend in einer Aktivkohlepatrone entfernt. Die Erzeugung des Ozon-Prüfgases erfolgt sodann wiederum durch UV-Bestrahlung der Nullluft. -

In der Tabelle 3 (s. Anhang) sind noch mal in kurzer Form die Methoden der Prüfgaserzeugung zusammengefaßt.

Über diese fest installierten Prüfgassysteme hinaus stehen für Wartungsarbeiten außerdem diverse mobile Prüfgasquellen zur Verfügung.

Die Bestimmung der tatsächlichen Konzentrationen sämtlicher Prüfgase vor Ort erfolgt in regelmäßigen Abständen routinemäßig und darüber hinaus nach allen Eingriffen in die Meßplätze, bei denen eine Änderung der Konzentrationen zu erwarten ist.

Die Analyse erfolgt mit Hilfe von unabhängigen Vergleichsverfahren (Eichung).

Beim Staubmeßplatz schließlich geschieht die Kalibrierung durch das Einlegen von Folien, deren β -Strahlenabsorption einem un-

bestaubten Filterband (Nullpunkt) bzw. einer definierten Staubmasse (Empfindlichkeit) entspricht.

4.3.3. Geber für meteorologische Größen

In diesem Abschnitt werden die Meßeinrichtungen für die meteorologischen Parameter vorgestellt. Es handelt sich um Meßwertgeber wie sie in gleicher oder ähnlicher Form auch an vielen anderen Stellen benutzt werden, so daß eine tabellarische Übersicht ausreichend ist. Alle Meßwertgeber stammen von der Firma LAMBRECHT (siehe Tabelle 4 im Anhang).

4.4. Datenendeinrichtungen

Wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert, enden alle Signalaus- und -einträge an einer genormten Schnittstelle. An diese Schnittstelle schließt sich an jeder Meßstation eine sog. Datenendeinrichtung (DEE) an, die sozusagen das Bindeglied zwischen den Meßplätzen und den Datenleitungen bzw. dem Prozeßrechner darstellt.

Hauptaufgabe dieser DEE sind die Umsetzung der analogen Meßsignale in digitale Impulse und die Weitergabe von Rechnerbefehlen an die Meßplätze. Die Auflösung bei der Analog-Digitalwandlung beträgt 8 bit. Unter Berücksichtigung des Meßsignalnullpunktes bei 4 mA ("live zero") bedeutet dies, daß der jeweilige Meßbereich in 204 Schritte, d. h. 0,5 % - Intervalle unterteilt wird. In Anbetracht der Genauigkeit der Analysengeräte ist dies voll ausreichend. - In TEMES findet als DEE das Modell EPR 1100 der Fa. KRUPP-ATLAS Elektronik Verwendung.

4.5 Struktur der Datenübertragung

Prinzipiell sind mehrere Varianten hinsichtlich des Datenübertragungsnetzes möglich:

- a) nur festgeschaltete Leitungen (Standleitungen) unter Ein-schluß von Konteneinrichtungen der Deutschen Bundespost.

- b) Wählleitungsnetz, d. h. ausschließlich Benutzung von Fernsprechwählleitungen
- c) Kombination von a) und b)
 Wählleitungen zwischen Zentrale und sog. Unterzentralen, Standleitungen zwischen Unterzentralen und Meßstationen.

Welches System das sinnvollste ist, hängt von verschiedenen, nicht zuletzt finanziellen Randbedingungen ab.

Wegen des Wunsches ständiger Echtzeitinformationen und der relativ geringen Entfernungen in NW wurde für TEMES ein reines Standleitungssystem (a) realisiert:

Alle Meßstationen sind über Hauptanschlüsse für Direktruf (HfD) mit dem Prozeßrechner verbunden. Es wird ein sog. Polling-Betrieb gefahren, d. h. alle Stationen und Komponenten werden minütlich durch den Zentralrechner abgefragt. Übertragen werden Meßwerte (8 bit), Betriebs- und Fehlerstatus bzw. Befehle (300 bit/s, asynchron, Halbduplex).

Die nachstehende Abb. 10 zeigt den prinzipiellen Aufbau des TEMES-Datenübertragungsnetzes.

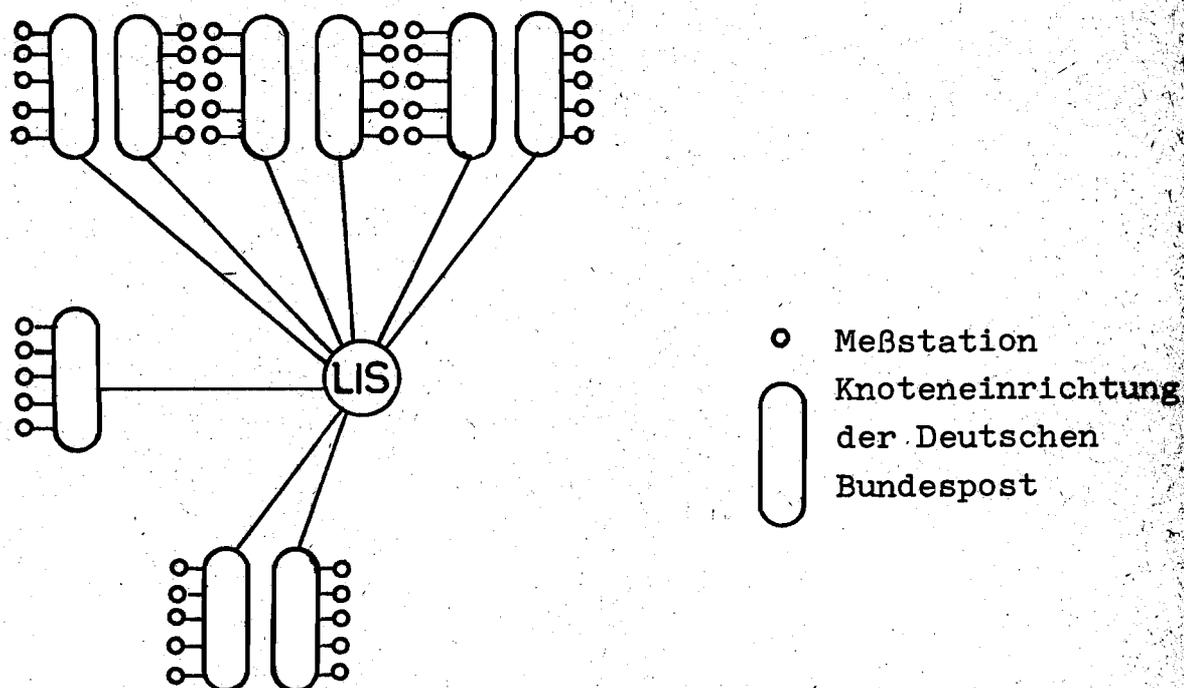


Abb. 10: Struktur des Datenfernübertragungsnetzes in TEMES

4.6. Prozeßrechneranlage

Die Datenübertragungsleitungen von allen Stationen bzw. jedem Postknoten enden an der Prozeßrechneranlage (s. Abb. 11 im Anhang), die die gesamte Steuerung des Meßsystems gewährleistet. Die TEMES-Konfiguration besteht aus insgesamt vier Rechnern vom Typ Cyber 18 der Fa. CONTROL DATA mit entsprechender Peripherie (Bandstation, Plattenlaufwerke, Bildschirme, Drucker).

