

**TÜV RHEINLAND
ENERGIE UND UMWELT GMBH**



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung VOC72M der Firma Environment S.A. für die Komponente Benzol

TÜV-Bericht: 936/21217807/A
Köln, 16. August 2012

www.umwelt-tuv.de



luft@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz für die Arbeitsgebiete:

- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen und Geruchsstoffen;
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmessgeräte einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Die Akkreditierung ist gültig bis 31-01-2013. DAkKS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

**TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
D - 51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221 806-2756, Fax: 0221 806-1349**

Leerseite



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung
VOC72M der Firma Environnement S.A. für die Komponente Benzol

Geprüftes Gerät:	VOC72M
Hersteller:	Environnement S.A. 111 Bd Robespierre 78300 Poissy Frankreich
Prüfzeitraum:	Oktober 2011 bis August 2012
Berichtsdatum:	16. August 2012
Berichtsnummer:	936/21217807/A
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Martin Schneider Tel.: ++49 221 806-1614 martin.schneider@de.tuv.com
Berichtsumfang:	Bericht: 132 Seiten Handbuch ab Seite 132 Handbuch mit 134 Seiten Gesamt 267 Seiten

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG	11
1.1	Kurzfassung	11
1.2	Bekanntgabevorschlag	12
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	13
2.	AUFGABENSTELLUNG	23
2.1	Art der Prüfung	23
2.2	Zielsetzung	23
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG	24
3.1	Messprinzip	24
3.2	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	26
4.	PRÜFPROGRAMM	28
4.1	Allgemeines	28
4.2	Laborprüfung	28
4.3	Feldtest	28
5.	REFERENZMESSVERFAHREN	29
6.	PRÜFERGEBNISSE NACH VDI 4203 BLATT 3	30
6.1	4.1.1 Messwertanzeige	30
6.1	4.1.2 Wartungsfreundlichkeit	31
6.1	4.1.3 Funktionskontrolle	32
6.1	4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten	33
6.1	4.1.5 Bauart	34
6.1	4.1.6 Unbefugtes Verstellen	35
6.1	4.1.7 Messsignalausgang	36



6.1	5.1 Allgemeines	38
6.1	5.2.1 Zertifizierungsbereiche.....	39
6.1	5.2.2 Messbereich	40
6.1	5.2.3 Negative Messsignale	41
6.1	5.2.4 Stromausfall.....	42
6.1	5.2.5 Gerätefunktionen	43
6.1	5.2.6 Umschaltung.....	44
6.1	5.2.7 Wartungsintervall	45
6.1	5.2.8 Verfügbarkeit	46
6.1	5.2.9 Gerätesoftware	47
6.1	5.3.1 Allgemeines	48
6.1	5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	49
6.1	5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	51
6.1	5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	53
6.1	5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	58
6.1	5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	60
6.1	5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	62
6.1	5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	68
6.1	5.3.9 Querempfindlichkeit	70
6.1	5.3.10 Mittelungseinfluss	72
6.1	5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	73
6.1	5.3.12 Langzeitdrift	76
6.1	5.3.13 Kurzzeitdrift.....	79
6.1	5.3.14 Einstellzeit.....	82
6.1	5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	83

6.1	5.3.16 Konverterwirkungsgrad	84
6.1	5.3.17 Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät.....	85
6.1	5.3.18 Gesamtunsicherheit	86
7.	PRÜFERGEBNISSE NACH DIN EN 14662-3	87
7.1	8.5.3 Anpassung der Kalibriergeraden.....	87
7.1	8.5.4 Kurzzeitdrift.....	92
7.1	8.5.5 Wiederholpräzision	94
7.1	8.5.6 Abhängigkeit vom Druck des Probengases.....	97
7.1	8.5.7 Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft	99
7.1	8.5.8 Abhängigkeit von der Spannung	104
7.1	8.5.9 Querempfindlichkeiten	107
7.1	8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt).....	116
7.1	8.6.5 Langzeitdrift	118
7.1	8.6.6 Wartungsintervall	121
7.1	8.6.7 Verfügbarkeit	122
7.1	8.6.6 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	124
7.1	8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der Din EN 14662-3	127
8.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ.....	130
9.	LITERATURVERZEICHNIS	131
10.	ANLAGEN.....	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gerätetechnische Daten VOC72M (Herstellerangaben)	27
Tabelle 2:	Unsicherheit des verwendeten Benzol Prüfgases.....	29
Tabelle 3:	Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1	39
Tabelle 4:	Zertifizierungsbereiche DIN EN 14662-3	39
Tabelle 5:	Ermittlung der Verfügbarkeit.....	46
Tabelle 6:	Nachweisgrenze Benzol bei 1/10 des Grenzwertes.....	50
Tabelle 7:	Nachweisgrenze Benzol am Grenzwert.....	52
Tabelle 8:	Einzelwerte der Lack of fit Untersuchung, Gerät 1.....	56
Tabelle 9:	Einzelwerte der Lack of fit Untersuchung, Gerät 2.....	57
Tabelle 10:	Einzelwerte der Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur.....	61
Tabelle 11:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt.....	63
Tabelle 12:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt	64
Tabelle 13:	Einzelergebnisse der Untersuchung zum Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur am Nullpunkt.....	66
Tabelle 14:	Einzelergebnisse der Untersuchung zum Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt.....	67
Tabelle 15:	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	69
Tabelle 16:	Standardabweichung aus Doppelbestimmungen.....	74
Tabelle 17:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt	77
Tabelle 18:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt	77
Tabelle 19:	Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift	78
Tabelle 20:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift	80
Tabelle 21:	Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift, Gerät 1 (0005).....	80
Tabelle 22:	Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift, Gerät 2 (0006).....	81
Tabelle 23:	Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 1	90
Tabelle 24:	Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 2	91
Tabelle 25:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift	93
Tabelle 26:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift für Gerät 1.....	93
Tabelle 27:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift für Gerät 2.....	93
Tabelle 28:	Wiederholpräzision bei 1/10 des Grenzwertes	95
Tabelle 29:	Wiederholpräzision am Grenzwert.....	96
Tabelle 30:	Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 1/10 des Grenzwertes.....	100
Tabelle 31:	Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des Zertifizierungsbereiches.....	101
Tabelle 32:	Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft am Nullpunkt	102
Tabelle 33:	Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft am Nullpunkt	103
Tabelle 34:	Abhängigkeit von der Spannung am Nullpunkt.....	105
Tabelle 35:	Abhängigkeit von der Spannung am Referenzpunkt.....	105
Tabelle 36:	Organische Störkomponenten.....	109
Tabelle 37:	Querempfindlichkeit von Ozon	110
Tabelle 38:	Querempfindlichkeit von H ₂ O	110
Tabelle 39:	Querempfindlichkeit von organischen Stoffen	111

Tabelle 40:	Einzelwerte der QE Untersuchung für Ozon.....	112
Tabelle 41:	Einzelwerte der QE Untersuchung für H ₂ O 20 % rel.F.....	113
Tabelle 42:	Einzelwerte der QE Untersuchung für H ₂ O 80 % rel.F.....	114
Tabelle 43:	Einzelwerte der QE Untersuchung für org. Komponenten	115
Tabelle 44:	Ergebnisse der Überprüfung des Memory-Effektes	117
Tabelle 45:	Untersuchung der Langzeitdrift	119
Tabelle 46:	Ergebnisse der Untersuchung zur Langzeitdrift.....	120
Tabelle 47:	Ermittlung der Verfügbarkeit.....	123
Tabelle 48:	Standardabweichung aus Doppelbestimmungen.....	125
Tabelle 49:	Gesamtmessunsicherheit für die Laboruntersuchungen.....	128
Tabelle 50:	Gesamtmessunsicherheit für den Feldtest	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung des VOC72M	24
Abbildung 2:	Fluiddiagramm des VOC72M.....	25
Abbildung 3:	Innenansicht des VOC72M.....	26
Abbildung 4:	Ansicht Geräterückseite VOC72M	37
Abbildung 5:	Anzeige der Softwareversion (hier 3.0.9) im Startmenü	47
Abbildung 6:	Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 1	54
Abbildung 7:	Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 2	55
Abbildung 8:	Darstellung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	75
Abbildung 9:	Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 1	88
Abbildung 10:	Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 2.....	89
Abbildung 11:	Darstellung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen.....	126

1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Im Auftrag der Firma Environnement S.A. führte die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung VOC72M für die Komponente Benzol durch.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI 4202, Blatt 1: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen, vom September 2010
- VDI 4203, Blatt 3: Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen von gas- und partikelförmigen Immissionen, vom September 2010
- DIN EN 14662-3: Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, vom August 2005
- prEN 14662-3: Luftbeschaffenheit – Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen in Außenluft – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, vom November 2011

Die geprüfte Messeinrichtung VOC72M arbeitet nach dem Standardreferenzverfahren der gaschromatographischen In-situ-Bestimmung von Benzol. Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines dreimonatigen Feldtests in Köln. Der geprüfte Messbereich betrug 0 – 50 µg/m³.

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immissionskonzentrationen von Benzol vorgeschlagen.

1.2 Bekanntgabevorschlag

Aufgrund der erzielten positiven Ergebnisse wird folgende Empfehlung für die Bekanntgabe als eignungsgeprüfte Messeinrichtung ausgesprochen:

Messeinrichtung:

VOC72M für Benzol

Hersteller:

Environnement S.A., Poissy, Frankreich

Eignung:

zur kontinuierlichen Bestimmung der Immissionskonzentrationen von Benzol in der Außenluft im stationären Einsatz

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Benzol	0 – 50	µg/m ³

Softwareversion:

3.0.9

Einschränkungen:

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt 5 °C bis 35 °C.

Hinweise:

1. Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.
2. Die Messeinrichtung ist in einem verschließbaren Messcontainer zu betreiben.
3. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.gal1.de einsehbar.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Köln
Bericht-Nr.: 936/21217807/A vom 16. August 2012

1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite	
4	Bauartanforderungen				
4.1	Allgemeine Anforderungen				
4.1.1	Messwertanzei- ge	Muss vorhanden sein.	Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.	ja	30
4.1.2	Wartungsfreund- lichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Auf- wand von außen durchführbar.	ja	31
4.1.3	Funktionskontrol- le	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entspre- chenden Teilprüfungen einzu- setzen und zu bewerten.	Das geprüfte Gerät besitzt keine Ein- richtung zur Funktionskontrolle.	Nicht zutref- fend	32
4.1.4	Rüst- und Ein- laufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	33
4.1.5	Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufge- führten Angaben zur Bauart sind voll- ständig und korrekt.	ja	34
4.1.6	Unbefugtes Ver- stellen	Muss Sicherung dagegen ent- halten.	Die Messeinrichtung selbst ist nicht gegen unbeabsichtigtes und unbefug- tes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist in einem Messcontainer zu verschlie- ßen.	ja	35
4.1.7	Messsignalaus- gang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (0-1 bzw. 5 V) und digital (über Ethernet, RS 232, USB) angeboten.	ja	36

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5. Leistungsanforderungen				
5.1 Allgemeines	Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.	Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.	ja	38
5.2 Allgemeine Anforderungen				
5.2.1 Zertifizierungsbereiche	Müssen den Anforderungen aus Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 entsprechen.	Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.	ja	39
5.2.2 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 50 µg/m ³ eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 1.000 µg/m ³ sind möglich. Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	40
5.2.3 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Die Messeinrichtung kann messprinzipsbedingt keine negativen Messsignale ausgeben.	entfällt	41
5.2.4 Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand bei Spannungswiederkehr muss gesichert sein und Messung muss fortgesetzt werden.	Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.	ja	42
5.2.5 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.	ja	43
5.2.6 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell lösbar sein.	Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht und gesteuert werden.	ja	44
5.2.7 Wartungsintervall	Möglichst 3 Monate, mindestens 2 Wochen.	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 1 Monat.	ja	45

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5.2.8 Verfügbarkeit	Mindestens 95 %.	Die Verfügbarkeit betrug für beide Geräte 98,4 % inkl. prüfungsbedingter Wartungszeit.	ja	46
5.2.9 Gerätesoftware	Muss beim Einschalten angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.	Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.	ja	47
5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für gasförmige Luftverunreinigungen				
5.3.1 Allgemeines	Mindestanforderungen gemäß VDI 4202 Blatt 1.	Die Prüfung und Auswertung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010).	ja	48
5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt bei 1/10 des Grenzwertes liegt bei 0,02 µg/m³ für Gerät 1 (SN 0006) und bei 0,01 µg/m³ für Gerät 2 (SN 0006).	ja	49
5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt liegt bei 0,02 µg/m³ für Gerät 1 (SN 0006) und bei 0,01 µg/m³ für Gerät 2 (SN 0006).	ja	51

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.	Die Abweichung von der linearen Regressionsfunktion liegt bei maximal 1,7 % für Gerät 1 (SN: 0005) sowie bei maximal 2,1 % für Gerät 2 (SN: 0006).	ja	53
5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Aus den Messdaten während der Driftuntersuchung ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient für den Umgebungsdruck von -0,045 für Gerät 1 (SN: 005) sowie von -0,010 für Gerät 2 (SN: 006).	-	58
5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Es ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,012 µg/m³ für Gerät 1 (SN:0005) sowie 0,006 µg/m³ für Gerät 2 (SN:0006). Für die die Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur ist für Benzol in der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) keine Mindestanforderung definiert. Der Prüfpunkt wurde dennoch zu informativen Zwecken analog zu der Durchführung für anorganische Gase durchgeführt. Es erfolgt jedoch keine Berücksichtigung bei der Unsicherheitsbetrachtung.	Nur informativ	61
5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Der zulässige Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt gemäß Gerätehersteller 5 °C bis 35 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur von -0,0009 µg/m³/K am Nullpunkt sowie von 0,0041 µg/m³/K am Referenzpunkt festgestellt werden.	ja	62

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten	Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur von maximal - 0,0003 µg/m³/V am Nullpunkt sowie von 0,0007 µg/m³/V am Referenzpunkt festgestellt werden.	ja	68
5.3.9 Querempfindlichkeit	Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Die Auswertung der Querempfindlichkeitsuntersuchungen kann nicht nach dem in der VDI 4202 Blatt1 genannten für alle anderen Immissions-Komponenten gültigen Schema durchgeführt werden. Dies liegt daran, dass bei Benzolmesseinrichtungen die Nullpunktuntersuchungen messprinzipsbedingt nicht bei Null sondern bei ca. 1/10 des Grenzwertes durchgeführt werden müssen. Die Auswertung der Querempfindlichkeit erfolgte gemäß EN 14662-3 und ist in Kapitel 7.1 8.5.9 Querempfindlichkeiten aufgeführt.	ja	70
5.3.10 Mittelungseinfluss	Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen. Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Aufgrund des Messprinzips der geprüften Messeinrichtung ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.	-	72
5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Die relative Standardabweichung aus Doppelbestimmungen für Benzol betrug im Feldtest 0,025 µg/m³.	ja	73

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5.3.12 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Es ergeben sich Langzeitdriften von maximal 0,05 µg/m ³ am Nullpunkt und 2,48 % des Zertifizierungsbereiches am Referenzpunkt.	ja	76
5.3.13 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten.	Es ergeben sich Kurzzeitdriften von maximal 0,01 µg/m ³ am Nullpunkt und von -0,05 µg/m ³ am Referenzpunkt.	ja	79
5.3.14 Einstellzeit	Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen. Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen. Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.	Siehe Kapitel 7.1 8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt).	-	82

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten	Nicht zutreffend.	-	83
5.3.16 Konverterwirkungsgrad	Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 98 % betragen.	Nicht zutreffend.	-	84
5.3.17 Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät	Bei NO _x -Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO ₂ -Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	85
5.3.18 Gesamtunsicherheit	Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.	Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel I7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.	-	86
5.4 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen				
8.5.3 Anpassung der Kalibriergeraden	Die lineare Funktion und die Residuen sind nach Anhang A der DIN EN 14662-3 zu berechnen. Das größte relative Residuum aus der linearen Regressfunktion muss bei ± 5 % liegen.	Die Abweichung von der linearen Regressionsfunktion beträgt maximal 1,0 % für Gerät 1 sowie 0,7 % für Gerät 2. Es ergibt sich ein Beitrag für die Berechnung der Gesamtunsicherheit von 0,028 für Gerät 1 sowie 0,020 für Gerät 2.	ja	87

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.5.4 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift (24 h) darf maximal 5 % der verwendeten Benzolkonzentration betragen.	Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift d24h von 0,08 % für Gerät 1 sowie 0,06 % für Gerät 2. Es ergibt sich eine Standardunsicherheit für die Kurzzeitdrift von 0,0079 µg/m ³ für Gerät 1 sowie 0,0065 µg/m ³ für Gerät 2.	ja	92
8.5.5 Wiederholpräzision	Die Wiederholpräzision muss das Leistungskriterium bei Null ($\pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als auch bei der Prüfgaskonzentration am Grenzwert ($\pm 5 \%$) erfüllen.	Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholpräzision (ri) bei 1/10 des Grenzwertes von $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Wiederholpräzision am Grenzwert ergibt sich ein Wert von $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von 0,02 für Gerät 1 sowie 0,01 für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit am Grenzwert ergibt sich ein Wert von $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 bzw. $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.	ja	94
8.5.6 Abhängigkeit vom Druck des Probengases	Die Abhängigkeit vom Druck des Probengases muss $<\pm 1 \%$ betragen.	Aus den Messdaten während der Driftuntersuchung ergibt sich ein Empfindlichkeitsfaktor für den Umgebungsdruck von 0,045 für Gerät 1 (SN: 005) sowie von 0,010 für Gerät 2 (SN: 006). Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit ergibt sich ein Wert up von $0,038 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 (SN: 005) sowie $0,008 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 (SN: 006).	ja	97

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.5.7 Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft	Die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft muss $<\pm 0,2\%$ /K betragen.	Es ergibt sich ein Wert für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft (bTs) bei 1/10 des Grenzwertes von $0,0001\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0002\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0010\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0016\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von $0,0010$ für Gerät 1 sowie $0,0019$ für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0087\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 bzw. $0,0135\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.	ja	99
8.5.8 Abhängigkeit von der Spannung	Die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft muss $<\pm 0,2\%$ /V betragen.	Es ergibt sich ein Wert für die Abhängigkeit von der Spannung (bv) bei 1/10 des Grenzwertes von $0,0003\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0001\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0017\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0006\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von $0,0029$ für Gerät 1 sowie $0,0014$ für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0172\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 bzw. $0,0058\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.	ja	104

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.5.9 Querempfindlichkeiten	Störkomponenten – erlaubte Abweichungen durch Ozon $\leq \pm 5\%$, durch die relative Feuchte $\leq \pm 4\%$ und durch die Summe der möglichen organischen Komponenten $\leq \pm 5\%$.	<p>Es ergibt sich ein Wert für den Empfindlichkeitskoeffizienten der Querempfindlichkeit bei 1/10 des Grenzwertes von $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{nmol}/\text{mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{nmol}/\text{mol}$ für Gerät 2 bei Ozon, $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 und $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{mmol}/\text{mol}$ für Gerät 2 bei 80% rel. Feuchte sowie $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 und $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 bei organischen Substanzen.</p> <p>Es ergibt sich ein Wert für den Empfindlichkeitskoeffizienten der Querempfindlichkeit bei 70 % des Zertifizierungsbereichs von $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{nmol}/\text{mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{nmol}/\text{mol}$ für Gerät 2 bei Ozon, $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 und $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{mmol}/\text{mol}$ für Gerät 2 bei 80% rel. Feuchte sowie $-0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 und $-0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 bei organischen Substanzen.</p> <p>Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit durch den Einfluss der relativen Feuchte von 80 % bei 70 % des Zertifizierungsbereichs ergibt sich ein Wert der Unsicherheit von $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.</p>	ja	107
8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt)	Die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration folgt, muss kleiner sein als $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 % des Grenzwertes).	Die Mindestanforderung wird erfüllt. Der VOC72M liefert bereits in der ersten Nullgasanalyse nach der Messgasumstellung einen Wert nahe 10 % des Grenzwertes.	ja	116
8.6.5 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift am Prüfwert darf maximal 10 % betragen.	Die maximale Langzeitdrift d14d liegt bei 2,35 % für Gerät 1 und 2,53 % für Gerät 2. Die maximale Unsicherheit ud liegt bei $0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 und $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.	ja	118
8.6.6 Wartungsintervall	Das Wartungsintervall muss mindestens 2 Wochen betragen.	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.	ja	121
8.6.7 Verfügbarkeit	Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss $> 90\%$ betragen.	Die Verfügbarkeit betrug für beide Messgeräte 100 % exkl. prüfungsbedingter Wartungszeit sowie 98,4 % inkl. prüfungsbedingter Wartungszeit.	ja	122
8.6.6 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $\leq \pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	Die Standardmessunsicherheit entsprechend der Vergleichspräzision im Feld für Benzol betrug $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	ja	124

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Environnement S.A. wurde von der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung VOC72M vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an Benzol in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 50 µg/m³ bestimmen.

Die Eignungsprüfung war anhand der aktuellen Richtlinien zur Eignungsprüfung unter Berücksichtigung der neuesten Entwicklungen durchzuführen.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI 4202, Blatt 1: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen, vom September 2010
- VDI 4203, Blatt 3: Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen von gas- und partikelförmigen Immissionen, vom September 2010
- DIN EN 14662-3: Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, vom August 2005
- *prEN 14662-3: Luftbeschaffenheit – Referenzverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen in Außenluft – Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, vom Juli 2012

* Die Anforderungen und Auswerteprozeduren der gültigen Norm wurden mit denen der neuen Entwurfsversion verglichen. In den Fällen in denen sich die Auswerteprozeduren unterscheiden wurden beide Auswertungen aufgeführt. Die Betrachtung der Gesamtunsicherheit wurde mit den Auswertungen der zum Zeitpunkt der Berichterstellung gültigen Normversion durchgeführt.

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Immissionsmesseinrichtung VOC72M ist ein Analysator zur Messung flüchtiger organischer Verbindungen. Das Messprinzip basiert auf der gaschromatographischen Trennung der gemessenen Verbindungen und der Detektion durch Photoionisation.



Abbildung 1: Darstellung des VOC72M

Die Probennahme erfolgt mit einer Gasfalle, die mit einem spezifischen Adsorptionsmittel gefüllt ist. Im Standardzyklus von 15 Minuten (Probennahmezeit > 90 % des Zyklus) liegt der in der Gasfalle eingefangene Durchfluss bei ca. 12 ml/min. Dies entspricht einem Gasfallenvolumen von 165 ml. Ein zusätzlicher Volumenstrom (ca. 35 ml/min) wird über einen Bypass geführt, sodass ein permanenter Eingangsdurchfluss gewährleistet ist, auch wenn sich die Gasfalle nicht im Probennahmenmodus befindet.

Am Ende des Probennahmezyklus wird die Gasfalle am Eingang der Chromatographiesäule angeschlossen und schnell aufgeheizt (von 35 °C auf 380 °C in weniger als 2 Sekunden). Die Verbindungen werden thermisch desorbiert und vom Stickstoff in die Chromatographiesäule gedrückt. Schließlich wird die Gasfalle von einem Lüfter für einen neuen Probenahmezyklus gekühlt.

Im Inneren der Chromatographiesäule werden die Verbindungen durch den Stickstofffluss (mobile Phase) vorangetrieben und durch die Innenbeschichtung der Chromatographiesäule (stationäre Phase) zurückgehalten, was eine selektive Retention der Verbindungen erzeugt. Um in kürzester Zeit eine optimale Trennung zu erreichen, durchläuft die Chromatographiesäule ein Temperaturanstiegsprogramm, entsprechend den thermischen Rampen, von der Kaltstufe der Injektion (25 °C) zur Warmstufe (160 °C). Dieses Programm der thermischen Rampen dient der Eliminierung der schweren Verbindungen (d.h. der Verbindungen mit erhöhtem Siedepunkt). Am Ende der Warmstufe wird die Chromatographiesäule für die nächste Injektion bis zur Kaltstufe abgekühlt.

Der Ausgang der Chromatographiesäule ist mit dem Photoionisationsdetektor verbunden, in dem die Konzentration der Verbindungen in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Dieses Signal wird von der im Gerät vorhandenen Elektrometerkarte verstärkt und digitalisiert. Die Aufzeichnung dieses Signals in Abhängigkeit der Zeit ist das Chromatogramm, das einen Peak für jede erfasste Verbindung darstellt.

Die chromatographischen Peaks werden erfasst und mit einer Korrektur der Basislinie aufgenommen. Der Zeitpunkt des Auftretens der Peaks im Chromatogramm (Retentionszeit) wird ebenfalls aufgezeichnet. Liegt die Retentionszeit eines chromatographischen Peaks im Erfassungsfenster einer Verbindung, wird der Peak als der zugehörige Peak dieser Verbindung identifiziert. Die Fläche des Peaks wird durch Berechnung des von der Gasfalle entnommenen Volumens korrigiert. Diese Berechnung beruht auf dem Druck der Gasfalle bei der Probenahme. Es wird eine Korrektur des Atmosphärendrucks vorgenommen, um die Antwort des PID-Detektors zu berücksichtigen.

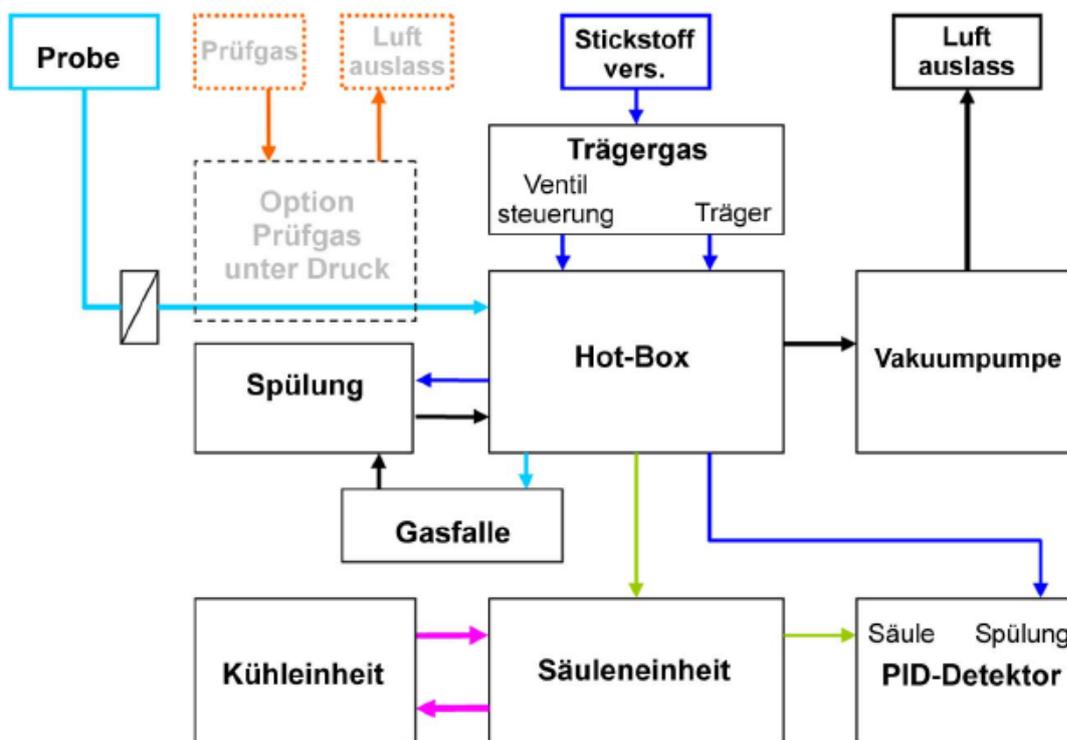


Abbildung 2: Flussdiagramm des VOC72M

3.2 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Die Immissionsmesseinrichtung VOC72M besteht nur aus einem kompakten Gehäuse. Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über ein Display an der Frontseite des Gerätes. Der Benutzer kann Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.



- (1) Ein-/Ausschalter, (2) LCD-Bildschirm, (3) Tastenfeld mit 6 druckempfindlichen Tasten, (4) Desorberkarte, (5) Lüfter der Gasfalle, (6) Gasfalle, (7) Spülmagnetventil, (8) Vakuumpumpe, (9) Drucksensor Gasfalle, (10) Drucksensor Chromatographiesäule, (11) Drucksensor Stickstoffeingang, (12) Proportionales Magnetventil, (13) Pilotmagnetventil, (14) Photoionisationsdetektor (PID), (15) Lüfter Innenkühlung, (16) Kühleinheit, (17) Expansionsgefäß, (18) Kühlpumpe, (19) USB-Anschluss, (20) Ethernet-Ausgang, (21) Netzanschlusseinheit, (22) Schnittstellenkarte, (23) Modulkarte, (24) 24-V-Versorgung, (25) Gehäuse Chromatographiesäule, (26) Hot-Box, (27) Mischerlüfter, (28) Transferleitung, (29) Staubfilter, (30) DNP-ARM7-Karte, (31) Spüleinheit, (32) Kühlkörper

Abbildung 3: Innenansicht des VOC72M

Die Tabelle 1 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des VOC72M

Tabelle 1: Gerätetechnische Daten VOC72M (Herstellerangaben)

Messskala	maximal 1000 µg/m ³ (programmierbar)
Einheiten	ppb oder µg/m ³ (programmierbar)
Gemessene Verbindungen	Benzol (geprüft), zusätzlich Toluol, Ethylbenol, m+p-Xylol, o-Xylol (nicht eignungsgeprüft)
Dauer des Analysezyklus	15 Minuten während der Eignungsprüfung, weitere Intervalle programmierbar
Probenfluss	50 ml/Minute
Eingefangener Durchfluss; eingefangenes Volumen (Gasfallenvolumen)	12 ml/Minute; Gasfallenvolumen 165 ml pro Zyklus
Durchflussregelung	interne Vakuumpumpe + beheizte Mikrokapillare
Probenahmerate	>90 % der Zykluszeit
Adsorbant / Einfangtemperatur	Carbopack® / 35 °C
Desorptionstemperatur / Heizgeschwindigkeit	380 °C / >160 °C / Sekunde
Injektionsventil	6-Wege (beheizt), pneumatisch gesteuert
Chromatographisäule Regelung des Trägergases Temperaturregelung Kühlung	Edelstahl 15 m x 0,25 mm x 1µm apolar Elektronische Druckregelung von 20 bis 170 °C ± 0,1 °C, 5 Rampen bis zu 30 °C die Minute Flüssigkeits-Wärmetauscher und Peltier-Kühleinheit
Detektor Temperaturregelung	Photoionisation (PID) 10,6 eV mit Stickstoffvorhang 140 °C (programmierbar)
Analogausgänge	4 Analogausgänge 0- 1 V, 0 – 10 V, 0 – 20 mA, 4 – 20 mA 4 Analogeingänge 0 – 2,5 V
Ethernetanschluss	RJ45-Anschluss, UDP-Protokoll
Eingangsspannung	100 – 240 V + Schutzleiter; 50 – 60 Hz
Leistung	durchschnittlich 130 VA, maximal 200 VA
Trägergas	Stickstoff 6.0; 3,2 ± 0,2 bar; 15 ml/Minute
Abmessungen (L x B x H) / Gewicht	606 x 483 x 133 mm / 12,5 kg

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern
SN: 005 und **SN: 006**.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion 3.0.9 durchgeführt.

Die Prüfung umfasste einen Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen sowie einen mehrmonatigen Feldtest.

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [1, 2, 3, 4] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs VOC72M mit den Seriennummern SN: 005 und SN: 006 durchgeführt. Nach den Richtlinien [2, 3] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Beschreibung der Gerätefunktionen
- Allgemeine Anforderungen
- Anpassung der Kalibriergeraden
- Kurzzeitdrift
- Wiederholpräzision
- Abhängigkeit vom Probengasdruck
- Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft
- Abhängigkeit von der Spannung
- Querempfindlichkeiten
- Memory-Effekt

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit einem externen Datenlogger.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

4.3 Feldtest

Der Feldtest wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: SN 005

Gerät 2: SN 006

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Langzeitdrift
- Wartungsintervall
- Verfügbarkeit
- Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen

5. Referenzmessverfahren

Zur Eignungsprüfung des Gaschromatographen muss gewährleistet sein, dass die verwendeten Prüfgase auf Referenznormale zurückgeführt werden.

Zur Benzolprüfgaserzeugung während der Eignungsprüfung wurde ein Permeationsofen der Fa. MCZ verwendet. Zur Validierung der erzeugten Benzolkonzentration und zur Bestimmung der Permeationsrate des im Ofen eingesetzten Permeationsröhrchens, wurde in bestimmten Zeitabständen die Massenänderung des unter konstanten Temperatur- und Spülluftbedingungen im Ofen befindlichen Permeationsröhrchens bestimmt.

Diese gravimetrische Bestimmung der Permeationsrate wurde vor und während der gesamten Eignungsprüfung durchgeführt.

Tabelle 2: Unsicherheit des verwendeten Benzol Prüfgases

Datum	Uhrzeit		Gewicht [g]	Differenz [g]	Minuten	Perm.-rate [g/min]	Perm.-rate [ng/min]
04.07.2011	16:05	04.07.2011 16:05	21,03092				
02.08.2011	16:24	02.08.2011 16:24	21,00341	0,02751	41779	6,58465E-07	658,464779
02.08.2011	16:24	02.08.2011 16:24	21,00341				
02.09.2011	12:15	02.09.2011 12:15	20,97289	0,03052	44391	6,87527E-07	687,526751
02.09.2011	12:15	02.09.2011 12:15	20,97289				
04.10.2011	17:23	04.10.2011 17:23	20,94256	0,03033	46388	6,53833E-07	653,832888
04.10.2011	13:20	04.10.2011 13:20	20,94256				
03.11.2011	08:32	03.11.2011 08:32	20,91411	0,02845	42912	6,62985E-07	662,984713
03.11.2011	08:32	03.11.2011 08:32	20,91411				
05.12.2011	09:37	05.12.2011 09:37	20,88189	0,03222	46145	6,98234E-07	698,233828
05.12.2011	09:37	05.12.2011 09:37	20,88189				
09.01.2012	17:16	09.01.2012 17:16	20,84878	0,03311	50859	6,51016E-07	651,015553
09.01.2012	17:16	09.01.2012 17:16	20,84878				
02.02.2012	14:15	02.02.2012 14:15	20,82575	0,02303	34379	6,69886E-07	669,885686
02.02.2012	14:15	02.02.2012 14:15	20,82575				
05.03.2012	15:25	05.03.2012 15:25	20,79556	0,03019	46150	6,54171E-07	654,171181
05.03.2012	15:25	05.03.2012 15:25	20,79556				
05.04.2012	09:30	05.04.2012 09:30	20,76653	0,02903	44285	6,55527E-07	655,526702
05.04.2012	09:30	05.04.2012 09:30	20,76653				
02.05.2012	12:15	02.05.2012 12:15	20,74112	0,02541	39045	6,50788E-07	650,787553

Mittelwert Permeationsrate: **664,24296** [ng/min]

Standardabweichung: 16,3507 [ng/min]

Standardabweichung in % 2,46

6. Prüfergebnisse nach VDI 4203 Blatt 3

6.1 4.1.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Abbildung 1 auf Seite 24 ist die Messeinrichtung inklusive Display dargestellt.

6.1 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten wurden nach den Anweisungen der Betriebsanleitung ausgeführt.

6.4 Auswertung

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

1. Überprüfung des Gerätestatus
Der Gerätestatus kann durch visuelle Kontrolle am Display der Messeinrichtung überwacht und kontrolliert werden.
2. Der Stickstoffvordruck sollte ebenfalls regelmäßig überprüft werden.
3. Überprüfung des Null- und Referenzpunktes (1 mal monatlich)

6.5 Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der in den Handbüchern beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich bisher problemlos mit herkömmlichen Werkzeugen durchführen.

6.1 4.1.3 Funktionskontrolle

Soweit zum Betrieb oder zur Funktionskontrolle der Messeinrichtung spezielle Einrichtungen erforderlich sind, sind diese als zum Gerät gehörig zu betrachten und bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und mit in die Bewertung aufzunehmen. Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme müssen der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch

6.3 Durchführung der Prüfung

Das geprüfte Gerät besitzt keine Einrichtung zur Funktionskontrolle. Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnmeldungen angezeigt.

Die Funktionskontrolle der Geräte wurde mit Hilfe von externen Prüfgasaufgaben durchgeführt.

6.4 Auswertung

Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnmeldungen angezeigt.

Eine externe Überprüfung des Null- und Referenzpunktes ist mit Hilfe von Prüfgasen möglich.

6.5 Bewertung

Das geprüfte Gerät besitzt keine Einrichtung zur Funktionskontrolle.

Mindestanforderung erfüllt? Nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung dieser Mindestanforderung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messinstrumente wurden nach den Beschreibungen des Geräteherstellers in Betrieb genommen. Die erforderlichen Zeiten für Rüst- und Einlaufzeit wurden getrennt erfasst.

Erforderliche bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Installation, wie z. B. die Einrichtung eines Durchbruchs im Containerdach, wurden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

Zur Rüstzeit wird im Handbuch keine Angabe gemacht. Sie ist selbstverständlich abhängig von den Gegebenheiten am Einbauort sowie der örtlichen Spannungsversorgung. Da es sich beim VOC72M um einen kompakten Analysator handelt, besteht die Rüstzeit hauptsächlich aus:

- dem Herstellen der Spannungsversorgung
- der Verschlauchung (Stickstoff, Probenahme, Abluft)
- dem Herstellen der Stickstoffversorgung (N₂ Reinheit 6.0, 3,2 bar Vordruck)

Bei verschiedenen Positionsveränderungen im Labor (Ein/Ausbau in der Klimakammer) sowie Einbau am Feldteststandort wurde eine Rüstzeit von ca. 1,5 h ermittelt.

Die Einlaufzeit (Warm-up Zeit) wird im Handbuch mit 15 Minuten angegeben. Diese Zeit wird benötigt, um die „Hot Box“ sowie den Detektor aufzuheizen und konnte im Test bestätigt werden. Bei Einschalten aus völlig kaltem Zustand benötigt das Gerät ca 4-10 Messzyklen (entsprechend ca. 1 – 2 h), bis sich der Messwert stabilisiert hat.

Das Messsystem muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer.

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann bei überschaubarem Aufwand an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit beträgt ca. 1,5 Stunden und die Einlaufzeit je nach notwendiger Stabilisierungszeit 1,5 – 2,5 Stunden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 4.1.5 Bauart

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:

Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)
Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)
Sicherheitsanforderungen
Abmessungen
Gewicht
Energiebedarf.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wird eine Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauchs und eine Waage eingesetzt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte wurde mit der Beschreibung in den Handbüchern verglichen. Der angegebene Energieverbrauch wird über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests bestimmt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung muss in horizontaler Einbaulage (z.B. auf einem Tisch oder in einem Rack) witterungsunabhängig installiert werden. Die Temperatur am Aufstellungsort muss im Bereich von 5 °C bis 35 °C liegen.

Die Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Bedienungshandbuch überein.

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller mit maximal ca. 120 W (Spitzen bis 200 W) angegeben. In einem 24stündigen Test wurde der Gesamtenergiebedarf der Messeinrichtung ermittelt. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei dieser Untersuchung der angegebene Wert überschritten.

6.5 Bewertung

Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.6 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über ein frontseitiges Display mit Bedienfeld oder über RS232- bzw. Ethernetschnittstelle von einem direkt angeschlossenen externen Rechner aus.

Das Gerät besitzt keine interne Funktion (Passwortschutz) gegen unbeabsichtigtes oder unbefugtes Verstellen. Eine Veränderung von Parametern oder die Justierung von Sensoren ist allerdings nur über mehrere Tastenfolgen und nach mehrerem Bestätigen möglich. Daher ist ein unbeabsichtigtes Verstellen nicht möglich.

Da eine Aufstellung des Messgerätes im Freien nicht möglich ist, muss der Schutz vor unbefugtem Verstellen durch die Aufstellung an Orten, zu denen Unbefugte keinen Zutritt haben (z. B. verschlossener Messcontainer), erfolgen.

6.4 Auswertung

Geräteparameter, die Einfluss auf die Messeigenschaften haben, müssen händisch über aufwendige Tastenfolgen (auf/ab Menü) eingegeben und nach Rückfrage bestätigt werden. Ein unbeabsichtigtes Verstellen ist hier nicht möglich.

Zum Schutz vor unbefugtem Verstellen muss die Messeinrichtung in verschließbarer Umgebung (Messcontainer / Messschrank) aufgestellt werden.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung selbst ist nicht gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist in einem Messcontainer zu verschließen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.7 Messsignalausgang

Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC mit Software „CemVoc“

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte unter Verwendung eines PC mit Software „CemVoc“ (via Ethernet).

Die Messeinrichtung wurde über Ethernet an einen PC angeschlossen und die Daten auf einen PC herunter geladen. Parallel wurden (wie üblich während der Prüfung) die Daten über die USB-Schnittstelle auf einen USB-Stick gezogen. Die Prüfung erfolgte durch Vergleich der beiden Datensätze.

Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen (maximal 4 Analogausgänge) sowie über die Ausgabe der Messsignale / Kommunikation via serielle Schnittstelle RS 232 oder RS422.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog: 0 / 4 bis 20 mA oder 0 bis 1 / 10 V Konzentrationsbereich wählbar

Digital: RS 232 / RS 422 -Schnittstelle

USB

Die übertragenen Messwerte via Ethernet entsprechen den über USB-Schnittstelle downgeladenen Daten.

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden analog (0-1 bzw. 5 V) und digital (über Ethernet, RS 232, USB) angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist über entsprechende Anschlüsse an den Geräten möglich (z.B. Analogeingänge).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 4 zeigt eine Ansicht der Geräterückseite mit den jeweiligen Messwertausgängen.



- (1) Freier Platz für ESTEL-, SOREL- oder RS4i-Karte, (2) Netzsicherung, (3) Auslass des Kühllüfters, (4) Schraube des Probeneingangsmoduls, (5) Probeneingang für Leitung mit Außendurchm. 4 mm, (6) Stickstoffeingang für Leitung mit Außendurchm. 1/8", (7) Luftauslass für Leitung mit Außendurchm. 4 mm, (8) Kühllüfter des Kühlkörpers, (9) USB-Anschluss, (10) Ethernetausgang, (11) Geräteschild, (12) Netzanschluss.

Abbildung 4: Ansicht Geräterückseite VOC72M

6.1 5.1 Allgemeines

Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Ergebnisse der Prüfungen werden mit den Angaben im Handbuch verglichen.

6.4 Auswertung

Die gefundenen Abweichungen zwischen dem ersten Handbuchsentwurf und der tatsächlichen Geräteausführung wurden behoben.

6.5 Bewertung

Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.1 Zertifizierungsbereiche

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.4 Auswertung

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 sowie DIN EN 14662, Blatt 3 enthalten folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von kontinuierlichen Immissionsmessgeräten für Benzol:

Tabelle 3: Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Benzol	0	50	5	Kalenderjahr

Tabelle 4: Zertifizierungsbereiche DIN EN 14662-3

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Benzol	0,5	50	5	Kalenderjahr

Da das Messgerät aufgrund des verwendeten Messprinzips keine Werte kleiner Null ausgeben kann, wurden alle Prüfungen am Nullpunkt wie in der DIN EN 14622-3 gefordert bei einem Prüfgassollwert von ca. $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt. Dadurch besteht die Möglichkeit, auch negative Driften auf das Messsignal am Nullpunkt festzustellen.

6.5 Bewertung

Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.2 Messbereich

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches ist.

6.4 Auswertung

An der Messeinrichtung können theoretisch Messbereiche bis maximal 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt werden.

Möglicher Messbereich:	1.000 µg/m ³
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs:	50 µg/m ³

6.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 50 µg/m³ eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 1.000 µg/m³ sind möglich.

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.3 Negative Messsignale

Negative Messsignale oder Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde im Labor- wie auch Feldtest geprüft, ob die Messeinrichtung auch negative Messwerte ausgeben kann.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung kann aufgrund des Messprinzips keine Messwerte kleiner Null ausgeben. Alle Untersuchungen am Nullpunkt wurden Richtlinienkonform bei einer Prüfgaskonzentration von ca. $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt, um auch negative Einflüsse auf das Messsignal feststellen zu können.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung kann messprinzipsbedingt keine negativen Messsignale ausgeben.
Mindestanforderung erfüllt? entfällt

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.4 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall von bis zu 72 h muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibrier gas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde ein Stromausfall simuliert und geprüft, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

6.4 Auswertung

Im Falle eines Netzausfalles befindet sich die Messeinrichtung nach der Spannungswiederkehr bis zum Erreichen eines stabilisierten Zustands bezüglich der Gerätetemperaturen in der Aufwärmphase („Warm up“). Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig von den Umgebungsbedingungen am Aufstellort und vom thermischen Gerätezustand beim Einschalten. Nach der Aufwärmphase schaltet das Gerät automatisch in den Modus, der vor Spannungsabfall aktiviert war.

Ein Ausströmen von Betriebsmitteln (hier N₂ Trägergas) konnte nicht festgestellt werden.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.5 Gerätefunktionen

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC zur Datenerfassung.

6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde lokal über Ethernet ein PC angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft.

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung- und -steuerung leicht möglich.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege (Ethernet, RS232).

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.6 Umschaltung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht sowie gesteuert werden.

6.4 Auswertung

Alle Bedienprozeduren, die keine praktischen Handgriffe vor Ort bedingen, können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät als auch durch telemetrische Fernbedienung überwacht und gesteuert werden.

6.5 Bewertung

Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht und gesteuert werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.7 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst drei Monate, muss jedoch mindestens zwei Wochen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß 6.1 5.3.12 Langzeitdrift zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

6.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keine unzulässigen Driften festgestellt werden. Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt.

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden.

6.5 Bewertung

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 1 Monat.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 5.2.8 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 95 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der vier Feldteststandorte bestimmt. Dazu werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten erfasst.

6.4 Auswertung

Der Feldtest wurde vom 13.01.2012 bis zum 27.04.2012 durchgeführt. Die Messeinrichtungen wurden damit im Feldtest über einen Zeitraum von insgesamt 104 Messtagen betrieben. Tabelle 5 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten.

Es wurden keine Gerätestörungen beobachtet.

6.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für beide Geräte 98,4 % inkl. prüfungsbedingter Wartungszeit.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 5: Ermittlung der Verfügbarkeit

		Gerät 1 (SN 005)	Gerät 2 (SN 006)
Einsatzzeit	h	2520	2520
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	39	39
Tatsächliche Betriebszeit	h	2481	2481
Verfügbarkeit	%	98,4	98,4

6.1 5.2.9 Gerätesoftware

Die Version der zu testenden Gerätesoftware muss beim Einschalten der Messeinrichtung angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen der Gerätesoftware sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Gerätesoftware am Gerät angezeigt werden kann. Der Gerätehersteller wurde darauf hingewiesen, dass jegliche Änderungen der Gerätesoftware dem Prüfinstitut mitgeteilt werden müssen.

6.4 Auswertung

Die aktuelle Software wird beim Einschalten des Gerätes im Display angezeigt. Sie kann zudem jederzeit im Menü „Konfiguration“ eingesehen werden.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion 3.0.9 durchgeführt (Stand 2012).

6.5 Bewertung

Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



Abbildung 5: Anzeige der Softwareversion (hier 3.0.9) im Startmenü

6.1 5.3.1 Allgemeines

Die Prüfung erfolgen auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgt auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010).

6.4 Auswertung

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 und VDI 4203, Blatt 3 wurden nach umfangreicher Revision mit Stand September 2010 neu veröffentlicht. Zur Auswertung wurden die Mindestanforderungen aus Tabelle 2 a/b der genannten Richtlinie herangezogen.

6.5 Bewertung

Die Prüfung und Auswertung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt höchstens 2 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen.

Anmerkung: Für die Komponente Benzol bezieht sich die Mindestanforderung auf die Wiederholpräzision r .

Die Wiederholstandardabweichung darf $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte durch wechselweise Aufgabe von Null- und Referenzgas. Für Benzol ist eine 10-fache Wiederholung dieses Wechsels gefordert.

Da der Benzol Analysator VOC72M messprinzipsbedingt keine negativen Werte ausgeben kann, wurde diese Prüfung in Anlehnung an die DIN EN 14662-3 mit einer Prüfgaskonzentration bei ungefähr $1/10$ des Grenzwertes = $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt wird wie folgt ermittelt:

$$s_{r,zp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

Dabei ist: $s_{r,zp}$ = Wiederholstandardabweichung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder nmol/mol

y_i = i -ter Anzeigewert, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder nmol/mol

\bar{y} = Mittelwert der Anzeigewerte

N = Anzahl der Messungen

6.5 Bewertung

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt bei 1/10 des Grenzwertes liegt bei 0,02 µg/m³ für Gerät 1 (SN 0006) und bei 0,01 µg/m³ für Gerät 2 (SN 0006).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 6: Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt für Benzol bei 1/10 des Grenzwertes

Labor		Nullpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
05.11.2011	07:37 - 08:37	0,52	0,48
05.11.2011	09:37 - 10:37	0,54	0,49
05.11.2011	11:37 - 12:37	0,54	0,50
05.11.2011	13:37 - 14:37	0,54	0,50
05.11.2011	15:37 - 16:37	0,56	0,48
05.11.2011	17:37 - 18:37	0,51	0,48
05.11.2011	19:37 - 20:37	0,52	0,48
05.11.2011	21:37 - 22:37	0,52	0,50
05.11.2011	23:37 - 00:37	0,52	0,50
06.11.2011	01:37 - 02:37	0,54	0,51
Anzahl (n)		10	10
Mittelwert		0,53	0,49
Standardabweichung (sr)		0,02	0,01
Anforderung nach VDI 4202-1		0,30	0,30
Anforderung erfüllt?		ja	ja

6.1 5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist der Grenzwert bzw. die Alarmschwelle zu verwenden.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt höchstens 2% der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen. Als Referenzpunkt ist in diesem Fall ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Die Wiederholstandardabweichung darf 5 % bezogen auf den Prüfgaswert (Grenzwert = $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nicht überschreiten. Damit darf die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt höchstens $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte durch wechselweise Aufgabe von Null- und Referenzgas. Für Benzol ist eine 10-fache Wiederholung dieses Wechsels gefordert.

Die Prüfung wurde bei einer Prüfgaskonzentration c_t am Grenzwert = $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt wird wie folgt ermittelt:

$$s_{r,rp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

Dabei ist: $s_{r,rp}$ = Wiederholstandardabweichung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder nmol/mol

y_i = i-ter Anzeigewert, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder nmol/mol

\bar{y} = Mittelwert der Anzeigewerte

N = Anzahl der Messungen

6.5 Bewertung

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt liegt bei 0,02 µg/m³ für Gerät 1 (SN 0006) und bei 0,01 µg/m³ für Gerät 2 (SN 0006).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 7: Wiederholstandardabweichung für Benzol am Grenzwert

Labor		Referenzpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m ³]	[µg/m ³]
05.11.2011	08:38 - 09:37	5,06	5,01
05.11.2011	10:37 - 11:37	5,08	5,02
05.11.2011	12:37 - 13:37	5,04	5,01
05.11.2011	14:37 - 15:37	5,08	5,00
05.11.2011	16:37 - 17:37	5,04	5,02
05.11.2011	18:37 - 19:37	5,05	5,04
05.11.2011	20:37 - 21:37	5,05	5,02
05.11.2011	22:37 - 23:37	5,06	5,02
06.11.2011	00:37 - 01:37	5,04	5,04
06.11.2011	02:37 - 03:37	5,02	5,02
Anzahl (n)		10	10
Mittelwert		5,05	5,02
Standardabweichung (sr)		0,02	0,01
Anforderung nach VDI 4202-1		0,25	0,25
Anforderung erfüllt?		ja	ja

6.1 5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.

Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) einhält.

Für die anderen Zertifizierungsbereiche darf die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion nicht mehr als 5 % der oberen Grenze des entsprechenden Zertifizierungsbereichs betragen.

Die Abweichungen von der linearen Regression darf maximal 5 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

6.3 Durchführung der Prüfung

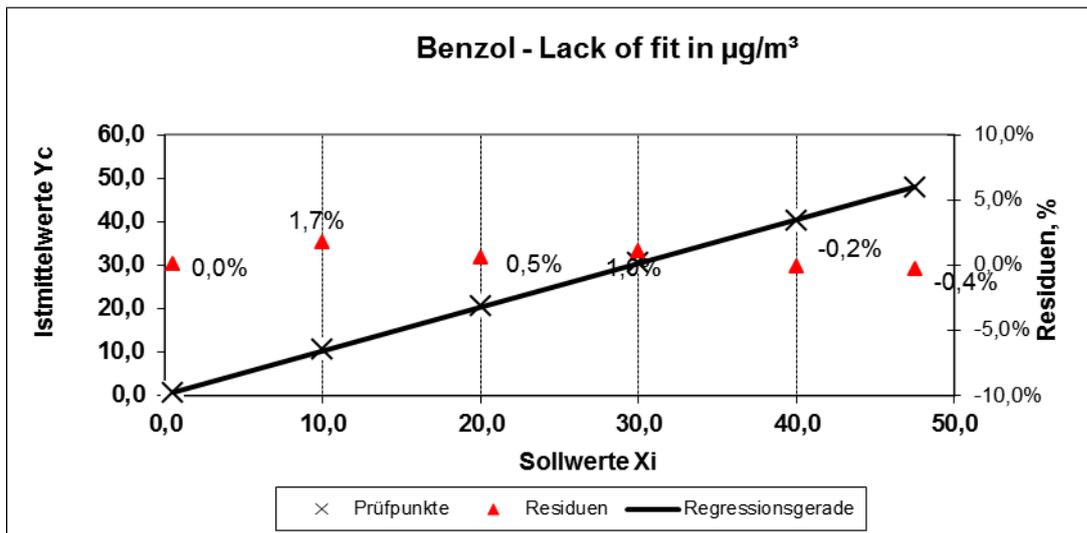
Die Prüfung erfolgte im Bereich von 0 % bis 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich des Nullpunktes (hier bei $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)). Bei jeder Konzentration wurden mindestens fünf unabhängige Werte ermittelt.

Die Konzentrationen wurden in der Reihenfolge 80 %, 40 %, 0 %, 60 %, 20 % und 95 % aufgegeben.

6.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende lineare Regressionen. In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion graphisch und tabellarisch dargestellt.

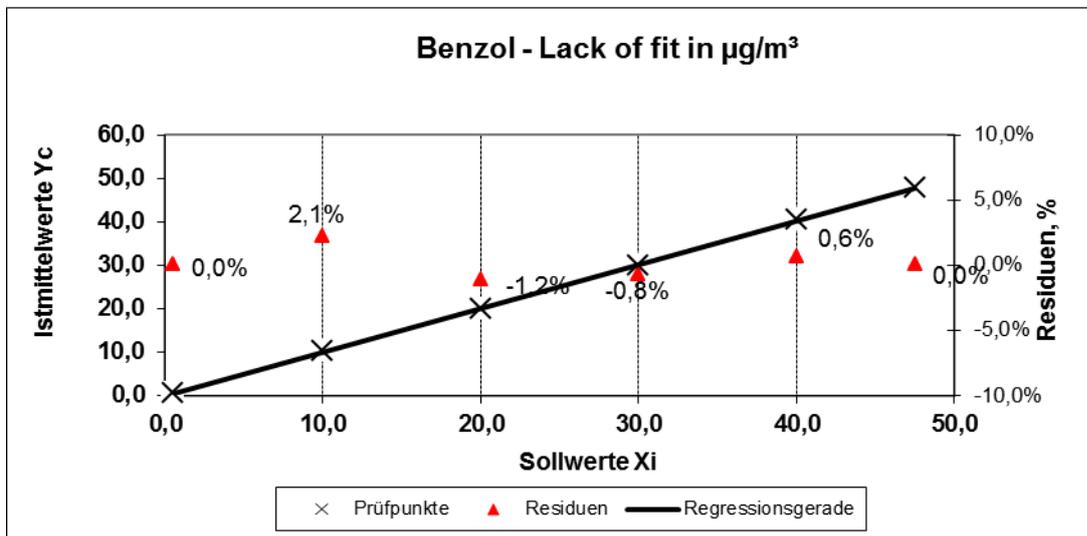
Linearitätsprüfung	Messbereich	50	µg/m³	Benzol			
Stufen	Benzol	80%	40%	0%	60%	20%	95%
Sollwert	µg/m³	40,000	20,000	0,501	30,000	10,000	47,500
Istwert Yi 1	µg/m³	40,335	20,522	0,515	30,673	10,516	47,589
Istwert Yi 2	µg/m³	40,338	20,564	0,518	30,655	10,497	47,704
Istwert Yi 3	µg/m³	40,311	20,124	0,526	30,669	10,512	47,721
Istwert Yi 4	µg/m³	40,308	20,698	0,521	30,664	10,495	47,763
Istwert Yi 5	µg/m³	40,330	20,349	0,514	30,666	10,467	47,772
Istmittelwert Yc	µg/m³	40,324	20,451	0,519	30,665	10,497	47,710
Residuen dc	µg/m³	-0,07	0,10	-0,29	0,29	0,17	-0,20
Residuen (d_r)_c	%	-0,2%	0,5%	0,0%	1,0%	1,7%	-0,4%



Die zulässige Abweichung der Residuen dc_{rel} beträgt $\pm 5\%$, bezogen auf den Messwert.

Abbildung 6: Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 1

Linearitätsprüfung	Messbereich		50 µg/m³			Benzol		
	Stufen	Benzol	80%	40%	0%	60%	20%	95%
Sollwert		µg/m³	40,000	20,000	0,500	30,000	10,000	47,500
Istwert Yi 1		µg/m³	40,465	19,958	0,498	29,909	10,251	47,781
Istwert Yi 2		µg/m³	40,438	19,856	0,483	29,931	10,248	47,759
Istwert Yi 3		µg/m³	40,505	19,639	0,507	29,924	10,250	47,794
Istwert Yi 4		µg/m³	40,444	19,876	0,509	29,931	10,254	47,767
Istwert Yi 5		µg/m³	40,481	19,963	0,499	29,944	10,258	47,786
Istmittelwert Yc		µg/m³	40,467	19,858	0,499	29,928	10,252	47,777
Residuen dc		µg/m³	0,24	-0,24	0,01	-0,23	0,21	0,01
Residuen (d _{rel})c		%	0,6%	-1,2%	0,0%	-0,8%	2,1%	0,0%



Die zulässige Abweichung der Residuen d_{rel} beträgt $\pm 5\%$, bezogen auf den Messwert.

Abbildung 7: Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 2

6.5 Bewertung

Die Abweichung von der linearen Regressionsfunktion liegt bei maximal 1,7 % für Gerät 1 (SN: 0005) sowie bei maximal 2,1 % für Gerät 2 (SN: 0006).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 angegeben.

Tabelle 8: Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 1

Stufe	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
80%	10.11.2011	11:22	40,335	40,000	0,335
80%	10.11.2011	11:37	40,338	40,000	0,338
80%	10.11.2011	11:52	40,311	40,000	0,311
80%	10.11.2011	12:07	40,308	40,000	0,308
80%	10.11.2011	12:22	40,330	40,000	0,330
40%	10.11.2011	13:37	20,522	20,000	0,522
40%	10.11.2011	13:52	20,564	20,000	0,564
40%	10.11.2011	14:07	20,124	20,000	0,124
40%	10.11.2011	14:22	20,698	20,000	0,698
40%	10.11.2011	14:37	20,349	20,000	0,349
0%	10.11.2011	15:52	0,515	0,500	0,015
0%	10.11.2011	16:07	0,518	0,500	0,018
0%	10.11.2011	16:22	0,526	0,500	0,026
0%	10.11.2011	16:37	0,521	0,500	0,021
0%	10.11.2011	16:52	0,514	0,500	0,014
60%	11.11.2011	07:07	30,673	30,000	0,673
60%	11.11.2011	07:22	30,655	30,000	0,655
60%	11.11.2011	07:37	30,669	30,000	0,669
60%	11.11.2011	07:52	30,664	30,000	0,664
60%	11.11.2011	08:07	30,666	30,000	0,666
20%	11.11.2011	09:22	10,516	10,000	0,516
20%	11.11.2011	09:37	10,497	10,000	0,497
20%	11.11.2011	09:52	10,512	10,000	0,512
20%	11.11.2011	10:07	10,495	10,000	0,495
20%	11.11.2011	10:22	10,467	10,000	0,467
95%	11.11.2011	11:22	47,589	47,500	0,089
95%	11.11.2011	11:37	47,704	47,500	0,204
95%	11.11.2011	11:52	47,721	47,500	0,221
95%	11.11.2011	12:07	47,763	47,500	0,263
95%	11.11.2011	12:22	47,772	47,500	0,272

Tabelle 9: Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 2

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
80%	10.11.2011	11:22	40,465	40,000	0,465
80%	10.11.2011	11:37	40,438	40,000	0,438
80%	10.11.2011	11:52	40,505	40,000	0,505
80%	10.11.2011	12:07	40,444	40,000	0,444
80%	10.11.2011	12:22	40,481	40,000	0,481
40%	10.11.2011	13:37	19,958	20,000	-0,042
40%	10.11.2011	13:52	19,856	20,000	-0,144
40%	10.11.2011	14:07	19,639	20,000	-0,361
40%	10.11.2011	14:22	19,876	20,000	-0,124
40%	10.11.2011	14:37	19,963	20,000	-0,037
0%	10.11.2011	15:52	0,498	0,500	-0,002
0%	10.11.2011	16:07	0,483	0,500	-0,017
0%	10.11.2011	16:22	0,507	0,500	0,007
0%	10.11.2011	16:37	0,509	0,500	0,009
0%	10.11.2011	16:52	0,499	0,500	-0,001
60%	11.11.2011	07:07	29,909	30,000	-0,091
60%	11.11.2011	07:22	29,931	30,000	-0,069
60%	11.11.2011	07:37	29,924	30,000	-0,076
60%	11.11.2011	07:52	29,931	30,000	-0,069
60%	11.11.2011	08:07	29,944	30,000	-0,056
20%	11.11.2011	09:22	10,251	10,000	0,251
20%	11.11.2011	09:37	10,248	10,000	0,248
20%	11.11.2011	09:52	10,250	10,000	0,250
20%	11.11.2011	10:07	10,254	10,000	0,254
20%	11.11.2011	10:22	10,258	10,000	0,258
95%	11.11.2011	11:22	47,781	47,500	0,281
95%	11.11.2011	11:37	47,759	47,500	0,259
95%	11.11.2011	11:52	47,794	47,500	0,294
95%	11.11.2011	12:07	47,767	47,500	0,267
95%	11.11.2011	12:22	47,786	47,500	0,286

6.1 5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Benzol Analysator VOC72M analysiert den Benzolgehalt in der Umgebungsluft. Er ist mit einer Pumpe ausgestattet und saugt die benötigte, zu analysierende Umgebungsluft selbst an (ca. 0,05 l/min Gesamtflow). Diese Pumpe arbeitet gegen die Umgebungsbedingungen, dies bedeutet, dass am Messgaseingang und am Messgasausgang die gleichen Druckbedingungen herrschen. Das zwanghafte Herbeiführen eines Über- oder Unterdrucks in diesem System könnte den Analysator zerstören.

Der VOC72M ist mit einer internen Druckmessung zur Messung des atmosphärischen Druckes ausgestattet. Das ausgegebene Messsignal ist immer druckkompensiert.

Während des 3-monatigen Feldtests herrschten an den Tagen der Driftkontrollen Umgebungsdruckbedingungen zwischen 100,7 kPa (04.04.2012) und 103,6 kPa (06.02.2012). In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analysatoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsluftdruckes und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüfgases festgestellt werden.

6.4 Auswertung

Aufgrund des Aufbaus der Messeinrichtung konnte der Probengasdruck nicht wiederholbar abweichend vom Umgebungsdruck eingestellt werden, ohne die Messeinrichtung zu beschädigen. Alle Messergebnisse werden durch die interne Umgebungsdruckmessung druckkompensiert. Der aktuell gemessene Umgebungsdruck kann im Display abgelesen werden.

Der Einfluss des Probengasdruckes wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$e_{gp} = \frac{(y_2 - y_1)}{(p_2 - p_1)}$$

Dabei ist:

- e_{gp} = Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes
- y_1 = Mittelwert der Messungen bei der Probengasdruck p_1
- y_2 = Mittelwert der Messungen bei der Probengasdruck p_2
- p_1 = minimaler Wert des Probengasdrucks in kPa
- p_2 = maximaler Wert des Probengasdrucks in kPa

Der tiefste Umgebungsdruck mit 100,7 kPa während des Feldtests wurde am 04.04.2012 aufgezeichnet. An diesem Tag wurde bei der Driftuntersuchung am Referenzpunkt ein Wert von 34,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1, sowie 34,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 gemessen.

Der höchste Umgebungsdruck mit 103,6 kPa während des Feldtests wurde am 06.02.2012 aufgezeichnet. An diesem Tag wurde bei der Driftuntersuchung am Referenzpunkt ein Wert von 34,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1, sowie 34,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 gemessen.

6.5 Bewertung

Aus den Messdaten während der Driftuntersuchung ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient für den Umgebungsdruck von -0,045 für Gerät 1 (SN: 005) sowie von -0,010 für Gerät 2 (SN: 006).

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_i bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Für den Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur ist in Tabelle 2 der VDI 4202 Blatt 1 kein Minimumkriterium gegeben.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +0 bis +35 °C, Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur wurden Messungen bei Probengastemperaturen von $T_{gt,1} = 273 \text{ K}$ (0 °C) und $T_{gt,2} = 303 \text{ K}$ (30 °C) durchgeführt. Die Temperaturabhängigkeit wurde am Referenzpunkt bestimmt. Bei jeder Temperatur sind drei einzelne Anzeigewerte ermittelt worden.

Die Probengastemperatur am Einlass war mindestens 30 min. konstant.

