

#6110

MULTI - CAT

Multichannel
Concentration Analysis of Tracers

DOKUMENTATION

PROF. DR. F. D. HEIDT • INGENIEURPHYSIK
UNIVERSITÄT - GH - SIEGEN

Postfach 10 12 40, D 5900 Siegen, Tel. 0271 - 740 - 4181

MULTI - CAT

Multichannel
Concentration Analysis of Tracers

DOKUMENTATION

F. D. Heidt
R. Rabenstein

November 1988

PROF. DR. F. D. HEIDT • INGENIEURPHYSIK
UNIVERSITÄT - GH - SIEGEN

Postfach 10 12 40, D 5900 Siegen, Tel. 0271 - 740 - 4181

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

VORWORT

3

TEIL A : TECHNISCHES HANDBUCH

1. MESSVERFAHREN	6
2. AUSRÜSTUNG UND FUNKTIONSWEISE DER MESSAPPARATUR	9
2.1 Gesamtsystem	9
2.1.1 Bestandteile der Meßapparatur	9
2.1.2 Pneumatisches Schaltbild	19
2.1.3 Elektrisches Schaltbild	24
2.2 Hauptkomponenten	27
2.2.1 Tracergasversorgung	27
2.2.2 Betriebsphasenschalter	28
2.2.3 Pneumatik - Steuergerät	29
2.2.4 Durchfluß - Kontrollgerät	30
2.2.5 Steuerelektronik / Spannungsversorgung	31
2.2.6 Gasanalysator	34
2.2.7 Interface - Adapter	35
2.2.8 Mikrocomputer und Peripherie	35
3. MESS- UND AUSWERTUNGSPROGRAMME	37
3.1 Generelle Hinweise	37
3.2 Programm MEASURE	39
3.3 Programm EVALUATE	41
4. LITERATURHINWEISE	42

TEIL B : BENUTZER - HANDBUCH

Seite

1. ALLGEMEINE BEMERKUNGEN	43
2. VORBEREITUNG VON MESSUNGEN	44
3. DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN	46
4. AUSWERTUNG UND ERGEBNISDARSTELLUNG	52
5. WARTUNG UND REPARATUREN	53

TEIL C : ANLAGEN

1. LISTEN	55
1.1 Komponenten : Verbindungen / Zuordnungen	55
1.2 Komponenten : Spezifikationen	57
1.3 Komponenten : Hersteller / Lieferanten	59
1.4 Sicherungen	61
1.5 Kabel und Stecker	62
2. BETRIEBSANLEITUNG : GASANALYSATOR	63
3. ELEKTRISCHE SCHALTPLÄNE	64
3.1 Magnetventilsteuerung	64
3.2 Pumpensteuerung	65
4. QUELLPROGRAMM ZUR MESSWERTDARSTELLUNG	66
5. ANWENDERFÜHRUNG DES BETRIEBSPROGRAMMS	
6. PROGRAMMDISKETTE	

VORWORT

Diese Dokumentation enthält die wesentlichen Informationen über den Aufbau und die Anwendung des mobilen Meßsystems MULTI-CAT.

Seine Aufgabe ist die Erfassung des Luftwechsels in Räumen und Gebäuden.

MULTI - CAT ist ein Akronym für "multichannel concentration analysis of tracers", d.h. für "Vielkanal-Konzentrationsanalyse von Spurengasen". Es bezeichnet das gesamte Meßsystem, das aus der Meßapparatur und der dazugehörigen Software für den Betrieb und die Auswertung von Messungen besteht.

MULTI - CAT ist eine Entwicklung aus dem Bereich Ingenieurphysik an der Universität - GH - Siegen. Sie gründet sich auf die Ergebnisse einer Diplomarbeit im Fachbereich Physik [1], sowie auf weiteren Entwicklungsarbeiten. Diese werden seit Februar 1988 im Rahmen eines Forschungsauftrags vom BMFT finanziell unterstützt.

Ziel der Entwicklung war der Aufbau einer Meßapparatur zur Bestimmung des Luftaustauschs unter Verwendung neuer Techniken und fortschrittlicher Verfahren. Das Hauptaugenmerk lag auf Kurzzeitmessungen, so daß als Meßmethoden der Konzentrationsabfall und die konstante Emission von Tracergas in Betracht kamen. Beide Meßverfahren wurden gemeinsam in einem mobilen Meßstand integriert. Seine Funktionen werden über einen Mikrocomputer gesteuert. Das hierfür entwickelte Betriebsprogramm ermöglicht durch seine Benutzerführung eine flexible und leicht zu handhabende

Anwendung beider Meßverfahren.

Mittelfristig sind zusätzliche Erweiterungen des Methodenvorrats von MULTI - CAT geplant. Sie beziehen sich auf automatisierbare Langzeitmessungen des Luftaustauschs mit der Methode konstanter Konzentration des Tracergases sowie auf Messungen des interzonalen Luftaustauschs. Die Erweiterungen sollen auf dem vorhandenen Meßstand nachgerüstet werden können.

Die vorliegende Dokumentation gliedert sich in drei Teile :

- TEIL A enthält das TECHNISCHE HANDBUCH
- TEIL B enthält das BENUTZER - HANDBUCH
- TEIL C umfaßt die ANLAGEN zu beiden.

In TEIL A werden die zugrundeliegenden Meßverfahren, die Ausrüstung und Funktionsweise der Meßapparatur sowie die Meß- und Auswertungsprogramme dargestellt. In TEIL B sind die für die Benutzer des Meßsystems wichtigsten Anweisungen zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Messungen verzeichnet. TEIL C enthält eine Sammlung wesentlicher technischer Unterlagen zur Spezifikation von Meßapparatur und Software.

Wegen der aus gesundheitstechnischer, energetischer und generell bauphysikalischer Sicht zunehmenden Bedeutung des Luftaustauschs in Räumen und Gebäuden sind Messungen unter einer Vielzahl von Randbedingungen erforderlich. Dies wird durch die Mobilität von MULTI - CAT und die türgängigen Dimensionen seines Meßstands ermöglicht. Dabei ist an einen Einsatz für Forschung und Praxis gedacht.

Mit der Entwicklung des Meßsystems MULTI - CAT und seiner Beschreibung in dieser Dokumentation ist der Wunsch der Autoren verbunden, daß

- das Meßsystem häufig zum Einsatz kommt
- es sich im Einsatz bewährt und
- schließlich aus seinen Meßergebnissen ein wertvoller Beitrag zur Theorie und Praxis des Luftaustauschs erwachsen möge.

Siegen, im November 1988

F.D. Heidt

R. Rabenstein

TEIL A:

TECHNISCHES HANDBUCH

1. MESSVERFAHREN

Grundsätzlich kommen Meßmethoden in Betracht, mit denen der Luftaustausch in Räumen unter natürlichen Bedingungen erfaßt wird, d.h. ohne künstlich erzeugte Druckdifferenz zwischen innen und außen. Hierzu eignen sich verschiedene Verfahren, bei denen die Raumlufte mit einem Spurengas (Tracer) geimpft wird :

- A. Die Methode des Konzentrationsabfalls (concentration decay) einer anfänglich und einmalig injizierten Tracergasmenge.
- B. Die Methode der permanenten Emission von Tracergas (constant emission) mit bekannter und konstanter Injektionsrate.
- C. Die Methode der geregelten Injektion von Tracergas, so daß die Konzentration in der Raumlufte konstant bleibt (constant concentration).
- D. Weitere Methoden, die z. B. in [2] dargestellt werden.

Speziell im Hinblick auf die Möglichkeit zu kurzzeitigen Messungen sind vorerst nur die Methoden A und B realisiert. Für beide Verfahren besteht die grundlegende Meßaufgabe darin, jeweils die Konzentration $c(t)$ des Tracers als Funktion der Zeit t zu erfassen und aufzuzeichnen. Die daran anschließende Aufgabe ist die mathematische Auswertung der gemessenen Zeitreihe $c(t)$. Ausführliche Beschreibungen hierzu sind einschließlich der Herleitungen z.B. in [3] und [4] zu finden.

Der Volumenstrom des Luftaustauschs Q (m^3/h) in einem Raum des Volumens V (m^3) wird üblicherweise durch die Luftwechselzahl n ($1/\text{h}$) beschrieben :

$$n = Q / V \quad (1)$$

Bei konstantem n ergibt sich der Konzentrationsverlauf des Tracergases für die Methode A aus :

$$c(t) = c_0 \cdot \exp(-n \cdot t) \quad (2)$$

Für die Methode B erhält man :

$$c(t) = c_{\infty} + (c_0 - c_{\infty}) \cdot \exp(-n \cdot t) \quad (3)$$

$$\text{mit } c_{\infty} = F / (V \cdot n) \quad (4)$$

Dabei ist c_0 die Tracergaskonzentration zu Beginn der Messung, bzw. des Auswertungszeitraums, und F ist die Tracerinjektionsrate in m^3/h .

Die Auswertung der Zeitreihen zur Bestimmung der Luftwechselzahl n erfolgt bei beiden Methoden durch das in [3] und [4] dargestellte numerische Verfahren.

Beide Meßmethoden liefern einen schnellen Zugang zu Ergebnissen, mit einer Vorbereitungsphase von ca. 30 min und typischen Meßzeiträumen zwischen 20 und 30 Minuten. Die

Auswertung und Ausgabe der Resultate benötigt weniger als 5 Minuten.

Methode A ist sehr gut zur Erfassung kleiner n - Werte geeignet (z.B. $n < 3 \text{ h}^{-1}$), während Methode B vor allem bei größeren n - Werten besser anwendbar ist.

Beide Methoden und ihre Auswertungen beruhen auf einem Ein - Zonen - Modell des Luftaustauschs zwischen den Räumen und ihrer äußeren Umgebung. Infolgedessen kann mit dem MULTI - CAT System (hier : 4 Kanäle) in seiner gegenwärtigen Entwicklungsphase kein interzonaler Luftaustausch gemessen werden. Üblicherweise werden die zu verschiedenen Räumen führenden Meßkanäle zu einem fiktiven Gesamtraum zusammengeschaltet, oder es werden auf den verschiedenen Kanälen zeitlich versetzte Einzelraum - Messungen durchgeführt.

2. AUSRÜSTUNG UND FUNKTIONSWEISE DER MESSAPPARATUR

2.1 Gesamtsystem

2.1.1 Bestandteile der Meßapparatur

Bild 1 zeigt in der Form eines Blockdiagramms die verschiedenen Teilsysteme der MULTI - CAT Gesamtapparatur und deren pneumatische und elektrische Verschaltung. Die Meßräume sind über die (4) Meßkanäle mit dem Pneumatik - Steuergerät verbunden. Es erfüllt verschiedene Funktionen, die in Abschnitt 2.2.3 beschrieben sind. Das Pneumatik - Steuergerät ist ebenso wie die mit ihm verbundene Ansaugpumpe und das Durchfluß - Kontrollgerät (Abschn. 2.2.4) an den Betriebsphasenschalter angeschlossen, dem vor allem für die Vorbereitung der Meßphase eine zentrale Bedeutung zukommt (Abschnitt 2.2.2). An ihm ist außerdem die Gasversorgung (Abschnitt 2.2.1) angeschlossen, sowie der Gasanalysator (Abschnitt 2.2.6), dem die grundlegende Aufgabe der Konzentrationsmessung zufällt. Der Gasanalysator ist über einen Schnittstellenadapter (Abschn. 2.2.7) an den Mikrocomputer gekoppelt (Abschn. 2.2.8). Dieser enthält neben der üblichen Peripherie eine digitale I/O - Karte, die die Funktionen der Steuerelektronik (Abschn. 2.2.5) aktiviert. Die Elektronik legt die Betriebszustände der elektrischen Komponenten von Betriebsphasenschalter, Ansaugpumpe und Pneumatik - Steuergerät fest.

Bild 2 zeigt den Aufbau und die Komponenten der Tracergasversorgung, die auf einem Gasflaschenwagen integriert ist. Neben der Tracergasflasche mit ihrem Druckminderer trägt er ein mit ihr verbundenes Druckgefäß samt seinen Anschluß- und Anzeigearmaturen. Das Druckgefäß kann über einen Schnellkupplungsschlauch mit dem Betriebsphasenschalter des mobilen Meßstands verbunden werden.

Die Bilder 3 bis 6 sind Fotografien der Frontansicht, beider Seitenansichten und der Rückseite des Meßstands. Sie zeigen die mit Zahlen gekennzeichneten Einzelkomponenten des Meßstands, die in der Legende aufgelistet werden.