Die vier Rechner sind zu einem ausfallgeschützten Mehrrechnersystem zusammengeschaltet, auf dem die im Abschnitt 4.7. beschriebene Software dynamisch verteilt wird. Im gleichen Zyklus, wie die Meßstationen abgefragt werden, prüfen sich die Rechner auf Funktionsfähigkeit. Bei Ausfall oder Abschaltung (Wartung) eines Rechners werden die internen Funktionen der Rechner vollautomatisch neu verteilt, ohne daß irgendwelche Betriebs-einschränkungen erfolgen. Selbst zwei der vier Rechner können unter bestimmten Randbedingungen den Betrieb des Systems soweit aufrecht erhalten, daß keinerlei Verluste an Meßwerten auftreten.

Das Konzept des Mehrrechnersystems wurde vom Fachrechenzentrum Immissionsschutz entworfen und realisiert. Die Verfügbarkeit des Rechnersystems liegt bei 99 % incl. aller Wartungsarbeiten.

4.7. Software

Die Software nimmt in einem Echtzeit-Meßsystem wie TEMES eine zentrale Stellung ein. Die gesamte Qualität und Handhabbarkeit eines solchen Systems hängt in großem Maße von der Effektivität, Raffinesse und Flexibilität dieser Software ab. Ihre Aufgaben können hier nur stichwortartig skizziert werden:

- Steuerung sämtlicher Echtzeitabläufe im System über Tabellen
- Verarbeitung der Datentelegramme

- Erfassung aller minütlich einlaufenden Meßwerte und Statusinformationen und ihre Verdichtung.

Zeitbasis in TEMES ist eine halbe Stunde, d. h. aus den minütlich abgetasteten Einzelwerten werden nach Ablauf von jeweils 30 Minuten von allen Meßgrößen Mittelwerte errechnet (arithmetischer Mittelwert), sofern genügend Einzelwerte vorliegen. Eine gewisse Sonderstellung kommt hier dem Wind zu: Halbstündlich werden sowohl die vektoriellen als auch die skalaren Mittelwerte von Windrichtung und Windgeschwindigkeit errechnet [10]. Darüber hinaus werden zur Charakterisierung der Windverhältnisse zwei weitere Größen ermittelt, nämlich die Richtungsstreuung und die Vektorstreuung [23]. Bei der Komponente Schwebstaub ist aus meßtechnischen Gründen die Bildung von Halbstundenmittelwerten nicht möglich. Hier wird nach Ablauf jeder halben Stunde ein Mittelwert für die jeweils zurückliegenden drei Stunden errechnet. Derartige gleitende Dreistundenmittel werden auch zusätzlich für alle anderen Schadstoffkomponenten berechnet, da sie im Zusammenhang mit den Bestimmungen der Smogverordnung [5] von Bedeutung sind.

Grundsätzlich werden bei der Mittelwertbildung jeden Typs verschiedene automatische Plausibilitätskontrollen vorgenommen.

Alle Daten bleiben für bestimmte Zeiten auf der Prozeßrechneranlage verfügbar und werden anschließend in der Großrechneranlage der LIS archiviert und stehen dort für weitere Berechnungen zur Verfügung.

- Steuerung und Auswertung von Kalibriervorgängen.

Bei allen Schadgasmeßplätzen erfolgt im Abstand von je 25 Stunden eine automatische Aufschaltung der Prüfgase. Anschließend findet eine Auswertung dieser automatischen Funktionskontrollen in Form eines Soll/Ist-Vergleiches der gefundenen Geräteanzeigen mit den im Rechner gespeicherten Sollwerten statt. Gerade hier wird ein umfangreiches Netzwerk von automatischen Prüfroutinen wirksam, die anschließend eine detaillierte Diagnose beim Fehlverhalten von Meßeinrichtungen ermöglichen. Von Meßplatz zu Meßplatz kann im Einzelfall fest-

gelegt werden, ob die bei dem Prüfvorgang ermittelte Analysenfunktion zur Korrektur der Meßwerte verwendet wird oder nicht bzw. ob Meßdaten bei nicht bestandenen Prüfungen automatisch zu verwerfen sind.

- Erkennen von Situationen mit erhöhter Belastung.
Alle Meßwerte - sowohl die minütlich einlaufenden Einzelwerte wie auch alle Halbstunden- und Dreistundenmittel - werden ständig automatisch auf die Überschreitung interner, beliebig vorgegebener Schwellen überprüft. Gegebenenfalls wird eine entsprechende Meldung ausgedruckt.
Außerhalb der Dienstzeiten ist der Computer in der Lage, bei kritischen Smog-Situationen oder aber bei Ausfällen wichtiger Systemteile über einen Meßwertansager Mitarbeiter telefonisch zu benachrichtigen. Anzuwählende Telefonnummern können dem Rechner vorgegeben werden, der Angerufene muß jedoch außerdem mit Hilfe eines Quittiersenders über Telefon bestätigen, daß er zum Empfang der Informationen berechtigt ist. Zusätzlich erfolgt eine automatische Benachrichtigung an den "rund-um-die-Uhr" tätigen Bereitschaftsdienst der LIS. Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, daß lufthygienisch kritische Situationen jederzeit erkannt und die ggf. erforderlichen Immissionsschutzmaßnahmen ergriffen werden können.
- Erstellung von Protokollen verschiedenster Art, z. B. Mittelwerte, Auswertung von Kalibrierzyklen, gestörte Meßplätze usw.
- Dialogfunktionen
Die Handhabung des Systems erfolgt mit Hilfe von Dialogfunktionen. Diese Dialogfunktionen sind weitgehend selbst erläuternd und/oder führen den Bediener des Terminals (Menue-Technik). Ein Password-System prüft die Berechtigung des Benutzers hinsichtlich erlaubter Zugriffe.
- Tabellenverwaltung
Für jeden Meßplatz, der mit seinen Signalen einen sog. Datenkanal darstellt, ist es erforderlich, in Tabellen alle Randbedingungen in Form von Parametern festzulegen, die für die ordnungsgemäße Verrechnung und Zuordnung der Meßdaten erforder-

derlich sind. Beispielsweise müssen für jeden Datenkanal gespeichert werden:

Stationsnummer, Datenkanalnummer (= Komponente), Anfang und Ende Meßbereich, Typ des zu verwendenden Mittelwertalgorithmus, Schwellenwerte für Alarme, Prüfgaskonzentrationen, Eichfaktoren, Eichzeiten, verschiedene Prüfparameter usw.

Die Inhalte der Tabellen können über Dialogfunktionen abgefragt und verändert werden, wobei das Password-System vor unberechtigten Zugriffen schützt. Ohne Betriebsunterbrechung können Datenkanäle und ganze Meßstationen verändert, gelöscht oder hinzugefügt werden, ebenso alle Tabellen zur Ablaufsteuerung. -

Die mathematischen Grundlagen und Vorgaben zur Programmierung wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Fachrechenzentrum Immissionsschutz entwickelt, das auch alle Programmierarbeiten durchführte bzw. beaufsichtigte.