Zur Prüfung wurde die Prüfgaserzeugung in der Klimakammer aufgebaut. Die Analytoren wurden außerhalb der Klimakammer platziert. Die Prüfung wurde zuerst bei 0 °C und dann bei 30 °C durchgeführt.

Hinweis:

Für die die Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur ist für Benzol in der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) keine Mindestanforderung definiert. Der Prüfpunkt wurde dennoch zu informativen Zwecken analog zu der Durchführung für anorganische Gase durchgeführt. Es erfolgt jedoch keine Berücksichtigung bei der Unsicherheitsbetrachtung.

6.4 Auswertung

Der Einfluss der Probengastemperatur wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$e_{gt} = \frac{(y_2 - y_1)}{(T_{gt,2} - T_{gt,1})}$$

Dabei ist:

- e_{gt} = Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur
- y_1 = Mittelwert der Messungen bei der Probengastemperatur T_1
- y_2 = Mittelwert der Messungen bei der Probengastemperatur T_2
- $T_{gt,1}$ = minimale absolute Probengastemperatur in K
- $T_{gt,2}$ = minimale absolute Probengastemperatur in K

6.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,012 µg/m³ für Gerät 1 (SN:0005) sowie 0,006 µg/m³ für Gerät 2 (SN:0006). Für die die Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur ist für Benzol in der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) keine Mindestanforderung definiert. Der Prüfpunkt wurde dennoch zu informativen Zwecken analog zu der Durchführung für anorganische Gase durchgeführt. Es erfolgt jedoch keine Berücksichtigung bei der Unsicherheitsbetrachtung.

Mindestanforderung erfüllt? Nur informativ

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die gemessenen Einzelwerte sind in Tabelle 10 angegeben.

Tabelle 10: Einzeldaten der Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur [°K]	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
12.12.2011	08:10 - 08:25	273	40,025	40,498
12.12.2011	08:25 - 08:40	273	40,218	40,785
12.12.2011	08:40 - 08:55	273	40,169	40,621
	Mittelwert		40,137	40,635
12.12.2011	15:25 - 15:40	303	40,425	40,856
12.12.2011	15:40 - 15:55	303	40,529	40,784
12.12.2011	15:55 - 16:10	303	40,506	40,799
	Mittelwert		40,487	40,813
Empfindlichkeitskoeffizient (e_{gt})			0,012	0,006

6.1 5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf nicht mehr als $\pm 5\%$ des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +0 bis +35 °C, Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt gemäß Gerätehersteller 5 °C bis 35 °C. Aus diesem Grund wurde die Prüfung auf diesen Umgebungstemperatur beschränkt.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes und der Messwerte von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

6.4 Auswertung

Der Einfluss der Umgebungstemperatur wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$e_{st} = \frac{y_T - \frac{y_1 + y_2}{2}}{(T_{st} - T_{st,0})}$$

Dabei ist:

- e_{st} = Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur
- y_T = Mittelwert der Messungen bei $T_{st,min}$ oder $T_{st,max}$
- y_1 = erster Mittelwert der Messungen bei $T_{st,0}$
- y_2 = zweiter Mittelwert der Messungen bei $T_{st,0}$
- $T_{st,0}$ = Ausgangstemperatur in K
- T_{st} = eingestellte Temperatur $T_{st,min}$ oder $T_{st,max}$ in K

Tabelle 11: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt

1. Durchgang

Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	0,53		0,50	
T _{min}	278	0,51	0,0011	0,48	0,0007
T ₁	293	0,53		0,49	
T ₁	293	0,53		0,49	
T _{max}	308	0,51	-0,0009	0,50	0,0002
T ₁	293	0,51		0,50	

2. Durchgang

Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	0,51		0,50	
T _{min}	278	0,51	0,0002	0,49	0,0007
T ₁	293	0,52		0,50	
T ₁	293	0,52		0,50	
T _{max}	308	0,51	-0,0006	0,48	-0,0009
T ₁	293	0,52		0,50	

3. Durchgang

Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	0,52		0,50	
T _{min}	278	0,51	0,0002	0,51	-0,0009
T ₁	293	0,51		0,49	
T ₁	293	0,51		0,49	
T _{max}	308	0,52	0,0002	0,50	0,0003
T ₁	293	0,52		0,51	

Empfindlichkeitskoeffizient (e_{gt})	-0,0009		-0,0009
---	----------------	--	----------------

Tabelle 12: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt

1. Durchgang

Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	35,62		35,55	
T _{min}	278	35,63	-0,0007	35,52	0,0010
T ₁	293	35,61		35,52	
T ₁	293	35,61		35,52	
T _{max}	308	35,65	0,0022	35,51	-0,0008
T ₁	293	35,62		35,53	

2. Durchgang

Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	35,62		35,53	
T _{min}	278	35,65	-0,0013	35,53	-0,0001
T ₁	293	35,63		35,52	
T ₁	293	35,63		35,52	
T _{max}	308	35,68	0,0037	35,57	0,0041
T ₁	293	35,61		35,50	

3. Durchgang

Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 0005 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 0006 [µg/m³]	ermitteltes e _{st} [µg/m³/K]
T ₁	293	35,61		35,50	
T _{min}	278	35,63	-0,0006	35,52	0,0000
T ₁	293	35,63		35,55	
T ₁	293	35,63		35,55	
T _{max}	308	35,66	0,0026	35,53	-0,0019
T ₁	293	35,61		35,57	
Empfindlichkeitskoeffizient (e_{gt})			0,0037		0,0041

6.5 Bewertung

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt gemäß Gerätehersteller 5 °C bis 35 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur von -0,0009 µg/m³/K am Nullpunkt sowie von 0,0041 µg/m³/K am Referenzpunkt festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 13: Einzelergebnisse der Untersuchung zum Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur am Nullpunkt

Datum	Uhrzeit	Nullpunkt		
		Temperatur [°K]	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
05.12.2011	08:06 - 08:21	293	0,52	0,49
05.12.2011	09:06 - 09:21	293	0,54	0,50
05.12.2011	10:06 - 10:21	293	0,52	0,50
	Mittelwert		0,53	0,50
05.12.2011	17:06 - 17:21	278	0,51	0,48
05.12.2011	18:06 - 18:21	278	0,51	0,49
05.12.2011	19:06 - 19:21	278	0,51	0,48
	Mittelwert		0,51	0,48
06.12.2011	02:06 - 02:21	293	0,52	0,49
06.12.2011	03:06 - 03:21	293	0,54	0,50
06.12.2011	04:06 - 04:21	293	0,52	0,48
	Mittelwert		0,53	0,49
06.12.2011	11:06 - 11:21	308	0,51	0,50
06.12.2011	12:06 - 12:21	308	0,51	0,50
06.12.2011	12:06 - 13:21	308	0,50	0,50
	Mittelwert		0,51	0,50
06.12.2011	20:06 - 20:21	293	0,51	0,51
06.12.2011	21:06 - 21:21	293	0,51	0,50
06.12.2011	22:06 - 22:21	293	0,52	0,50
	Mittelwert		0,51	0,50
07.12.2011	05:06 - 05:21	278	0,52	0,49
07.12.2011	06:06 - 06:21	278	0,51	0,49
07.12.2011	07:06 - 07:21	278	0,51	0,49
	Mittelwert		0,51	0,49
07.12.2011	14:06 - 14:21	293	0,51	0,49
07.12.2011	15:06 - 15:21	293	0,53	0,50
07.12.2011	16:06 - 16:21	293	0,52	0,50
	Mittelwert		0,52	0,50
07.12.2011	23:06 - 23:21	308	0,52	0,48
08.12.2011	00:06 - 00:21	308	0,51	0,48
08.12.2011	01:06 - 01:21	308	0,51	0,49
	Mittelwert		0,51	0,48
08.12.2011	08:06 - 08:21	293	0,52	0,49
08.12.2011	09:06 - 09:21	293	0,53	0,50
08.12.2011	10:06 - 10:21	293	0,52	0,50
	Mittelwert		0,52	0,50
08.12.2011	17:06 - 17:21	278	0,51	0,51
08.12.2011	18:06 - 18:21	278	0,51	0,51
08.12.2011	19:06 - 19:21	278	0,52	0,50
	Mittelwert		0,51	0,51
09.12.2011	02:06 - 02:21	293	0,50	0,49
09.12.2011	03:06 - 03:21	293	0,51	0,49
09.12.2011	04:06 - 04:21	293	0,52	0,49
	Mittelwert		0,51	0,49
09.12.2011	11:06 - 11:21	308	0,51	0,51
09.12.2011	12:06 - 12:21	308	0,53	0,50
09.12.2011	12:06 - 13:21	308	0,52	0,50
	Mittelwert		0,52	0,50
09.12.2011	20:06 - 20:21	293	0,52	0,50
09.12.2011	21:06 - 21:21	293	0,54	0,51
09.12.2011	22:06 - 22:21	293	0,51	0,51
	Mittelwert		0,52	0,51

Tabelle 14: Einzelergebnisse der Untersuchung zum Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt

Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt		
		Temperatur [°K]	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
05.12.2011	08:36 - 08:51	293	35,61	35,54
05.12.2011	09:36 - 09:51	293	35,63	35,56
05.12.2011	10:36 - 10:51	293	35,63	35,56
	Mittelwert		35,62	35,55
05.12.2011	17:36 - 17:51	278	35,62	35,54
05.12.2011	18:36 - 18:51	278	35,64	35,51
05.12.2011	19:36 - 19:51	278	35,62	35,52
	Mittelwert		35,63	35,52
06.12.2011	02:36 - 02:51	293	35,61	35,54
06.12.2011	03:36 - 03:51	293	35,60	35,52
06.12.2011	04:36 - 04:51	293	35,62	35,51
	Mittelwert		35,61	35,52
06.12.2011	11:36 - 11:51	308	35,64	35,50
06.12.2011	12:36 - 12:51	308	35,64	35,50
06.12.2011	13:36 - 13:51	308	35,67	35,54
	Mittelwert		35,65	35,51
06.12.2011	20:36 - 20:51	293	35,62	35,54
06.12.2011	21:36 - 21:51	293	35,61	35,52
06.12.2011	22:36 - 22:51	293	35,64	35,52
	Mittelwert		35,62	35,53
07.12.2011	05:36 - 05:51	278	35,62	35,56
07.12.2011	06:36 - 06:51	278	35,64	35,51
07.12.2011	07:36 - 07:51	278	35,68	35,51
	Mittelwert		35,65	35,53
07.12.2011	14:36 - 14:51	293	35,64	35,54
07.12.2011	15:36 - 15:51	293	35,62	35,52
07.12.2011	16:36 - 16:51	293	35,63	35,51
	Mittelwert		35,63	35,52
07.12.2011	23:36 - 23:51	308	35,68	35,56
08.12.2011	00:36 - 00:51	308	35,67	35,58
08.12.2011	01:36 - 01:51	308	35,68	35,58
	Mittelwert		35,68	35,57
08.12.2011	08:36 - 08:51	293	35,62	35,51
08.12.2011	09:36 - 09:51	293	35,61	35,49
08.12.2011	10:36 - 10:51	293	35,61	35,50
	Mittelwert		35,61	35,50
08.12.2011	17:36 - 17:51	278	35,62	35,52
08.12.2011	18:36 - 18:51	278	35,63	35,51
08.12.2011	19:36 - 19:51	278	35,64	35,54
	Mittelwert		35,63	35,52
09.12.2011	02:36 - 02:51	293	35,62	35,54
09.12.2011	03:36 - 03:51	293	35,63	35,55
09.12.2011	04:36 - 04:51	293	35,64	35,55
	Mittelwert		35,63	35,55
09.12.2011	11:36 - 11:51	308	35,66	35,51
09.12.2011	12:36 - 12:51	308	35,66	35,56
09.12.2011	13:36 - 13:51	308	35,66	35,52
	Mittelwert		35,66	35,53
09.12.2011	20:36 - 20:51	293	35,62	35,58
09.12.2011	21:36 - 21:51	293	35,61	35,56
09.12.2011	22:36 - 22:51	293	35,61	35,57
	Mittelwert		35,61	35,57

6.1 5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_1 bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Trennstelltrafo, Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzspannung wurde die Netzspannung ausgehend von 230 V auf 210 V reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 230 V auf 245 V erhöht.

6.4 Auswertung

Der Einfluss der elektrischen Spannung wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$e_v = \frac{(y_2 - y_1)}{(U_2 - U_1)}$$

Dabei ist:

- e_v = Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung
- y_1 = Mittelwert der Messungen bei T_1
- y_2 = Mittelwert der Messungen bei T_2
- U_1 = minimale elektrische Spannung in V
- U_2 = maximale elektrische Spannung in V

6.5 Bewertung

Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung von maximal $-0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{V}$ am Nullpunkt sowie von $0,0007 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{V}$ am Referenzpunkt festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 15 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 15: Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
Nullgas bei 230 V				Prüfgas bei 230 V			
21.12.2011	07:05 - 08:05	0,52	0,54	21.12.2011	08:05 - 09:05	35,21	34,98
21.12.2011	09:05 - 10:05	0,54	0,54	21.12.2011	10:05 - 11:05	35,26	34,99
21.12.2011	11:05 - 12:05	0,51	0,56	21.12.2011	12:05 - 13:05	35,24	34,95
Mittelwert		0,52	0,55	Mittelwert		35,24	34,97
Nullgas bei 210 V				Prüfgas bei 210 V			
21.12.2011	13:05 - 14:05	0,51	0,54	21.12.2011	14:05 - 15:05	35,26	35,01
21.12.2011	15:05 - 16:05	0,52	0,55	21.12.2011	16:05 - 17:05	35,31	34,98
21.12.2011	17:05 - 18:05	0,52	0,55	21.12.2011	18:05 - 19:05	35,32	34,96
Mittelwert		0,52	0,55	Mittelwert		35,30	34,98
Nullgas bei 230 V				Prüfgas bei 230 V			
21.12.2011	07:05 - 08:05	0,52	0,55	21.12.2011	08:05 - 09:05	35,29	34,94
21.12.2011	09:05 - 10:05	0,51	0,53	21.12.2011	10:05 - 11:05	35,27	34,98
21.12.2011	11:05 - 12:05	0,53	0,55	21.12.2011	12:05 - 13:05	35,28	34,98
Mittelwert		0,52	0,54	Mittelwert		35,28	34,97
Nullgas bei 245 V				Prüfgas bei 245 V			
21.12.2011	13:05 - 14:05	0,51	0,54	21.12.2011	14:05 - 15:05	35,28	34,99
21.12.2011	15:05 - 16:05	0,51	0,54	21.12.2011	16:05 - 17:05	35,28	34,95
21.12.2011	17:05 - 18:05	0,51	0,53	21.12.2011	18:05 - 19:05	35,31	34,94
Mittelwert		0,51	0,54	Mittelwert		35,29	34,96
Empf.-Koeffizient (e_{gt})		-0,0002	-0,0003			-0,0002	-0,0007

6.1 5.3.9 Querempfindlichkeit

Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist für Benzol ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches zu verwenden.

Bei Messprinzipien, die von den EN-Normen abweichen, dürfen die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichung aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen im Bereich des Nullpunkts und am Referenzpunkt nicht mehr als 3 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches betragen. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 bis 80 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereiches zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen, Verdünnungseinrichtung, verschiedene Gasflowmeter

6.3 Durchführung der Prüfung

Das Signal des Messgerätes gegenüber verschiedenen in der Luft erwarteten Störkomponenten ist zu prüfen. Diese Störkomponenten können ein positives oder negatives Signal hervorrufen. Die Prüfung wird bei der Konzentration Null und einer Prüfgaskonzentration (c_t), die ähnlich dem 1-Stunden-Grenzwert ist, durchgeführt.

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von kleiner als 5 % aufweisen und auf nationale Standards rückführbar sein.

Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) angegeben. Für Benzol sind Untersuchungen mit den Komponenten H_2O (19 mmol/mol), Ozon (200 nmol/mol) sowie verschiedenen organischen Stoffe nach Anhang B der Richtlinie VDI 4202 (2010) durchzuführen. Der Einfluss jeder Störkomponente muss einzeln bestimmt werden. Die Konzentration der Messgröße ist für den auf die Zugabe der Störkomponente (z.B. Wasserdampf) zurückgehenden Verdünnungsfluss zu korrigieren.

Nach der Einstellung des Messgerätes bei Null- und beim Spannniveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch werden eine unabhängige, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird mit einem Gemisch der Messgröße bei der Konzentration c_t und der zu untersuchenden Störkomponente wiederholt.

6.4 Auswertung

Die Einflussgröße bei Null und der Konzentration c_t ist:

$$\Delta y_{i,zp,j} = y_{i,zp,j}$$

$$\Delta y_{i,rp,j} = y_{i,rp,j} - c_t$$

Dabei ist:

- $\Delta y_{i,rp,j}$ Abweichung aufgrund der Störkomponente j am Referenzpunkt
- $\Delta y_{i,zp,j}$ Abweichung aufgrund der Störkomponente j am Nullpunkt
- $y_{i,rp,j}$ Mittelwert der Messungen mit der Störkomponente j am Referenzpunkt
- $y_{i,zp,j}$ Mittelwert der Messungen mit der Störkomponente j am Nullpunkt
- c_t Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt

Die Einflussgröße der Störkomponenten muss die in der Tabelle 2 der VDI 4202 (2010) angegebenen Leistungsanforderungen sowohl bei Null als auch der Konzentration c_t erfüllen.

6.5 Bewertung

Die Auswertung der Querempfindlichkeitsuntersuchungen kann nicht nach dem in der VDI 4202 Blatt1 genannten für alle anderen Immissions-Komponenten gültigen Schema durchgeführt werden. Dies liegt daran, dass bei Benzolmesseinrichtungen die Nullpunktuntersuchungen messprinzipsbedingt nicht bei Null sondern bei ca. 1/10 des Grenzwertes durchgeführt werden müssen. Die Auswertung der Querempfindlichkeit erfolgte gemäß EN 14662-3 und ist in Kapitel 7.1 8.5.9 Querempfindlichkeiten aufgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.10 Mittelungseinfluss

Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Aufgrund des Messprinzips der geprüften Messeinrichtung ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.

Beim Messgerät VOC72M handelt es sich um einen Gaschromatographen, der aufgrund seines Messprinzips zyklisch arbeitet. Das Gerät gibt alle 15 Minuten einen Messwert aus, wobei die jeweilige Probenahmezeit pro Messwert ca. 13,5 Minuten andauert.

6.4 Auswertung

Aufgrund des Messprinzips der geprüften Messeinrichtung ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Aufgrund des Messprinzips der geprüften Messeinrichtung ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Aufgrund des Messprinzips der geprüften Messeinrichtung ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.

6.1 5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Benzol-Gemisch zur Anreicherung der Benzolkonzentration.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen unter Feldbedingungen ist während der dreimonatigen Dauerprüfung aus zeitgleichen, fortlaufenden Messungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen am selben Messort als Doppelbestimmungen zu ermitteln.

Da der Benzolgehalt der Umgebungsluft in Deutschland auch an verkehrsreichen Punkten generell sehr niedrig ist, wurde die Probenluft zeitweise mit Benzol angereichert, um aufzuzeigen das die Messeinrichtungen auch bei höheren Konzentrationen identisch arbeiten.

Außerdem wurden die Messwerte während der zwei-wöchentlichen Untersuchungen zum Langzeitdriftverhalten am Referenzpunkt in die Ermittlung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen mit einbezogen.

6.4 Auswertung

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen berechnet sich wie folgt:

$$s_{D,abs} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{1,i} - y_{2,i})^2}{2n}}$$

Dabei ist:

$s_{D,abs}$ Standardabweichung aus Doppelbestimmungen unter Feldbedingungen

$y_{1,i}$ i-ter Anzeigewert Messeinrichtung 1

$y_{2,i}$ i-ter Anzeigewert Messeinrichtung 2

n Anzahl der Doppelbestimmungen

Die relative Standardabweichung $s_{D,rel}$ aus Doppelbestimmungen unter Feldbedingungen ist auf den Gesamtmittelwert der während der Feldprüfung ermittelten Anzeigewerte nach folgender Gleichung zu beziehen:

$$s_{D,rel} = \frac{s_{D,abs}}{y}$$

6.5 Bewertung

Die relative Standardabweichung aus Doppelbestimmungen für Benzol betrug im Feldtest $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 16 und in Abbildung 8 dargestellt.

Tabelle 16: Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

Komponente:	Benzol		
Messgerät:	VOC72M		
Messdatum:	23.01.2012 bis 24.04.2012		
Zertifizierungsbereich	ZB	=	0 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Konzentrationsbereich	Gerät 1	=	0,3 - 34,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Konzentrationsbereich	Gerät 2	=	0,3 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mittelwert	Gerät 1	=	1,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mittelwert	Gerät 2	=	1,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$y = b \cdot x + c$ Steigung	b	=	0,9998
Ordinatenabstand	c	=	-0,0217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9999
Stichprobenumfang	n	=	2146
t-Wert	$t_{0,95,n}$	=	1,9611
Std-Abw.aus Doppelbestimmungen	$S_{D,abs}$	=	0,035 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Relative Standardabweichung	$S_{D,rel}$	=	0,025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Limit		=	0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

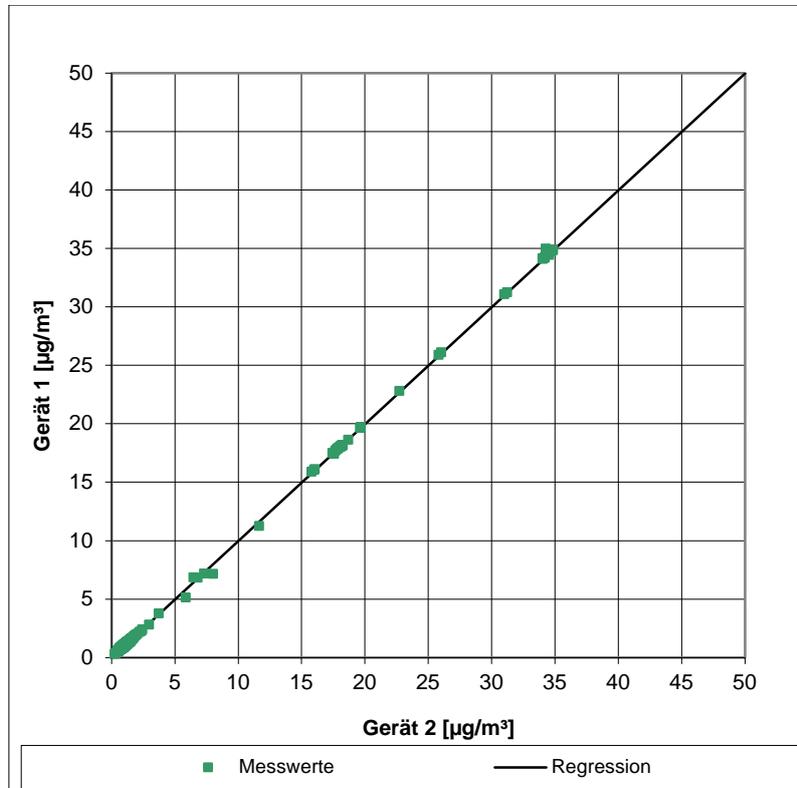


Abbildung 8: Grafische Darstellung Gerät 1 vs. Gerät 2 (Doppelbestimmungen)

6.1 5.3.12 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen

6.3 Durchführung der Prüfung

Zu Beginn der Feldprüfung wurden Null- und Referenzpunkt mit Prüfgas kalibriert. Während der ersten 14 Tage wurden 5 Einzelmessungen mit Null- und Prüfgas durchgeführt. Im Anschluss wurden im ca. 14-tägigem Abstand jeweils Null- und Referenzpunktprüfungen durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Abweichungen der Messwerte am Null- und Referenzpunkt von den Werten der Kalibrierungen sind für alle zweiwöchigen Überprüfungen zu berechnen. Die Langzeitdrift am Nullpunkt ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$D_{lt,zp} = y_{zp,2} - y_{zp,1}$$

Dabei ist:

$D_{lt,zp}$	Langzeitdrift am Nullpunkt
$y_{zp,1}$	Mittelwert der Messungen am Nullpunkt zu Beginn der Driftprüfung
$y_{zp,2}$	Mittelwert der Messungen am Nullpunkt am Ende des Wartungsintervalls

Die Langzeitdrift am Referenzpunkt sowie die relative Langzeitdrift am Referenzpunkt sind nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$D_{lt,rp} = (y_{rp,2} - y_{rp,1}) - D_{lt,zp}$$

$$D_{lt,rp,rel} = \frac{D_{lt,rp}}{y_{rp,1}} * 100\%$$

Dabei ist:

$D_{lt,rp}$	Langzeitdrift am Referenzpunkt
$D_{lt,rp,rel}$	Relative Langzeitdrift am Referenzpunkt in %
$y_{rp,1}$	Mittelwert der Messungen am Referenzpunkt zu Beginn der Driftprüfung
$y_{rp,2}$	Mittelwert der Messungen am Referenzpunkt am Ende des Wartungsintervalls

In Tabelle 17 und Tabelle 18 sind die ermittelten Messwerte der zweiwöchentlichen Prüfgasaufgaben angegeben.

Tabelle 17: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt

	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
C _{Z,1} Anfang	0,54	0,55
C _{Z,2} 06.02.2012	0,56	0,55
D_{L,Z} 06.02.2012	0,02	0,00
C _{Z,2} 22.02.2012	0,57	0,53
D_{L,Z} 22.02.2012	0,03	-0,02
C _{Z,2} 06.03.2012	0,58	0,58
D_{L,Z} 06.03.2012	0,04	0,03
C _{Z,2} 21.03.2012	0,59	0,59
D_{L,Z} 21.03.2012	0,05	0,04
C _{Z,2} 04.04.2012	0,51	0,52
D_{L,Z} 04.04.2012	-0,03	-0,03
C _{Z,2} 16.04.2012	0,54	0,57
D_{L,Z} 16.04.2012	0,00	0,02
C _{Z,2} 27.04.2012	0,53	0,56
D_{L,Z} 27.04.2012	-0,01	0,01

Tabelle 18: Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt

	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
C _{S,1} Anfang	34,1	34,1
C _{S,2} 06.02.2012	34,2	34,2
D_{L,S} 06.02.2012	0,33%	0,16%
C _{S,2} 22.02.2012	34,9	34,8
D_{L,S} 22.02.2012	2,21%	2,19%
C _{S,2} 06.03.2012	34,7	34,8
D_{L,S} 06.03.2012	1,86%	1,84%
C _{S,2} 21.03.2012	34,9	34,9
D_{L,S} 21.03.2012	2,27%	2,19%
C _{S,2} 04.04.2012	34,2	34,2
D_{L,S} 04.04.2012	0,54%	0,34%
C _{S,2} 16.04.2012	34,3	35,0
D_{L,S} 16.04.2012	0,69%	2,48%
C _{S,2} 27.04.2012	34,3	34,5
D_{L,S} 27.04.2012	0,66%	1,13%

6.5 Bewertung

Es ergeben sich Langzeitdriften von maximal 0,05 µg/m³ am Nullpunkt und 2,48 % des Zertifizierungsbereiches am Referenzpunkt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
	Nullpunkt			Referenzpunkt		
	[hh:mm]	[µg/m³]	[µg/m³]	[hh:mm]	[µg/m³]	[µg/m³]
23.01.2012	09:00	0,57	0,51	10:00	34,06	34,11
24.01.2012	07:00	0,50	0,54	08:00	34,09	34,12
25.01.2012	09:00	0,52	0,56	11:00	34,07	34,09
26.01.2012	10:00	0,56	0,58	11:00	34,08	34,11
27.01.2012	12:00	0,55	0,57	13:00	34,03	34,05
Mittelwert		0,54	0,55		34,07	34,10
06.02.2012	14:00	0,56	0,55	15:00	34,20	34,15
22.02.2012	13:00	0,57	0,53	14:00	34,85	34,82
06.03.2012	12:00	0,58	0,58	14:00	34,74	34,75
21.03.2012	14:00	0,59	0,59	15:00	34,89	34,88
04.04.2012	11:00	0,51	0,52	13:00	34,22	34,18
16.04.2012	09:00	0,54	0,57	10:00	34,30	34,96
27.04.2012	11:00	0,53	0,56	12:00	34,28	34,49

6.1 5.3.13 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen

6.3 Durchführung der Prüfung

Das Messgerät wird am Null- und Referenzpunkt eingestellt. Danach werden 20 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei einer Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt durchgeführt. Aus diesen 20 Einzelmessungen wird jeweils der Mittelwert am Null- und Referenzpunkt berechnet.

Nach einer Zeitspanne von 24 h werden wieder 20 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei einer Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt wird wie folgt berechnet:

$$D_{st,zp} = y_{zp,2} - y_{zp,1}$$

Dabei ist:

$D_{st,zp}$	Kurzzeitdrift am Nullpunkt
$y_{zp,1}$	Mittelwert der Nullgasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne
$y_{zp,2}$	Mittelwert der Nullgasmessungen am Ende der Driftzeitspanne

Die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$D_{st,rp} = (y_{rp,2} - y_{rp,1}) - D_{st,zp}$$

Dabei ist:

$D_{st,rp}$	Kurzzeitdrift am Referenzpunkt
$y_{rp,1}$	Mittelwert der Prüfgasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne
$y_{rp,2}$	Mittelwert der Prüfgasmessungen am Ende der Driftzeitspanne

In Tabelle 20 sind die ermittelten Messwerte der Kurzzeitdrift angegeben.

Tabelle 20: Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
	[µg/m³]	[µg/m³]
y _{z,1}	0,54	0,52
y _{z,2}	0,54	0,52
D _{st,zp}	0,01	-0,01
Anforderung erfüllt ?	ja	ja
y _{s,1}	35,60	35,68
y _{s,2}	35,57	35,62
D _{st,rp}	-0,04	-0,05
Anforderung erfüllt ?	ja	ja

6.5 Bewertung

Es ergeben sich Kurzzeitdriften von maximal 0,01 µg/m³ am Nullpunkt und von -0,05 µg/m³ am Referenzpunkt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift sind in Tabelle 21 und Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 21: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift, Gerät 1 (0005)

Anfangswerte				Werte nach 24 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]
08:03	0,56	13:18	35,62	8:03	0,55	13:18	35,56
08:18	0,54	13:33	35,61	8:18	0,54	13:33	35,54
08:33	0,52	13:48	35,55	8:33	0,52	13:48	35,62
08:48	0,54	14:03	35,56	8:48	0,54	14:03	35,51
09:03	0,55	14:18	35,60	9:03	0,53	14:18	35,58
09:18	0,52	14:33	35,68	9:18	0,53	14:33	35,57
09:33	0,53	14:48	35,62	9:33	0,54	14:48	35,59
09:48	0,54	15:03	35,54	9:48	0,55	15:03	35,54
10:03	0,55	15:18	35,64	10:03	0,56	15:18	35,56
10:18	0,56	15:33	35,58	10:18	0,54	15:33	35,63
10:33	0,54	15:48	35,57	10:33	0,52	15:48	35,52
10:48	0,54	16:03	35,64	10:48	0,54	16:03	35,54
11:03	0,54	16:18	35,63	11:03	0,57	16:18	35,58
11:18	0,52	16:33	35,64	11:18	0,55	16:33	35,62
11:33	0,51	16:48	35,58	11:33	0,52	16:48	35,52
11:48	0,52	17:03	35,55	11:48	0,56	17:03	35,64
12:03	0,56	17:18	35,59	12:03	0,56	17:18	35,61
12:18	0,54	17:33	35,62	12:18	0,55	17:33	35,51
12:33	0,53	17:48	35,64	12:33	0,54	17:48	35,54
12:48	0,54	18:03	35,55	12:48	0,54	18:03	35,58
Mittelwert	0,54	Mittelwert	35,60	Mittelwert	0,54	Mittelwert	35,57

Tabelle 22: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift, Gerät 2 (0006)

Anfangswerte				Werte nach 24 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]	[Uhrzeit]	[µg/m³]
08:03	0,54	13:18	35,65	8:03	0,52	13:18	35,62
08:18	0,52	13:33	35,68	8:18	0,53	13:33	35,62
08:33	0,53	13:48	35,64	8:33	0,54	13:48	35,64
08:48	0,53	14:03	35,62	8:48	0,52	14:03	35,62
09:03	0,53	14:18	35,63	9:03	0,51	14:18	35,68
09:18	0,54	14:33	35,67	9:18	0,53	14:33	35,65
09:33	0,54	14:48	35,61	9:33	0,51	14:48	35,64
09:48	0,52	15:03	35,64	9:48	0,52	15:03	35,62
10:03	0,51	15:18	35,68	10:03	0,52	15:18	35,58
10:18	0,54	15:33	36,59	10:18	0,53	15:33	35,59
10:33	0,54	15:48	35,63	10:33	0,54	15:48	35,60
10:48	0,51	16:03	35,68	10:48	0,52	16:03	35,62
11:03	0,51	16:18	35,65	11:03	0,53	16:18	35,60
11:18	0,52	16:33	35,59	11:18	0,51	16:33	35,64
11:33	0,51	16:48	35,64	11:33	0,50	16:48	35,62
11:48	0,53	17:03	35,62	11:48	0,50	17:03	35,58
12:03	0,50	17:18	35,61	12:03	0,50	17:18	35,65
12:18	0,51	17:33	35,62	12:18	0,51	17:33	35,62
12:33	0,52	17:48	35,55	12:33	0,52	17:48	35,63
12:48	0,54	18:03	35,61	12:48	0,51	18:03	35,61
Mittelwert	0,52	Mittelwert	35,68	Mittelwert	0,52	Mittelwert	35,62

6.1 5.3.14 Einstellzeit

Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Dieser Prüfpunkt ist für Gaschromatographen nicht zutreffend. Aufgrund des Messprinzips dauert ein Messzyklus hier 15 Minuten.

Bei Benzolmesseinrichtungen wird der Einfluss eines Memory-Effektes geprüft, der durch Zurückhalten von Benzol im Messsystem infolge ungeeigneter Materialien oder eines zu großen Totvolumens hervorgerufen wird. Die Auswertung des Memory-Effektes ist in Kapitel 7.1 8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt) aufgeführt.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt).

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang

Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Die geprüften Benzol-Messgeräte besitzen nur einen Prüfgaseingang. Daher konnte diese Prüfung nicht durchgeführt werden.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

In die Berechnung der Gesamtunsicherheit wird $D_{sc} = 0$ angenommen.

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.16 Konverterwirkungsgrad

Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 98 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Die geprüften Benzol-Messgeräte besitzen keinen Konverter. Daher konnte diese Prüfung nicht durchgeführt werden.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.17 Anstieg der NO₂-Konzentration durch Verweilen im Messgerät

Bei NO_x-Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO₂-Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) gelten für die Zertifizierungsbereiche nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Für abweichende Zertifizierungsbereiche sind die Anforderungen entsprechend linear umzurechnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Es handelt sich hier nicht um eine NO_x-Messeinrichtung. Daher konnte diese Prüfung nicht durchgeführt werden.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.18 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.

6.4 Auswertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.

6.5 Bewertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14662-3 (2005) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3 angegeben.

7. Prüfergebnisse nach DIN EN 14662-3

7.1 8.5.3 Anpassung der Kalibriergeraden

Die lineare Funktion und die Residuen sind nach Anhang A der DIN EN 14662-3 zu berechnen. Das größte relative Residuum aus der linearen Regressfunktion muss bei $\pm 5 \%$ liegen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Eine lineare Regressionsfunktion wird aus den Signalen des Analysators und den entsprechenden aufgegebenen Konzentrationsniveaus ermittelt. Das Residuum an jedem Konzentrationsniveau ist gleich der Differenz zwischen dem mittleren gemessenen Signal, ausgedrückt als Konzentration, und der durch die lineare Regressionsfunktion gegebenen Konzentration.

Die Linearität des Analysators muss im Bereich zwischen 0 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereiches mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich 0) geprüft werden. Die folgenden Konzentrationen sind zu verwenden: $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hier ca. $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$ und $45 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$. Die Kalibrierfunktion für den Analysator wird aus der Linearitätsprüfung hergeleitet. Für jede Konzentration (einschließlich 0) sind mindestens sechs unabhängige Messungen durchzuführen. Jede erste Messung an jedem Konzentrationsniveau muss aus dem Datensatz eliminiert werden.

Das größte ermittelte Residuum aus der linearen Regressionsfunktion muss das Kriterium der Tabelle 2 der DIN EN 14662-3 erfüllen.

Der größte Wert von (d_r) wird als X_{fit} angegeben und ist für die Unsicherheitsberechnung zu verwenden.

Die Standardmessunsicherheit $u_{\text{fit},LV}$ aus der Anpassung der Regressionsfunktion am Grenzwert ist gegeben durch

$$u_{\text{fit},LV} = \frac{(X_{\text{fit}} / 100) * c_{LV}}{\sqrt{3}}$$

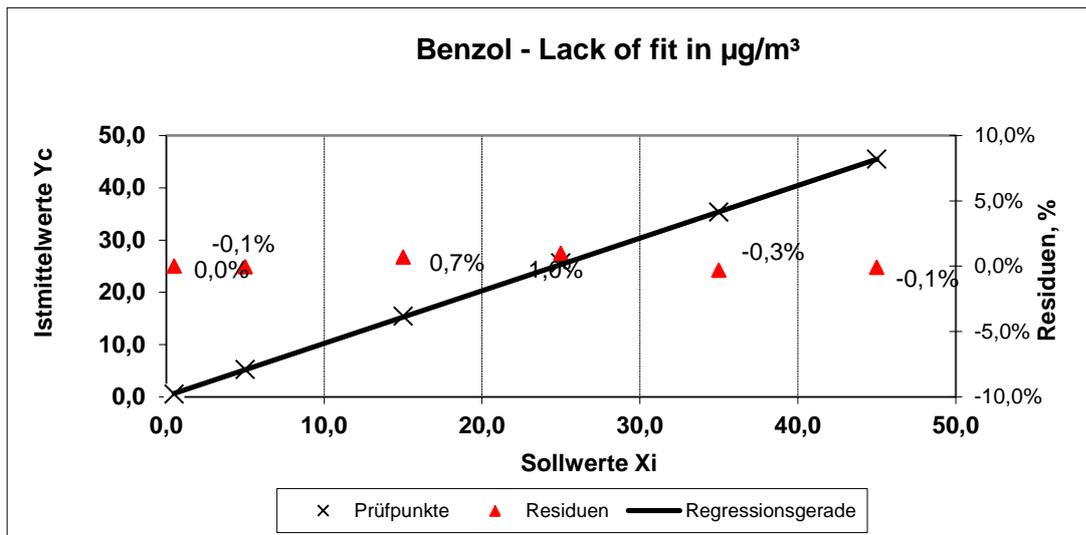
Dabei ist:

- $u_{\text{fit},LV}$ die Standardmessunsicherheit aus der Anpassung der Regressionsfunktion am Grenzwert
- $X_{\text{fit},LV}$ das berechnete Residuum aus der linearen Regressionsfunktion am Grenzwert
- c_{LV} der Grenzwert

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende lineare Regressionen. In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion graphisch und tabellarisch dargestellt.

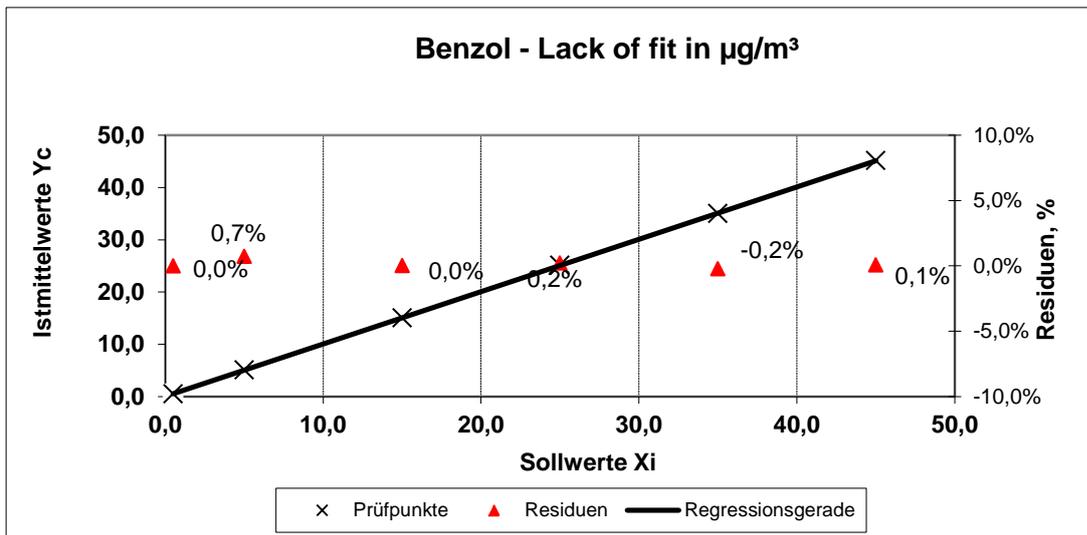
Linearitätsprüfung	Messbereich	50	µg/m ³	Benzol			
Stufen	Benzol						
Sollwert	µg/m ³	35,000	15,000	0,500	25,000	5,000	45,000
Istwert Yi 1	µg/m ³	35,369	15,469	0,512	25,742	5,234	45,665
Istwert Yi 2	µg/m ³	35,249	15,267	0,523	25,458	5,114	45,521
Istwert Yi 3	µg/m ³	35,397	15,463	0,515	25,635	5,234	45,415
Istwert Yi 4	µg/m ³	35,161	15,522	0,521	25,651	5,324	45,269
Istwert Yi 5	µg/m ³	35,282	15,234	0,523	25,471	5,231	45,241
Istmittelwert Yc	µg/m ³	35,292	15,391	0,519	25,591	5,227	45,422
Residuen dc	µg/m ³	-0,11	0,10	-0,19	0,24	0,00	-0,04
Residuen (d_r)_c	%	-0,3%	0,7%	0,0%	1,0%	-0,1%	-0,1%



Die zulässige Abweichung der Residuen $d_{c,rel}$ beträgt $\pm 5\%$, bezogen auf den Messwert.

Abbildung 9: Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 1

Linearitätsprüfung	Messbereich	50		µg/m ³		Benzol	
Stufen	Benzol						
Sollwert	µg/m ³	35,000	15,000	0,500	25,000	5,000	45,000
Istwert Yi 1	µg/m ³	34,987	15,102	0,499	25,102	5,014	45,025
Istwert Yi 2	µg/m ³	35,026	15,032	0,501	25,236	5,069	45,018
Istwert Yi 3	µg/m ³	35,019	15,048	0,499	25,140	5,128	45,201
Istwert Yi 4	µg/m ³	34,968	15,147	0,497	25,039	5,111	45,186
Istwert Yi 5	µg/m ³	34,996	14,999	0,501	25,108	5,127	45,156
Istmittelwert Yc	µg/m ³	34,999	15,066	0,499	25,125	5,090	45,117
Residuen dc	µg/m ³	-0,08	0,00	-0,05	0,06	0,04	0,03
Residuen (d_{rel})	%	-0,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,7%	0,1%



Die zulässige Abweichung der Residuen $d_{c,rel}$ beträgt $\pm 5\%$, bezogen auf den Messwert.

Abbildung 10: Abweichung von der linearen Regressionsfunktion, Gerät 2

7.5 Bewertung

Die Abweichung von der linearen Regressionsfunktion beträgt maximal 1,0 % für Gerät 1 sowie 0,7 % für Gerät 2.

Es ergibt sich ein Beitrag für die Berechnung der Gesamtunsicherheit von 0,028 für Gerät 1 sowie 0,020 für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 23 und Tabelle 24 angegeben.

Tabelle 23: Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 1

Stufe	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
1	11.11.2011	14:37	35,369	35,000	0,369
1	11.11.2011	14:52	35,249	35,000	0,249
1	11.11.2011	15:07	35,397	35,000	0,397
1	11.11.2011	15:22	35,161	35,000	0,161
1	11.11.2011	15:37	35,282	35,000	0,282
2	11.11.2011	15:52	15,469	15,000	0,469
2	11.11.2011	16:07	15,267	15,000	0,267
2	11.11.2011	16:22	15,463	15,000	0,463
2	11.11.2011	16:37	15,522	15,000	0,522
2	11.11.2011	16:52	15,234	15,000	0,234
3	11.11.2011	17:07	0,512	0,500	0,012
3	11.11.2011	17:22	0,523	0,500	0,023
3	11.11.2011	17:37	0,515	0,500	0,015
3	11.11.2011	17:52	0,521	0,500	0,021
3	11.11.2011	18:07	0,523	0,500	0,023
4	11.11.2011	18:22	25,742	25,000	0,742
4	11.11.2011	18:37	25,458	25,000	0,458
4	11.11.2011	18:52	25,635	25,000	0,635
4	11.11.2011	19:07	25,651	25,000	0,651
4	11.11.2011	19:22	25,471	25,000	0,471
5	11.11.2011	19:37	5,234	5,000	0,234
5	11.11.2011	19:52	5,114	5,000	0,114
5	11.11.2011	20:07	5,234	5,000	0,234
5	11.11.2011	20:22	5,324	5,000	0,324
5	11.11.2011	20:37	5,231	5,000	0,231
6	11.11.2011	20:52	45,665	45,000	0,665
6	11.11.2011	21:07	45,521	45,000	0,521
6	11.11.2011	21:22	45,415	45,000	0,415
6	11.11.2011	21:37	45,269	45,000	0,269
6	11.11.2011	21:52	45,241	45,000	0,241

Tabelle 24: Einzelwerte der Lack-of-fit Untersuchung, Gerät 2

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
1	11.11.2011	14:37	34,987	35,000	-0,013
1	11.11.2011	14:52	35,026	35,000	0,026
1	11.11.2011	15:07	35,019	35,000	0,019
1	11.11.2011	15:22	34,968	35,000	-0,032
1	11.11.2011	15:37	34,996	35,000	-0,004
2	11.11.2011	15:52	15,102	15,000	0,102
2	11.11.2011	16:07	15,032	15,000	0,032
2	11.11.2011	16:22	15,048	15,000	0,048
2	11.11.2011	16:37	15,147	15,000	0,147
2	11.11.2011	16:52	14,999	15,000	-0,001
3	11.11.2011	17:07	0,499	0,500	-0,001
3	11.11.2011	17:22	0,501	0,500	0,001
3	11.11.2011	17:37	0,499	0,500	-0,001
3	11.11.2011	17:52	0,497	0,500	-0,003
3	11.11.2011	18:07	0,501	0,500	0,001
4	11.11.2011	18:22	25,102	25,000	0,102
4	11.11.2011	18:37	25,236	25,000	0,236
4	11.11.2011	18:52	25,140	25,000	0,140
4	11.11.2011	19:07	25,039	25,000	0,039
4	11.11.2011	19:22	25,108	25,000	0,108
5	11.11.2011	19:37	5,014	5,000	0,014
5	11.11.2011	19:52	5,069	5,000	0,069
5	11.11.2011	20:07	5,128	5,000	0,128
5	11.11.2011	20:22	5,111	5,000	0,111
5	11.11.2011	20:37	5,127	5,000	0,127
6	11.11.2011	20:52	45,025	45,000	0,025
6	11.11.2011	21:07	45,018	45,000	0,018
6	11.11.2011	21:22	45,201	45,000	0,201
6	11.11.2011	21:37	45,186	45,000	0,186
6	11.11.2011	21:52	45,156	45,000	0,156

7.1 8.5.4 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift (24 h) darf maximal 5 % der verwendeten Benzolkonzentration betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Das Gerät muss unter Laboratoriumsbedingungen Prüfgas analysieren. Aus vier aufeinander folgenden Messungen wird der Mittelwert berechnet. Nach 24 h werden die Messungen am Prüfwert wiederholt.

Die Kurzzeitdrift am Messbereichsendwert wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{24h} = \frac{|\bar{c}_n - \bar{c}_{n-1}|}{\bar{c}_n} * 100\%$$

Dabei ist:

- d_{24h} die Drift am Prüfwert c_i , als Prozent
- \bar{c}_n der Mittelwert der vier Analysen am Anfang der Driftperiode
- \bar{c}_{n-1} der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (24 h)

Die Standardunsicherheit u_s durch die Kurzzeitdrift ist folgendermaßen nach ENV 13005 zu berechnen:

$$d_{24h} = \frac{\bar{c}_n - \bar{c}_{n-1}}{2x\sqrt{3}}$$

Dabei ist:

- \bar{c}_{n-1} der Mittelwert der vier Analysen am Anfang der Driftperiode
- \bar{c}_n der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (24 h)

Das Ergebnis der Kurzzeitdrift wird nicht in die Standardmessunsicherheit eingeschlossen. Die Berechnung wird jedoch durchgeführt um nachzuweisen, dass dieser Beitrag vernachlässigbar ist.

7.4 Auswertung

In Tabelle 25 sind die ermittelten Messwerte der Kurzzeitdrift angegeben.

Tabelle 25: Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
	[µg/m³]	[µg/m³]
c _n	35,59	35,65
c _{n-1}	35,56	35,63
d _{24h}	0,08%	0,06%
Anforderung erfüllt ?	ja	ja

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift d_{24h} von 0,08 % für Gerät 1 sowie 0,06 % für Gerät 2.

Es ergibt sich eine Standardunsicherheit für die Kurzzeitdrift von 0,0079 µg/m³ für Gerät 1 sowie 0,0065 µg/m³ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 26 und Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 26: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift für Gerät 1

Anfangswert			Endwert	
Referenzpunkt			Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[µg/m³]		[Uhrzeit]	[µg/m³]
13:18	35,62		13:18	35,56
13:33	35,61		13:33	35,54
13:48	35,55		13:48	35,62
14:03	35,56		14:03	35,51
Mittelwert	35,59		Mittelwert	35,56

Tabelle 27: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift für Gerät 2

Anfangswert			Endwert	
Referenzpunkt			Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[µg/m³]		[Uhrzeit]	[µg/m³]
13:18	35,65		13:18	35,62
13:33	35,68		13:33	35,62
13:48	35,64		13:48	35,64
14:03	35,62		14:03	35,62
Mittelwert	35,65		Mittelwert	35,63

7.1 8.5.5 Wiederholpräzision

Die Wiederholpräzision muss das Leistungskriterium bei Null ($\pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als auch bei der Prüfgaskonzentration am Grenzwert ($\pm 5 \%$) erfüllen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Aus zehn aufeinander folgenden Einzelmessungen am Grenzwert und bei ungefähr 1/10 des Grenzwertes wird die Standardabweichung nach folgender Gleichung berechnet.

$$s_r(c) = \sqrt{\frac{\sum (c_{\text{test},i} - \bar{c}_{\text{test}})^2}{n-1}}$$

Dabei ist:

- $s_r(c)$ die Wiederholstandardabweichung am Niveau c der Messgröße
- $c_{\text{test},i}$ die i -te Einzelmessung am Niveau c_{test} der Messgröße
- \bar{c}_{test} der Mittelwert der Einzelmessungen am Niveau c_{test} der Messgröße
- n die Anzahl der Einzelmessungen

Die Wiederholpräzision (r_i) wird errechnet nach

$$r_i = t_{n-1;0,05} * s_i$$

Dabei ist:

- $t_{n-1;0,05}$ der zweiseitige t-Faktor bei einem Vertrauensbereich von 0,05 mit $n-1$ Freiheitsgraden (für $n = 10$, $t_{9;0,05} = 2,262$)
- s_i die Wiederholstandardabweichung, in $\mu\text{mol}/\text{mol}$

Die Standardmessunsicherheit der Wiederholpräzision u_r ist bestimmt durch

$$u_r = s_r$$

7.4 Auswertung

In Tabelle 28 sind die Ergebnisse der Untersuchung zur Wiederholpräzision bei 1/10 des Grenzwertes angegeben. In Tabelle 29 sind die Ergebnisse zur Untersuchung zur Wiederholpräzision am Grenzwert angegeben.

Tabelle 28: Wiederholpräzision bei 1/10 des Grenzwertes

Labor		Nullpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m ³]	[µg/m ³]
05.11.2012	07:37 - 08:37	0,52	0,48
05.11.2011	09:37 - 10:37	0,54	0,49
05.11.2011	11:37 - 12:37	0,54	0,50
05.11.2011	13:37 - 14:37	0,54	0,50
05.11.2011	15:37 - 16:37	0,56	0,48
05.11.2011	17:37 - 18:37	0,51	0,48
05.11.2011	19:37 - 20:37	0,52	0,48
05.11.2011	21:37 - 22:37	0,52	0,50
05.11.2011	23:37 - 00:37	0,52	0,50
06.11.2011	01:37 - 02:37	0,54	0,51
Anzahl (n)		10	10
Mittelwert		0,53	0,49
Standardabweichung (s _r)		0,02	0,01
Wiederholpräzision (r _i)		0,03	0,03
Standardmessunsicherheit (u _r)		0,02	0,01
Anforderung nach DIN EN 14662-3		0,30	0,30
Anforderung erfüllt?		ja	ja

Tabelle 29: Wiederholpräzision am Grenzwert

Labor		Referenzpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
05.11.2012	08:38 - 09:37	5,06	5,01
05.11.2011	10:37 - 11:37	5,08	5,02
05.11.2011	12:37 - 13:37	5,04	5,01
05.11.2011	14:37 - 15:37	5,08	5,00
05.11.2011	16:37 - 17:37	5,04	5,02
05.11.2011	18:37 - 19:37	5,05	5,04
05.11.2011	20:37 - 21:37	5,05	5,02
05.11.2011	22:37 - 23:37	5,06	5,02
06.11.2011	00:37 - 01:37	5,04	5,04
06.11.2011	02:37 - 03:37	5,02	5,02
Anzahl (n)		10	10
Mittelwert		5,05	5,02
Standardabweichung (s _r)		0,02	0,01
Wiederholpräzision (r _i)		0,04	0,03
Standardmessunsicherheit (u _r)		0,02	0,01
Anforderung nach DIN EN 14662-3		0,25	0,25
Anforderung erfüllt?		ja	ja

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholpräzision (r_i) bei 1/10 des Grenzwertes von 0,03 µg/m³ für Gerät 1 sowie 0,03 µg/m³ für Gerät 2. Für die Wiederholpräzision am Grenzwert ergibt sich ein Wert von 0,04 µg/m³ für Gerät 1 sowie 0,03 µg/m³ für Gerät 2.

Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von 0,02 für Gerät 1 sowie 0,01 für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit am Grenzwert ergibt sich ein Wert von 0,02 µg/m³ für Gerät 1 bzw. 0,01 µg/m³ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7.1 8.5.6 Abhängigkeit vom Druck des Probengases

Die Abhängigkeit vom Druck des Probengases muss $\leq \pm 1 \text{ \%/kPa}$ betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht notwendig.

7.3 Durchführung der Prüfung

Der Benzol Analysator VOC72M analysiert den Benzolgehalt in der Umgebungsluft. Er ist mit einer Pumpe ausgestattet und saugt die benötigte, zu analysierende Umgebungsluft selbst an (ca. 0,05 l/min Gesamtflow). Diese Pumpe arbeitet gegen die Umgebungsbedingungen, dies bedeutet, dass am Messgaseingang und am Messgasausgang die gleichen Druckbedingungen herrschen. Das zwanghafte Herbeiführen eines Über- oder Unterdrucks in diesem System könnte den Analysator zerstören.

Der VOC72M ist mit einer internen Druckmessung zur Messung des atmosphärischen Druckes ausgestattet. Das ausgegebene Messsignal ist immer druckkompensiert.

Während des 3-monatigen Feldtests herrschten an den Tagen der Driftkontrollen Umgebungsdruckbedingungen zwischen 100,7 kPa (04.04.2012) und 103,6 kPa (06.02.2012). In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analysatoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsluftdruckes und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüf gases festgestellt werden.

Die partielle Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen u_p kann dann abgeschätzt werden aus:

$$u_p = \frac{b_p * |\Delta P|}{2x\sqrt{3}}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor b_p in $[(\mu\text{g}(\text{m}^3)/\text{kPa})]$ gegeben zu

$$b_p = \frac{|c_{P_{\max}} - c_{P_{\min}}|}{|\Delta P|}$$

Dabei ist:

$c_{P_{\max}}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am maximalen Probengasdruck

p_{\max} bei der Grenzwertkonzentration

$c_{P_{\min}}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am minimalen Probengasdruck

p_{\min} bei der Grenzwertkonzentration

7.4 Auswertung

Der tiefste Umgebungsdruck mit 100,7 kPa während des Feldtests wurde am 04.04.2012 aufgezeichnet. An diesem Tag wurde bei der Driftuntersuchung am Referenzpunkt ein Wert von 34,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1, sowie 34,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 gemessen.

Der tiefste Umgebungsdruck mit 103,6 kPa während des Feldtests wurde am 06.02.2012 aufgezeichnet. An diesem Tag wurde bei der Driftuntersuchung am Referenzpunkt ein Wert von 34,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1, sowie 34,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 gemessen.

7.5 Bewertung

Aus den Messdaten während der Driftuntersuchung ergibt sich ein Empfindlichkeitsfaktor für den Umgebungsdruck von 0,045 für Gerät 1 (SN: 005) sowie von 0,010 für Gerät 2 (SN: 006). Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit ergibt sich ein Wert u_p von 0,038 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 (SN: 005) sowie 0,008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2 (SN: 006).

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7.1 8.5.7 Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft

Die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft muss $\leq \pm 0,2 \text{ \%}/\text{K}$ betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Der Einfluss der Umgebungstemperatur ist in dem vom Hersteller für das Analysengerät spezifizierten Arbeitsbereich bei der höchsten und niedrigsten Temperatur zu bestimmen.

Der Einfluss muss bei etwa 1/10 des Grenzwertes und bei einer Prüfgaskonzentration von etwa 70 % bis 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs bestimmt werden. Bei jeder Temperatureinstellung müssen die Kriterien für die Aufwärm- oder Stabilisierzeit eingehalten werden.

Die Standardmessunsicherheit durch Temperaturänderung der Umgebungsluft u_{T_s} wird dann bestimmt als:

$$u_{T_s} = \frac{b_{T_s} \cdot |\Delta T_s|}{2x\sqrt{3}}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor b_{T_s} in $[(\mu\text{g}/\text{m}^3)/\text{K}]$ gegeben zu

$$b_{T_s} = \frac{|c_{T_s \text{ max}} - c_{T_s \text{ min}}|}{|\Delta T_s|}$$

Dabei ist:

$c_{T_s \text{ max}}$ der Mittelwert der Einzelmessungen bei der höchsten Umgebungstemperatur $T_{s, \text{ max}}$

$c_{T_s \text{ min}}$ der Mittelwert der Einzelmessungen bei der niedrigsten Umgebungstemperatur $T_{s, \text{ min}}$

7.4 Auswertung

In Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 1/10 des Grenzwertes angegeben. In Tabelle 31 sind die Ergebnisse zur Untersuchung Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft am Grenzwert angegeben.

Tabelle 30: Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 1/10 des Grenzwertes

1. Durchgang

Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	0,51		0,48	
T _{max}	308	0,51	-0,0001	0,50	0,0006
2. Durchgang					
Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	0,51		0,49	
T _{max}	308	0,51	0,0000	0,48	-0,0002
3. Durchgang					
Nullpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b_{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	0,51		0,51	
T _{max}	308	0,52	0,0002	0,50	-0,0001
maximales b_{Ts}			0,0001		0,0002
maximales u_{Ts}			0,0010		0,0019

Tabelle 31: Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des
Zertifizierungsbereiches

1. Durchgang

Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	35,63		35,52	
T _{max}	308	35,65	0,0008	35,51	-0,0003
2. Durchgang					
Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	35,65		35,53	
T _{max}	308	35,68	0,0010	35,57	0,0016
3. Durchgang					
Referenzpunkt	T [° K]	Mittelwert Gerät 005 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]	Mittelwert Gerät 006 [µg/m³]	ermitteltes b _{Ts} [µg/m³/K]
T _{min}	278	35,63		35,52	
T _{max}	308	35,66	0,0010	35,53	0,0002
maximales b_{Ts}			0,0010		0,0016
maximales u_{Ts}			0,0087		0,0135

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft (b_{Ts}) bei 1/10 des Grenzwertes von 0,0001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie 0,0002 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von 0,0010 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie 0,0016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.

Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von 0,0010 für Gerät 1 sowie 0,0019 für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von 0,0087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 bzw. 0,0135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Tabelle 32 und Tabelle 33 zeigen die Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft.

Tabelle 32: Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft am Nullpunkt

Datum	Uhrzeit	Nullpunkt		
		Temperatur	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[°K]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
05.12.2011	17:06 - 17:21	278	0,51	0,48
05.12.2011	18:06 - 18:21	278	0,51	0,49
05.12.2011	19:06 - 19:21	278	0,51	0,48
	Mittelwert		0,51	0,48
06.12.2011	11:06 - 11:21	308	0,51	0,50
06.12.2011	12:06 - 12:21	308	0,51	0,50
06.12.2011	12:06 - 13:21	308	0,50	0,50
	Mittelwert		0,51	0,50
07.12.2011	05:06 - 05:21	278	0,52	0,49
07.12.2011	06:06 - 06:21	278	0,51	0,49
07.12.2011	07:06 - 07:21	278	0,51	0,49
	Mittelwert		0,51	0,49
07.12.2011	23:06 - 23:21	308	0,52	0,48
08.12.2011	00:06 - 00:21	308	0,51	0,48
08.12.2011	01:06 - 01:21	308	0,51	0,49
	Mittelwert		0,51	0,48
08.12.2011	17:06 - 17:21	278	0,51	0,51
08.12.2011	18:06 - 18:21	278	0,51	0,51
08.12.2011	19:06 - 19:21	278	0,52	0,50
	Mittelwert		0,51	0,51
09.12.2011	11:06 - 11:21	308	0,51	0,51
09.12.2011	12:06 - 12:21	308	0,53	0,50
09.12.2011	12:06 - 13:21	308	0,52	0,50
	Mittelwert		0,52	0,50

Tabelle 33: Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft am Referenzpunkt

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[°K]	[µg/m³]	[µg/m³]
05.12.2011	17:36 - 17:51	278	35,62	35,54
05.12.2011	18:36 - 18:51	278	35,64	35,51
05.12.2011	19:36 - 19:51	278	35,62	35,52
	Mittelwert		35,63	35,52
06.12.2011	11:36 - 11:51	308	35,64	35,50
06.12.2011	12:36 - 12:51	308	35,64	35,50
06.12.2011	13:36 - 13:51	308	35,67	35,54
	Mittelwert		35,65	35,51
07.12.2011	05:36 - 05:51	278	35,62	35,56
07.12.2011	06:36 - 06:51	278	35,64	35,51
07.12.2011	07:36 - 07:51	278	35,68	35,51
	Mittelwert		35,65	35,53
07.12.2011	23:36 - 23:51	308	35,68	35,56
08.12.2011	00:36 - 00:51	308	35,67	35,58
08.12.2011	01:36 - 01:51	308	35,68	35,58
	Mittelwert		35,68	35,57
08.12.2011	17:36 - 17:51	278	35,62	35,52
08.12.2011	18:36 - 18:51	278	35,63	35,51
08.12.2011	19:36 - 19:51	278	35,64	35,54
	Mittelwert		35,63	35,52
09.12.2011	11:36 - 11:51	308	35,66	35,51
09.12.2011	12:36 - 12:51	308	35,66	35,56
09.12.2011	13:36 - 13:51	308	35,66	35,52
	Mittelwert		35,66	35,53

7.1 8.5.8 Abhängigkeit von der Spannung

Die Abhängigkeit von der Spannung muss $<\pm 0,2\ %/V$ betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Spannungsabhängigkeit muss beim Minimum und Maximum des vom Hersteller spezifizierten Spannungsbereiches (V_{\max} , V_{\min}) bestimmt werden. Die Benzolkonzentration muss etwa 1/10 des Grenzwertes und etwa 70 % bis 90 % der oberen Grenze des zertifizierten Bereiches betragen. Bei jedem Spannungsniveau und jeder Konzentration müssen mindestens vier Einzelmessungen gemacht werden.

Die Standardmessunsicherheit durch die elektrische Spannung u_v errechnet sich dann zu

$$u_v = \frac{b_v \cdot |\Delta V|}{2x\sqrt{3}}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor b_v in $[(\mu\text{g}(\text{m}^3)/V)]$ gegeben zu

$$b_{Ts} = \frac{|c_{v,\max} - c_{v,\min}|}{|\Delta V|}$$

Dabei ist:

- $c_{v,\max}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am maximalen elektrische Spannung
 $V_{v,\max}$ bei der Grenzwertkonzentration
- $c_{v,\min}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am minimalen elektrische Spannung
 $V_{v,\min}$ bei der Grenzwertkonzentration

7.4 Auswertung

Die Tabelle 34 und Tabelle 35 zeigen die Einzelwerte der Untersuchung zur Abhängigkeit von der Spannung.

Tabelle 34: Abhängigkeit von der Spannung am Nullpunkt

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
Nullgas bei 210 V			
20.12.2011	09:06 - 09:21	0,52	0,55
20.12.2011	09:21 - 09:36	0,51	0,54
20.12.2011	09:36 - 09:51	0,51	0,54
20.12.2011	09:51 - 10:06	0,51	0,54
Mittelwert		0,51	0,54
Nullgas bei 245 V			
20.12.2011	10:06 - 10:21	0,52	0,53
20.12.2011	10:21 - 10:36	0,53	0,55
20.12.2011	10:36 - 10:51	0,52	0,55
20.12.2011	10:51 - 11:06	0,52	0,56
Mittelwert		0,52	0,55
Empf.-Faktor (b_v)		0,0003	0,0001
Unsicherheit (u_v)		0,0029	0,0014

Tabelle 35: Abhängigkeit von der Spannung am Referenzpunkt

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
Prüfgas bei 210 V			
20.12.2011	11:21 - 11:36	35,32	34,99
20.12.2011	11:36 - 11:51	35,36	34,96
20.12.2011	11:51 - 12:06	35,34	34,97
20.12.2011	12:06 - 12:21	35,36	34,98
Mittelwert		35,35	34,98
Prüfgas bei 245 V			
20.12.2011	12:21 - 12:36	35,26	35,01
20.12.2011	12:36 - 12:51	35,31	35,00
20.12.2011	12:51 - 13:06	35,28	34,98
20.12.2011	13:06 - 13:21	35,29	34,99
Mittelwert		35,29	35,00
Empf.-Faktor (b_v)		0,0017	0,0006
Unsicherheit (u_v)		0,0172	0,0058

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Abhängigkeit von der Spannung (b_v) bei 1/10 des Grenzwertes von $0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2. Für die Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 sowie $0,0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.

Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit bei 1/10 des Grenzwertes ergibt sich ein Wert von $0,0029$ für Gerät 1 sowie $0,0014$ für Gerät 2. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit bei 70 % des Zertifizierungsbereiches ergibt sich ein Wert von $0,0172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 1 bzw. $0,0058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 8.5.9 Querempfindlichkeiten

Störkomponenten – erlaubte Abweichungen durch Ozon $<\pm 5 \%$, durch die relative Feuchte $<\pm 4 \%$ und durch die Summe der möglichen organischen Komponenten $<\pm 5 \%$.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen, eine Gasmischstation, eine Dampfdruckeinrichtung incl. Wasserbad sowie eine Verdünnungsapparatur.

7.3 Durchführung der Prüfung

Das Signal des Analysators ist hinsichtlich möglicher störender Verbindungen zu prüfen, die erwartungsgemäß in der Außenluft vorkommen können. Die Querempfindlichkeit durch diese Substanzen kann sich positiv oder negativ auswirken. Die Prüfung ist bei Benzolkonzentrationen von 1/10 des Grenzwertes und bei einer Konzentration von 70 % bis 90 % des Maximums des zertifizierten Bereiches durchzuführen.

Hinweis:

Die Prüfung wurde gemäß der Richtlinie EN 14662-3:2005 bei Benzolkonzentrationen von 1/10 des Grenzwertes und bei einer Konzentration von 70 % bis 90 % des Maximums des zertifizierten Bereiches durchgeführt. Die Berechnung der Querempfindlichkeiten erfolgt allerdings schon gemäß dem Richtlinienentwurf prEN 14662-3 aus Juli 2012, da sich die ursprünglichen Formeln in Richtlinie EN 14662-3:2005 als fehlerbehaftet erwiesen haben.

Auch der Unsicherheitsbeitrag für die rel. Feuchte wird gemäß Richtlinienentwurf prEN 14662-3 aus Juli 2012 ermittelt. Von der Ermittlung und der Berücksichtigung des Unsicherheitsbeitrags für Ozon und für organische Komponenten wird gemäß Richtlinienentwurf prEN 14662-3 aus Juli 2012 abgesehen.

Ozon

Der Einfluss der Störkomponente Ozon ist im Gegensatz zur Richtlinie EN 14662-3:2005 gemäß dem aktuellen Richtlinienentwurf prEN 14662-3 aus Juli 2012 nicht mehr Prüfungsbestandteil. Die Prüfung des Einflusses von Ozon wurde im Rahmen der vorliegenden Prüfungen dennoch ermittelt, allerdings nicht bei der Unsicherheitbetrachtung berücksichtigt. Der Einfluss von Ozon wird durch Zugabe von Ozon aus einem zwischengeschalteten Ozongenerator mit einer Konzentration von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu einem Benzolprüfgas mit einer Konzentration am Prüfwert geprüft.

Die Einflussgröße $b_{\text{int},\text{O}_3}$ in $[(\mu\text{g}/\text{m}^3)/\text{nmol}/\text{mol}]$ wird berechnet nach:

$$b_{\text{int},\text{O}_3} = \frac{|\bar{c}_{\text{O}_3} - \bar{c}|}{|c_{\text{int},\text{O}_3}|}$$

Dabei ist

\bar{c}_{O_3} der Mittelwert der Einzelmessung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der höchsten Ozonkonzentration $c_{\text{int},\text{O}_3}$
($=180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entspricht $90 \text{ nmol}/\text{mol}$)

\bar{c} der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Ozon in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Relative Feuchte

Der Einfluss der relativen Feuchte wird bei relativen Feuchten von 20 % und 80 % bei Referenztemperatur und -druck geprüft. Der relative Unsicherheitsbeitrag u_{H_2O} wird berechnet zu

$$u_{H_2O} = b_{H_2O} * \frac{I_a}{c_t} \sqrt{\frac{c_{H_2O,max}^2 + c_{H_2O,max}c_{H_2O,min} + c_{H_2O,min}^2}{3}}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitskoeffizient b_{H_2O} in $[(\mu\text{g}/\text{m}^3)/\text{mmol}/\text{mol}]$ gegeben durch

$$b_{H_2O} = \frac{x_{+W} - x_{-W}}{c_W}$$

mit

b_{H_2O}	Empfindlichkeitskoeffizient in $[(\mu\text{g}/\text{m}^3)/\text{mmol}/\text{mol}]$
x_{+W}	Mittelwert der Einzelmessungen bei Anwesenheit von rel. Feuchte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
x_{-W}	Mittelwert der Einzelmessungen bei Abwesenheit von rel. Feuchte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
c_W	Testkonzentration des Wasserdampfs in mmol/mol (4,75 mmol/mol bzw. 19 mmol/mol)
c_t	Testkonzentration Benzol in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hier 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
I_a	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (=5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$c_{H_2O,max}$	Maximalkonzentration Wasserdampf in mmol/mol (= 21 mmol/mol)
$c_{H_2O,min}$	Minimalkonzentration Wasserdampf in mmol/mol (= 6 mmol/mol)

Organische Verbindungen

Eine mögliche Querempfindlichkeit durch organische Verbindungen wird durch eine Gasmischung der in Tabelle 36 aufgeführten Substanzen mit Konzentrationen von jeweils 3 bis 10 µg/m³ geprüft.

Tabelle 36: Organische Störkomponenten

Verbindungen
Methylcyclopentan
2,2,3-Trimethylbutan
2,4-Dimethylpentan
Tetrachlormethan
Cyclohexan
2,3-Dimethylpentan
2-Methylhexan
3-Ethylpentan
Trichlorethan
n-Heptan

Dabei ist die Einflussgröße Δx_{oc} gegeben durch

$$\Delta x_{oc} = x_+ - x_-$$

mit

- x_+ der Mittelwert der Einzelmessung in Gegenwart der gewählten Gasmischung
- x_- der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Störkomponente

7.4 Auswertung

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber Ozon wurden am Messgerät Prüfgase mit einer Benzolkonzentration bei 1/10 des Grenzwertes sowie bei ca. 70 % des Zertifizierungsbereiches aufgegeben. Anschließend wurde eine Ozonkonzentration von 180 µg/m³ in beide Stufen zugemischt.

Tabelle 37: Querempfindlichkeit von Ozon

Benzolkonzentration		Gerät 1 (0005) [µg/m ³ /nmol/mol]	Gerät 2 (0006) [µg/m ³ /nmol/mol]
Ozon	1/10 b _{int.O3}	0.00	0.00
	70% b _{int.O3}	0.00	0.00

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber Feuchte wurden am Messgerät Prüfgase mit einer Benzolkonzentration bei 1/10 des Grenzwertes sowie bei ca. 70 % des Zertifizierungsbereiches aufgegeben. Anschließend wurde eine definierte Feuchtekonzentration von ca. 20 und 80 % rel. Feuchte zugegeben.

Tabelle 38: Querempfindlichkeit von H₂O

Benzolkonzentration		Gerät 1 (0005) [µg/m ³ /mmol/mol]	Gerät 2 (0006) [µg/m ³ /mmol/mol]
H₂O 20%	1/10 b _{H2O}	0.00	0.00
	1/10 u_{rh}	0.003	0.006
	70% b _{H2O}	-0.05	0.04
	70% u_{rh}	-0.094	0.085
H₂O 80%	1/10 b _{H2O}	0.00	0.00
	1/10 u_{rh}	0.002	0.001
	70% b _{H2O}	0.00	0.01
	70% u_{rh}	0.006	0.014

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber organischen Komponenten wurden am Messgerät Prüfgase mit einer Benzolkonzentration bei 1/10 des Grenzwertes sowie bei ca. 70 % des Zertifizierungsbereiches aufgegeben. Anschließend wurden die organischen Komponenten in 2 Stufen zugemischt.

Zur Prüfung der Querempfindlichkeiten gegenüber organischen Verbindungen wurde eine Dampfdruckeinrichtung verwendet. Die Querempfindlichkeitssubstanzen standen als Lösungen zur Verfügung. Hierzu wird ein spezielles Glasgefäß, welches mit einem Tauchrohr und einem Gasein- und Gasaustritt versehen ist, in einem temperierten Wasserbad aufbewahrt. Dieses Glasgefäß ist mit dem jeweiligen zu verdampfenden Kohlenwasserstoff befüllt. Der Gaseintritt wird an einen thermischen Massendurchflussregler angeschlossen, dessen Durchflussbereich bei wenigen ml/min liegt. Der Ausgang des Verdampfergefäßes wird an eine Mischkammer angeschlossen. Am Mischgefäß wird ein zweiter Massendurchflussregler zur Verdünnung der Stoffe angeschlossen. Um wie gefordert alle Komponenten gleichzeitig zu überprüfen, wurden mehrere Massendurchflussregler verwendet. Außerdem wurden einige Verdampfergefäße in Reihe geschaltet.

Tabelle 39: Querempfindlichkeit von organischen Stoffen

Benzolkonzentration		Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
Organische Stoffe	1/10 ΔX_{oc}	0.01	0.01
	70% ΔX_{oc}	-0.22	-0.16

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für den Empfindlichkeitskoeffizienten der Querempfindlichkeit bei 1/10 des Grenzwertes von 0,00 µg/m³/nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µg/m³/nmol/mol für Gerät 2 bei Ozon, 0,00 µg/m³ für Gerät 1 und 0,00 µg/m³/mmol/mol für Gerät 2 bei 80% rel. Feuchte sowie 0,01 µg/m³ für Gerät 1 und 0,001 µg/m³ für Gerät 2 bei organischen Substanzen.

Es ergibt sich ein Wert für den Empfindlichkeitskoeffizienten der Querempfindlichkeit bei 70 % des Zertifizierungsbereichs von 0,00 µg/m³/nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µg/m³/nmol/mol für Gerät 2 bei Ozon, 0,00 µg/m³ für Gerät 1 und 0,01 µg/m³/mmol/mol für Gerät 2 bei 80% rel. Feuchte sowie -0,22 µg/m³ für Gerät 1 und -0,16 µg/m³ für Gerät 2 bei organischen Substanzen.

Für die Berechnung des Beitrags zur Gesamtunsicherheit durch den Einfluss der relativen Feuchte von 80 % bei 70 % des Zertifizierungsbereichs ergibt sich ein Wert der Unsicherheit von 0,006 µg/m³ für Gerät 1 sowie 0,014 µg/m³ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 40 bis Tabelle 43 sind die Einzelwerte der Untersuchung angegeben.

Tabelle 40: Einzelwerte der QE Untersuchung für Ozon

Datum	Zeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1/10 des GWs ohne Ozon			
1/3/2012	09:07 - 09:22	0.50	0.51
1/3/2012	09:22 - 09:37	0.50	0.51
1/3/2012	09:37 - 09:52	0.50	0.50
1/3/2012	09:52 - 10:07	0.49	0.51
Mittelwert		0.50	0.51
1/10 des GWs mit Ozon			
1/3/2012	10:22 - 10:37	0.52	0.52
1/3/2012	10:37 - 10:52	0.53	0.54
1/3/2012	10:52 - 11:07	0.51	0.53
1/3/2012	11:07 - 11:22	0.54	0.52
Mittelwert		0.53	0.53
Konzentration c_t ohne Ozon			
1/3/2012	12:07 - 12:22	34.89	35.21
1/3/2012	12:22 - 12:37	34.95	35.23
1/3/2012	12:37 - 12:52	34.99	35.08
1/3/2012	12:52 - 13:07	34.93	35.16
Mittelwert		34.94	35.17
Konzentration c_t mit Ozon			
1/3/2012	13:22 - 13:37	35.02	35.22
1/3/2012	13:37 - 13:52	35.05	35.28
1/3/2012	13:52 - 14:07	35.01	35.17
1/3/2012	14:07 - 14:22	35.12	35.23
Mittelwert		35.05	35.23

Tabelle 41: Einzelwerte der QE Untersuchung für H₂O 20 % rel.F.

Datum	Zeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m ³]	[µg/m ³]
1/10 des GWs ohne H2O 20 %			
1/4/2012	09:07 - 09:22	0.51	0.52
1/4/2012	09:22 - 09:37	0.52	0.51
1/4/2012	09:37 - 09:52	0.52	0.51
1/4/2012	09:52 - 10:07	0.52	0.52
Mittelwert		0.52	0.52
1/10 des GWs mit H2O 20 %			
1/4/2012	10:22 - 10:37	0.53	0.52
1/4/2012	10:37 - 10:52	0.54	0.53
1/4/2012	10:52 - 11:07	0.52	0.53
1/4/2012	11:07 - 11:22	0.51	0.54
Mittelwert		0.53	0.53
Konzentration c_t ohne H2O 20 %			
1/4/2012	12:07 - 12:22	35.23	35.36
1/4/2012	12:22 - 12:37	35.26	35.31
1/4/2012	12:37 - 12:52	35.36	35.28
1/4/2012	12:52 - 13:07	35.34	35.31
Mittelwert		35.30	35.32
Konzentration c_t mit H2O 20 %			
1/4/2012	13:22 - 13:37	35.49	35.39
1/4/2012	13:37 - 13:52	35.54	35.37
1/4/2012	13:52 - 14:07	35.52	35.41
1/4/2012	14:07 - 14:22	35.52	34.29
Mittelwert		35.52	35.12

Tabelle 42: Einzelwerte der QE Untersuchung für H₂O 80 % rel.F.

Datum	Zeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m ³]	[µg/m ³]
1/10 des GWs ohne H2O 80 %			
1/5/2012	10:07 - 10:22	0.51	0.53
1/5/2012	10:22 - 10:37	0.50	0.52
1/5/2012	10:37 - 10:52	0.50	0.52
1/5/2012	10:52 - 11:07	0.49	0.51
Mittelwert		0.50	0.52
1/10 des GWs mit H2O 80 %			
1/5/2012	11:22 - 11:37	0.51	0.52
1/5/2012	11:37 - 11:52	0.52	0.52
1/5/2012	11:52 - 12:07	0.52	0.53
1/5/2012	12:07 - 12:22	0.52	0.53
Mittelwert		0.52	0.53
Konzentration c_t ohne H2O 80 %			
1/5/2012	13:07 - 13:22	35.21	35.21
1/5/2012	13:22 - 13:37	35.05	35.23
1/5/2012	13:37 - 13:52	35.09	35.08
1/5/2012	13:52 - 14:07	35.03	35.16
Mittelwert		35.10	35.17
Konzentration c_t mit H2O 80 %			
1/5/2012	14:22 - 14:37	35.24	35.34
1/5/2012	14:37 - 14:52	35.10	35.31
1/5/2012	14:52 - 15:07	35.19	35.28
1/5/2012	15:07 - 15:22	35.09	35.28
Mittelwert		35.16	35.30

Tabelle 43: Einzelwerte der QE Untersuchung für org. Komponenten

Datum	Zeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
		[µg/m³]	[µg/m³]
1/10 des GWs ohne organischen Stoffe			
1/11/2012	10:37 - 10:52	0.51	0.52
1/11/2012	10:52 - 11:07	0.52	0.52
1/11/2012	11:07 - 11:22	0.51	0.52
1/11/2012	11:22 - 11:37	0.51	0.53
Mittelwert		0.51	0.52
1/10 des GWs mit organischen Stoffe			
1/11/2012	11:52 - 12:07	0.52	0.54
1/11/2012	12:07 - 12:22	0.51	0.52
1/11/2012	12:22 - 12:37	0.53	0.52
1/11/2012	12:37 - 12:52	0.52	0.53
Mittelwert		0.52	0.53
Konzentration c_t ohne organischen Stoffe			
1/11/2012	13:22 - 13:37	35.23	35.39
1/11/2012	13:37 - 13:52	35.37	35.41
1/11/2012	13:52 - 14:07	35.34	35.41
1/11/2012	14:07 - 14:22	35.36	35.43
Mittelwert		35.33	35.41
Konzentration c_t mit organischen Stoffe			
1/11/2012	14:37 - 14:52	35.56	35.56
1/11/2012	14:52 - 15:07	35.54	35.57
1/11/2012	15:07 - 15:22	35.49	35.58
1/11/2012	15:22 - 15:37	35.58	35.55
Mittelwert		35.54	35.57

7.1 8.5.10 Verschleppung (Memory-Effekt)

Die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration folgt, muss kleiner sein als $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 % des Grenzwertes).

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen sowie eine Gasmischstation.

7.3 Durchführung der Prüfung

Bei der Linearitätsprüfung wird der Einfluss eines Memory-Effektes geprüft, der durch Zurückhalten von Benzol im Messsystem infolge ungeeigneter Materialien oder eines großen Totvolumens hervorgerufen wird.

Die zweite Nullgasanalyse bei der Linearitätsprüfung, die direkt auf die Analyse der höchsten Benzolkonzentration folgt, darf eine gemessene Benzolkonzentration von 10 % des Grenzwertes ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nicht übersteigen.

Der Wert jeder ersten Analyse von Nullgas sollte unter 20 % des Grenzwertes (= $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) liegen. Wegen des Probenahmeverfahrens ist die genaue Bestimmung der Ansprechzeit nicht möglich, und nach der Definition beträgt die Ansprechzeit mindestens einem Analysezyklus. Deshalb kann die erste Analyse nach einem abrupten Konzentrationswechsel nicht berücksichtigt werden. Die Auswertung dieser Prüfung zeigt nur die Eignung des Messsystems an.

7.4 Auswertung

Diese Prüfung wurde nicht im Zuge der Linearitätsprüfung durchgeführt, da der Nullpunkt bei der Linearitätsprüfung bei 1/10 des Grenzwertes lag.

Zur Bestimmung des Memory-Effektes wurde dreimal von einem Prüfgaswert von ca. 90 % des Zertifizierungsbereiches auf Nullgas geschaltet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 44 dargestellt.

Tabelle 44: Ergebnisse der Überprüfung des Memory-Effektes

Datum	Uhrzeit	Sollwert [µg/m³]	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
			[µg/m³]	[µg/m³]
1. Durchgang				
11.11.2011	14:22 - 14:37	45,0	45,230	45,170
11.11.2011	14:37 - 14:52	0,0	0,522	0,487
11.11.2011	14:52 - 15:07	0,0	0,024	0,011
11.11.2011	15:07 - 15:22	0,0	0,012	0,006
ok			ok	
2. Durchgang				
11.11.2011	15:52 - 16:07	45,0	45,410	45,681
11.11.2011	16:07 - 16:22	0,0	0,487	0,523
11.11.2011	16:22 - 16:37	0,0	0,012	0,023
11.11.2011	16:37 - 16:52	0,0	0,007	0,004
ok			ok	
3. Durchgang				
11.11.2011	17:07 - 17:22	45,0	45,385	45,681
11.11.2011	17:22 - 17:37	0,0	0,623	0,428
11.11.2011	17:37 - 17:52	0,0	0,042	0,019
11.11.2011	17:52 - 18:07	0,0	0,008	0,001
ok			ok	

7.5 Bewertung

Die Mindestanforderung wird erfüllt. Der VOC72M liefert bereits in der ersten Nullgasanalyse nach der Messgasumstellung einen Wert nahe 10 % des Grenzwertes.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7.1 8.6.5 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift am Prüfwert darf maximal 10 % betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null- und Prüfgase in geeigneten Konzentrationen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Langzeitdrift wird aus den Mittelwerten von vier unabhängigen Messungen beim Prüfwert ermittelt. Diese Messreihen sind in 14-tägigem Abstand durchzuführen.

Die Langzeitdrift am Messbereichsendwert wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{14d} = \frac{|\bar{c}_n - \bar{c}_{n-1}|}{\bar{c}_n} \times 100\%$$

Dabei ist:

d_{14d} die Drift bei der Prüfgaskonzentration c_i , als Prozent

\bar{c}_{nx} der Mittelwert der 4 Analysen am Beginn der Driftperiode

\bar{c}_{n-1} der Mittelwert der 4 Analysen am Ende der Driftperiode (14 d)

Der größte 14-d-Wert in der Versuchszeitspanne muss das Leistungskriterium in Tabelle 5 der Din EN 14662-3 erfüllen.

Die Messunsicherheit u_d durch die Langzeitdrift am Prüfwert ist folgendermaßen zu berechnen:

$$u_d = \frac{|\bar{c}_n - \bar{c}_{n-1}|}{2\sqrt{3}}$$

Dabei ist:

\bar{c}_{nx} der Mittelwert der 4 Analysen am Beginn der Driftperiode

\bar{c}_{n-1} der Mittelwert der 4 Analysen am Ende der Driftperiode (14 d)

7.4 Auswertung

Die Ergebnisse zur Untersuchung der Langzeitdrift sind in Tabelle 45 dargestellt.

Tabelle 45: Untersuchung der Langzeitdrift

	Gerät 1 (0005) [µg/m³]	Gerät 2 (0006) [µg/m³]
C _{S,1} Anfang	34,07	34,10
C _{14d} 06.02.2012	34,31	34,32
d_{14d} 06.02.2012	0,72%	0,65%
u_d	0,07	0,06
C _{14d} 22.02.2012	34,85	34,82
d_{14d} 22.02.2012	2,29%	2,13%
u_d	0,22	0,21
C _{14d} 06.03.2012	34,76	34,72
d_{14d} 06.03.2012	2,03%	1,84%
u_d	0,04	0,18
C _{14d} 21.03.2012	34,87	34,80
d_{14d} 21.03.2012	2,35%	2,06%
u_d	0,23	0,20
C _{14d} 04.04.2012	34,29	34,20
d_{14d} 04.04.2012	0,65%	0,31%
u_d	0,06	0,03
C _{14d} 16.04.2012	34,36	34,96
d_{14d} 16.04.2012	0,85%	2,53%
u_d	0,08	0,25
C _{14d} 27.04.2012	34,30	34,55
d_{14d} 27.04.2012	0,69%	1,34%
u_d	0,07	0,13
Maximales d _{14d}	2,35%	2,53%
Maximales u _d	0,23	0,25

7.5 Bewertung

Die maximale Langzeitdrift d_{14d} liegt bei 2,35 % für Gerät 1 und 2,53 % für Gerät 2. Die maximale Unsicherheit u_d liegt bei 0,23 µg/m³ für Gerät 1 und 0,25 µg/m³ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Ermittlung der Langzeitdrift sind in Tabelle 46 dargestellt.

Tabelle 46: Ergebnisse der Untersuchung zur Langzeitdrift

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (0005)	Gerät 2 (0006)
	Referenzpunkt		
	[hh:mm]	[µg/m³]	[µg/m³]
23.01.2012	10:00	34,06	34,11
24.01.2012	08:00	34,09	34,12
25.01.2012	11:00	34,07	34,09
26.01.2012	11:00	34,08	34,11
27.01.2012	13:00	34,03	34,05
Mittelwert		34,07	34,10
06.02.2012	15:00	34,20	34,15
	15:15	34,28	34,26
	15:30	34,56	34,52
	15:45	34,21	34,34
	Mittel	34,31	34,32
22.02.2012	14:00	34,85	34,82
	14:15	34,74	34,88
	14:30	34,92	34,76
	14:45	34,87	34,83
	Mittel	34,85	34,82
06.03.2012	14:00	34,74	34,75
	14:15	34,85	34,77
	14:30	34,75	34,68
	14:45	34,69	34,69
	Mittel	34,76	34,72
21.03.2012	15:00	34,89	34,88
	15:15	34,97	34,69
	15:30	34,85	34,87
	15:45	34,76	34,76
	Mittel	34,87	34,80
04.04.2012	13:00	34,22	34,18
	13:15	34,36	34,22
	13:30	34,28	34,23
	13:45	34,29	34,17
	Mittel	34,29	34,20
16.04.2012	10:00	34,30	34,96
	10:15	34,36	35,01
	10:30	34,35	34,87
	10:45	34,41	34,99
	Mittel	34,36	34,96
27.04.2012	12:00	34,28	34,49
	12:15	34,36	34,58
	12:30	34,33	34,62
	12:45	34,24	34,52
	Mittel	34,30	34,55

7.1 8.6.6 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall muss mindestens 2 Wochen betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß 7.1 8.6.5 Langzeitdrift zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

7.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keine unzulässigen Driften festgestellt werden. Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt.

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden.

7.5 Bewertung

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7.1 8.6.7 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss > 90 % betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Der einwandfreie Betrieb des Gerätes ist mindestens alle 14 Tage zu prüfen. Es ist empfehlenswert, diese Prüfung täglich durchzuführen. Diese Prüfung beinhaltet die Plausibilitätsprüfung der Messwerte, sofern verfügbar der Statussignale und anderer wichtiger Parameter. Zeitpunkt, Dauer und Art jeder Fehlfunktion sind aufzuzeichnen.

Die Gesamtzeit beim Feldtest, in der gültige Messwerte von Außenluftkonzentrationen erhalten werden, wird für die Berechnung der Verfügbarkeit verwendet. Die Zeit für Kalibrierungen, Konditionierung der Probenleitungen und Filter sowie für die Wartung benötigte Zeit darf nicht in die Dauer des Feldtests eingerechnet werden.

Die Datenabdeckung wird berechnet als:

$$A_a = \frac{t_u}{t_t} \times 100\%$$

Dabei ist:

- A_a die Verfügbarkeit des Analysators
- t_u die gesamte Zeitspanne mit validierten Messdaten
- t_t die Zeitspanne der Felduntersuchung minus der Zeitspanne für Prüfungen und Wartung

7.4 Auswertung

Der Feldtest wurde vom 13.01.2012 bis zum 27.04.2012 durchgeführt. Die Messeinrichtungen wurden damit im Feldtest über einen Zeitraum von insgesamt 104 Messtagen betrieben. Die prüfungsbedingten Wartungszeiten (inkl. Prüfgasaufgaben) betragen 39 h. Es wurden keine Gerätestörungen beobachtet:

7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für beide Messgeräte 100 % exkl. prüfungsbedingter Wartungszeit sowie 98,4 % inkl. prüfungsbedingter Wartungszeit.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 47: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. Wartungszeiten)

		Gerät 1 (SN 005)	Gerät 2 (SN 006)
Einsatzzeit	h	2520	2520
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	39	39
Tatsächliche Betriebszeit	h	2481	2481
Verfügbarkeit	%	98,4	98,4

Tabelle 48: Ermittlung der Verfügbarkeit (exkl. Wartungszeiten)

		Gerät 1 (SN 005)	Gerät 2 (SN 006)
Einsatzzeit	h	2520	2520
Wartungszeit	h	39	39
Einsatzzeit ohne Wartungszeit		2481	2481
Ausfallzeit	h	0	0
Tatsächliche Betriebszeit	h	2481	2481
Verfügbarkeit	%	100	100

7.1 8.6.6 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $< \pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen unter Feldbedingungen ist während der dreimonatigen Dauerprüfung aus zeitgleichen, fortlaufenden Messungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen am selben Messort als Doppelbestimmungen zu ermitteln.

Da der Benzolgehalt der Umgebungsluft in Deutschland auch an verkehrsreichen Punkten generell sehr niedrig ist, wurde die Probenluft zeitweise mit Benzol angereichert, um aufzuzeigen, dass die Messeinrichtungen auch bei höheren Konzentrationen identisch arbeiten.

Außerdem wurden die Messwerte während der zwei-wöchentlichen Untersuchungen zum Langzeitdriftverhalten am Referenzpunkt in die Ermittlung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen mit einbezogen.

7.4 Auswertung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird aus Daten von Parallelmessungen während der Felduntersuchung berechnet.

Die Differenz für jede Parallelmessung i wird berechnet aus

$$d_{f,i} = (c_{1,f})_i - (c_{2,f})_i$$

Die mittlere Differenz aus diesen Messungen wird berechnet aus

$$\bar{d}_f = \frac{\sum d_{f,i}}{n}$$

Dabei ist

$d_{f,i}$ die Differenz zwischen den i -ten Parallelmessungen

$(c_{1,f})_i$ das i -te Messergebnis von Analysator 1

$(c_{2,f})_i$ das i -te Messergebnis von Analysator 2

n die Anzahl der Parallelmessungen

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) s_{Rf} errechnet sich zu

$$s_{Rf} = \sqrt{\frac{\sum d_{f,i}^2}{2n}}$$

Die Standardmessunsicherheit entsprechend der Vergleichspräzision im Feld wird dann berechnet zu

$$u_{Rf} = s_{Rf}$$

7.5 Bewertung

Die Standardmessunsicherheit entsprechend der Vergleichspräzision im Feld für Benzol betrug 0,025 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 49 und in Abbildung 11 dargestellt.

Tabelle 49: Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

Komponente:	Benzol		
Messgerät:	VOC72M		
Messdatum:	23.01.2012 bis 24.04.2012		
Zertifizierungsbereich	ZB	=	0 - 50 µg/m³
Konzentrationsbereich	Gerät 1	=	0,3 - 34,9 µg/m³
Konzentrationsbereich	Gerät 2	=	0,3 - 35 µg/m³
Mittelwert	Gerät 1	=	1,43 µg/m³
Mittelwert	Gerät 2	=	1,40 µg/m³
y = b * x + c	Steigung	b	= 0,9998
	Ordinatenabstand	c	= -0,0217 µg/m³
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9999
Stichprobenumfang	n	=	2146
t-Wert	t _{0,95,n}	=	1,9611
Std-Abw.aus Doppelbestimmungen	S _{D,abs}	=	0,035 µg/m³
Relative Standardabweichung	S _{D,rel}	=	0,025 µg/m³
Limit		=	0,25 µg/m³

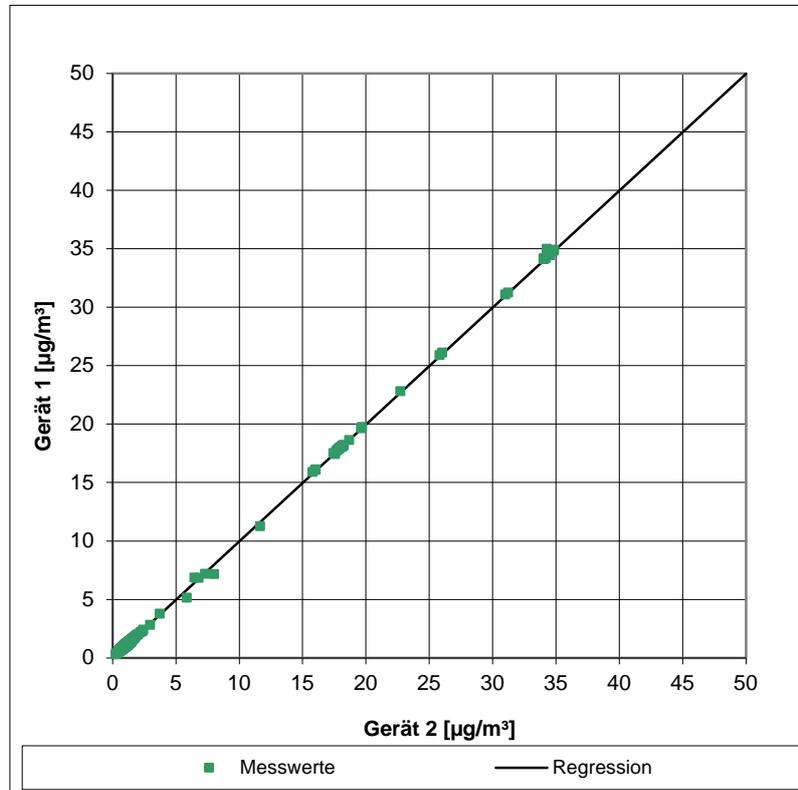


Abbildung 11: Darstellung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

7.1 8.6.6 Gesamtmessunsicherheit nach Kapitel 8.7 der DIN EN 14662-3

Die erweiterte Messunsicherheit ist zu ermitteln. Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU Tochterrichtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten (Anforderung an die Datenqualität: Für Benzol ist bei kontinuierlichen Messungen für die prozentuale erweiterte Messunsicherheit ein Maximalwert von 25 % zulässig).

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Gesamtmessunsicherheit der Messwerte der Messeinrichtung ist für die in der Eignungsprüfung ermittelten Verfahrenskenngrößen der Messeinrichtung zusammenzustellen.

7.4 Auswertung

Die Eignungsbekanntgabe der Geräte besteht aus den folgenden Schritten:

- Jede einzelne Verfahrenskenngröße muss das Kriterium in Tabelle 2 und Tabelle 5 der DIN EN 14662-3 erfüllen.
- Die Gesamtmessunsicherheit muss das Kriterium in der betreffenden EU-Richtlinie erfüllen.

Die Gesamtmessunsicherheit beruht auf

- Berechnen der Gesamtmessunsicherheit mit den in den Laboratoriumsuntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen;
- Erneute Berechnung der Gesamtmessunsicherheit nach a) für den Feldtest, indem an Stelle der Werte für die Kurzzeitdrift aus der Laboratoriumsuntersuchung die Werte der Langzeitdrift aus dem Feldversuch und an Stelle der Werte für die Wiederholpräzision (aus der Laboratoriumsuntersuchung) die Werte der Vergleichspräzision im Feld eingesetzt werden.

Die Unsicherheit der Messwerte eines Analysators wird nicht nur von den Verfahrenskenngrößen des Gerätes selbst beeinflusst, sondern z.B. auch von den Bedingungen am Messort und den Prüfgasen. Da diese Faktoren im Allgemeinen unbekannt sind, werden Standardwerte verwendet, um die Eignungsprüfung eines Analysators durchführen zu können. Bei der Eignungsbeurteilung jedes einzelnen Analysators an einem bestimmten Messort sind jedoch die tatsächlichen Werte für die Bedingungen am Messort und die Unsicherheit des Kalibrier-gases zu verwenden.

Die kombinierte Messunsicherheit wird aus den einzelnen Beiträgen nach folgender Gleichung abgeschätzt:

$$u_c = c_{test} \sqrt{\sum \frac{u_i^2}{c_i^2}}$$

Dabei ist:

- u_c die mit Benzolkonzentration c_{test} verbundene kombinierte Messunsicherheit
 u_i der partielle Beitrag zur Standardunsicherheit bei der Konzentration c_i .

Die erweiterte Messunsicherheit mit einem Vertrauensniveau von 95 % wird durch Multiplizieren von u_c mit dem Erweiterungsfaktor von 2 erhalten.

7.5 Bewertung

Die Anforderung an die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung wird erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN EN 14662-3 in Anlehnung an das Beispiel in Anhang B der Norm. In Tabelle 50 ist die erweiterte Messunsicherheit $U_{c, rel}$ für den Labortest für beide Geräte angegeben.

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN EN 14662-3 in Anlehnung an das Beispiel in Anhang B der Norm. In Tabelle 51 ist die erweiterte Messunsicherheit $U_{c, rel}$ für den Labor- und Feldtest für beide Geräte angegeben.

Tabelle 50: Gesamtmessunsicherheit für die Laboruntersuchungen

Gesamtmessunsicherheit für den Labortest		Gerät 1 SN 005	Gerät 2 SN 006		Bezugskonzentration	
					SN 005	SN 006
Unsicherheit des Prüfgases	u_{span} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.1230	0.1230	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.00	5.00
Anpassung der Kalibriergeraden	u_{fit} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0280	0.0200	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.00	5.00
Wiederholpräzision	u_r [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0200	0.0100	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.00	5.00
Srörung durch relative Feuchte	u_m [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0060	0.0140	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit vom Luftdruck	u_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0380	0.0080	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit von der Temperatur	u_{T_s} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0087	0.0135	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit von der Spannung	u_v [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0172	0.0058	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Gesamtmessunsicherheit $u_{c/c}$		2.56%	2.50%			
Erweiterte Messunsicherheit $U_{c, rel}$		5.11%	5.00%			

Tabelle 51: Gesamtmessunsicherheit für den Labor- und Feldtest

Gesamtmessunsicherheit für den Labor & Feldtest		Gerät 1	Gerät 2		Bezugskonzentration	
		SN 005	SN 006		SN 005	SN 006
Unsicherheit des Prüfgases	u_{span} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.1230	0.1230	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.00	5.00
Anpassung der Kalibriergeraden	u_{fit} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0280	0.0200	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5.00	5.00
Vergleichsstandardabweichung	u_{rf} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0250	0.0250	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1.43	1.40
Störung durch relative Feuchte	u_{rh} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0060	0.0140	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit vom Luftdruck	u_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0380	0.0080	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit von der Temperatur	u_{Ts} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0087	0.0135	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Abhängigkeit von der Spannung	u_v [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.0172	0.0058	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Langzeitdrift	u_d [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0.2300	0.2500	c_{Benz} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	35.00	35.00
Gesamtmessunsicherheit $u_{c/c}$		2.61%	3.15%			
Erweiterte Messunsicherheit $U_{c,rel}$		5.22%	6.30%			

8. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

Arbeiten im Wartungsintervall (4 Wochen)

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- Gerätestatus in Ordnung
- Keine Fehlermeldungen
- Stickstoffvordruck ok (3,2 bar)
- Austausch des Teflonfilters am Probengaseingang
- Null- und Referenzpunktüberprüfung mit geeigneten Prüfgasen

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Köln, den 16. August 2012



Dipl.-Ing. Martin Schneider



Dr. Peter Wilbring

9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, September 2010
- [2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010
- [3] Europäische Norm DIN EN 14662-3, „Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probennahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, August 2005
- [4] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft.
- [5] Europäische Norm DIN EN 14662-3, „Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 3: Automatische Probennahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung, Juli 2012

10. Anlagen

Anhang 1 Handbuch

BETRIEBSHANDBUCH

VOC72M

VOC-ANALYSATOR
ZUR ANALYSE FLÜCHTIGER
ORGANISCHER VERBINDUNGEN
MITTELS GASCHROMATOGRAPHIE

- MAI 2012 -



Environnement s.a
L'instrumentation de l'environnement

WARNUNG

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

ENVIRONNEMENT S.A., alle Rechte vorbehalten.

Das vorliegende Dokument stellt keine Verpflichtung von ENVIRONNEMENT S.A. dar.

INHALTSVERZEICHNIS

KAPITEL 1. ALLGEMEINES - KENNDATEN

1.1	ALLGEMEINES	1-3
1.2	KENNDATEN	1-19

KAPITEL 2. FUNKTIONSWEISE

2.1	ENDE DES VORHERGEHENDEN ZYKLUS	2-3
2.2	KALTSPÜLEN	2-4
2.3	KOPPLUNG	2-5
2.4	INJEKTION	2-6
2.5	WARMSPÜLEN	2-7
2.6	ABKÜHLUNG DER GASFALLE	2-8
2.7	GASFALLE IN PROBENAHRME	2-9
2.8	DATENVERARBEITUNG	2-10
2.9	ABKÜHLUNG DER SÄULE	2-12
2.10	ENDE DES ZYKLUS	2-13

KAPITEL 3. BETRIEB

3.1	ERSTINBETRIEBNAHRME	3-5
3.2	PROGRAMMIERUNG DES VOC72M	3-14
3.3	BESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN BILDSCHIRME	3-17
3.4	KALIBRIERUNG	3-77

ABBILDUNGSLISTE

Abbildung 1-1 – Darstellung des VOC72M	1-2
Abbildung 1-2 – Vorderseite des VOC72M	1-5
Abbildung 1-3 – Rückseite des VOC72M	1-6
Abbildung 1-4 – Innenansicht	1-8
Abbildung 1-5 - Innenansicht mit hochgeklapptem Chromatographiesäulengehäuse	1-9
Abbildung 1-6 – Fluiddiagramm	1-10
Abbildung 1-7 – Elektronisches Diagramm	1-15
Abbildung 1-8 – Verbindungen zwischen Geräten	1-21
Abbildung 1-9 – Freiraummaße	1-23
Abbildung 1-10 – Installation der Probenahmestelle	1-24
Abbildung 2-1 – Ende des vorhergehenden Zyklus	2-3
Abbildung 2-2 – Kaltspülen	2-4
Abbildung 2-3 – Kopplung	2-5
Abbildung 2-4 – Injektion	2-6
Abbildung 2-5 – Warmspülen	2-7
Abbildung 2-6 – Abkühlung der Gasfalle	2-8
Abbildung 2-7 – Gasfalle in Probenahme	2-9
Abbildung 2-8 – Datenverarbeitung	2-10
Abbildung 2-9 – Aktualisierung der Anzeige der Konzentrationen	2-11
Abbildung 2-10 – Abkühlung der Säule	2-12
Abbildung 2-11 – Abkühlung der Säule (Ende)	2-13
Abbildung 2-12 – Chronogramm	2-14
Abbildung 3-1 – Rückseite des VOC72M	3-6
Abbildung 3-2 – Anschluss des Probeneingangs	3-6
Abbildung 3-3 – Anschluss der Stickstoffflasche	3-7
Abbildung 3-4 – Übersichtsbildschirm Vorheizmodus	3-9
Abbildung 3-5 – Übersichtsbildschirm Standby-Modus	3-10
Abbildung 3-6 – Übersichtsbildschirm „Bereit“	3-10
Abbildung 3-7 – Übersichtsbildschirm „Start“	3-11
Abbildung 3-8 – Erster Probenahmezyklus	3-11
Abbildung 3-9 – Erster Analysezyklus	3-12
Abbildung 3-10 – Funktionsdiagramm	3-13
Abbildung 3-11 – Menüstruktur des VOC72M	3-16
Abbildung 3-12 – Funktionsdiagramm	3-71



SEITENVERZEICHNIS

Seite	Datum	Seite	Datum	Seite	Datum
0-1	05.2012			3-53	05.2012
0-2	05.2012			3-54	05.2012
0-3	05.2012			3-55	05.2012
0-4	05.2012	3-1	05.2012	3-56	05.2012
0-5	05.2012	3-2	05.2012	3-57	05.2012
0-6	05.2012	3-3	05.2012	3-58	05.2012
		3-4	05.2012	3-59	05.2012
		3-5	05.2012	3-60	05.2012
		3-6	05.2012	3-61	05.2012
		3-7	05.2012	3-62	05.2012
1-1	05.2012	3-8	05.2012	3-63	05.2012
1-2	05.2012	3-9	05.2012	3-64	05.2012
1-3	05.2012	3-10	05.2012	3-65	05.2012
1-4	05.2012	3-11	05.2012	3-66	05.2012
1-5	05.2012	3-12	05.2012	3-67	05.2012
1-6	05.2012	3-13	05.2012	3-68	05.2012
1-7	05.2012	3-14	05.2012	3-69	05.2012
1-8	05.2012	3-15	05.2012	3-70	05.2012
1-9	05.2012	3-16	05.2012	3-71	05.2012
1-10	05.2012	3-17	05.2012	3-72	05.2012
1-11	05.2012	3-18	05.2012	3-73	05.2012
1-12	05.2012	3-19	05.2012	3-74	05.2012
1-13	05.2012	3-20	05.2012	3-75	05.2012
1-14	05.2012	3-21	05.2012	3-76	05.2012
1-15	05.2012	3-22	05.2012	3-77	05.2012
1-16	05.2012	3-23	05.2012	3-78	05.2012
1-17	05.2012	3-24	05.2012	3-79	05.2012
1-18	05.2012	3-25	05.2012	3-80	05.2012
1-19	05.2012	3-26	05.2012	3-81	05.2012
1-20	05.2012	3-27	05.2012	3-82	05.2012
1-21	05.2012	3-28	05.2012	3-83	05.2012
1-22	05.2012	3-29	05.2012	3-84	05.2012
1-23	05.2012	3-30	05.2012	3-85	05.2012
1-24	05.2012	3-31	05.2012	3-86	05.2012
		3-32	05.2012	3-87	05.2012
		3-33	05.2012	3-88	05.2012
		3-34	05.2012	3-89	05.2012
		3-35	05.2012	3-90	05.2012
2-1	05.2012	3-36	05.2012		
2-2	05.2012	3-37	05.2012		
2-3	05.2012	3-38	05.2012		
2-4	05.2012	3-39	05.2012		
2-5	05.2012	3-40	05.2012		
2-6	05.2012	3-41	05.2012		
2-7	05.2012	3-42	05.2012		
2-8	05.2012	3-43	05.2012		
2-9	05.2012	3-44	05.2012		
2-10	05.2012	3-45	05.2012		
2-11	05.2012	3-46	05.2012		
2-12	05.2012	3-47	05.2012		
2-13	05.2012	3-48	05.2012		
2-14	05.2012	3-49	05.2012		
		3-50	05.2012		
		3-51	05.2012		
		3-52	05.2012		

Seite

Datum

Seite

Datum

Seite

Datum

KAPITEL 1

ALLGEMEINES - KENNDATEN

1.1	ALLGEMEINES	1-3
1.1.1	DARSTELLUNG	1-3
1.1.1.1	Probenahme	1-3
1.1.1.2	Chromatographische Analyse	1-3
1.1.1.3	Datenverarbeitung	1-4
1.1.2	BESCHREIBUNG	1-5
1.1.2.1	Vorderseite	1-5
1.1.2.2	Rückseite	1-6
1.1.3	INNENANSICHT	1-7
1.1.3.1	Physikalischer Bereich	1-10
1.1.3.2	Elektronischer Bereich	1-15
1.2	KENNDATEN	1-19
1.2.1	TECHNISCHE DATEN	1-19
1.2.2	GEBRAUCH	1-21
1.2.3	LAGERUNG	1-21
1.2.4	INSTALLATION	1-21
1.2.4.1	Verbindungen zwischen Geräten	1-21
1.2.4.2	Maße und Gewicht	1-21
1.2.4.3	Handhabung und Lagerung	1-22
1.2.4.4	Probenahmestab	1-24
	Abbildung 1-1 – Darstellung des VOC72M	1-2
	Abbildung 1-2 – Vorderseite des VOC72M	1-5
	Abbildung 1-3 – Rückseite des VOC72M	1-6
	Abbildung 1-4 - Innenansicht	1-8
	Abbildung 1-5 - Innenansicht mit hochgeklapptem Gehäuse der Chromatographiesäule	1-9
	Abbildung 1-6 – Fluiddiagramm	1-10
	Abbildung 1-7 – Elektrodiagramm	1-15
	Abbildung 1-8 – Verbindungen zwischen Geräten	1-21
	Abbildung 1-9 – Freiraummaße	1-23
	Abbildung 1-10 – Installation der Probenahmestelle	1-24

1. ALLGEMEINES - KENNDATEN



Abbildung 1-1 – Darstellung des VOC72M

1.1 ALLGEMEINES

1.1.1 DARSTELLUNG

Der VOC72M ist ein Analysator flüchtiger organischer Verbindungen (VOC). Die VOCs sind organische Moleküle (auf Basis der Kohlenstoffchemie), die in geringer Konzentration in der Außenumgebungsluft vorhanden sind (Konzentrationen in Höhe von ppb).

Der VOC72M ist ein kompaktes Rack (3 HE) und besonders geeignet für Messstationen zur Überwachung der Umweltbelastung (städtische und industrielle Einsatzorte). Er besitzt dabei Kenndaten, die mit denen von Laborchromatographen vergleichbar sind.

Seine Metrologie beruht, gemäß der Norm EN14662-3 für die Messung von Benzol, auf der Technik der gaschromatographischen Trennung der gemessenen Verbindungen und der Detektion durch Photoionisation.

Der VOC72M führt die folgenden 3 Hauptanalysefunktionen durch:

- Probenahme
- Chromatographische Analyse
- Datenverarbeitung

1.1.1.1 Probenahme

Die Probenahme erfolgt mit einer Gasfalle, die mit einem spezifischen Adsorptionsmittel gefüllt ist.

Im Standardzyklus von 15 Minuten (Probenahmezeit > 90 % des Zyklus) liegt der in der Gasfalle eingefangene Durchfluss bei ungefähr 12 ml/min, was einem Gasfallenvolumen von 165 ml entspricht. Es sind andere Zyklusdauern möglich, sofern sie zwischen 10 und 30 Minuten liegen.

Es wird ein Ableitungsdurchfluss (Bypass) von 35 ml/min zugefügt, so dass ein permanenter Eingangsdurchfluss gewährleistet ist, auch wenn sich die Gasfalle nicht im Probenahmemodus befindet.

1.1.1.2 Chromatographische Analyse

Am Ende des Probenahmezyklus wird die Gasfalle am Eingang der Chromatographiesäule angeschlossen und schnell aufgeheizt (von 35 °C auf 380 °C in weniger als 2 Sekunden). Die Verbindungen werden also thermisch desorbiert und vom Stickstoff in die Chromatographiesäule gedrückt. Schließlich wird die Gasfalle von einem Lüfter für einen neuen Probenahmezyklus gekühlt.

Im Innern der Chromatographiesäule werden die Verbindungen durch den Stickstofffluss (mobile Phase) vorangetrieben und durch die Innenbeschichtung der Chromatographiesäule (stationäre Phase) zurückgehalten, was eine selektive Retention der Verbindungen erzeugt. Um in kürzester Zeit eine optimale Trennung zu erreichen, durchläuft die Chromatographiesäule ein Temperaturanstiegsprogramm, entsprechend den thermischen Rampen, von der Kaltstufe der Injektion (25°C) zur Warmstufe (160°C). Dieses Programm der thermischen Rampen dient der Eliminierung der schweren Verbindungen (d. h. der Verbindungen mit erhöhtem Siedepunkt). Am Ende der Warmstufe wird die Chromatographiesäule für die nächste Injektion bis zur Kaltstufe abgekühlt.

Der Ausgang der Chromatographiesäule ist mit dem Photoionisationsdetektor verbunden, in dem die Konzentration der Verbindungen in ein kleines elektrisches Signal umgewandelt wird. Dieses Signal wird von der im Gerät vorhandenen Elektrometerkarte verstärkt und digitalisiert. Die Aufzeichnung dieses Signals in Abhängigkeit der Zeit ist das Chromatogramm, das einen Peak für jede erfasste Verbindung darstellt. Ein Chromatogramm der Umgebungsluft kann mehr als 100 Peaks aufweisen.

1.1.1.3 Datenverarbeitung

Die Aufbereitung des Chromatogramms übernimmt die DNP-ARM7-Karte.

Die chromatographischen Peaks werden erfasst und mit einer Korrektur der Basislinie aufgenommen. Der Zeitpunkt des Auftretens der Peaks im Chromatogramm (Retentionszeit) wird ebenfalls aufgezeichnet.

Liegt die Retentionszeit eines chromatographischen Peaks im Erfassungsfenster einer Verbindung (+/- 2 Sekunden), wird der Peak als der zugehörige Peak dieser Verbindung identifiziert.

Die Fläche des Peaks wird durch die Berechnung des von der Gasfalle entnommenen Volumens korrigiert. Diese Berechnung beruht auf dem Druck der Gasfalle bei der Probenahme. Es wird eine Korrektur des Atmosphärendrucks vorgenommen, um die Antwort des PID-Detektors zu berücksichtigen.

Die so korrigierte Fläche, multipliziert mit dem Ansprechfaktor der Verbindung (auch „Kalibrierkoeffizient der Verbindung“ genannt), ergibt die Konzentration dieser Verbindung.

1.1.2 BESCHREIBUNG

1.1.2.1 Vorderseite

Die Vorderseite umfasst:

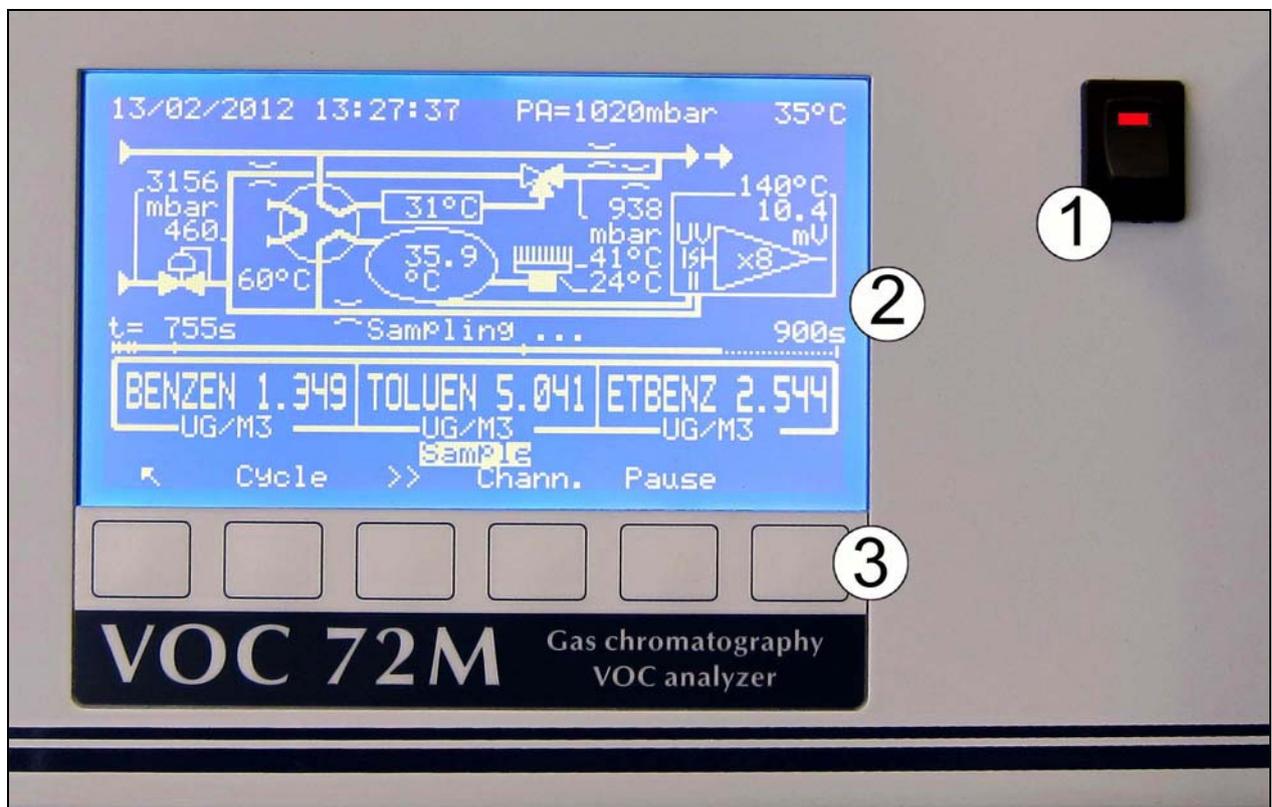
einen Hauptschalter (1)

eine LCD-Anzeige mit Hintergrundbeleuchtung (2):

- 16 Zeilen, 40 Zeichen (240 x 128 Pixel)
- Auf ihr werden der Messwert in der gewählten Einheit sowie die für die Kontrolle und Programmierung des Geräts notwendigen Informationen angezeigt.

ein Tastenfeld mit 6 druckempfindlichen Tasten (3)

Aus Gründen der Bedienerfreundlichkeit variiert die Funktion dieser 6 Tasten in den verschiedenen Bildschirmen und/oder Menüs.



(1) Hauptschalter, (2) LCD-Bildschirm mit Hintergrundbeleuchtung, (3) Tastenfeld mit 6 druckempfindlichen Tasten

Abbildung 1–2 – Vorderseite des VOC72M

1.1.2.2 Rückseite



(1) Freier Platz für Estel-, Sorel- oder RS4I-Karten, (2) Netzsicherung, (3) Auslass des Kühllüfters, (4) Schraube der Probeneingangseinheit, (5) Probeneingang für Rohr, 4 mm Außendurchmesser, (6) Stickstoffeingang für Rohr, 1/8" Außendurchmesser, (7) Luftauslass für Rohr, 4 mm Außendurchmesser, (8) Kühllüfter des Kühlelements (Kühlkörper), (9) USB-Anschluss, (10) Ethernet-Schnittstelle, (11) Geräteschild, (12) Netzanschluss

Abbildung 1–3 – Rückseite des VOC72M

1.1.3 INNENANSICHT

Die Abdeckung wird von zwei Schrauben hinten und vorne gehalten. Es reicht, diese herauszuschrauben, um die Abdeckung abnehmen zu können.



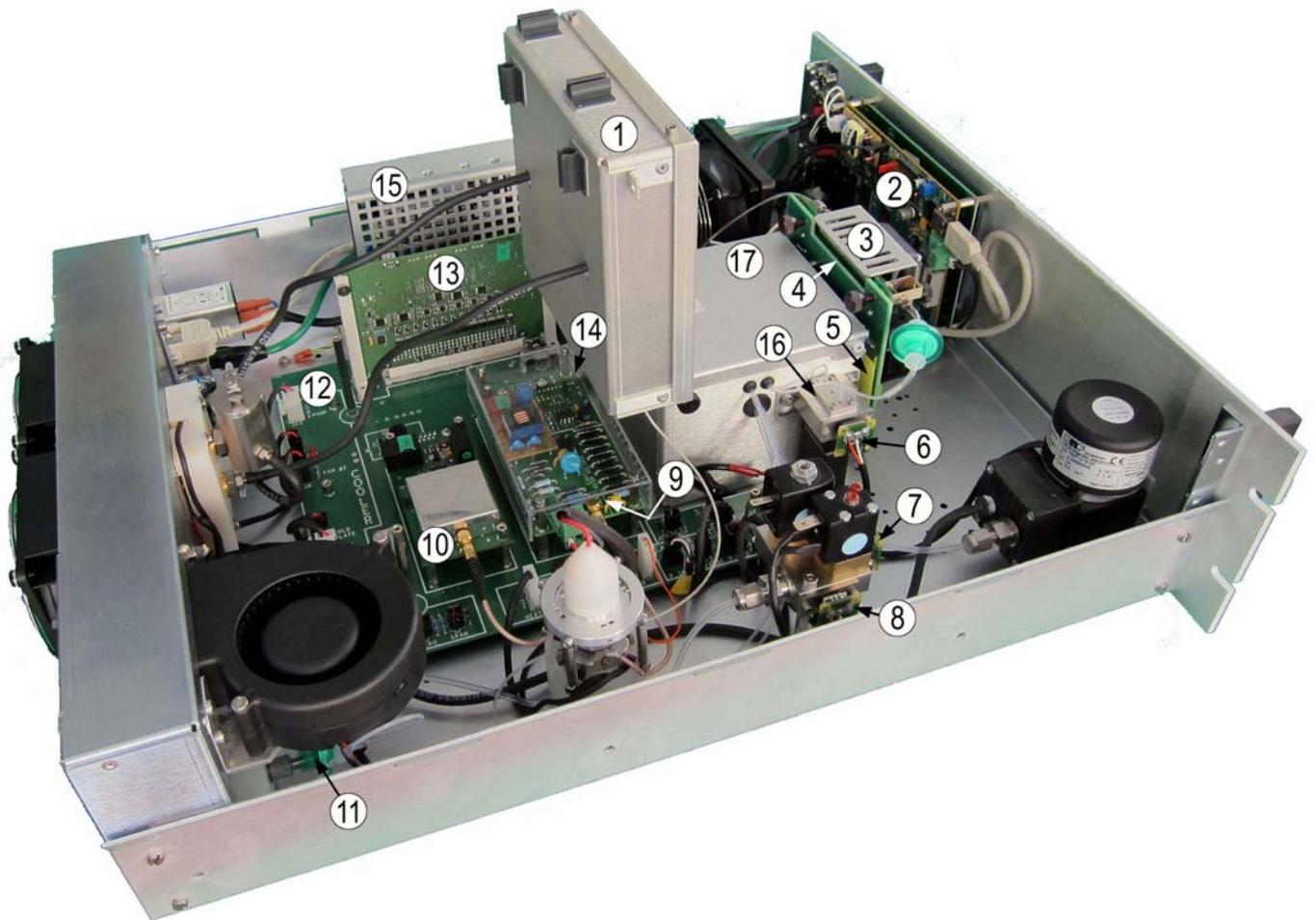
ACHTUNG: Ausschließlich qualifizierte und geschulte Techniker dürfen Arbeiten an diesem Gerät durchführen. Die folgenden Risiken sind bei Arbeiten am Geräteinnern zu berücksichtigen:

- Lebensgefährliche Spannungen (300 V) liegen am Innern der 24-VCC-Versorgung an, sobald das Netzkabel angeschlossen ist. Nehmen Sie nicht das Schutzgitter (Pos. 15 in Abbildung 1–5) dieser Versorgung ab.
- Die Versorgungskarte des PID-Detektors verfügt über eine 1800-V- / 3-mA-Quelle. Nehmen Sie nicht die zugehörige transparente Schutzabdeckung (Position 14 in Abbildung 1–5) ab.
- Die Gasfalle kann in weniger als 2 Sekunden von Umgebungstemperatur auf 380 °C (716 °F) aufgeheizt werden. Lassen Sie den Analysator nicht laufen, ohne dass der Lüfter der Gasfalle (Position 4 in Abbildung 1-4) montiert ist: Seine Abdeckung dient als Schutz vor jeglichem direkten Kontakt mit dem Gasfallenrohr (Position 6 in Abbildung 1-4).
- Die Desorberkarte verfügt über eine Batterie, die eine sehr starke Aufheizung und damit einen Kurzschluss der Aderleitung erzeugen kann. Eine Platte wurde installiert, um diese Gefahr zu vermeiden. **Entfernen Sie nicht diese Schutzplatte** (Position 5 in Abbildung 1–5).
- Beachten Sie, dass **es sich bei dem Hauptschalter auf der Vorderseite nicht um einen Netzschalter handelt**. Als goldene Regel gilt: Ziehen Sie vor Arbeiten an einem Schalter im Innern des Analysators immer das Netzkabel des Analysators ab.



- (1) Ein-/Ausschalter, (2) LCD-Bildschirm, (3) Tastenfeld mit 6 druckempfindlichen Tasten, (4) Desorberkarte, (5) Lüfter der Gasfalle, (6) Gasfalle, (7) Spülmagnetventil, (8) Vakuumpumpe, (9) Drucksensor Gasfalle, (10) Drucksensor Chromatographiesäule, (11) Drucksensor Stickstoffeingang, (12) Proportionales Magnetventil, (13) Pilotmagnetventil, (14) Photoionisationsdetektor (PID), (15) Lüfter Innenkühlung, (16) Kühleinheit, (17) Expansionsgefäß, (18) Kühlpumpe, (19) USB-Anschluss, (20) Ethernet-Ausgang, (21) Netzanschlusseinheit, (22) Schnittstellenkarte, (23) Modulkarte, (24) 24-V-Versorgung, (25) Gehäuse Chromatographiesäule, (26) Hot-Box, (27) Mischerlüfter, (28) Transferleitung, (29) Staubfilter, (30) DNP-ARM7-Karte, (31) Spüleinheit, (32) Kühlkörper

Abbildung 1-4 - Innenansicht



(1) Gehäuse Chromatographiesäule, (2) DNP-ARM7-Karte, (3) Gasfallengitter (darunter geheiztes Rohr), (4) Desorberkarte, (5) Schutzplatte Desorber (nicht abnehmen), (6) Drucksensor Gasfalle, (7) Drucksensor Chromatographiesäule, (8) Drucksensor Stickstoffeingang, (9) PID-Versorgungskarte (Achtung 1,8 kV / 3 mA), (10) Elektrometerkarte, (11) Filter Probeneingang, (12) Schnittstellenkarte, (13) Modulkarte, (14) Schutzabdeckung PID-Versorgung (darunter Hochspannung), (15) Schutzgitter 24-V-Versorgung (nicht abnehmen: darunter lebensgefährliche Spannung), (16) Spüleinheit, (17) Hot-Box

Abbildung 1–5 - Innenansicht mit hochgeklapptem Gehäuse der Chromatographiesäule

1.1.3.1 Physikalischer Bereich

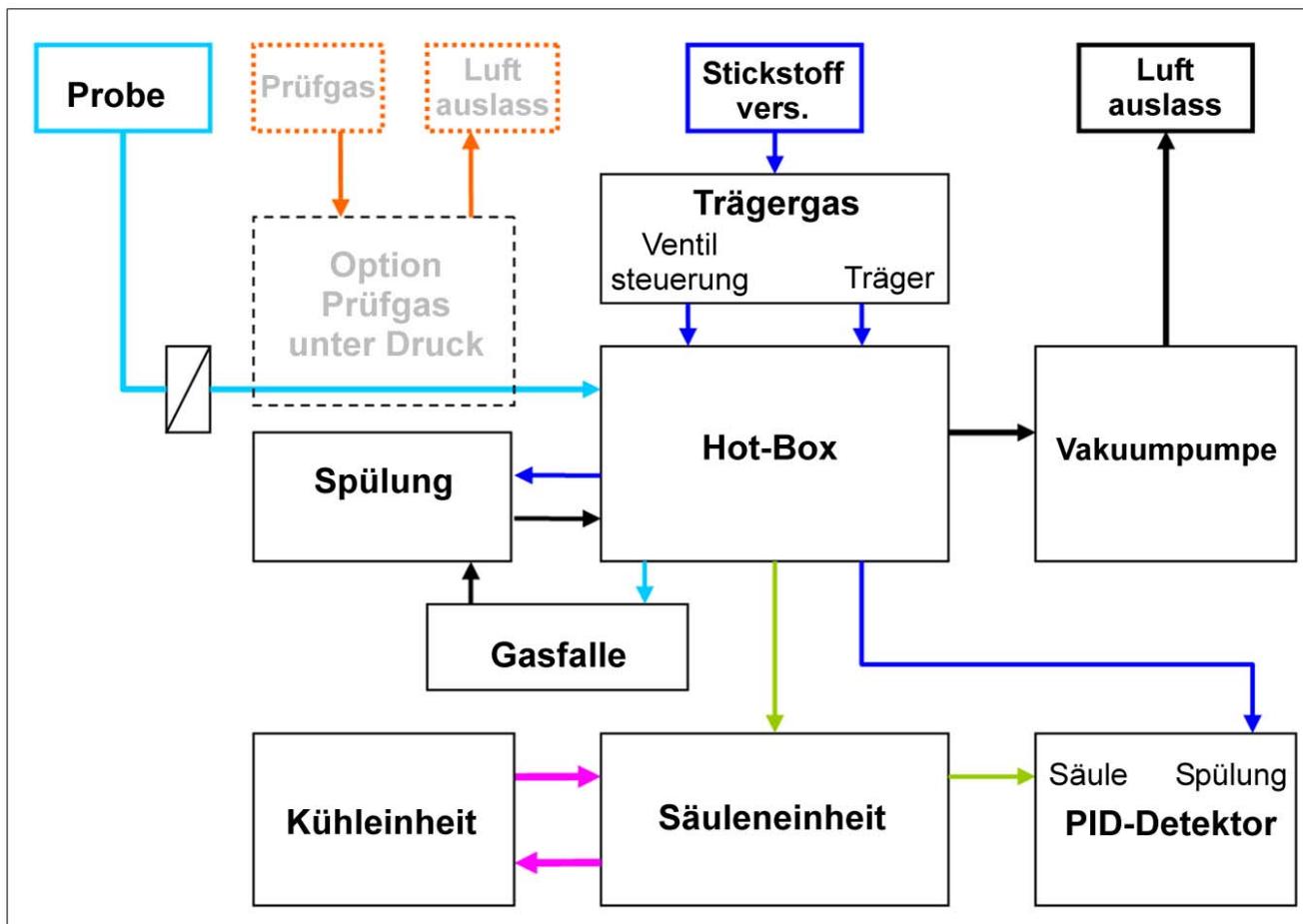


Abbildung 1-6 – Fluiddiagramm

1.1.3.1.1 Trägergaseinheit

Siehe Positionen (10), (11), (12), (13) in Abbildung 1-4.