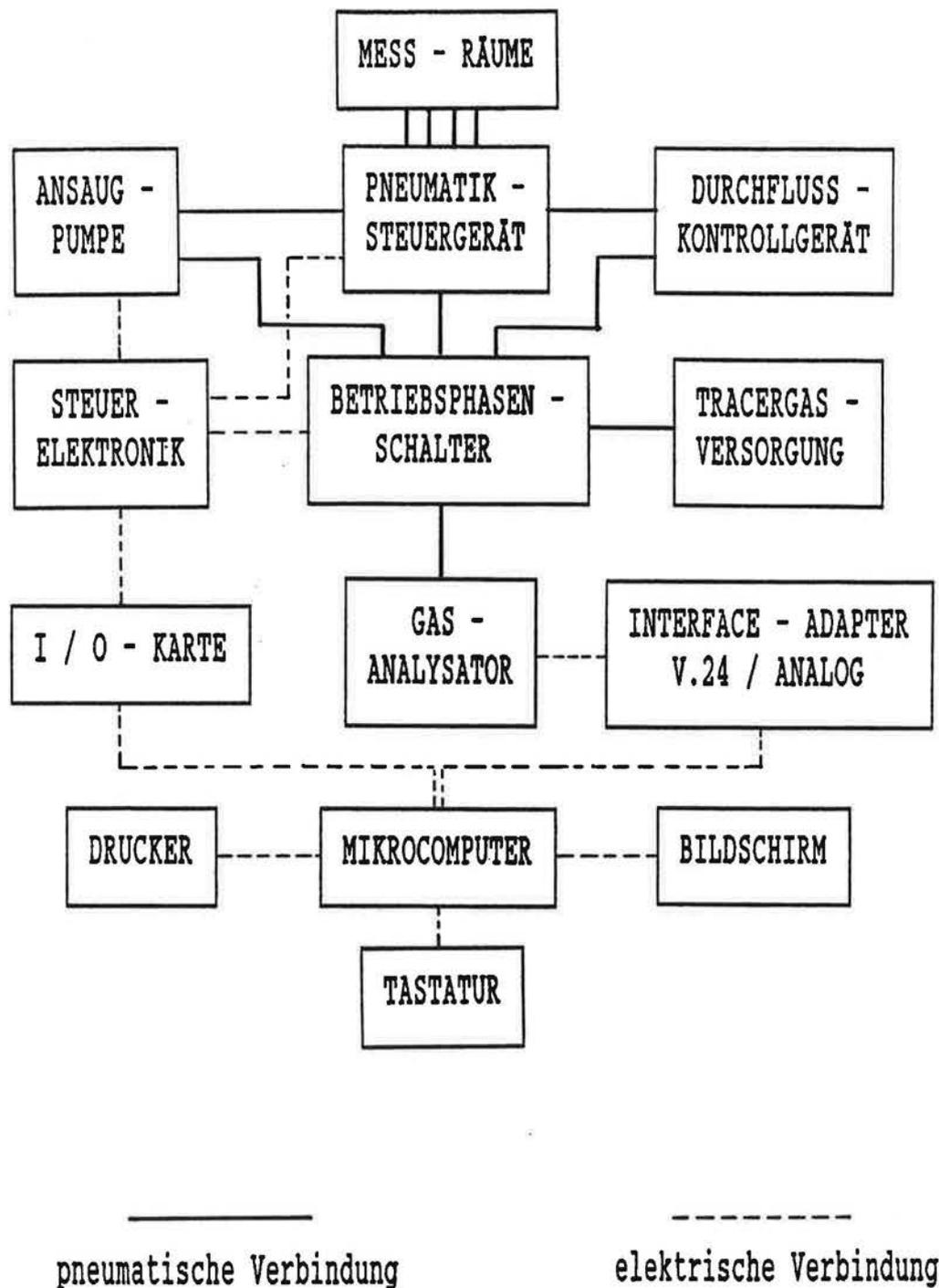


Bild 1 : Blockdiagramm mit den Teilsystemen der Meßapparatur

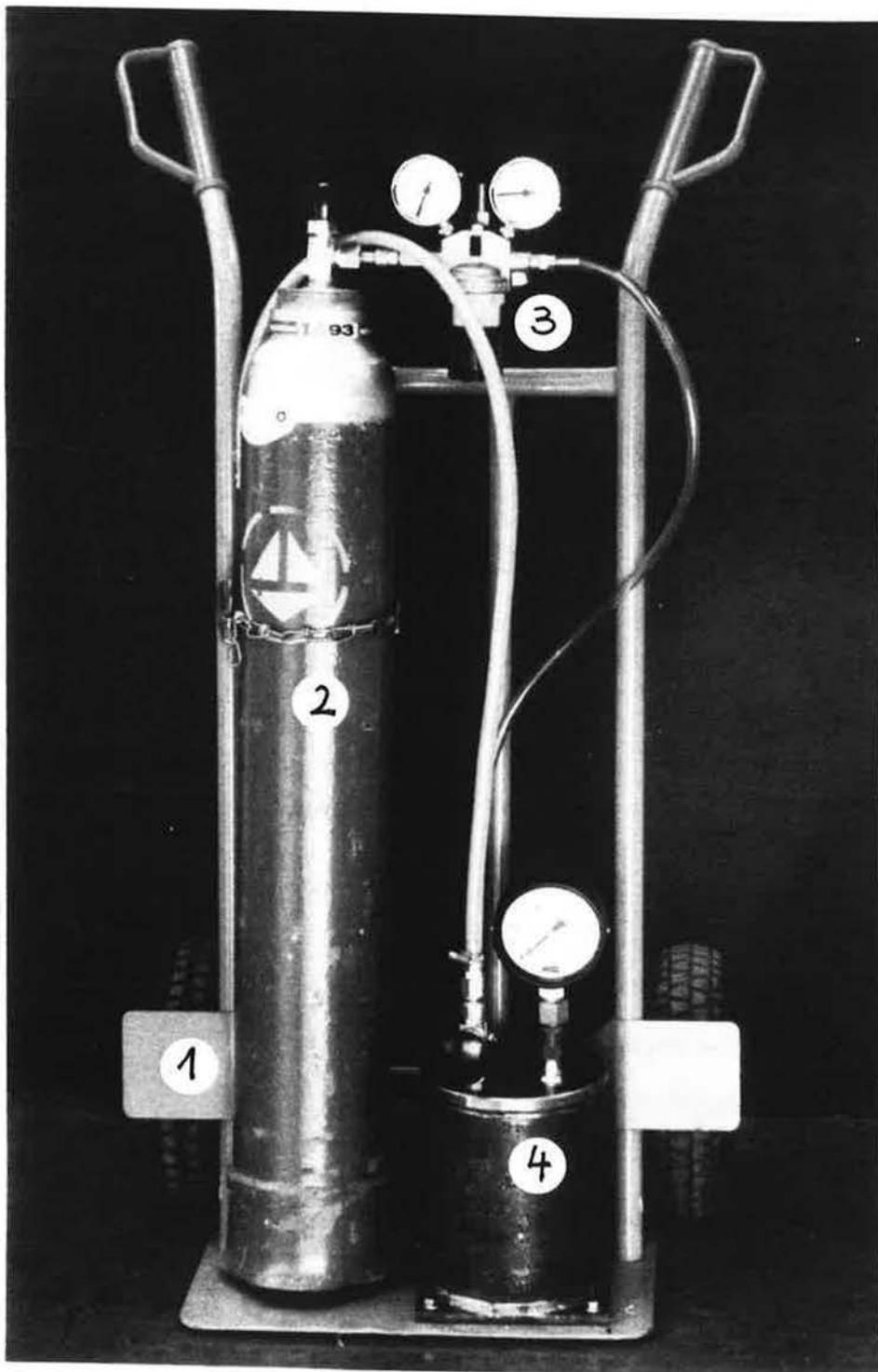


Bild 2 : Fotografie der Tracergasversorgung

(Legende : 1. Gasflaschenwagen, 2. N_2O - Flasche,
3. Druckminderer, 4. Druckgefäß mit Armaturen).

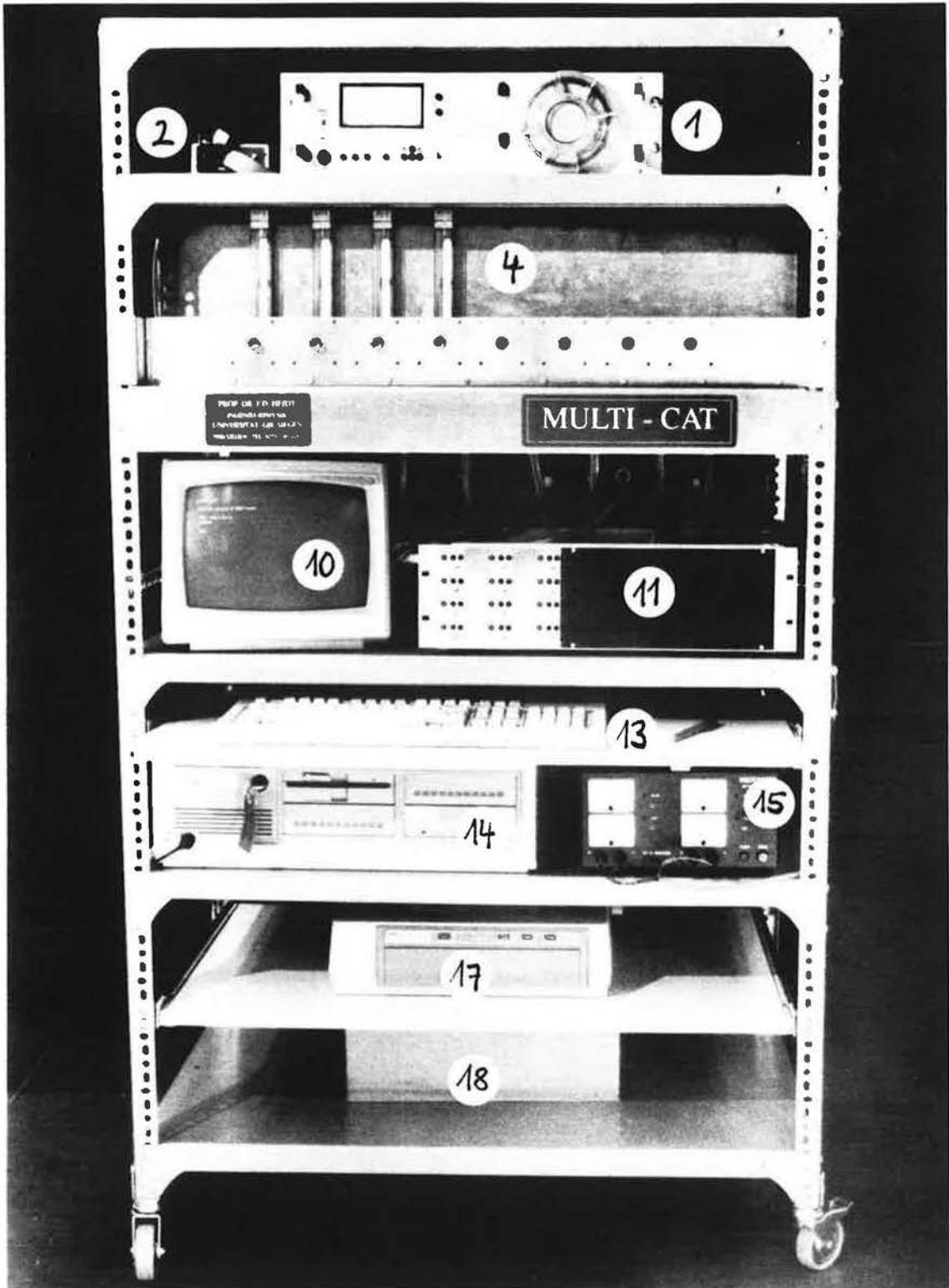


Bild 3 : Fotografie der Vorderseite des Meßstands

(Legende : siehe gegenüberliegende Seite).

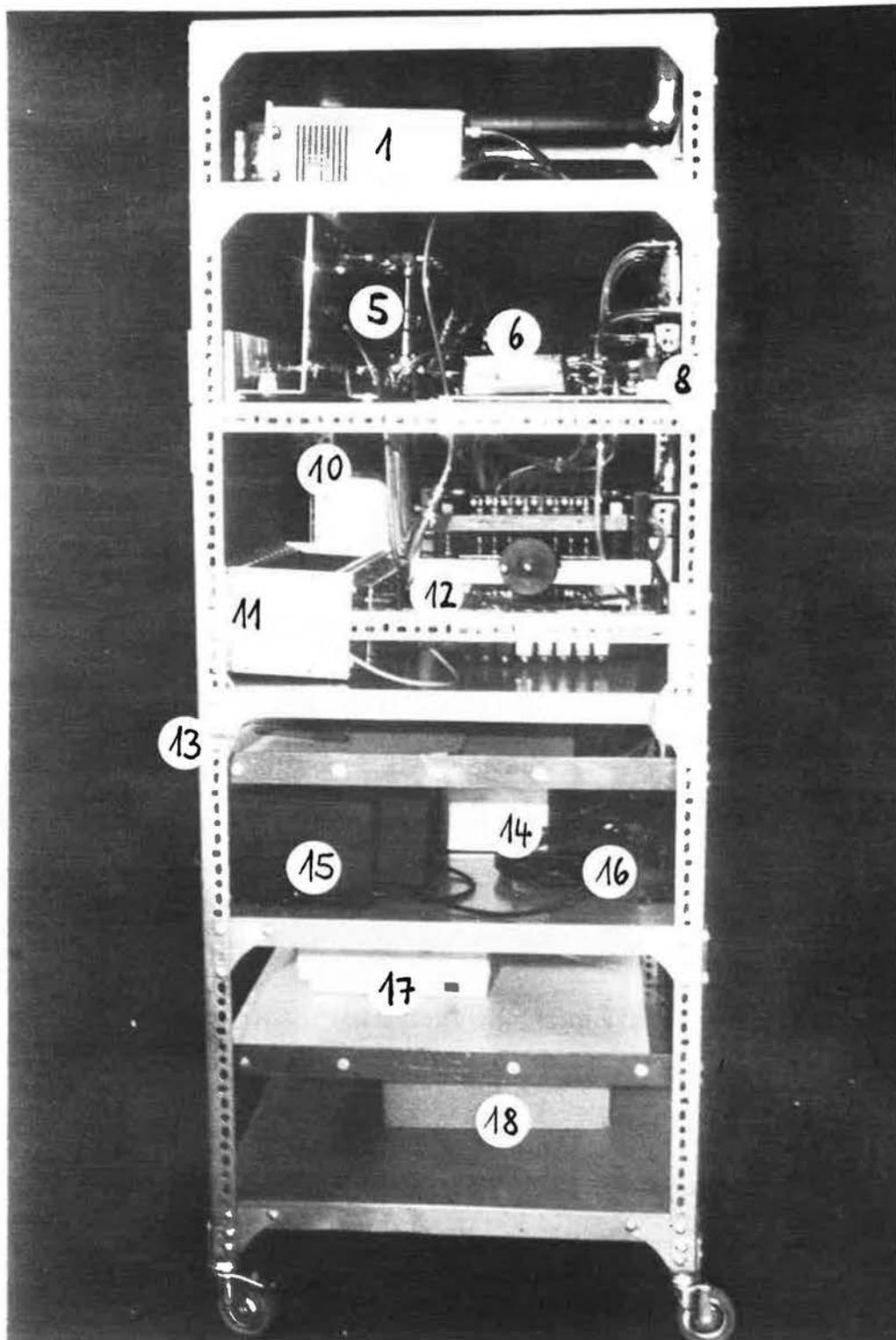


Bild 4 : Fotografie der rechten Seite des Meßstands

(Legende : siehe gegenüberliegende Seite).

