


Eignungsprüfung des Gaschromatographen  
GC 5000 BTX (PID) für Benzol  
Fa. AMA Instruments

 LUBW-Berichtsnr: 143-04R / 10



**AUFTRAGGEBER** Fa. AMA Instruments GmbH  
Söflinger Straße 100  
89077 Ulm

**BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-  
Württemberg  
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  
Referat 14 – Geräte- und Produktsicherheit, Qualitätssicherung

**BERICHT-NR.** 143-04R / 10

**ERSTELLUNGSDATUM** 23.11.2010

**BERICHTSUMFANG** 67 Seiten



Berichte und Anlagen dürfen nur unverändert weitergegeben werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist ohne schriftliche Genehmigung der LUBW nicht gestattet.

## 0. Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung mit Bekanntgabevorschlag	5
1.1	Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse	5
1.2	Bekanntgabevorschlag	10
2	Grundlage der Prüfung	11
3	Funktionsweise des Gaschromatographen	13
4	Prüfprogramm	17
4.1	Laborversuche	17
4.2	Feldtest	18
5	Referenzmessverfahren	21
6	Prüfergebnisse	22
6.1	Messwertanzeige	22
6.2	Wartungsfreundlichkeit	23
6.3	Funktionskontrolle	23
6.4	Rüst- und Einlaufzeiten	24
6.5	Bauart	25
6.6	Unbefugtes Verstellen	26
6.7	Messsignalausgang	26
6.8	Zertifizierungsbereich	27
6.9	Messbereich	28
6.10	Negative Messsignale	28
6.11	Stromausfall	29
6.12	Gerätefunktionen	29
6.13	Umschaltung	30
6.14	Wartungsintervall	31
6.15	Verfügbarkeit	32
6.16	Wiederholpräzision	34
6.17	Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden)	36
6.18	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	40

6.19	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur	42
6.20	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	45
6.21	Querempfindlichkeiten	48
6.22	Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	56
6.23	Langzeitdrift	58
6.24	Kurzzeitdrift	61
6.25	Verschleppen (Memory-Effekt)	63
6.26	Gesamtmessunsicherheit gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3]	64
7	Literaturverzeichnis	66

# 1 Kurzfassung mit Bekanntgabevorschlag

## 1.1 Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	Anford. erfüllt	Seite im Prüfb.
4.1.1	Messwertanzeige	Muss vorhanden sein.	Messwertanzeige ist vorhanden	Ja	22
4.1.2	Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten	Ja	23
4.1.3	Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen für eine interne Funktionskontrolle, und waren somit nicht Gegenstand der Prüfung	--	23
4.1.4	Rüst- und Einlaufzeiten	Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.	Die Betriebsanleitung enthält detaillierte Angaben zur Inbetriebnahme des Gerätes. Hinweise zur Rüst- und Einlaufzeiten sind vorhanden.	Ja	24
4.1.5	Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten.	Angaben zur Bauart sind in der Betriebsanleitung vorhanden	Ja	25
4.1.6	Unbefugtes Verstellen	Die Messeinrichtung muss eine Sicherung gegen unbefugtes Verstellen enthalten.	Passwortschutz ist vorhanden	Ja	26
4.1.7	Messsignalausgang	Messsignale müssen digital und/oder analog angeboten werden.	Messsignale, Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle ausgelesen werden	Ja	26
5.2.1	Zertifizierungsbereich	Der Zertifizierungsbereich ist zwischen Hersteller und Prüfinstitut festzulegen. Der größte Zertifizierungsbereich muss der Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 entsprechen.	Der Zertifizierungsbereich wurde der VDI-Richtlinie 4202 Bl. 1 entsprechend auf 50 µg/m <sup>3</sup> festgelegt.	Ja	27
5.2.2	Messbereich	Der Messbereichsendwert muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches sein.	Der Hersteller gibt keinen Messbereichsendwert an. Während der Prüfung wurden Konz. aufgegeben, die einen Messbereich von 50 µg/m <sup>3</sup> abdecken.	Ja	28
5.2.3	Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.	--	28
5.2.4	Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand muss bei Spannungswiederkehr gesichert sein, Messung muss fortgesetzt werden.	Die Zufuhr des Betriebsgases (N <sub>2</sub> ) wird bei einem Stromausfall gestoppt. Geräteparameter bleiben gespeichert. Nach Spannungswiederkehr fährt der Rechner das Betriebssystem automatisch hoch und startet den Messbetrieb.	Ja	29

Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	Anford. erfüllt	Seite im Prüfb.
5.2.5	Gerätefunktion	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.	Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle übertragen werden	Ja	29
5.2.6	Umschaltung	Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch auslösbar sein	Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.	Ja	30
5.2.7	Wartungsintervall	Sollte möglichst 3 Monate, jedoch mindestens 14 Tage betragen.	Das Wartungsintervall sollte auf vier Wochen festgesetzt werden	Ja	31
5.2.8	Verfügbarkeit	Die Verfügbarkeit muss mindestens 90 % betragen.	Die Verfügbarkeit wurde ermittelt zu: GC 5006: 100,0 % GC 5007: 99,2 %	Ja	33
5.3.1	Allgemeines	--	--	--	--
5.3.2	Wiederholpräzision am Prüfwert 1 (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Wiederholpräzision am Prüfwert 1 muss kleiner sein als $\pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Die Wiederholpräzision r bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $r_z = 0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $r_z = 0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	35
5.3.3	Wiederholpräzision am Grenzwert (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Wiederholpräzision am Grenzwert muss kleiner sein als $\pm 5 \%$	Die Wiederholpräzision r bei Aufgabe von Prüfgas am Grenzwert wurde ermittelt zu: GC 5006: $r_{IV} = 0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $r_{IV} = 0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,4 \%$ GC 5007: $K_L = 1,1 \%$	Ja	35
5.3.4	Linearität (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Das größte relative Residuum aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner als $\pm 5 \%$ sein.	Das größte relative Residuum wurde ermittelt zu: GC 5006: $X_{\text{fit}} = 2,92 \%$ GC 5007: $X_{\text{fit}} = 3,81 \%$	Ja	39
5.3.5	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks am Prüfwert 2 muss kleiner sein als $\pm 1\% / \text{kPa}$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_p = 0,031 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / \text{kPa}$ GC 5007: $b_p = 0,051 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / \text{kPa}$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,02 \% / \text{kPa}$ GC 5007: $K_L = 0,04 \% / \text{kPa}$	Ja	41
5.3.6	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Keine Anforderung für Benzol in der DIN EN 14662-3	--	--	--

Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	Anford. Erfüllt	Seite im Prüfb.
5.3.7	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{T_s}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert muss kleiner sein als $\pm 0,2 \% / K$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{T_s}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{T_s} = < 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ GC 5007: $b_{T_s} = < 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,04 \% / K$ GC 5007: $K_L = 0,06 \% / K$	Ja	43
			Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{T_s}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{T_s} = 0,03 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ GC 5007: $b_{T_s} = 0,03 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,02 \% / K$ GC 5007: $K_L = 0,02 \% / K$		44
5.3.8	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_v$ für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert muss kleiner sein als $\pm 0,2 \% / V$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_v$ für den Einfluss der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_v = < 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ GC 5007: $b_v = < 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / K$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,08 \% / K$ GC 5007: $K_L = 0,16 \% / K$	Ja	46
			Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_v$ für den Einfluss der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_v = 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / V$ GC 5007: $b_v = 0,01 [\mu\text{g}/\text{m}^3] / V$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,01 \% / V$ GC 5007: $K_L = 0,01 \% / V$		47
5.3.9	Querempfindlichkeit (Anforderung der DIN EN 14662-3)				
5.3.9a	Einfluss von Ozon	Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 muss kleiner sein als $\pm 5 \%$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{O_3}$ für den Einfluss der Störung durch Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{O_3} = < 0,001$ GC 5007: $b_{O_3} = < 0,001$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,77 \%$ GC 5007: $K_L = 1,15 \%$	Ja	49

Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	Anford. erfüllt	Seite im Prüfb.
5.3.9a	Einfluss von Ozon (Forts.)	Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 muss kleiner sein als $\pm 5\%$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{O_3}$ für den Einfluss der Störung durch Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{O_3} = < 0,001$ GC 5007: $b_{O_3} = 0,001$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,02\%$ GC 5007: $K_L = 0,16\%$	Ja	49
5.3.9b	Einfluss der relativen Feuchte	Der Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2 muss kleiner sein als $\pm 4\%$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{rh}$ für den Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{rh} = 0,003 [(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3\text{ppm}]$ GC 5007: $b_{rh} = 0,003 [(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3\text{ppm}]$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 2,49\%$ GC 5007: $K_L = 2,81\%$	Ja	51
			Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{rh}$ für den Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{rh} = 0,06 [(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3\text{ppm}]$ GC 5007: $b_{rh} = 0,01 [(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3\text{ppm}]$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 0,85\%$ GC 5007: $K_L = 0,21\%$		52
5.3.9c	Einfluss von organischen Verbindungen	Der Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2 muss kleiner sein als $\pm 5\%$ .	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{org}$ für den Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{org} = 0,076$ GC 5007: $b_{org} = 0,075$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 3,46\%$ GC 5007: $K_L = 2,69\%$ Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{org}$ für den Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{org} = 0,018$ GC 5007: $b_{org} = 0,015$ Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$ : GC 5006: $K_L = 1,04\%$ GC 5007: $K_L = 0,82\%$	Ja	54  55



Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	Anford. Erfüllt	Seite im Prüfb.
5.3.10	Mittelungseinfluss	Keine Anforderung für Benzol in der DIN EN 14662-3	--	--	--
5.3.11	Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{Rf}$ der beiden Messeinrichtungen muss kleiner sein als $\pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{Rf}$ der beiden Messeinrichtungen wurde ermittelt zu: $s_{Rf} = 0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	57
5.3.12	Langzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die größte Wert der Langzeitdrift am Prüfwert $d_{14 d}$ muss beim Feldtest über eine Driftperiode von 14 Tagen kleiner sein als $\pm 10 \%$ .	Der Maximalwert der Langzeitdrift am Prüfwert $d_{14 d}$ wurde ermittelt zu: GC 5006: $d_{14 d, \text{max}} = 3,9 \%$ GC 5007: $d_{14 d, \text{max}} = 5,7 \%$	Ja	59
5.3.13	Kurzzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Kurzzeitdrift am Prüfwert $d_{24h}$ muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 24 h kleiner sein als $\pm 5 \%$ .	Die Kurzzeitdrift am Prüfwert $d_{24h}$ wurde ermittelt zu: GC 5006: $d_{24 h} = 0,40 \%$ GC 5007: $d_{24 h} = 0,37 \%$	Ja	62
5.3.14	Einstellzeit bzw. beim Benzol Memoryeffekt (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Konzentration folgt, muss kleiner sein als $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Für die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse (2. NGA) wurden folgende Werte ermittelt: GC 5006: 2. NGA = $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: 2. NGA = $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	63
5.3.15 – 5.3.17	entfällt	--	--	--	--
5.3.18	Gesamtunsicherheit	Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochtrichtlinien [8] zur Luftqualität nicht überschreiten. Für Benzol muss die prozentuale erweiterte Messunsicherheit kleiner sein als $25 \%$ .	Der ermittelte Wert für die erweiterte Messunsicherheit $U_{c, \text{rel}}$ beträgt: GC 5006: $U_{c, \text{rel}} = 5,7 \%$ GC 5007: $U_{c, \text{rel}} = 6,7 \%$	Ja	65

Prüfwert 1:  $1/10$  des Grenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ \*

Prüfwert 2: Referenzpunkt =  $70 - 90 \%$  des Maximums des zertifizierten Bereichs

Grenzwert: Jahresgrenzwert von Benzol =  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ \*

\*: Die Prüfgasvorgabe erfolgte während der Eignungsprüfung über eine Gasmischapparatur (siehe Kap. 4.1) mit fest vorgegebenen Verdünnungsstufen. Die Prüfgasvorgabe am Prüfwert 1 und am Grenzwert entsprechen deshalb nicht exakt den Vorgaben der DIN EN 14662-3. Mit  $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Prüfwert 1 und  $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Grenzwert, wurden die Konzentrationen vorgegeben, die den geforderten Werten am besten entsprechen.

## **1.2 Bekanntgabevorschlag**

### **1.2.1 Messaufgabe**

Messung von Benzolimmissionen in der Außenluft.

### **1.2.2 Bezeichnung der Messeinrichtung**

Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung PID

Geprüfte Software-Version: GC 5000 BTX Version 1.1

### **1.2.3 Messkomponenten**

Benzol

### **1.2.4 Gerätehersteller**

AMA Instruments GmbH

Söflinger Straße 100

89077 Ulm

### **1.2.5 Einsatzbereich**

Für die kontinuierliche Erfassung von Benzol-Immissionskonzentrationen in der Außenluft.

### **1.2.6 Messbereich der Eignungsprüfung**

Benzol: 0 – 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### **1.2.7 Einschränkungen**

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

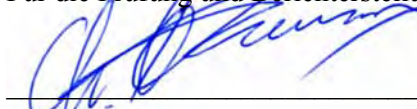
### **1.2.8 Prüfinstitut**

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)

Postfach 100163

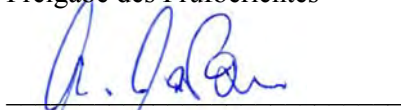
76231 Karlsruhe

Für die Prüfung und Berichterstellung verantwortlich



Dipl.-Ing. (FH) Christian Thomas

Freigabe des Prüfberichtes



Dipl.-Chem. Michael Maban

## 2 Grundlage der Prüfung

Die LUBW wurde von der Firma AMA Instruments mit dem Schreiben vom 05.05.2010 beauftragt den Gaschromatographen GC 5000 BTX Ausführung PID auf seine Eignung zur Messung von Immissionskonzentrationen von Benzol zu prüfen.

Mit der Durchführung der Prüfung wurde im Mai 2010 begonnen.

Die Prüfungen wurden gemäß den Begriffsbestimmungen der folgenden Richtlinien und Normen durchgeführt:

### **VDI-Richtlinie 4202 Blatt1 - Entwurf (November 2007) [1]**

Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung.

Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen

### **VDI-Richtlinie 4203 Blatt 3 – Entwurf (November 2007) [2]**

Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen

### **DIN EN 14662-3 (August 2005) [3]**

Luftbeschaffenheit; Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung

### **Prüfling:**

Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung PID



**Abb. 2.1:** Frontansicht des Prüflings

Gasregelung mit Druck-  
regler und MFC

MFC für Probenfluss

Pumpe

Detektor

Anschlüsse für  
Trägergas und Probenahme

PC-Einheit mit  
Festplatte

GC-Ofen

Anreicherungs-  
Stufe

Heiztransformator für die  
Anreicherungsstufe

Ventilofen

Abb. 2.2: Innenansicht des Prüflings



Abb. 2.3: Rückansicht des Prüflings

### 3 Funktionsweise des Gaschromatographen

Der Online-Gaschromatograph GC 5000 BTX wurde für die kontinuierliche Überwachung von Benzol, Toluol, m-/p-Xylol und o-Xylol und von Ozon-Vorläufern von C6 bis C12 in Umgebungsluft entwickelt.

Die Probenahme erfolgt mit Hilfe einer wartungsfreien Membranpumpe. Vor Beginn der Probenahme wird zunächst die Probenleitung gespült. Danach werden die zu messenden Komponenten in einem einstufigen Anreicherungsmodul aufkonzentriert (siehe Abb. 3.1).

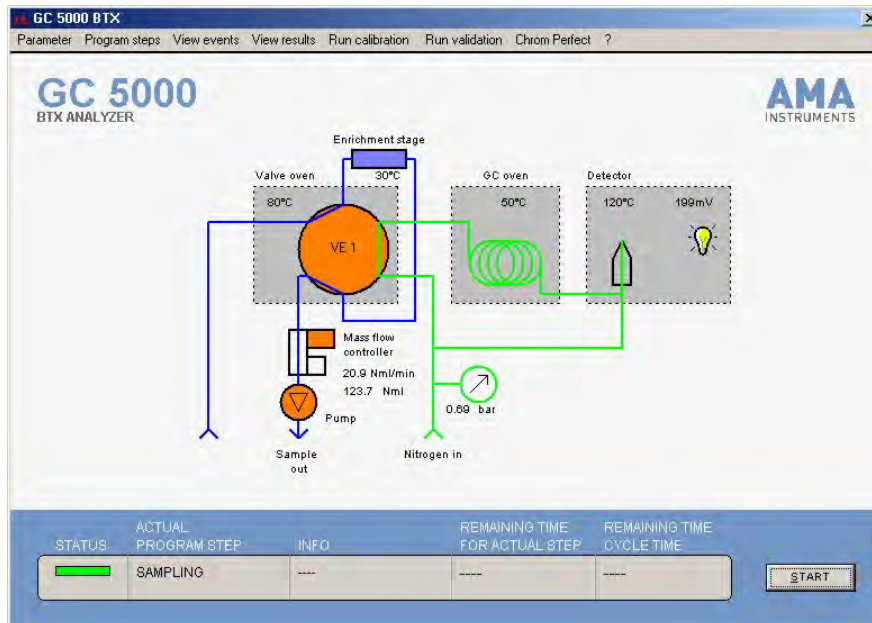


Abb. 3.1: Gaslaufschemata der Probenahme

Dabei wird das auf die Normbedingungen bezogene Luftvolumen mit einem thermischen Massendurchflussregler exakt gemessen, so dass Einflüsse auf die Probenahme durch Druck- und Temperaturschwankungen ausgeschlossen sind. Im nächsten Schritt wird die Probe durch thermische Desorption in Gegenrichtung auf die Trennsäule aufgegeben (siehe Abb. 3.2).

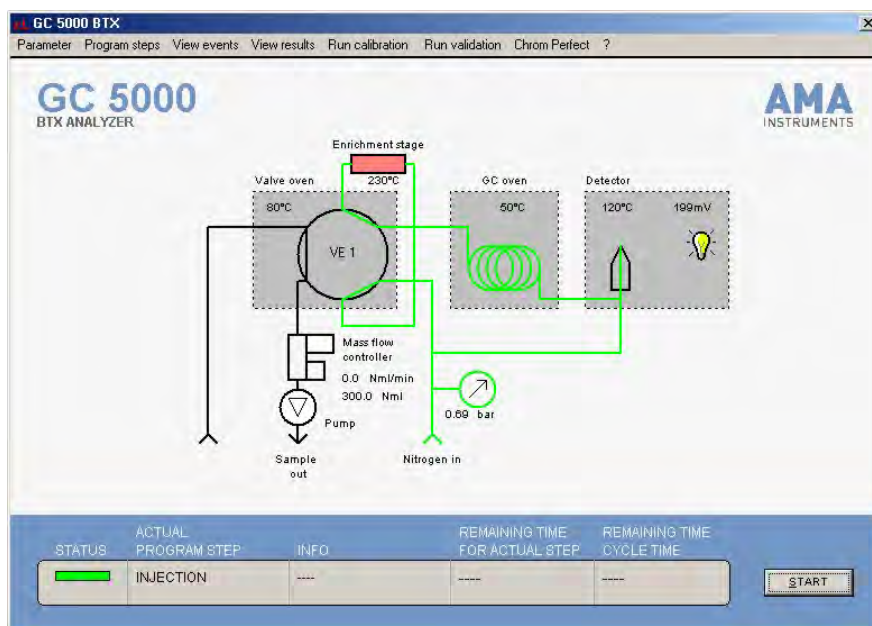


Abb. 3.2: Gaslaufschemata bei der Injektion

Gleichzeitig werden auch das GC-Temperaturprogramm und die Aufzeichnung des Chromatogramms gestartet. Nach der Auftrennung werden die zu messenden Komponenten von einem Photoionisationsdetektor (PID) detektiert. Nach beendeter Aufzeichnung des Chromatogramms wird dieses automatisch ausgewertet. Die Messergebnisse werden am Gerät angezeigt, in einer Ergebnistabelle abgespeichert und können unter anderem über eine serielle Schnittstelle mit Hilfe des Gesytec-II Protokolls ausgegeben werden.