Diese Einheit erhält den Stickstoff vom Eingang des Analysators. Die Einheit ist mit zwei Magnetventilen (12) (13) und zwei Drucksensoren (10) (11) ausgestattet:

- Ein 3/2-Wege-Magnetventil (13) dient als Pilotmagnetventil für das 6-Wege-Injektionsventil, das an der Hot-Box (26) montiert ist.
- Ein Proportionalventil (12) erzeugt den geregelten Druck zur Versorgung der Chromatographiesäule (25), den Spüldurchfluss (Gasfalle) und den Spüldurchfluss des PID-Detektors.
- Ein 5-bar-Drucksensor (11) misst den Eingangsdruck des Stickstoffs (6) in Abbildung 1-3.
- Ein 0,5-bar-Drucksensor (10) misst den geregelten Stickstoffdruck, der an der Chromatographiesäule anliegt, und wirkt auf das Proportionalventil (12) (elektronische Druckregulierung).

1.1.3.1.2 Spüleinheit

Siehe Positionen (31) in Abbildung 1-4 und (16) in Abbildung 1–5.

Die Spüleinheit ist auf der linken Seite der Hot-Box montiert: (26) Abbildung 1-4 und (17) Abbildung 1–5.

Die Spüleinheit verfügt über ein 3/2-Wege-Magnetventil (7) und einen Drucksensor (Abbildung 1-4).

Befindet sich das 3/2-Wege-Ventil in Ruhestellung, ist die Gasfalle (6) über einen Begrenzer mit der Vakuumpumpe verbunden (8) und die von der Transferleitung (28) kommende Probe durchströmt die Gasfalle. Der Drucksensor der Gasfalle misst den absoluten Druck, der sich aus dem Probeneingangsdruck und dem Druckverlust in der Probeleitung und der Gasfalle ergibt (Abbildung 1-4).

Ist das 3/2-Wege-Ventil (7) aktiv, ist die Gasfalle (6) über einen Begrenzer mit der regulierten Druckquelle (10-11-12-13) verbunden und der Stickstoff strömt über die Gasfalle zu der Transferleitung (28) und dem 6-Wege-Injektionsventil. Der Drucksensor der Gasfalle (9) misst also das Grenzvakuum der Pumpe (typischerweise weniger als 200 mbar) (Abbildung 1-4).

1.1.3.1.3 Kühleinheit

Siehe Abbildung 1-4, (16) (17) (18).

Diese Einheit ist an der Rückplatte des Analysators befestigt. Ihre Funktion besteht in der Abkühlung der Chromatographiesäule (25) von der Warmstufe auf die Kaltstufe.

Das Expansionsgefäß (17) enthält die gekühlte Flüssigkeit.

In der Kühlphase fördert die Kühlpumpe (18) die kalte Flüssigkeit vom Expansionsgefäß (17) zum Gehäuse der Chromatographiesäule (25).

Der Peltier-Wärmetauscher (16) erhält die warme, zu kühlende Flüssigkeit vom Gehäuse der Chromatographiesäule, transferiert die Wärme zur Kaltplatte und leitet die gekühlte Flüssigkeit zum Expansionsgefäß.

Die Kaltplatte wird vom Peltier-Wärmetauscher aufgeheizt und vom Peltier-Modul gekühlt. Ein Sensor misst die Temperatur der Kaltplatte und kontrolliert die elektrische Leistung, die zum Peltier-Modul geleitet wird.

Das Peltier-Modul befindet sich zwischen der Kaltplatte und dem Kühlkörper (32). Beim Peltier-Modul handelt es sich um eine thermische Pumpe.

Der Peltier-Kühlkörper wird vom Peltier-Modul erwärmt und von den zwei externen Lüftern (8) in Abbildung 1–3 abgekühlt. Ein Temperaturfühler misst die Temperatur des Kühlkörpers und kontrolliert die Funktion der Lüfter.

1.1.3.1.4 Gehäuse der Chromatographiesäule

Siehe (25) in Abbildung 1-4 und (17) in Abbildung 1–5.

Diese Einheit umfasst:

- Die 15 m lange Chromatographiesäule aus Edelstahl
- Die Trägerplatte der Chromatographiesäule, die mit zwei Temperaturfühlern ausgestattet ist: einer für die Regelung der Temperatur der Chromatographiesäule und einer für das Sicherheitssystem. Bei inkohärenten Werten zwischen den zwei Fühlern schaltet das Sicherheitssystem die Heizung der Chromatographiesäule ab.
- Den elektrischen Widerstand, der die Trägerplatte der Chromatographiesäule erwärmt.
- Den Wärmetauscher der Chromatographiesäule, der die Trägerplatte der Chromatographiesäule abkühlt. Der Wärmetauscher ist über zwei Kühlleitungen mit der Kühleinheit verbunden.

Das Gehäuse der Chromatographiesäule ist vollständig wärmeisoliert, um thermische Verluste zu reduzieren, die die thermische Regulierung der Chromatographiesäule stören und die Stabilität der Retentionszeiten beeinflussen würden. Das Gehäuse der Chromatographiesäule ist hochklappbar, um den Zugang zur Elektrometerkarte und zur PID-Versorgungskarte zu erleichtern (siehe (9) und (10) in Abbildung 1–5).

HINWEIS: Der Analysator kann in der Konfiguration in Abbildung 1–5 funktionieren.

Die Enden der Chromatographiesäule sind thermisch isoliert.

Der Eingang der Chromatographiesäule ist über das Injektionsventil elektrisch mit der Gestellmasse verbunden. Der Ausgang der Chromatographiesäule ist mit dem Photoionisationsdetektor (PID) verbunden, wo eine Kontaktzunge die Spannung für die Heizung der Säulenden liefert.

Wenn die Chromatographiesäule geheizt wird, wird die Heizung der Enden aktiviert, und die Enden der Chromatographiesäule werden direkt geheizt durch den Strom, der von der Kontaktzunge am PID-Detektor über die Chromatographiesäule zum Injektionsventil fließt, wobei der Edelstahl der Chromatographiesäule als Heizwiderstand dient. Spannung und Strom werden gemessen, um sicherzustellen, dass die Heizung effektiv ist.

Die Kühlpumpe (18) ist während der Heizung der Chromatographiesäule außer Betrieb. Die durch den Heizwiderstand erzeugte Wärme wird durch Konduktion an den Träger der Chromatographiesäule, den gewickelten Teil der Chromatographiesäule, den Wärmetauscher und das Kühlmittel, das er enthält, übertragen. Die Wärme wird im Innern des Gehäuses der Chromatographiesäule (25) gespeichert, da das Kühlmittel aufgrund des Stillstands der Pumpe nicht zirkuliert.

Bei der Kühlung wird der Heizwiderstand der Chromatographiesäule abgeschaltet und die Kühlpumpe aktiviert. Das Kühlmittel fließt zwischen dem Wärmetauscher der Chromatographiesäule und der Kühleinheit.

1.1.3.1.5 Vakuumpumpe

Siehe (8) in Abbildung 1-4.

Die Vakuumpumpe ist mit zwei Begrenzern (in der Hot-Box – Position (26)) verbunden, die den Probenfluss und den Ableitungsfluss (Bypass) generieren. Das Vakuum der Pumpe wird vom Drucksensor der Gasfalle (9) gemessen, wenn das Spülventil (7) aktiv ist.

1.1.3.1.6 Regelung der Innentemperatur

Siehe Positionen (27), (15), (22) in Abbildung 1-4

Die Regelung der Innentemperatur umfasst:

- Mischlüfter (27)
- Innentemperaturfühler (22), angeschlossen an der Schnittstellenkarte
- Innenkühlhüter (15)

Der Mischlüfter funktioniert permanent: Er gewährleistet die Kühlung der 24-V-Versorgung (24) und lässt die Luft im Innern des Analysators zirkulieren.

Der Innentemperaturfühler misst die Temperatur der vom Lüfter ausgeblasenen Luft.

Die Modulkarte (23) passt die Leistung des Kühllüfters in Abhängigkeit von der Soll-Innentemperatur (35 °C) an. Der Innenkühlhüter führt die Warmluft im oberen Teil des Racks ab. Diese Warmluft wird durch frische Außenluft ersetzt, die durch den vorderen Bereich des Analysators eintritt, was zu einer Herabsetzung der Innentemperatur führt.

Der Analysator ist durch eine dreistufige Sicherheit in der Modulkarte (23) vor Innenüberhitzung geschützt:

- Stufe 1: zwischen 43 °C und 45 °C; der Analysezyklus läuft weiter, es wird jedoch ein Temperaturfehler angezeigt.
- Stufe 2: zwischen 45 °C und 46 °C; ein Temperaturalarm führt dazu, dass der Analysator in den Standby schaltet. Die verbrauchte elektrische Leistung wird reduziert, was zu einer Herabsetzung der Innentemperatur führt.
- Stufe 3: Über 46 °C; das Sicherheitsrelais ist deaktiviert und schaltet die Versorgung der Heizwiderstände, der Magnetventile und der Motoren ab, was zu einer weiteren Herabsetzung der Innentemperatur führt.

1.1.3.1.7 Hot-Box

Siehe Position (27) in Abbildung 1-4.

Die Hot-Box, ein wärmeisoliertes Gehäuse, umfasst eine wärmegeregelte Platine, auf der sich zwei Elemente befinden:

- Das 6-Wege-Injektionsventil, dessen pneumatische Steuerung über das Pilotmagnetventil (13) erfolgt.
- Die beheizte Begrenzereinheit, die die Verbindungen zwischen den Begrenzern, der regulierten Stickstoffquelle der Trägergaseinheit, der Vakuumpumpe, des Probeneingangs, der Spüleinheit und dem 6-Wege-Injektionsventil gewährleistet.

Ein Sensor misst die Temperatur der beheizten Platine und kontrolliert die am darunter liegenden Heizwiderstand anliegende Leistung.

1.1.3.1.8 Gasfalle und Transferleitung

Siehe Position (6) in Abbildung 1-4.

Die Gasfalle (6) besteht aus einem inerten Edelstahlrohr, das mit einem spezifischen Adsorptionsmittel gefüllt ist.

Bei Umgebungstemperatur hält das Adsorptionsmittel die flüchtigen organischen Verbindungen aus der Luft fest, die durch die Gasfalle strömt.

Bei hoher Temperatur setzt das Adsorptionsmittel die flüchtigen organischen Verbindungen in den Stickstoff frei, der das Rohr in entgegengesetzter Richtung durchströmt.

Das Rohr ist an der Gasfallenkarte befestigt, die zwei 2 elektrische Verbindungen gewährleistet:

- Eine Leistungsverbindung über die 2 Gewindeschrauben M3, die als Leiter bei einem Strom von 60 A dienen, der das Rohr unter 3 V direkt heizt. Die elektrische Leistung wird vom Desorber geliefert.
- Eine Verbindung für das Temperatursignal des Thermoelements über die zwei Kontaktflächen, die sich auf der Rückseite der Gasfallenkarte befinden. Das Thermoelement ist ein extrem schneller Temperaturfühler, wie er wegen der Geschwindigkeit der Gasfallenaufheizung (über 160 °C pro Sekunde) erforderlich ist.

Die Gasfalle ist links über das Gasfallenfilter mit der Spüleinheit verbunden.

Die Gasfalle ist rechts über die Transferleitung mit dem Injektionsventil verbunden.

Bei der Probenahme kühlt die nicht geheizte Transferleitung die aus der Hot-Box kommende Probe ab. Bei der Desorption wird die Transferleitung geheizt und hält den geheizten Desorptionsfluss aufrecht, bis das Injektionsventil ebenfalls geheizt ist.

Die Transferleitung wird durch den Joule-Effekt direkt bei sehr niedriger Spannung geheizt. Die Leistung wird vom Desorber geliefert.

Die Heizleistung ist über Software einstellbar und der sich daraus ergebende Heizstrom wird auf der Desorberkarte gemessen, um sicherzustellen, dass die Heizung effektiv ist.

1.1.3.1.9 Photoionisationsdetektor (PID)

Der PID-Detektor verfügt über eine Lampe mit 10,6 eV (P.I.). Diese Lampe produziert einen UV-Strahl, der alle Moleküle ionisieren kann, deren Ionisationspotential geringer als 10,6 eV ist.

P.I.: Ionisationspotential

Verbindungen	P.I. (eV)	Situation
Benzol	9,25	Erfasst
Kohlendioxid	13,79	Nicht erfasst
Ethylbenzol	8,76	Erfasst
Stickstoff	15,58	Nicht erfasst
Sauerstoff	12,08	Nicht erfasst
Toluol	8,82	Erfasst
Wasser	12,59	Nicht erfasst
m-Xylol	8,56	Erfasst
o-Xylol	8,56	Erfasst
p-Xylol	8,45	Erfasst

Die Ionisationsreaktion der Verbindung M kann durch folgende Gleichung dargestellt werden:



HINWEIS: Ein schwacher (jedoch reproduzierbarer) Anteil der Verbindung wird ionisiert (weniger als 1 %) und ein großer Anteil der gebildeten Ionen verbindet sich erneut zum Ausgangsmolekül. Folglich gilt der PID-Detektor als ein zerstörungsfreier Detektor.

Das elektrische Feld von 240 Volt zwischen der Polarisations- und der Detektionselektrode (-240 Volt) verschiebt die geladenen Partikel (positive Ionen und Elektronen) zu den Elektroden, was zu einer leichten elektrischen Leitfähigkeit führt.

Der sich daraus ergebende Strom wird in der Elektrometerkarte verstärkt und in Spannung konvertiert.

Ein Zusatzstickstofffluss, ein so genannter „Spülfluss“, wird unterhalb des Lampenfensters eingebracht:

- Er verbessert die Ansprechzeit des Detektors, sodass die natürliche Auflösung der Chromatographiesäule beibehalten wird.
- Er verhindert den Fluss der Chromatographiesäule daran, das Lampenfenster zu erreichen, wodurch die Notwendigkeit der Reinigung des Lampenfensters sowie die aus einer eventuellen Verschmutzung resultierende Abweichung entfallen.
- Er stellt einen Stickstoffvorhang zwischen der Lampe und der Reaktionskammer dar, der den UV-Strahl passieren lässt, aber das Aufsteigen der Effluente der Chromatographiesäule zum Lampenfenster verhindert. Die Lampenscheibe bleibt sauber, was die Abweichung infolge seiner Verschmutzung verhindert, sodass eine periodische Reinigung nicht erforderlich ist.

Der Spülfluss wird in der Hot-Box auf Basis des regulierten Stickstoffdrucks über eine beheizte Mikrokapillare erzeugt.

1.1.3.2 Elektronischer Bereich

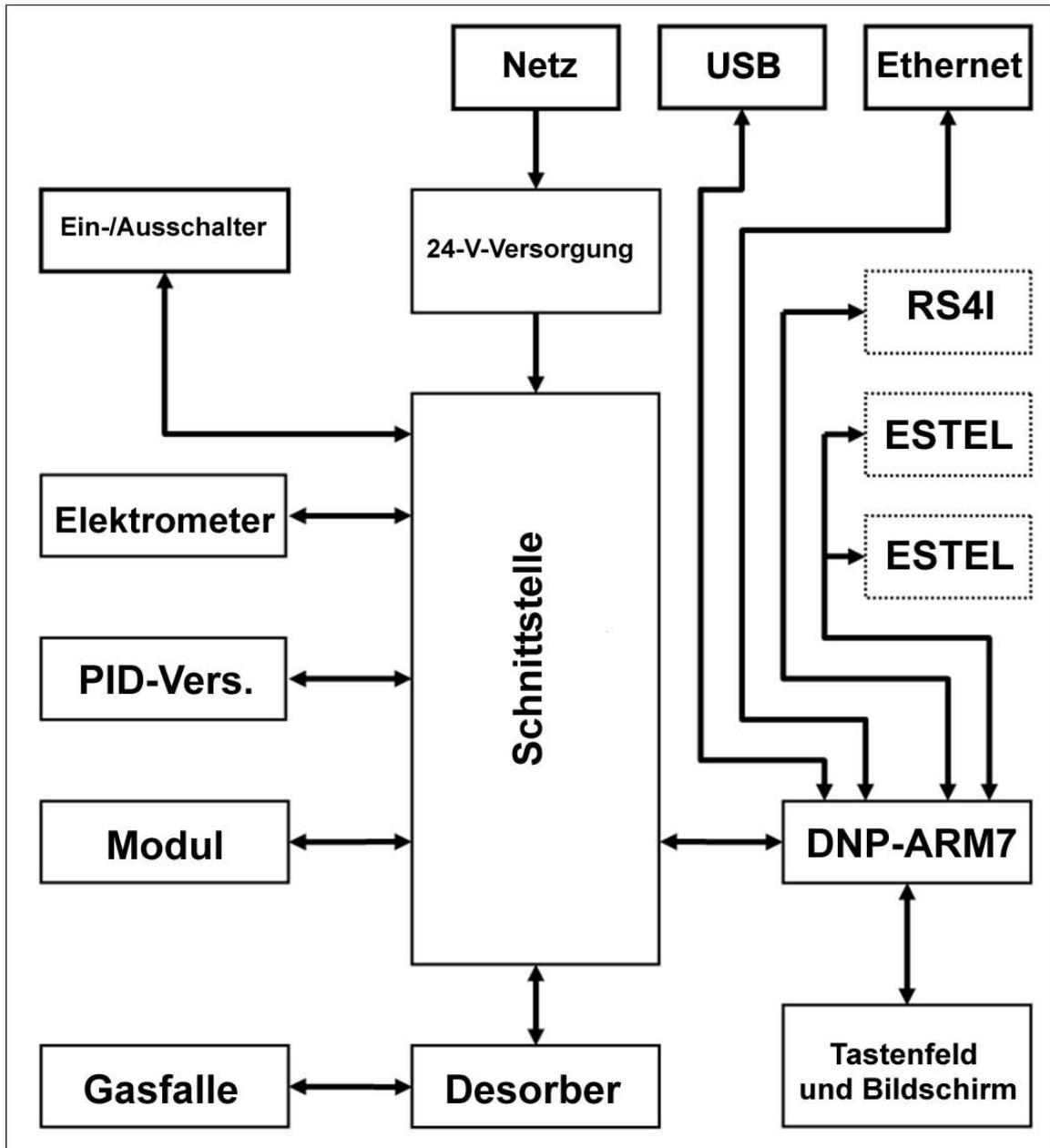


Abbildung 1-7 – Elektrodiagramm



ACHTUNG: Der Ein-/Ausschalter auf der Vorderseite (Position 1 in Abbildung 1-2) schaltet nicht die Netzversorgung ab. Vor Austausch einer Elektronikarte sollte immer zuerst das Netzkabel abgezogen werden. Nehmen Sie nicht das Schutzgitter der Versorgung (Position 15 in Abbildung 1-5) ab: An den internen Bauteilen der Versorgung (insbesondere an den Kühlkörpern) liegen lebensgefährliche Spannungen (300 V) an.

1.1.3.2.1 24-VCC-Versorgung

Siehe (24) in Abbildung 1-4 und (15) in Abbildung 1-5.

Die 24-V-Versorgung wandelt die Wechselnetzspannung in 24-V-Gleichspannung um, die als elektrische Energiequelle für alle internen Bauteile des Analysators dient.

1.1.3.2.2 Elektrometerkarte

Siehe (10) in Abbildung 1-5.

Die Elektrometerkarte wandelt den schwachen Strom von der Detektionselektrode des PID-Detektors in eine Spannung um, die durch eine programmierbare Verstärkungsstufe (Verstärkung x1.x2.x4.x8.x16.x32.x64) verstärkt und anschließend von einem 24-Bit-Wandler digitalisiert wird. Das Digitalsignal wird anschließend vom Mikroprozessor auf der Karte verarbeitet, der es über eine serielle Verbindung zur temporären Speicherschleife der Modulkarte überträgt.

1.1.3.2.3 PID-Versorgungskarte

Siehe (9) in Abbildung 1-5.

Diese Karte erzeugt zwei negative Spannungen für den Photoionisationsdetektor:

- – 240 V für die Polarisationselektrode. Die Stromstärke ist auf 0,2 mA begrenzt.
- – 1600 V für die UV-Lampe. Diese Hochspannung ist für den Start der Lampe erforderlich (wie dies bei einem Starter für eine Leuchtstoffröhre der Fall wäre). Sobald die Lampe gestartet ist, fällt die Spannung auf ca. – 300 V ab und die Stromstärke wird durch einen Vorwiderstand auf 0,6 mA begrenzt.

HINWEIS: Das rote Kabel zur PID-Lampe ist das Minus-Versorgungskabel (das die negative Hochspannung in Bezug auf das Gestell transportiert).

Die Karte verfügt über einen Hochspannungsmesskreis, wodurch überprüft werden kann, dass sich die Versorgung und die Lampe in Betriebszustand befinden. Der Strom von 0,6 mA versorgt außerdem die rote Leuchte in der Nähe des Hochspannungsanschlusses der Karte.

Der Hochspannungsmesskreis ermöglicht außerdem die Entladung des Hochspannungskreises beim Ausschalten.

HINWEIS: Die interne Hochspannungsquelle liefert 1800 V / 3 mA:

- ⇒ Nehmen Sie nicht die transparente Schutzabdeckung ab.
- ⇒ Ziehen Sie vor Arbeiten an der PID-Versorgungskarte immer das Netzkabel des Analysators ab.
- ⇒ Vergewissern Sie sich beim Austausch der Detektorlampe, dass die Karte ausgeschaltet ist.



ACHTUNG: Nach einem Neustart (über den Ein-/Ausschalter auf der Vorderseite oder nach einer Stromunterbrechung) kehrt der VOC72M (nach dem Vorheizen) zum Betriebszustand zurück, in dem er sich vor der Unterbrechung befand. War die PID-Versorgung vor der Unterbrechung eingeschaltet, wird sie sich automatisch nach Rückkehr des Stroms wieder einschalten und Hochspannung an der Karte und der Lampe erzeugen.

1.1.3.2.4 Modulkarte

Siehe (13) in Abbildung 1–5.

Die Modulkarte ist die Hauptelektronikkarte des Analysators. Sie ist mit den Sensoren (Druck, Temperatur, Strom) verbunden und versorgt direkt die Mehrzahl der Elemente des Analysators: Pumpen, Lüfter, Heizungen, Magnetventile, Peltier-Modul.

Die Modulkarte erhält von der DNP-ARM7-Karte das zu Beginn jedes Zyklus auszuführende Programm und schickt an die DNP-ARM7-Karte die sich daraus ergebenden Daten zurück.

Die Modulkarte sammelt außerdem die Chromatogrammpunkte, die von der Elektrometerkarte kommen. Diese Punkte werden temporär in einem temporären Speicher gespeichert, bevor sie von der DNP-ARM7-Karte ausgelesen werden.

1.1.3.2.5 Desorberkarte

Siehe (4) in Abbildung 1–5.

Die Desorberkarte ist eine Laststromversorgung. Ihre Hauptfunktion liegt in der Lieferung einer sehr niedrigen Spannung (3 Volt / 60 A), mit der die Gasfalle in weniger als 2 Sekunden von Umgebungstemperatur auf 380 °C aufgeheizt wird. Ein Hilfskreis dient der Aufheizung der Transferleitung.

Die Heizleistung, die die Leistung der 24-V-Versorgung übersteigt, wird von einer auf der Karte integrierten Batterie geliefert. Die beim Aufheizen verbrauchte Energie wird anschließend während des restlichen Analysezyklus von der 24-V-Versorgung über ein kleines, auf der Karte integriertes Ladegerät wiederhergestellt.

Die Karte verfügt über ein Sicherheitsrelais, das die Batterie in folgenden Fällen isoliert:

- Ausgeschalteter VOC72M
- Abgezogenes Versorgungskabel (flach) der Desorberkarte
- Modulkarte, die die Temperaturregelung der Gasfalle überwacht, hat eine Störung erfasst

Die Desorberkarte verfügt außerdem über einen unabhängigen Temperaturbegrenzer.



ACHTUNG: Die integrierte Batterie der Desorberkarte kann 120 A Gleichstrom und sehr viel mehr bei einem Kurzschluss liefern. Die vom Leiter bei einem Kurzschluss produzierte Wärme kann zu schweren Verbrennungen führen und einen Brand verursachen, wenn sich brennbare Materialien in der Nähe befinden.

- Ziehen Sie vor Herausnahme des Desorbers oder vor Austausch der Gasfalle immer das Netzkabel ab.
- Entfernen Sie nicht die Schutzplatte auf der Rückseite der Desorberkarte.
- Wird die Desorberkarte aus dem Analysator herausgenommen, lagern Sie sie immer ohne die Gasfalle in einem antistatischen Beutel entfernt von Metallteilen (Muttern, Schrauben, Scheiben...).
- Lassen Sie den Gasfallenlüfter in Position, wenn der Analysator eingeschaltet ist.

1.1.3.2.6 Gasfallenkarte

Bei der Gasfallenkarte handelt es sich um den mechanischen Träger der Gasfalle. Auf der Karte befindet sich kein elektronisches Bauteil. Ihre Aufgabe ist die Gewährleistung der elektrischen Verbindung der Gasfalle und des Thermoelements der Gasfalle mit der Desorberkarte. Siehe auch 1.1.3.1.6 *Gasfalle und Transferleitung*.

1.1.3.2.7 DNP-ARM7-Karte

Siehe (30) in Abbildung 1-4

Die DNP-ARM7-Karte ist eine Schnittstellen- und Berechnungskarte.

Die DNP-ARM7-Karte sendet zu Beginn jedes Analysezyklus das Programm des Analysezyklus (Temperatursollwerte, Synchronisierungen) zur Modulkarte und sammelt das Chromatogramm sowie alle Daten, die zur Berechnung der Konzentration der Verbindungen dienen. Die DNP-ARM7-Karte sammelt außerdem die Daten, die zur Erzeugung der Fehler- und Alarmmeldungen dienen.

Die DNP-ARM7-Karte ist außerdem eine Schnittstellenkarte für die Tastatur und den LCD-Bildschirm, die Karten ESTEL (optionale Analog-E/A-Karte und Relais), RS4I (RS232-Schnittstelle). Auf ihr befinden sich die Ethernet- und USB-Anschlüsse.

1.1.3.2.8 Schnittstellenkarte

Siehe (22) in Abbildung 1-4.

Die Schnittstellenkarte realisiert die elektrische Verbindung zwischen dem 96-Stift-Anschluss der Modulkarte und allen elektrischen Elementen (Lüfter, Pumpen, Magnetventile, Sensoren, Heizwiderstände).

Die Karte umfasst außerdem die Verteilung der 24-V-Leistung (24-V-Sicherheitsrelais und Sicherungen), das elektrische Filter des Innenkühl Lüfters und die Verbindungen zur Kommunikation zwischen der Elektrometerkarte, der Modulkarte und der DNP-ARM7-Karte.

1.2 KENNDATEN

1.2.1 TECHNISCHE DATEN

Messskala	: Maximal 1000 µg/m ³ (programmierbar)
Einheiten	: ppb oder µg/m ³ (programmierbar)
Gemessene Verbindungen	: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m+p-Xylol, o-Xylol, (zusätzliche Verbindungen auf Anfrage)
Dauer des Analysezyklus	: 10, 12, 15, 20, 30 Minuten (programmierbar)
Messrauschen (σ)	: ≤ 0,025 µg/m ³ bei 0,5 µg/m ³ Benzol
Detektionsgrenze (2σ)	: ≤ 0,05 µg/m ³ Benzol
Speichereffekt	: ≤ 0,5 % beim ersten Nullzyklus
langfristige Abweichung	: ≤ 4 % alle 15 Tage
Linearitätsabweichung: größter Rückstand	: ≤ 4 % der Messung
Reproduzierbarkeit beim Grenzwert	: ≤ 0,05 µg/m ³ bis 5 µg/m ³ Benzol (< 1 % des jährlichen Grenzwerts)
Probenfluss	: 50 ml/Minute
eingefangener Durchfluss; eingefangenes Volumen (Gasfallenvolumen)	: 12 ml/Minute; 165 ml (Zyklus von 15 Minuten)
Durchflussregelung	: Interne Vakuumpumpe + beheizte Mikrokapillare
Probenahmerate	: > 90 % der Zykluszeit (Zyklus von 15 Minuten)
Adsorbant / Einfangtemperatur	: Carbopack® / 35 °C
Desorptionstemperatur / Heizgeschwindigkeit	: 380 °C (programmierbar) / > 160 °C/Sekunde
Injektionsventil	: 6-Wege (beheizt), pneumatisch gesteuert
Chromatographiesäule	: Edelstahl 15m x 0,25 mm x 1 µm apolar
⇒Regelung des Trägergases	: Elektronische Druckregelung
⇒Temperaturregelung	: Von 20 bis 170 °C +/- 0,1 °C, 5 Rampen bis zu 30 °C/Minute
⇒Kühlung	: Flüssigkeits-Wärmetauscher und Peltier-Kühleinheit
Detektor	: Photoionisation (PID) 10,6 eV mit Stickstoffvorhang
⇒Temperaturregelung	: 140 °C (programmierbar)
Anzeige	: LCD 240 x 128 Grafik- und Textmodus
Tastenfeld	: 6 Tasten

Analogausgänge (optionale ESTEL-Karte, maximal 2 Karten)	: - 4 Analogausgänge 0–1 V, 0–10 V, 0–20 mA, 4–20 mA - 4 Analogeingänge 0–2,5 V - 4 Fernsteuerungseingänge - 6 Ausgänge potentialfreie Schließer
Ethernetanschluss	: RJ45-Anschluss, UDP-Protokoll
USB-Anschluss	: USB-Format: 1.0
Digitalausgang (Option RS4I)	: 1 Anschluss Format RS232 oder RS422
Eingangsspannung	: 100–240 V + Schutzleiter; 50–60 Hz
Leistung	: Durchschnittlich 130 VA, maximal 200 VA
Gas	: Stickstoff 6.0 (99,9999 %) 3,2 +/- 0,2 bar 15 ml/Minute
Umgebungstemperatur	: + 5 °C bis + 35 °C
Abmessungen (L x B x H) / Gewicht	: 606 x 483 x 133 mm / 12,5 kg
Alarmkontrolle	: - Permanent - Erfassung und Angabe der Funktionsfehler: Temperatur, Druck, elektrische Parameter - Überschreitung der Messschwelle der Verbindungen (programmierbar)
Prüfungen und Diagnose für Wartung	: Auswahl auf dem Tastenfeld und Anzeige aller Parameter
Dauer der Sicherung der im RAM gespeicherten Daten und der Echtzeituhr	: 1 Jahr

1.2.2 GEBRAUCH

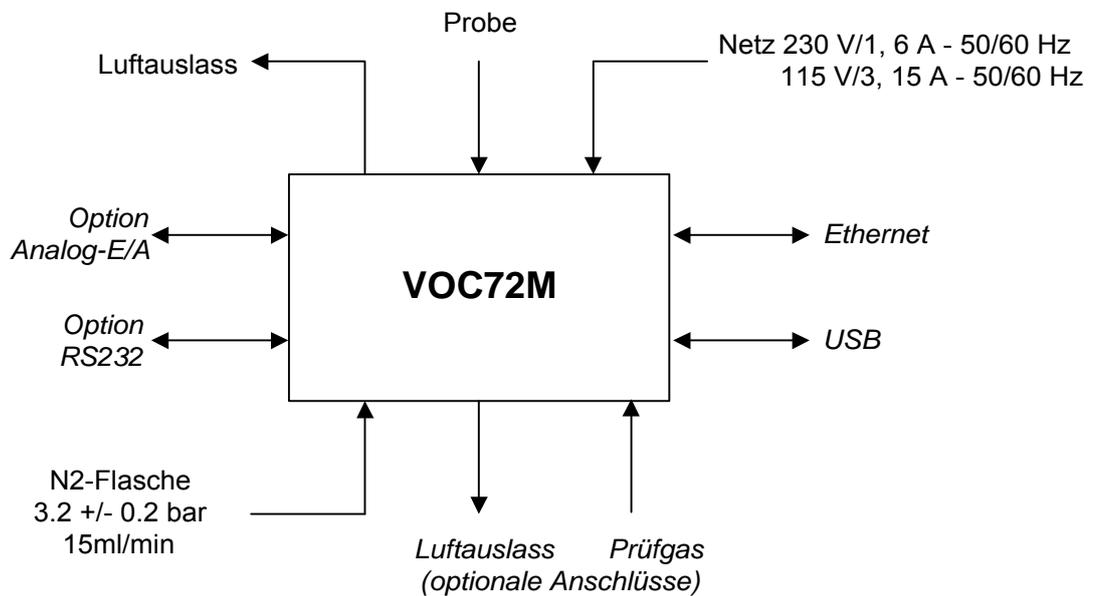
Keine Angabe

1.2.3 LAGERUNG

– Temperatur: –10° bis 60 °C

1.2.4 INSTALLATION**1.2.4.1 Verbindungen zwischen Geräten**

Der VOC72M benötigt die folgenden externen Spannungsversorgungen und Verbindungen:
Die *kursiv dargestellten* Verbindungen sind fakultativ oder optional.

**Abbildung 1–8 – Verbindungen zwischen Geräten****1.2.4.2 Maße und Gewicht**

Das Gerät besteht aus einem standardisierten 19-Zoll-Einschub mit 3 HE.

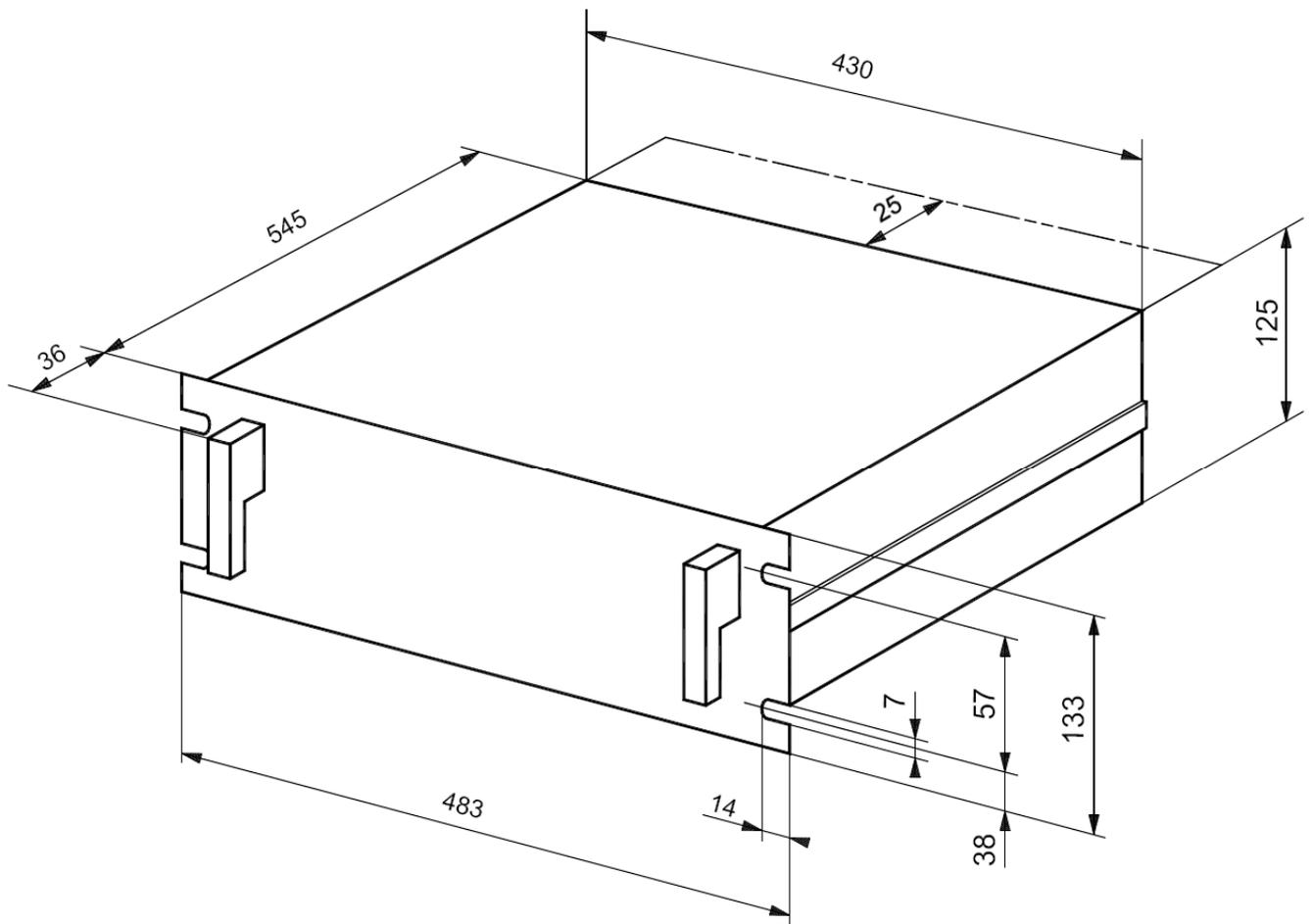
Länge	:	606 mm
Breite	:	483 mm
Höhe	:	133 mm
Gewicht	:	12,5 kg

1.2.4.3 Handhabung und Lagerung

Der Analysator VOC72M ist sorgfältig zu handhaben, um eine Beschädigung der diversen Stecker und Anschlüsse auf der Rückseite zu vermeiden.

Der Benutzer muss sich vergewissern, dass die Fluid-Ein- und Ausgänge des Geräts bei der Lagerung mit Schutzkapseln verschlossen sind.

Die Lagerung der Hardware erfolgt in einem mit Schaumstoff ausgelegten Kasten. Es wird empfohlen, die Originalverpackung für diesen Zweck aufzuheben.



Wird der Analysator an einer Wand installiert, muss ein Freiraum von 100 mm zwischen der Rückseite des Geräts und dieser Wand gelassen werden, um eine ausreichende Kühlung zu gewährleisten.

Abbildung 1-9 – Freiraummaße

1.2.4.4 Probenahmestab

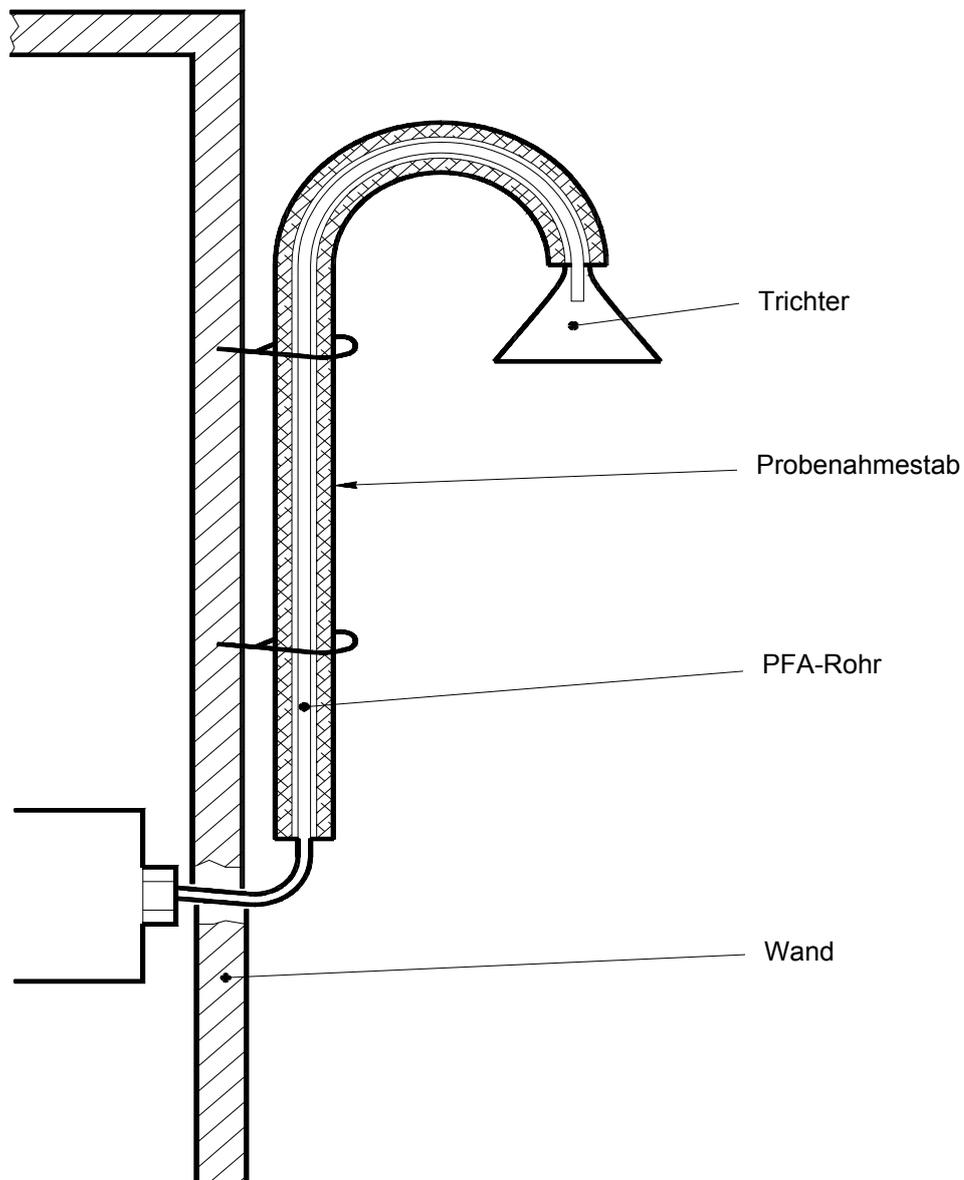


Abbildung 1-10 – Installation der Probenahmestelle

HINWEIS: Empfohlene Höhe für die Probenahme: 2,50 m. Maximal empfohlene Länge des PFA-Probegasrohrs: 6 m.

KAPITEL 2**FUNKTIONSWEISE**

2.1	ENDE DES VORHERGEHENDEN ZYKLUS	2-3
2.2	KALTSPÜLEN	2-4
2.3	KOPPLUNG	2-5
2.4	INJEKTION	2-6
2.5	WARMSPÜLEN	2-7
2.6	ABKÜHLUNG DER GASFALLE	2-8
2.7	GASFALLE IN PROBENAHME	2-9
2.8	DATENVERARBEITUNG	2-10
2.9	ABKÜHLUNG DER SÄULE	2-12
2.10	ENDE DES ZYKLUS	2-13

Abbildung 2-1 – Ende des vorhergehenden Zyklus	2-3
Abbildung 2-2 – Kaltspülen	2-4
Abbildung 2-3 – Kopplung	2-5
Abbildung 2-4 – Injektion	2-6
Abbildung 2-5 – Warmspülen	2-7
Abbildung 2-6 – Abkühlung der Gasfalle	2-8
Abbildung 2-7 – Gasfalle in Probenahme	2-9
Abbildung 2-8 – Datenverarbeitung	2-10
Abbildung 2-9 – Aktualisierung der Anzeige der Konzentrationen	2-11
Abbildung 2-10 – Abkühlung der Säule	2-12
Abbildung 2-11 – Abkühlung der Säule (Ende)	2-13
Abbildung 2-12 – Chronogramm	2-14

Leerseite

2. FUNKTIONSWEISE

Die Metrologie des VOC72M basiert in Übereinstimmung mit der Norm EN14662-3 für die Messung von Benzol auf der gaschromatographischen Trennung der gemessenen Verbindungen, gekoppelt an einen Photoionisationsdetektor.

Der VOC72M funktioniert mit einer einzigen Gasfalle: Wenn sich die Gasfalle in der Probenahme der Probe N befindet, analysiert die Chromatographiesäule die Probe N-1.

2.1 ENDE DES VORHERGEHENDEN ZYKLUS

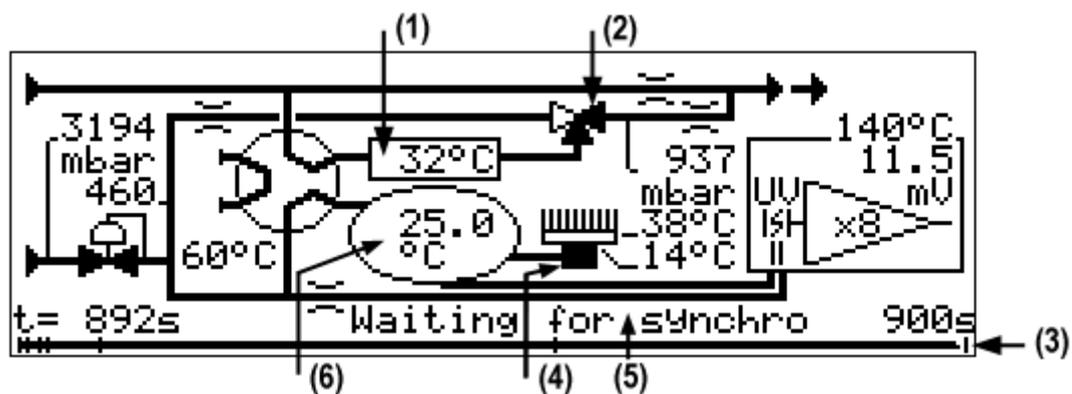


Abbildung 2-1 – Ende des vorhergehenden Zyklus

Wenn sich der Fortschrittsbalken der Zyklusendemarke nähert (3), hält die Modulkarte mit Hilfe der Kühleinheit (4) die Temperatur der Säule (6) auf der Kaltstufe.

Die Meldung „Warten auf Synchro“ (5) erscheint, während sich die Gasfalle (1) weiterhin in Probenahme-Position für Probe N befindet, was durch den Zustand des Spülventils (2) ermittelt wird.

2.2 KALTSPÜLEN

0 < t < 10 Sekunden (Standardzyklus von 15 Minuten).

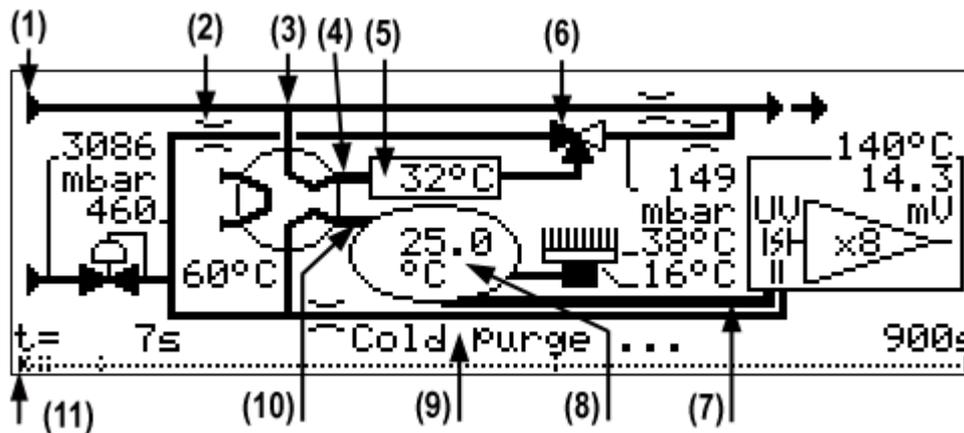


Abbildung 2-2 – Kaltspülen

Während der Fortschrittsbalken zur Zyklusstartmarke (11) zurückkehrt, aktiviert die Modulkarte die Heizung der Transferleitung (4) und der Säulenenden (7) (10), sodass ein warmer Fluidkreislauf zwischen der Gasfalle und der Chromatographiesäule entsteht.

Gleichzeitig betätigt die Modulkarte das Spülventil (6), wodurch die Probenahme der Probe N beendet wird.

Der Stickstoff zirkuliert nun vom Spülbegrenzer (2) über das Spülventil (6) und die Gasfalle (5), wo er Sauerstoff und Feuchtigkeit zur Bypass-Leitung (3) transportiert.

HINWEIS: Der Bypass-Durchfluss (35 ml/min) ist höher als der Stickstoffspüldurchfluss (15 ml/min), sodass der Analysator weiterhin die Probe auf seinen Eingang (1) ansaugt.

Die Säule bleibt auf Kaltstufe (8) und der angezeigte Zustand der Gasfalle ist „Kaltspülen“ (9).

2.4 INJEKTION

11 < t < 20 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

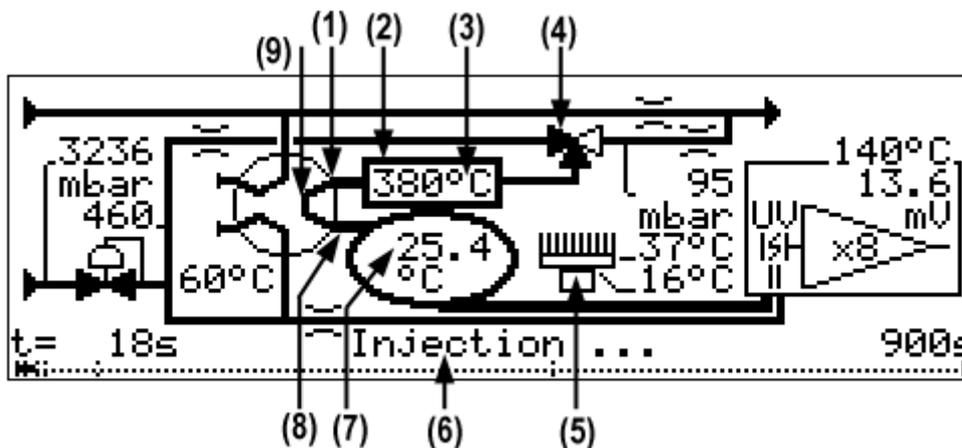


Abbildung 2-4 – Injektion

Während der Zustand der Gasfalle auf "Injektion" (6) wechselt, aktiviert die Modulkarte die Heizung der Gasfalle (2).

In weniger als 2 Sekunden erreicht die Temperatur der Gasfalle (3) die Solltemperatur (380 °C), was die thermische Desorption der im vorhergehenden Zyklus eingefangenen Verbindungen auslöst.

Der vom Spülventil (4) kommende Stickstoff transportiert die desorbierten Verbindungen über den geheizten Kreislauf (Transferleitung (1), 6-Wege-Ventil (9), Säulenende (8)) zur kalten Chromatographiesäule (7).

Die schweren Verbindungen konzentrieren sich im Kopf der Säule, während die leichten Verbindungen, bedingt durch den Stickstoffstrom, mit der Migration durch die Säule beginnen.

Während dieser Zeit hält die Modulkarte die Kühleinheit (5) an, startet die Signalerfassung des Detektors für das Chromatogramm (Probe N) und startet die erste Temperaturrampe der Säule:

5 °C / Minute von 25 auf 30 °C (11 Sekunden < t < 71 Sekunden).

2.5 WARMSPÜLEN

20 < t < 30 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

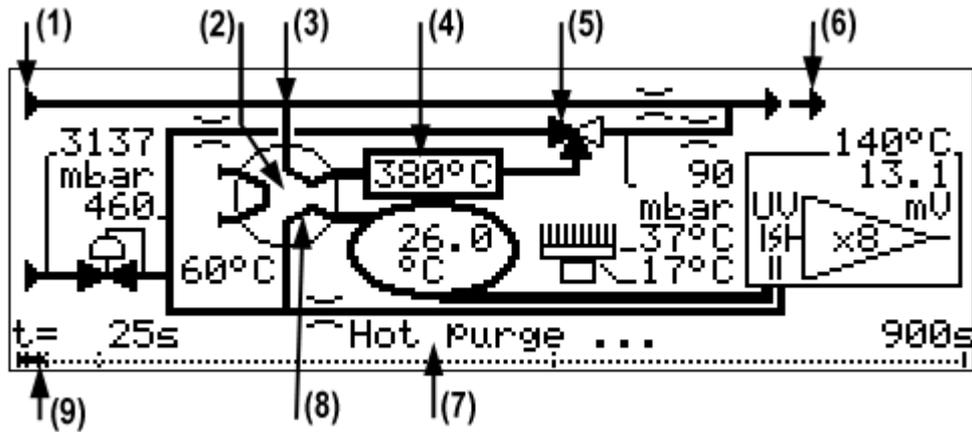


Abbildung 2-5 – Warmspülen

Wenn der Fortschrittsbalken die Spülmarke (9) erreicht, zeigt der Zustand der Gasfalle „Warmspülen“ (7) an.

Die Modulkarte deaktiviert das 6-Wege-Injektionsventil (2), das in seine Ruhestellung zurückkehrt.

Das Fluidiagramm ist vergleichbar mit dem des Kaltspülens, außer, dass die Gasfalle auf ihrer Desorptions-Warmstufe (4) gehalten wird.

Der vom Spülventil kommende Stickstoff (5) durchströmt die warme Gasfalle (4), eliminiert die noch vorhandenen Verbindungen und spült sie zum Bypass-Kreislauf (3).

HINWEIS: Der Bypass-Durchfluss (35 ml/min) ist höher als der Stickstoffspüldurchfluss (15 ml/min), weshalb der Analysator weiterhin Probe auf seinen Eingang (1) ansaugt.

Der Spüldurchfluss vereint sich mit dem Probendurchfluss, bevor er von der Pumpe (6) angesaugt und dann zum Luftauslass geleitet wird.

Das Trägergas der Säule kommt direkt vom 6-Wege-Injektionsventil (8).

2.6 ABKÜHLUNG DER GASFALLE

30 Sekunden < t < 80 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

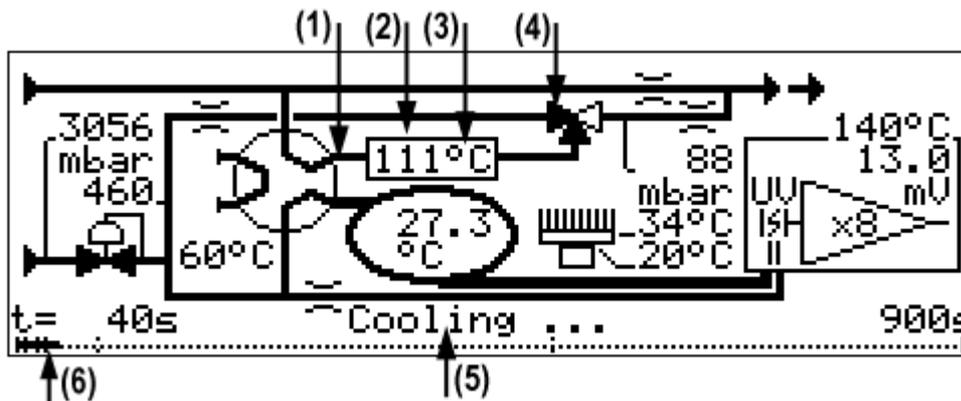


Abbildung 2-6 – Abkühlung der Gasfalle

Wenn der Fortschrittsbalken die Abkühlmarke (6) erreicht, ändert sich der Zustand der Gasfalle auf „Abkühlung“ (5) und:

- Die Modulkarte deaktiviert die Heizung der Gasfalle (2) und der Transferleitung (1).
- Die Modulkarte betätigt den Lüfter der Gasfalle, was ihre Abkühlung (3) beschleunigt.

Bei t = 71 Sekunden startet die Chromatographiesäule ihre zweite thermische Rampe:

15 °C / Minute von 30 auf 115 °C (71 Sekunden < t < 411 Sekunden).

2.7 GASFALLE IN PROBENAHME

80 Sekunden < t < 900 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

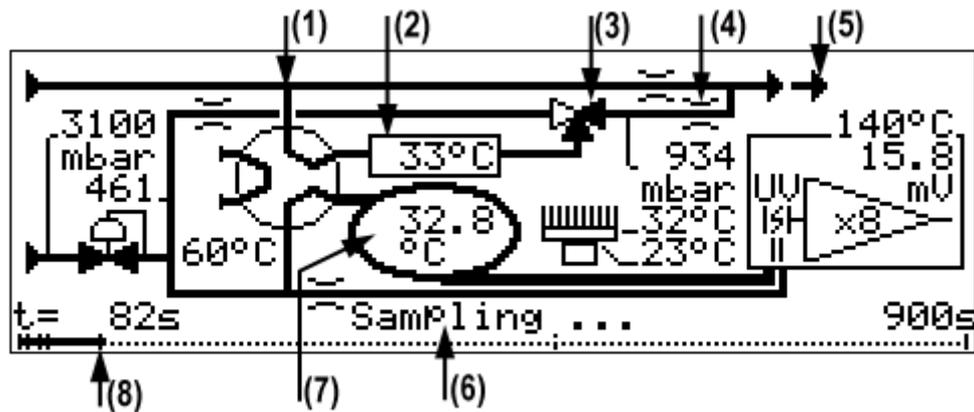


Abbildung 2-7 – Gasfalle in Probenahme

Wenn der Fortschrittsbalken die Probenahmemarke (8) erreicht, ist die Gasfalle vollständig abgekühlt (2).

Die Modulkarte deaktiviert das Spülventil (3) und die Probe zirkuliert erneut vom Probenkreislauf (1) über die Gasfalle (2) zum Spülventil (3), zum Begrenzer (4) und zur Vakuumpumpe (5).

Die Gasfalle konzentriert nun die Probe N+1.

Der angezeigte Zustand der Gasfalle ist „Probenahme“ (6).

Die Chromatographiesäule setzt ihre thermische Rampe (7) fort.

Bei t = 411 Sekunden startet die dritte thermische Rampe:

30 °C / Minute von 115 auf 160 °C (411 Sekunden < t < 501 Sekunden).

2.8 DATENVERARBEITUNG

501 Sekunden < t < 601 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

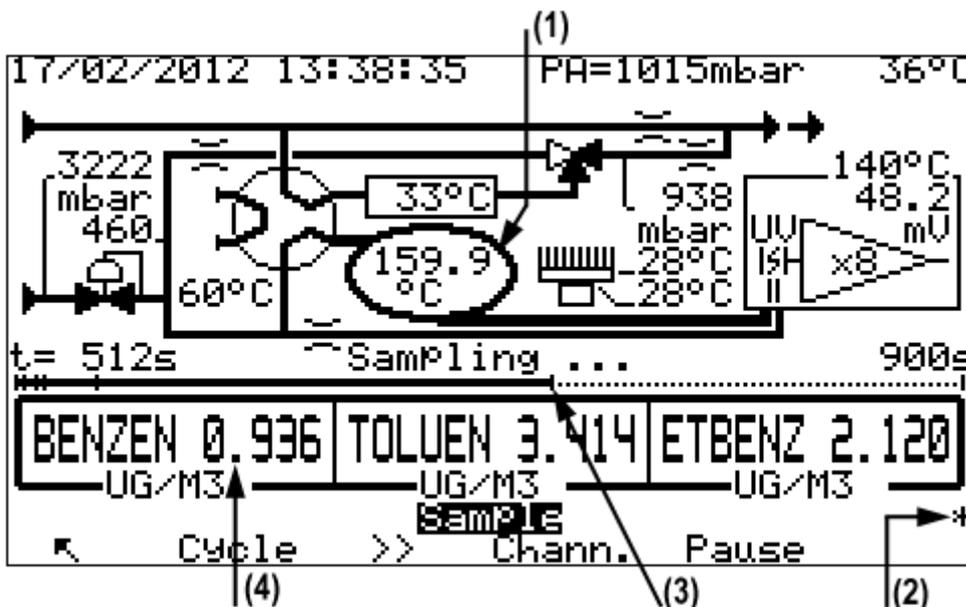


Abbildung 2-8 – Datenverarbeitung

Bei t = 501 Sekunden ist die dritte thermische Rampe abgeschlossen und die Säule erreicht die Warmstufe von 160 °C (1).

Die Erfassung des Chromatogramms wird angehalten und die DNP-ARM7-Karte sammelt die letzten Punkte des Zwischenspeichers der Modulkarte.

Der Bildschirm zeigt weiterhin die Konzentrationen an, die der Probe N-1 entsprechen (4).

Wenn der Fortschrittsbalken die Berechnungsmarke (3) erreicht, wird der Berechnungsstern (2) angezeigt, der angibt, dass die DNP-ARM7-Karte nun das Chromatogramm aufarbeitet:

- Die chromatographischen Peaks werden erfasst, die entsprechenden Basislinien ermittelt und die Peakbereiche berechnet.
- Unter den erfassten chromatographischen Peaks werden diejenigen als Peaks von Verbindungen identifiziert, deren Retentionszeiten in die Detektionsfenster der Verbindungen fallen.
- Die Peakbereiche werden durch die Berechnung des Gasfallenvolumens (basierend auf dem durchschnittlichen Druck der Gasfalle während der Entnahme der Probe N) und den Ausgleich des Atmosphärendrucks für die Antwort des PID-Detektors (auf Basis der Messung des durchschnittlichen Atmosphärendrucks während der chromatographischen Analyse der Probe N) korrigiert.
- Die Peakbereiche der Verbindungen werden multipliziert mit den Ansprechfaktoren dieser Verbindungen, um die Konzentration dieser Verbindungen zu erhalten.

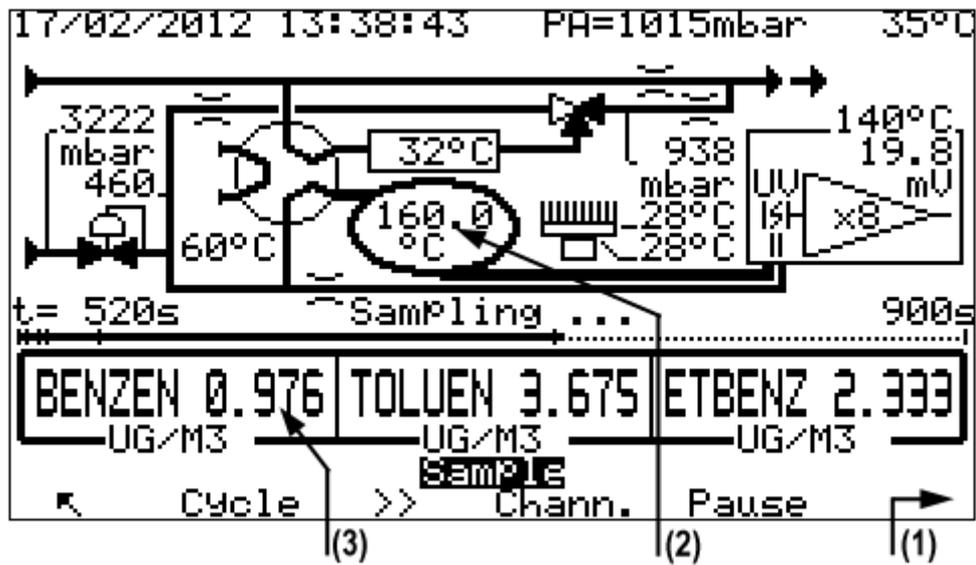


Abbildung 2-9 – Aktualisierung der Anzeige der Konzentrationen

Wenn der Berechnungsstern erlischt (1), sind die Berechnungen in Bezug auf die Probe N beendet und die Konzentrationen der Verbindungen werden aktualisiert (3).

Die Chromatographiesäule bleibt auf der Warmstufe (2), sodass die schweren Verbindungen entfernt werden können.

Die Gasfalle entnimmt weiterhin die Probe N+1.