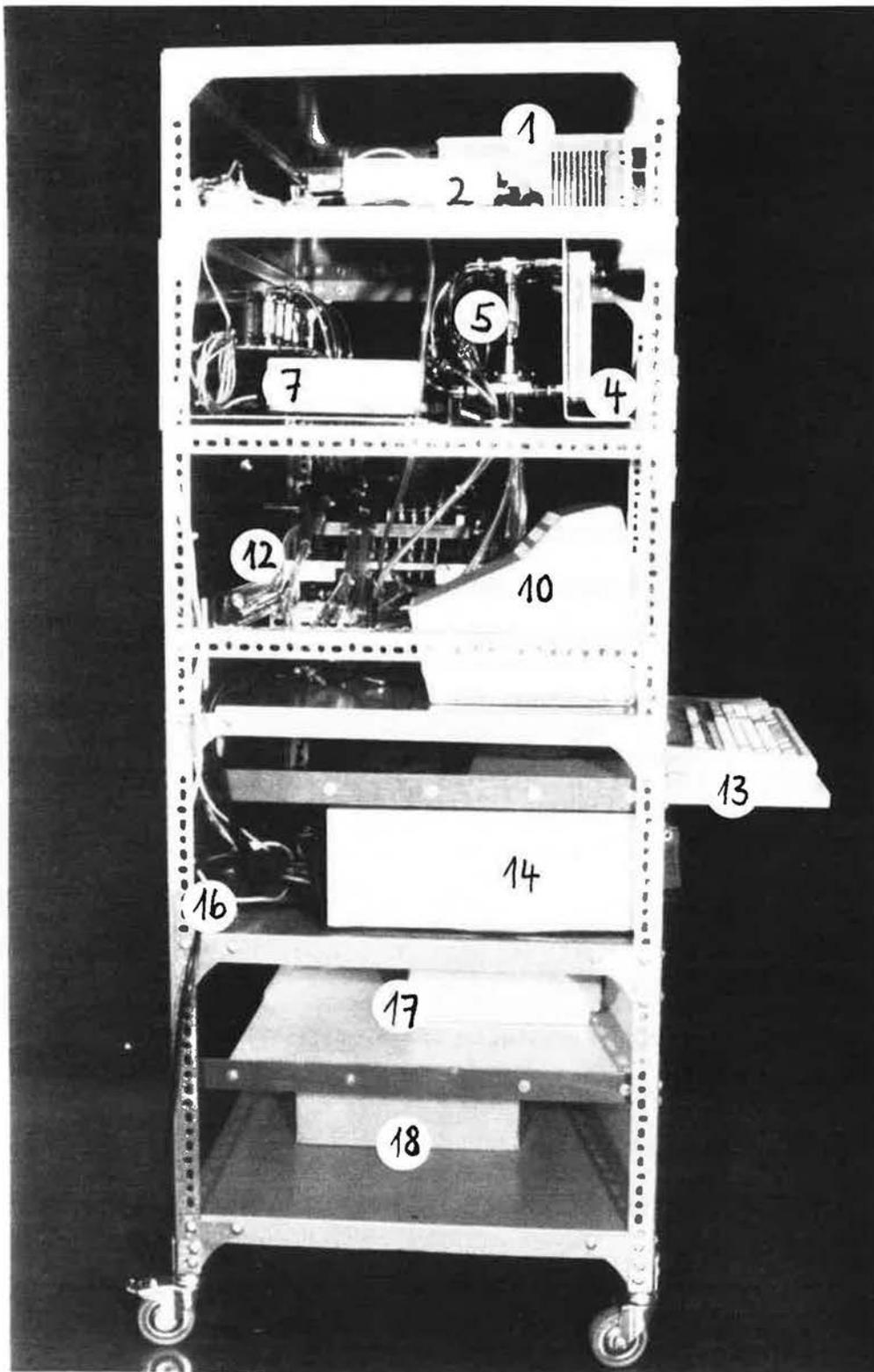


Bild 5 : Fotografie der linken Seite des Meßstands

(Legende : siehe gegenüberliegende Seite).

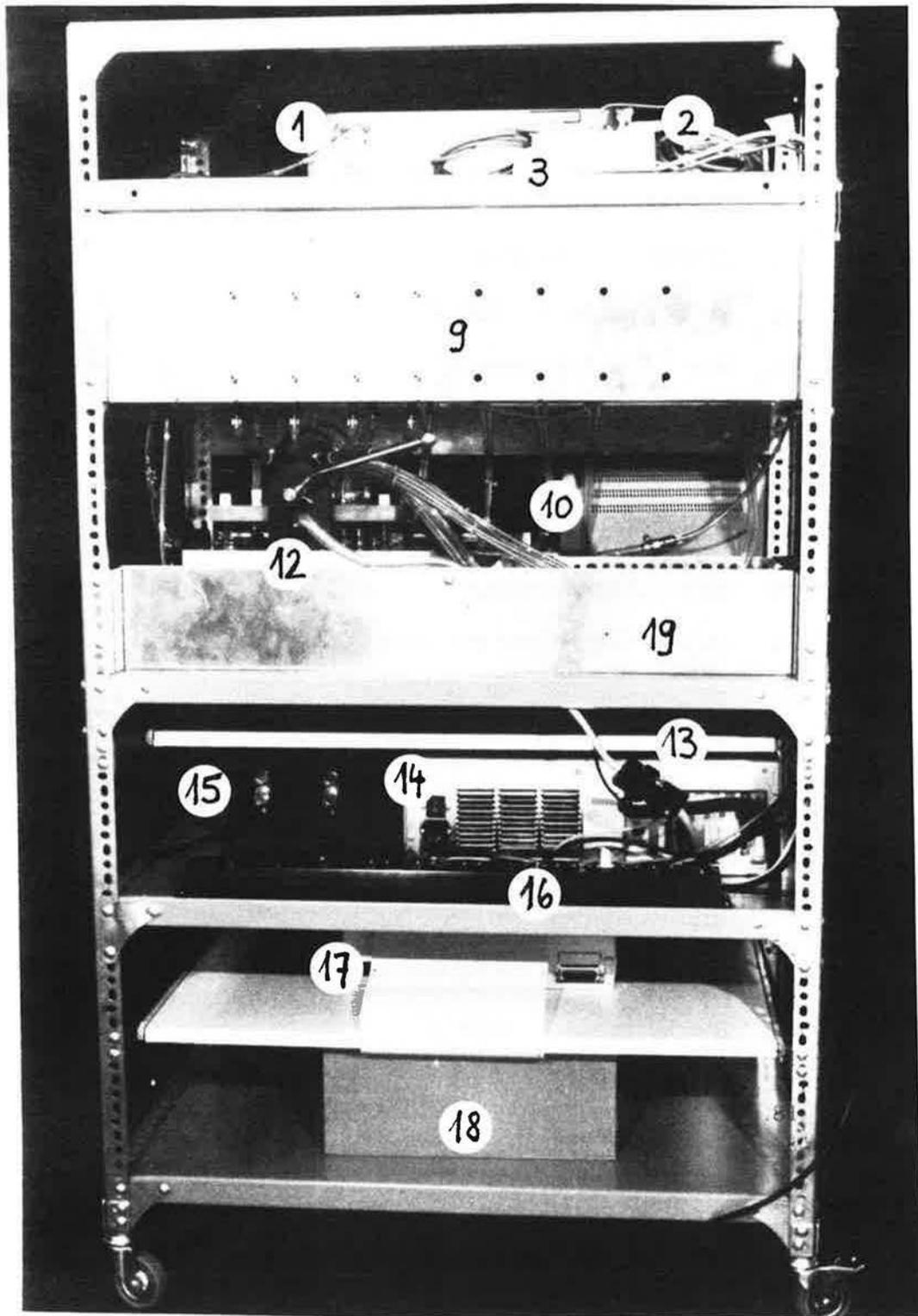


Bild 6 : Fotografie der Rückseite des Meßstands

(Legende : siehe gegenüberliegende Seite).