Zur Steuerung des Systems ist ein Industrie-PC-Board integriert. Als Betriebssystem wird Windows XP verwendet. Die Steuersoftware des GC 5000 BTX erlaubt es den aktuellen Programmablauf zu beobachten, Steuerparameter zu ändern, Status- und Fehlermeldungen zu überprüfen und gespeicherte Chromatogramme zu laden. Ein Passwortschutz verhindert unautorisierte Modifikationen.

## **Technische Daten:**

### Allgemein:

Gehäuse	19“-Gehäuse
Höhe	6 HE
Tiefe	600 mm
Gewicht	ca. 33 kg
Umgebungstemperatur	0°C bis 40°C

### Versorgung:

Spannung	220-250 VAC, 50 Hz
Leistungsaufnahme	max. 800 Watt
Trägergas	Stickstoff 5.0 (Verbrauch lt. Hersteller: 12 ml/min)
Gasanschlüsse	Swagelok 1/8“ Schott-Verschraubungen
Detektor	PID – Photo-Ionisations-Detektor

### Probenahme:

Probenahme	Wartungsfreie Membranpumpe
Volumenmessung	MFC- Massendurchflussregler mit thermischem Sensor
Probenahmedauer	15 min
Durchflussrate	20 Nml/min
Probenvolumen	300 Nml

### Anreicherung:

Adsorbens	Carbotrap
Anreicherungstemperatur	30°C
Desorptionstemperatur	230°C

### Ventilofen:

Temperatur	80°C
Probenumschaltung	6-Port-Ventil

Säulenofen:

GC-Trennsäule	Quarzkapillarsäule AMAsep 1 - 0,32 mm ID / 30 m / 1,5 µm Film
Temperaturprogramm	50°C 3 min, 8°/min, 130°C 5 min
Ofenkühlung	Zwangskühlung durch Öffnen des Säulenofens und Luftumwälzung

Kommunikation:

Schnittstellen	2 x Ethernet, RS232, RS485, 4 x USB, PS2, VGA, max. 16 Analogausgänge (4-20 mA, 0-20 mA, 0-5 V, 0-10 V), digitale Ein-/Ausgänge, Feldbusanbindung
Protokolle	Gesytec-II, Modbus, Profibus, andere auf Anfrage



## 4 Prüfprogramm

### 4.1 Laborversuche

Zur Durchführung der Laborversuche wurden die beiden Gaschromatographen in ein 19"-Gestell im Prüflabor der LUBW eingebaut (siehe Abb. 4.1.1)

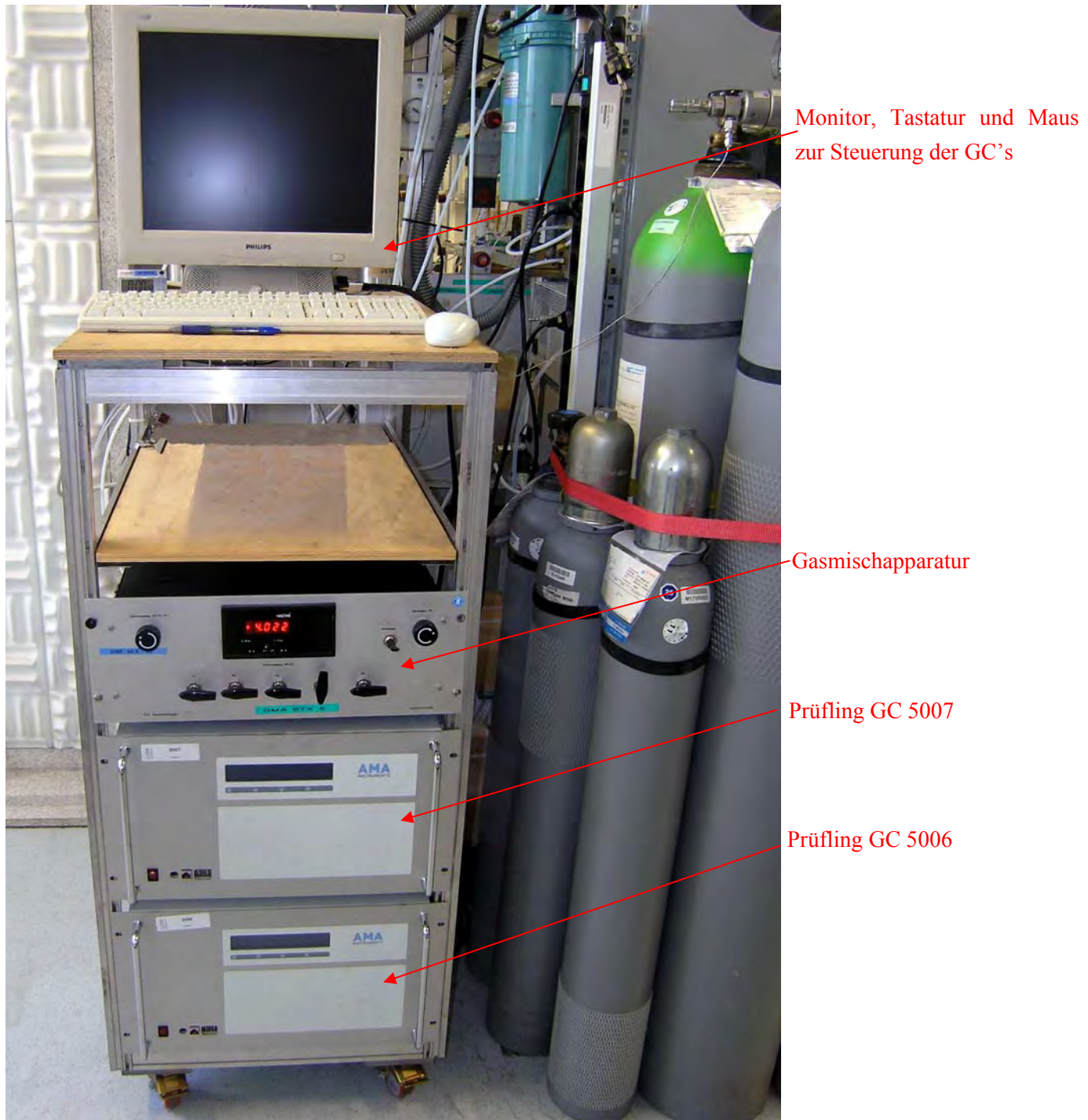


Abb. 4.1.1: Messplatzaufbau zur Durchführung der Laborversuche

Zum Messplatzaufbau gehörte außerdem eine Gasmischapparatur nach VDI-Richtlinie 3490 Blatt 16 „Messen von Gasen - Prüfgase - Herstellen von Prüfgasen mit Blenden-Mischstrecken“ [4] und ein katalytischer Nullgasgenerator der Fa. Headline-Filters (Air Purifier CAP 60).

Mittels der Gasmischapparatur wurde ein Vorgemisch aus einer Druckgasflasche mit einer Benzolkonzentration von 18,9 bzw. 10,7 mg/m<sup>3</sup> mit Grundgas in den Konzentrationsbereich von 0,75 – 490 µg/m<sup>3</sup> verdünnt. Die Einstellung der gewünschten Verdünnung erfolgte dabei über die Variation der beiden Volumenströme (Grundgas und Benzolbeimengung). Die exakte Bestimmung dieser Volumenströme wurde mit Volumetern der Fa. Brooks (zertifizierte Volumenstandards) vorgenommen.

Der Nullgasgenerator dient zur Herstellung von Grundgas (gereinigte Druckluft) für die oben genannte Gasmischapparatur sowie zur Nullgasvorgabe.

Zur Durchführung der Temperaturabhängigkeitsversuche wurden die Prüflinge in eine Klimakammer VC 4034 der Fa. Vötsch eingebaut.

Zur Automatisierung verschiedener Laborversuche wurde eine rechnergesteuerte Ventileinheit (LUBW-Eigenbau) eingesetzt, mit der es möglich ist, zwischen verschiedenen Prüfzuständen (Prüfgas, Nullgas, Messgas) umzuschalten.

## 4.2 Feldtest

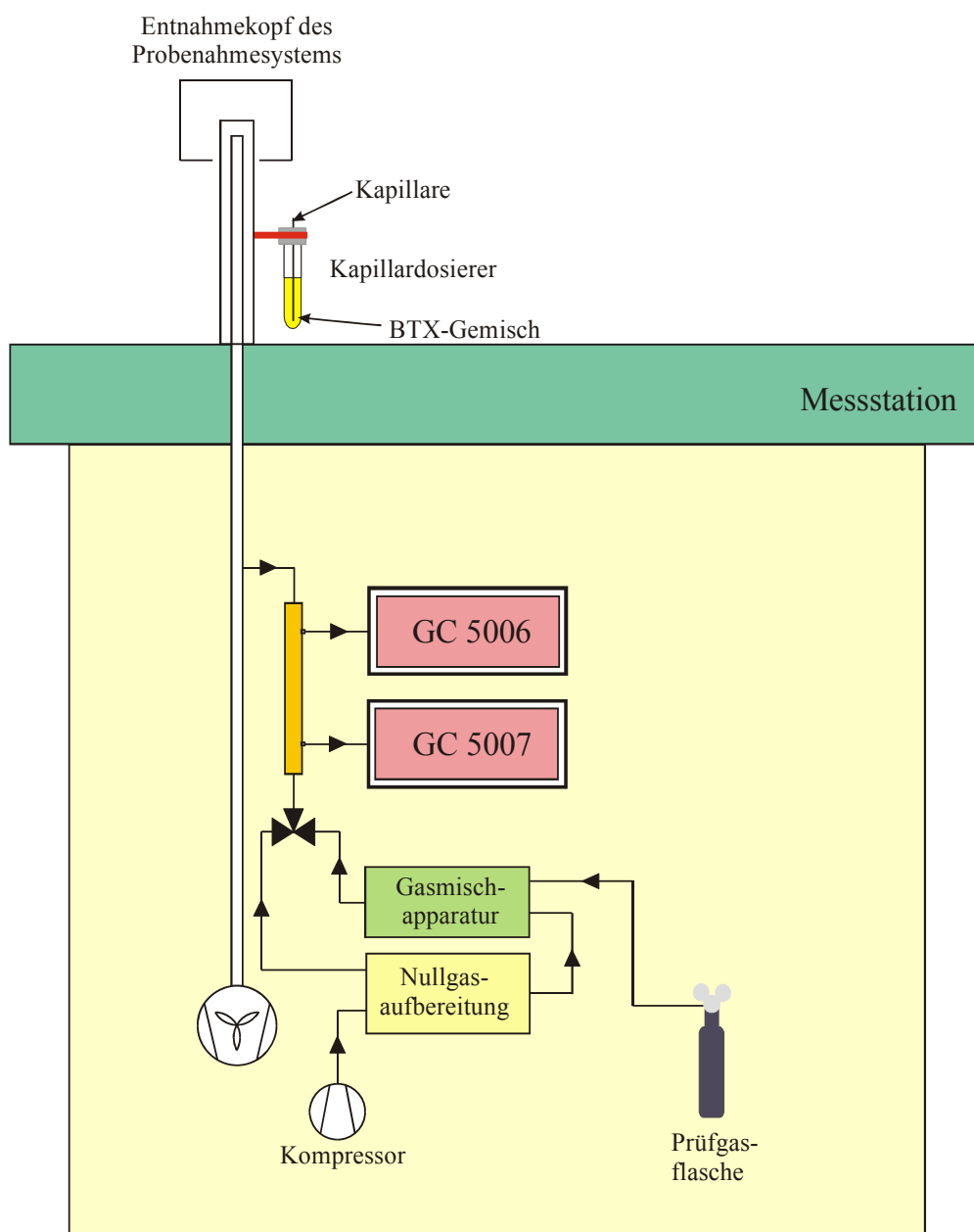
Zur Durchführung des Feldtests wurden die beiden Gaschromatographen in eine Messstation auf dem Versuchsgelände gegenüber dem LUBW-Gebäude im unmittelbaren Einflussbereich einer stark befahrenen Straße (Autobahnzubringer) eingebaut.