2.9 ABKÜHLUNG DER SÄULE

601 Sekunden < t < 900 Sekunden (Standardzyklus 15 Minuten).

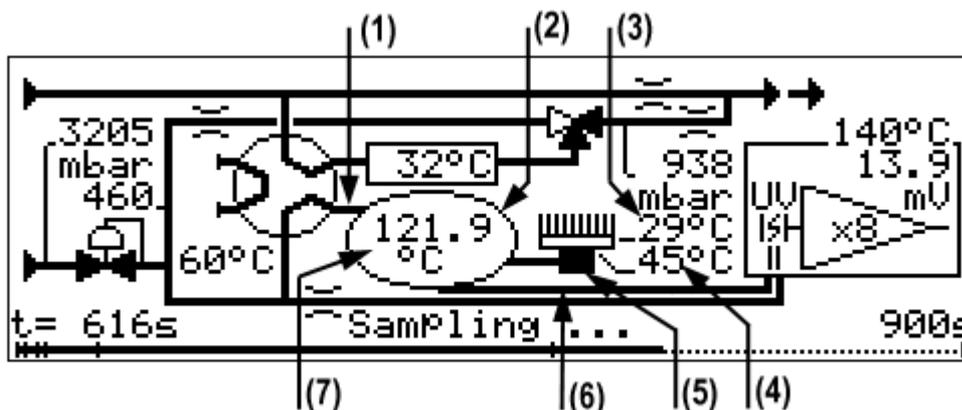


Abbildung 2-10 – Abkühlung der Säule

Am Ende der Warmstufe wurden alle Verbindungen der Probe N aus der Säule entfernt. Die Säule kehrt nun für die Injektion der Probe N+1 zur Kaltstufe zurück.

Die Modulkarte deaktiviert die Heizung der Säule (2) und die Heizung der Säulenenden (1) (6).

Gleichzeitig aktiviert die Modulkarte die Kühleinheit (5): Ihre Pumpe fördert das Kühlmittel zwischen dem Wärmetauscher der Säule und dem Peltier-Wärmetauscher:

- Die Temperatur der Säule nimmt schnell ab (7).
- Die Temperatur der Kaltplatte der Kühleinheit steigt langsam an (4).

Das Peltier-Modul, das nun versorgt wird, entzieht der Kaltplatte die Kalorien und überträgt sie zum Peltier-Kühlkörper, dessen Temperatur langsam ansteigt (3).

Wenn die Temperatur des Peltier-Kühlkörpers einen hohen Grenzwert erreicht, aktiviert die Modulkarte die zwei Lüfter auf der Rückseite des Analysators, um den Kühlkörper zu kühlen.

Wenn die Temperatur des Peltier-Kühlkörpers einen niedrigen Grenzwert erreicht, schaltet die Modulkarte die zwei Lüfter ab, die sich auf der Rückseite des Analysators befinden.

2.10 ENDE DES ZYKLUS

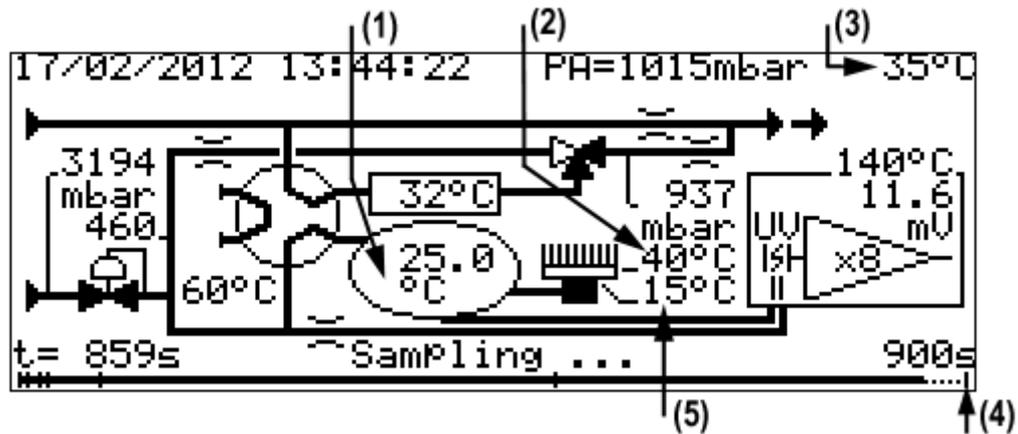


Abbildung 2-11 – Abkühlung der Säule (Ende)

Die Temperatur der Kaltplatte (5) kehrt zu ihrem Sollwert zurück (typischerweise 10 °C unter der Kaltstufe der Säule).

Die Kühlpumpe schaltet in pulsierenden Betrieb, um die Temperatur der Säule auf Kaltstufe (1) zu halten.

HINWEIS: Die Kaltstufe (1) liegt typischerweise 10 °C unter der Innentemperatur (3).

Da die Kühlleistung abnimmt, nimmt die Temperatur des Peltier-Kühlkörpers (2) langsam ab.

Die Gasfalle entnimmt weiterhin die Probe N+1, bis der Fortschrittsbalken die Zyklusendemarke (4) erreicht ...

...und ein neuer Zyklus startet (siehe 2.1.1).

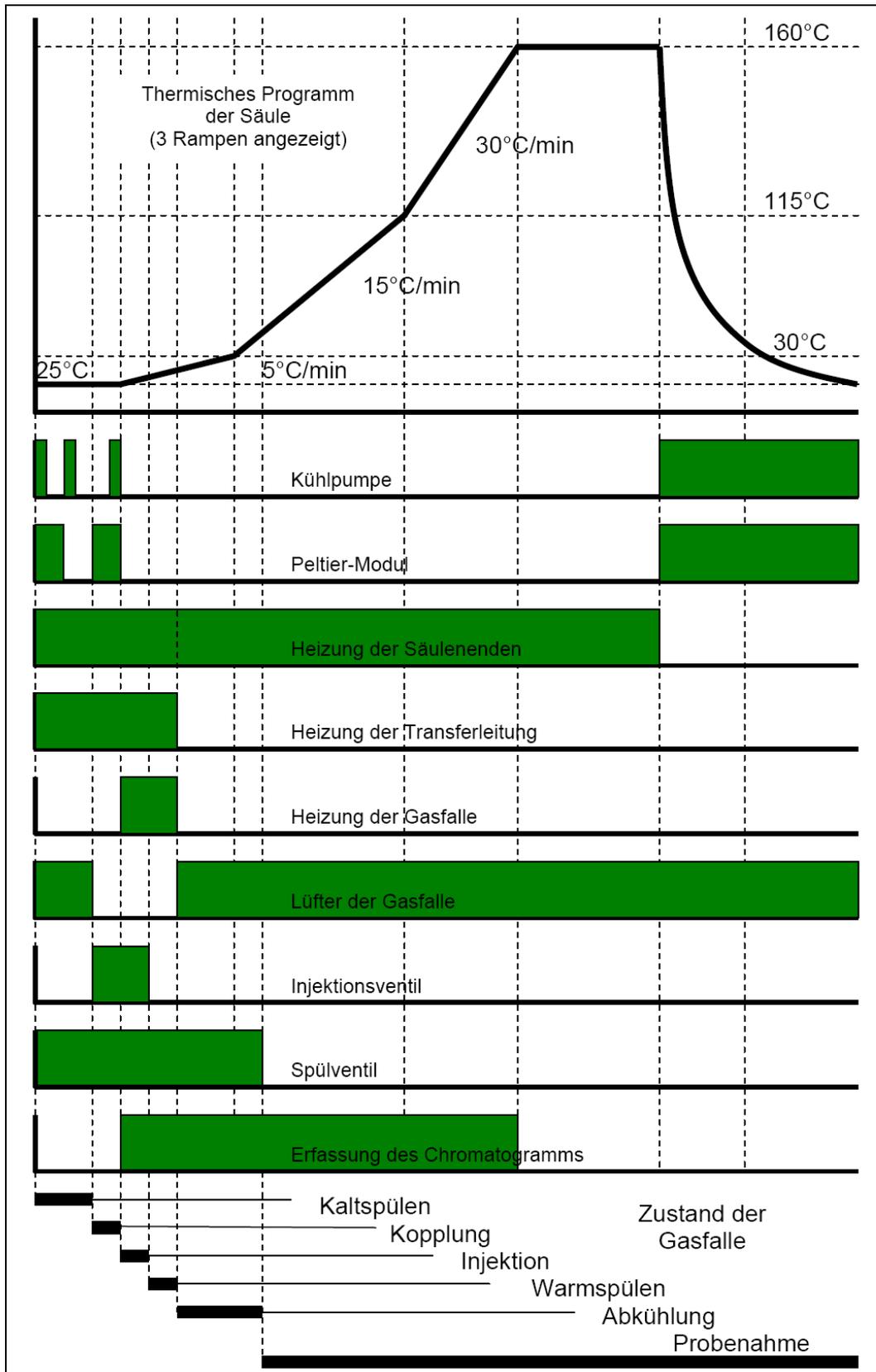


Abbildung 2-12 – Chronogramm

KAPITEL 3

BETRIEB

3.1	ERSTINBETRIEBNAHME	3–5
3.1.1	VORAUSSETZUNGEN	3–5
3.1.2	VOR ÖFFNUNG DER VERPACKUNG	3–5
3.1.3	ANSCHLÜSSE	3–6
3.1.3.1	Anschluss des Probeneingangs	3–6
3.1.3.2	Anschluss des Stickstoffs	3–7
3.1.3.3	Anschluss des Luftauslasses	3–8
3.1.3.4	Elektrische Anschlüsse	3–8
3.1.4	INBETRIEBNAHME	3–9
3.2	PROGRAMMIERUNG DES VOC72M	3–14
3.2.1	AUSWAHL UND ÄNDERUNG DER PROGRAMMIERBAREN PARAMETER	3–14
3.2.1.1	Definition der Bildschirmbereiche	3–14
3.2.1.2	Definition der Hauptfunktionen des Tastenfelds mit 6 Tasten	3–15
3.2.2	PROGRAMMIERUNG DER BETRIEBSPARAMETER	3–15
3.2.2.1	Programmierung digitaler Parameter	3–15
3.2.2.2	Programmierung der konfigurierbaren Parameter über Scroll-down-Liste	3–15
3.3	BESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN BILDSCHIRME	3–17
3.3.1	HAUPTMENÜ	3–17
3.3.2	MESSUNG	3–18
3.3.2.1	MESSUNG ⇒ Momentanwerte	3–19
3.3.2.2	MESSUNG ⇒ Mittelwert	3–22
3.3.2.3	MESSUNG ⇒ Fließbild Diagnose	3–23
3.3.2.4	MESSUNG ⇒ Trendausgabe	3–25
3.3.2.5	MESSUNG ⇒ Anzeige Fehlerstatus	3–27
3.3.2.6	MESSUNG ⇒ Chromatogramm	3–29
3.3.3	KALIBRIERUNG	3–35
3.3.3.1	KALIBRIERUNG ⇒ Koeffizient	3–35
3.3.3.2	KALIBRIERUNG ⇒ Prüfgaskonz	3–36
3.3.3.3	KALIBRIERUNG ⇒ Zeitsteuerung	3–37
3.3.3.4	KALIBRIERUNG ⇒ Durchfluss	3–38
3.3.4	KONFIGURATION	3–39
3.3.4.1	KONFIGURATION ⇒ Datum/Zeit/Sprache	3–39
3.3.4.2	KONFIGURATION ⇒ Messmodus	3–40

3.3.4.3	KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm	3–42
3.3.4.4	KONFIGURATION ⇒ Messkanäle	3–48
3.3.4.5	KONFIGURATION ⇒ Offsets/Einheiten/Umrechnung	3–49
3.3.4.6	KONFIGURATION ⇒ Alarmverwaltung	3–49
3.3.4.7	KONFIGURATION ⇒ Kommunikationen	3–50
3.3.4.8	KONFIGURATION ⇒ Werkseinstellungen	3–54
3.3.5	DATENSPEICHER	3–55
3.3.6	TEST	3–59
3.3.6.1	TEST ⇒ Allgemein	3–59
3.3.6.2	TEST ⇒ Gasfalle	3–62
3.3.6.3	TEST ⇒ Peltier	3–63
3.3.6.4	TEST ⇒ Säule	3–64
3.3.6.5	TEST ⇒ PID-Detektor	3–66
3.3.6.6	TEST ⇒ Optionen	3–68
3.3.6.7	TEST ⇒ Funktionsweisen	3–68
3.3.6.8	TEST ⇒ Eingänge–Ausgänge Arm7	3–69
3.3.6.9	TEST ⇒ Modulkarte	3–70
3.3.7	STANDBY	3–71
3.3.8	I2C-KARTEN	3–72
3.3.8.1	I2C-Karten ⇒ ESTEL-Karte(n)	3–72
3.3.8.2	I2C-Karten ⇒ SOREL-Karte(n)	3–76
3.4	KALIBRIERUNG	3–77
3.4.1	ALLGEMEIN	3–77
3.4.2	NULLLUFTQUELLEN	3–78
3.4.3	KALIBRIERGASQUELLE	3–78
3.4.3.1	Flasche mit verdünntem Prüfgas	3–78
3.4.3.2	Gasverdünner	3–79
3.4.3.3	Permeationsquelle	3–79
3.4.4	ÜBERPRÜFUNG DES SKALAPUNKTS	3–80
3.4.5	MANUELLE KALIBRIERUNG	3–80
3.4.5.1	Kalibrierung der Retentionszeit und des Ansprechkoeffizienten	3–80
3.4.5.2	Kalibrierung der Retentionszeit	3–83
3.4.5.3	Kalibrierung des Koeffizienten	3–83
3.4.6	AUTOMATISCHE METHODE	3–84
3.4.6.1	Kalibrierung des Ansprechkoeffizienten	3–84
3.4.6.2	Kalibrierung der Retentionszeit und des Ansprechkoeffizienten	3–85
3.4.6.3	Fehlercodes und Lösungen	3–87
3.4.7	DURCHFLUSSKALIBRIERUNG	3–88

3.4.7.1	Messung des Durchflusses	3–88
3.4.7.2	Überprüfung der Durchflusskalibrierung	3–89
3.4.7.3	Kalibrierung des Durchflusses	3–89
Abbildung 3–1	– Rückseite des VOC72M	3–6
Abbildung 3–2	– Anschluss des Probeneingangs	3–6
Abbildung 3–3	– Anschluss der Stickstoffflasche	3–7
Abbildung 3–4	– Übersichtsbildschirm Vorheizmodus	3–9
Abbildung 3–5	– Übersichtsbildschirm Standby-Modus	3–10
Abbildung 3–6	– Übersichtsbildschirm „Bereit“	3–10
Abbildung 3–7	– Übersichtsbildschirm „Start“	3–11
Abbildung 3–8	– Erster Probenahmezyklus	3–11
Abbildung 3–9	– Erster Analysezyklus	3–12
Abbildung 3–10	– Funktionsdiagramm	3–13
Abbildung 3–11	– Menüstruktur des VOC72M	3–16
Abbildung 3–12	– Funktionsdiagramm	3–71

Leerseite

3. BETRIEB

3.1 ERSTINBETRIEBNAHME

Das Gerät wurde vor Lieferung geprüft und kalibriert. Die Kalibrierung des Geräts wurde im Werk geprüft.

3.1.1 VORAUSSETZUNGEN

- Eine Stickstoffquelle (Stickstoff 6.0) mit einem geregelten Druck von 3,2 bar +/-0,2 bar.

Eine Flasche mit einem doppelstufigen Druckminderer ist bestens geeignet. Stickstoff 5.0 ist ebenfalls zulässig, sofern ein zusätzlicher dreifacher Filter installiert wird, der mögliche Sauerstoff-, Feuchtigkeits- und Kohlenwasserstoffspuren herausfiltert.

- Eine Stickstoffleitung zwischen Quelle und Analysator.

Hierfür kann eine speziell für das Chromatographie-Verfahren geeignete 1/8"-Leitung (3,2 mm Außendurchmesser) aus Edelstahl, Messing oder Kupfer verwendet werden. PFA ist das einzige zulässige Kunststoffmaterial für geringe Längen (unter 4 m).



PTFE (TEFLON) ODER ANDERE KUNSTSTOFFE DÜRFEN FÜR DIE STICKSTOFFLEITUNG NICHT VERWENDET WERDEN.

- Stromversorgung

Ein Netzanschluss mit Schutzleiter (3 Drähte)

- Freiraum

Sehen Sie einen Freiraum von mindestens 10 cm (4") zwischen der Rückseite des VOC72M und einer möglichen Wand (Wand, Paneel, Schranktür...) vor, um eine Luftzirkulation und somit die ausreichende Kühlung des Kühlkörpers durch die Lüfter zu gewährleisten.

3.1.2 VOR ÖFFNUNG DER VERPACKUNG

- Führen Sie eine Sichtprüfung der Verpackung durch, um sicherzustellen, dass sie beim Transport keine Stöße oder Deformation erlitten hat.
- Falls das Paket kalt zu sein scheint, lassen Sie es so lange ruhen, bis es die Umgebungstemperatur im Raum erreicht hat, bevor Sie es öffnen.
- Entpacken Sie den Analysator und nehmen Sie die Abdeckung ab.
- Überprüfen Sie alle internen Elemente auf festen Sitz. Vergewissern Sie sich insbesondere, dass die Rändelmuttern fest angezogen sind.
- Entfernen Sie die Schutzkappen am Probeneingang und am Luftauslass.



ENTFERNEN SIE DIE SCHUTZKAPPE AM STICKSTOFFEINGANG NICHT VOR ANSCHLUSS DER STICKSTOFFLEITUNG.

3.1.3 ANSCHLÜSSE

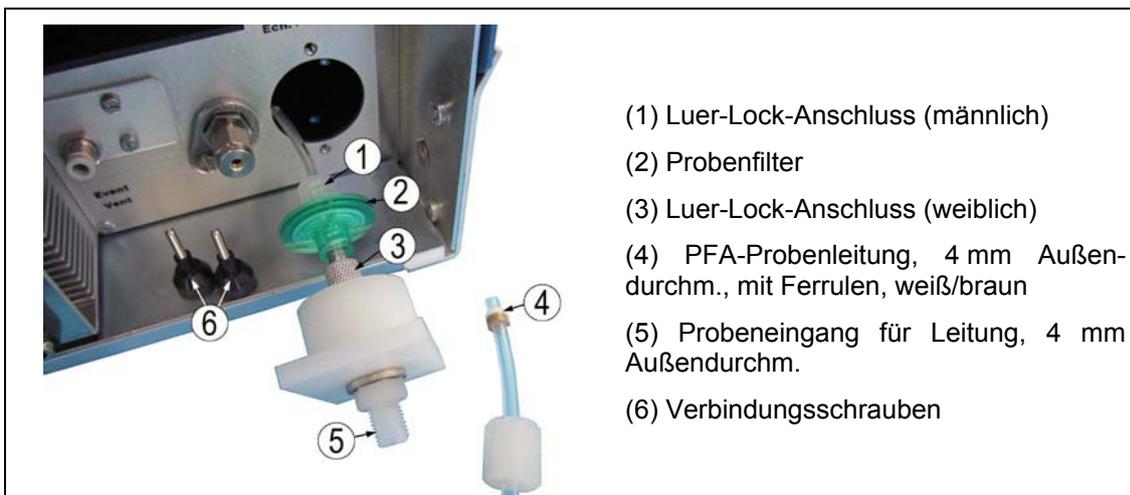


(1) Freier Platz für ESTEL-, SOREL- oder RS4i-Karte, (2) Netzsicherung, (3) Auslass des Kühllüfters, (4) Schraube des Probeneingangmoduls, (5) Probeneingang für Leitung mit Außendurchm. 4 mm, (6) Stickstoffeingang für Leitung mit Außendurchm. 1/8", (7) Luftauslass für Leitung mit Außendurchm. 4 mm, (8) Kühllüfter des Kühlkörpers, (9) USB-Anschluss, (10) Ethernetausgang, (11) Geräteschild, (12) Netzanschluss.

Abbildung 3-1 – Rückseite des VOC72M

3.1.3.1 Anschluss des Probeneingangs

- Entfernen Sie die Rändelschrauben (4) und überprüfen Sie, dass das Probenfilter korrekt angeschlossen ist.



(1) Luer-Lock-Anschluss (männlich)
 (2) Probenfilter
 (3) Luer-Lock-Anschluss (weiblich)
 (4) PFA-Probenleitung, 4 mm Außendurchm., mit Ferrulen, weiß/braun
 (5) Probeneingang für Leitung, 4 mm Außendurchm.
 (6) Verbindungsschrauben

Abbildung 3-2 – Anschluss des Probeneingangs

- Montieren Sie das Eingangsmodul wieder mit den zwei Schrauben (6).
- Schließen Sie die Probenleitung (4) am Probeneingang (5) an.

HINWEIS: Der Probeneingang mit einem Durchmesser von 4 mm (5) ist auf dem Eingangsmodul mit einem Parallelgewinde 1/8" (Typ BSPP oder Gas) und einer Flachdichtung aufgeschraubt.

3.1.3.2 Anschluss des Stickstoffs

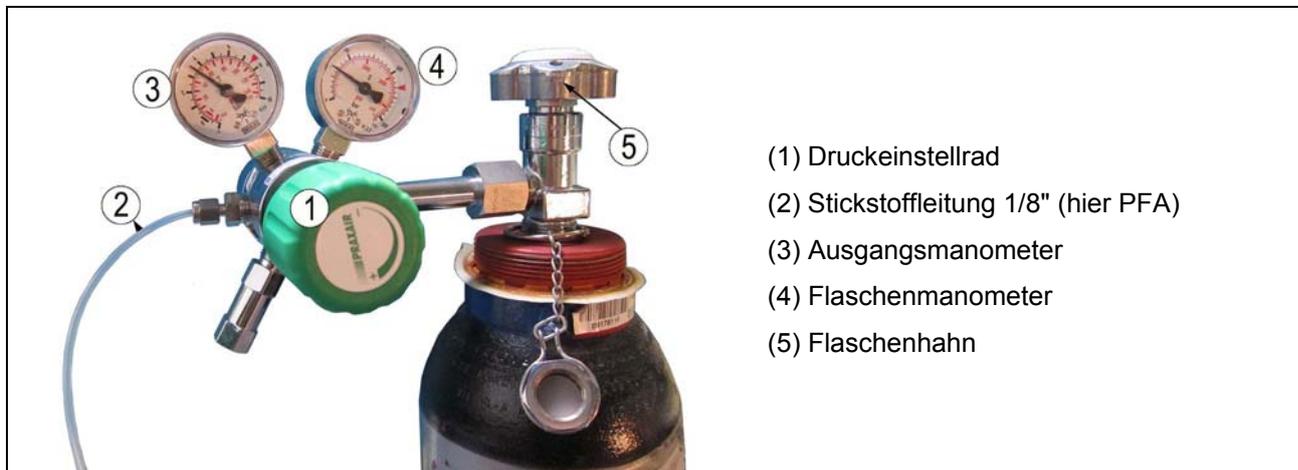


Abbildung 3-3 – Anschluss der Stickstoffflasche

- Montieren Sie den Druckminderer an der Stickstoffflasche (Qualität 6.0) und schließen Sie die Stickstoffleitung (2) am Ausgang des Druckminderers an.
- Öffnen Sie langsam den Hahn der Flasche (5) und schließen Sie ihn sofort wieder, sobald der Zeiger des Flaschenmanometers (4) nach oben geht. Drehen Sie dann langsam das Einstellrad (1) ein, bis Stickstoff in die Leitung gelangt und drehen Sie das Rad anschließend wieder heraus.
- Wiederholen Sie diesen Vorgang dreimal, um gleichzeitig die Leitung und den Druckminderer zu spülen.
- Entfernen Sie die Schutzkappe auf dem Stickstoffeingang auf der Rückseite des VOC72M und schließen Sie die Stickstoffleitung an der Eingangsverschraubung 1/8" Swagelok® an.
- Öffnen Sie den Hahn der Flasche (5) und stellen Sie den Ausgangsdruck mit dem Rad (1) auf 3 bar (42 PSI) ein.
- Führen Sie eine Leckprüfung durch:
 - Schließen Sie den Hahn der Flasche (5) und notieren Sie den auf dem Flaschenmanometer (4) angezeigten Druck.
 - Überprüfen Sie 30 Minuten später erneut den Druck, ohne den Hahn der Flasche zu verstellen (lassen Sie ihn geschlossen). Hat sich der Druck nicht geändert, liegt kein Leck vor.

HINWEIS: Verwenden Sie niemals Seifenwasser (Snoop®), um eine Leckage bei Sauerstoff 6.0 zu suchen.

3.1.3.3 Anschluss des Luftauslasses

- Schließen Sie eine Kunststoffleitung mit einem Außendurchmesser von 4 mm an, um die aus der Vakuumpumpe ausströmende Luft aufzufangen und aus dem Raum heraus zu leiten, in dem der VOC72M installiert ist. Die Zusammensetzung des Gases ist vergleichbar mit der der eingeleiteten Probe. Eine alternative Lösung besteht im Anschluss der Luftauslassleitung an eine Aktivkohlepatrone.

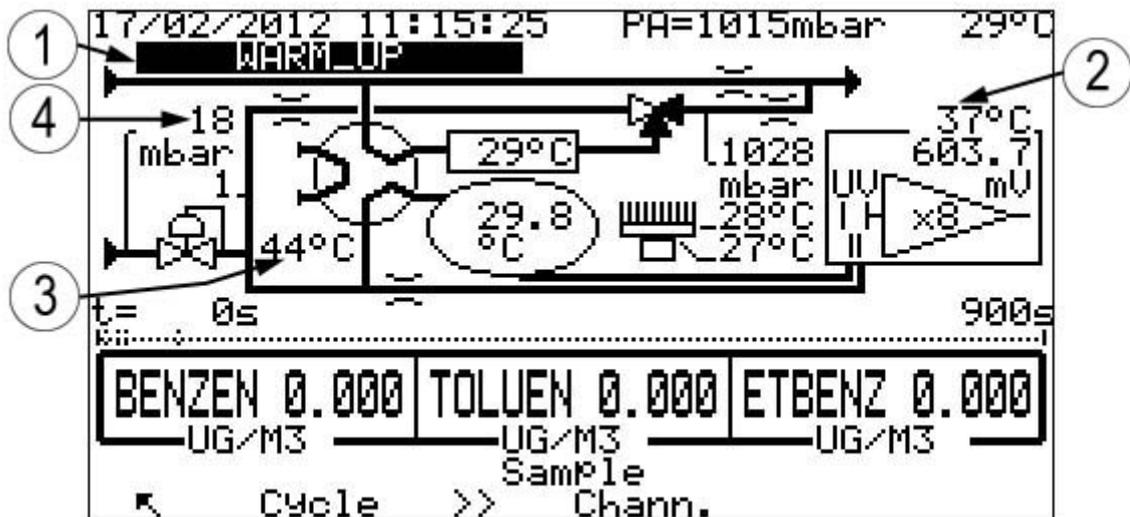
HINWEIS: Ein verstopfter Luftauslass kann die Vakuumpumpe beschädigen. Vergewissern Sie sich stets, dass der Luftauslass an Atmosphärendruck angeschlossen ist.

3.1.3.4 Elektrische Anschlüsse

- Vergewissern Sie sich, dass die verfügbare Spannung der auf dem Geräteschild angegebenen entspricht.
- Schließen Sie das Netzkabel am Netzanschluss des VOC72M an.

3.1.4 INBETRIEBNAHME

- Stecken Sie das Netzkabel in den Netzanschluss und schalten Sie den Ein-/Ausshalter des VOC72M auf der Vorderseite auf ON.
- Nach ein paar Sekunden wird der Übersichtsbildschirm des Vorheizmodus angezeigt:



- (1) Meldung „Vorheizen“, (2) Temperatur des PID-Detektors (kalt), (3) Temperatur der Hot-Box, (4) Stickstoffversorgungsdruck (rel.)

Abbildung 3–4 – Übersichtsbildschirm Vorheizmodus

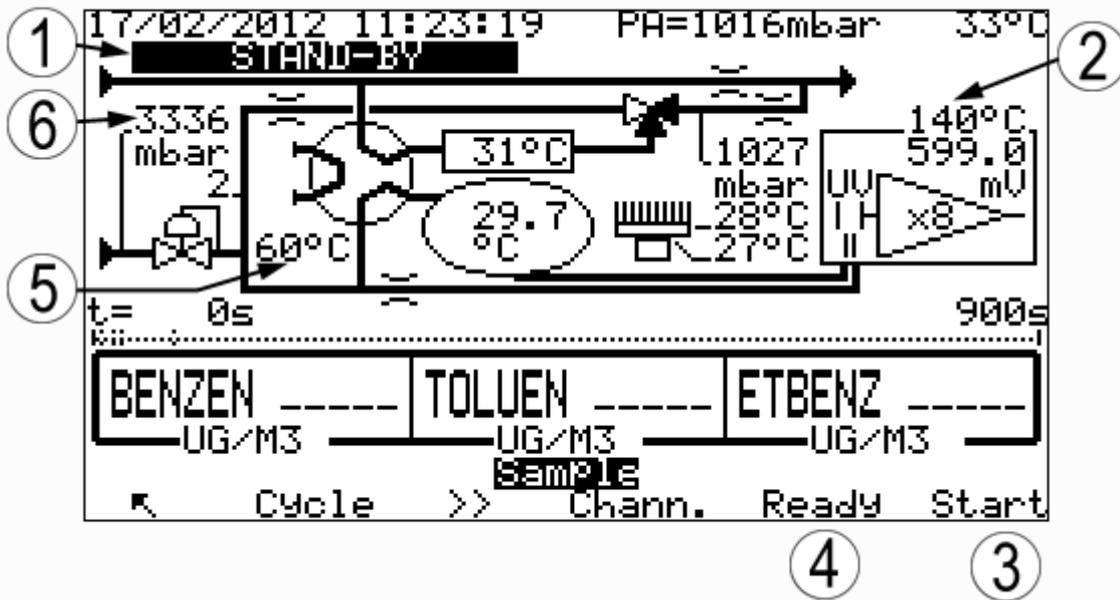
Drehen Sie langsam das Einstellrad des Druckminderers ein, bis auf dem Übersichtsbildschirm als Eingangsdruck (4) 3200+/-200 mbar angezeigt wird.

- HINWEIS:** – Ist der Stickstoffdruck zu hoch, drehen Sie das Rad des Druckminderers ein wenig heraus und lösen Sie die Mutter des Anschlusses am Stickstoffeingang des Analysators, um den Stickstoffüberschuss abzulassen. Ziehen Sie die Mutter wieder an und stellen Sie den Druck mit dem Rad wieder ein.
- Liegt der Stickstoffversorgungsdruck nicht innerhalb der zulässigen Grenzen (3,2 +/- 0,2 bar), bleibt der VOC72M im Vorheizmodus, bis die Vorheizzeit abgelaufen ist. Anschließend wird eine Druckalarmmeldung angezeigt.

Das Vorheizen muss weniger als 15 Minuten dauern, d. h. die erforderliche Zeit, damit die Hot-Box und der PID-Detektor ihre Solltemperaturen erreichen.



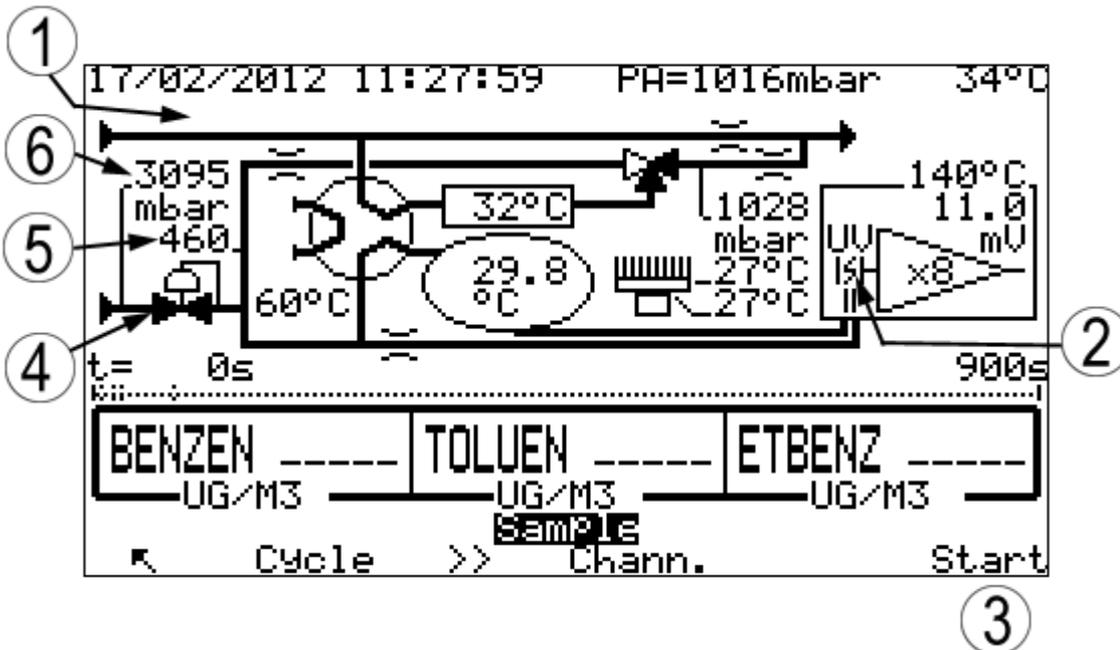
Wurde 8 Stunden lang keine Taste gedrückt, schaltet der Bildschirm in den Standby-Modus. Durch Druck einer beliebigen Taste wird der Anzeigemodus wieder aktiviert.



(1) Meldung „Standby“, (2) PID-Detektor auf Solltemperatur, (3) Taste Start verfügbar, (4) Taste Bereit verfügbar, (5) Hot-Box auf Solltemperatur, (6) Stickstoffversorgungsdruck eingestellt.

Abbildung 3-5 – Übersichtsbildschirm Standby-Modus

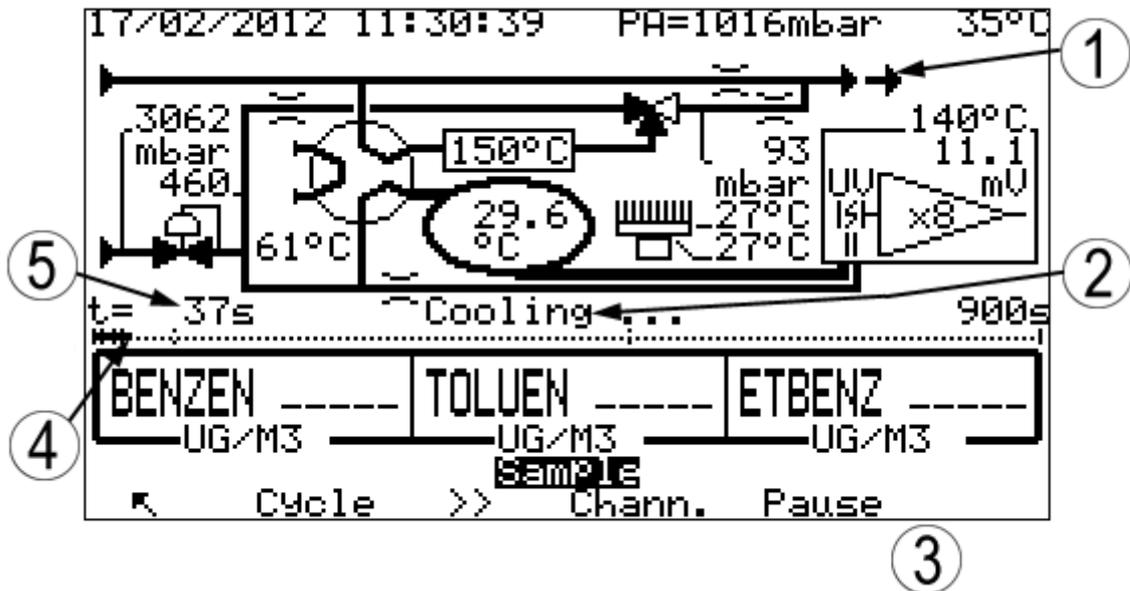
Durch Druck auf F5 [**Bereit**] gelangen Sie in den Modus „BEREIT“:



(1) Keine Standby-Meldung, (2) PID-Lampe leuchtet, (3) Taste Start verfügbar, (4) Proportionalventil aktiv, (5) Druck Säule in Regelung, (6) Stickstoffversorgungsdruck eingestellt.

Abbildung 3-6 – Übersichtsbildschirm „Bereit“

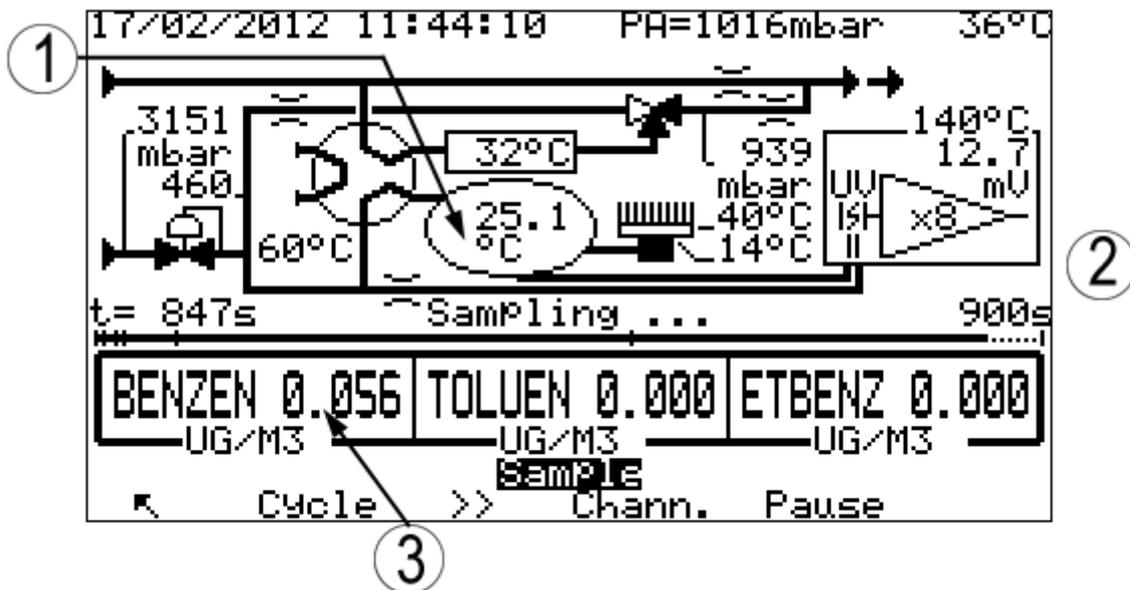
Durch Druck auf F6 [Start] werden die Analysezyklen gestartet.



(1) Die Vakuumpumpe ist aktiv, (2) Ein Zustand der Gasfalle wird angezeigt, (3) Die Taste Pause ist verfügbar, (4) Der Fortschrittsbalken ist aktiv, (5) Die Zyklusuhr ist aktiv.

Abbildung 3-7 – Übersichtsbildschirm „Start“

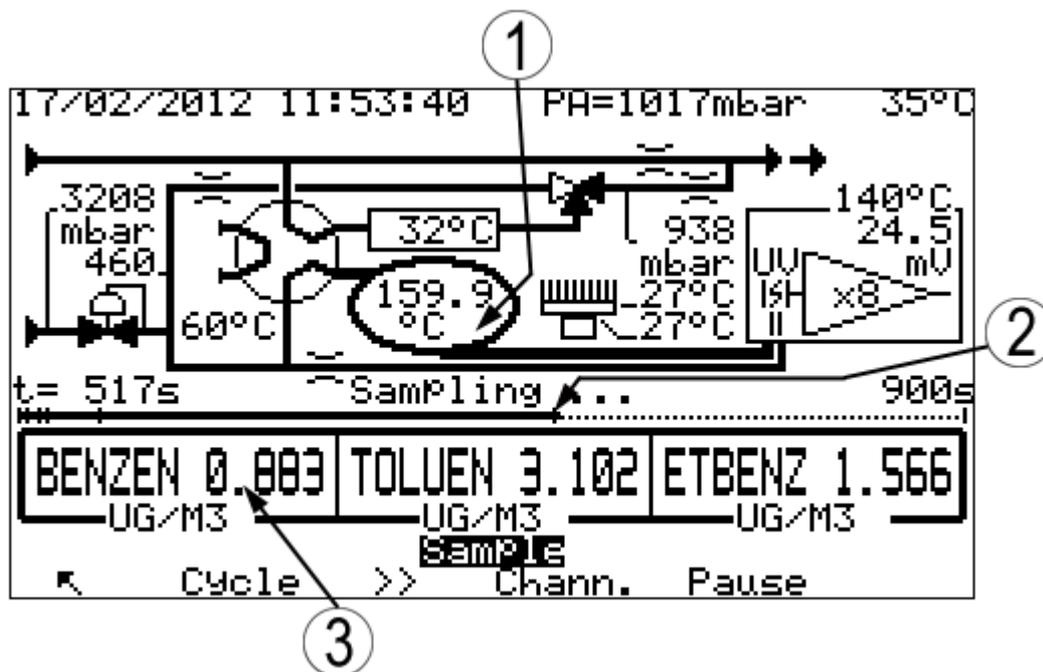
Der erste Zyklus startet mit einer thermischen Desorption der Gasfalle. Die Gasfalle wird für den ersten Probenahmezyklus gereinigt. Die Chromatographiesäule führt ebenfalls einen thermischen Zyklus durch. Dieser dient der Spülung der Säule vor dem folgenden Zyklus.



(1) Säule auf Kaltstufe zurückgekehrt, (2) Fortschrittsbalken kurz vor der Marke für das Zyklusende, (3) Ergebnis des Zyklus der Säule (Zyklus ungültig).

Abbildung 3-8 – Erster Probenahmezyklus

Der VOC72M startet jetzt den zweiten Probenahmezyklus und die Analyse des ersten Probenahmezyklus. Sobald der Fortschrittsbalken die erste Berechnungsmarke erreicht, wird das erste Ergebnis angezeigt.



(1) Säule auf Warmstufe, (2) Fortschrittsbalken hat Berechnungsmarke passiert, (3) Ergebnis der Analyse der ersten Probenahme.

Abbildung 3-9 – Erster Analysezyklus

Das nächste Analyseergebnis erfolgt 15 Minuten später.

Durch Druck auf F5 [Pause] werden die laufenden Zyklen unterbrochen:

- Der VOC72M kehrt in den Modus „Bereit“ zurück.
- Die laufende Probenahme in der Gasfalle ist verloren.
- Hat der Fortschrittsbalken (3) nicht die Berechnungsmarke passiert (2), ist der Analysezyklus in der Säule ebenfalls verloren.

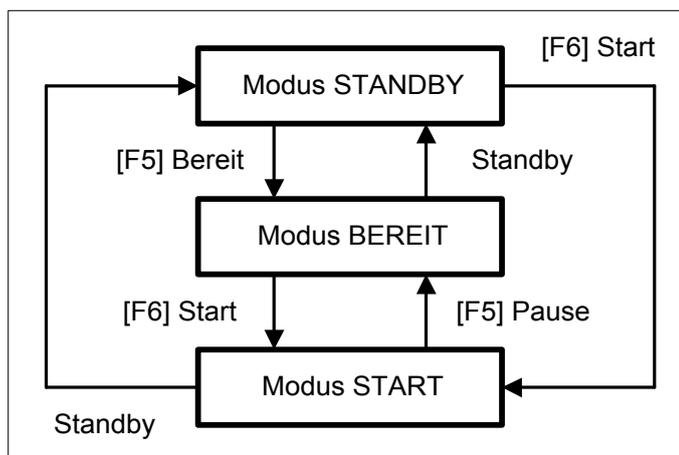


Abbildung 3–10 – Funktionsdiagramm

- HINWEIS:** – Der Standby-Modus ist im Hauptmenü verfügbar. Ins Hauptmenü gelangen Sie durch Doppelklick der Taste F1 im Übersichtsbildschirm.
- Nach einem Stromausfall kehrt der VOC72M nach Abschluss der Vorheizphase automatisch in den Zustand zurück, in dem er sich vor dem Stromausfall befand.
 - Nach einem Stromausfall schaltet der VOC72M in den Vorheizmodus. Nach Ende der Vorheizzeit kehrt der VOC72M anschließend automatisch zu dem Zustand zurück, in dem er sich vor dem Stromausfall befand.



Vorsicht beim Einschalten des VOC72M: Nach einem Wiedereinschalten (durch Betätigung des Schalters an der Vorderseite oder infolge eines Stromausfalls) kehrt der VOC72M (nach dem Vorheizen) automatisch in den letzten Zustand zurück:

- War die UV-PID-Lampe aktiviert, startet die PID-Versorgungskarte nach der Vorheizzeit automatisch neu und liefert eine hohe Spannung an die PID-Lampe.
- Dasselbe gilt für die Gasfalle: Erfolgt die Unterbrechung während eines Analysezyklus, startet nach dem Vorheizen automatisch ein neuer Zyklus, was zum Aufheizen der Gasfalle auf eine sehr hohe Temperatur (380 °C) führt.

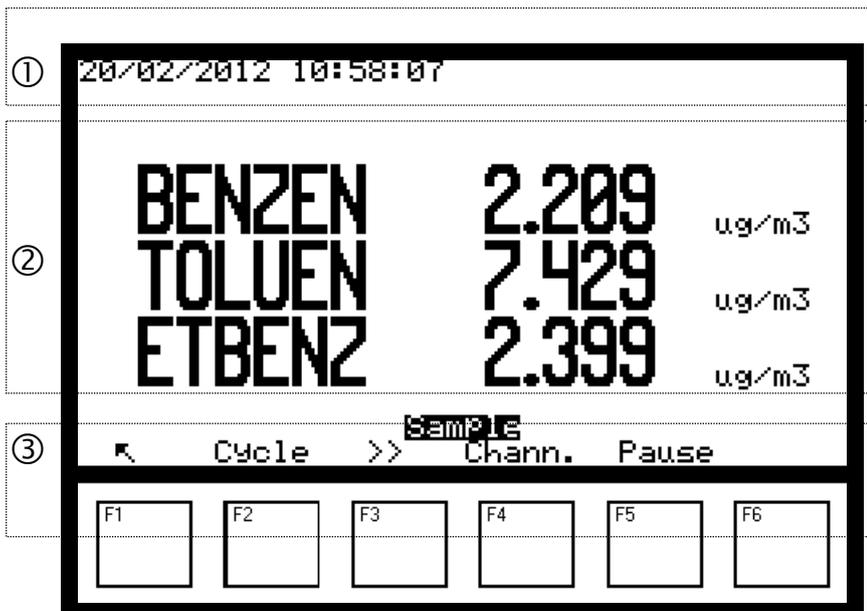
3.2 PROGRAMMIERUNG DES VOC72M

3.2.1 AUSWAHL UND ÄNDERUNG DER PROGRAMMIERBAREN PARAMETER

Das Tastenfeld befindet sich unter der LCD-Anzeige. Die unterste Zeile auf der Anzeige informiert über die Funktion jeder Taste für das auf dem Bildschirm angezeigte Menü.

Der Titel des Menüs und das gewählte Feld werden auf der Anzeige mit schwarzem Hintergrund dargestellt. Standardmäßig ist die erste Zeile eines Menüs ausgewählt. In den folgenden Abschnitten werden die ausgewählten Parameter weiß auf schwarzem Hintergrund dargestellt.

3.2.1.1 Definition der Bildschirmbereiche



- ① Informationszeile: Oben links werden Datum und Uhrzeit angezeigt. Darunter können die Meldungen „VORHEIZEN“, „AUTOKALIBRIERUNG“ angezeigt werden. Die Meldung „ALARM“ erscheint, wenn in den Betriebsparametern des Geräts ein Fehler festgestellt wurde.
- ② Mess- oder Konfigurationsbereich: Hier werden die Messparameter (Gas, Wert, Einheiten...) oder die konfigurierbaren, menüabhängigen Parameter angezeigt.
- ③ Zustandszeile und Tastenfunktionen: Hier werden die Funktion der Tasten, der Betriebsmodus des Analysators und der Gaseingang (im obigen Beispiel „Messeingang“) angezeigt.

HINWEIS: In den folgenden Abschnitten werden die Tasten durch ihr Symbol oder die in einem Rechteck angezeigte Funktion dargestellt.

3.2.1.2 Definition der Hauptfunktionen des Tastenfelds mit 6 Tasten

Die Verfügbarkeit dieser Funktionen hängt vom Kontext ab.

- [↶] Zur Rückkehr zum vorherigen Menü oder zum Abbruch des laufenden Vorgangs (Programmierung von Parametern, usw.).
- [↑] Zur Auswahl des gewünschten Untermenüs oder des zu ändernden Parameters. Außerdem zur Zeicheninkrementierung bei einer Änderung.
- [↓] Zur Auswahl des gewünschten Untermenüs oder des zu ändernden Parameters. Außerdem zur Zeichendekrementierung bei einer Änderung.
- [←] Cursorbewegung nach links (nur bei Änderungen von digitalen Parametern).
- [→] Cursorbewegung nach rechts (nur bei Änderungen von digitalen Parametern).
- [*] Zur Änderung des gewählten Parameters.
- [↵] Zur Validierung der Auswahl oder des Zeichens bei einer Änderung.
- [Print] Zum Drucken des angezeigten Bildschirms.
- [>>] Zur Anzeige der Folgeseite. Bei mehreren Parametern lässt sich mit dieser Taste der nächste Parameter anzeigen.

3.2.2 PROGRAMMIERUNG DER BETRIEBSPARAMETER

3.2.2.1 Programmierung digitaler Parameter

Wählen Sie im entsprechenden Menü den Parameter mit der Taste  oder  aus und drücken Sie die Taste , um den Parameter zu ändern; das erste Zeichen blinkt. Wählen Sie das zu ändernde Zeichen mit der Taste  oder  aus und inkrementieren Sie es dann mit der Taste  oder dekrementieren Sie es mit der Taste . Mit der Taste  übernehmen Sie die Änderungen im gewählten Feld; mit der Taste  brechen Sie die Änderungen im gewählten Feld ab.

3.2.2.2 Programmierung der konfigurierbaren Parameter über Scroll-down-Liste

Wählen Sie im entsprechenden Menü den Parameter mit der Taste  oder  aus und drücken Sie die Taste , um den Parameter zu ändern; das Feld blinkt. Wählen Sie den gewünschten Wert mit der Taste  oder  aus der Scroll-down-Liste aus. Mit der Taste  übernehmen Sie die Änderung im gewählten Feld; mit der Taste  brechen Sie die Änderung im gewählten Feld ab.

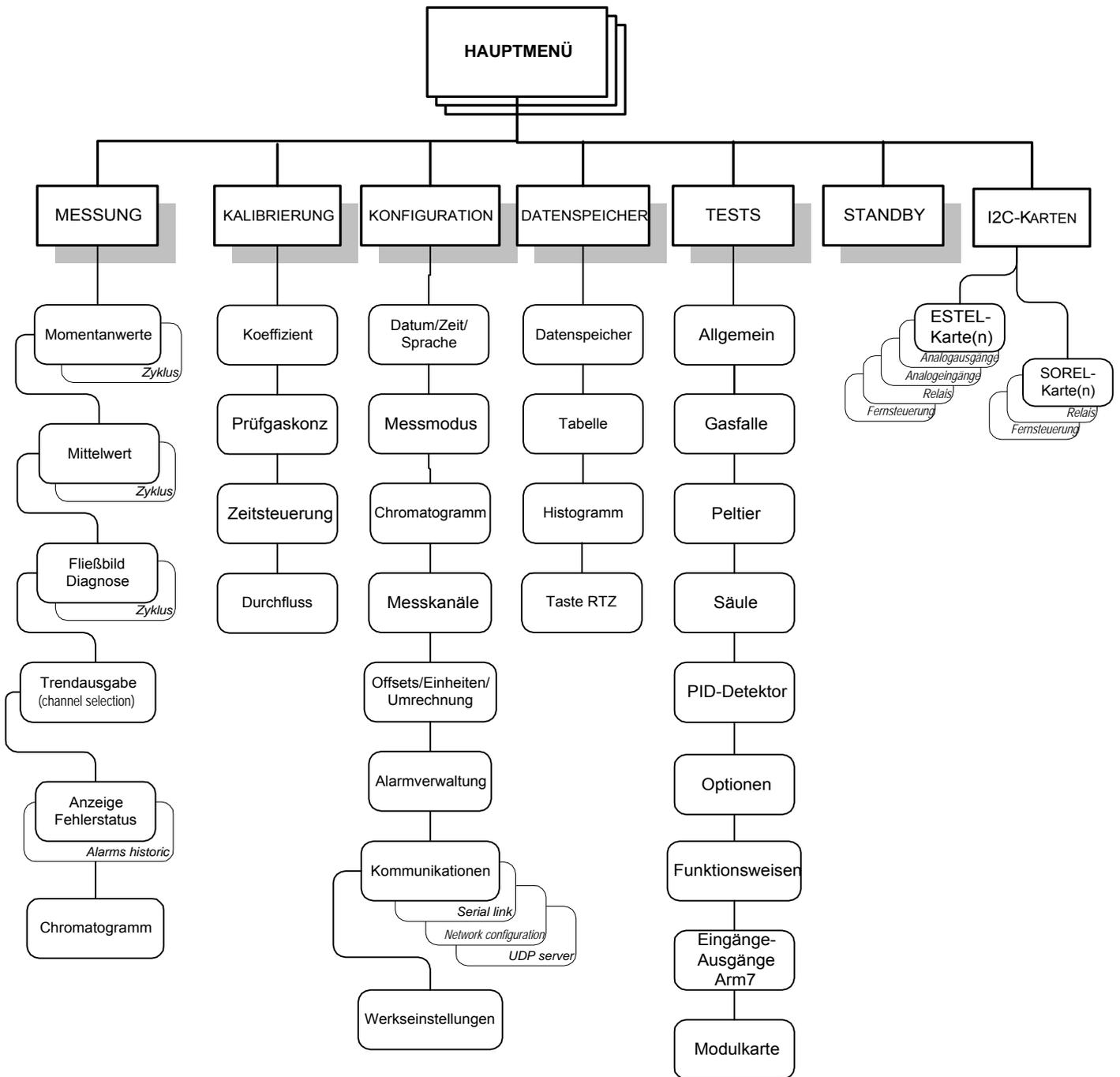
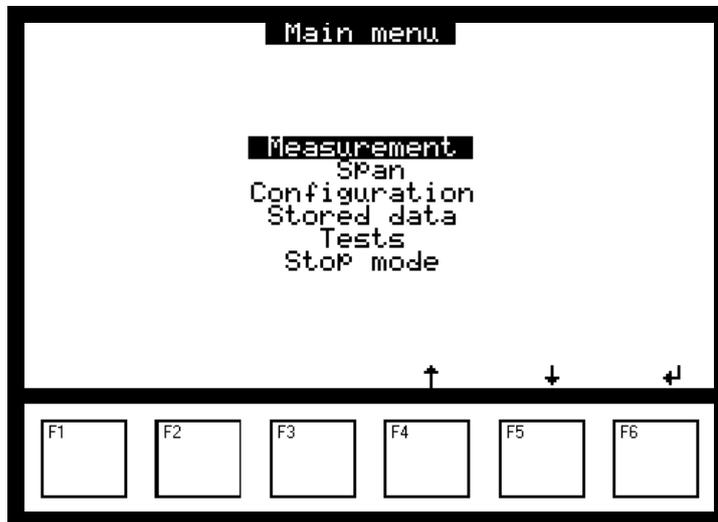


Abbildung 3-11 – Menüstruktur des VOC72M

3.3 BESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN BILDSCHIRME

3.3.1 HAUPTMENÜ

Auf diesem Bildschirm lassen sich die Menüs auswählen, über die man auf die Betriebsparameter des Analysators zugreifen kann.



Wählen Sie das Menü mit der Taste [↑] oder [↓] aus und übernehmen Sie die Auswahl mit der Taste [←].

Beispiel:

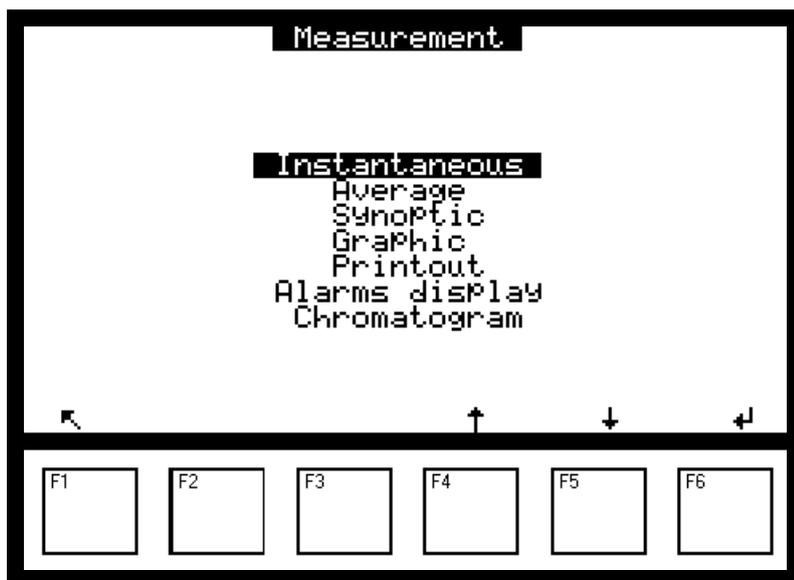
TASTE	ANZEIGE	ERLÄUTERUNGEN
	<pre> Measurement SPAN Configuration Stored data Tests Stop mode </pre>	Anzeige des Hauptmenüs; standardmäßig ist das erste Untermenü ausgewählt.
[↓]	<pre> Measurement SPAN Configuration Stored data Tests Stop mode </pre>	Auswahl des folgenden Untermenüs.
[↓]	<pre> Measurement SPAN Configuration Stored data Tests Stop mode </pre>	Auswahl des folgenden Untermenüs.
[←]	<pre> Date/Time/Language Measurement mode Chromatogram Measure channels Offsets/Units/Conversions Alarms Control Communications Factory settings </pre>	Bestätigung der Auswahl (Untermenü Konfiguration) und Anzeige der Liste der über dieses Untermenü zugänglichen Parameter. Standardmäßig ist der erste Parameter ausgewählt.
[↩]	<pre> Measurement SPAN Configuration Stored data Tests Stop mode </pre>	Rückkehr zum vorhergehenden Untermenü.

HINWEIS: Zum besseren Verständnis wird im Text vor jedem Untermenü das entsprechende Menü genannt (z. B. KONFIGURATION ⇒ Datum / Zeit / Sprache).

3.3.2 MESSUNG

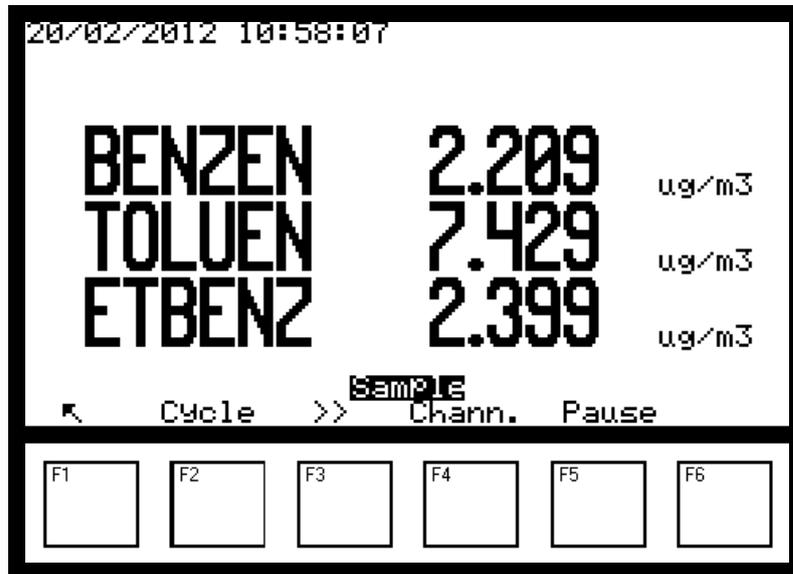
Auf diesem Bildschirm lassen sich der Anzeigemodus der Messung (Momentanwerte, Mittelwert, Fließbild Diagnose oder Trendausgabe) auswählen, der laufende Druckvorgang aktivieren und eventuelle Alarmmeldungen und ihre Entwicklung anzeigen.

Es ist zu beachten, dass die Untermenüs „Alarmer“ und „Historie“ nicht auf diesem Bildschirm angezeigt werden und sie vorab auf dem Bildschirm „Alarmverwaltung“ des Menüs „KONFIGURATION“ aktiviert wurden.

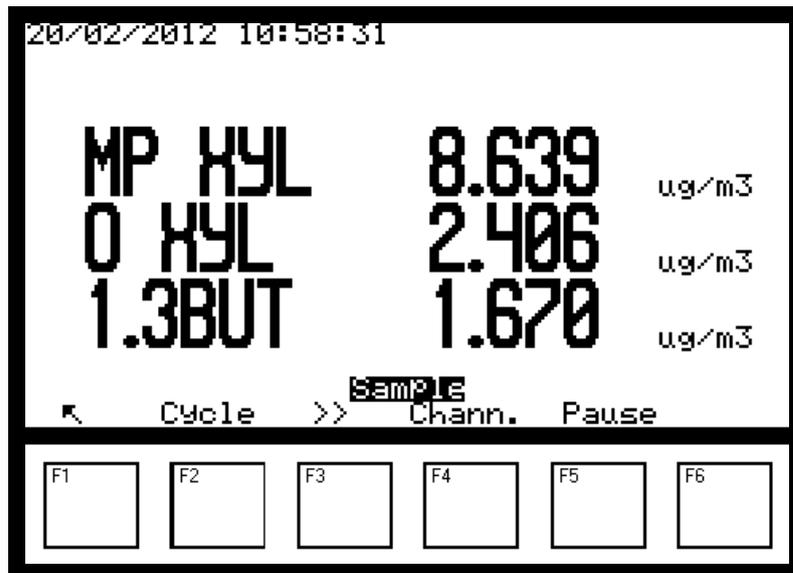


3.3.2.1 MESSUNG ⇒ Momentanwerte

Auf diesem Bildschirm können die verschiedenen Messkanäle und die Momentanwerte dieser Kanäle angezeigt werden. Auf jedem Bildschirm können 3 Messkanäle angezeigt werden.



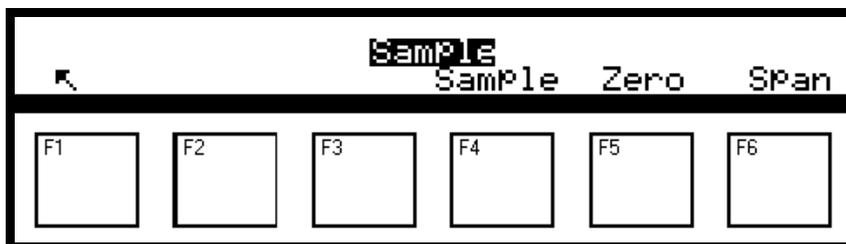
Mit F3 [>>] gelangen Sie zu den nächsten 3 Kanälen:



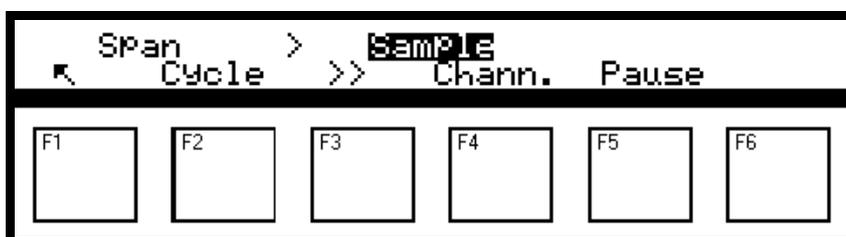
Auf diese Weise lassen sich die 40 Messkanäle anzeigen.

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

- Auswahl des Eingangskanals.
 - Durch Druck auf F4 [**Kanal**] werden die Eingangskanäle angezeigt:



- Durch Druck auf F6 [**Kal**] schaltet der Analysator auf den Prüfgaseingang um (sofern die Option Prüfgas installiert ist):

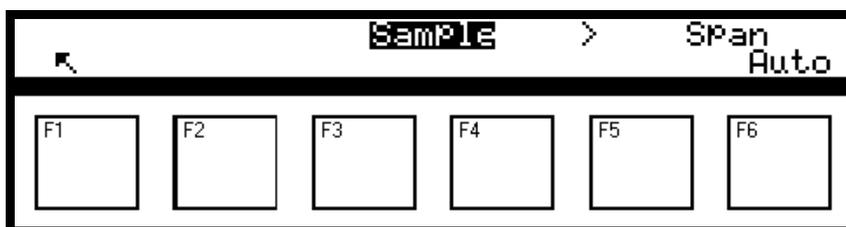


Links wird die Meldung „Kal“ angezeigt, was bedeutet, dass der Eingang des Analysators beim nächsten Probenahmezyklus auf Prüfgas schalten wird.

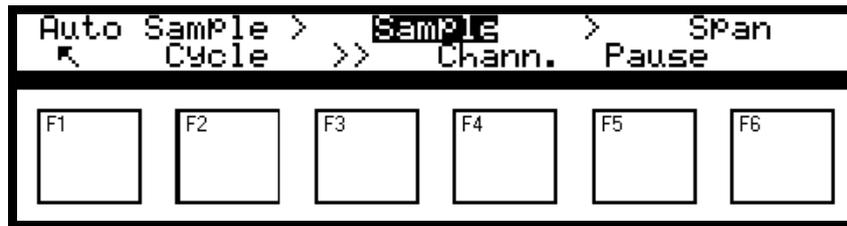
- Taste Pause.
 - Durch Druck auf F5 [**Pause**] wird der laufende Zyklus unterbrochen. Der Analysator schaltet in den Modus „Bereit“, in dem er sofort einen Analysezyklus starten kann.

Der laufende Probenahmezyklus genauso wie der Analysezyklus sind verloren, wenn der Fortschrittsbalken nicht die Berechnungsmarke passiert.

- Taste Zyklus.
 - Durch Druck auf F2 [**Zyklus**] wird die Funktion [**Auto**] F6 angezeigt:



- Durch Druck auf F6 [**Auto**] wird die automatische Kalibrierung entsprechend der Konfiguration des im Menü „KALIBRIERUNG“ definierten Zyklus gestartet (siehe Kapitel 3.3.3).