4.8. Luftüberwachungszentrale

In der während der Dienstzeit ständig besetzten Luftüberwachungszentrale (s. Abb. 12 im Anhang) - räumlich vom TEMES-Rechenzentrum getrennt - laufen schließlich alle Informationen und Daten zusammen:

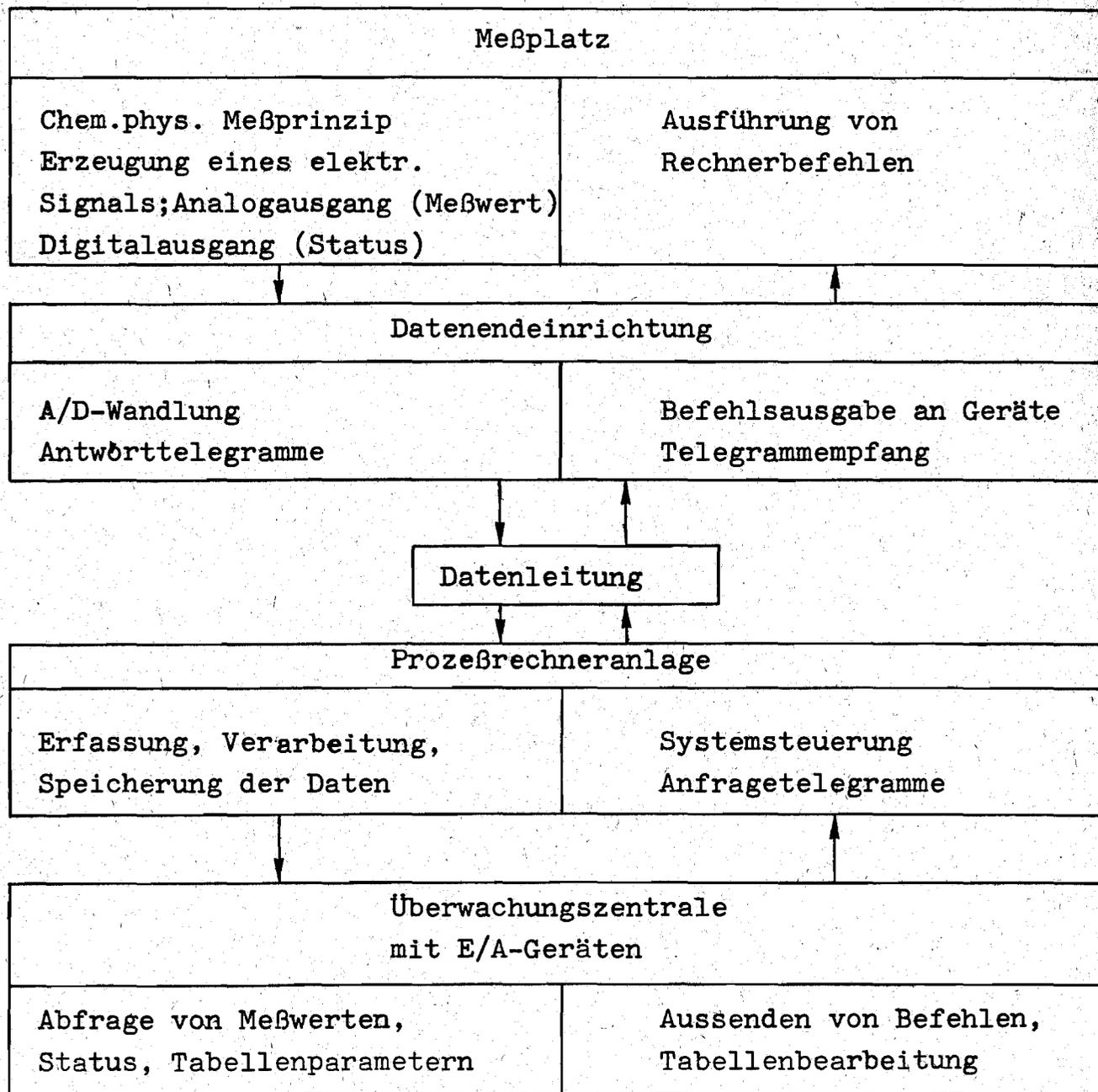
- Eine Schreibmaschine protokolliert ständig in Echtzeit wichtige Vorgänge und Zustände wie:
 - Beginn und Ende von Wartungsvorgängen
 - Schwellenwertüberschreitungen einzelner Minutenwerte für bestimmte Zeiten
 - Öffnen und Schließen von Meßstationstüren etc.
- Ein Schnelldrucker druckt alle halbe Stunde die aktuellen Mittelwerte von allen Stationen und Komponenten sowie Eichprotokolle, Fehlerlisten etc. aus.
- Über Bildschirmterminals können jederzeit Meßdaten in verschiedenster Form tabellarisch und auch in graphischen Darstellungen (Terminal oder Plotter) abgefragt werden.

- Die jeweils aktuellen Halbstundenwerte werden auf einer rechnergesteuerten Schautafel angezeigt.

5. Gesamtstruktur von TEMES / Informationsfluß

Die Gesamtstruktur des TEMES-Meßsystems mit den Datenflüssen ist in der nachstehenden Übersicht nochmals schematisch zusammengestellt.

Datenfluß in TEMES



6. Zusammenfassung und Schluss- bemerkungen

Mit dem vorstehend beschriebenen Telemetrischen-Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES steht der LIS ein im Rahmen seiner Aufgaben und Möglichkeiten sehr leistungsfähiges, technisch hochkomplexes Instrumentarium zur Verfügung. Dementsprechend ist der finanzielle Aufwand sehr beträchtlich.

Neben den reinen Investitionskosten in Höhe von 25 Millionen DM fallen pro Jahr ca. 2 Millionen DM an laufenden Betriebskosten wie Datenleitungsgebühren, Ersatzteile, Versorgungsmittel etc. an (ohne Personalkosten).

Trotz der weitgehenden Automation ist ein beträchtlicher Personalbedarf vorhanden für die Versorgung, Wartung und Störungsbehebung an allen Meßeinrichtungen sowie für die Koordination und den Betrieb des ganzen Meßprogramms. Vor allem ist ein derartig technisiertes und komplexes System wie TEMES ein dynamisches Gebilde, das der ständigen Optimierung im technisch-wissenschaftlichen und organisatorischen Bereich bedarf, um den aktuellen Anforderungen zu genügen. -

Bei einem Endausbau von 42 Meßstationen mit insgesamt rund 300 Meßplätzen wird eine außerordentliche Menge an Daten erzeugt: jede Minute von jedem Meßplatz ein Wert, d. h. rund 430.000 Minutenwerte pro Tag.