**Abb. 4.2.1:** Messstation auf dem Versuchsgelände der LUBW

Die beiden Geräte wurden in der klimatisierten Station ( $T = 20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) in einem 19''-Gestell installiert und an das Probenahmesystem (Probenahmerohr mit einem genormten Entnahmekopf auf dem Dach) der Station angeschlossen. Dadurch war gewährleistet, dass beide Geräte eine repräsentative Messung desselben Probeluftvolumens durchführten.

Am Standort der verwendeten Messstation werden kontinuierlich die Benzolkonzentrationen bestimmt. Dabei liegen die gemessenen Jahresmittelwerte bei ca.  $1 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Um zur Ermittlung der Vergleichsstandardabweichung im Feldtest eine größere Streubreite der ermittelten Messwerte zu bekommen, wurde unterhalb des Entnahmekopfes des Probenahmesystems ein Kapillardosierer (Glasbehälter mit einer Kapillaröffnung) befestigt (siehe Abb. 4.2.2). Der Kapillardosierer war mit einem BTX-Gemisch (Benzol, Toluol, p-Xylol) gefüllt.



**Abb. 4.2.2:** Schematische Darstellung des Messaufbaus im Feldtest

Aus diesem Dosierer emittierte je nach Umgebungstemperatur und Luftdruck eine bestimmte Menge der o.g. Aromaten, die windrichtungsabhängig zufällig in den Probenluftstrom eingetragen wurde. Auf diese Weise wurden während der gesamten Dauer des Feldversuchs Benzolkonzentrationen zwischen 0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht.

Zur Datenübermittlung an die Messnetzzentrale der LUBW wurden die Geräte über die geräteinterne RS232-Schnittstelle an den Stationsrechner angeschlossen, der mit einem Datenerfassungssystem ausgestattet ist. Die Datenkommunikation zwischen den Gaschromatographen und dem Stationsrechner erfolgte über das „Bayern-Hessen-Protokoll“ bzw. „Gesyttec-II-Protokoll“.

Zur Durchführung der regelmäßigen Funktionskontrolle wurde der Messplatzaufbau mit der Gasmischapparatur (siehe Kapitel 4.1) ergänzt, welche bereits bei den Laborversuchen zur Prüfgasherstellung eingesetzt wurde. Zur Grundgasherstellung wurde die stationsinterne Nullgasaufbereitung (Kompressor mit nachgeschalteter Luftreinigung der Fa. Breitfuß) verwendet. Die Funktionskontrolle erfolgte durch manuelle Umschaltung zwischen Nullgas, Prüfgas und Außenluftmessung.

## 5 Referenzmessverfahren

Bei der Eignungsprüfung des Gaschromatographen muss gewährleistet sein, dass die verwendeten Prüfgase auf Referenznormale zurückgeführt werden. Die verwendeten BTX-Prüfgase werden in der LUBW auf das Basisverfahren der kontinuierlichen Injektion zurückgeführt [5]. Eingesetzt wird eine Apparatur der Firma Axel Semrau Modell KS 493 C.

Zur Erzeugung eines Referenzgases werden in der Apparatur Reinsubstanzen aus der Flüssigphase verdampft und anschließend mit Nullluft in den ppm-Bereich verdünnt. Dazu wird ein BTX-Komponentengemisch in eine geräteinterne Kolbenbürette mit 1 cm<sup>3</sup> Volumen aufgezogen und dann mit einem geringen Vorschub (0,04 - 0,4 ml/h) in einen Injektor eingespritzt. Im Injektor verdampft die eingespritzte Flüssigkeit und wird mit einem Verdünnungsgasstrom (Nullgas) von (20 - 400 ml/min) vermischt. Dieses Gemisch gelangt in eine ca. 1,5 l große Mischkammer und wird hier mit einem Nullgasstrom von 0 - 10 l/min weiter verdünnt. Mit den hier angegebenen Parametern können Referenzgase in einem Konzentrationsbereich von 3 - 30 ppm erzeugt werden. Die absolute Konzentration des Referenzgases wird anhand der Verdünnungsgasströme und des Bürettenvorschubs (BTX-Massenstrom) berechnet.

Das so erzeugte Referenzgas wird benötigt um eine Prüfgasflasche mit unbekannter Konzentration zu analysieren.

Das Referenzgas wird auf einen Laborgaschromatographen (Agilent GC 6850) aufgeschaltet. Danach wird an den Gaschromatographen die zu analysierende Prüfgasflasche angeschlossen. Durch Vergleich der Peakflächen des Referenzgases und des Prüfgases wird dessen Konzentration berechnet.

Die auf diese Weise analysierte Prüfgasflasche wird an die Gasmischapparatur (siehe Kapitel 4.1) angeschlossen und zur Herstellung von Prüfgasen in niedrigen Konzentrationsbereichen (3 – 490 µg/m<sup>3</sup>) eingesetzt.

Die Rückführung des Prüfgases erfolgt regelmäßig entsprechend den Vorgaben des im Labor bestehenden Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO/IEC 17025 [6] (QM-Verfahrensweisung V 506-53108 „Herstellung und Bereitstellung von Standards im Kalibrierlabor für aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, p-Xylol) sowie chlorierte Kohlenwasserstoffe“).

## 6 Prüfergebnisse

### 6.1 Messwertanzeige

#### 6.1.1 Mindestanforderung

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen

#### 6.1.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

#### 6.1.3 Prüfung

Es ist zu prüfen, ob die Messeinrichtungen eine Messwertanzeige besitzen.

#### 6.1.4 Auswertung

Die Funktionsfähigkeit der Messwertanzeige ist festzustellen.

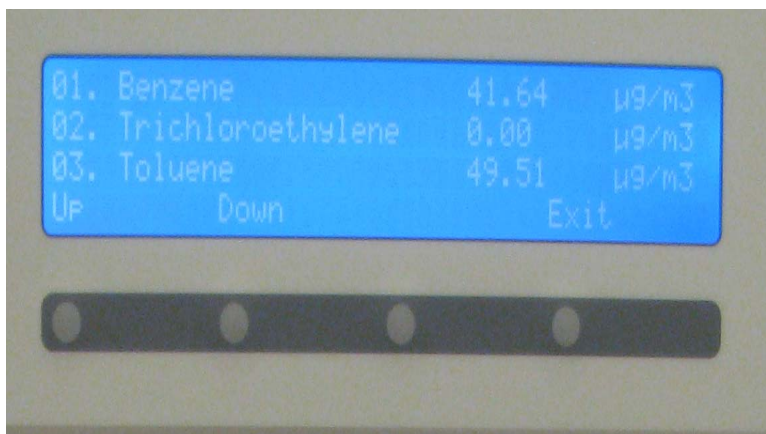
#### 6.1.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### 6.1.6 Dokumentation

Der Gaschromatograph ist mit einem Standard-Industrie-PC mit dem Betriebssystem Windows XP ausgerüstet. Das bedeutet, dass eine komplette PC-Struktur vorhanden ist um die Messergebnisse zu bearbeiten. Alle Daten werden vom Rechner auf der internen Festplatte gespeichert und sind jederzeit wieder abrufbar. An das Gerät kann eine Tastatur und ein Bildschirm angeschlossen werden, wodurch ein Zugriff auf sämtliche gespeicherten Chromatogramme möglich ist. Auf dem Bildschirm kann das aktuelle oder ein bereits gespeichertes Chromatogramm dargestellt werden. In der entsprechenden Software kann dann die Peakfläche, die Retentionszeit und die Konzentration dargestellt werden.

Das Gerät selbst besitzt eine Messwertanzeige, bei der die Messwerte des zuletzt gespeicherten Chromatogramms in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angezeigt werden (siehe Abb. 6.1.1).



**Abb. 6.1.1:** Beispiel für die Anzeige eines Messwertes am GC

## **6.2 Wartungsfreundlichkeit**

### **6.2.1 Mindestanforderung**

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

### **6.2.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **6.2.3 Prüfung**

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten sind nach den Anweisungen der Betriebsanleitung [7] auszuführen.

### **6.2.4 Auswertung**

Es ist festzustellen, ob die Arbeiten mit üblichen Werkzeugen mit einem vertretbaren Zeitaufwand durchgeführt werden können.