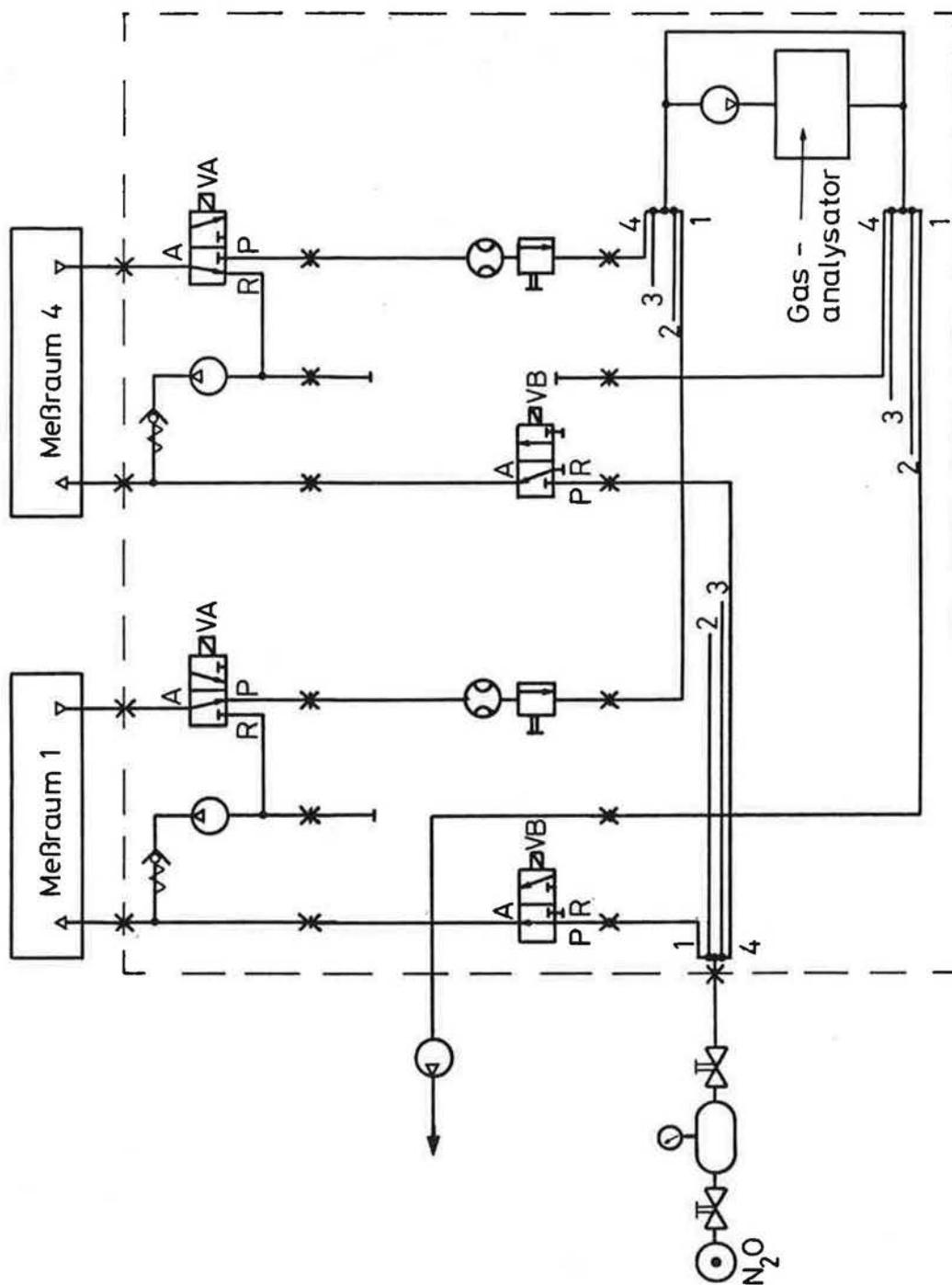


Bild 7 : Pneumatischer Schaltplan in der Vorbereitungsphase

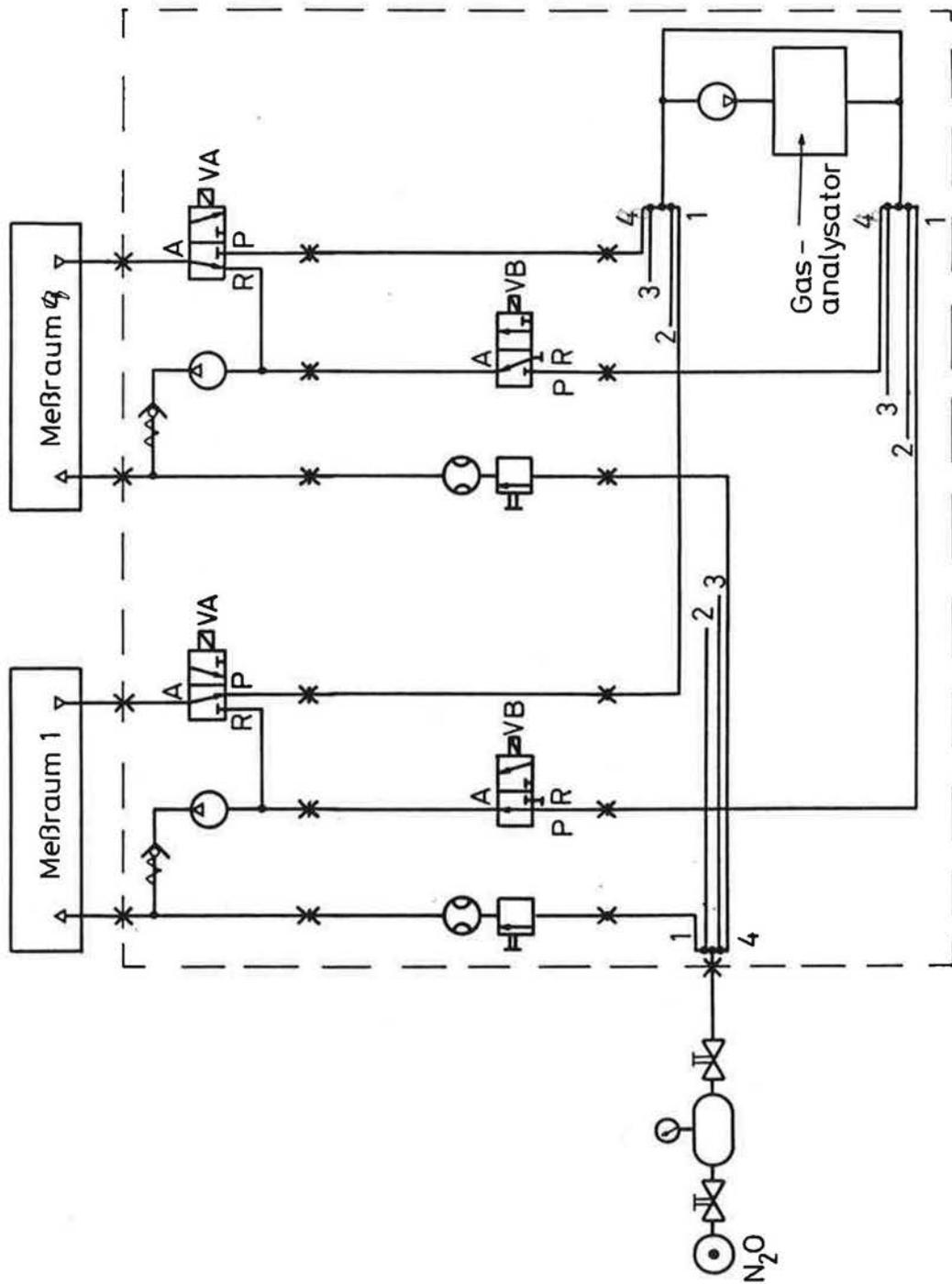


Bild 8 : Pneumatischer Schaltplan in der Meßphase

2.1.2 Pneumatisches Schaltbild

2.1.2.1 Allgemeines

Die Bilder 7 und 8 zeigen das pneumatische Schaltbild der Meßapparatur, aufgeteilt in die Vorbereitungsphase (7) und die Meßphase (8). Die Vorbereitungsphase dient zur Vorbereitung der eigentlichen Messung, die während der anschließenden Meßphase abläuft. Beide Betriebsphasen erfordern eine unterschiedliche pneumatische Anordnung der Einzelkomponenten, die in je einem eigenen Schaltbild beschrieben ist. Zunächst soll jedoch der beiden Betriebsphasen gemeinsame Teil des mobilen Meßstandes und des Gasversorgungswagens erläutert werden.

Der Gasversorgungswagen besteht aus der Druckflasche mit dem Tracergas und einem Druckgefäß. Das Druckgefäß kann über einen Druckminderer mit Handventil von der Gasflasche gefüllt werden. Ein Manometer zeigt den Fülldruck an. Die Verbindung zum mobilen Meßstand wird über ein weiteres Handventil gesteuert.

Im Meßstand befindet sich als wichtigste Komponente der Gasanalysator. Er ist durch einen Bypass überbrückt und je nach Betriebsphase an verschiedene Komponenten angekoppelt.

Jeder Meßraum ist über zwei Schlauchleitungen mit dem Meßstand verbunden. Eine Leitung führt die zu analysierende Raumluft zum Meßstand hin, die andere Leitung dient zur Tracergasinjektion in den Meßraum, sowie zur Rückführung der analysierten Raumluft. Die

Steuerung dieser Gasflüsse übernimmt für jeden Meßraum eine Pumpe, ein 3-Wege-Magnetventil und ein Rückschlagventil. Die genaue Funktion dieser Komponenten wird im folgenden für die einzelnen Betriebsphasen erläutert.

2.1.2.2 Vorbereitungsphase

Die Vorbereitungsphase ermöglicht zwei getrennte Funktionen:

- die Überprüfung des Strömungswiderstands der Gasentnahmeleitungen aus den verschiedenen Meßräumen,
- die anfängliche und einmalige Injektion von Tracergas in die Meßräume für Methode A.

Die Überprüfung der Gasentnahmeleitungen ist erforderlich, wenn mehrere Meßräume zu einem fiktiven Gesamtraum zusammengeschaltet werden. In diesem Fall müssen die bei der Messung aus jedem Raum angesaugten Volumenströme gleich sein. Zu diesem Zweck werden die 3-Wege-Magnetventile für jeden beteiligten Meßkanal auf Durchlaß in Richtung (A-P) gestellt. Zwischen diesen Magnetventilen und dem Gasanalysator befindet sich je ein Durchflußmesser. Er zeigt den Volumenstrom an, den die Ansaugpumpe hinter dem Gasanalysator in jedem Meßkanal erzeugt. Damit können Unterschiede in den einzelnen Kanälen erkannt werden. Eventuell vorhandene Unterschiede sind durch Schlauchklemmen in den Meßleitungen einzuregulieren.

Die zweite Funktion während der Vorbereitungsphase, die Tracergasinjektion, erfordert, daß der Gasversorgungswagen an den Meßstand angekoppelt ist. Der Druckkessel wird manuell mit Tracergas gefüllt, so daß die Füllmenge ausreicht, um in einem Meßraum mit bekanntem Volumen die gewünschte Anfangskonzentration hervorzurufen. Dabei sind die 2-Wege-Magnetventile im Meßstand zwischen der Tracergaszufuhr und den Leitungen in die einzelnen Meßräume geschlossen. Durch Öffnen eines dieser Ventile und des Handrads am Druckgefäß des Gasversorgungswagens kann die im Druckgefäß komprimierte Tracergasmenge in den zugeordneten Meßraum entweichen. Dabei schützen Rückschlagventile die für die Meßphase nötigen Pumpen vor Druckspitzen.

2.1.2.3 Meßphase

Auch in der Meßphase müssen zwei voneinander unabhängige Funktionen parallel ablaufen:

- der Transport der Raumluft vom jeweiligen Meßraum zum Gasanalysator und zurück,
- die bei Methode B mit konstantem Emissionsstrom verlaufende Injektion von Tracergas in die Meßräume.

Der Transport von Raumluft zum Gasanalysator ist mit zwei grundsätzlichen Problemen behaftet, die sich auf die Gestaltung des

Meßstandes auswirken.

Zum einen wird durch die Entnahme von Raumluft für Analysezwecke ein zusätzlicher Luftwechsel erzeugt, dessen Größe über der hier erreichten Meßgenauigkeit liegen kann.

Zum anderen liegt die Laufzeit der transportierten Raumluft vom Meßraum bis zum Meßstand in der Größenordnung von etlichen Sekunden (abhängig von der Schlauchlänge zwischen Meßraum und Meßstand, dem Schlauchinnendurchmesser und der Leistung der Förderpumpe). Wenn - wie bei der Bestimmung des interzonalen Luftaustauschs - Proben aus verschiedenen Einzelräumen in ständigem Wechsel entnommen werden müssen, kann diese Laufzeit zu nicht akzeptablen Totzeiten zwischen den einzelnen Meßwerten führen. Dieses Problem tritt zwar bei den hier beschriebenen Meßmethoden nicht auf, hat jedoch den Entwurf des Meßstandes im Hinblick auf künftige Anwendungen beeinflusst.

Die Auswahl des jeweiligen Meßraums (bzw. der Meßräume) geschieht durch die Stellung des 3-Wege-Magnetventils in der Einlaßleitung für die Raumluft. Soll ein Raum gemessen werden, läßt das Magnetventil in Richtung A-P durch und leitet die Raumluft direkt in den Gasanalysator.

Um durch diese Entnahme keinen zusätzlichen Luftwechsel zu erzeugen, wird die Raumluft nach der Analyse über das entsprechende 2-Wege-Magnetventil in Stellung P-A zur Rückleitung

in den Ursprungraum geführt. Die Magnetventile zu den nicht beteiligten Räumen sind geschlossen (Stellung R-A). Die Förderpumpe sitzt in Flußrichtung hinter dem Gasanalysator, damit eventuelle Ausdünstungen aus der Pumpenmembran nicht direkt in den Analysator gelangen können.

Um Verzögerungen durch lange Laufzeiten zu vermeiden, wird aus allen Räumen ständig Luft angesaugt. Luft aus Räumen, denen momentan keine Probe entnommen wird, fließt über das 3-Wege-Ventil in Stellung A-R direkt über die Förderpumpe in den Raum zurück. Im Meßstand steht so ständig Luft aus allen Räumen zur Analyse zur Verfügung.

Die Injektion von Tracergas in die Meßräume nach Methode B erfordert die Einstellung der Tracergasinjektionsrate. Dazu liegen vier Durchflußmesser zwischen der Tracergaszufuhr und den vier Leitungen in die Meßräume. An den Nadelventilen kann die Injektionsrate manuell eingestellt werden.

2.1.3 Elektrisches Schaltbild

Bild 9 zeigt eine Übersicht über die elektrischen Verbindungen. Es enthält diejenigen Funktionsblöcke von Bild 1, die elektrisch betätigte Komponenten enthalten. Sie wurden zum Teil so zusammengefaßt, wie es ihrer räumlichen Anordnung im Meßstand entspricht.

Der Mikrocomputer bildet den Mittelpunkt des elektrischen Signalflusses. An ihm sind Bildschirm und Tastatur sowie ein zusätzlicher Drucker über die jeweils mitgelieferten Kabel angeschlossen. Die Kommunikation mit dem eigentlichen Meßstand geht über zwei Wege:

- An der seriellen Schnittstelle (COM 1) werden über einen Adapter zwischen dem V.24-Interface und dem Analogausgang des Gasanalysators dessen Meßwerte empfangen.
- Die in den Mikrocomputer eingesteckte digitale I/O-Karte spricht über eine zwischengeschaltete Steuerelektronik die Pumpen und Magnetventile im Pneumatik-Steuergerät und im Betriebsphasenschalter an.

Der Gasanalysator liefert als Ausgangssignal einen Strom zwischen 0 und 20 mA, der der gemessenen Konzentration zwischen 0 und 100 ppm proportional ist. Der Spannungsabfall, den dieser Strom am Innenwiderstand des Interface-Adapters hervorruft, wird dort vom einem Analog-Digital-Wandler digitalisiert. Diese digitalen

Meßwerte werden über eine V.24-Schnittstelle an die serielle Schnittstelle (COM 1) des Mikrocomputers geleitet. Das Betriebsprogramm steuert den Abruf und die weitere Verarbeitung der Meßwerte.

Der Ausgang des Gasanalysators ist mit dem Analog-Eingang des Interface-Adapters über Kabel 2 verbunden und die V.24-Schnittstelle des Interface-Adapters mit der seriellen Schnittstelle des Rechners über Kabel 1.

Die digitale I/O-Karte ist über einen Steckplatz im Inneren des Rechners direkt mit dessen Adress- und Datenbus verbunden. Sie enthält 6 Input/Output-Ports zu je 8 Bit, die vom Betriebsprogramm wie Speicherplätze angesprochen werden können. Es werden 4 Bit für die Steuerung der Gasförderpumpen, 4 Bit für die Steuerung der Magnetventile und 1 Bit für die Ansaugpumpe verwendet. Jedes dieser Bits stellt nach außen ein TTL-Signal (0 - 5 V) dar. Diese Signale werden von der Steuerelektronik auf einen Pegel von 0 - 24 V verstärkt. Damit können die Magnetventile direkt angesprochen werden. Die Pumpen werden mit Netzspannung (220 V Wechselspannung) betrieben und benötigen je ein Relais, das in der Pumpensteuerung im Pneumatik-Steuergerät angesiedelt ist.

Die digitale I/O-Karte ist mit dem Eingang der Steuerelektronik über Kabel 3, der Ausgang der Steuerelektronik mit dem Pneumatik-Steuergerät und dem Betriebsphasenschalter über Kabel 4 verbunden. Kabel 5 sorgt für die Stromversorgung (5 V und 24 V) der Steuerelektronik vom Netzgerät.