In jeder halben Stunde müssen weit mehr Mittelwerte berechnet werden als Meßplätze vorhanden sind, z. B. wegen der zusätzlichen Ermittlung von Dreistundenwerten oder Größen, die sich aus Verknüpfungen einzelner Werte ergeben (Beispiel: Richtungsstreuung und Vektorstreuung beim Wind, Berechnung eines "Smog-Index" aus den Daten verschiedener Einzelkomponenten). Auf diese Weise fallen in jeder halben Stunde über 600 Mittelwerte an, das sind fast 30.000 Werte pro Tag.

Trotz einer sehr aufwendigen Software ist es jedoch angesichts der Mannigfaltigkeit und Vielschichtigkeit der Immissionsituationen nicht realisierbar, alle Werte automatisch auf Richtigkeit bzw. Plausibilität zu überprüfen. Deshalb sind zusätzlich

ständige Kontrollen aller Messungen durch geschultes und erfahrenes Fachpersonal unerlässlich. Dabei werden unplausible Meßdaten im Nachgang verworfen. Die Verfügbarkeit an plausiblen Halbstundenmittelwerten von Außenluftkonzentrationen liegt nach Abzug sämtlicher Zeiten für Kalibrierung und Wartung im langzeitlichen Mittel bei ca. 83 %.

Zum Schluß muß noch einmal auf eines hingewiesen werden: Flächendeckende Aussagen hinsichtlich der Immissionsbelastung von Gebieten sind in aller Regel mit einem telemetrischen Meßnetz wie TEMES wegen des zu großen Stationsabstandes nicht zu erhalten. Es liefert jedoch kontinuierliche Echtzeitinformationen von vielen Meßstellen. TEMES findet daher seine inhaltliche Ergänzung durch die räumlich engmaschigen Stichprobenmessungen der LIS, die flächendeckende Aussagen - jedoch erst nach Ablauf eines Meßjahres - ermöglichen. Die Integration beider Meßprogramme in LIMES stellt soweit ein optimales Instrumentarium zur Immissionsüberwachung dar. -

Über spezielle Aspekte im Betrieb eines telemetrischen Meßnetzes, z. B. Kalibrierung, Vergleichsmessungen, automatische Funktions- und Plausibilitätskontrollen sowie Optimierungen wird zu späteren Zeitpunkten in Einzelabhandlungen berichtet.

S c h r i f t t u m

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge.
Bundesimmissionsschutzgesetz - BImSchG vom 15. März 1974
Bundesgesetzblatt, Teil I, (1974), Nr. 27, S. 721-743.
- [2] Verordnung zur Festsetzung von Belastungsgebieten - Belastungsgebiet-Verordnung - vom 18. 11. 1975.
Gesetz- und Verordnungsblatt NW, (1975), Nr. 79, S. 645.
- [3] Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Belastungsgebieten - 4. BImSchVwV) vom 8. April 1975.
GMBl. der Bundesministerien, Ausg. A, 26. J. (1975), Nr. 14, S. 358 - 365.
- [4] Konzeption der staatlichen Immissionsüberwachung.
Runderlaß des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW vom 4. Dezember 1981 - III B 7 - (III/23/81) (III/24/80).
Ministerialblatt NW, (1981), Nr. 107, S. 2262.
- [5] Verordnung zur Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen - Smog-Verordnung - vom 29. Oktober 1974.
Gesetz- und Verordnungsblatt NW, (1974), Nr. 69, S. 1432.
- Erste Verordnung zur Änderung der Smogverordnung vom 18. Oktober 1978.
Gesetz- und Verordnungsblatt NW, (1978), Nr. 61, S. 540.
- Zweite Verordnung zur Änderung der Smogverordnung vom 23. September 1981.
Gesetz- und Verordnungsblatt NW, (1981), Nr. 30, S. 542.

- [6] KÜLSKE, S. und H. W. LOHSE:
Der Smogwarndienst des Landes NW mit einer Beschreibung
des telemetrischen Meßsystems.
Angewandte Informatik, 16 (1974), S. 377-386.
- [7] KÜLSKE, S. und H. W. LOHSE:
Das Smogalarmsystem des Landes NW.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Boden-
nutzungsschutz des Landes NW, Heft 33, S. 69-72, Verlag
W. Girardet, Essen 1975.
- [8] VDI-Richtlinie 2436, Blatt 5: Messen von Partikeln; Messen
der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft;
Automatisches Staubmeßgerät FH 62 I (Vorentwurf).
- [9] a) Anleitung für die Beobachter an den Klimahauptstationen
des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. Main, 1980.
b) Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst;
Hrsg.: Deutscher Wetterdienst, Selbstverlag des DWD,
Offenbach a. Main.
- [10] VDI-Richtlinie 3786: Meteorologische Messungen für Fragen
der Luftreinhaltung
Blatt 2: Wind (März 1980).
Blatt 3: Temperatur (Gründruck in Vorbereitung).
Blatt 4: Feuchte (Gründruck in Vorbereitung).
Blatt 5: Globalstrahlung und Strahlungsbilanz
(Vorentwurf).
Blatt 7: Niederschlag (Vorentwurf).
- [11] Norm der Internationalen elektrotechnischen Kommission
IEC 381: Analogue D. C. Current Signals for Process Control
Systems (1971).
- [12] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung von Immis-
sionen. Richtlinien für die Eignungsprüfung laufend auf-
zeichnender Immissionsmeßgeräte.
GMBl. der Bundesministerien, Ausg. A, 26. J. (1975),
Nr. 14, S. 366-368.

- [13] Standardisierungsempfehlung für automatische Meßnetze zur Luftüberwachung.
Studie der DORNIER-System GmbH im Auftrag des BMI (1974).
- [14] VDI-Richtlinie 2451, Blatt 4: Messung gasförmiger Immissionen; Messung der Schwefeldioxid-Konzentration; Leitfähigkeitsverfahren (Picoflux), (August 1968).
- [15] HARTKAMP, H. und H. GIES:
Grundlagen und Ergebnisse eines Eignungstests an den Schwefeldioxidmonitoren "Picoflux T2" und "PW 9755".
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 34, S. 28-38,
Verlag W. Girardet, Essen 1975.
- [16] VDI-Richtlinie 2455, Blatt 2: Messung gasförmiger Immissionen; Messung der Kohlenmonoxid-Konzentration; Ultrarot-Absorptionsverfahren (UNOR 2), (Oktober 1970).
- [17] VDI-Richtlinie 2453, Blatt 5: Messung gasförmiger Immissionen; Messen von Stickstoffmonoxid-Gehalten; Messen von Stickstoffdioxid-Gehalten unter Verwendung eines Konverters; Chemolumineszenz-Analysator Monitor Labs 8440
(Dezember 1979).
- [18] MANN, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Erprobungen von Stickstoffdioxid-Monitoren.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, Heft 44, S. 43-63,
Verlag W. Girardet, Essen 1978.
- [19] VDI-Richtlinie 2468, Blatt 4: Messen gasförmiger Immissionen; Messen der Ozon-Konzentration; Chemolumineszenz-Verfahren; Bendix-Ozone Monitor 8002 (Mai 1978)

- [20] MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Erprobung von automatischen Ozon-Meßgeräten.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 52, S. 41-48,
Verlag W. Girardet, Essen 1980.
- [21] MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH 62 I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.
LIS-Berichte (1980), Nr. 11, 26 Seiten.
Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW.
- [22] MANNS, H. und H. GIES:
Verbesserung der Nullpunktbestimmung und -stabilität bei Kohlenmonoxid-Meßgeräten vom Typ UNOR.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 52, S. 49-54,
Verlag W. Girardet, Essen 1980.
- [23] Handbuch der Aerologie.
Hrsg.: W. Hesse, Geest & Portig KG, Leipzig:
Akademische Verlags-Gesellschaft (1961).