### **6.2.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### **6.2.6 Dokumentation**

Das Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten, die regelmäßig vom Anwender durchgeführt werden müssen. Einmal jährlich wird eine Jahreswartung beim Hersteller empfohlen.

## **6.3 Funktionskontrolle**

### **6.3.1 Mindestanforderung**

siehe 6.3.5

### **6.3.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 6.3.5

### **6.3.3 Prüfung**

siehe 6.3.5

### **6.3.4 Auswertung**

siehe 6.3.5

### **6.3.5 Bewertung**

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

### **6.3.6 Dokumentation**

entfällt

## **6.4 Rüst- und Einlaufzeiten**

### **6.4.1 Mindestanforderung**

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung [7] anzugeben.

### **6.4.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Uhr

### **6.4.3 Prüfung**

Die Messeinrichtungen sind nach den Beschreibungen des Geräteherstellers vom Prüfinstitut in Betrieb zu nehmen. Die erforderlichen Rüst- und Einlaufzeiten sind getrennt zu erfassen.

### **6.4.4 Auswertung**

Die festgestellten Zeiten sind zu dokumentieren.

### **6.4.5 Bewertung**

entfällt

### **6.4.6 Dokumentation**

Rüstzeit:

Die Rüstzeit beträgt etwa: **30 Minuten**

Vor Beginn einer Messung muss das Trägergas (N<sub>2</sub> 5.0) angeschlossen werden. Die Anschlüsse erfolgen über 1/8"-Verschraubungen an den gekennzeichneten Stellen auf der Rückseite des Gerätes. Es ist darauf zu achten, dass bei dem angeschlossenen Trägergas ein Druck von ca. 3 bar eingestellt wird.

Außerdem muss zum Betrieb des internen Industrie-PC's eine Maus, eine externe Tastatur und ein Monitor angeschlossen werden.

Einlaufzeit:

Die Einlaufzeit beträgt etwa: **90 Minuten**

Beim Einschalten des Messgerätes werden das Betriebssystem, die Chromatographiesoftware und die AMA-Controlsoftware automatisch gestartet. Das Gerät benötigt mehrere Minuten um alle temperierten Geräteteile wie GC-Ofen, Detektor, Ventilofen und BTX-Stufe auf die eingestellten Sollwerte zu bringen.



## **6.5 Bauart**

### **6.5.1 Mindestanforderung**

Die Betriebsanleitung [7] muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten

### **6.5.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauches
- Waage

### **6.5.3 Prüfung**

Der Aufbau der übergebenen Geräte ist mit der Beschreibung in den Handbüchern zu vergleichen. Weiterhin sind die Bauform, Einbaulage, Sicherheitsanforderungen und Abmessungen sowie das Gewicht einschließlich Zubehör zu ermitteln. Der angegebene Energieverbrauch ist über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests zu bestimmen. Die verwendete Softwareversion ist festzustellen.

### **6.5.4 Auswertung**

Die vorgefundenen Merkmale sind mit den Beschreibungen in den Handbüchern zu vergleichen.

### **6.5.5 Bewertung**

entfällt

### **6.5.6 Dokumentation**

Abmessung des Gerätes:

19"-Gehäuse mit 6 HE (= 28 cm), Tiefe 60 cm

Betriebsspannung:

220 – 240 V AC

Gewicht:

ca. 33 kg

Leistungsaufnahme:

max. 800 W

Softwareversion:

GC 5000 BTX Version 1.1

## **6.6 Unbefugtes Verstellen**

### **6.6.1 Mindestanforderung**

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

### **6.6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **6.6.3 Prüfung**

siehe Punkt 6.6.6

### **6.6.4 Auswertung**

Es ist festzustellen, ob die eingestellte Justierung trotz aktivierter Schutzvorrichtung (z. B. Passwort) veränderbar ist.

### **6.6.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **6.6.6 Dokumentation**

Die Software zur Steuerung des Gaschromatographen ist durch ein Passwort gesichert und kann deshalb nicht versehentlich geändert werden.

## **6.7 Messsignalausgang**

### **6.7.1 Mindestanforderung**

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

### **6.7.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Stationsrechner zur Übertragung der Daten in die Messnetzzentrale der LUBW

### **6.7.3 Prüfung**

An die Messeinrichtungen ist ein Auswertesystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände und Messsignale sind aufzuzeichnen und mit den Sollwerten zu vergleichen.

### **6.7.4 Auswertung**

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände und Messsignale von dem nach geschalteten Auswertesystem richtig erkannt und registriert werden.

### **6.7.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **6.7.6 Dokumentation**

Die Messsignale konnten mittels „Bayern-Hessen-Datenprotokoll“ bzw. „Gesyttec-II-Protokoll“ auf einen Stationsrechner übertragen werden. Dies wurde während des Feldtests überprüft; es wurde eine 100-

prozentige Übereinstimmung zwischen den übertragenen Daten und den im Gerät gespeicherten Daten festgestellt.

Die folgende Tabelle 6.7.1 zeigt diese Übereinstimmung am Beispiel der Funktionsprüfung (Aufgabe Prüfgas) vom 30.06.10.

**Tabelle 6.7.1:** Übereinstimmung der Anzeige an den Gaschromatographen mit den übertragenen Daten in die Messnetzzentrale der LUBW (MNZ).

Uhrzeit	Vorgabe Prüfgas	GC-Anzeige		Anzeige in MNZ	
		GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
13:30	40,5 µg/m <sup>3</sup>	38,7 µg/m <sup>3</sup>	40,7 µg/m <sup>3</sup>	38,7 µg/m <sup>3</sup>	40,7 µg/m <sup>3</sup>
14:00	40,5 µg/m <sup>3</sup>	38,9 µg/m <sup>3</sup>	40,8 µg/m <sup>3</sup>	38,9 µg/m <sup>3</sup>	40,8 µg/m <sup>3</sup>

## 6.8 Zertifizierungsbereich

### 6.8.1 Mindestanforderung

Die Zertifizierungsbereiche sind zwischen Hersteller und Prüfinstitut festzulegen. Der größte Zertifizierungsbereich muss die Anforderungen an Zertifizierungsbereiche nach Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 [1] erfüllen.

### 6.8.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.8.3 Prüfung

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

### 6.8.4 Auswertung

entfällt

### 6.8.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 6.8.6 Dokumentation

Als Zertifizierungsbereich wurde der in Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 [1] vorgegebene Konzentrationsbereich (0 – 50 µg/m<sup>3</sup>) festgelegt.

## **6.9 Messbereich**

### **6.9.1 Mindestanforderung**

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

### **6.9.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **6.9.3 Prüfung**

Der Messbereichsendwert ist zu ermitteln.

### **6.9.4 Auswertung**

entfällt

### **6.9.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **6.9.6 Dokumentation**

Vom Hersteller wird kein Messbereichsendwert definiert. Während der Eignungsprüfung wurden Konzentrationen angegeben, die einen Messbereichsendwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  einschließen.

## **6.10 Negative Messsignale**

### **6.10.1 Mindestanforderung**

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

### **6.10.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 6.10.5

### **6.10.3 Prüfung**

siehe 6.10.5

### **6.10.4 Auswertung**

siehe 6.10.5

### **6.10.5 Bewertung**

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

### **6.10.6 Dokumentation**

entfällt

## **6.11 Stromausfall**

### **6.11.1 Mindestanforderung**

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall von bis zu 72 h muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas 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.

### **6.11.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **6.11.3 Prüfung**

Durch simulierten Stromausfall (z. B. über 10 min, 72 h) ist zu prüfen, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

### **6.11.4 Auswertung**

Die störungsfreie Betriebsbereitschaft nach Wiedereinschalten ist durch Vergleich der Geräteparameter vor und nach dem Stromausfall festzustellen.

### **6.11.5 Bewertung**

Die Mindestanforderungen sind erfüllt.

### **6.11.6 Dokumentation**

Ein Stromausfall wurde durch Unterbrechung der Stromversorgung an beiden Geräten für ca. 24 Stunden simuliert. Nach der Wiederherstellung der Stromversorgung schalteten beide Geräte automatisch wieder in den normalen Betriebsmodus. Das Betriebssystem des geräteinternen PC fährt automatisch hoch und startet gleichzeitig die Steuer- und Auswertesoftware des Gaschromatographen. Ein unkontrolliertes Ausströmen des Trägergases (N<sub>2</sub>) wurde nicht festgestellt.

## **6.12 Gerätefunktionen**

### **6.12.1 Mindestanforderung**

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein

### **6.12.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Auswerte- oder Datenerfassungssystem

### **6.12.3 Prüfung**

An den Messeinrichtungen ist ein Auswerte- oder Datenerfassungssystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände (Betriebsbereitschaft, Wartung, Störung) an den Messeinrichtungen sind einzustellen. An die Messeinrichtung ist ein Modem anzuschließen. Mittels Datenfernübertragung sind die Statussignale des Gerätes zu erfassen.

#### **6.12.4 Auswertung**

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände von dem nach geschalteten Auswerte- oder Datenerfassungssystem richtig erkannt und registriert werden.

#### **6.12.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### **6.12.6 Dokumentation**

Während des Feldtests waren die beiden Geräte über den Stationsrechner mit der Messnetzzentrale der LUBW verbunden. Dabei wurden die jeweiligen Betriebszustände sowie Fehlermeldungen telemetrisch übertragen.

Das Gerät besitzt eine Vielzahl von Anzeigen für Betriebszustände und Fehlermeldungen. Die nachfolgenden wichtigsten Meldungen wurden überprüft:

##### Betriebszustände:

Gerät aus

Wartung

Neuer Messwert

Not ready (Störung)

##### Fehlermeldungen:

Probenahmealarm

Trägergasalarm

GC-Ofentemperatur zu hoch

Vorkühlalarm BTX-Stufe

Die telemetrische Übertragung dieser Fehlermeldungen und der Betriebszustände ist gewährleistet.