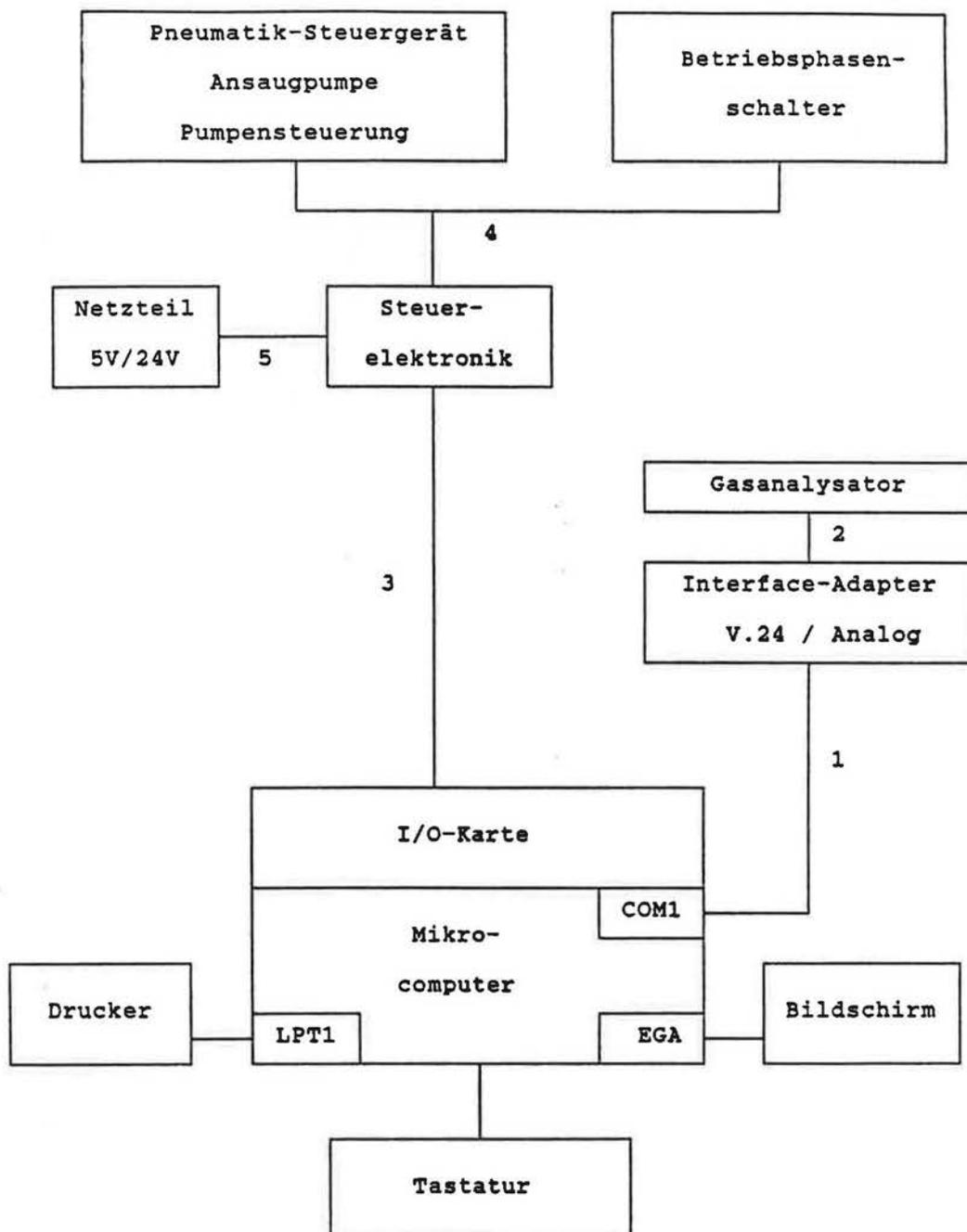


Bild 9 : Elektrischer Schaltplan

2.2 Hauptkomponenten

2.2.1 Tracergasversorgung

Die Gasversorgungseinheit hat die Aufgabe, Tracergas vorrätig zu halten und in definierbaren Mengen für die Injektionen bereitzustellen. Sie ist in den Bildern 2 (Fotografie), 7 und 8 (pneumatische Schaltbilder) dargestellt.

Die Gasversorgungseinheit besteht aus einer handelsüblichen Druckflasche mit dem Tracergas, einem Druckgefäß und verschiedenen Armaturen. Diese Komponenten sind auf einem Sackkarren montiert, um einen leichten Transport zu ermöglichen.

Druckflaschen mit 10 l Inhalt haben sich als ausreichend erwiesen; es lassen sich aber auch größere Druckflaschen auf dem Sackkarren anbringen. Die Druckflasche gehört als Verbrauchsmaterial nicht zum Lieferumfang. Das gilt auch für den an der Druckflasche angebrachten Flaschendruckminderer. Es wird hier für das Tracergas N_2O ein Modell der Firma MESSER GRIESHEIM (Sachnummer 71700941) für einen Arbeitsdruck bis zu 10 bar empfohlen.

Der Flaschendruckminderer speist direkt das Druckgefäß. Es besitzt ein Volumen von 3,11 l. Der Fülldruck kann an einem Manometer der Genauigkeitsklasse 1 abgelesen und durch ein Sicherheitsventil begrenzt werden. Der Druck, bei dem das Sicherheitsventil anspricht ist auf ca. 11 bar eingestellt.

Die Verbindung vom Druckgefäß zum Meßstand wird durch einen Schlauch mit einer Schnellkupplung hergestellt.

2.2.2 Betriebsphasenschalter

In Abschnitt 2.1.2 wurde bei der Erläuterung des pneumatischen Schaltbildes bereits dargestellt, daß die Anordnung der Komponenten im Meßstand zwei unterschiedliche Konfigurationen (Vorbereitungsphase und Meßphase) annehmen kann. Aus den Bildern 7 und 8 ist ersichtlich, daß pro Kanal sechs pneumatische Verbindungen vorhanden sein müssen, um die Durchflußmesser, die 2-Wege-Magnetventile, die Ansaugpumpe und diverse Schlauchverbindungen an die jeweils richtige Stelle im Weg des gewünschten Gasflusses zu bringen.

Diese Verbindungen für die zwei Phasen schnell und zuverlässig herzustellen, ist Aufgabe des Betriebsphasenschalters. Er besteht aus zwei übereinander angeordneten beweglichen Platten, von denen die untere mit einer Handspindel verschoben, die obere mit einem Hebel über eine Exzenterwelle gehoben und gesenkt werden kann. Die pneumatischen Verbindungen selbst bestehen aus Einhand-Schnellkupplungen, bei denen die automatische Verriegelung entfernt wurde. Je nach Stellung der durch die Handspindel betätigten unteren Platte befindet sich der Meßstand in der Vorbereitungs- oder in der Meßphase. Zur Umschaltung zwischen beiden Phasen muß die obere Platte mit dem Hebel angehoben, die untere Platte mit der Handspindel verschoben und die obere Platte wieder gesenkt werden.

Auf der unteren Platte ist ein Pfeil angebracht, der in der Vorbereitungsphase auf einen roten und in der Meßphase auf einen grünen Punkt zeigt.

Ebenfalls zum Betriebsphasenschalter gehören die 2-Wege-Magnetventile, die in der Vorbereitungsphase die Injektion des Tracergases in die einzelnen Räume (Meßmethode A) und in der Meßphase den Rückfluß der analysierten Raumluft steuern (siehe Abschnitt 2.1.2).

2.2.3 Pneumatik - Steuergerät

Das Pneumatik-Steuergerät steuert den Gasfluß zu und von den einzelnen Meßräumen. Es erfüllt folgende Aufgaben :

1. Einleitung des zu injizierenden Tracergases in die Meßräume.
2. Förderung der Raumluft aus den Meßräumen in den Meßstand und zurück.
3. Steuerung der aus den Meßräumen angesaugten Raumluft entweder zum Gasanalysator oder direkt zurück zu den Meßräumen.

Die Notwendigkeit dieser Aufgaben ergibt sich aus den Erläuterungen im Abschnitt 2.1.2.

Da bei der Einleitung des zu injizierenden Meßgases nach Meßmethode A kurzzeitige Druckspitzen auftreten können, wurde zum Schutz der übrigen Komponenten ein Rückschlagventil für jeden Kanal installiert.

Die Förderung der Raumluft wird durch Membranpumpen bewerkstelligt. Sie sind so angeordnet, daß sie ständig Raumluft aus jedem Meßkanal ansaugen, unabhängig davon, ob diese Raumluft gerade analysiert wird oder nicht.

Die Entscheidung, aus welchem Meßraum im Moment Analysewerte entnommen werden, trifft man durch das 3-Wege-Magnetventil direkt hinter dem Einlaß der Raumluft. Je nach seiner Stellung fließt die Raumluft zum Gasanalysator oder direkt in den Raum zurück.

Das Pneumatik-Steuergerät enthält darüber hinaus noch die Ansaugpumpe für die Überprüfung der Gasentnahmeleitungen aus den Meßräumen sowie die Pumpensteuerung. Die Pumpensteuerung besteht im wesentlichen aus einem Relais für jede Pumpe, das von der Steuerelektronik angesprochen wird und die 220 V-Stromversorgung der Pumpen steuert.

2.2.4 Durchfluß - Kontrollgerät

Das Durchfluß - Kontrollgerät erlaubt die Kontrolle und Steuerung der Gasflüsse im Meßstand. Es enthält für jeden Kanal einen

Durchflußmesser der Firma ROTA für die Anzeige von Volumenströmen zwischen 8 und 80 l/h (Kleinrotameter MNVR.03 mit Meßrohr M 4). Die Durchflußmesser sind mit einem Nadelventil zur Drosselung und mit einem Differenzdruckregler zur Konstanthaltung des Gasflusses ausgestattet.

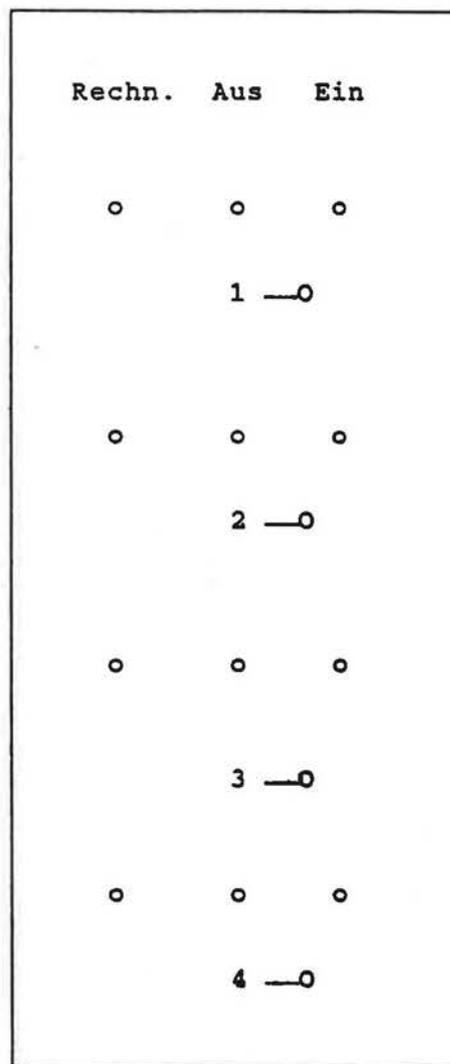
In der Vorbereitungsphase dient das Durchfluß - Kontrollgerät zur Überprüfung der Gasentnahmeleitungen. Es zeigt den von den Förderpumpen hervorgerufenen Volumenstrom an, der aus jedem Meßraum angesaugt wird.

In der Meßphase wird mit dem Nadelventil an den Durchflußmessern der Volumenstrom des injizierten Tracergases (Meßmethode B) für die einzelnen Meßkanäle manuell eingestellt.

2.2.5 Steuerelektronik / Spannungsversorgung

Die Steuerelektronik hat die Aufgabe, die von der digitalen I/O-Karte gelieferten Signale vom TTL-Pegel (0 - 5 V) auf den für die Steuerung der Magnetventile und die Pumpensteuerung benötigten Spannungspegel (0 - 24 V) zu verstärken.

Sie besteht aus einem Baugruppenträger mit drei Europakarten und Steckanschlüssen auf der Rückseite. Jede Europakarte enthält die Treiberverstärker und Bedienungselemente für bis zu vier Magnetventile oder Pumpen.



LED	LED	LED
gelb	rot	grün
	Schalter	

Bild 10 : Frontplatte einer Europakarte der Steuerelektronik

Die linke Europakarte steuert die Magnetventile. Da in jedem Kanal das 3-Wege-Ventil (VA) im Pneumatik-Steuergerät und das 2-Wege-Ventil (VB) im Betriebsphasenschalter gleichzeitig geschaltet werden, ist nur ein Treiberverstärker für beide Ventile nötig. Die Steuerung der Magnetventile für vier Kanäle findet so auf einer Europakarte Platz.

Die mittlere Europakarte enthält die Treiberverstärker für die vier Förderpumpen im Pneumatik - Steuergerät. Die Ausgangssignale sprechen dort die 220 V - Schaltrelais der Pumpensteuerung an.

Die rechte Europakarte steuert die Ansaugpumpe, ebenfalls über die Pumpensteuerung im Pneumatik - Steuergerät. Die unteren drei Treiberverstärker sind in dieser Ausbaustufe unbelegt und stehen für spätere Erweiterungen zur Verfügung.

Somit befindet sich die Steuerung der Magnetventile auf der linken, die der Förderpumpen auf der mittleren und die der Ansaugpumpe auf der rechten Europakarte. Bild 10 zeigt die Frontplatte der Steuerelektronik, bzw. einer Europakarte.

Der Betriebszustand jedes Verstärkers wird durch zwei Leuchtdioden angezeigt (grün/rot für ein/aus). Für Diagnosezwecke ist es auch möglich, die Ausgangssignale der Verstärker von Hand zu steuern. Dafür steht je ein Schalter mit den drei Stellungen Rechnersteuerung, Handsteuerung Ausgang Ein, Handsteuerung Ausgang Aus zur Verfügung. Eine weitere Leuchtdiode (gelb) zeigt

an, ob Rechnersteuerung oder Handsteuerung vorliegt.

Die Stromversorgung der Steuerelektronik übernimmt ein externes Netzgerät. Es handelt sich um eine Doppelnetzgerät der Firma CONRAD-Elektronik (TNG 235). Die beiden Ausgangsspannungen wurden auf 5 V und auf 24 V fest eingestellt. Es kann ein Strom von je 2,5 A abgegeben werden.

Auf der Rückseite der Steuerelektronik befinden sich je zwei Steckbuchsen für die Stromversorgung (5 V und 24 V) und drei numerierte 25-polige DSUB-Stecker für die Signal-Eingänge und-Ausgänge. Die Eingangssignale der Steuerelektronik (TTL-Ausgangssignale der digitalen I/O-Karte) liegen an Stecker 1, die Ausgangssignale an Stecker 3. Stecker 2 ist nicht belegt.

2.2.6 Gasanalysator

Als Gasanalysator findet der Typ UNOR 6N der Firma MAIHAK mit einem Meßbereich von 0 - 100 ppm N_2O Verwendung. Er arbeitet nach dem Prinzip der nichtdispersiven Infrarot-Absorption. Durch die Konzeption des Meßprinzips wird eine hohe Meßempfindlichkeit bei N_2O und eine geringe Querempfindlichkeit gegenüber anderen in der Raumluft enthaltenen Gasen einschließlich Wasserdampf erreicht. Die genaue Gerätebeschreibung findet sich im Anhang (C 2.).