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

Tabelle 1: Ortslage der TEMES-Stationen

Ruhrgebiet-West

Stationsname	Ort, Straße	nähere Beschreibung	Rechtswert	Hochwert
Spellen	Voerde-Spellen Mehrstr.	auf dem Sportplatz	2543,2	5718,5
Bruckhausen	Hünxe-Bruckhaus. Hauptstraße	neben der Verwal- tungsstelle	2552,4	5718,5
Budberg	Rheinberg-Budb. Lutherstraße	auf dem Gelände der Grundschule	2544,3	5710,9
Walsum	Dbg.-Walsum Sonnenstraße	auf dem Gelände der Grundschule Sternstr.	2552,0	5710,3
Osterfeld	Oberhausen- Osterfeld Tackenbergstr.	Parkplatz Theodor- Heuß-Schule	2560,6	5710,6
Meerbeek	Moers-Meerbeck Fuldastraße	in den Grünanlagen	2545,1	5702,9
Meiderich	Dbg.-Meiderich Westenderstr.	neben Clubheim MSV- Duisburg	2554,8	5703,6
Styrum	M'heim-Styrum Neustadtstr.	Sportplatz an der Augustastr.	2560,2	5702,5
Kaldenhausen	Duisburg- Kaldenhausen Darwinstr.	gegenüber Haus Nr. 12	2545,5	5695,1
Buchholz	Dbg.-Buchholz Böhmerstr.	Gelände der Gemein- schaftsschule	2553,1	5694,8
Krefeld	Krefeld-Linn Hammerstraße	gegenüber Haus Nr. 52	2544,7	5689,5

Ruhrgebiet-Mitte

Sickingmühle	Marl-Sicking- mühle Alte Straße	auf dem Gelände der Schule	2578,0	5730,5
Polsum	Marl-Polsum Dorfstraße	neben dem Sport- platz	2573,4	5722,5
Herten	Herten Paschenbergstr./ Ebbelicher Weg	auf dem Schul- gelände	2578,0	5719,0
Recklinghausen	Recklinghausen Nordseestraße	auf dem Parkplatz der Bezirkssport- anlage	2584,6	5719,8

Tabelle 1: Fortsetzung

Ruhrgebiet-Mitte

Stationsname	Ort, Straße	nähere Beschreibung	Rechtswert	Hochwert
Bottrop	Bottrop-Welheim Welheimer Str.	Schulgrundstück an der Welheimer Str.	2567,8	5710,6
Gelsenkirchen	Gelsenkirchen- Schalke Trinenkamp	auf dem Parkplatz der Bezirkssport- anlage	2676,5	5711,6
Herne	Herne Ingeborgstr.	auf dem Gelände gegenüber dem Haus Ingeborgstr. 11/13	2584,9	5711,0
Altendorf	Essen-Altendorf Heinrich-Strunk- Straße	auf dem Parkplatz der Gesamtschule gegenüber der STEAG-Verwaltung	2567,2	5703,0
Leithe	Essen-Leithe	auf dem Gelände des Bauernhofes Budde	2576,0	5702,9
Bochum	Bochum-Wiemel- hausen Glockengarten- str.	neben dem Alten- wohnheim im Glockengarten	2584,9	5703,0
LIS-Essen	Essen Wallneyer Str.	vor dem Gebäude der LIS	2567,3	2597,3

Ruhrgebiet-Ost

Ickern	Castrop-Rauxel- Ickern, Uferstr.	auf dem Sport- platz	2593,5	5718,5
Brambauer	Lünen- Brambauer	Parkplatz am Sport- platz Karrenbusch neben dem Tennis- platz	2600,1	5719,5
Niederaden	Lünen-Nieder- aden, Kreisstr.	auf dem Gelände der Schule	3401,0	5718,5
Frohlinde	Castrop-Rauxel- Frohlinde, Dort- munder Str./ Wakefieldstr.	Nähe Bushalte- haltestelle	2593,8	5711,6
Dortmund	Dortmund-Mitte Hüttner-/ Schumannstr.	auf dem Gelände der Schule	2601,6	5711,6
Asseln	Dortm.-Asseln Auf dem Bleck	gegenüber Haus Nr. 2b	3402,4	5710,9

Tabelle 1: Fortsetzung

Ruhrgebiet-Ost

Stationsname	Ort, Straße	nähere Beschreibung	Rechtswert	Hochwert
Witten	Witten	auf freier Fläche gegenüber den Stadtwerken	2594,2	5701,9

Rheinschiene-Mitte

Einbrungen	D'dorf-Einbrung. Duisburger Landstr./Einbrunger Str.	auf der freien Fläche an der Kreuzung	2551,9	5687,3
Lörick	D'dorf-Lörick Niederkasseler Deich	vor der Erholungsstätte Lörick, Nähe Bushaltestelle	2551,2	5679,6
Gerresheim	D'dorf-Gerresh. An der Leimkuhle	neben dem Sportplatz	2559,8	5677,9
Reisholz	D'dorf-Reisholz Furtherstr.	neben dem Parkplatz des Kleingartengeländes	2560,0	5673,0

Rheinschiene-Süd

Dormagen	Dormagen Weilerstraße	auf dem Gelände der Bezirkssportanlage neben den Tennisplätzen	2556,3	5663,4
Langenfeld	Langenfeld- Reusrath Virneburgstr.	neben der Sonderschule	2568,5	5662,3
Chorweiler	Köln-Chorweiler Fühlinger Weg	auf dem Gelände der Schule	2562,1	5654,2
Leverkusen	Leverkusen Elsa-Brandström- Straße	am Wendehammer	2570,5	5656,4
Vogelsang	Köln-Vogelsang Vogelsanger Str. 453	auf dem Gelände der pädagogischen Akademie	2561,9	5647,0
Riehl	Köln-Riehl Kuhweg	auf dem Parkplatz des Hockey Clubs	2569,6	5648,7
Hürth	Hürth Am Lintacker	Südöstlich des neuen Kreishauses, ca. 25 m von Friedhofsgrenze	2562,1	5638,5

Tabelle 1: Fortsetzung

Rheinschiene-Süd

Stationsname	Ort, Straße	nähere Beschreibung	Rechtswert	Hochwert
Rodenkirchen	Köln-Rodenkirchen, Friedrich-Ebert-Straße	auf dem Gelände der Baumschule	2569,4	5639,9
Wesseling	Wesseling Hubertusstr.	am Friedhofseingang neben Haus Nr. 185	2568,7	5631,8