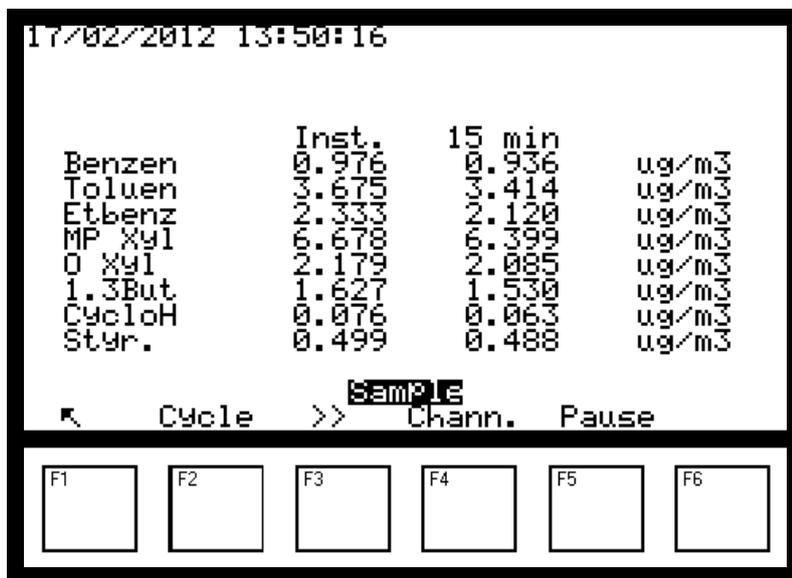
Wird dieser Bildschirm angezeigt, führt der VOC72M folgende Aktionen aus:

- Er analysiert das am Prüfgaseingang im vorhergehenden Zyklus entnommene Gas.
- Er entnimmt am Probeneingang das im nächsten Zyklus zu analysierende Gas.
- Er führt beim nächsten Probenahmezyklus einen automatischen Kalibrierzyklus mit dem am Probeneingang entnommenen Gas durch.

3.3.2.2 MESSUNG ⇒ Mittelwert

Auf diesem Bildschirm lassen sich gleichzeitig die Momentanwerte (Konzentrationswerte, die am Ende des letzten Messzyklus ermittelt wurden) und die Mittelwerte der Konzentrationen anzeigen, wobei die Messung über eine im Bildschirm „DATENSPEICHER“, Rubrik „Parametrierung“, Feld „Speicherdauer“ parametrisierte Periode berechnet wurde.

Es können bis zu 8 Kanäle auf einem Bildschirm angezeigt werden.



Die Mittelungszeit (15 Minuten) wird im Bildschirm „DATENSPEICHER“, Rubrik „Parametrierung“, Feld „Speicherdauer“ definiert.

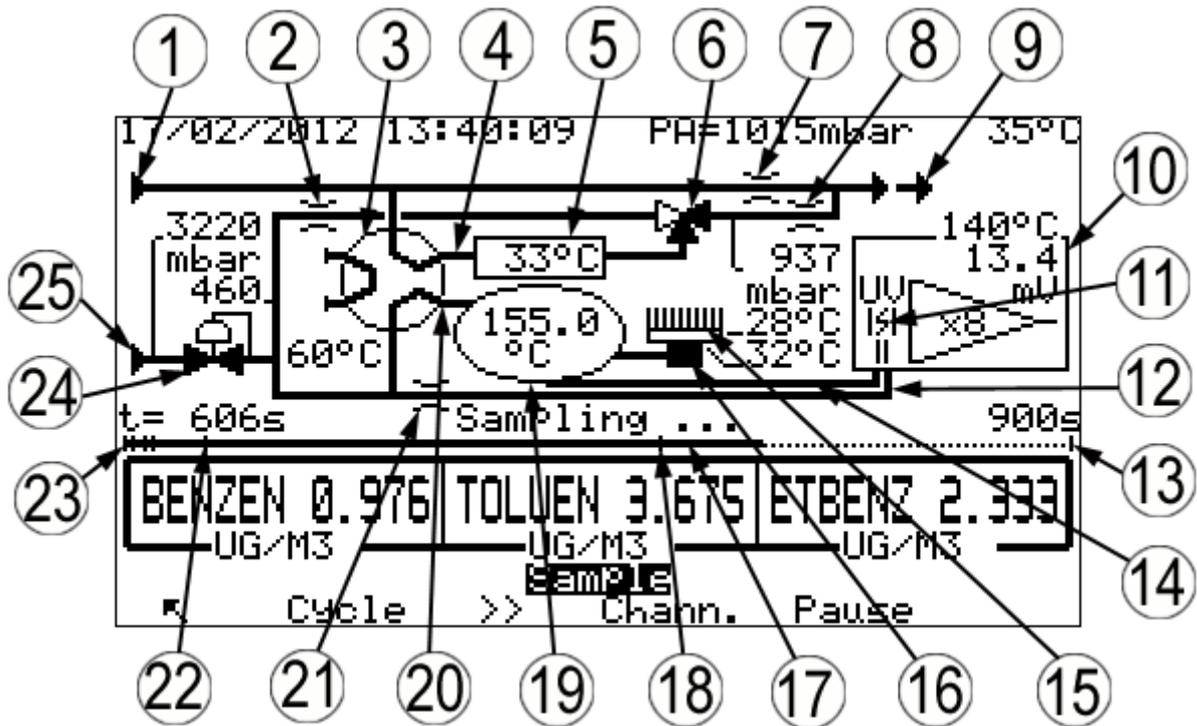
Durch Druck auf F3 [>>] werden die folgenden 8 Kanäle angezeigt. Auf diese Weise können die 40 verfügbaren Kanäle angezeigt werden.

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

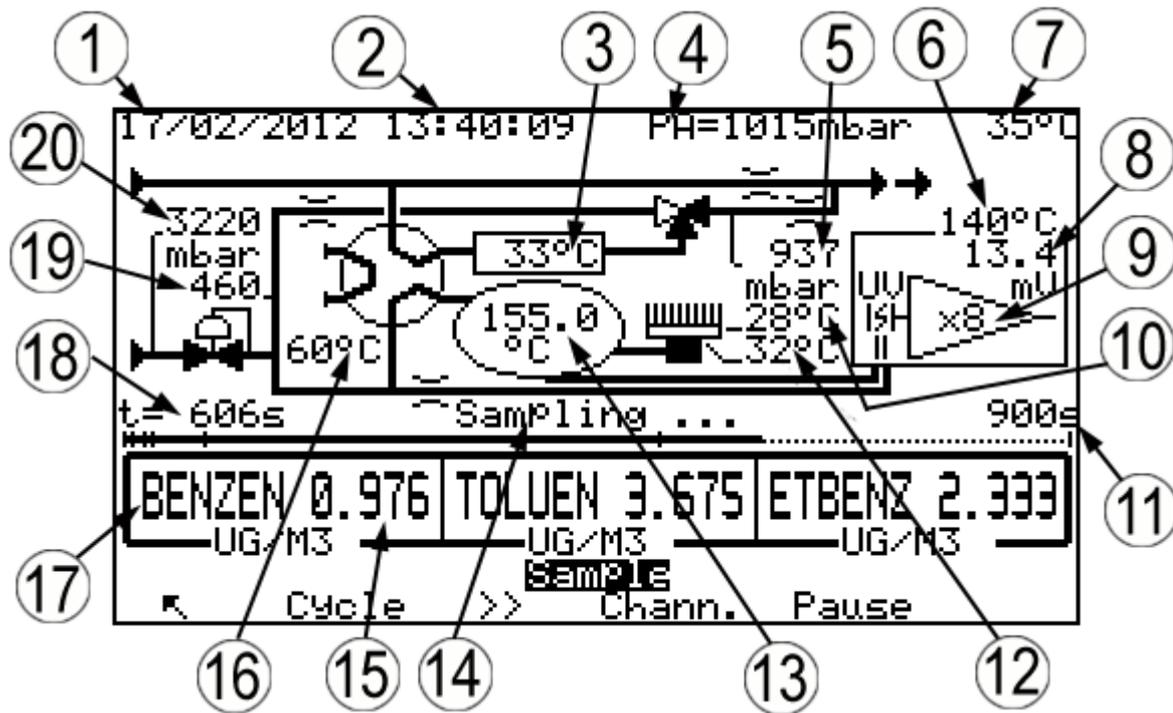
Bei diesem Bildschirm haben die Tasten dieselben Funktionen wie beim Bildschirm „MESSUNG ⇒ Momentanwerte“.

3.3.2.3 MESSUNG ⇒ Fließbild Diagnose

Dieser Bildschirm zeigt den kompletten Fluidkreislauf und die signifikanten Werte für seine Kontrolle sowie die Konzentration der gemessenen Verbindungen an.



Pos.	Beschreibung	Angezeigter Zustand
1	Probeneingang	
2	Spülbegrenzer	
3	6-Wege-Injektionsventil	Ruhestellung
4	Transferleitung	Heizung ausgeschaltet
5	Gasfalle	Heizung ausgeschaltet
6	Ablasshahn	Ruhestellung (Probenahme)
7	Proben-Bypass-Begrenzer	
8	Probenfallenbegrenzer	
9	Vakuumpumpe	Aktiv
10	Photoionisationsdetektor (PID)	
11	UV-Lampe	Aktiv
12	Stickstoffspülkreis des PID	
13	Marke des Zyklusendes	
14	Säulenende (Detektorseite)	Heizung ausgeschaltet
15	Kühlkörper der Kühleinheit	
16	Kälteplatte der Kühleinheit	Aktiv
17	Fortschrittsbalken	
18	Berechnungsmarke	
19	Chromatographiesäule	Heizung ausgeschaltet
20	Säulenende (Injektionsseite)	Heizung ausgeschaltet
21	Spülbegrenzer PID	
22	Marke der Probenahme der Gasfalle	
23	Marke des Zyklusstarts	
24	Proportionalventil	Aktiv
25	Stickstoffeingang	



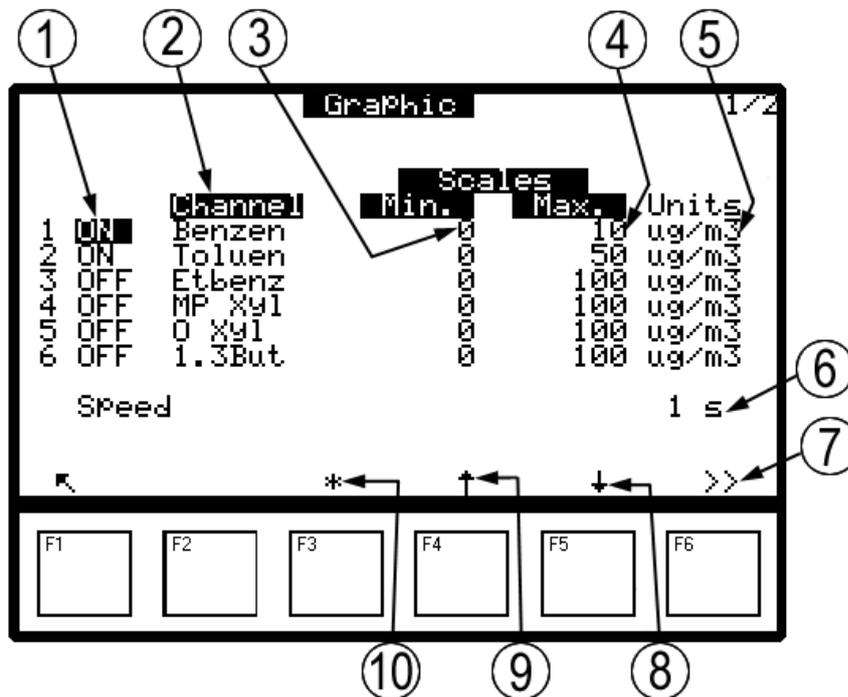
Pos.	Beschreibung	Einheiten
1	Datum	TT/MM/JJJJ
2	Uhrzeit	HH:MM:SS
3	Temperatur Gasfalle	Grad Celsius
4	Atmosphärendruck	Millibar absolut
5	Druck Gasfalle	Millibar absolut
6	Temperatur Photoionisationsdetektor (PID)	Grad Celsius
7	Innentemperatur	Grad Celsius
8	Signal Photoionisationsdetektor (PID)	Millivolt
9	Verstärkung Photoionisationsdetektor (PID)	Ohne
10	Temperatur Kühlkörper der Kühleinheit	Grad Celsius
11	Zyklusdauer	Sekunde
12	Temperatur Kälteplatte der Kühleinheit	Grad Celsius
13	Temperatur Chromatographiesäule	Grad Celsius
14	Zustand der Gasfalle	Ohne
15	Konzentration der Verbindung	µg/m3 (angezeigt)
16	Temperatur Hot-Box	Grad Celsius
17	Name der Verbindung	Ohne
18	Zyklusuhr	Sekunde
19	Druck Trägergas	Millibar relativ
20	Druck Stickstoffeingang	Millibar relativ

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

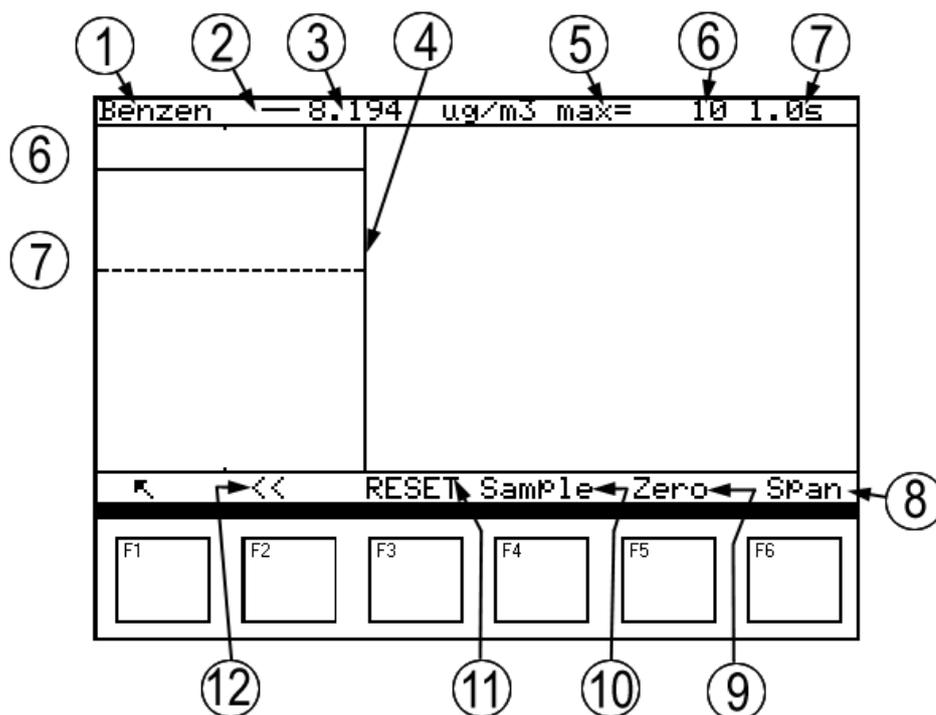
Bei diesem Bildschirm haben die Tasten dieselben Funktionen wie beim Bildschirm „MESSUNG ⇨ Momentanwerte“.

3.3.2.4 MESSUNG ⇒ Trendausgabe

Dieser Bildschirm ermöglicht die grafische Darstellung der Messkanäle über eine kurze Dauer. Für eine längere Darstellungsdauer siehe Bildschirm „DATENSPEICHER“.



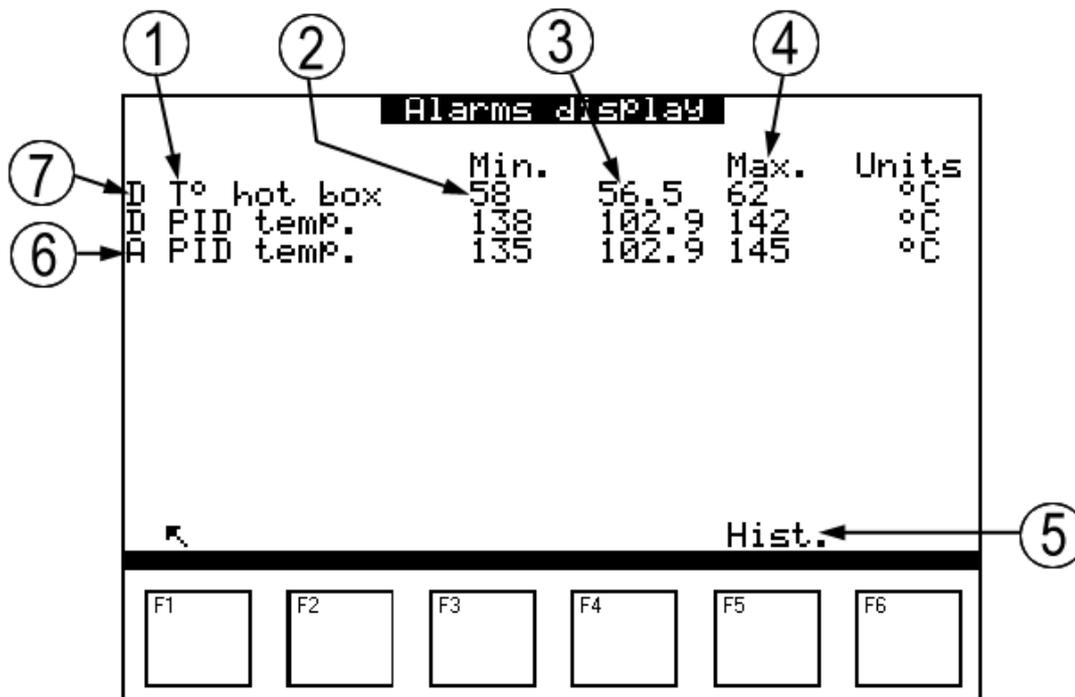
- (1) Zustand der Anzeige (ON-OFF)
- (2) Kanal (angezeigte Verbindung)
- (3) Min. Skala
- (4) Max. Skala
- (5) Einheiten
- (6) Verlaufsgeschwindigkeit (maximal 60 Sekunden)
- (7) Taste [F6] zum Wechsel zum Bildschirm 2/2 und zur Anzeige der Trendausgabe
- (8) Taste [F5] zur Auswahl des folgenden Parameters
- (9) Taste [F4] zur Auswahl des vorhergehenden Parameters
- (10) Taste [F3] zur Änderung des ausgewählten Parameters



- (1) Kanal (Name der Verbindung)
- (2) Darstellung der Verbindung
- (3) Momentanwert der Konzentration der Verbindung
- (4) Aktualisierungslinie
- (5) Skalenangabe (max. oder min.)
- (6) Maximum der Skala (im obigen Bildschirm 100 µg/m3)
- (7) Verlaufsgeschwindigkeit (im obigen Beispiel 1 Punkt pro Sekunde)
- (8) Durch Druck auf [F6] wird der Prüfgas-Eingang ausgewählt.
- (9) Durch Druck auf [F5] wird der Nullluft-Eingang ausgewählt.
- (10) Durch Druck auf [F4] wird der Probeneingang ausgewählt.
- (11) Durch Druck auf [F3] wird die Aktualisierungslinie zurückgesetzt. (RESET: Rücksetzung)
- (12) Durch Druck auf [F2] gelangen Sie zurück zum graphischen Konfigurationsbildschirm.

3.3.2.5 MESSUNG ⇒ Anzeige Fehlerstatus

Dieser Bildschirm zeigt die Betriebsstörungen im Alarmfall an. Die Korrekturmaßnahmen zur Behebung dieser Fehler finden sich in Kapitel 5.



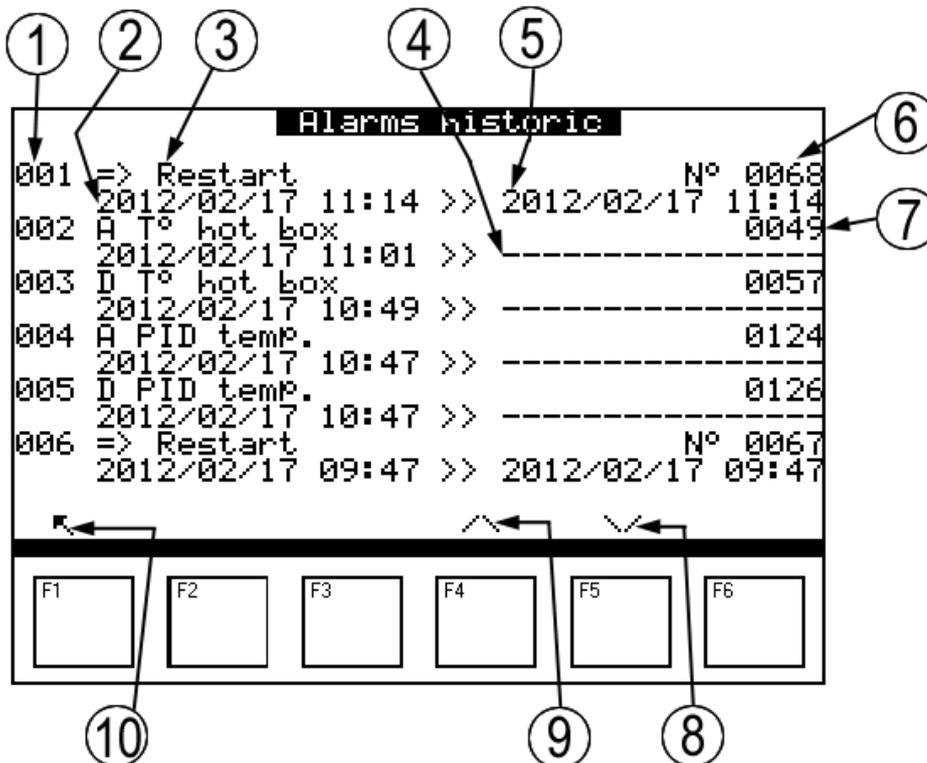
- (1) Ort und Art des Alarms
- (2) Unterer Grenzwert
- (3) Aktueller Wert des Parameters
- (4) Oberer Grenzwert
- (5) Durch Druck auf [F5] wird die Historie angezeigt.
- (6) A ⇔ Alarm
- (7) C ⇔ Kontrolle

Der VOC72M verwendet ein dreistufiges Warnsystem:

- Stufe 1: **Kontrolle (C)**. Der vom Analysator gelieferte Wert ist noch gültig, der Benutzer wird allerdings benachrichtigt, dass einer der Parameter des Analysators die Alarmgrenze fast erreicht hat.
- Stufe 2: **Alarm (A)**. Ein Parameter des Analysators liegt außerhalb der zulässigen Grenzen für die Messung. Der Analysezyklus wird unterbrochen und der VOC72M schaltet in den Standby-Modus (in der Mehrzahl der Fälle).
- Stufe 3: **Sicherheit (S)**. Ein Parameter des Analysators befindet sich außerhalb der Sicherheitsgrenzen und es droht eine Beschädigung des Analysators. Das Sicherheitsrelais unterbricht die 24V-Versorgung der Schnittstellenkarte.

In den meisten Fällen reicht die Umschaltung in den Standby-Modus, damit der Alarm erlischt. Falls das Gerät in den Standby-Modus geschaltet hat, ist es empfehlenswert, die Alarmhistorie zu überprüfen, um den Grund für dieses automatische Umschalten in den Standby-Modus zu ermitteln.

Durch Druck auf F5 [Hist] wird die Alarmhistorie angezeigt:

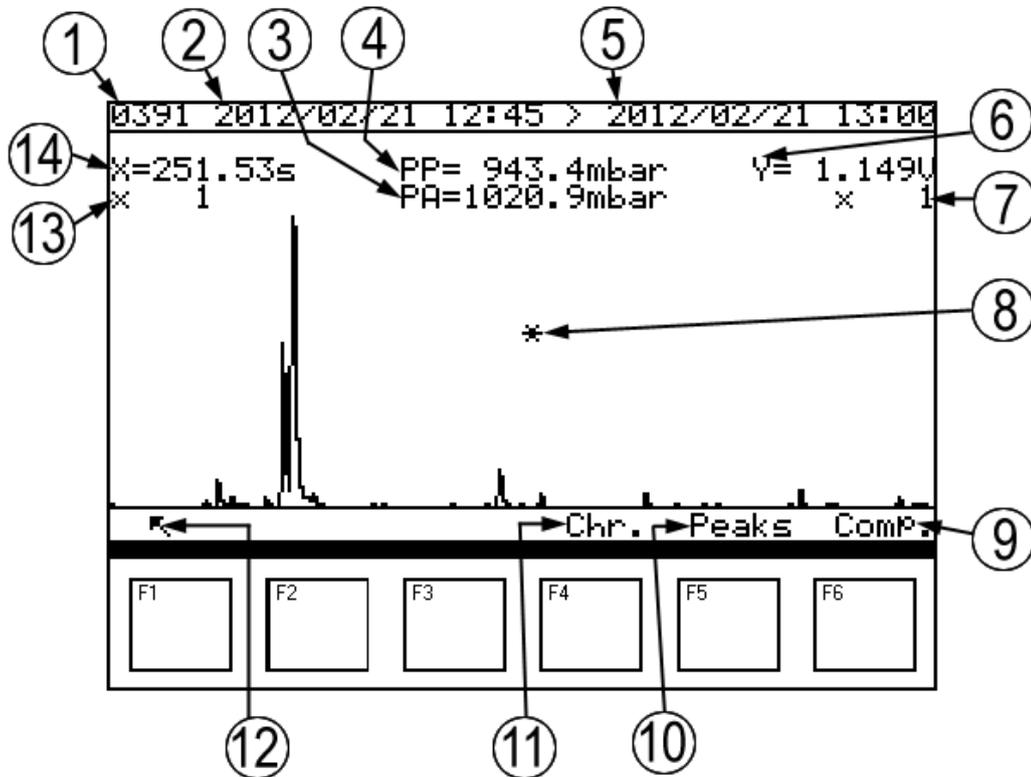


- (1) Einteilung des Alarms (001 ⇔ letzter Alarm)
- (2) Beginn des Ereignisses
- (3) Beschreibung des Ereignisses: In diesem Feld gibt der Buchstabe A an, dass es sich um einen Alarm handelt.
- (5) Ende des Ereignisses (im obigen Beispiel um 14:29 Uhr) Solange das Ereignis nicht beendet ist, wird in diesem Feld eine gestrichelte Linie angezeigt.
- (6) und (7) Messwert betroffen. Temperatur des PID hat zur Alarmauslösung geführt (123 °C, 125 °C). Handelt es sich beim Ereignis um einen Neustart, wird in diesem Feld die Anzahl der vom Gerät bereits durchgeführten Neustarts angezeigt.
- (8) Durch Druck auf [F5] bewegen Sie sich in der Historie nach unten.
- (9) Durch Druck auf [F4] bewegen Sie sich in der Historie nach oben.
- (10) Durch Druck auf [F1] kehren Sie zur Anzeige Fehlerstatus zurück.

HINWEIS: Auch wenn der Analysator problemlos zu funktionieren scheint, wird empfohlen, regelmäßig die Alarmhistorie zu überprüfen, um mögliche unregelmäßige Fehler zu ermitteln, die kurzfristig zu einer Alarmsituation führen könnten.

3.3.2.6 MESSUNG ⇒ Chromatogramm

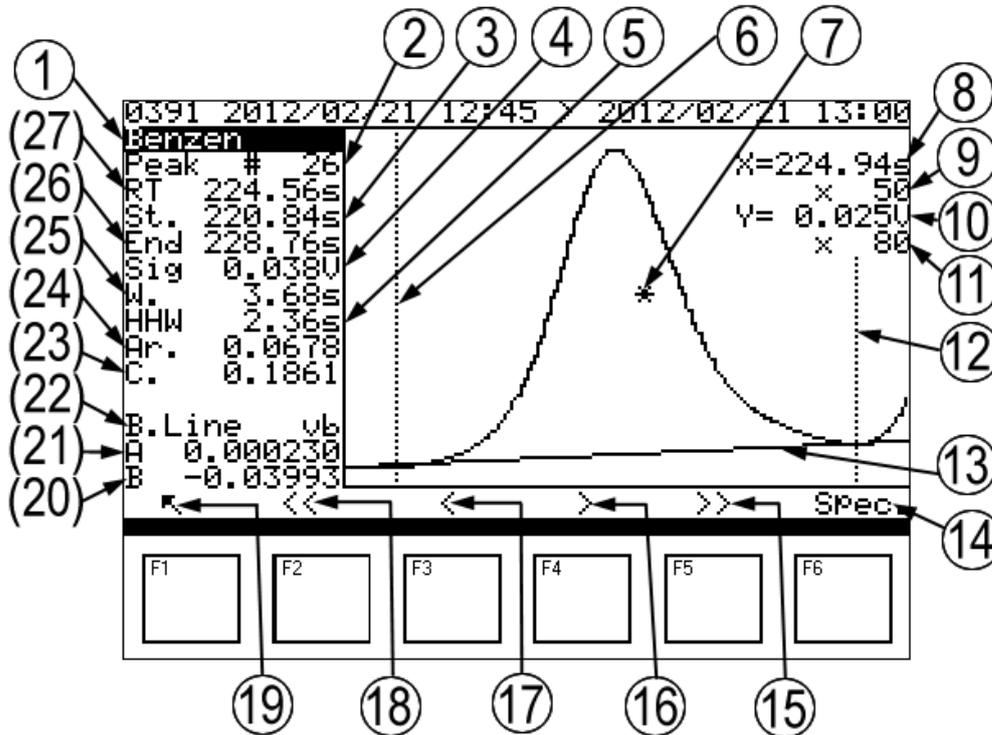
Auf diesem Bildschirm wird das zuletzt erfasste Chromatogramm angezeigt.



- (1) Nummer des Chromatogramms
- (2) Datum und Zeit des Beginns der Probenahme
- (3) Mittlerer Atmosphärendruck während des Analysezyklus (mbar)
- (4) Mittlerer Druck der Gasfalle während des Probenahmezyklus (mbar)
- (5) Datum und Zeit des Endes der Probenahme
- (6) Position der Marke an der Y-Achse (Volt)
- (7) Zoom in Y-Richtung (vertikale Achse)
- (8) Marke
- (9) Durch Druck auf [F6] gelangen Sie zur Anzeige der Verbindungen.
- (10) Durch Druck auf [F5] gelangen Sie zum Anzeigebildschirm der Peaks.
- (11) Durch Druck auf [F4] gelangen Sie zum Anzeigebildschirm des **Chromatogramms**.
- (12) Durch Druck auf [F1] gelangen Sie zum Menü Messung zurück.
- (13) Zoom in X-Richtung (horizontale Achse)
- (14) Position der Marke an der X-Achse (Sekunden)

3.3.2.6.1 MESSUNG ⇒ Chromatogramm ⇒ Verbindungen

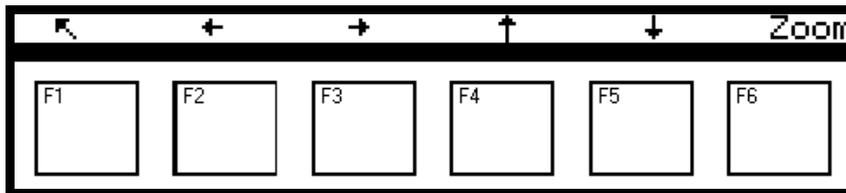
Durch Druck auf F6 [Verb] lässt sich der chromatographische Peak der ersten Verbindung anzeigen:



<p>(1) Name der Verbindung</p> <p>(2) Nummer des Peaks</p> <p>(3) Beginn des Peaks (Sekunde)</p> <p>(4) Signal, max. (Volt)</p> <p>(5) Breite bei halber Höhe (Sekunde)</p> <p>(6) Startlinie des Peaks</p> <p>(7) Marke</p> <p>(8) X-Position der Marke (Sekunde)</p> <p>(9) Zoom in X-Richtung (horizontale Achse)</p> <p>(10) Y-Position der Marke (Volt)</p> <p>(11) Zoom in Y-Richtung (vertikale Achse)</p> <p>(12) Endlinie des Peaks.</p> <p>(13) Basislinie des Peaks.</p> <p>(14) Durch Druck auf F6 [Spez] gelangen Sie zur Kontrolle der Marke.</p> <p>(15) Durch Druck auf F5 [>>>] gelangen Sie zur letzten Verbindung.</p>	<p>(16) Durch Druck auf F4 [>] gelangen Sie zur folgenden Verbindung.</p> <p>(17) Durch Druck auf F3 [<] kehren Sie zur vorherigen Verbindung zurück.</p> <p>(18) Durch Druck auf F2 [<<] kehren Sie zur ersten Verbindung zurück.</p> <p>(19) Durch Druck auf [F1] kehren Sie zum Chromatogramm zurück.</p> <p>(20) Nullpunkt der Basislinie (Ax+B)</p> <p>(21) Steigung der Basislinie (Ax+B)</p> <p>(22) Art der Basislinie (Tal-Basis)</p> <p>(23) Korrigierte Fläche des Peaks</p> <p>(24) Fläche des Peaks (Sekunde x Volt)</p> <p>(25) Breite des Peaks (Sekunde)</p> <p>(26) Ende des Peaks (Sekunde)</p> <p>(27) Retentionszeit (TR) des Peaks (Sekunde)</p>
--	---

HINWEIS: Die Retentionszeit des Peaks (27) und die korrigierte Fläche des Peaks (23) sind für die manuelle Kalibrierung erforderlich (siehe Kapitel 3.4.5).

Durch Druck auf F6 [Spez] gelangen Sie zum markenspezifischen Tastenfeld:



[F1] Rückkehr zum vorherigen Bildschirm

[F2] Verschiebung der Marke nach links

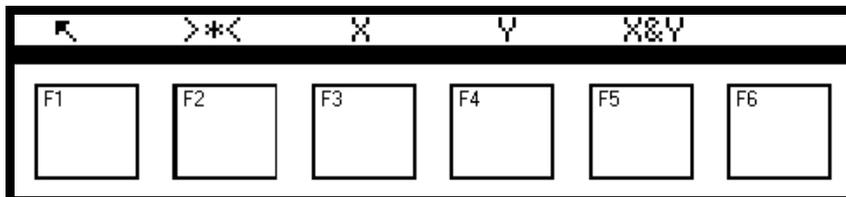
[F3] Verschiebung der Marke nach rechts

[F4] Verschiebung der Marke nach oben

[F5] Verschiebung der Marke nach unten

[F6] Umschaltung auf Zoom-Tastatur

Durch Druck auf F6 [Zoom] gelangen Sie zum Zoom-Tastensfeld:



[F1] Rückkehr zum vorherigen Bildschirm

[F2] Zentrierung der Anzeige auf die aktuelle Position der Marke

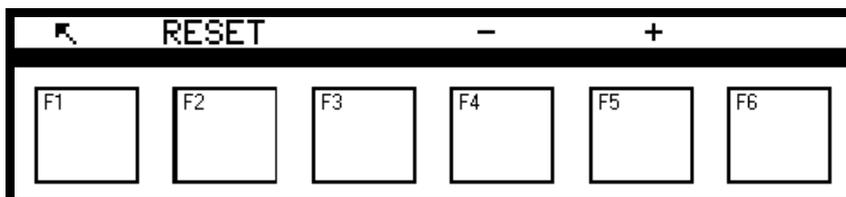
[F3] Auswahl des horizontalen X-Zooms

[F4] Auswahl des vertikalen Y-Zooms

[F5] Kombinierte Auswahl des horizontalen X- und des vertikalen Y-Zooms

[F6] Taste nicht belegt

Durch Druck auf F3, F4 oder F5 gelangen Sie zum gewünschten Zoom-Typ:



[F1] Rückkehr zum vorherigen Bildschirm

[F2] Wiederherstellung der Standard-Skala (siehe Hinweis weiter unten)

[F3] Taste nicht belegt

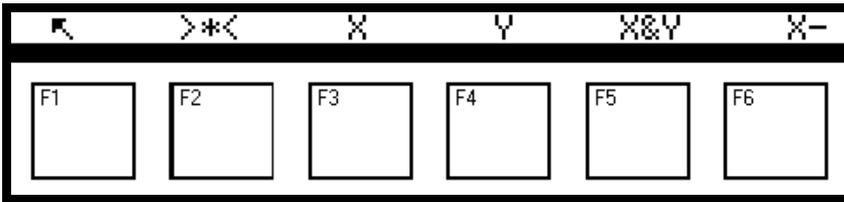
[F4] Vergrößerung des Peaks in ausgewählter Richtung (Einzoomen, +)

[F5] Verkleinerung des Peaks in ausgewählter Richtung (Auszoomen, -)

[F6] Taste nicht belegt

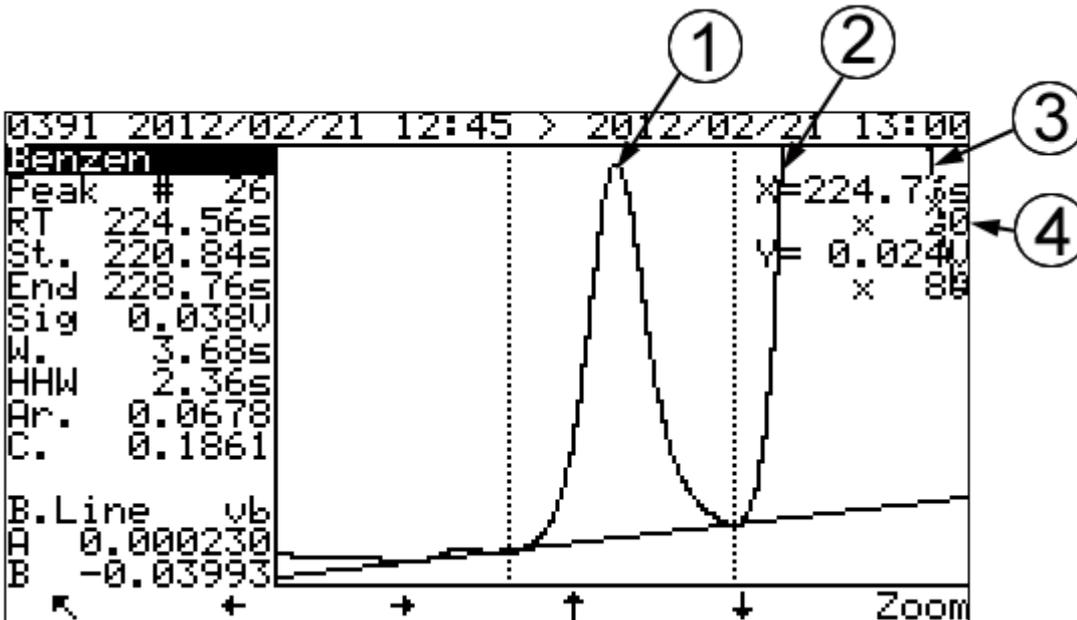
HINWEIS: Die Standard-Skala in X-Richtung (Zeit) ist das vollständige Chromatogramm und die Standard-Skala in Y-Richtung (Größe) ist die maximale Dynamik des Signals (2500 mV).

Durch Druck auf F4 [-] gelangen Sie zum Auszoom-Tastenfeld:



Durch Druck auf F6 [X-] wird das Auszoomen aktiviert.

Nachfolgend das Auszoom-Resultat bei der Anzeige des Peaks von Benzol, welches vorher als Verbindung mit einem Zoom X50 dargestellt wurde.



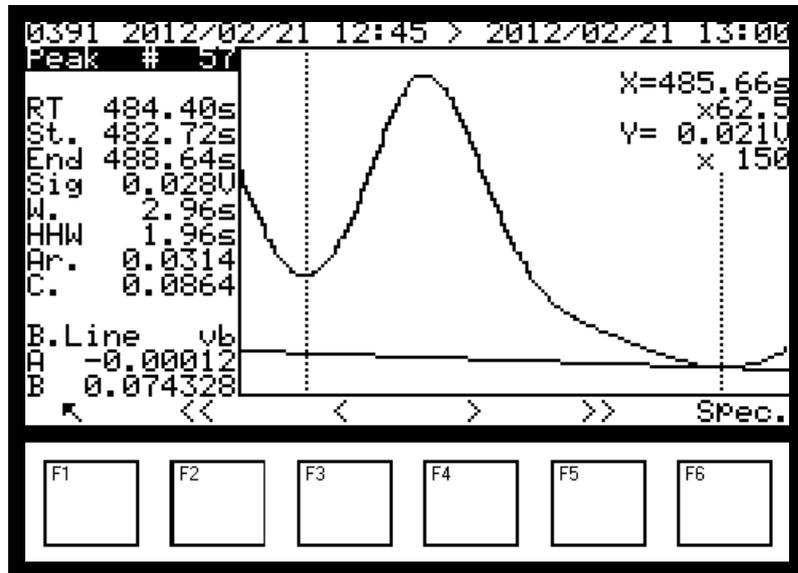
- (1) Peak von Benzol
- (2) Beginn eines starken Peaks am Rand des Peaks von Benzol
- (3) Ende des starken Peaks
- (4) Zoom X20

Der Bildschirm zeigt immer den Peak von Benzol im Zentrum an, wohingegen ein starker Peak rechts davon erscheint.

Das Einzoomen funktioniert genauso wie das Auszoomen in X-Richtung (Sekunden) oder Y-Richtung (Volt).

3.3.2.6.2 MESSUNG ⇒ Chromatogramm ⇒ Peak

Durch Druck auf F5 [Peaks] gelangen Sie zum Anzeigebildschirm der Peaks:



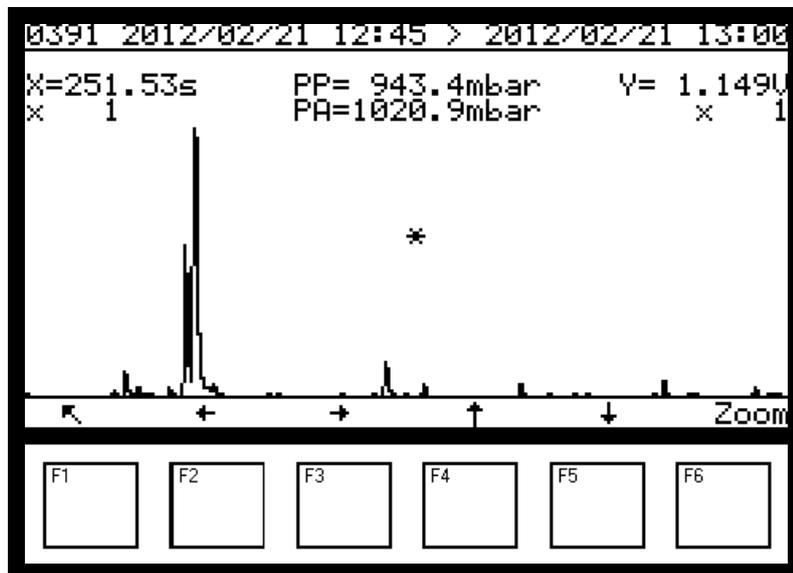
Dieser Bildschirm ist vergleichbar mit dem für die Anzeige der Peaks der Verbindungen. Es können alle im Chromatogramm erfassten Peaks angezeigt werden, was hilfreich für die Kalibrierung einer neuen Verbindung ist.

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

Bei diesem Bildschirm haben die Tasten dieselben Funktionen wie beim Bildschirm „MESSUNG ⇒ Chromatogramm ⇒ Verbindungen“

3.3.2.6.3 MESSUNG ⇒ Chromatogramm ⇒ CHR

Durch Druck auf F4 [Chr] gelangen Sie zum Anzeigebildschirm des Chromatogramms:



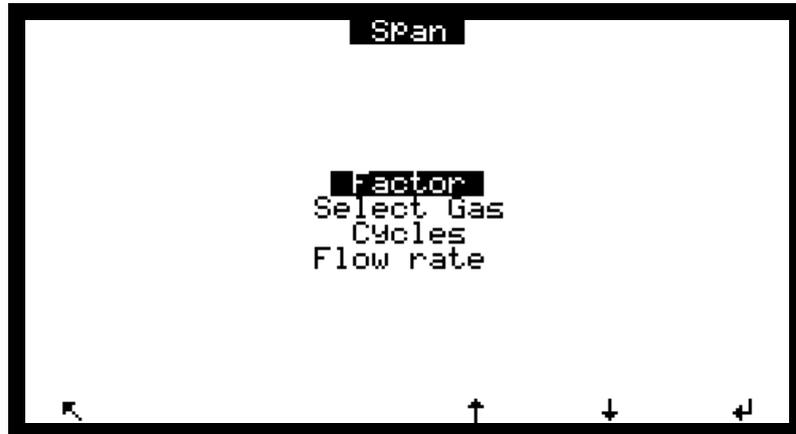
Auf diesem Bildschirm erhält man eine Vorstellung von der Gesamthöhe der Schadstoffe.

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

Bei diesem Bildschirm haben die Tasten dieselben Funktionen wie beim Bildschirm „MESSUNG ⇒ Chromatogramm ⇒ Verbindungen“

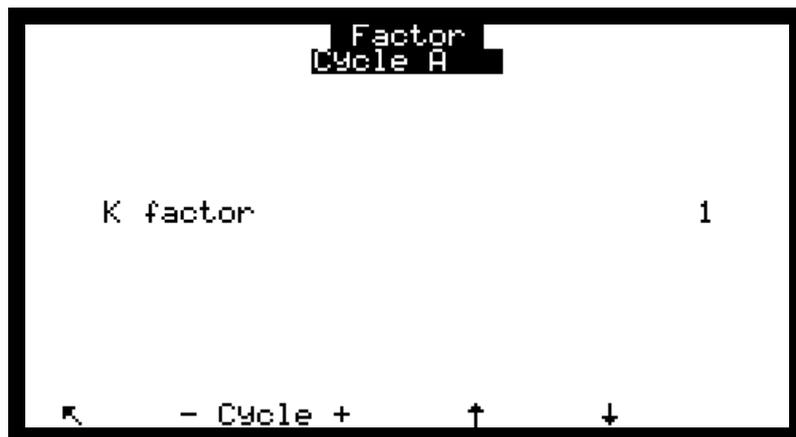
3.3.3 KALIBRIERUNG

Auf diesem Menü haben Sie Zugriff auf die Kalibrierfunktionen des Analysators.



3.3.3.1 KALIBRIERUNG ⇒ Koeffizient

In diesem Menü lässt sich die Gesamtempfindlichkeit für alle Verbindungen anpassen.

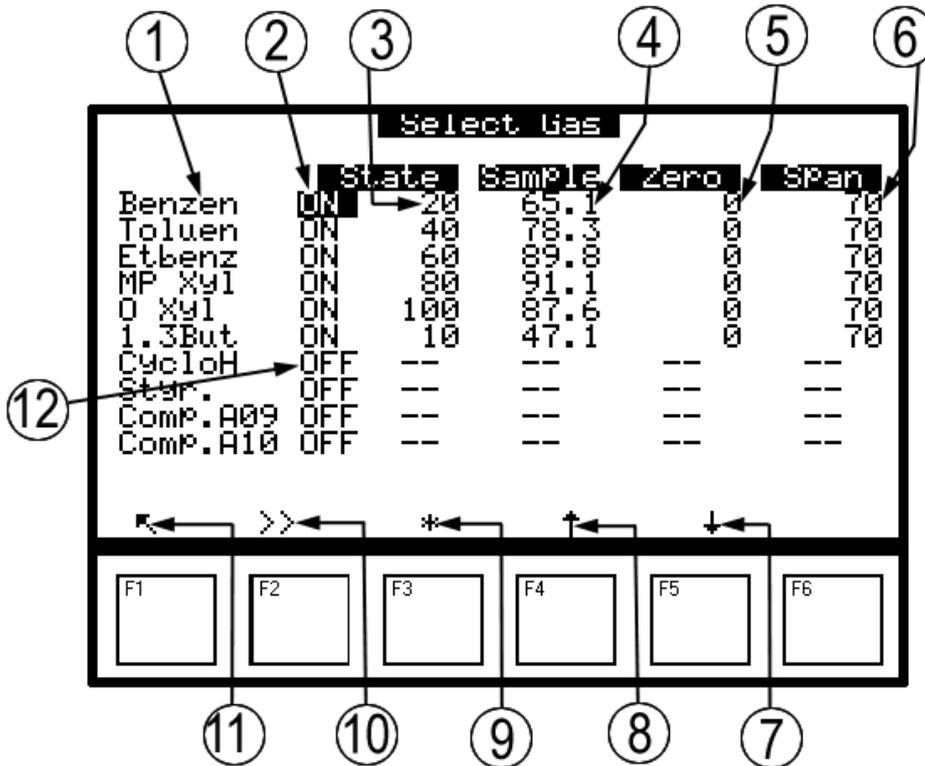


Der Standardwert des Koeffizienten K ist 1.

Die Veränderung des Koeffizienten K kann eine Ersatzlösung sein, wenn eine Änderung der Empfindlichkeit festgestellt wurde und kein Prüfgas für die Neukalibrierung des Analysators zur Verfügung steht.

3.3.3.2 KALIBRIERUNG ⇒ Prüfgaskonz

Auf diesem Bildschirm wird die Gasmischung für die automatische Kalibrierung des VOC72M ausgewählt.



(1) Verbindung 1 (Benzol)	(7) Weiter
(2) Verbindung ON = ausgewählt	(8) Zurück
(3) Elutionsfolge der Verbindung	(9) Änderung
(4) Konzentration der Prüfgasverbindung bei Verwendung des Probegaseingangs	(10) Nächster Bildschirm (Verbindungen 11 bis 20)
(5) Konzentration der Prüfgasverbindung bei Verwendung des Nullgaseingangs	(11) Rückkehr zum Kalibrierenü
(6) Konzentration der Prüfgasverbindung bei Verwendung des Prüfgaseingangs	(12) Auswahl der Verbindung OFF = ignoriert

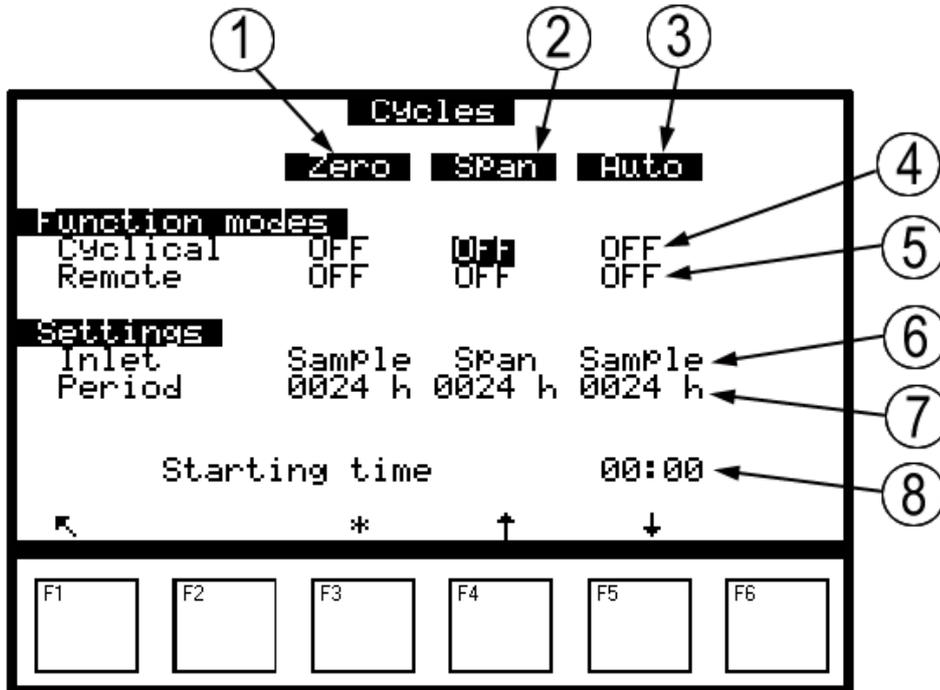
Es können bis zu 10 Verbindungen auf diesem Bildschirm angezeigt werden. Durch Druck auf [F2] werden die folgenden 10 Verbindungen angezeigt.

Die Elutionsfolge (3) ist eine ganze Zahl, die dem VOC72M Auskunft über die relative Position der Peaks der Verbindungen im Chromatogramm gibt:

Beispiel: Die oben angezeigte Elutionsfolge für Benzol ist 20. Die ganze Zahl 20 gibt an, dass der Peak von Benzol zwischen dem Peak von 1,3-Butadien (Elutionsfolge 10) und dem Peak von Toluol (Elutionsfolge 40) liegt. Die Elutionsfolge von Benzol könnte einen beliebigen ganzen Wert zwischen 11 und 39 einnehmen.

3.3.3.3 KALIBRIERUNG ⇒ Zeitsteuerung

Auf diesem Bildschirm lassen sich die manuellen, automatischen oder ferngesteuerten Zyklen für die Überprüfung des Nullpunkts, der Kalibrierung oder die automatische Kalibrierung programmieren.



- (1) Überprüfung des Nullpunkts
- (2) Überprüfung der Kalibrierung
- (3) Automatische Kalibrierung
- (4) Feld „Zyklisch“
- (5) Feld „Fernst“
- (6) Eingabefeld
- (7) Zeitdauerfeld
- (8) Startzeitfeld

Das Feld „Zyklisch“ (4) verwendet die interne Uhr des Analysators zum Start der Zyklen.

Das Feld „Fernst“ (5) wird für die Konfiguration der Fernsteuerung der Zyklen verwendet (optionale ESTEL-Karte). Der programmierte Zustand im Feld „Fernst“ (ON = aktiv, OFF = inaktiv) steuert die Reaktion des Analysators, wenn ein potenzialfreier Kontakt am Fernsteuerungseingang geschlossen wird.

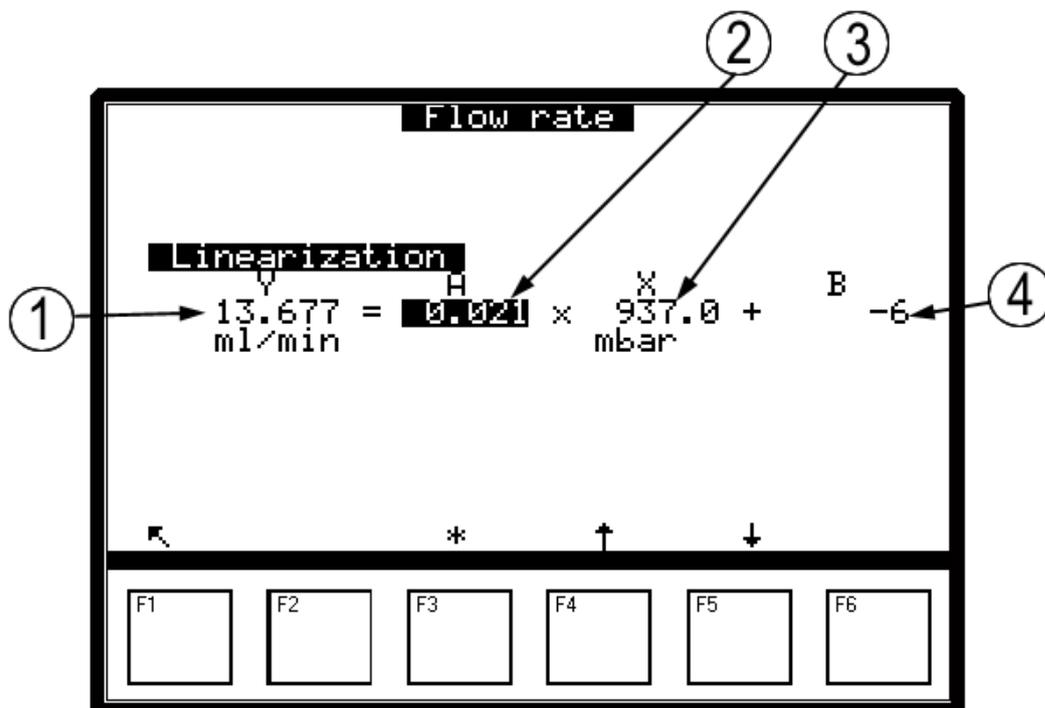
Die „Eingänge“-Felder (6) ermöglichen die Auswahl des für die automatischen Zyklen verwendeten Eingangs. Die Prüfgaskonzentrationen werden im Menü „KALIBRIERUNG ⇒ Prüfgaskonz“ programmiert

Im Feld „Startzeit“ (8) wird die Startzeit des automatischen Zyklus programmiert.

Das Feld „Zeitraum“ (7) definiert die Zeit, die zwischen zwei Zyklen liegt, wenn das Feld „Zyklisch“ auf ON steht. Um einen automatischen Zyklus zu unterdrücken, muss im Feld „Zeitraum“ (7) 000 h programmiert werden.

3.3.3.4 KALIBRIERUNG ⇒ Durchfluss

Dieser Bildschirm entspricht der Berechnung des Durchflusses auf Basis der Messung des Gasfallendrucks.



- (1) Berechneter Durchfluss der Gasfalle (Y)
- (2) Steigung (A)
- (3) Absoluter Druck der Gasfalle (X)
- (4) Nullpunkt (B)

Die Berechnung des Durchflusses erfolgt mit folgender Gleichung:

$$Y = A X + B$$

Y: Durchfluss in Millimetern pro Minute

A: Steigung

X: Absoluter Druck der Gasfalle in Millibar

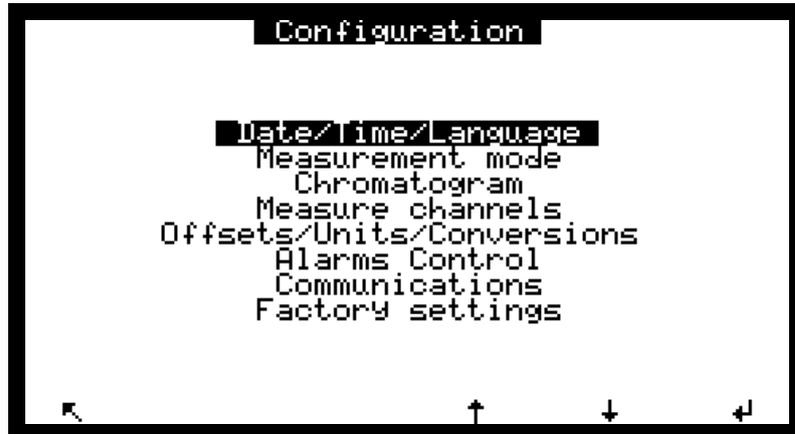
B: Nullpunkt

Die Berechnung des Durchflusses hat eine direkte Auswirkung auf die Messung der Verbindungen: Eine Verringerung um 10 % des berechneten Durchflusses entspricht einer identischen Reduzierung des Gasfallenvolumens (da die Probenahmezeit konstant ist) und führt dann zu einer Erhöhung um 10 % der für die gemessenen Verbindungen angezeigten Konzentrationen.

Es wird empfohlen, nach einer Kalibrierung des Durchflusses eine Kalibrierung der Verbindungen durchzuführen.

3.3.4 KONFIGURATION

Im Konfigurationsmenü kann der Analysator parametrierbar werden.



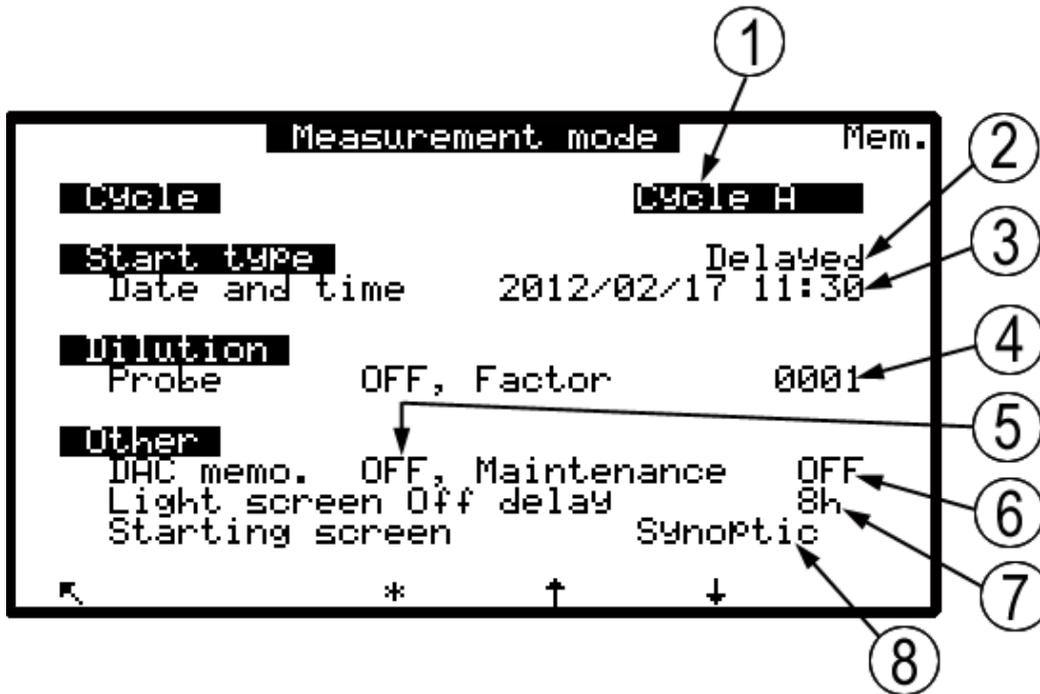
3.3.4.1 KONFIGURATION ⇒ Datum/Zeit/Sprache

Dieser Bildschirm ermöglicht die Einstellung der internen Uhr des Analysators sowie die Auswahl der angezeigten Sprache (Französisch, Englisch, Deutsch, Italienisch, Spanisch).

Hier wird außerdem die Versionsnummer der Software angezeigt, die bei einer Fehlfunktion anzugeben ist.



3.3.4.2 KONFIGURATION ⇒ Messmodus



(1) Feld „Zyklus“: Es stehen bis zu 8 Zyklen zur Verfügung. Jeder Zyklus entspricht einer anderen Konfiguration des Analysators. Die Bezeichnung des Zyklus ist in (1) angegeben. Auf diesem Bildschirm heißt der Zyklus „Zyklus A“: Diese Bezeichnung kann vom Nutzer mit den Tasten [↑], [↓], [*] geändert werden.

(2) Feld „Startart“: In diesem Feld wird die Startvoraussetzung des ersten Zyklus nach Druck der Taste „Start“ definiert. Für dieses Feld stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- **Sofort:** Der erste Zyklus startet sofort nach Betätigung der Taste F6 „Start“ in den Bildschirmen des Menüs „MESSUNG“.
- **Verzögert:**
 - Liegen Datum und Uhrzeit des Starts (3) in Bezug auf die Uhr des Analysators in der Zukunft, wird der erste Zyklus zum angegebenen Datum und zur angegebenen Uhrzeit gestartet (3). Beispiel: Zeigt die Uhr des Analysators 2012/02/08 08:00 an, startet der erste Zyklus am 17.02.2012 um 11:30 Uhr.
 - Liegen Datum und Uhrzeit des Starts (3) in Bezug auf die Uhr des Analysators in der Vergangenheit, wird der erste Zyklus so gestartet, dass er einer kompatiblen zeitlichen Planung in der Zukunft entspricht. Beispiel: Zeigt die Uhr des Analysators 2012/12/25 12:12 an, wird der erste Zyklus an demselben Tag um 12:15 Uhr starten, da die Zyklusdauer dazu führt, dass der folgende Zyklus um 12:30 Uhr startet, was der zeitlichen Planung von 11:30 Uhr entspricht. Bei einem Zyklus von 30 Minuten wäre der Start des ersten Zyklus erst um 12:30 Uhr, was einer zeitlichen Planung von 11:30 Uhr entspricht.

(4) Feld „Verdünnung“: In diesem Feld haben Sie Zugriff auf die Verdünnungsfunktion. Zum Messen von sehr hohen Konzentrationen (z. B. industrielle Umgebung) müssen diese so reduziert werden, dass ihre Werte den Analysatorbereichen entsprechen. Dies geschieht durch Integration eines Verdünnungssystems in der Probenahmelinie, um Folgendes zu erreichen:

$$C_{\text{ANALYSATOREINGANG}} = C_{\text{PROBE}} / K \text{ Verdünnung}$$

Die Anzeige der tatsächlichen Konzentration wird erreicht, indem die gemessene Konzentration mit einem Koeffizienten multipliziert wird.

Steht das Feld „Sonde“ auf **ON**, nimmt der Analysator an, dass ein Verdünnungssystem vorgeschaltet ist, und verwendet den entsprechenden Verdünnungskoeffizienten (4) für die gemessene Konzentration.

Feld „Divers“:

- **CNA memo**: Wenn dieses Feld aktiviert ist (**ON**) (5), sind in den Zyklen NULL oder KAL die letzten Messwerte der Analogausgänge „eingefroren“, damit bestimmte Datenerfassungen nicht gestört werden. Hierfür ist die optionale ESTEL-Karte erforderlich.
- **Wartung**: Ist dieses Feld aktiv (**ON**) (6), werden das Wartungsrelais betätigt (sofern die optionale ESTEL-Karte installiert ist) und die Wartungsmeldung zum Bildschirm sowie zu den Kommunikationsschnittstellen (Ethernet oder optionales RS4i) gesendet.
- **Standby LCD-Bildschirm**: Hier kann die Zeit (7) programmiert werden, nach der der Bildschirm in den Standby-Modus schaltet, wenn keine Taste betätigt wird.
- **Startbildschirm**: In diesem Feld kann der Bildschirm ausgewählt werden, der nach dem Vorheizen beim Start des Analysators angezeigt wird. 4 Optionen stehen zur Auswahl: *Momentanwerte*, *Fließbild Diagnose*, *Mittelwert*, *Trendausgabe*, entsprechend dem Menü MESSUNG.

3.3.4.3 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm

In diesem Menü haben Sie Zugang auf die Einstellparameter der Chromatographie-Analyse (CPG).