2.2.7 Interface-Adapter

Der Interface-Adapter wandelt das analoge Ausgangssignal des Gasanalysators in digitale Werte um, die über die serielle Schnittstelle in den Rechner eingelesen werden können.

Er ist eine Entwicklung der Universität-GH-Siegen und stellt einen eigenständigen Mikrocomputer dar. Die Hauptbestandteile sind ein analoger 8-Kanal-Multiplexer, ein 10-Bit Analog-Digital-Wandler, eine CPU der Reihe 68008, ein Parallel-Seriell-Wandler und ein V.24-Schnittstellentreiber sowie ein eigenes Monitorprogramm.

Der 8-Kanal-Multiplexer ermöglicht neben dem Ausgangssignal des Gasanalysators die Abtastung weiterer analoger Meßgrößen. Diese Funktion wird bei den hier beschriebenen Meßmethoden nicht genutzt, sie erleichtert aber spätere Erweiterungen, z. B. auf mehrere Tracergase.

Der Interface-Adapter wird ausschließlich vom Betriebsprogramm des Rechners bedient. Er verfügt über keinerlei Bedienungselemente, außer einer Leuchtdiode, die die Betriebsbereitschaft anzeigt und einem Reset-Knopf zum Neustart der internen CPU. Dies ist im Normalbetrieb jedoch nicht nötig.

2.2.7 Mikrocomputer und Peripherie

Der Mikrocomputer übernimmt die Steuerung der gesamten Messung

während der Vorbereitungs- und der Meßphase über seine digitale I/O-Karte. Er übernimmt ebenfalls die Erfassung der Meßwerte des Gasanalysators und die grafische Darstellung und Auswertung der Ergebnisse.

Als Steuercomputer ist jeder IBM-AT-kompatible Rechner geeignet, der über eine EGA-Karte (640 x 350 Bildpunkte), eine Multifunktions-tastatur II und einen Coprozessor 80287 verfügt. Ein Monochrom-Monitor ist ausreichend, es kann aber auch ein Farbmonitor eingesetzt werden.

Bei der vorliegenden Meßapparatur wird ein Gerät der Firma COMPAQ (Typ DESKPRO 286) verwendet. Seine genaue Gerätebeschreibung findet sich in den Herstellerunterlagen.

Ein Drucker zur Ausgabe der Ergebnisse ist nicht im Lieferumfang enthalten. Es wird ein 24-Nadel-Drucker der Firma NEC vom Typ P 2200 empfohlen.

Die digitale I/O-Karte ist in einem freien Steckplatz des Rechners angebracht. Die Ein-/Ausgänge sind von der Rückseite her zugänglich. Es findet hier eine I/O-Karte auf der Basis des programmierbaren Input/Output Interface Chips 8255 der Firma INTEL Verwendung. Sie wird von der Firma IMPEC unter der Bezeichnung TTL48 geliefert und verfügt über 48 Ein-/Ausgabe-Leitungen, von denen hier 9 als Ausgabeleitungen für die Steuerung der Magnetventile, der Förderpumpen und der Ansaugpumpe definiert sind. Die restlichen Leitungen stehen für spätere Erweiterungen zur Verfügung.

3. MESS- UND AUSWERTUNGSPROGRAMME

3.1 Generelle Hinweise

Die Programme zur Durchführung von Messungen und zur Auswertung der erhaltenen Meßdaten sind wesentliche Bestandteile des Meßsystems MULTI - CAT. Neben der Steuerung des Meßvorgangs ermöglichen sie die Aufzeichnung, Auswertung und Ergebnisdarstellung zu den gemessenen Konzentrationsverläufen.

Demgemäß gibt es zwei Programme :

- das Betriebsprogramm MEASURE, das den Ablauf des Meßvorgangs steuert, die Rohdaten aufzeichnet und eine erste Ergebnisdarstellung vornimmt, und
- das Auswertungsprogramm EVALUATE, das eine gezielte Analyse bereits abgespeicherter Meßdaten ermöglicht.

Beide Programme basieren auf der Theorie zu den Meßverfahren A und B (siehe Abschn. 1) und auf den in [1] hierzu geschriebenen FORTRAN - Codes. Sie wurden mit wesentlichen Verbesserungen hinsichtlich der Benutzerführung, des Transfers von Meßdaten und der Ergebnisdarstellung in TURBO - PASCAL übersetzt und als unter dem Betriebssystem MS-DOS 3.2 ausführbare Programme auf der Festplatte des Mikrocomputers installiert. Daneben gibt es eine im Anhang (Teil C, 6.) befindliche Diskette, von der die Programme

MEASURE.EXE und EVALUATE.EXE aufgerufen werden können. Auf dieser Diskette ist unter README.DOC die dazugehörige Installationsanleitung verfügbar.

Außerdem enthält diese Diskette die in TURBO - PASCAL verfasste Quellcode - Version des Programms, das die üblicherweise gewählte grafische Darstellung und mathematische Auswertung eines gemessenen Datenfiles beschreibt. Dieses Programm mit dem Namen SHOWRES.PAS soll die Art und Weise der Ergebnisdarstellung verdeutlichen, und es soll als Anleitung bzw. Beispiel für ähnliche, leicht abgeänderte Darstellungsprogramme dienen, die der Benutzer möglicherweise selbst erstellen will. Unter ADDPRG.DOC wird dargelegt, wie ein solches vom Benutzer geändertes Darstellungsprogramm in die gesamte Programmsequenz eingefügt werden kann.

Das Copyright aller Programme liegt bei Prof. Heidt.

Für den Meßstand, bzw. Microcomputer ist lediglich die Anfertigung von Sicherungskopien erlaubt. Die auf der Diskette enthaltenen Programme könnten außerdem i.a. für einen anderen analog aufgebauten Meßstand nicht ausgeführt werden.

3.2 Programm MEASURE

Das Programm MEASURE dient zur Durchführung von Messungen einschließlich der Erfassung und ersten Auswertung der dabei gewonnen Daten. Es besteht aus vier Teilen:

- Eingabe von Gebäudedaten und Parametern des Meßablaufs,
- Durchführung der Vorbereitungsphase,
- Durchführung der Meßphase,
- vorläufige Auswertung der Messung.

Die anfängliche Eingabe umfaßt u.a. Informationen über Art und Dauer der Messung und eine Beschreibung der Meßräume.

In der Vorbereitungsphase werden die Gasentnahmeleitungen von den Meßräumen auf gleichen Durchfluß überprüft und ggf. Tracergas injiziert.

In der Meßphase wird laufend die Tracergas-Konzentration in den Meßräumen erfaßt, gespeichert und grafisch dargestellt.

Die vorläufige Auswertung der Meßdaten besteht in einer Parameterschätzung durch lineare Regression, Berechnung der Luftwechselzahl, Fehlerabschätzung und grafischen Darstellung der Auswertungsergebnisse.

Zur Fehlerabschätzung wurden hier zwei Berechnungsmethoden eingesetzt :

1. Der mittlere Fehler der berechneten Koeffizienten einer linearen Regression. Aus ihm läßt sich der statistische mittlere Fehler δn der aus den Koeffizienten erhaltenen Luftwechselzahl n bestimmen.
2. Die mittlere Abweichung δc der Konzentrations-Meßwerte $c_m(i)$ von der durch lineare Regression ermittelten exponentiellen Konzentrationsfunktion $c_a(i)$:

$$\delta c = (1/N) * \sum |c_m(i) - c_a(i)| \quad (5)$$

$$c_a(i) = A * \exp(-n * t_i) + B \quad (6)$$

Dabei ist N die Anzahl der Meßwerte und A , B sind aus der Regressionsrechnung ermittelte Größen. Das Argument i repräsentiert die Meßzeit t_i des i -ten Meßwerts.

Bei der Gestaltung dieses Programms wurde auf eine komfortable Bedienerführung Wert gelegt. So werden für die anfängliche Eingabe verschiedene Editierfunktionen angeboten. Über eine eingebaute Hilfe-Funktion sind jederzeit detaillierte Informationen über die Bedienung des Programms und die Durchführung der Messung verfügbar.

3.3 Programm EVALUATE

Das Programm EVALUATE dient der nachträglichen Auswertung von Meßergebnissen. Seine Funktionen entsprechen denen der Vorauswertung im Programm MEASURE, werden aber ergänzt durch weitere Fehlerabschätzungen, die den Einfluß der Eingabeparameter für die Räume und der Versuchsbedingungen auf die Ergebnisse wiedergeben. Wegen der dazugehörigen Theorie wird auf [3] verwiesen.

Außerdem besteht die Möglichkeit, nur Teilbereiche der Meßwerte zu analysieren. Dies ist von Vorteil, wenn sich während einer Messung die Versuchsbedingungen geändert haben (z.B. Fenster geöffnet) und die Luftwechselzahl vor und nach dieser Änderung getrennt ermittelt werden soll.

4. LITERATURHINWEISE

- [1] Werner, H.: Computergesteuerter Betrieb eines Infrarot-Gasanalysators zur Messung von Gasaustauschraten. Diplomarbeit, Fachbereich Physik, Universität - GH - Siegen, 1984.
- [2] Charlesworth, P.S.: Air Exchange Rate and Airtightness Measurement Techniques - An Applications Guide. AIVC (Air Infiltration and Ventilation Centre), August 1988.
- [3] Heidt, F.D. and Werner, H.: Microcomputer-aided Measurement of Air Change Rates. ENERGY AND BUILDINGS, 9 (1986),p. 313 - 320.
- [4] Heidt, F.D.: Zur Messung des Luftwechsels mit Spurengasmethoden. BAUPHYSIK 9 (1987), Heft 6, S. 272 - 278.

TEIL B:

BENUTZER - HANDBUCH

1. ALLGEMEINE BEMERKUNGEN

Das Ziel dieses Handbuchs ist es, den Benutzer soweit in das Meßsystem MULTI - CAT einzuführen, daß er dessen prinzipielle Wirkungsweise versteht und damit seine geplanten Messungen durchführen kann.

Dazu gehört sowohl ein Verständnis der Hardware, d.h. der Meßapparatur (bestehend aus Gasversorgung und mobilem Meßstand), als auch der Arbeitsweise der Betriebs- und Auswertungssoftware.

Beide sind im TEIL A, dem TECHNISCHEN HANDBUCH, mit der erforderlichen Detaillierung beschrieben.

Das hier vorliegende BENUTZER - HANDBUCH enthält die wesentlichen Instruktionen darüber,

- welche Maßnahmen vor Beginn einer Messung getroffen werden müssen,
- welche Vorgänge während einer Messung zu steuern sind, und
- welche Tätigkeiten erforderlich sind, um einmal gemessene Daten erneut darzustellen und auszuwerten.

Außerdem informiert dieses Handbuch über eventuell erforderliche Maßnahmen zur Wartung, sowie zur Beseitigung kleinerer Betriebsstörungen und zur Reparatur von Defekten.

2. VORBEREITUNG VON MESSUNGEN

Bevor mit einer Messung begonnen werden kann, sind in den Meßräumen und bei der Meßapparatur einige Vorbereitungen erforderlich.

In jeden Meßraum sind zwei Schläuche zu verlegen. Sie werden an der Rückseite des Meßstandes am Pneumatik-Steuergerät angeschlossen. Ein Schlauch dient zum Ansaugen der Raumluft, der andere zur Rückführung der Raumluft und zum Einleiten des Tracergases. Im Meßraum sind die Schlauchenden so anzubringen, daß eine möglichst gute Durchmischung der Raumluft erreicht wird. Dies kann durch die Anwendung von Ventilatoren unterstützt werden. Weiterhin ist das Volumen jedes Meßraums zu ermitteln.

Am Meßstand selbst muß der Gasanalysator mindestens 30 Minuten vor Beginn der Meßwerterfassung eingeschaltet werden.

Bei Bedarf können die elektrischen Funktionen des Meßstandes überprüft werden. Es empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

Überprüfung der Speisespannungen am Netzgerät:

Die Voltmeter müssen 5 V und 24 V anzeigen.

Überprüfung der Magnetventile und Pumpen:

1. Magnetventile

Am linken Bedienungsfeld der Steuerelektronik (siehe Bild 10) werden die Schalter in Mittelstellung gebracht, so daß nur die rote Leuchtdiode brennt (Aus) . Legt man den Schalter nach rechts (Ein), so muß anstelle der roten die grüne Leuchtdiode brennen und die Magnetventile müssen hörbar schalten. Beim Zurückschalten auf die Mittelstellung (Aus) fallen die Magnetventile ebenso hörbar ab.

2. Förderpumpen

Die Überprüfung der Förderpumpen verläuft ebenso wie bei den Magnetventilen, wenn die Schalter des mittleren Bedienungsfeldes der Steuerelektronik betätigt werden.

3. Ansaugpumpe

Die Ansaugpumpe kann mit dem obersten Schalter des rechten Bedienungsfeldes überprüft werden. Die drei unteren Schalter sind nicht belegt.

Vor Beginn der Messung müssen alle Schalter nach links gelegt werden, so daß die gelbe Leuchtdiode brennt (Rechn.). Magnetventile und Pumpen können jetzt vom Rechner gesteuert werden. Die rote bzw. grüne Leuchtdiode zeigt weiterhin den Schaltzustand an.

3. DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN

Die Durchführung einer Messung beginnt mit dem Start des Programms MEASURE. Es enthält eine ausführliche Bedienerführung und bei Bedarf abrufbare Hilfeseiten. Dort werden alle Anweisungen zur Bedienung der Meßapparatur gegeben.

Die Durchführung einer Messung umfaßt vier Schritte:

- Eingabe von Gebäudedaten und Parametern des Meßablaufs,
- Durchführung der Vorbereitungsphase,
- Durchführung der Meßphase,
- vorläufige Auswertung der Messung.

Sie werden im Folgenden besprochen.