Tabelle 2: In TEMES eingesetzte Schadstoff-Analysatoren
und deren wichtigste Daten

Komponente	Gerät (Hersteller)	Meßprinzip	Meßbereich [mg/m ³]	DA [µg/m ³ bit]	<u>C</u> [µg/m ³]
SO ₂	Picoflux 3 T (HARTMANN & BRAUN)	Konduktometrie	0-3	15	
CO	UNOR 5 N (MAIHAK)	nicht dispersiver IR-Analys.	0-60	294	1250 (175) [22]
NO	Modell 8440 (MONITOR LABS)	Zweikanal-	0-1,34	7	
NO ₂		Chemolumineszenz-Analysator	0-2,05	10	
O ₃	Modell 8002 (BENDIX)	Chemolumineszenz Analysator	0-0,428	2	4
Schwebstoffe	FH 62 I (KUGELFISCHER/ FRIESEKE & HOEPFNER)	β-Strahlen-Absorption		3	10

Tabelle 3: Prüfgaserzeugung in TEMES

	aus Umgebungs- luft durch Auf- bereitung	aus Druckgas- flaschen direkt	aus Druckgas- flaschen unter Verdünnung	aus Per- mations- systemen
SO ₂	Nullgas	x		
	Prüfgas			x
CO	Nullgas	x		
	Prüfgas	x		
NO	Nullgas	x		
	Prüfgas		x	
NO ₂	Nullgas	x		
	Prüfgas			x
O ₃	Nullgas	x		
	Prüfgas	x		

Tabelle 4: In TEMES eingesetzte meteorologische Meßwertgeber und deren wichtigste Daten

Komponente	Gerät	Meßprinzip	Meßbereich
Windrichtung Windgeschwindigkeit	Schwertwindfahne kombiniert mit Schalenstern	Ringschleif- widerstand bzw. Segmentscheibe mit Schlitzinitiator	0-360° 0-30 m/s
Niederschlag	Regenmesser nach Hellmann	Meßzylinder mit Schwimmer, Wider- standsferngeber	0-10 mm
Lufttemperatur	Temperaturmesser mit Strahlungs- schutz nach Baumbach	Widerstandsther- mometer Pt 100	-30 - 40°C
Relative Feuchte	Feuchtegeber mit Schutzhütte	PERNIX-Elemente, Widerstandsfern- geber	0-100 %
Luftdruck	Aneroid-Barometer	Mechanische Längenänderung von Aneroid- Dosen, Wider- standsferngeber	945 - 1055 mbar
Strahlungs- bilanz	Strahlungsbilanz- Messger 300-2000 nm	MOLL'sche Thermo- säule	0-1000 W/m ²