### **6.13 Umschaltung**

#### **6.13.1 Mindestanforderung**

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

#### **6.13.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 6.25.5

#### **6.13.3 Prüfung**

siehe 6.25.5

#### **6.13.4 Auswertung**

siehe 6.25.5

#### **6.13.5 Bewertung**

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

#### **6.13.6 Dokumentation**

entfällt

## **6.14 Wartungsintervall**

### **6.14.1 Mindestanforderung**

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

### **6.14.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### **6.14.3 Prüfung**

Während der Feldprüfung ist festzustellen, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Soweit gerätetechnisch keine aufwendigen Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen notwendig sind, ergibt sich das Wartungsintervall im Wesentlichen aus dem Driftverhalten der Messeinrichtung (siehe Kapitel 6.23).

Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, sind diese zu ermitteln und zu beheben. Die Feldprüfung ist neu zu beginnen, wenn die Fehlfunktion eine Auswirkung auf die Ermittlung des Wartungsintervalls hat.

### **6.14.4 Auswertung**

Zur Auswertung werden die jeweiligen Messwerte mit der Primäreinstellung verglichen und die Abweichungen für den Referenzpunkt ermittelt. Das Ende des Wartungsintervalls ist dann erreicht, wenn die Abweichungen die erlaubten Driften übersteigen.

Ein kürzeres Wartungsintervall, als das durch die Driftuntersuchung ermittelte ergibt sich dann, wenn andere Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen erforderlich sind.

### **6.14.5 Bewertung**

Während des dreimonatigen Feldversuches waren keine Wartungsarbeiten am Messgerät notwendig. Der Trägergasverbrauch (Stickstoff 5.0) beträgt pro Gerät ca. 12 ml/min. Daraus ergibt sich bei Verwendung einer 50 Liter-Druckgasflasche eine Standzeit von mehr als einem Jahr für ein Gerät.

Das Wartungsintervall wird folglich nur durch das Driftverhalten der Geräte bestimmt. (siehe Kapitel 6.23). Da bei der Ermittlung der Langzeitdrift im Messzeitraum von 90 Tagen keine Drift über die vorgegebenen Grenzen festgestellt wurde, kann das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden. Außerdem wird einmal jährlich eine Generalüberholung des Gaschromatographen beim Hersteller empfohlen (siehe Betriebsanleitung Kap. 8).

### **6.14.6 Dokumentation**

siehe Kapitel 6.23.

## 6.15 Verfügbarkeit

### 6.15.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.7 der DIN EN 14662-3 [3])

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 90 % betragen.

### 6.15.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.15.3 Prüfung

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung wird in der Feldprüfung ermittelt. Hierzu werden der Start- und Endzeitpunkt der Feldprüfung dokumentiert. Weiterhin werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten, mit dem jeweiligen Anfangs- und Endzeitpunkt dokumentiert.

### 6.15.4 Auswertung<sup>1</sup>

Aus der Differenz zwischen Endzeitpunkt und Startzeitpunkt ist die Einsatzzeit als Bezugszeit der Verfügbarkeit zu berechnen. Weiterhin werden aus der Dokumentation die Zeiten ermittelt, in denen die Messeinrichtung keine für die kontinuierliche Erfassung der Immissionen verwertbaren Messwerte geliefert hat. Die Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammenzufassen.

Die für die Berechnung der Verfügbarkeit zu berücksichtigende Zeitspanne ist diejenige Zeitspanne in der Feldprüfung, in der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für Kalibrierungen, Konditionierung der Probengasleitungen und Filter und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit des Messgeräts ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$A = \frac{t_u}{t_t} \cdot 100 \% \quad (\text{Gl. 6.15.1})$$

Dabei ist:

$A$  Verfügbarkeit des Messgeräts

$t_u$  gesamte Zeitspanne mit validen Messwerten

$t_t$  gesamte Zeitspanne der Feldprüfung abzüglich der Zeit für Kalibrierung, Konditionierung und Wartung

### 6.15.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.15.6 Dokumentation

Der Feldtest wurde in der Zeit vom 12.Mai 2010 bis zum 12.August 2010 auf dem Versuchsgelände der LUBW durchgeführt. Während dieser Zeit wurde in den ersten zwei Wochen im Abstand von 2 bzw. 3 Tagen eine Funktionskontrolle durch externe Aufschaltung von Prüfgas durchgeführt. Nach Ablauf der ersten zwei Wochen wurde die Funktionskontrolle wöchentlich durchgeführt.

Die Ergebnisse zur Berechnung der Verfügbarkeit sind in Tabelle 6.15.1 zusammengefasst.

<sup>1</sup> Siehe hierzu auch VDI 4203 Blatt 3 (09/2010) Kapitel 5.2.8 „Verfügbarkeit“



**Tabelle 6.15.1:** Ergebnisse zur Ermittlung der Verfügbarkeit der beiden Messeinrichtungen

		<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
Beginn Feldtest		12.05.2010; 10:04 Uhr	
Ende Feldtest		12.08.2010; 11:04 Uhr	
Einsatzzeit $t_E^*$	[h:min]	2085:00	2085:00
Kalibrierzeit $t_K$	[h:min]	69:30	69:30
Ausfallzeit $t_A$	[h:min]	0:00	17:00**
Wartungszeit $t_W$	[h:min]	0:00	0:00
<b>Verfügbarkeit A<sub>v</sub></b>	<b>[%]</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,2 %</b>

Mit:  $t_u = t_E - t_A - t_K - t_W$  und  $t_t = t_E - t_K - t_W$

\*: Während des Feldtests kam es aufgrund eines Fehlers in der Messstation zum Ausfall der Stromversorgung an einem der beiden Gaschromatographen (Freitag bis Montag). Da diese Unterbrechung mit der Eignungsprüfung nichts zu tun hatte, wurde die entsprechende Zeit nicht berücksichtigt und von der Einsatzzeit  $t_E$  abgezogen.

\*\* : Am GC 5007 trat während des Feldtests ein Defekt an der Platine auf, welche die Lüftungsklappe des GC-Ofens regelt. Dies führte dazu, dass die Abkühlung des GC-Ofens nicht in der vorgegebenen Zeit erfolgen konnte. Dadurch kam es zum Ausfall von mehreren Messzyklen und der entsprechenden Messwerte (insgesamt 34 Messzyklen = 17 h). Nach dem Austausch der Platine konnte der Feldversuch ohne Probleme fortgesetzt werden. Die hierbei entstandene Ausfallzeit wurde bei der Berechnung der Verfügbarkeit berücksichtigt.

## 6.16 Wiederholpräzision

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 1

### 6.16.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.5 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Wiederholpräzision  $r_i$  am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muss kleiner sein als  $\pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die Wiederholpräzision  $r_i$  am Grenzwert (= 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muss kleiner sein als  $\pm 5 \%$ .

### 6.16.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.16.3 Prüfung

Bei dieser Prüfung ist mit 10-facher Wiederholung im Wechsel Prüfgas am Prüfwert 1 und am Grenzwert aufzugeben. Wobei jeweils zwei Halbstundenwerte zu einem Mittelwert zusammengefasst werden.

### 6.16.4 Auswertung

Aus den jeweils zehn Mittelwerten wird die Standardabweichung nach folgender Gleichung berechnet:

$$s_r(c) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_{\text{test};i} - c_{\text{test};MW})^2}{n-1}} \quad (\text{Gl. 6.16.1})$$

Dabei ist:

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

Die Wiederholpräzision  $r$  wird errechnet nach

$$r = t_{n-1;0,05} \cdot s_r \quad (\text{Gl. 6.16.2})$$

Dabei ist

- $t_{n-1;0,05}$  der zweiseitige Student'sche  $t$ -Faktor bei einem Vertrauensbereich von 0,05 mit  $n-1$  Freiheitsgraden;  
 $s_r$  die Wiederholstandardabweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Die Standardmessunsicherheit der Wiederholpräzision  $u_r$  ist bestimmt durch:

$$u_r = s_r \quad (\text{Gl. 6.16.3})$$

### 6.16.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.16.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Wiederholpräzision wurde mit 10-facher Wiederholung abwechselnd zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes) und dann Prüfgas im Bereich des Grenzwertes angeboten. In Tabelle 6.16.1 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 für die beiden Gaschromatographen GC 5006 und GC 5007 dargestellt.

**Tabelle 6.16.1:** Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

	GC 5006	GC 5007
Wiederholstandardabweichung. $s_r = u_r$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,07	0,07
Studentfaktor t	2,26	2,26
Vorgegebene Benzolkonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,75	0,75
<b>Wiederholpräzision r [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 5 \%$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Grenzwert, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_r \cdot 100\%}{C} \quad (\text{Gl. 6.16.4})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

In Tabelle 6.16.2 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Grenzwertes für die beiden Gaschromatographen GC 5006 und GC 5007 dargestellt.

**Tabelle 6.16.2:** Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich vom Grenzwert

	GC 5006	GC 5007
Wiederholstandardabweichung. $s_r = u_r$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,02*	0,06*
Studentfaktor t	2,26	2,26
Wiederholpräzision r [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,06	0,14
Vorgegebene Benzolkonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,9	5,9
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [%]</b>	<b>0,4</b>	<b>1,1</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.17 Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden)

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 2

### 6.17.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.3 der DIN EN 14662-3 [3]

Das größte relative Residuum aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner als  $\pm 5\%$  sein. Wenn ein oder mehr relative Residuen das Kriterium nicht erfüllen, besteht der Analysator die Linearitätsprüfung nicht.

### 6.17.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.17.3 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 lineare Regressionsfunktion und die Residuen sind nach Anhang A der DIN EN 14662-3 [3] zu berechnen.

Die Linearität des Analysators muss im Bereich zwischen 0 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich 0) geprüft werden.