3.1 Eingabe

Die Eingabeparameter für den Meßablauf sind:

- die Meßmethode (A oder B),
- die Meßdauer,
- der Abstand der einzelnen Meßwerte,
- eine minimale Konzentration zum vorzeitigen Abbruch der Messung.

Die Eingaben für Meßdauer und Meßwertabstand müssen so bemessen sein, daß sich insgesamt nicht mehr als 1800 Meßwerte ergeben. Die minimale Konzentration ist eine untere Schwelle, bei deren Unterschreiten die Messung schon vor Erreichen der Meßdauer abgebrochen wird.

An Gebäudedaten werden für jeden Meßraum die Bezeichnung, das Volumen und die Nummer des zugeordneten Kanals im Meßstand abgefragt.

Diese Angaben können auch in einer Datei gespeichert werden, die bei Beginn des Programmlaufs eingelesen werden kann.

Weiterhin kann der Bediener bereits jetzt entscheiden, ob am Ende der Messung eine vorläufige Auswertung der Meßdaten erfolgt und in welcher Form die Ergebnisse ausgegeben werden. Diese Entscheidung kann aber auch bis nach der Messung verschoben werden. Im ersten Fall läuft das Meßprogramm nach Beendigung dieser Eingaben automatisch ab, im zweiten Fall kann der Bediener nach Kenntnis der Messung noch eingreifen.

3.2 Vorbereitungsphase

Die Vorbereitungsphase umfaßt die Überprüfung des Interface-Adapters und der Schlauchleitungen, mit denen die Raumluft aus den einzelnen Meßräumen angesaugt wird sowie Maßnahmen zur Tracergasinjektion.

Als erstes muß der Betriebsphasenschalter in die Stellung für die Vorbereitungsphase gebracht werden. Die Bedienung des Betriebsphasenschalters ist im Technischen Handbuch, Abschnitt 2.2.2, erklärt.

Die Überprüfung des Interface-Adapters geschieht automatisch. Falls eine Fehlermeldung erscheint, ist das Kabel 1 (siehe Technisches Handbuch, Bild 9 : Elektrischer Schaltplan) zu überprüfen und/oder der Reset-Knopf am Interface-Adapter zu drücken. Danach kann im Programm fortgefahren werden. Ein Reset kann erforderlich sein, wenn das Meßprogramm während der Meßwerterfassung abgebrochen wurde.

Die Überprüfung der Schlauchleitungen ist notwendig, wenn mehr als ein Meßraum vorhanden ist (siehe Technisches Handbuch, Abschnitt 2.1.2.2). Dazu sind diese Leitungen zunächst vom Meßstand abzukoppeln. Die Handventile der Durchflußmesser an der Vorderseite des Meßstands werden nun so eingestellt, daß sich für alle Meßkanäle der gleiche Durchfluß ergibt. Damit ist sichergestellt, daß innerhalb des Meßstandes die Strömungswiderstände gleich sind. Nun werden die Schlauchleitungen wieder angeschlossen. Die Durchflußmesser zeigen jetzt niedrigere und im allgemeinen unterschiedliche Werte an. Durch Anbringen von Schlauchklemmen müssen nun auch die Schlauchleitungen auf gleichen Strömungswiderstand gebracht werden. Dabei darf die Stellung der Handventile an den Durchflußmessern nicht mehr verändert werden !

Die Maßnahmen zur Tracergasinjektion unterscheiden sich je nach

der gewählten Meßmethode.

Bei Methode A (concentration decay, einmalige Injektion) erfolgt hier die anfängliche und einmalige Injektion des Tracergases. Dies geschieht interaktiv nach den Abfragen und Angaben des Meßprogramms. Für jeden Raum ist zunächst die gewünschte Anfangskonzentration des Tracergases einzugeben, wobei im allgemeinen vom voreingestellten Wert Gebrauch gemacht werden kann. Daraus und aus dem Raumvolumen berechnet das Meßprogramm den Druck, bei dem das Druckgefäß der Tracergasversorgung die zur Injektion notwendige Gasmenge enthält. Außerdem wird das Magnetventil VB (siehe Technisches Handbuch, Abschnitt 2.1.2.2) für den entsprechenden Raum geöffnet. Das Druckgefäß ist nun von Hand mit der entsprechenden Tracergasmenge zu füllen. Dabei muß das Handventil zwischen Druckgefäß und Meßstand geschlossen sein. Nach Erreichen des vom Programm spezifizierten Drucks wird das Ventil am Druckminderer der Gasflasche geschlossen und das Handventil zwischen Druckgefäß und Meßstand geöffnet. Das Tracergas entweicht aus dem Druckgefäß und wird vom Meßstand über die Schlauchleitung in den entsprechenden Meßraum geleitet. Nachdem diese Prozedur für alle beteiligten Räume durchgeführt wurde, ist die Vorbereitungsphase für die Meßmethode A beendet.

Bei Methode B (constant emission) wird das Tracergas kontinuierlich während der Meßphase injiziert. Die Injektionsraten für die einzelnen Räume müssen allerdings schon während der Vorbereitungsphase bestimmt werden.

Bei nur einem Meßraum berechnet das Meßprogramm eine Injektionsrate, die einerseits im Meßbereich der Durchflußmesser liegt und bei der andererseits die Endkonzentration im stationären Fall c_* (siehe Technisches Handbuch, Abschnitt 1, Gleichung (4)) den Meßbereich des Gasanalysators nicht überschreitet. Diese Injektionsrate kann vom Bediener im Rahmen der aufgezeigten Grenzen variiert werden.

Werden mehrere Meßräume zu einem fiktiven Gesamtraum zusammengeschaltet, so ist eine Ermittlung der Luftwechselzahl nach Abschnitt 1 des Technischen Handbuchs, Gleichung (3), nur dann sinnvoll, wenn die Injektionsraten so gewählt sind, daß sich in allen Meßräumen die gleiche Endkonzentration einstellt. Das Meßprogramm errechnet hier für den größten und den kleinsten Raum die entsprechenden Injektionsraten unter den gleichen Einschränkungen wie oben.

Damit ist für Meßmethode B die Vorbereitungsphase beendet.

3.3 Meßphase

In der Meßphase werden die Meßwerte erfaßt, graphisch dargestellt und nach dem Ende der Messung in einer Datei gespeichert.

Zunächst muß der Betriebsphasenschalter in die Stellung für die Meßphase gebracht werden. Die Bedienung des Betriebsphasenschalters ist im Technischen Handbuch, Abschnitt 2.2.2, erklärt.

Das Meßprogramm aktiviert dann die entsprechenden Magnetventile und Förderpumpen. Die Meßwerterfassung beginnt erst nach einer Wartezeit, die die Laufzeit der angesaugten Raumluft durch die Schlauchleitungen überbrückt. Die einzelnen Meßwerte werden graphisch dargestellt, so daß der Verlauf der Messung visuell verfolgt werden kann. Die Messung endet, wenn entweder die Meßdauer erreicht oder die Minimalkonzentration unterschritten ist.

Die Meßphase endet mit der Ablage der Meßwerte in einer Datei.

3.4 Vorläufige Auswertung

Die vorläufige Auswertung der Messung umfaßt die Berechnung der Luftwechselzahl, verschiedener Fehlermaße (Technisches Handbuch, Abschnitt 3.2) und die Ausgabe dieser Ergebnisse in verschiedener Form.

Diese Vorauswertung läuft automatisch ab, wenn die erforderlichen Eingaben bereits vor der Vorbereitungsphase gesetzt wurden. Andernfalls werden sie vom Meßprogramm interaktiv abgefragt.

4. AUSWERTUNG UND ERGEBNISDARSTELLUNG

Zur Auswertung und Darstellung der Ergebnisse dient das Programm EVALUATE. Nach seinem Start können zunächst vom Programm MEASURE erzeugte Datenfiles mit Meßwerten eingelesen werden.

Danach stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- grafische Darstellung der Meßwerte mit vorgebbaren Abszissen- und Ordinatenachsen,
- Parameterschätzung des zugrundeliegenden mathematischen Modells durch Regressionsrechnung für den gesamten Datensatz oder für ausgewählte Abschnitte,
- Fehlerrechnung nach verschiedenen Kriterien,
- Druckerausgabe der Ergebnisse.

Die einzelnen Optionen können vom Bediener ausgewählt werden. Auch hier ist eine komfortable Bedienerführung vorhanden.

5. WARTUNG UND REPARATUREN

Die Meßmethoden und die zugehörige Meßapparatur sind so beschaffen, daß sie fast keine Wartung benötigen. Eine Ausnahme bilden lediglich der Gasanalysator und die Tracergasversorgung.

Letzere benötigt von Zeit zu Zeit neues Meßgas :

100 Messungen in einem Raum von 100 m³ entsprechen für die Methode A bei einer Konzentration von 100 ppm N₂O theoretisch einem Verbrauch von ca. 1,8 kg Lachgas. In der Praxis muß wohl von einem etwas höheren Bedarf ausgegangen werden. Für die Methode B muß die Dauer der Messungen in die Verbrauchsschätzung eingeführt werden.

Der Gasanalysator sollte in regelmäßigen Abständen (monatlich) durch Eichgasmessungen bezüglich seiner Anzeige überprüft werden. Etwaig erforderliche Gerätejustierungen sind in Teil C, Abschnitt 2, beschrieben.

Um den Gasanalysator vor möglicherweise in der Raumluft enthaltenen Schwebstoffen, wie z.B. Staub oder Rauchpartikeln zu schützen, ist in seiner Gaseintrittsleitung ein weißes Papierfilter sichtbar angebracht. Es ist bei Verschmutzung zu ersetzen.

Alle gasführenden Volumina und Verbindungsstrecken der Meßapparatur müssen absolut dicht sein, damit etwaige unkontrollierte Emissionen oder Lecks keine virtuellen Luftwechsel vortäuschen

können. Deshalb wurde beim Zusammenbau der Apparatur mit großer Sorgfalt auf Dichtigkeit geachtet, und die Verbindungsstellen wurden durch Drucktests überprüft. Es wird empfohlen, die Dichtigkeit in größeren Zeitabständen (z.B. jährlich) zu testen. Dies kann in einfacher Weise dadurch geschehen, daß zunächst die Meßkanäle mit Tracergas gefüllt und verschlossen werden. Anschließend sind die Verbindungsstellen der Meßapparatur mit der Ansaugleitung des Gasanalysators zu untersuchen. Die Beseitigung möglicher Lecks geschieht dann durch bessere Verschraubung oder durch den Einsatz von Dichtmaterial oder Klebstoffen.

Beim Ausfall elektrischer Komponenten des Meßstands ist zuerst zu überprüfen, ob

- die entsprechenden Gerätesicherungen intakt sind und
- die beteiligten Verbindungskabel vollständig funktionieren.

Zur Erleichterung der Prüftätigkeit und eventueller Ersatzbeschaffung enthalten die Listen 1.4 und 1.5 in der ANLAGE die notwendigen Spezifikationen.

Tritt allerdings ein anderer wesentlicher funktioneller Defekt einer Komponente der Meßapparatur auf, so sollte man sich an den entsprechenden Hersteller oder Lieferanten dieser Komponenten wenden. Zu diesem Zweck sind in den Listen 1.2 und 1.3 der ANLAGE die wichtigsten Informationen verzeichnet.

TEIL C:
ANLAGEN

LISTE 1.1

 KOMPONENTEN DER MESSAPPARATUR
 - VERBINDUNGEN / ZUORDNUNGEN -

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	verbunden mit	Bestandteil von
1	1	Meßstandrahmen mit Zwischenböden und Lenkrollen	---	Meßstand
2	1	Tracergaswagen mit Druckgefäß und Armaturen	Meßstand MCU *	---
3	1	Mikrocomputer mit Tastatur und Bildschirm	Adapter (V.24/Analog) I/O - Karte	---
4	1	Drucker	Mikrocomputer	---
5	1	I/O - Karte	Steuer- elektronik	Mikro- computer
6	1	Interface-Adapter: V.24/Analogausgang	Mikrocomputer Gasanalysator	---
7	1	Gasanalysator - UNOR 6N -	Adapter (V.24/Analog) MCU *	---
8	1	Steuerelektronik	I/O - Karte MCU * ISCU * Ansaugpumpe	---
9	1	Netzgerät	Steuer- elektronik	---
10	4	Magnetventile	---	ISCU *
	8	Magnetventile	---	MCU *
11	4	Pumpen	Pumpen- steuerung	ISCU *
	1	Ansaugpumpe		
12	1	Pumpen- steuerung	Steuer- elektronik Pumpen	ISCU *
13	4	Durchflußmesser mit Feinventil	MCU * Durchfluß- wächter	FCU *

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	verbunden mit	Bestandteil von
14	4	Durchflußwächter	Durchfluß- messer MCU *	FCU *
15	1	Betriebsphasen- schalter (= MCU *)	Tracergas Gasanalysator St.elektronik ISCU * FCU * Ansaugpumpe	---
16	1	Pneumatik- steuergerät (= ISCU *)	Meßräume MCU * FCU *	---
17	1	Durchfluß- kontrollgerät (= FCU *)	MCU * ISCU *	---

Die mit einem * versehenen Bezeichnungen sind die englischen Abkürzungen folgender Teilsysteme des Meßstands :

dt. Bezeichnung	engl. Bezeichnung	engl. Abkürzung
Betriebsphasen- schalter	mode control unit	MCU
Pneumatik- Steuergerät	injection/sampling control unit	ISCU
Durchfluß- kontrollgerät	flow control unit	FCU

Kleinteile, wie :

Befestigungselemente, Verbindungsstücke, Ventile, Schläuche, Dichtmaterialien, elektrische Kabel, Stecker, Steckerleisten, elektronische Bauteile etc. werden nicht erfaßt.