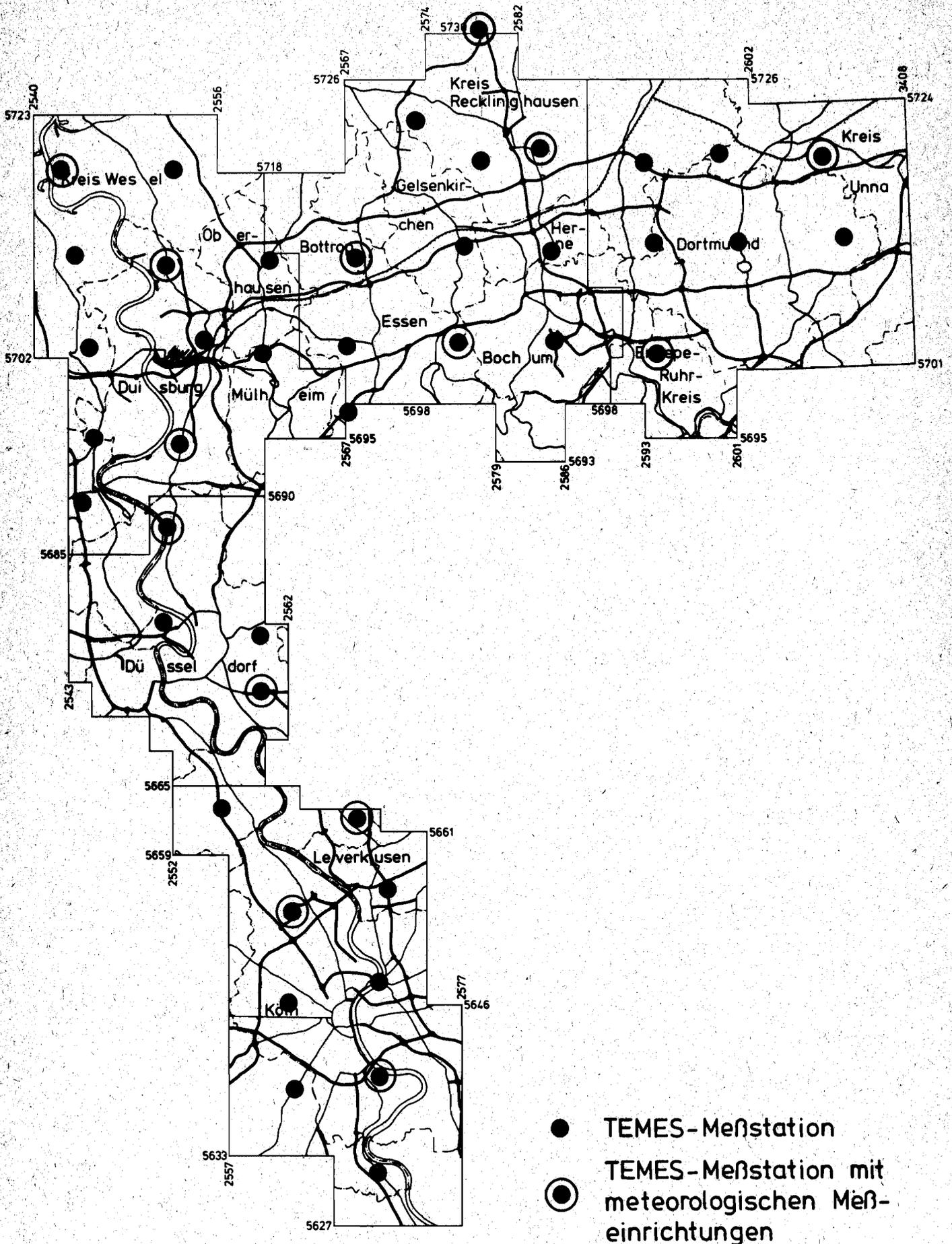


Abb. 1: Ortslage der TEMES-Stationen



Abb. 2: Außenansicht einer TEMES-Station mit Windmast

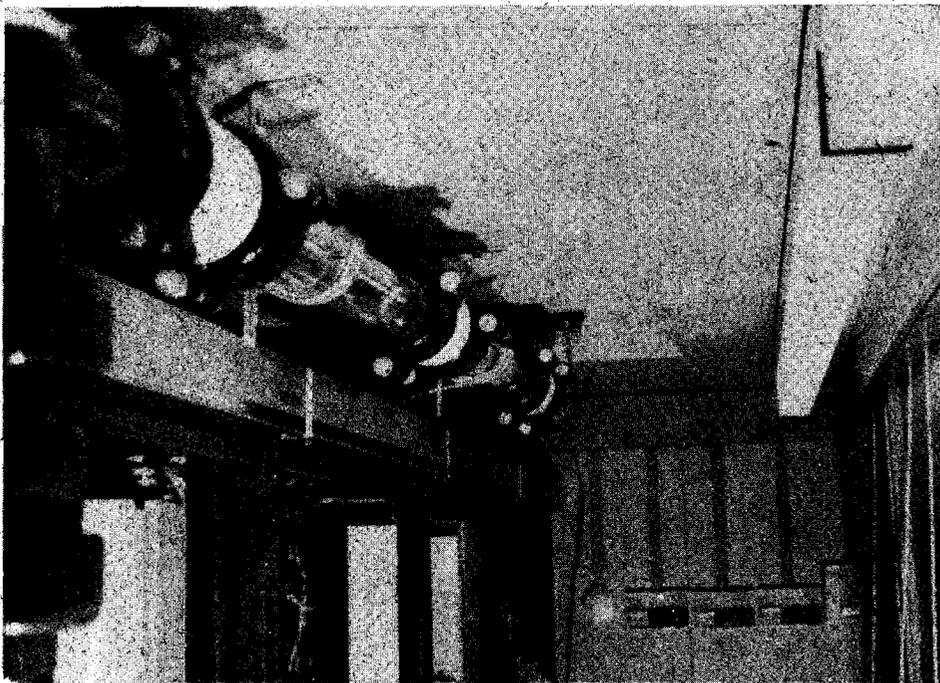


Abb. 4: Probenahmeleitung für Gase mit Anschlüssen zu den Meßplätzen



Abb. 6: Innenansicht einer Meßstation

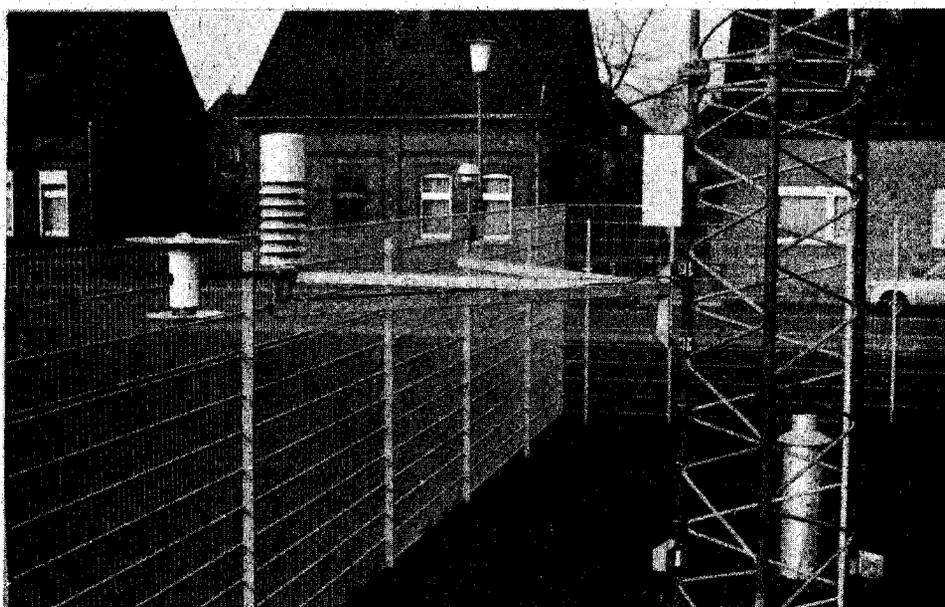


Abb. 7: TEMES-Station mit Windmast und Träger für meteorologische Meßwertgeber

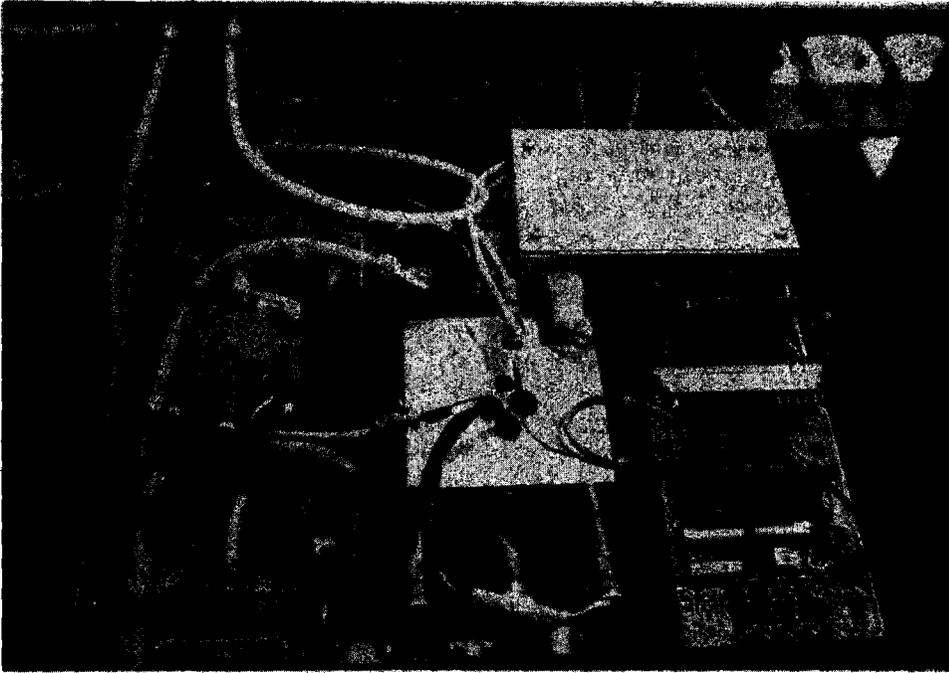


Abb. 8: Blick in ein NO/NO₂-Meßgerät

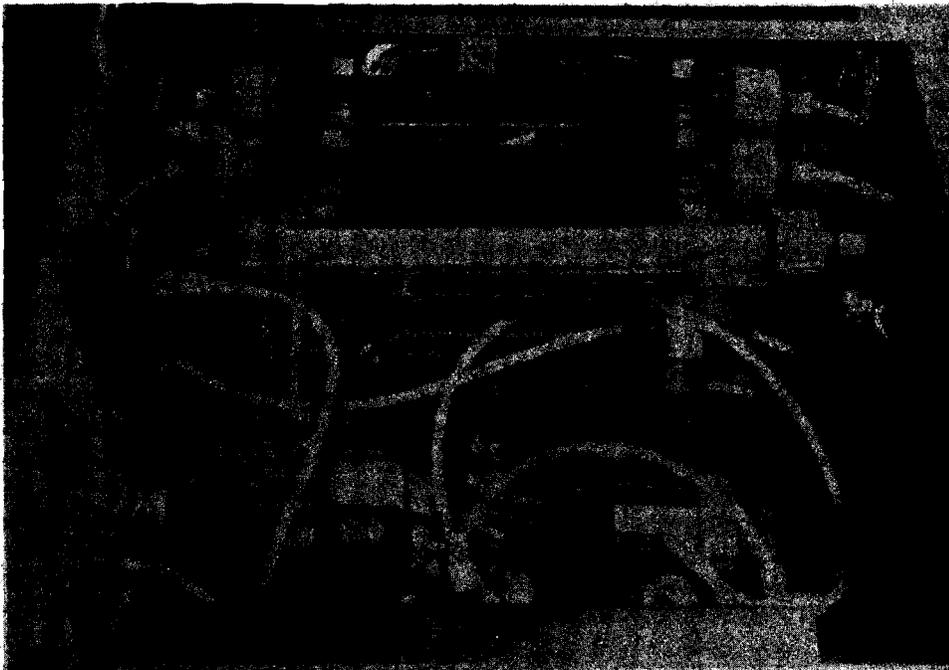


Abb. 9: Blick in den Ozon-Prüfgasgenerator

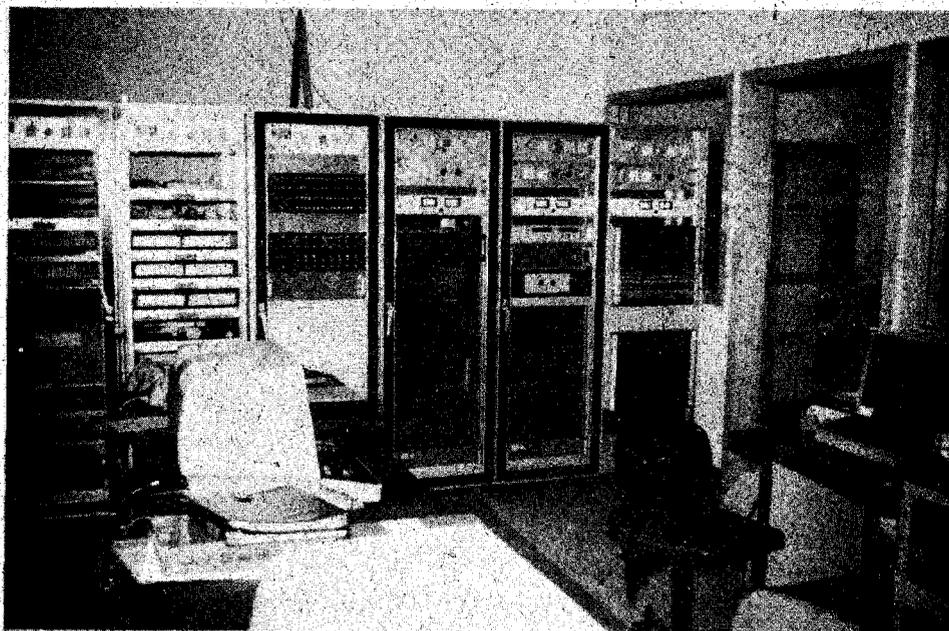


Abb. 11: TEMES-Rechenzentrum

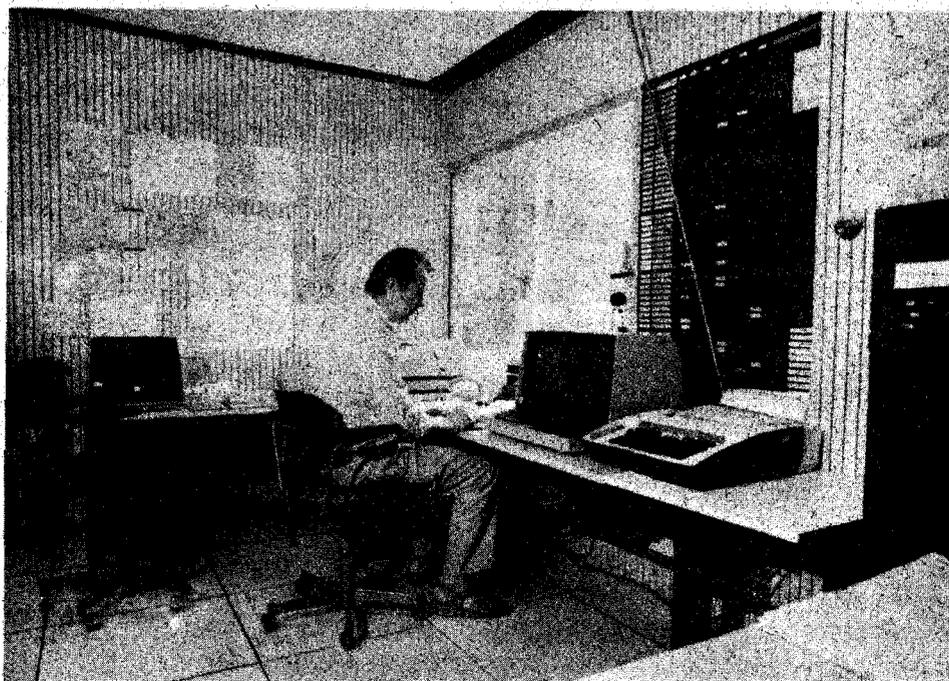


Abb. 12: Luftüberwachungszentrale

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

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

Anforderungen sind zu richten an die

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

- Bericht-Nr. 1:** KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems -
Kurztitel: Fernüberwachung mit LIDAR
1978. 47 Seiten mit 11 Abbildungen, 6 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.
vergriffen
- Bericht-Nr. 2:** BUCK, M.:
Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität.
Kurztitel: Randbedingungen bei der Beurteilung der Luftqualität.
1978. 44 Seiten mit 8 Abbildungen, 10 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 3:** SCHEICH, G.:
Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA.
Kurztitel: Luftüberwachung und Ausbreitung - Ein USA-Reisebericht -
1979. 47 Seiten mit 17 Abbildungen und 74 Literaturhinweisen.
vergriffen