### 6.17.4 Auswertung

Die Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) werden gemäß Anhang A.2 der DIN EN 14662-3 [3] nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$(Y_a)_c = \frac{\sum (Y_i)_c}{m} \quad (\text{Gl. 6.17.1})$$

mit:

$(Y_a)_c$  mittlerer Y-Wert beim Konzentrationsniveau c;

$(Y_i)_c$  einzelner Y-Wert beim Konzentrationsniveau c;

m Anzahl der Wiederholmessungen beim selben Konzentrationsniveau

Das Residuum für jeden Mittelwert ( $d_c$ ) bei den 5 Konzentrationsniveaus wird berechnet nach:

$$d_c = (Y_a)_c - (A + B \cdot c) \quad (\text{Gl. 6.17.2})$$

mit:

A: Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion

B: Steigung der Kalibrierfunktion

Jedes Residuum bezogen auf das jeweilige Konzentrationsniveau c wird berechnet nach:

$$(d_r)_c = \frac{d_c}{c} \cdot 100\% \quad (\text{Gl. 6.17.3})$$

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

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

$$u_{\text{fit, LV}} = \frac{X_{\text{fit}} \cdot c_{\text{LV}}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{100} \quad (\text{Gl. 6.17.4})$$

Dabei ist:

- $u_{\text{fit, LV}}$  : die Standardmessunsicherheit aus der Anpassung der Regressionsfunktion am Grenzwert;
- $X_{\text{fit, LV}}$  das (nach Anhang A) berechnete Residuum aus der linearen Regressionsfunktion am Grenzwert, in Prozent;
- $c_{\text{LV}}$  der Grenzwert.

### 6.17.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

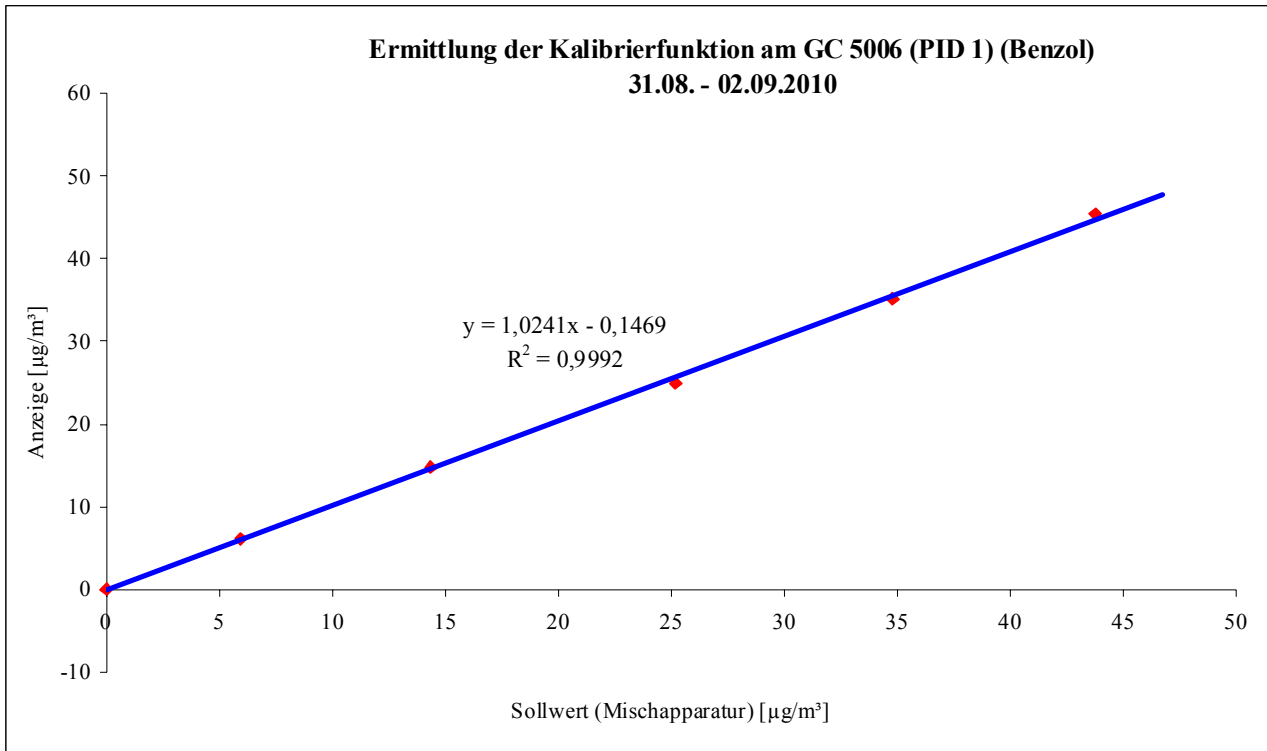
### 6.17.6 Dokumentation

Mit Hilfe der in Kapitel 4.1 beschriebenen Gasmischapparatur wurden fünf verschiedene Prüfgaskonzentrationen, verteilt über den Messbereich bis  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sowie Nullgas auf die beiden Gaschromatographen aufgegeben.

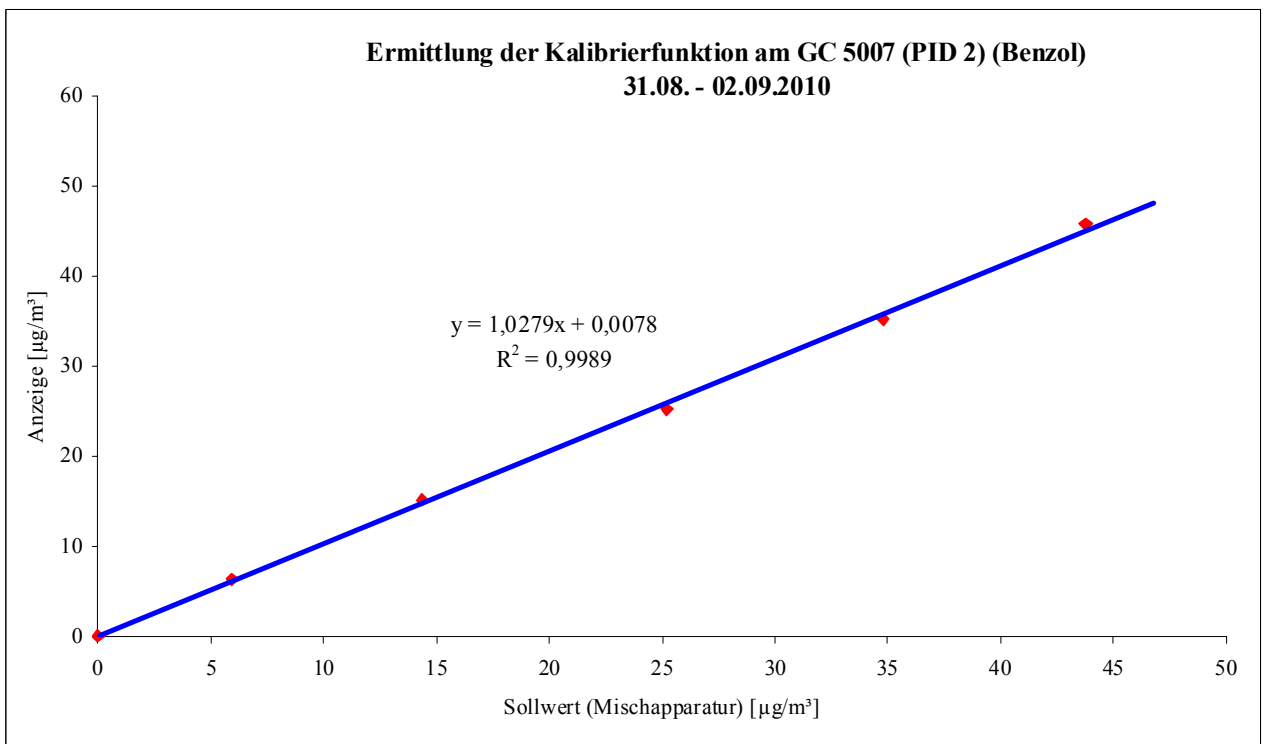
Jede Konzentration wurde für jeweils 1,5 Stunden (3 Messzyklen von 30 Minuten = 3 Messwerte) in sechs aufeinander folgenden Kalibrierzyklen aufgegeben. Für die Auswertung wurden jeweils nur die letzten zwei Messwerte bei einer Konzentration verwendet (30 min Einlaufzeit). Für jede Konzentrationsstufe wurden auf diese Weise 12 Messwerte ermittelt und daraus jeweils die Mittelwerte bestimmt. Über eine Regressionsrechnung wurde daraus die Kalibrier- und die Analysenfunktion berechnet (siehe Tabelle 6.17.1). In den Abbildungen 6.17.1 und 6.17.2 sind die Kalibrierfunktionen der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.

**Tabelle 6.17.1:** Kalibrier- und Analysenfunktion der Gaschromatographen 5006 und 5007

	<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
<b>Kalibrierfunktion</b>	$y = 1,024 x - 0,147$	$y = 1,028 x + 0,008$
<b>Analysenfunktion</b>	$x = (y + 0,147) / 1,024$	$x = (y - 0,008) / 1,028$



**Abb. 6.17.1.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5006



**Abb. 6.17.2.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5007

**Tabelle 6.17.2:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5006

Zyklus	$x_{\text{soll}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Anzeige [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(A + B * x_{\text{soll}})$	$d_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(d_r)_c$ [%]
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	6,0	6,1	6,0	0,17	<b>2,92</b>
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	14,4	14,7	14,6	0,15	1,02
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	25,2	25,0	25,7	-0,72	-2,85
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	34,8	35,1	35,5	-0,44	-1,28
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	43,8	45,4	44,7	0,69	1,59

Damit ergibt sich für den GC 5006

Standardmessunsicherheit  $u_{\text{fit,LV}}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] 0,084\*

Grenzwert  $c_{LV}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] 5,00

**Größtes Residuum  $X_{\text{fit}}$  [%]** **2,92**

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

**Tabelle 6.17.3:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5007

Zyklus	$x_{\text{soll}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Anzeige [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(A + B * x_{\text{soll}})$	$d_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(d_r)_c$ [%]
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	6,0	6,4	6,1	0,23	<b>3,81</b>
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	14,4	15,1	14,8	0,36	2,48
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	25,2	25,2	25,9	-0,71	-2,83
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	34,8	35,2	35,8	-0,61	-1,76
Mittelwert 1 – 6 ( $Y_{a,c}$ )	43,8	45,8	45,0	0,75	1,71

Damit ergibt sich für den GC 5007

Standardmessunsicherheit  $u_{\text{fit,LV}}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] 0,110\*

Grenzwert  $c_{LV}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] 5,00

**Größtes Residuum  $X_{\text{fit}}$  [%]** **3,81**

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.18 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 3.