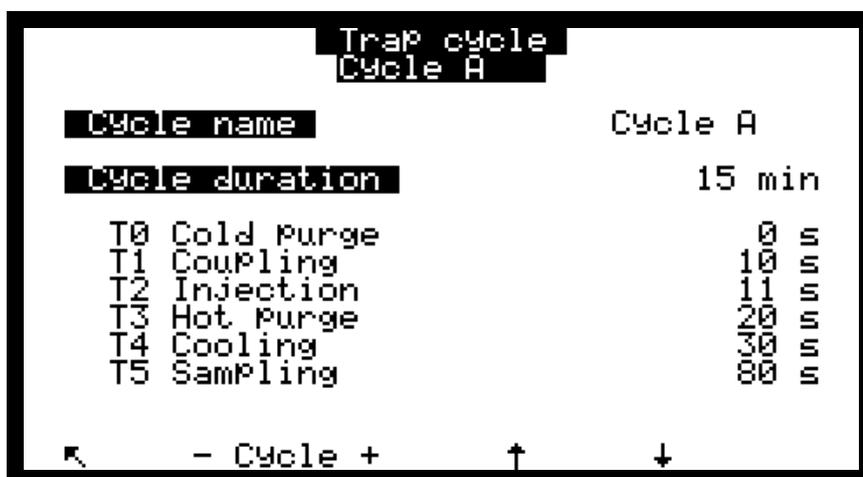


ACHTUNG: Die Änderung der Parameter der CPG führt zur Ungültigkeit der Retentionszeit und der Kalibrierung.



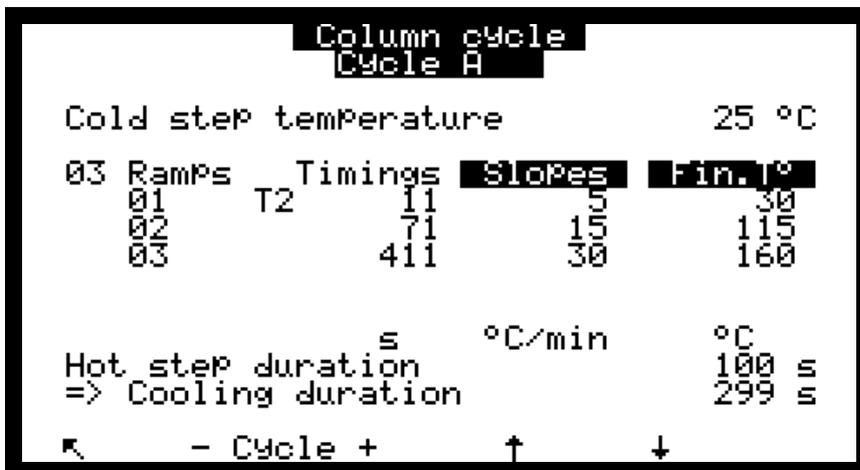
3.3.4.3.1 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Gasfallenzzyklus

Auf diesem Bildschirm lässt sich das Timing der Gasfalle innerhalb des Analysezyklus definieren.



3.3.4.3.2 *KONFIGURATION* ⇒ *Chromatogramm* ⇒ *Säulenzklus*

Auf diesem Bildschirm lässt sich das thermische Programm der Chromatographiesäule innerhalb des Analysezyklus parametrieren.



Der obige Bildschirm entspricht einem Zyklus von 15 Minuten (oder 900 Sekunden) mit 3 thermischen Rampen:

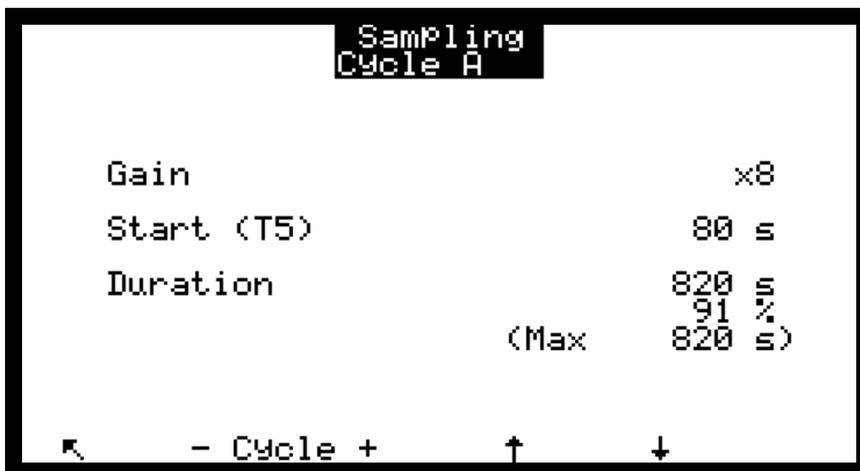
Start 25 °C, 5 °C/min bis 30 °C, 15 °C/min bis 115 °C, 30 °C/min bis 160 °C, Warmstufe auf 160 °C während 100 Sekunden vor Abkühlung



Der Analysator ist für bis zu 5 thermische Rampen, eine Aufheizgeschwindigkeit von 30 °C/Minute und eine maximale Temperatur der Säule von 170 °C ausgelegt.

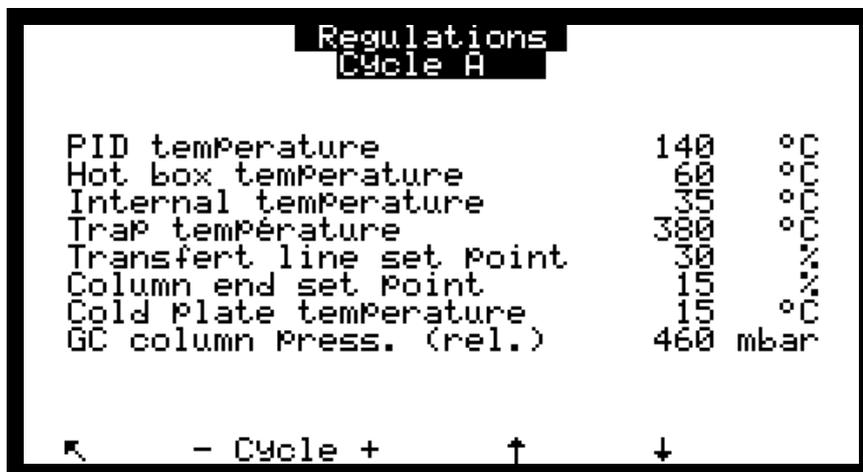
3.3.4.3.3 *KONFIGURATION* ⇒ *Chromatogramm* ⇒ *Probenahme*

Auf diesem Bildschirm lässt sich die Verstärkung des Detektors einstellen. Außerdem wird der Probenahmegrad angezeigt (91 % der Zyklusdauer im untigen Beispiel).



3.3.4.3.4 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Einstellungen

Auf diesem Bildschirm lassen sich die festen Sollwerte der Regelung von Temperatur (°C), Druck (mbar) und Leistung (%) für die Analysatorelemente definieren.



3.3.4.3.5 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Verbindungen

Auf diesem Bildschirm wird die Liste der Verbindungen mit ihrer Retentionszeit (TR) angezeigt. Es können bis zu 8 Verbindungen auf einem Bildschirm angezeigt werden.

Nb Compounds	Compound	RT
1	Benzen	224.32 s
2	Toluen	318.8 s
3	Etbenz	403.72 s
4	MP Xyl	410.64 s
5	O Xyl	429.88 s
6	1.3But	79.08 s
7	CycloH	210.2 s
8	Styr.	426.3 s

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

Durch Auswahl von [Neue Verbindung] und Druck auf F3 [*] wird der aktuellen Liste eine zusätzliche Verbindung zugefügt.

Durch Druck auf F6 [→] werden die folgenden 8 Verbindungen angezeigt, sofern vorhanden.

Durch Auswahl von [1 Benzol ...] (so wie oben angezeigt) und Druck auf F3 [*] gelangen Sie zum Bildschirm der ersten Verbindung, wie er hier zu sehen ist:

Compound	01/08	Benzen
Retention time		224.32 s
Delta RT		2 s
Factor		6.9751
Minimum area		0 U.s
Unit		ug/m3
Conversion		1
(1 ppb = X.XXX ugr/m3)		

Auf diesem Bildschirm lässt sich für jede Verbindung Folgendes parametrieren:

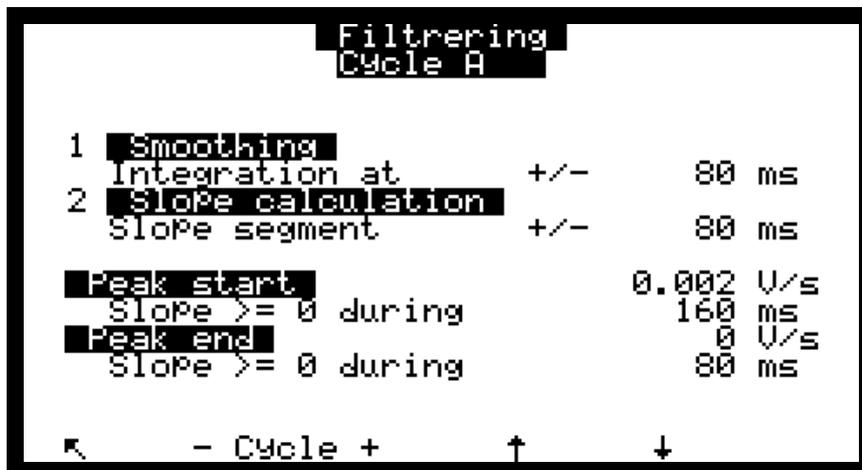
- („Retentionszeit“) (RT)
- Erfassungsfenster („Delta TR“)
- „Ansprechkoeffizient“
- „Mindestfläche“, oberhalb derer der Peak für eine eventuelle Konzentrationsberechnung berücksichtigt wird

HINWEIS: Die „Retentionszeit“ (RT) und der „Koeffizient“ werden durch die Kalibrierung definiert. Sie können manuell über Tastenfeld oder automatisch durch die automatische Kalibrierung aktualisiert werden.

Die Maßeinheit wird ebenfalls in diesem Menü ausgewählt. Zur Verfügung stehen ppt, ppb, µg/m3. Die ausgewählte Einheit wird für die Anzeige der Werte verwendet.

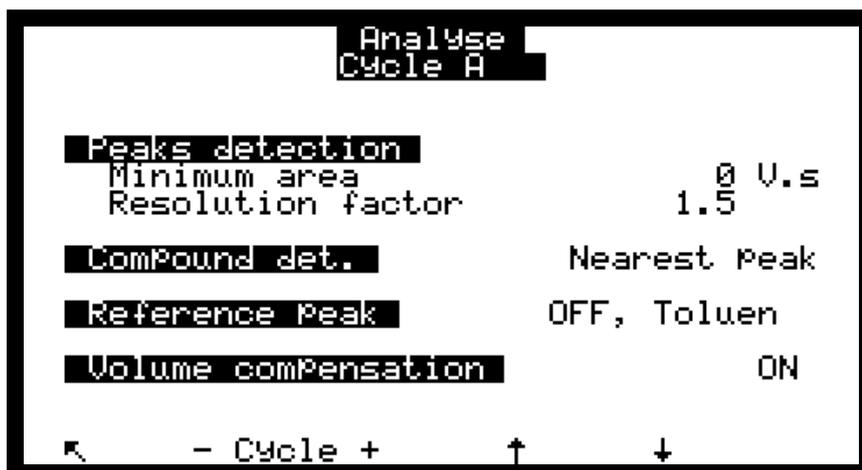
3.3.4.3.6 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Filterung

Auf diesem Bildschirm werden die Parameter definiert, die zur Erfassung des Anfangs und des Endes der chromatographischen Peaks dienen.



3.3.4.3.7 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Analyse

Auf diesem Bildschirm werden die Parameter der Analyse der chromatographischen Peaks definiert.

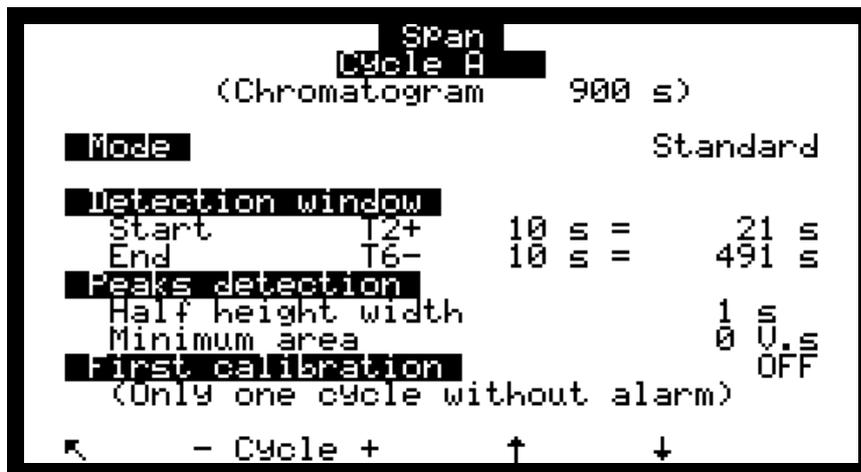


Der „Auflösungskoeffizient“ wird zur Definition der Darstellung der Basislinien (Basis oder Tal) bei angrenzenden chromatographischen Peaks abhängig von ihrer Trennung verwendet.

- HINWEIS:** – Das Feld „Referenzpeak“ muss auf OFF bleiben: Der VOC72M muss keine relativen Retentionszeiten verwenden.
- Das Feld „Volumenausgleich“ muss auf ON bleiben, da ansonsten die Konzentrationsmessungen abhängig vom Druck der Probe variieren können.

3.3.4.3.8 KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Kalibrierung

Auf diesem Bildschirm kann die automatische Kalibrierung des Analysators konfiguriert werden.



Das Feld „Modus“ kann mit **Standard** konfiguriert werden für eine Kalibrierung nur der Ansprechkoeffizienten oder mit **TR & Konz** für eine kombinierte Kalibrierung der Retentionszeiten und der Ansprechkoeffizienten.

Das Feld „Erfassungsfenster“ definiert den Bereich des Chromatogramms, der für die automatische Kalibrierung der Retentionszeiten verwendet wird. Die vor T2 und nach T6 erfassten Peaks werden ignoriert.

Das Feld „Peak-Detektion“ bestimmt eine Breite auf halber Höhe und eine Mindestfläche für die Erfassung der Peaks. Schmälerer Peaks oder Peaks mit geringerer Fläche werden ignoriert.

Wenn das Feld „Erste Kalibrierung“ auf ON gesetzt ist, kann die automatische Kalibrierung den Fehler 64 für den Ansprechkoeffizienten der Verbindungen ignorieren. Das Feld „Erste Kalibrierung“ bleibt bis zur nächsten Kalibrierung auf ON und wird dann automatisch auf OFF gesetzt.

HINWEIS: Nach einer automatischen Kalibrierung muss der neue Ansprechkoeffizient um weniger als 50 % in Bezug auf den alten Koeffizienten abweichen (Unterschied höher als 50 % ⇔ Fehler 64). Der Zustand ON gilt nur für die folgende automatische Kalibrierung.

3.3.4.4 KONFIGURATION ⇒ Messkanäle

Auf diesem Bildschirm lassen sich für jeden Messkanal der Parameter, das Anzeigeformat und die Einheit auswählen. Die Programmierung der Messkanäle ermöglicht die Anzeige (auf den Bildschirmen „MESSUNG ⇒ Momentantwerte“ oder „MESSUNG ⇒ Mittelwert“) und die Speicherung (Menü „DATENSPEICHER“) anderer Parameter als den standardmäßig angezeigten (BTEX), beispielsweise der Innentemperaturen oder der Analogeingänge (bei ESTEL-Option).

Measure channels				Mem.
Channels number				0%
Nb	Channels	Formats	Units	
1	Benzen	Auto.	ug/m ³	
2	Toluen	Auto.	ug/m ³	
3	Etbenz	Auto.	ug/m ³	
4	MP Xyl	Auto.	ug/m ³	
5	O Xyl	Auto.	ug/m ³	
6	1.3But	Auto.	ug/m ³	
7	CycloH	Auto.	ug/m ³	
8	Styr.	Auto.	ug/m ³	

Navigationssymbole: ↩ >> * ↑ ↓

- Die „Formate“-Felder werden zur Auswahl des Anzeigeformats aus 4 Möglichkeiten (X.XXX, XX.XX, XXXX.X, XXXX) verwendet. Im Format „Auto.“ wird die Position des Kommas gesteuert, um permanent die beste Auflösung anzuzeigen.
- Das Feld „Einheiten“ enthält die in den Bildschirmen „KONFIGURATION ⇒ Offsets/Einheiten/Umrechnung“ und „KONFIGURATION ⇒ Analogeingänge“ programmierten Einheiten.

3.3.4.5 KONFIGURATION ⇒ Offsets/Einheiten/Umrechnung

Auf diesem Bildschirm wird der Offset programmiert: Dieser Wert wird zu den Messwerten hinzuaddiert. Dieser Bildschirm wird außerdem für die Programmierung der Umrechnungsfaktoren von ppb auf $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verwendet, wenn die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewählt ist. Der Benutzer muss den geeigneten Umrechnungsfaktor eintragen.

Offsets/Units/Conversions				
Nb	Signal	Offset	Unit	Convers.
1	Benzen	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
2	Toluen	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
3	Etbenz	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
4	MP Xyl	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
5	O Xyl	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
6	1.3But	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
7	CycloH	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
8	Styr.	0	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1

Navigation: ← >> * ↑ ↓

3.3.4.6 KONFIGURATION ⇒ Alarmverwaltung

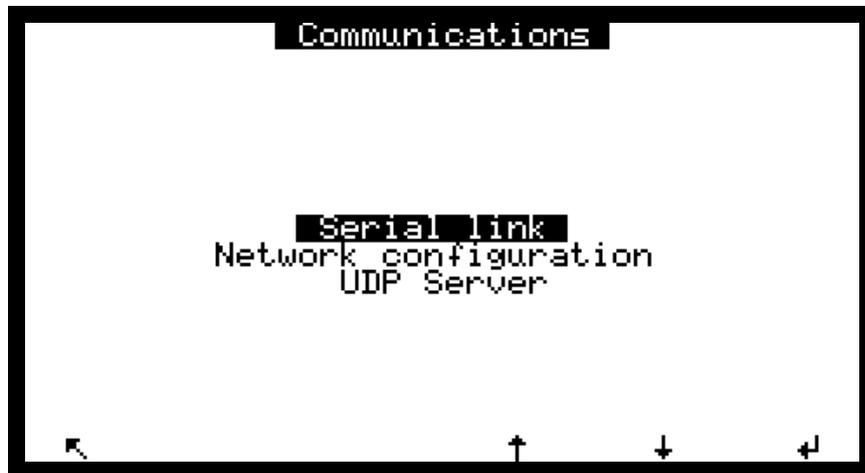
Pro Parameter sind 2 Grenzwerte programmierbar: Grenzwert 1 und Grenzwert 2; mit ihnen lassen sich die Relais und die Alarmmeldungen aktivieren. Steht das Feld „Anzeige Fehlerstatus“ auf „OFF“, sind die Anzeige und die Alarmrelais inaktiv.

Alarms Control				
Alarms display ON				
Nb	Signal	threshold 1	threshold 2	
1	Benzen	9999	9999	
2	Toluen	9999	9999	
3	Etbenz	9999	9999	
4	MP Xyl	9999	9999	
5	O Xyl	9999	9999	
6	1.3But	9999	9999	
7	CycloH	9999	9999	
8	Styr.	9999	9999	

Navigation: ← >> * ↑ ↓

3.3.4.7 KONFIGURATION ⇒ Kommunikationen

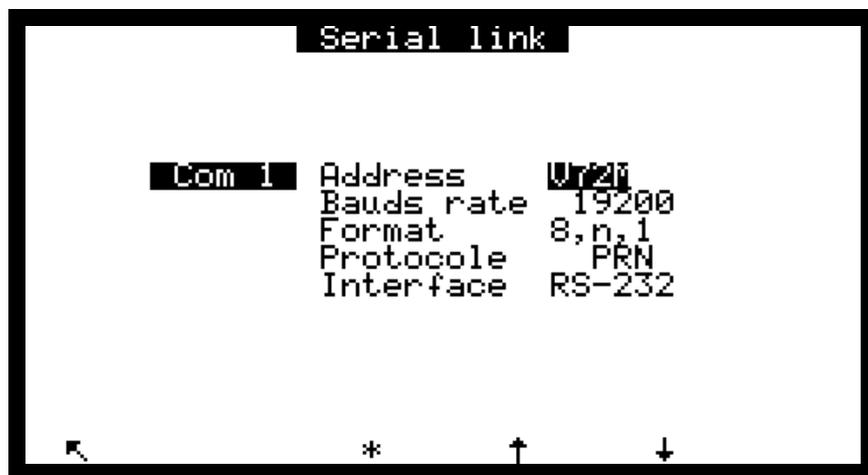
Dieses Menü dient der Konfiguration der verschiedenen Kommunikationsschnittstellen des Analysators mit der Außenwelt.



3.3.4.7.1 KONFIGURATION ⇒ Kommunikation ⇒ serielle Schnittstelle

Dieser Bildschirm wird für die Konfiguration der seriellen Schnittstelle (COM 1) verwendet. COM2 ist für die Kommunikation mit der Modulkarte reserviert. Adresse, Geschwindigkeit, Format und Kommunikationsprotokoll der seriellen Schnittstelle COM1 sind konfigurierbar:

- Adresse des Analysators: programmierbar mit 4 Zeichen.
Standardmäßig wird der auf 4 Zeichen abgekürzte Name des Analysators verwendet: V72M
- Kommunikationsgeschwindigkeit der seriellen Schnittstelle in Baud: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400
- Format: 7,n,1; 7,o,1; 7,e,1; 7,n,2; 7,o,2; 7,e,2; 8,n,1; 8,o,1; 8,e,1; 8,n,2; 8,o,2; 8,e,2
- Kommunikationsprotokoll: Mode4, JBUS, PRN (Drucker), BAYERN
- Schnittstelle: RS-422, RS-232.

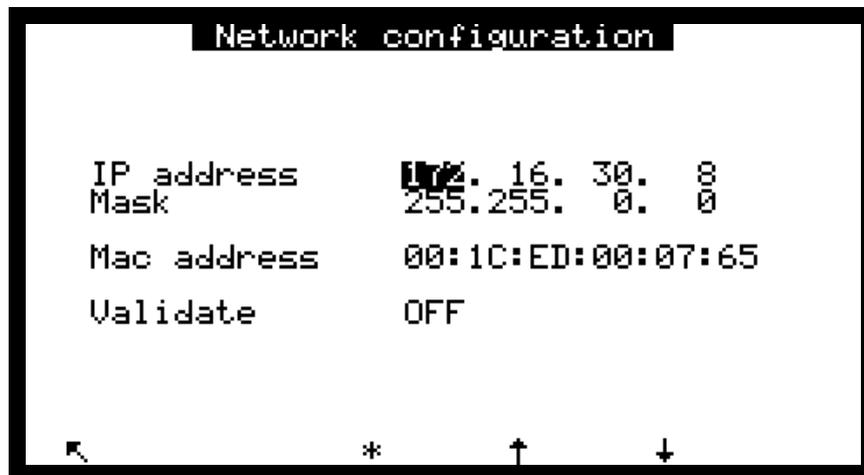


Funktion der bildschirmspezifischen Tasten:

Mit der Taste F3 [*] lässt sich das ausgewählte Feld verändern, die Tasten F4 [↑] und F5 [↓] werden für die Navigation in den Menüs und den Auswahllisten verwendet, mit der Taste F1 [↶] kehren Sie zum vorherigen Bildschirm zurück.

3.3.4.7.2 KONFIGURATION ⇒ Kommunikation (DNP-Arm7) ⇒ Netzwerkkonfiguration

Auf diesem Bildschirm wird die Netzwerkverbindung konfiguriert.



- Das Feld „IP-Adresse“ wird zur Identifizierung des Geräts im LAN verwendet. Sie wird dezimal mit vier Zahlen zwischen 0 und 255, getrennt durch Punkte, angegeben.
- Das Feld „Maske“ wird zur Konfiguration des Nebennetzes verwendet.
- Das Feld „MAC-Adresse“ wird zur Identifizierung des Analysators verwendet: Der Wert dieses Feldes ist spezifisch für die DNP-Arm7-Karte im Gerät und ist nicht veränderbar. Hiermit lässt sich also diese Karte identifizieren.
- Das Feld „Validierung“ auf ON/OFF ermöglicht die Validierung oder nicht der vorgenommenen Parametrierung.

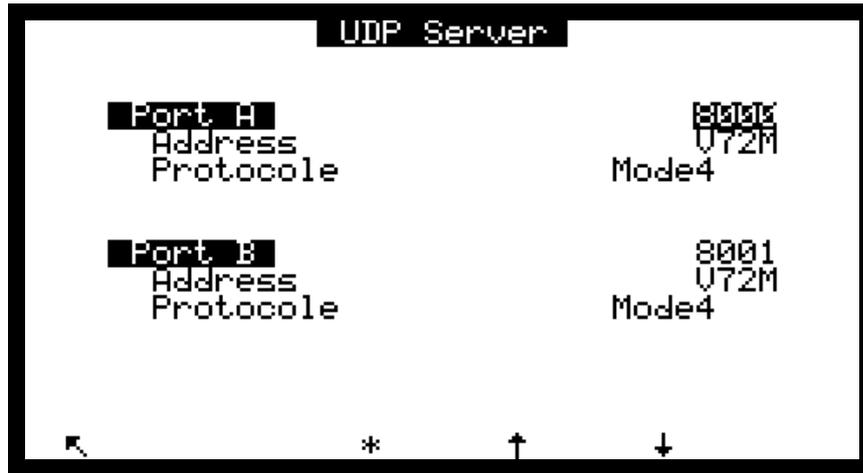
Funktion der bildschirmspezifischen Tasten:

Mit der Taste F3 [*] lässt sich das ausgewählte Feld verändern, die Tasten F4 [↑] und F5 [↓] werden für die Navigation in den Menüs und den Auswahllisten verwendet, mit der Taste F1 [↶] kehren Sie zum vorherigen Bildschirm zurück.

3.3.4.7.3 KONFIGURATION ⇒ Kommunikation) ⇒ UDP-Server

Auf diesem Bildschirm werden die Adressen, die Schnittstellennummern und das Kommunikationsprotokoll des UDP-Servers (User Datagram Protocol) konfiguriert:

- Schnittstellenummer UDP A und B: programmierbar von 1000 bis 9999
- Adresse: mit 4 Zeichen programmierbar.
Standardmäßig: der Name des Analysators mit 4 Zeichen: V72M
- Kommunikationsprotokoll: Mode 4, BAYERN, JBUS.



Funktion der bildschirmspezifischen Tasten:

Mit der Taste F3 [*] lässt sich das ausgewählte Feld verändern, die Tasten F4 [↑] und F5 [↓] werden für die Navigation in den Menüs und den Auswahllisten verwendet, mit der Taste F1 [↶] kehren Sie zum vorherigen Bildschirm zurück.

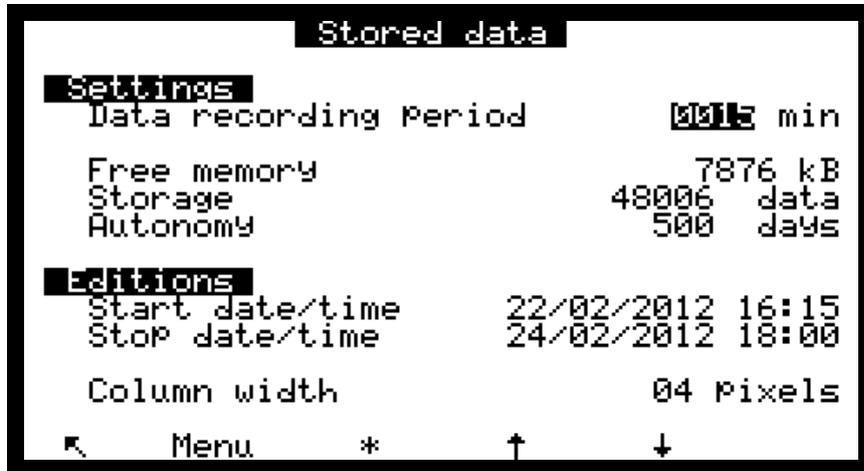
3.3.4.8 KONFIGURATION ⇒ Werkseinstellungen

Durch Druck der Taste [↵] in diesem Bildschirm wird der nächste Bildschirm angezeigt.



3.3.5 DATENSPEICHER

Der Zugriff auf die Verwaltung der gespeicherten Daten erfolgt direkt aus dem Hauptmenü. Die gespeicherten Daten sind der Durchschnitt der vom Gerät in einem definierten Intervall durchgeführten Messungen.



Auf diesem Bildschirm lässt sich die Datenspeicherdauer von 1 bis 1440 min (d. h. 24 h) einstellen. Es wird eine Datenspeicherdauer empfohlen, wenn ein Zyklus von 15 Minuten mit Synchronisierung verwendet wird.

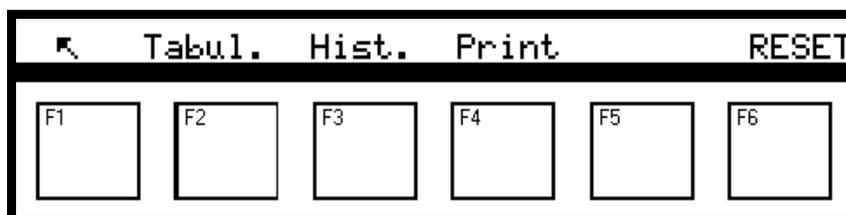
Dieser Bildschirm gibt außerdem Auskunft über den Zustand des Speichers:

- Verfügbarer Speicher: 32452 KB.
- Datensätze: Dies ist die maximal mögliche Zahl der Datensätze; sie hängt vom verfügbaren Speicher ab.
- Autonomie: Dauer, während der der Speicher unter Berücksichtigung des verfügbaren Speichers und der Speicherzeit die Daten vor Sättigung speichern kann. Obiges Beispiel: 2060 Tage.

HINWEIS: Der verfügbare Speicher ist 2060 Tage, wie auf diesem Bildschirm angegeben. Die Betriebssoftware des Analysators jedoch ist für eine Autonomie von 365 Tagen programmiert.

Die Daten können in Form einer Tabelle oder eines Histogramms dargestellt werden: Dieser Bildschirm ermöglicht die Programmierung von Datum und Uhrzeit für Beginn und Ende der Darstellung sowie der Spaltenbreite des Histogramms.

Durch Druck der Taste F2 [Menü] kann der Benutzer die Funktion der Tasten dieses Bildschirms ändern:



Diese Tasten geben Zugriff auf die Anzeigefunktionen: [F2] Tabelle oder [F3] Histogramm, [F4] Ausdruck, [F6] Rücksetzung des Speichers.

Darstellung der gespeicherten Daten in Form einer Tabelle:

Dieser Bildschirm zeigt die Liste der für die im vorhergehenden Bildschirm definierten Parameter gespeicherten Daten. Der in der Zustandsspalte angezeigte Code gibt den Zustand des Analysators während der Speicherzeit wieder (Messung, Null, Kalibrierung).

Beschreibung der Statuscodes:

- 00 Messung gültig
- 01 Überschreitung Bereich 2
- 02 Allgemeiner Alarm
- 04 Fehler Kalibrierung
- 08 Nullmessung
- 10 Kalibriermessung
- 20 Wartung
- 40 Weniger als 2/3 der Messung gültig während des Durchschnittsintervalls
- 80 Fehler Speisung
- FF Änderung der Konfiguration

Der angezeigte Statuscode entspricht der Summe der Statuscodes (Hexadezimalzahlen) während der Speicherzeit.

Beispiel: bei einer Durchschnittsdauer von 20 min:

5-minütige Nullluftaufgabe und 15-minütige Messung ergeben den Statuscode 00; der angezeigte Messwert entspricht dem Durchschnittsmesswert der 15-minütigen Messung.

11-minütige Nullluftaufgabe und 9-minütige Messung ergeben den Statuscode 08; der angezeigte Messwert entspricht dem Durchschnittsmesswert der 11-minütigen Nullluftaufgabe.

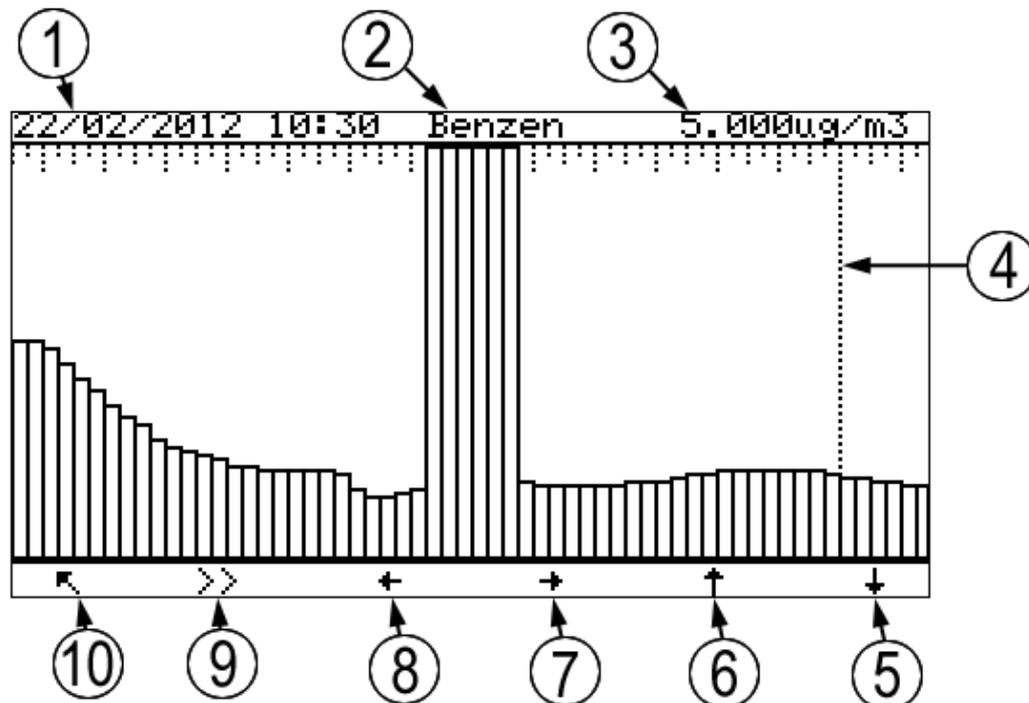
Date/Time	Status	Benzen ug/m3	Toluen ug/m3	Etbenz ug/m3
22/02/2012 16:15	00	0.751	3.364	2.075
22/02/2012 16:30	00	0.769	3.674	2.169
22/02/2012 16:45	00	0.792	4.168	2.332
22/02/2012 17:00	00	0.820	4.261	2.499
22/02/2012 17:15	00	59.35	71.16	79.73
22/02/2012 17:30	00	59.62	71.24	79.86
22/02/2012 17:45	00	59.70	71.30	79.82
22/02/2012 18:00	00	59.94	71.64	80.22
22/02/2012 18:15	00	59.85	71.63	80.25
22/02/2012 18:30	00	59.67	71.17	79.73
22/02/2012 18:45	00	0.929	4.668	2.731
22/02/2012 19:00	00	0.895	4.507	2.382

Definition der bildschirmspezifischen Tasten:

- [↑] [↓] Zur Auswahl der vorhergehenden oder der nächsten Seite.
- [^] [v] Zur Auswahl des Beginns oder des Endes der gespeicherten Daten.
- [>>] Zur Anzeige der anderen Messkanäle, falls im Bildschirm „KONFIGURATION ⇔ Messkanäle“ mehr als 3 Kanäle programmiert wurden.

Darstellung der gespeicherten Daten in Form eines Histogramms:

Dieser Bildschirm zeigt die Aufzeichnungen in Spaltenform an. Jede Spalte entspricht dem Messdurchschnitt für den im Bildschirm „DATENSPEICHER“ definierten Speicherzeitraum. Es wird nur ein Messkanal auf einmal angezeigt. Die Informationszeile zeigt Datum und die Uhrzeit der ersten Aufzeichnung, die Bezeichnung des Kanals sowie abwechselnd blinkend den Messbereichsendwert mit der entsprechenden Einheit und den Speicherzeitraum an.



- (1) Datum und Uhrzeit der ersten Darstellung
- (2) Name der Verbindung
- (3) Endwert
- (4) Marke 00:00 Uhr für Tagwechsel
- (5) Verkleinerung der Darstellung (Erhöhung des Endwerts)
- (6) Vergrößerung der Darstellung (Verringerung des Endwerts)
- (7) Inkrementierung der Speicherzeit
- (8) Dekrementierung der Speicherzeit
- (9) Nächste Verbindung
- (10) Rückkehr zum Datenspeichermenü

Ausdruck der gespeicherten Daten

Zum Ausdruck der Daten drücken Sie die Taste **[Drucken]** im Menü des Bildschirms „DATENSPEICHER“. Blinkt auf dem Bildschirm die Meldung „Druck läuft...“, zeigt dies die Datenausgabe an. Der Ausdruck der Daten kann jederzeit durch Druck der Taste F1 unterbrochen werden. Sobald der Druckvorgang abgeschlossen ist, zeigt der Bildschirm die Meldung „Druckvorgang abgeschlossen“ an.

Wurde kein Kommunikationsanschluss am Druckerausgang (serieller Anschluss) programmiert, wird die Fehlermeldung „COM nicht programmiert“ angezeigt.

Zur Programmierung des Modus „Print“ muss die serielle Schnittstelle im PRN-Modus mit Hilfe des Bildschirms „KONFIGURATION ⇒ Kommunikation (DNP-Arm7) ⇒ serielle Schnittstellen“ parametrieret werden.

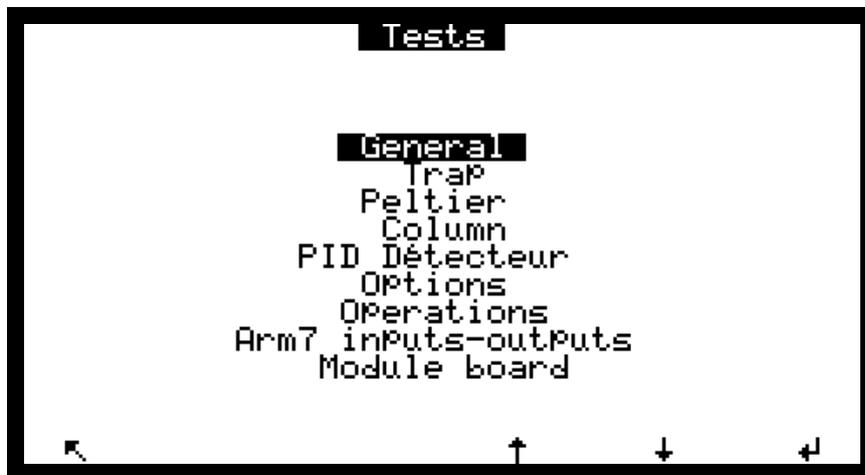


Rücksetzung des Speichers

Mit der Taste **RAZ** lässt sich der Speicher leeren. **Dieser Vorgang kann nicht rückgängig gemacht werden:** Vor seiner Durchführung fordert die Software eine Bestätigung. Lautet die Antwort des Benutzers „JA“, werden Datum und Uhrzeit des Darstellungsendes auf das aktuelle Datum und die aktuelle Uhrzeit gesetzt.

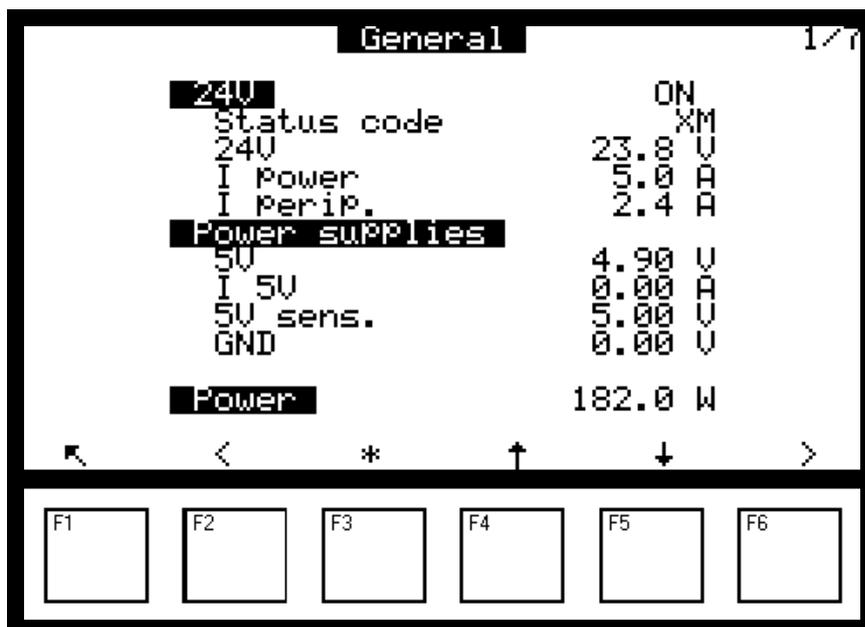
3.3.6 TEST

Über dieses Menü erhalten Sie Zugriff auf weitere, nicht auf dem Bildschirm „MESSUNG ⇒ Fließbild Diagnose“ angezeigte Parameter.

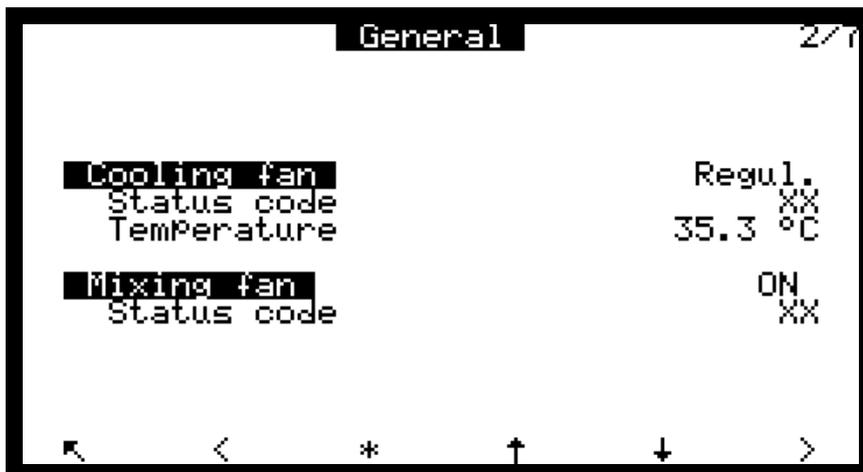


3.3.6.1 TEST ⇒ Allgemein

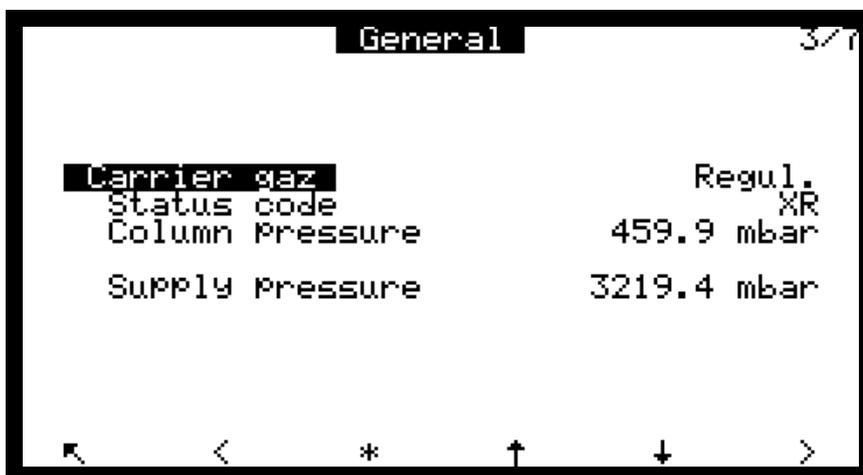
Auf dem Bildschirm 1/7 wird die Spannung, die Stromstärke und die Leistung der verschiedenen internen Speisungen angezeigt.



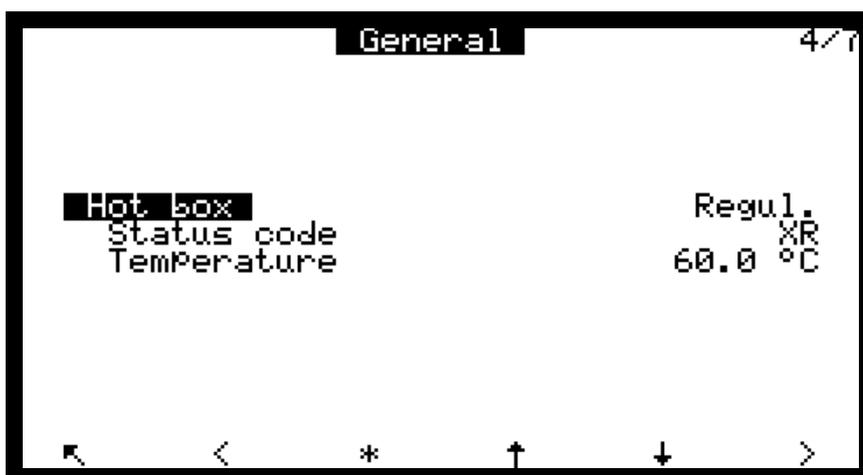
Auf dem Bildschirm 2/7 werden die Parameter für die Regelung der Innentemperatur angezeigt:



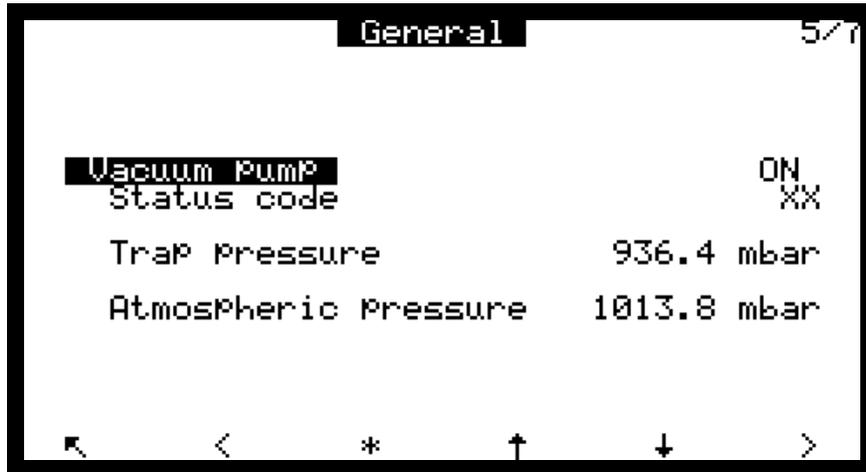
Auf dem Bildschirm 3/7 werden die Parameter für die elektronische Druckregelung der Säule angezeigt.



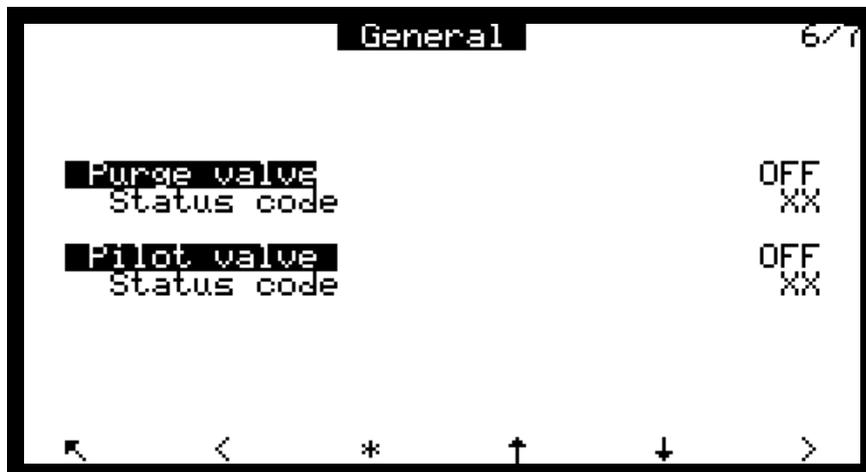
Auf dem Bildschirm 4/7 werden die Parameter für die Temperaturregelung der Hot-Box angezeigt.



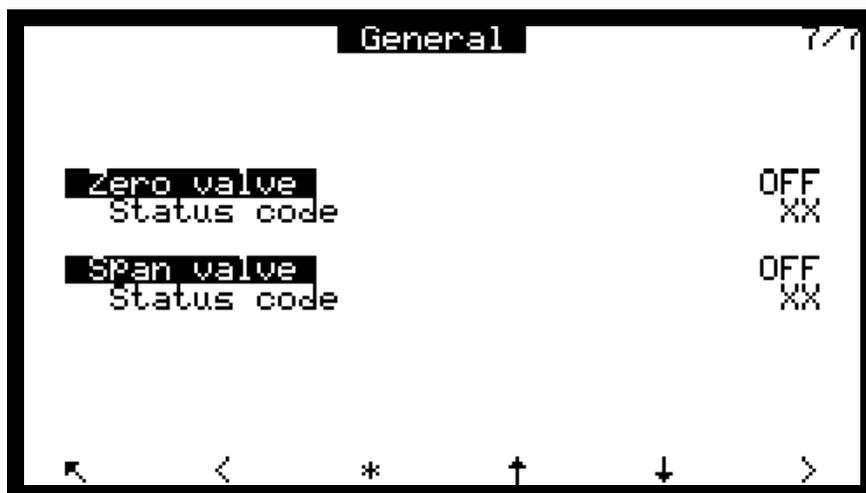
Auf dem Bildschirm 5/7 werden die Parameter für die Vakuumpumpe und die Drucksensoren der Gasfalle und des Atmosphärendrucks angezeigt.



Auf dem Bildschirm 6/7 werden die Parameter für die Steuerung der Pilot- und Spülventile angezeigt.

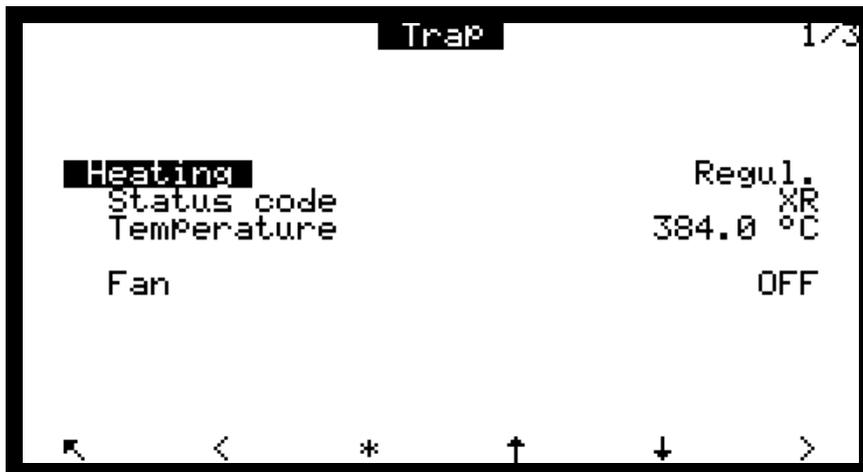


Auf dem Bildschirm 7/7 werden die Parameter für die Steuerung der optionalen Null- und Kalibrierventile angezeigt.

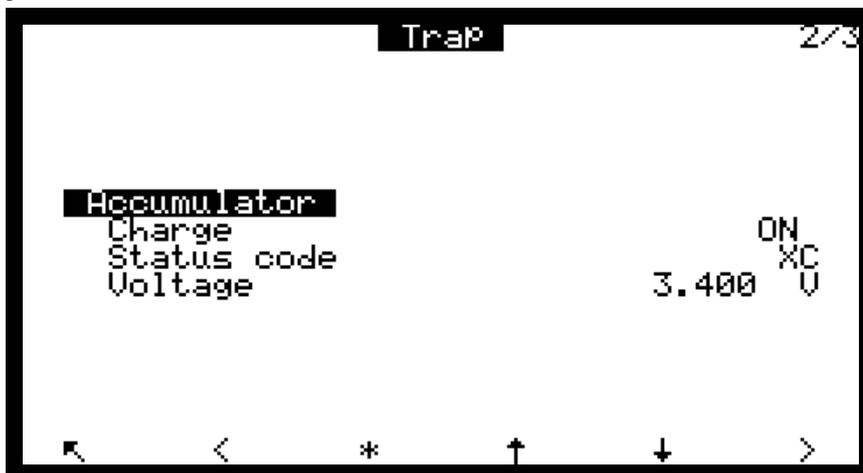


3.3.6.2 TEST ⇒ Gasfalle

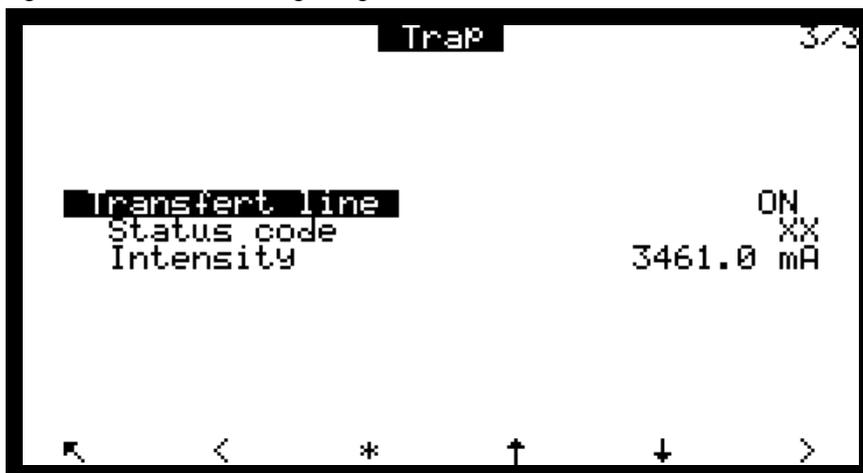
Auf dem Bildschirm 1/3 werden die Temperatur der Gasfalle und der Zustand (ON-OFF) des Kühllüfters angezeigt.



Auf dem Bildschirm 2/3 werden die Spannung der Batterie und der Zustand des Ladegeräts (ON/OFF) angezeigt.

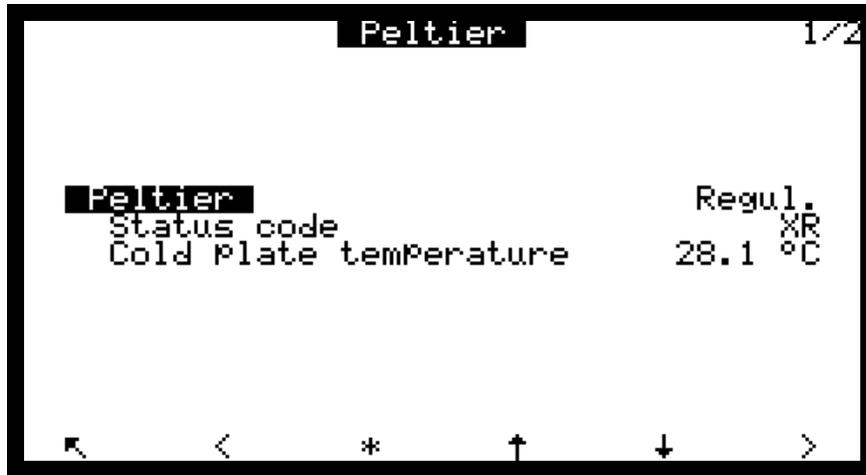


Auf dem Bildschirm 3/3 werden die Steuerung der Heizung der Transferlinie (ON-OFF) und der sich daraus ergebende Heizstrom angezeigt.



3.3.6.3 TEST ⇒ Peltier

Auf dem Bildschirm 1/2 werden der Zustand des Peltiermoduls (Regul.-OFF) und die Temperatur der Kaltplatte angezeigt.

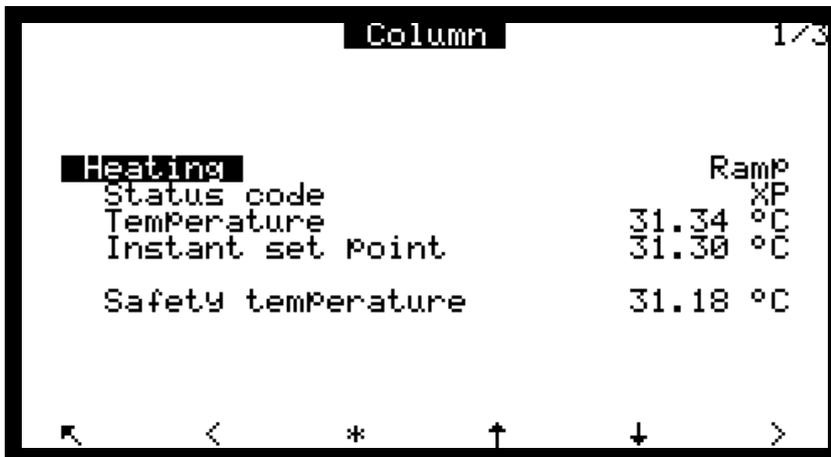


Auf dem Bildschirm 2/2 werden der Zustand der externen Lüfter (Regul.-OFF) und die Temperatur des Kühlkörpers angezeigt.

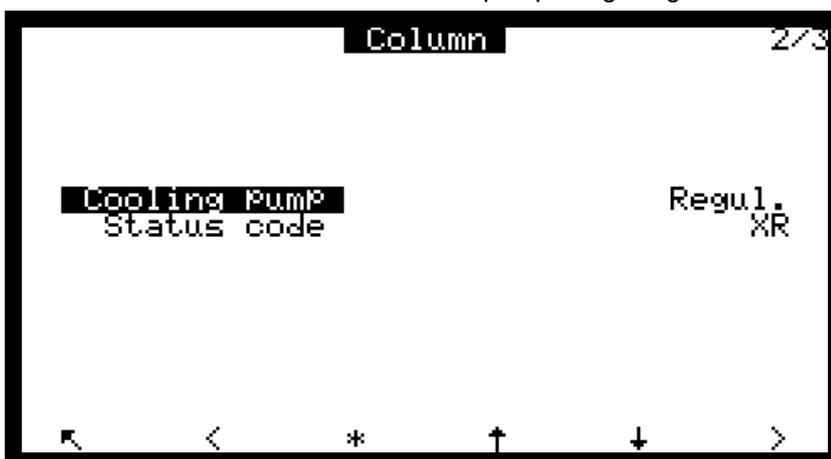


3.3.6.4 TEST ⇒ Säule

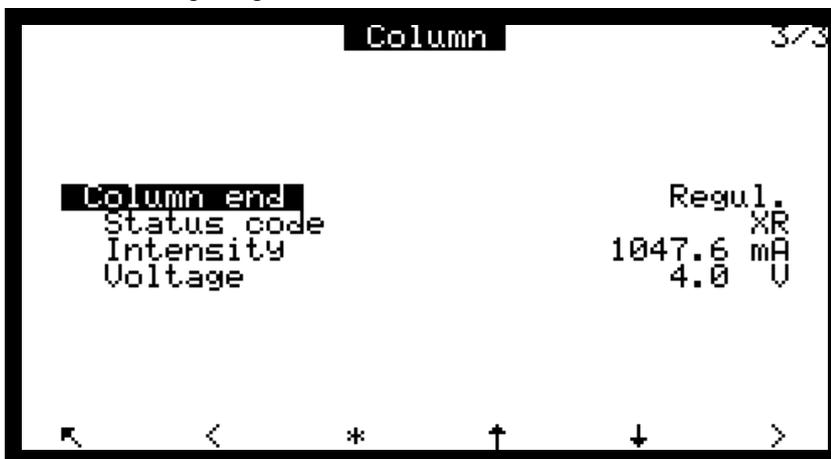
Auf dem Bildschirm 1/3 werden die Temperatur der Chromatographiesäule, die Soll-Momentantemperatur der Rampe während der Aufheizung und die vom Sicherheitssensor der Säule gemessene Sicherheitstemperatur (redundante Messung) angezeigt.



Auf dem Bildschirm 2/3 wird der Zustand der Kühlpumpe angezeigt.



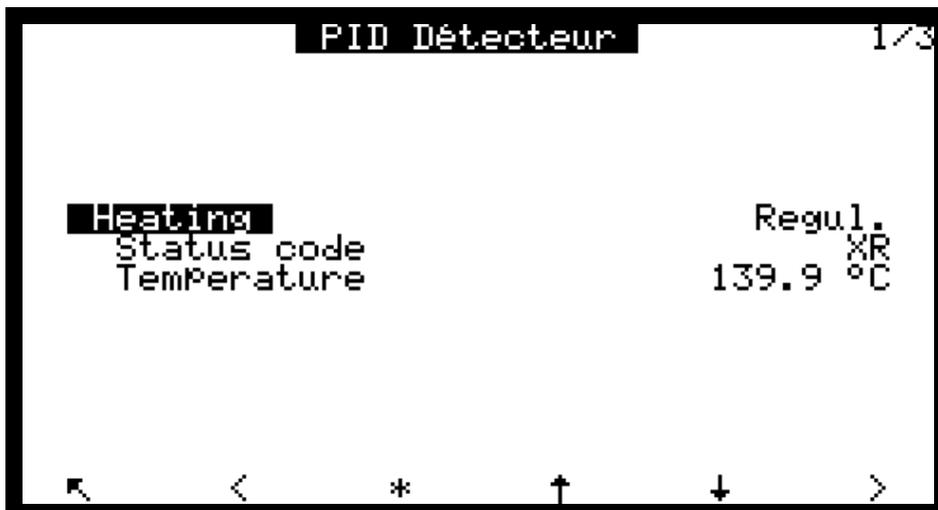
Auf dem Bildschirm 3/3 werden die Spannung der Heizung der Säulenenden und der sich daraus ergebende Heizstrom angezeigt.



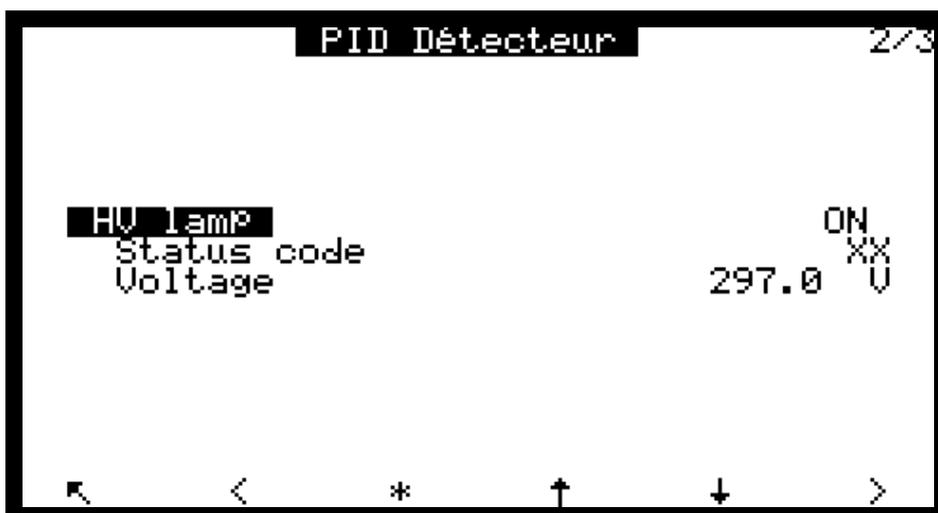
Leerseite

3.3.6.5 TEST ⇒ PID-Detektor

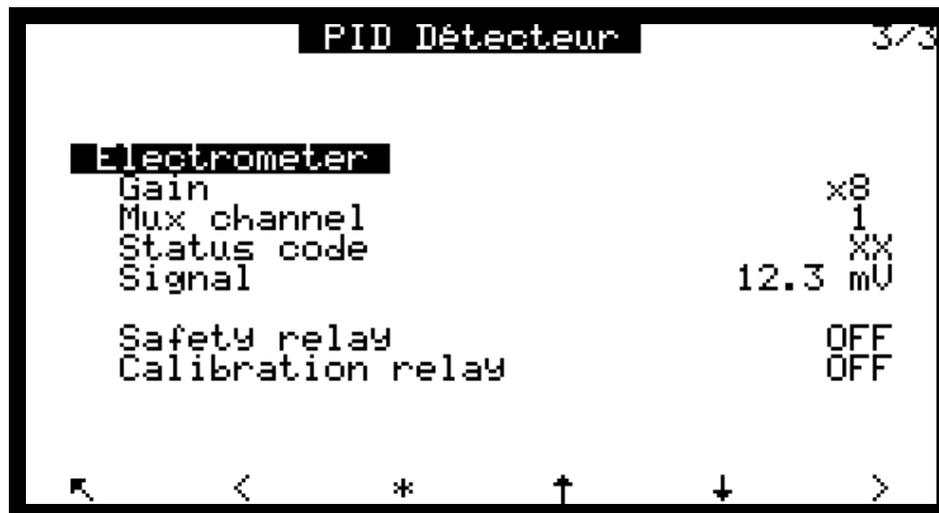
Auf dem Bildschirm 1/3 wird die Temperaturregelung des PID-Detektors angezeigt.



Auf dem Bildschirm 2/3 werden der Zustand der PID-Versorgung (ON/OFF) und die an den Klemmen der UV-Lampe anliegende Spannung angezeigt.