LISTE 1.2

 KOMPONENTEN DER MESSAPPARATUR
 - SPEZIFIKATIONEN -

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	Spezifikation
1	1	Meßstandrahmen mit Zwischenböden und Lenkrollen	H x B x T (cm ³) 180 x 90 x 65
2	1	Tracergaswagen mit Druckgefäß und Armaturen	N ₂ O-Flasche (≈8 kg) V = 3.106 l p _{max} = 10 bar
3	1	Mikrocomputer mit Tastatur und Bildschirm	IBM-AT kompatibel, math. Coprozessor 80287, EGA - Karte
4	1	Drucker	NEC P 2200
5	1	I/O - Karte	IMPEC TTL 48, 48 digi- tale I/O-Kanäle
6	1	Interface-Adapter: V.24/Analogausgang	8-Kanal MUX 10 bit ADC
7	1	Gasanalysator - UNOR 6N -	nichtdispersives IR - Fotometer für N ₂ O Meßbereich: 0 - 100 ppm
8	1	Steuerelektronik	Schaltung von acht 3/2-Weg- Magnetventilen und 5 Pumpen
9	1	Netzgerät	5 V, 24 V : je 2.5 A TNG 235, Nr. 518433
10	4 8	Magnetventile (3) Magnetventile (2)	3/2 Wegeventile NW 2.5 Nr. A331-OC2-A77
11	4 1	Pumpen Ansaugpumpe	220 V, Q _{max} ≈ 200 l/h Nr. 538450
12	1	Pumpen- steuerung	9 Schaltrelais für 220 V
13	4	Durchflußmesser mit Feinventil	Typ MNV.03, Meßrohr M 4

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	Spezifikation
14	4	Durchflußwächter	Differenzdruckregler für MNV.03 mit T - Stück
15	1	Betriebsphasen- schalter (= MCU *)	2 bewegliche Trägerplatten mit 48/64 Kupplungsteilen und 8 Magnetventilen
16	1	Pneumatik- steuergerät (= ISCU *)	Geräteträger mit Armaturen, Magnetventilen, Pumpen für vier Meßkanäle
17	1	Durchfluß- kontrollgerät (= FCU *)	Geräteträger mit vier Durchflußmessern und Differenzdruckreglern

Die mit einem * versehenen Bezeichnungen sind die englischen Abkürzungen folgender Teilsysteme des Meßstands :

dt. Bezeichnung	engl. Bezeichnung	engl. Abkürzung
Betriebsphasen- schalter	mode control unit	MCU
Pneumatik- Steuergerät	injection/sampling control unit	ISCU
Durchfluß- kontrollgerät	flow control unit	FCU

Kleinteile, wie :

Befestigungselemente, Verbindungsstücke, Ventile, Schläuche, Dichtmaterialien, elektrische Kabel, Stecker, Steckerleisten, elektronische Bauteile etc. werden nicht erfaßt.

LISTE 1.3

 KOMPONENTEN DER MESSAPPARATUR
 - HERSTELLER / LIEFERANTEN -

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	Hersteller / Lieferant
1	1	Meßstandrahmen mit Zwischenböden und Lenkrollen	Universität GH Siegen - Ingenieurphysik - Postfach, 5900 Siegen
2	1	Tracergaswagen mit Druckgefäß und Armaturen	Universität GH Siegen
3	1	Mikrocomputer mit Tastatur und Bildschirm	COMPAQ
4	1	Drucker	NEC Deutschland
5	1	I/O - Karte	IMPEC GmbH, Waldhörlestr. 18 7400 Tübingen
6	1	Interface-Adapter: V.24/Analogausgang	Universität GH Siegen
7	1	Gasanalysator - UNOR 6N -	MAIHAK AG, Semperstr. 38 2000 Hamburg
8	1	Steuerelektronik	Universität GH Siegen
9	1	Netzgerät	CONRAD-Elektronik, Klaus- Conrad-Str. 1, 8452 Hirschau
10	4 8	Magnetventile Magnetventile	CAMOZZI GmbH, Marienstr.1 7320 Göppingen
11	4 1	Pumpen Ansaugpumpe	CONRAD-Elektronik
12	1	Pumpen- steuerung	Universität GH Siegen
13	4	Durchflußmesser mit Feinventil	ROTA GmbH, Postfach 20 7867 Wehr 2

Nr.	Anzahl	Bezeichnung	Hersteller / Lieferant
14	4	Durchflußwächter	ROTA GmbH
15	1	Betriebsphasen- schalter (= MCU *)	Universität GH Siegen
16	1	Pneumatik- steuergerät (= ISCU *)	Universität GH Siegen
17	1	Durchfluß- kontrollgerät (= FCU *)	Universität GH Siegen

Die mit einem * versehenen Bezeichnungen sind die englischen Abkürzungen folgender Teilsysteme des Meßstands :

dt. Bezeichnung	engl. Bezeichnung	engl. Abkürzung
Betriebsphasen- schalter	mode control unit	MCU
Pneumatik- Steuergerät	injection/sampling control unit	ISCU
Durchfluß- kontrollgerät	flow control unit	FCU

Kleinteile, wie :

Befestigungselemente, Verbindungsstücke, Ventile, Schläuche, Dichtmaterialien, elektrische Kabel, Stecker, Steckerleisten, elektronische Bauteile etc. werden nicht erfaßt.

LISTE 1.4
- SICHERUNGEN -

Im Meßstand sind folgende Geräte elektrisch abgesichert:

Gerät	Sicherung
Netzgerät	T 1,6 A
Pumpensteuerung	T 0,4 A
Interface-Adapter	T 1,6 A
Gasanalysator	M 1,0 C (2x)
Rechner, Bildschirm	Herstellerangabe

LISTE 1.5

- KABEL / STECKER -

Die Kabel und Stecker der im Meßstand vorhandenen Signalleitungen sind hier zusammengestellt. Die Numerierung der Kabel bezieht sich auf Bild 9 : Elektrisches Schaltbild im Technischen Handbuch.

Nr.	von - nach	Stecker - Stecker
1	Mikrocomputer, ser. Schnittst. - Interface-Adapter	Sub-D 9-polig w - Sub-D 25-polig m
2	Interface-Adapter - Gasanalysator	IDC 20-polig - Sub-D 25-polig w
3	Mikrocomputer, I/O-Karte - Steuerelektronik Stecker 1	Sub-D 25-polig m - Sub-D 25-polig m
4	Steuerelektronik Stecker 3 - a) Pumpensteuerung b) Betriebsphasenschalter	Sub-D 25-polig m - Sub-D 25-polig m Sub-D 9-polig m
5	Netzteil - Steuerelektronik 5V / 24V	Banane - Banane

Kabel 3 besteht aus zwei fest verbundenen Teilen.

Abkürzungen: w weiblich
m männlich

2. BETRIEBSANLEITUNG : GASANALYSATOR

Die umfangreiche Betriebsanleitung des Gasanalysators
UNOR 6N ist in der vorliegenden Version der MULTI - CAT
Dokumentation nicht enthalten.

3.2 Pumpensteuerung

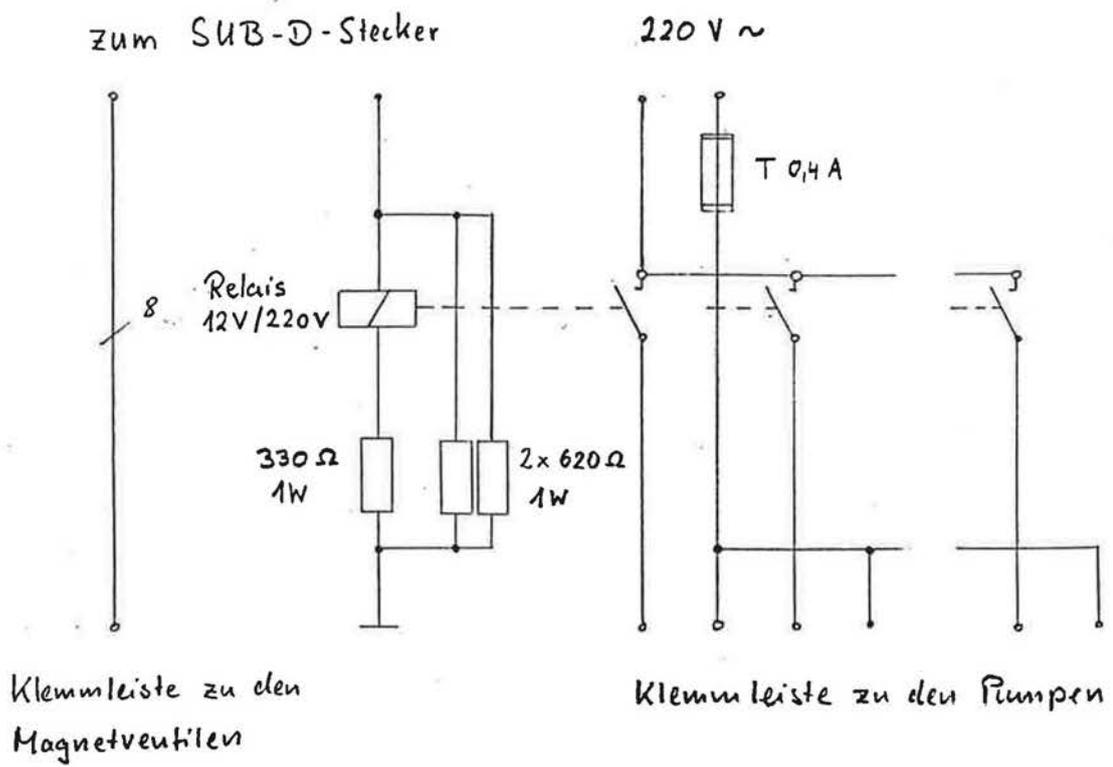


Bild 12 : Schaltplan der Pumpensteuerung

4. QUELLPROGRAMM ZUR MESSWERTDARSTELLUNG

Das im Quelltext (Sprache : PASCAL) geschriebene Beispielprogramm einer vom Nutzer selbst vorgenommenen Auswertung von Meßdaten ist unter dem Namen USEREVAL.PAS auf der Programmdiskette (C.6) enthalten.

5. ANWENDERFÜHRUNG DES BETRIEBSPROGRAMMS

Die folgenden Bilder enthalten die Bildschirmtexte, die sich bei der Durchführung der Luftwechselfmessung nach Methode A mit dem Betriebsprogramm MEASURE.EXE ergeben. Die erforderlichen getätigten Benutzereingaben sind eingekreist dargestellt.

Das Programm wurde hier mit einer simulierten Datenbasis (anstelle von Meßdaten aus dem Interface-Adapter) betrieben. Diese Daten wurden für den Zweck der schnellen Darstellung der Bildschirmtexte einem beschleunigten zeitlichen Ablauf der Messung unterzogen. Daher rührt der im Ergebnis ausgewiesene hohe Wert $n = 38.7$ für die Luftwechselzahl.

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Control program for the Univ. of Siegen Air Change Rate Measurement Device

Methods of measurement: decay and constant injection

A user specified number of rooms can be measured simultaneously.

The program consists of the following modules:

- Menue driven input of building data and measurement parameters
- Setup of the measurement device
- Performance of the measurement
- Evaluation of the results

Type F1 for help, Bild to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

INPUT OF BUILDING DATA AND MEASUREMENT PARAMETERS
=====

Type Bild to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

To specify the procedure of the following measurement, You may either
input from a menu
read from a file

Read from a file (y/n)

n

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Specification of the measurement

Method of measurement: Initial or Constant Injection (I/C)

I

Duration of measurement in seconds:

Distance between samples in seconds:

Minimal concentration in ppm:

300

1

2

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Specification of the rooms to be measured:

name of room	number	volume (cubic meters)
Wohnzimmer	1	200

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to control the documentation of the results
now or
after the measurement

control now (y/n)

n

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

The input of the parameters is completed.
Do You want to review everything ?

Review (y/n)

n

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to store the parameters for later use ?

Store (y/n)

y

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to store the parameters for later use ?

Store (y/n)

y

Name of file :

Paramet

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

SETUP OF THE MEASUREMENT DEVICE:
=====

Put mode control unit in setup mode !

(Arrow on red point)

Testing A/D-Converter ...

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Check the tubing:

1. Disconnect the tubes to the test rooms.
2. Use the buttons at the front panel to adjust the flow meters for equal flow.
3. Connect the tubes to the test rooms.
4. Correct differences in the flows by checking the tubes.

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Initial tracer gas injection into the specified rooms:

name of room	number	init. concentration	required pressure
Wohnzimmer	1	100	

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Initial tracer gas injection into the specified rooms:

name of room	number	init. concentration	required pressure
Wohnzimmer	1	100	6.4

Fill the vessel to the required pressure and release tracer gas,
then type Bild↓ to proceed or type F1 for help

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

PERFORMANCE OF THE MEASUREMENT:
=====

Put mode control unit in measurement mode !

(Arrow on green point)

Type Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

PERFORMANCE OF THE MEASUREMENT:
=====

Flushing tubes from the test rooms for 30 seconds ...

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

PERFORMANCE OF THE MEASUREMENT:
=====

Is the reading of the gas analyzer ok ?

Type Bild↓ to start the measurement

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Store data on disk

Name of file :

messung2

Type Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

EVALUATION OF THE RESULTS:

Type Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to calculate the results ?

Calculate (y/n)

y

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

CALCULATION OF THE RESULTS:

Curve fitting $c(t) = A * \exp(B*t) + C$ for t in seconds:

A = 99.49

B = -0.01

C = 0.00

Mean deviation = 2.70

Regression error

delta A = 0.02811

delta B = 0.00018

Air change rate: n = 38.73 1/h

Type Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to print out the results ?

Print out (y/n)

n

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to print out the regression curve ?

Print out (y/n)

Y

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

M U L T I - C A T

(C) Prof. Heidt 1988

Do You want to print out the measured values ?

Print out (y/n)

Y

Type F1 for help, Bild↓ to proceed

6. PROGRAMMDISKETTE

HINWEIS :

- Das Copyright aller Programme liegt bei Prof. Heidt.
- Die Anfertigung von Sicherungskopien ist erlaubt.