- Bericht-Nr. 4:** SPLITGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau.
Kurztitel: Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten.
1979. 133 Seiten mit 53 Abbildungen, 13 Tabellen und 6 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 5:** SPLITGERBER, H.:
Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
Kurztitel: Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
1979. 52 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.

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

- Bericht-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf *Lolium Multiflorum* und andere Nutzpflanzen.
Kurztitel: Wirkungen von Fluorwasserstoff auf *Lolium Multiflorum*.
1981. 140 Seiten mit 37 Abbildungen, 22 Tabellen und 149 Literaturhinweisen.
(Abdruck der Dr. agr.-Dissertation vom 13. August 1979, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät, Bonn)
- Bericht-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht -
Kurztitel: Thallium-Emissionen bei der Herstellung von Portlandzement-Klinker.
1981. 67 Seiten mit 29 Abbildungen und 16 Tabellen.
- Bericht-Nr. 16: PRINZ, B.:
Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.
(In Vorbereitung).
- Bericht-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen.
Kurztitel: Dioxin-Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen.
1982. 25 Seiten mit 2 Abbildungen, 6 Tabellen und 8 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region.
Kurztitel: Entwicklung der Immissionsbelastung in der Rhein-Ruhr-Region seit 1965.
1982. 56 Seiten mit 7 Abbildungen, 14 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.