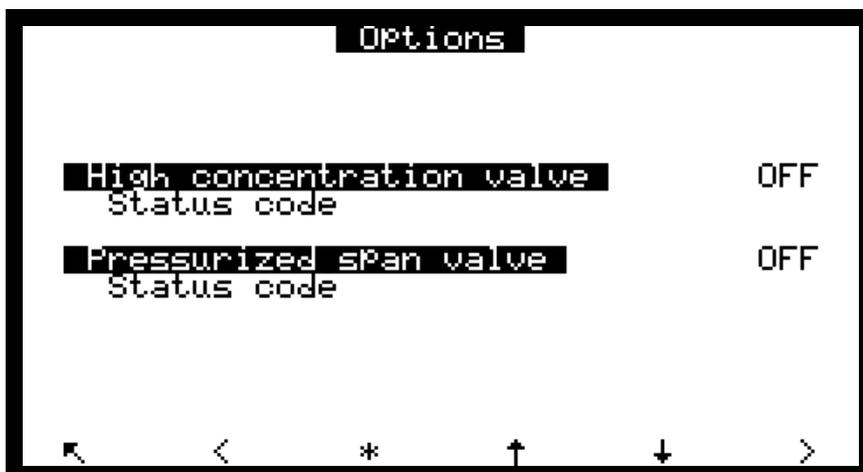


Auf dem Bildschirm 3/3 werden die Verstärkung des Elektrometers, der Momentanwert des Signals und der Zustand der zwei internen Relais der Elektrometerkarte angezeigt.



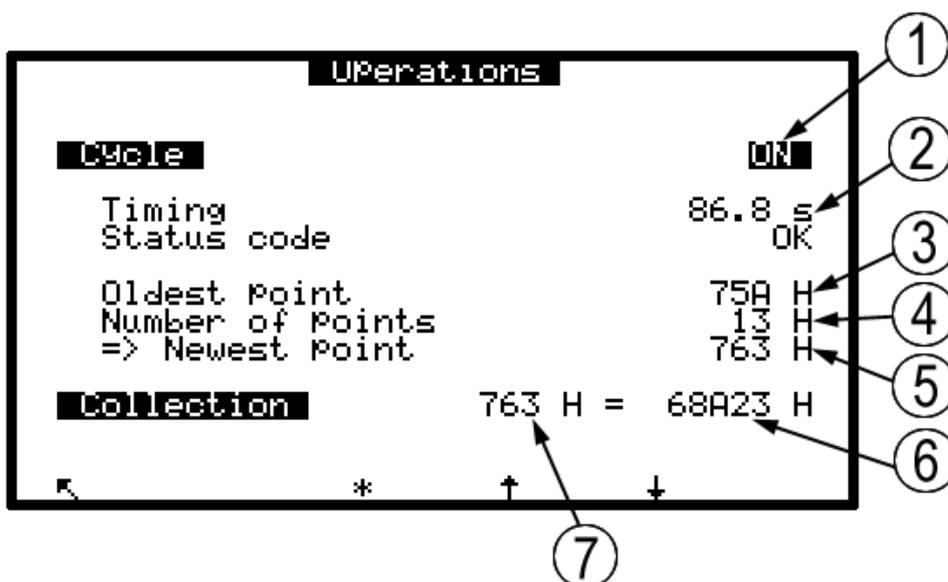
3.3.6.6 TEST ⇒ Optionen

Auf diesem Bildschirm wird der Zustand (ON-OFF) der optionalen Magnetventile hoher Konzentration und der Probe unter Druck angezeigt.



3.3.6.7 TEST ⇒ Funktionsweisen

Dieser Bildschirm beschreibt den Austausch der Daten des Chromatogramms zwischen dem temporären Speicher der Modulkarte und der DNP-ARM7-Karte.



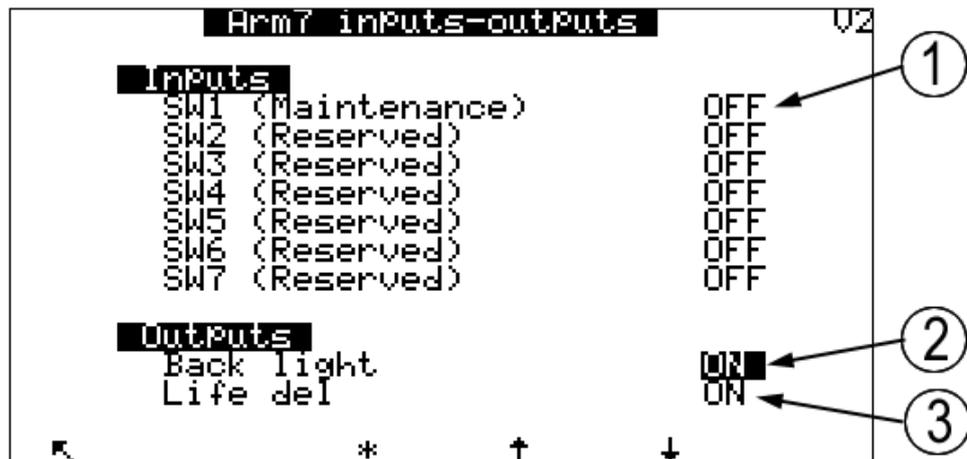
- (1) VOC72M führt einen Analysezyklus aus
- (2) Zyklusuhr in Sekunden
- (3) Adresse des ältesten Chromatogrammpunkts in der Modulkarte
- (4) Anzahl der in der Modulkarte verfügbaren Chromatogrammpunkte
- (5) Adresse des neuesten Chromatogrammpunkts in der Modulkarte
- (6) Zuletzt gelesener Punkt (auf 24 Bit)
- (7) Adresse des zuletzt gelesenen Punkts

HINWEIS: Die Adressen und Werte sind hexadezimal (H) kodiert.

3.3.6.8 TEST ⇒ Eingänge–Ausgänge Arm7

Dieses Menü gibt den Zustand des Schalters der DNP-ARM7-Karte an. Mit ihm lässt sich der „EIN-/AUS“-Schalter der Hintergrundbeleuchtung der LCD-Anzeige testen.

Die Option der LED-Aktivität (Betriebs-LED) ermöglicht die Prüfung einer LED zur Anzeige der DNP-ARM7-Aktivität, wenn keine LCD-Anzeige verfügbar ist.



(1) Zustand des Reiters SW1 in Position S1

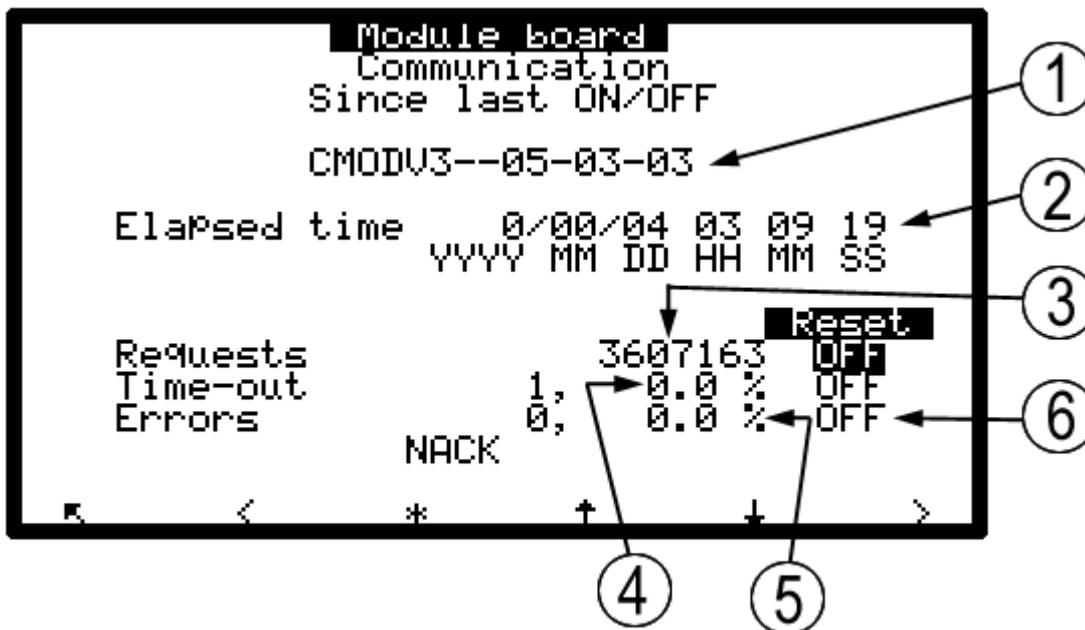
(2) Zustand der Hintergrundbeleuchtung

(3) Zustand der Leuchte des ON-OFF-Schalters an der Vorderseite

- SW1 zeigt, ob sich der Analysator im Wartungsmodus befindet oder nicht.
- SW2, SW3, SW4 werden nicht verwendet.
- SW5 gibt an, ob der WatchDog aktiv oder inaktiv ist.
- SW6 zeigt entweder die Standardkonfiguration oder die Anwendungskonfiguration an.
- SW7 gibt an, ob AutoStart auf ON oder OFF steht.
- SW8 gibt an, ob die Batterie auf ON oder OFF steht.

3.3.6.9 TEST ⇒ Modulkarte

Auf diesem Bildschirm wird der Zustand der Kommunikation zwischen der DNP-ARM7-Karte und der Modulkarte angezeigt.



- (1) Version der Hard- und der Software der Modulkarte
- (2) Zeit seit dem letzten Aus- und Einschalten
- (3) Anzahl der Abfragen durch die DNP-ARM7-Karte
- (4) Anzahl und Prozentsatz der Time-outs
- (5) Anzahl und Prozentsatz der Fehler
- (6) Zustand der Rücksetzung

HINWEIS: Ein „Time-out“ ist eine Abfrage der DNP-ARM7-Karte, der keine entsprechende Antwort von der Modulkarte in einer festgesetzten Frist folgte. Nach diesem „Time-out“ sendet die DNP-ARM7-Karte dieselbe Abfrage (zweiter Versuch) noch einmal. Beim dritten Versuch für dieselbe Abfrage, die mit einem Time-out endet, speichert die DNP-ARM7-Karte einen Fehler und geht zu einer anderen Abfrage über.

3.3.7 STANDBY

Diese Taste ermöglicht den Wechsel des Analysators in den Modus „Standby“:

- Die Probenahme und die chromatographische Analyse werden gestoppt.
- Die Temperaturregelungen des Detektors und der Hot-Box werden beibehalten.
- Die Lampe des PID-Detektors, die Heizung der Säule, die Kühlung und die Vakuumpumpe werden angehalten.
- Die elektronische Druckregelung der Säule wartet, bis die Säule unter 50 °C abgekühlt ist, und unterbricht die Stickstoffversorgung.

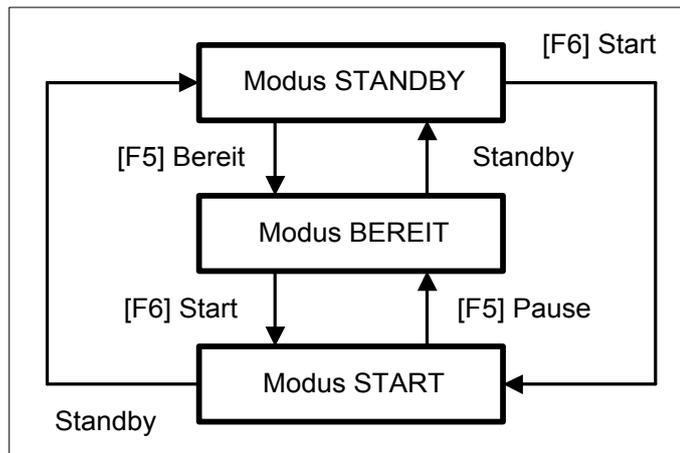
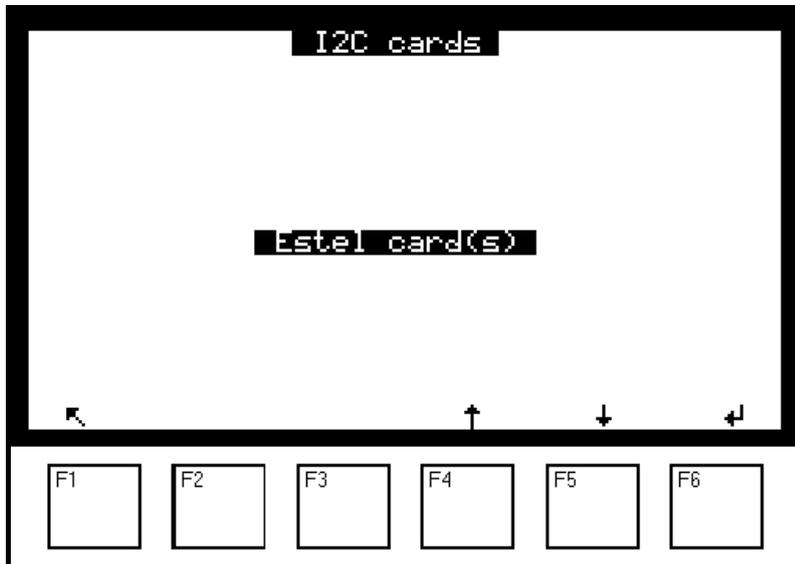


Abbildung 3–12 – Funktionsdiagramm

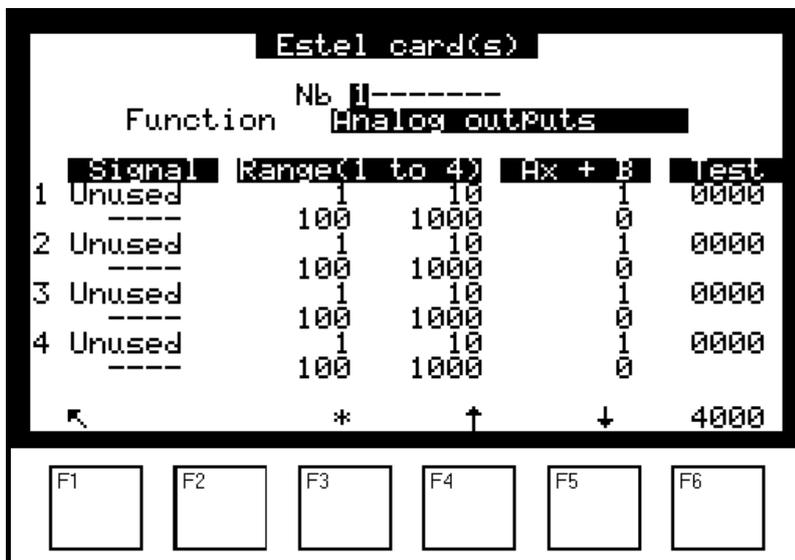
3.3.8 I2C-KARTEN

Dieses Menü wird nur angezeigt, wenn die optionalen ESTEL- und/oder SOREL-Karten im Analysator montiert sind. Es gibt Zugriff auf die Konfigurationsbildschirme dieser Karten.



3.3.8.1 I2C-Karten ⇒ ESTEL-Karte(n)

Um auf die verschiedenen Bildschirme der ESTEL-Karten zugreifen zu können, wählen Sie die laufende Funktion und anschließend die gewünschte Funktion mit Hilfe der Tasten F3 [*], F4 [↑] und F5 [↓] aus.



Funktion „Analogausgänge“

Auf diesem Bildschirm lassen sich den Analogausgängen der ESTEL-Karte, deren Nummer im Feld „Nr.“ hervorgehoben ist, die Parameter zuweisen. Zu diesen Parametern gehören:

- die Konzentration der vom Gerät analysierten Gase
- die Hilfskanäle (Multiplexer)
- die Analogeingänge

Die gewählten Parameter entsprechen den Analogausgängen. Bei einer ESTEL-Karte können die Analogausgänge mit folgenden Werten konfiguriert werden: 0–1 Volt, 0–10 Volt, 0-20 mA, 4–20 mA.

Dieser Bildschirm wird für die Programmierung der Bereiche für jeden angezeigten Parameter verwendet. Es stehen 4 Bereiche zur Verfügung. Die Bereiche entsprechen dem Endwert des Analogausgangs; die Einheiten entsprechen den in der Spalte „Signal“ angezeigten Parametern:

Bereich 1: von 0 bis 1

Bereich 2: von 1 bis 10

Bereich 3: von 10 bis 100

Bereich 4: von 100 bis 1000

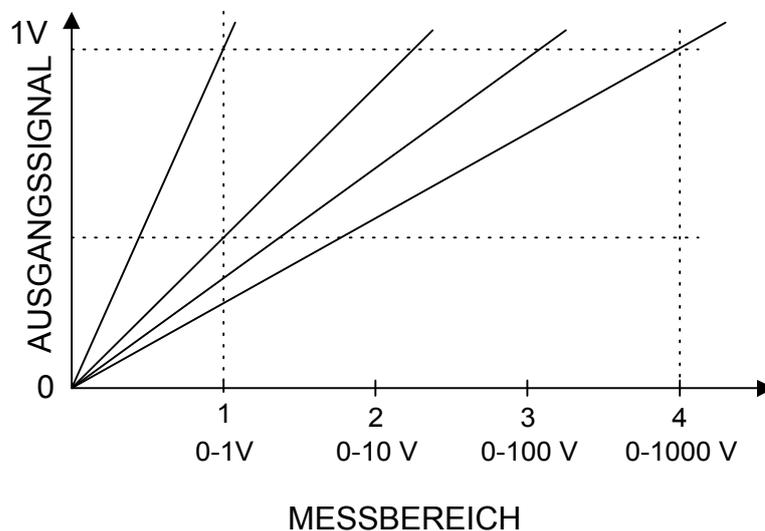
Funktionsweise der Bereiche:

- bei Bereich 1 UND 0–1 V am Analogausgang entspricht 1 ppb 1 V am Analogausgang.
- bei Bereich 2 UND 0–1 V am Analogausgang entspricht 10 ppb 1 V am Analogausgang.
- bei Bereich 3 UND 0–1 V am Analogausgang entspricht 100 ppb 1 V am Analogausgang.
- bei Bereich 4 UND 0–1 V am Analogausgang entspricht 1000 ppb 1 V am Analogausgang.

Dasselbe gilt für 1–10 V, 0–20 mA und 4–20 mA.

Übersteigt der Signalwert den Endwert des aktuellen Bereichs, schaltet das Gerät in den nächsthöheren Bereich. Er schaltet wieder in den niedrigeren Bereich zurück, wenn die Messung unter 85 % des Endwerts des aktuellen Bereichs fällt.

Die automatische Skalierung des Signals am Ausgang hängt vom gewählten Bereich ab. Bei der Arbeit mit mehreren Messbereichen und einem einzigen Analogbereich für die Werte am Ausgang kann der Benutzer für verschiedene Messwerte einen identischen Wert am Ausgang erhalten, wie es die folgende Kurve zeigt.



Um die Umschaltung der Bereiche zu vermeiden, kann der Benutzer den 4 Bereichen des Parameters, den er zum Analogausgang schicken will, denselben Wert zuordnen.

Die Linearisierungsgerade der Form $Ax+b$ wird zur Aufbereitung des Signals mV des entsprechenden Analogausgangs verwendet: Die Koeffizienten A und B ermöglichen die Einstellung der Kalibriergeraden des Analogausgangs; sie werden abhängig vom am Ausgang gemessenen Wert berechnet.

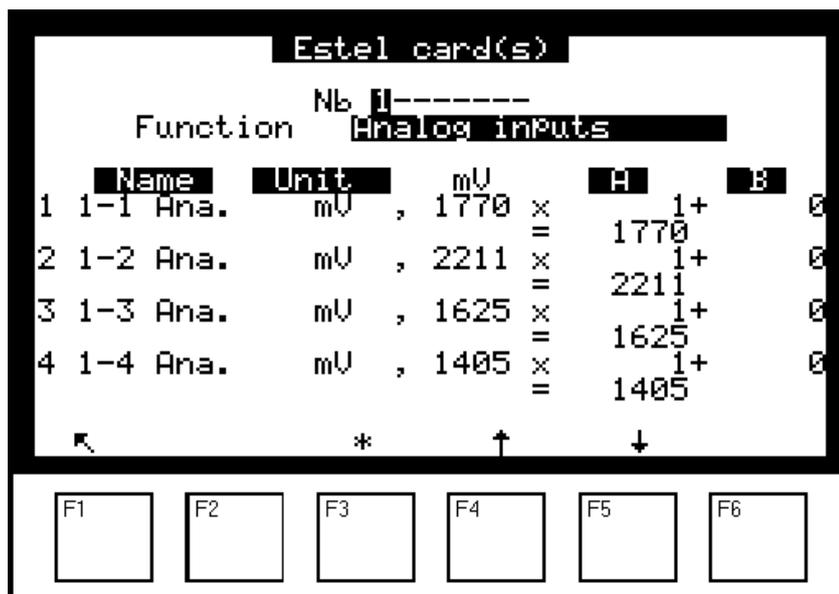
Die Spalte „Test“ dient dem Test der 5 Analogausgänge und der Regelung der Anzahl der Punkte.

Für einen Bereich 1:

- 0 Punkte (unterer Endwert des Ausganges) ⇒ 0 Volt erreicht am Ausgang
- 4000 Punkte (oberer Endwert des Ausganges) ⇒ 1 Volt erreicht am Ausgang

Mit der Taste F6 [4000] lässt sich der Messbereichsendwert an allen Analogausgängen forcieren.

Funktion „Analogeingänge“:



Jede ESTEL-Karte verfügt über 4 Analogeingänge: Dieser Bildschirm wird für die Programmierung der Eigenschaften dieser Analogeingänge verwendet.

- In den „Name“-Feldern können 8 alphanumerische Zeichen eingegeben werden.
- In den „Einheit“-Feldern kann die Einheit aus einem Scroll-down-Menü ausgewählt werden. Zur Auswahl stehen: keine, ppt, ppb, ppm, µg/m3, mg/m3, gr/m3, µg/Nm3, mg/Nm3, gr/Nm3, µg/Sm3, mg/Sm3, gr/Sm3, %, µgr, mgr, gr, mV, U, °C, °K, hPa, mb, b,l, NI, SI, m3, l/min, NI/min, SI/min, m3/h, Nm3/h, Sm3/h, m/s oder km/h.
- In den Feldern „Ax + B“ kann für jeden Parameter die entsprechende Linearisierungsgerade eingegeben werden.

Funktion „Relais“:

Estel card(s)			
	Nb	11-----	
Function	Relays		
	Relays	Type	Test
1	Disable	N.C.	OFF
2	Disable	N.C.	OFF
3	Disable	N.C.	OFF
4	Disable	N.C.	OFF
5	Disable	N.C.	OFF
6	Disable	N.C.	OFF

↩ * ↑ ↓ ON

F1	F2	F3	F4	F5	F6
----	----	----	----	----	----

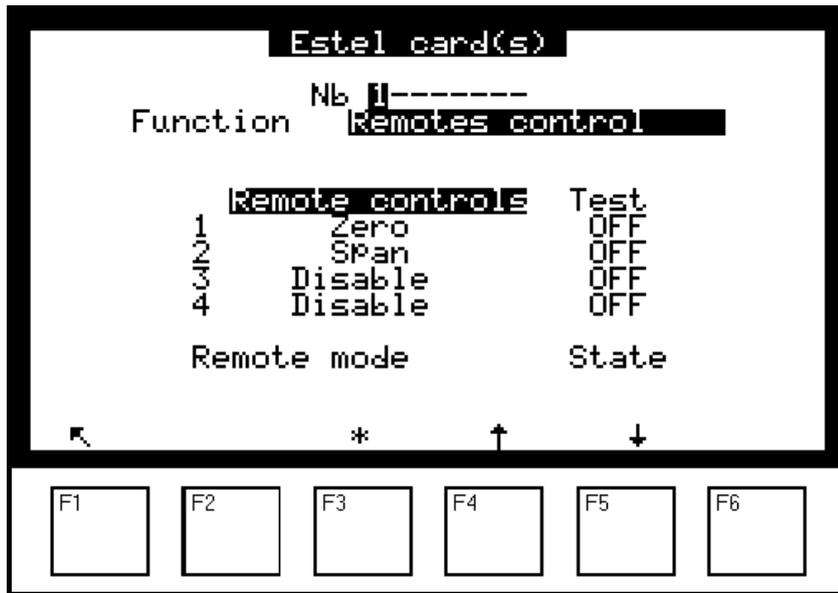
Die „Relais“-Felder werden wie folgt für die Steuerung der Relais verwendet:

Inaktiv	⇒ Relais inaktiv
Allg. Alarm	⇒ Durch jeden Funktionsfehler wird das Relais ausgelöst
Vorheizen	⇒ Bei Vorheizen wird das Relais ausgelöst
Messung	⇒ Relais ausgelöst
Prüfgas	⇒ Bei Prüfgas wird das Relais ausgelöst
Nullluft	⇒ Bei Nullluft wird das Relais ausgelöst
Autokalibrierung	⇒ Bei Autokalibrierung wird das Relais ausgelöst
Standby	⇒ Im Standby-Modus wird das Relais ausgelöst
Temperatur	⇒ Durch eine anormale Temperatur im Analysator wird das Relais ausgelöst
Druck	⇒ Barometerdruck in der Kammer
Durchfluss	⇒ Durch einen anormalen Durchfluss wird das Relais ausgelöst
Wartung	⇒ Im Wartungsmodus wird das Relais ausgelöst
Üb. Bereich	⇒ Bei Überschreitung des Maximalbereichs wird das Relais ausgelöst
Üb. Grenzwert x	⇒ Bei Überschreitung des Alarmgrenzwerts x wird das Relais ausgelöst
Ez/Ay Bereich x	⇒ Beim Übergang in den Bereich x des Ausgangs y der ESTEL-Karte z löst das Relais aus

„Ez/Ay Bereich x“: „E“ bezeichnet die ESTEL-Karte, „z“ bezeichnet die Nummer der ESTEL-Karte, an der der Benutzer die Bereichsinformation sammelt, „A“ bezeichnet den Analogausgang, „y“ bezeichnet die Nummer dieses Analogausgangs, „x“ bezeichnet die Nummer des im Bildschirm Analogausgänge gewählten Bereichs.

- Die „Typ“-Felder werden für die Aktivierung (NC) oder Deaktivierung (NO) der Relais verwendet, wenn kein Alarm vorliegt.
- Die „Test“-Felder werden zur manuellen Prüfung dieser Relais verwendet.

Funktion „Fernsteuerungen“:



Dieser Bildschirm enthält die Zuordnung der Fernsteuerungseingänge.

Die möglichen Zuweisungsoptionen sind: „Inaktiv“, „Standby“, „Nullref.“, „Nullluft“, „Prüfgas“, „Autokalib.“, „Nullluftzyklus“, „Prüfgaszyklus“, „Messung“.

Die Spalte „Test“ ermöglicht die Anzeige des am Fernsteuerungseingang ausgelesenen Werts, jeweils für die ausgewählte Zuordnung.



Zustände „Nullluft“ und „Prüfgas“: Um im gewählten Modus zu bleiben, muss die Fernsteuerung aktiv bleiben.

3.3.8.2 I2C-Karten ⇒ SOREL-Karte(n)

Funktion „Relais“: Dieser Bildschirm ist identisch mit dem oben beschriebenen Bildschirm der ESTEL-Karte und funktioniert genauso.

Funktion „Fernsteuerungen“: Dieser Bildschirm ist identisch mit dem oben beschriebenen Bildschirm der ESTEL-Karte und funktioniert genauso.



ZUR ERINNERUNG: EINE SOREL-KARTE HAT 4 RELAIS UND 4 FERNSTEUERUNGEN.

3.4 KALIBRIERUNG

3.4.1 ALLGEMEIN

Zur Gewährleistung der Qualität der Messungen des Analysators VOC72M müssen regelmäßig Prüfungen und Kalibrierungen entsprechend dem Qualitätssicherungsplan des Benutzers durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, alle 15 Tage eine Überprüfung des Skalapunkts durchzuführen.

Beim VOC72M muss für jede Verbindung eine doppelte Kalibrierung durchgeführt werden:

- Retentionszeit (TR)
- Koeffizient (K)

Eine Kalibrierung des Durchflusses ist ebenfalls erforderlich für den Volumenausgleich der Probe.

3.4.2 NULLLUFTQUELLEN

Als Quellen können verwendet werden:

- Eine Flasche mit synthetischer Luft. Die Flasche ist mit einer Mischung aus Stickstoff und Sauerstoff ohne Kohlenwasserstoffe gefüllt.
- Ein Nullluftgenerator. In dieser Art von Generator wird die Umgebungsluft komprimiert und getrocknet. Diese Luft durchströmt einen Katalyofen, in dem die Kohlenwasserstoffe oxidiert werden.

Alternative Nullluftquellen für den VOC72M:

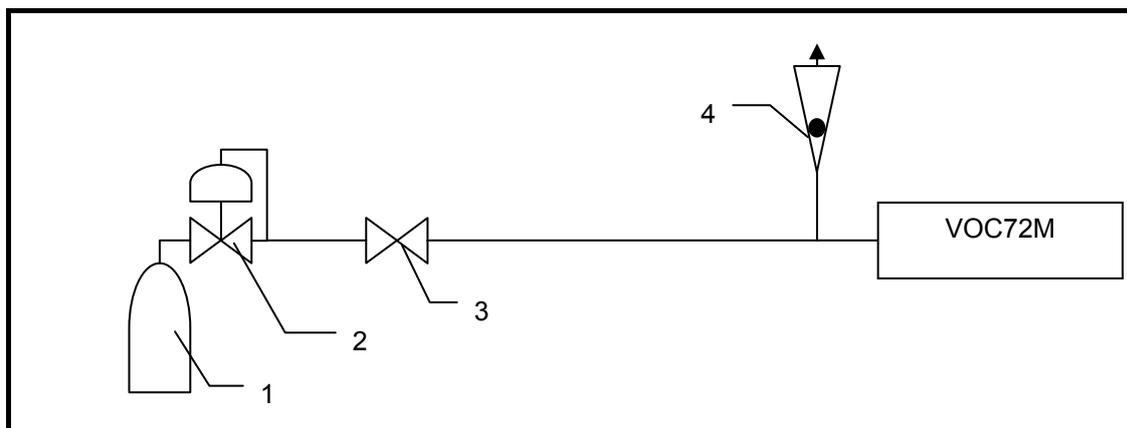
- Die Stickstoffquelle des VOC72M (Stickstoff 6.0)
- Ein Aktivkohlefilter stellt ebenfalls eine gute Alternative als Nullluftfilter für Benzol dar.

3.4.3 KALIBRIERGASQUELLE

Die empfohlene Prüfgaskonzentration von Benzol für die Norm EN14662-3 liegt bei 50 µg/m³ in Nullluft.

Mögliche Quellen sind: eine Flasche mit verdünntem Prüfgas, ein Gasverdünner, eine Permeationsquelle.

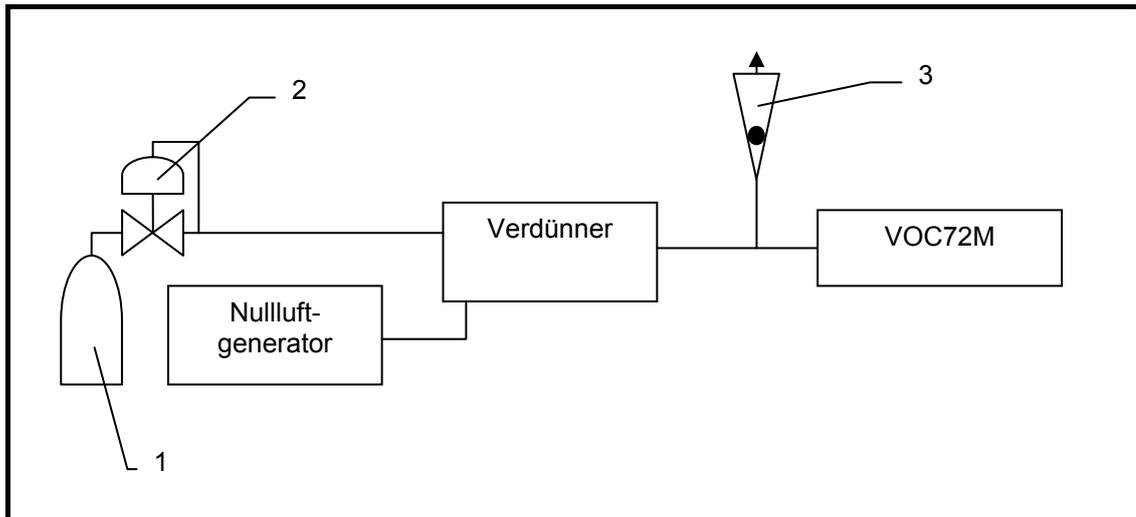
3.4.3.1 Flasche mit verdünntem Prüfgas



- (1) Prüfgasflasche
- (2) Druckminderer
- (3) Einstellungsventil
- (4) Durchflussmesser zur Messung des Überschusses

- + minimale Ausrüstung, leicht zu transportieren und zu montieren.
- Eine sehr geringe Prüfgaskonzentration ist schwer zu realisieren und auf die Dauer zu gewährleisten.
- Begrenztes Prüfgasvolumen verfügbar

3.4.3.2 Gasverdünner



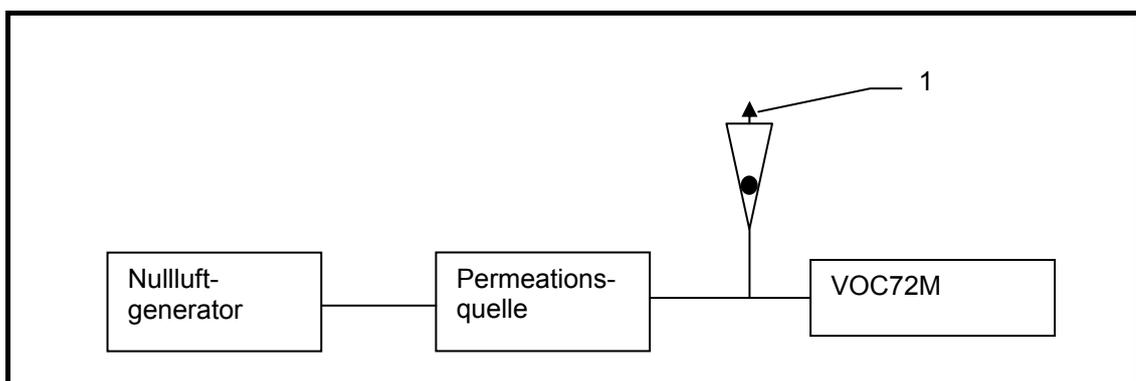
(1) Prüfgasflasche

(2) Druckminderer

(3) Durchflussmesser zur Messung des Überschusses

- + Konzentration der Prüfgasflasche im Bereich von ppm (leichter zu realisieren und über die Dauer zu gewährleisten, Preis günstiger)
- + Großes Prüfgasvolumen verfügbar (typischerweise 100-mal mehr als mit einer Flasche direkt)
- + Möglichkeit, mehrere Konzentrationen, darunter die Nullkonzentration, zu generieren
- Notwendigkeit einer Nullluftquelle und eines Gasverdünners (Anfangsinvestition, elektrische Quelle, Vorheizzeit, metrologische Kontrolle des Gasverdünners...).

3.4.3.3 Permeationsquelle



(1) Durchflussmesser zur Messung des Überschusses

- + Sehr großes Prüfgasvolumen verfügbar
- + Erspart die Verwendung von Flaschen unter Hochdruck
- Erfordert einen permanenten Spüldurchfluss
- Es ist ein Permeationsrohr pro Verbindung erforderlich (=> die Größe des Ofens begrenzt die Anzahl der Verbindungen).
- Verlängerte Vorheizzeit zum Erhalt einer stabilen Konzentration

3.4.4 ÜBERPRÜFUNG DES SKALAPUNKTS

- Schließen Sie zu Beginn des Analysezyklus die Prüfgasquelle am Probeneingang an (die Probenahme der Gasfalle beginnt 80 Sekunden nach Start des Zyklus).

HINWEIS: Denken Sie daran, immer ein Überschuss-T-Stück vor dem Analysatoreingang zu installieren, um Überdruck zu vermeiden.

- Überprüfen Sie das Ergebnis am Ende des folgenden Zyklus:
 - Konzentration der Verbindungen in den zulässigen Grenzen.
 - Retentionszeit zentriert im Erfassungsfenster (unter 0,5 Sekunden Abweichung).
 - Keine anderen signifikanten Peaks im Chromatogramm.

3.4.5 MANUELLE KALIBRIERUNG

Die manuelle Kalibrierung erstreckt sich auf die Retentionszeit (TR), den Ansprechkoeffizienten oder auf beide Parameter gleichzeitig.

3.4.5.1 Kalibrierung der Retentionszeit und des Ansprechkoeffizienten

Für diese Kalibrierung benötigen Sie ein Blatt Papier, einen Stift und einen Taschenrechner.

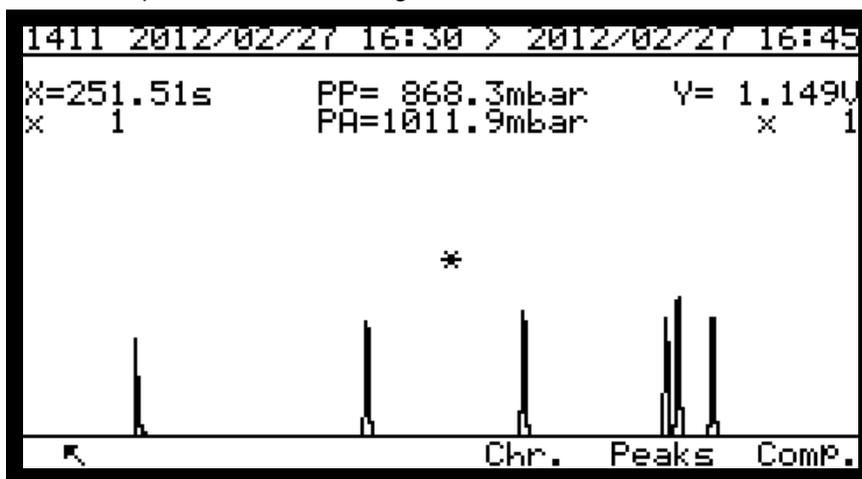
Injizieren Sie das Kalibriergas (siehe 3.4.4).

Während der VOC72M das Gasgemisch analysiert, notieren Sie auf einem Blatt Papier den Namen und die Konzentration jeder Verbindung des Gasgemisches mit aufsteigender Retentionszeit.

- Beispiel einer Kalibrierung von Benzol-Toluol.

Verbindung	Konzentration (µg/m ³)	TR	C	Koeffizient
Benzol	65,1			
Toluol	78,3			

Kontrollieren Sie das entsprechende Chromatogramm im Bildschirm „MESSUNG ⇔ Chromatogramm“



Chromatogramm einer Prüfgasmischung aus BTEX + 1,3 Butadien

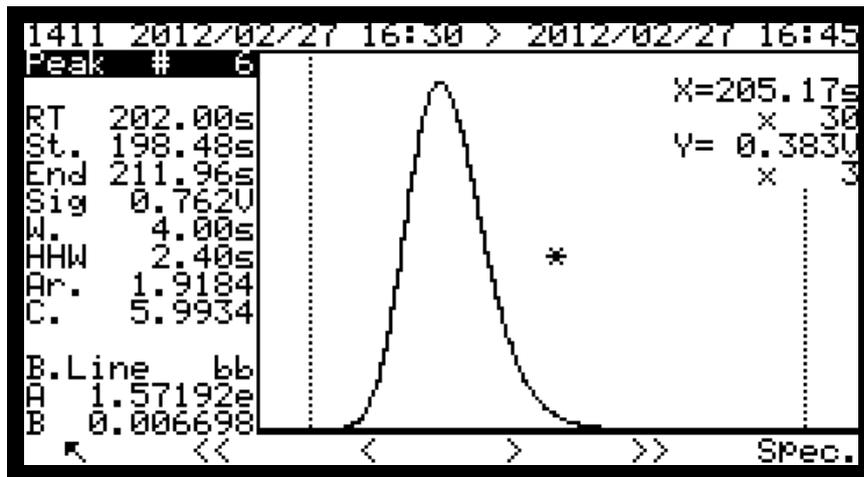
Beispiel: Die Mischung aus 7 Verbindungen (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-Xylol, p-Xylol, o-Xylol, 1,3-Butadien) ergibt ein Chromatogramm mit 6 großen Peaks, da m-Xylol und p-Xylol koeluierten (TR identisch).

Die Reihenfolge der Elution der Peaks ist immer dieselbe:

- (1) 1,3-Butadien
- (2) Benzol
- (3) Toluol
- (4) Ethylbenzol
- (5) m-Xylol und p-Xylol
- (6) o-Xylol

Drücken Sie im vorhergehenden Bildschirm auf F5 [**Peaks**], um die Peaks des Chromatogramms anzuzeigen.

Ignorieren Sie die kleinen Peaks (ausschlaggebend ist die Fläche der Peaks) und notieren Sie auf dem Blatt Papier die Retentionszeiten (TR) der großen Peaks, die den Verbindungen des Kalibriergases entsprechen.

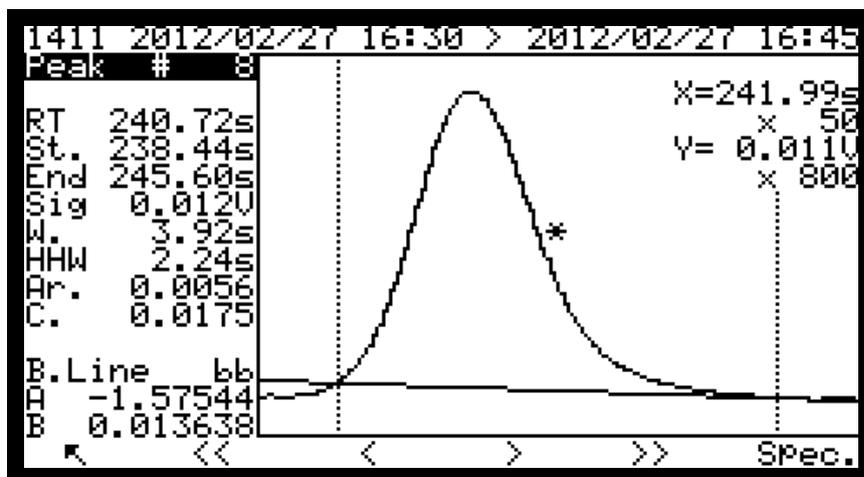


Die Fläche des Peaks Nr. 6 beträgt 2,62. Es handelt sich (in der Reihenfolge der Retentionszeiten) um den zweiten großen Peak des Chromatogramms im Bildschirm „MESSUNG ⇒ Chromatogramm“. Der Peak Nr. 6 entspricht also Benzol.

Tragen Sie die Werte TR und C in die folgende Tabelle ein:

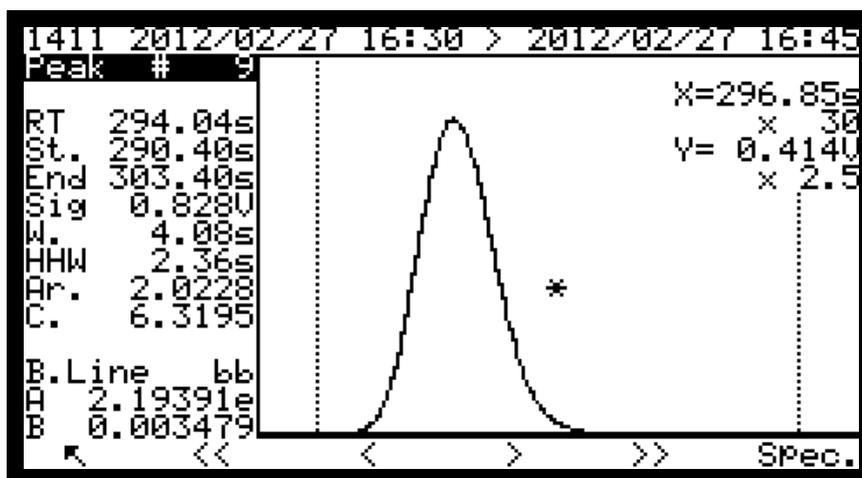
Verbindung	Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TR	C	Koeffizient
Benzol	65,1	223,56	14,784	
Toluol	78,3			

Drücken Sie im vorherigen Bildschirm auf F4 [>], um den folgenden Peak anzuzeigen:



Die Fläche des Peaks Nr. 7 beträgt nur 0,0014. Es handelt sich um einen kleinen Peak und nicht um einen Peak einer Verbindung des Kalibriergases.

Drücken Sie auf F4 [➤], um den folgenden Peak anzuzeigen:



Die Fläche des Peaks Nr. 8 beträgt 2,83. Es handelt sich um den dritten großen Peak (in der Reihenfolge der Retentionszeiten). Beim Peak Nr. 8 handelt es sich also um Toluol.

Tragen Sie die Werte TR und C in die folgende Tabelle ein:

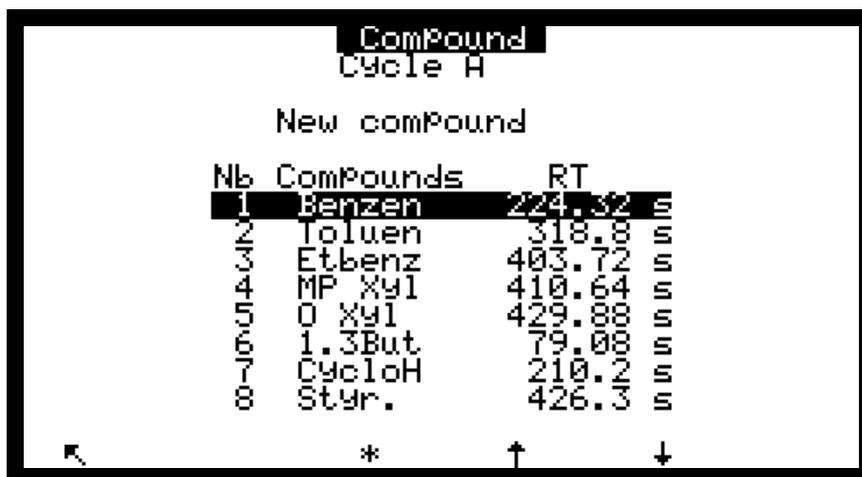
Verbindung	Konzentration (µg/m³)	TR	C	Koeffizient
Benzol	65,1	223,56	14,784	
Toluol	78,3	318,12	15,948	

Berechnen Sie mit Hilfe des Taschenrechners den Koeffizienten = Konzentration / C.

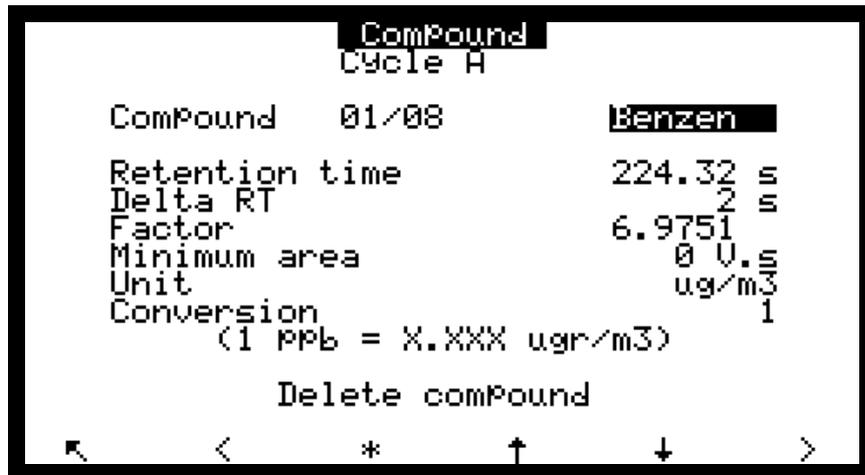
Tragen Sie die berechneten Koeffizienten in die folgende Tabelle ein:

Verbindung	Konzentration (µg/m³)	TR	C	Koeffizient
Benzol	65,1	223,56	14,784	4,403
Toluol	78,3	318,12	15,948	4,909

Gehen Sie zur Liste der Verbindungen auf dem Bildschirm „KONFIGURATION ⇒ Chromatogramm ⇒ Verbindungen“.



Wählen Sie „Benzol“ (wie auf dem Bildschirm gezeigt) und drücken Sie auf [*], um die Parameter von Benzol anzuzeigen:



- Geben Sie die neue TR ein: Ersetzen Sie 223.04 durch 223.56
- Geben Sie den neuen Koeffizienten ein: Ersetzen Sie 4.0762 durch 4.403
- Drücken Sie auf F6 [>], um die folgende Verbindung (Toluol) anzuzeigen und die neue TR und den neuen Koeffizienten einzugeben.

Im folgenden Zyklus verwendet der VOC72M die neuen Werte für die TR und den Koeffizienten für Benzol und Toluol.

3.4.5.2 Kalibrierung der Retentionszeit

Für diese Kalibrierung benötigen Sie ein Blatt Papier und einen Stift.

Die Methode ist dieselbe wie bei der Kalibrierung der TR und des Koeffizienten (siehe Kapitel 3.4.5.1). Es werden jedoch nur die Werte für die TR gespeichert und in die Tabelle der Verbindungen übernommen.

3.4.5.3 Kalibrierung des Koeffizienten

Diese Kalibrierung erfordert eine Kalibrierung der geltenden TR, ein Blatt Papier, einen Stift und einen Taschenrechner.

Die Methode ist dieselbe wie bei der Kalibrierung der TR und des Koeffizienten (siehe Kapitel 3.4.5.1). Es werden jedoch nur die Werte für C gespeichert, und in die Tabelle der Verbindungen werden die berechneten Koeffizienten übernommen.

3.4.6 AUTOMATISCHE METHODE

3.4.6.1 Kalibrierung des Ansprechkoeffizienten

Für die automatische Kalibrierung der Ansprechkoeffizienten ist Folgendes erforderlich:

- 1) Eine Tabelle der Verbindungen mit den geltenden Retentionszeiten (TR). Siehe Abschnitt 3.3.4.3.5.
- 2) Der Probenahmezyklus und der folgende Analysezyklus müssen alarmfrei sein.
(Alarm während der Kalibrierung ⇔ Kalibrierfehler Nr. 1).
- 3) Das Chromatogramm darf keine gesättigten Peaks anzeigen.
(Vorliegen gesättigter Peaks ⇔ Kalibrierfehler Nr. 4).
- 4) Nach der Berechnung muss der Koeffizient K zwischen 0,1 und 50 liegen.
($K < 0,1$ oder $K > 50$ ⇔ Kalibrierfehler Nr. 32)
- 5) Nach der Berechnung muss der neue Koeffizient K um weniger als 50 % vom alten abweichen.
(Unterschied über 50 % ⇔ Kalibrierfehler Nr. 64)

HINWEIS: Der Kalibrierfehlercode summiert sich.

Beispiel: Kalibrierfehler Nr. 96 ⇔ Kalibrierfehler Nr. 64 und Kalibrierfehler Nr. 32

- Gehen Sie zum Bildschirm „*KALIBRIERUNG* ⇔ *Gaskonz*“ und füllen Sie die Tabelle mit der Zusammensetzung der Kalibriermischung aus. Siehe Abschnitt 3.3.3.2.
- Gehen Sie zum Bildschirm „*KONFIGURATION* ⇔ *Chromatogramm* ⇔ *Kalibrierung*“ und setzen Sie das Feld „*Modus*“ auf **Standard**. Setzen Sie das Feld „*Erste Kalibrierung*“ auf **ON**, wenn der aktuelle Koeffizient K nicht signifikant ist (der VOC72M wird also den Kalibrierfehler Nr. 64 ignorieren). Siehe Abschnitt 3.3.4.3.8.
- Drücken Sie die Taste F1, um zum Bildschirm „*MESSUNG* ⇔ *Fließbild Diagnose*“ zurückzukehren, drücken Sie dann F2 [Zyklus] und anschließend F6 [Auto]. Unten links auf dem Bildschirm wird die Meldung „*Autokalib.*“ angezeigt.
 - Schließen Sie zu Beginn des folgenden Zyklus den Probeneingang des Analysators an der Kalibriergasquelle an, wenn die Meldung „*Autokalib.*“ in die Mitte des Bildschirms rückt.
 - Schließen Sie den Probeneingang wieder am Probenahmesystem an, wenn die Meldung „*Autokalib.*“ zu Beginn des folgenden Zyklus auf dem Bildschirm nach rechts rückt. Der VOC72M analysiert nun die Kalibriermischung.

Sobald der Fortschrittsbalken die erste Berechnungsmarke erreicht, werden die neuen Koeffizienten berechnet.

Wird kein Fehler erkannt, verwendet der VOC72M die neuen Koeffizienten für den nächsten Analysezyklus.

3.4.6.2 Kalibrierung der Retentionszeit und des Ansprechkoeffizienten

Zur Durchführung der automatischen Kalibrierung der Ansprechkoeffizienten und der Retentionszeiten ist Folgendes erforderlich:

- 1) Der Probenahmezyklus und der Analysezyklus müssen alarmfrei sein.
(Alarm während der Kalibrierung ⇔ Kalibrierfehler Nr. 1).
- 2) Das Chromatogramm des Kalibriergases muss mindestens so viele Peaks wie zu kalibrierende Verbindungen enthalten.
(weniger Peaks als Verbindungen ⇔ Kalibrierfehler Nr. 2).
- 3) Das Chromatogramm darf keine gesättigten Peaks anzeigen.
(Vorliegen gesättigter Peaks ⇔ Kalibrierfehler Nr. 4).
- 4) Werden n Verbindungen kalibriert, heißen die n größten Peaks große Peaks und die anderen Peaks kleine Peaks. Die Fläche des größten großen Peaks darf maximal 3-mal so groß sein wie die Fläche des kleinsten großen Peaks.
(Fläche des größten großen Peaks > 3 x kleinster großer Peak ⇔ Kalibrierfehler Nr. 8).
- 5) Der kleinste große Peak muss eine mindestens 5-mal größere Fläche aufweisen als der größte kleine Peak.
(Fläche des kleinsten großen Peaks < 5 x Fläche des größten kleinen Peaks ⇔ Kalibrierfehler Nr. 16).
- 6) Nach der Berechnung muss der Koeffizient K zwischen 0,1 und 50 liegen.
($K < 0,1$ oder $K > 50$ ⇔ Kalibrierfehler Nr. 32).
- 7) Nach der Berechnung muss der neue Koeffizient K um weniger als 50 % vom alten abweichen.
(Unterschied über 50 % ⇔ Kalibrierfehler Nr. 64).

HINWEIS: Der Kalibrierfehlercode summiert sich.

Beispiel: Kalibrierfehler Nr. 96 ⇔ Kalibrierfehler Nr. 64 und Kalibrierfehler Nr. 32.

- Gehen Sie zum Bildschirm „*KALIBRIERUNG* ⇒ *Gaskonz*“. Siehe Abschnitt 3.3.3.2.
- Setzen Sie auf diesem Bildschirm für jede im Prüfgasgemisch vorhandene Verbindung den Zustand auf **ON**.

HINWEIS: Eine im Prüfgasgemisch nicht vorhandene Verbindung muss auf diesem Bildschirm den Zustand **OFF** haben.

- Geben Sie die Elutionsfolge ein (die Elutionsfolge bestimmt die relative Position der chromatographischen Peaks).
- Geben Sie die Konzentration der Verbindung im Prüfgasgemisch ein.
- Gehen Sie zum Bildschirm „*KONFIGURATION* ⇒ *Chromatogramm* ⇒ *Kalibrierung*“, um die Kalibrierseite anzeigen zu lassen:
- Setzen Sie das Feld „*Modus*“ auf **TR & Konz**.
- Setzen Sie das Feld „*Erste Kalibrierung*“ auf **ON**, wenn der aktuelle Ansprechkoeffizient nicht signifikant ist (der VOC72M wird also den Kalibrierfehler Nr. 64 ignorieren).

- Drücken Sie die Taste F1, um zum Bildschirm „MESSUNG ⇒ *Fließbild Diagnose*“ zurückzukehren, drücken Sie dann F2 [**Zyklus**] und anschließend F6 [**Auto**]. Unten links auf dem Bildschirm wird die Meldung „Autokalib.“ angezeigt.
 - Schließen Sie zu Beginn des folgenden Zyklus den Probeneingang des Analysators an der Kalibriergasquelle an, wenn die Meldung „Autokalib.“ in die Mitte des Bildschirms rückt.
 - Schließen Sie den Probeneingang wieder am Probenahmesystem an, wenn die Meldung „Autokalib.“ im folgenden Zyklus auf dem Bildschirm nach rechts rückt. Der VOC72M analysiert nun die Kalibermischung.

Sobald der Fortschrittsbalken die Berechnungsmarke erreicht, werden die neuen Retentionszeiten ermittelt und die Koeffizienten berechnet.

Wird kein Fehler erfasst, verwendet der VOC72M die neuen TR und Ansprechkoeffizienten für den nächsten Analysezyklus.

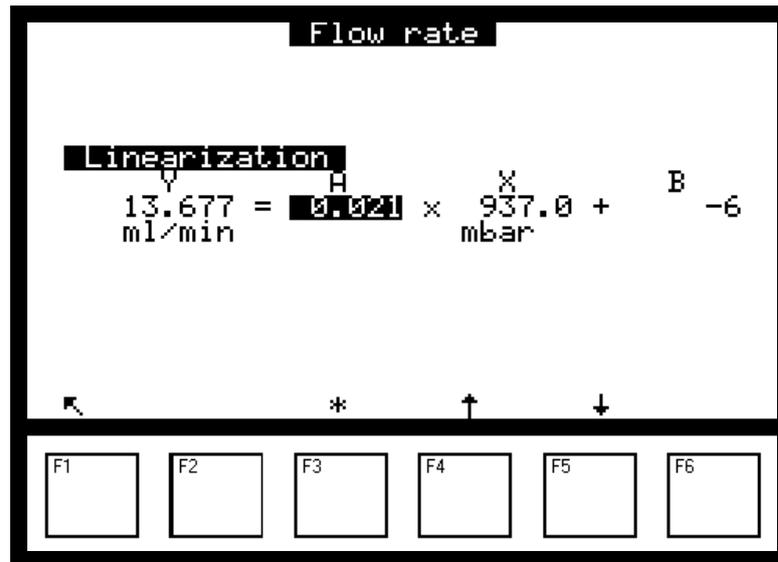
3.4.6.3 Fehlercodes und Lösungen

Fehlercode	Beschreibung	Möglicher Grund und Lösung
1	Ungültiger Zyklus: Mindestens ein Alarm ist während des Analysezyklus aufgetreten.	Gehen Sie zum Bildschirm „MESSUNG \Rightarrow Anzeige Fehlerstatus“ und lassen Sie sich die Historie anzeigen. Beheben Sie den Grund des Alarms und führen Sie eine Neukalibrierung durch. Siehe Abschnitt 3.3.2.5.
2	Das Chromatogramm enthält weniger Peaks als zu kalibrierende Verbindungen.	Entfernen Sie die fehlenden (oder nicht erfassten) Verbindungen aus dem Prüfgasgemisch in der auf dem Bildschirm „KALIBRIERUNG \Rightarrow Gaskonz“ angezeigten Liste. Setzen Sie den Zustand dieser Verbindungen auf OFF Siehe Abschnitt 3.3.3.2.
4	Vorhandensein eines gesättigten Peaks im Chromatogramm	Überprüfen Sie das Aussehen des Chromatogramms im Bildschirm: „MESSUNG \Rightarrow Chromatogramm“. Sind die großen Peaks nahe der Sättigung, verringern Sie die Verstärkung des Detektors: Gehen Sie hierzu zum Bildschirm „KONFIGURATION \Rightarrow Chromatogramm \Rightarrow Kalibrierung“. Ist der gesättigte Peak stärker als die anderen großen Peaks, suchen Sie nach einer möglichen Verunreinigung (beispielsweise Lösungsdämpfe). Siehe Abschnitt 3.3.4.3.3.
8	Flächenverhältnis > 3 unter den großen Peaks	Überprüfen Sie das Aussehen des Chromatogramms im Bildschirm: „MESSUNG \Rightarrow Chromatogramm“. Überprüfen Sie, dass das Chromatogramm so viele große Peaks wie Verbindungen im Prüfgas aufweist. Siehe Abschnitt 3.4.5.1.
16	Flächenverhältnis < 5 zwischen dem kleinsten großen Peak und dem größten kleinen Peak	Überprüfen Sie das Aussehen des Chromatogramms im Bildschirm: „MESSUNG \Rightarrow Chromatogramm“. Überprüfen Sie, dass das Chromatogramm so viele große Peaks wie Verbindungen im Prüfgas aufweist. Suchen Sie nach einer eventuellen Verunreinigung der Prüfgasmischung durch ein Fremdgas. Siehe Abschnitt 3.4.5.1.
32	Ansprechkoeffizient außerhalb der Skala 0,1-50	Starker Empfindlichkeitsverlust. Suchen Sie nach einem großen Leck (Beispiel: schlechte Verbindung des Probenfilters) oder einer Störung des Detektors.
64	Änderung des Ansprechkoeffizienten einer Verbindung um mehr als 50 %	Ist die vorhergehende Kalibrierung nicht signifikant, gehen Sie zum Bildschirm: „KONFIGURATION \Rightarrow Chromatogramm \Rightarrow Kalibrierung“, setzen Sie das Feld „Erste Kalibrierung“ auf ON und starten Sie einen neuen Kalibrierzyklus. Siehe Abschnitt 3.3.4.3.8.

3.4.7.2 Überprüfung der Durchflusskalibrierung

- Schließen Sie den Referenzdurchflussmesser am Probeneingang des VOC72M an.
- Notieren Sie den Eingangsdurchfluss F_{i1} während der Injektionsperiode ($11 < t < 20$ Sekunden) im Standardzyklus von 15 Minuten.
- Notieren Sie den Eingangsdurchfluss F_{s1} während der Probenahmezeit ($80 < t < 900$ Sekunden) im Standardzyklus von 15 Minuten.
- Berechnen Sie den Durchfluss $F1$: $F1 = F_{s1} - F_{i1}$

Gehen Sie zum Bildschirm „KALIBRIERUNG \Rightarrow Durchfluss“.



Überprüfen Sie, dass der berechnete Durchfluss $F1$ dem auf dem Bildschirm Y angezeigten Wert entspricht, wenn sich die Gasfalle im Modus „Probenahme“ befindet.

3.4.7.3 Kalibrierung des Durchflusses

- Führen Sie eine Überprüfung des Durchflusses wie weiter oben gezeigt durch und notieren Sie Folgendes:
 - Den mit dem Referenzdurchflussmesser gemessene Gasfallendurchfluss $F1$ in Millilitern pro Minute
 - Den Gasfallendruck $P1$ (auf dem Bildschirm „KALIBRIERUNG \Rightarrow Durchfluss“ oder „MESSUNG \Rightarrow Fließbild Diagnose“) während der Probenahme ($80 < t < 900$ Sekunden) beim Standardzyklus von 15 Minuten
- Installieren Sie einen Begrenzer zwischen dem Referenzdurchflussmesser und dem Probeneingang so, dass ein Abfall von ca. 100 Millibar des Gasfallendrucks während der Probenahme ($80 < t < 900$ Sekunden) im Standardzyklus von 15 Minuten erreicht wird.
- Führen Sie eine Überprüfung des Durchflusses wie weiter oben gezeigt durch und notieren Sie Folgendes:
 - Den mit dem Referenzdurchflussmesser gemessene Gasfallendurchfluss $F2$ in Millilitern pro Minute
 - Den Gasfallendruck $P2$ (auf dem Bildschirm „KALIBRIERUNG \Rightarrow Durchfluss“ oder „MESSUNG \Rightarrow Fließbild Diagnose“) während der Probenahme ($80 < t < 900$ Sekunden) beim Standardzyklus von 15 Minuten

Ausgehend von den Gleichungen:

$$F1 = A \times P1 + B$$

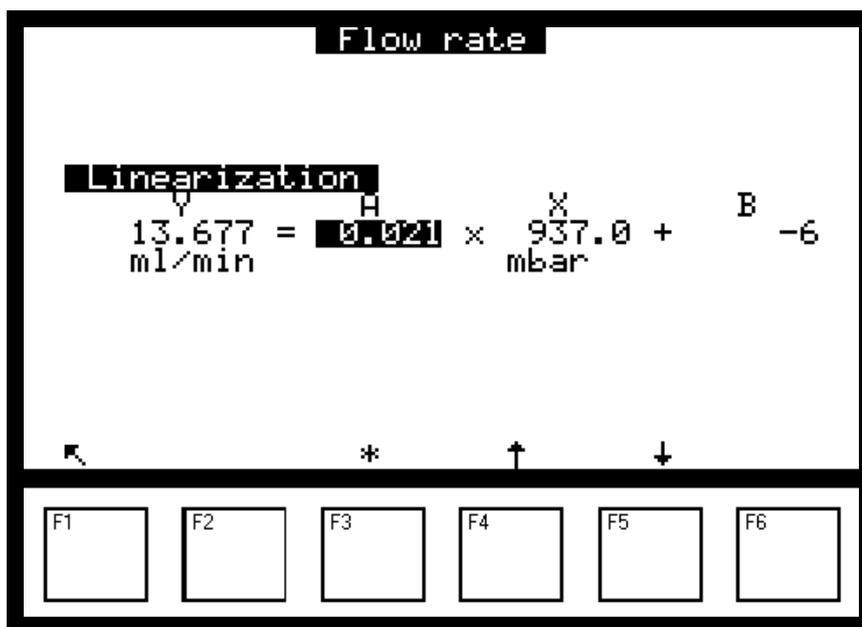
$$F2 = A \times P2 + B$$

Berechnen Sie die neuen Parameter:

$$A = (F1-F2) / (P1-P2)$$

$$B = F1 - A \times P1$$

- Gehen Sie zum Bildschirm „KALIBRIERUNG ⇒ Durchfluss“.



- Ersetzen Sie in der Gleichung auf dem Bildschirm die Parameter A und B durch die entsprechenden berechneten Werte.
- Überprüfen Sie nun, dass der angezeigte Wert Y dem vom Referenzdurchflussmesser angezeigten Durchfluss entspricht, wenn der Begrenzer am Probeneingang positioniert ist.
- Entfernen Sie den Durchflussmesser und den Begrenzer und schließen Sie die Probenleitung wieder am Probeneingang an.

HINWEIS: Es wird empfohlen, nach der Durchflusskalibrierung eine Kalibrierung des Ansprechkoeffizienten der Verbindungen durchzuführen.