### 6.18.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.6 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_p$  für den Einfluss des Probengasdrucks am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) muss kleiner sein als  $\pm 1\% / \text{kPa}$ .

### 6.18.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Druckmesseinrichtung

### 6.18.3 Prüfung

Unabhängige Messungen werden mit Konzentrationen am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) und Probengasdrücken von 90 kPa und 110 kPa durchgeführt. Bei jedem Druck sind mindestens vier Einzelmessungen durchzuführen. Aus diesen Messungen werden die Mittelwerte bei jedem Druck berechnet.

### 6.18.4 Auswertung

Die partielle Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen  $u_p$  kann dann nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$u_p = \frac{b_p \cdot |\Delta p|}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.18.1})$$

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

$$b_p = \frac{|c_{p, \max} - c_{p, \min}|}{|\Delta p|} \quad (\text{Gl. 6.18.2})$$

Dabei ist:

$C_{p, \max}$  der Mittelwert der Einzelmessungen am maximalen Probengasdruck  $p_{\max}$  bei der Referenzpunktkonzentration;

$C_{p, \min}$  der Mittelwert der Einzelmessungen am minimalen Probengasdruck  $p_{\min}$  bei der Referenzpunktkonzentration.

$$\Delta p = p_{\max} - p_{\min}$$

### 6.18.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_p$  für den Einfluss des Probengasdruckes überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.



### 6.18.6 Dokumentation

Der Gaschromatograph 5000 BTX (PID) ist mit einer Pumpe ausgestattet und saugt das benötigte, zu analysierende Gas selbst an. Die Pumpe arbeitet gegen den Umgebungsdruck, so dass am Messgaseingang und am Messgasausgang die selben Druckbedingungen herrschen. Das Anlegen eines Über- oder Unterdrucks in diesem System könnte zu Beschädigungen führen. Aus diesem Grund konnte der Probengasdruck nicht wiederholbar abweichend vom Umgebungsdruck eingestellt werden. Zur Überprüfung der Druckabhängigkeit wurden die gemessenen Umgebungsdrücke während des Feldversuchs herangezogen.

Der Umgebungsdruck schwankte während des 3-monatigen Feldversuchs zwischen 99,2 kPa und 101,7 kPa. In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analysatoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsdrucks und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüfgas festgestellt werden.

Zur Berechnung des Empfindlichkeitskoeffizienten  $b_p$  des Probengasdruckes und der damit verbundenen Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen  $u_p$  wurden jeweils die Konzentrationen verwendet, die während der wöchentlichen Funktionskontrolle gemessen wurden und den geringsten bzw. den höchsten Umgebungsdruck aufwiesen.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 1 \text{ \% / kPa}$ ) bei Aufgabe von Prüfgas, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_p \cdot 100\%}{C \cdot \Delta p} \quad (\text{Gl. 6.18.3})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] bei der Aufgabe von Prüfgas

**Tabelle 6.18.2:** Messdaten für  $p_{\min}$ ,  $p_{\max}$ ,  $c_{p, \max}$  und  $c_{p, \min}$

	Druck $p_{\min}$	Druck $p_{\max}$	Konz. $c_{p, \max}$	Konz. $c_{p, \min}$
<b>GC 5006</b>	99,2 kPa	101,7 kPa	40,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>GC 5007</b>	99,2 kPa	101,7 kPa	40,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Damit ergeben sich folgende Werte für den Empfindlichkeitskoeffizient  $b_p$  des Probengasdruckes und für die Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen  $u_p$ .

**Tabelle 6.18.1:** Rechenwerte für  $b_p$ ,  $u_p$  und  $K_L$

	Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$	Standardunsicherheit $u_p$	Leistungskriterium $K_L$
<b>GC 5006</b>	0,031 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) / kPa	0,22* $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>0,02 % / kPa</b>
<b>GC 5007</b>	0,051 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) / kPa	0,37* $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>0,04 % / kPa</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.19 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 4

### 6.19.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.7 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{T_s}$  für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert muss kleiner sein als  $\pm 0,2 \text{ \% / K}$ .

### 6.19.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Klimakammer für den Temperaturbereich zwischen  $+5^\circ\text{C}$  bis  $+35^\circ\text{C}$

### 6.19.3 Prüfung

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

Der Einfluss muss bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden. Bei jeder Temperatureinstellung sind mindestens vier Einzelmessungen für jede Konzentration durchzuführen.

### 6.19.4 Auswertung

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

$$u_{T_s} = \frac{b_{T_s} \cdot |\Delta T_s|}{2\sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.19.1})$$

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

$$b_{T_s} = \frac{|c_{T_s, \max} - c_{T_s, \min}|}{|\Delta T_s|} \quad (\text{Gl. 6.19.2})$$

Dabei ist

$c_{T_s, \max}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Umgebungstemperatur  $T_{s, \max}$ ;

$c_{T_s, \min}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigsten Umgebungstemperatur  $T_{s, \min}$ .

$$\Delta T_s = T_{s, \max} - T_{s, \min}$$

### 6.19.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{T_s}$  für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 6.19.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur wurden die Geräte in eine Klimakammer eingebracht und folgendes Temperaturprogramm eingestellt:

20°C (3 h) → 5°C (3 h) → 20°C (3 h) → 35°C (3 h) → 20°C (3 h)

Dabei wurde den beiden Gaschromatographen bei jeder Temperatureinstellung Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) für jeweils drei Stunden (6 Messzyklen) angeboten. Als Äquilibratorzeit der Klimakammer wurde bei jeder Temperaturstufe eine Stunde angenommen und daher wurden zur Auswertung jeweils die letzten vier Messzyklen (= 2 h) verwendet.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 0,2 \text{ \% / K}$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{T_s} \cdot 100\%}{C \cdot \Delta T_s} \quad (\text{Gl. 6.20.3})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in Tabelle 6.19.1 dargestellt.

**Tabelle 6.19.1:** Ergebnisse der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

Nullgas	$T_{s, \max} = 35^\circ\text{C};$ $T_{s, \min} = 20^\circ\text{C}$		$T_{s, \max} = 35^\circ\text{C};$ $T_{s, \min} = 5^\circ\text{C}$		$T_{s, \max} = 20^\circ\text{C};$ $T_{s, \min} = 5^\circ\text{C}$	
	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
Empfindlichkeitskoeff. $b_{T_s}$ [µg/m³ / K]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Standardmessunsicherheit $u_{T_s}$ [µg/m³]	0,01	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01
Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [% / K]</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in Tabelle 6.19.2 dargestellt.

**Tabelle 6.19.2:** Ergebnisse der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

Prüfgas	$T_{s, \max} = 35^{\circ}\text{C};$ $T_{s, \min} = 20^{\circ}\text{C}$		$T_{s, \max} = 35^{\circ}\text{C};$ $T_{s, \min} = 5^{\circ}\text{C}$		$T_{s, \max} = 20^{\circ}\text{C};$ $T_{s, \min} = 5^{\circ}\text{C}$	
	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
Empfindlichkeitskoeff. $b_{T_s}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{K}$ ]	0,03	0,02	< 0,01	< 0,01	0,03	0,03
Standardmessunsicherheit $u_{T_s}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,11	0,10	0,01	0,01	0,12*	0,11*
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [% / K]</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.20 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 5

### 6.20.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.8 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_V$  für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert muss kleiner sein als  $\pm 0,2 \% / V$ .

### 6.20.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Transformator im Regelbereich für Netzspannungen von 210 V bis 245 V.

### 6.20.3 Prüfung

Die Spannungsabhängigkeit muss beim Minimum und Maximum des vom Hersteller spezifizierten Spannungsbereichs ( $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$ ) bestimmt werden. Der Einfluss muss bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden. Bei jedem Spannungsniveau sind mindestens vier Einzelmessungen für jede Konzentration durchzuführen.

### 6.20.4 Auswertung

Die Standardmessunsicherheit durch die Spannung  $u_V$  errechnet sich dann zu:

$$u_V = \frac{b_V \cdot |\Delta V|}{2\sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.20.1})$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor  $b_V$  gegeben durch:

$$b_V = \frac{|c_{V,\max} - c_{V,\min}|}{|\Delta V|} \quad (\text{Gl. 6.20.2})$$

Dabei ist:

$c_{V,\max}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Spannung  $V_{\max}$ ;

$c_{V,\min}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigste Spannung  $V_{\min}$ .

$$\Delta V = V_{\max} - V_{\min}$$

### 6.20.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_V$  für den Einfluss der elektrischen Spannung überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

## 6.20.6 Dokumentation

Zur Prüfung der Spannungsabhängigkeit wurde über einen Stelltransformator (HMW Datasystem 4.6-S) die Netzspannung variiert. Folgende Einstellungen wurden vorgenommen.:

230 V → 210 V → 245 V → 230 V

Dabei wurde den beiden Gaschromatographen bei jeder Spannungseinstellung Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m<sup>3</sup>) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 0,2 \text{ %/V}$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_V \cdot 100\%}{C \cdot \Delta V} \quad (\text{Gl. 6.20.3})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m<sup>3</sup>] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in Tabelle 6.20.1 dargestellt.

**Tabelle 6.20.1:** Ergebnisse zur Untersuchung der Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

Nullgas	$V_{\max} = 245 \text{ V};$ $V_{\min} = 230 \text{ V}$		$V_{\max} = 245 \text{ V};$ $V_{\min} = 210 \text{ V}$		$V_{\max} = 230 \text{ V};$ $V_{\min} = 210 \text{ V}$	
	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
Empfindlichkeitsfaktor $b_V$ [µg/m <sup>3</sup> / V]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Standardmessunsicherheit $u_V$ [µg/m <sup>3</sup> ]	0,01	< 0,01	0,01	0,03	< 0,01	0,02
Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m <sup>3</sup> ]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [% / V]</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in Tabelle 6.20.2 dargestellt.

**Tabelle 6.20.2:** Ergebnisse zur Untersuchung der Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

Prüfgas	$V_{\max} = 245 \text{ V};$ $V_{\min} = 230 \text{ V}$		$V_{\max} = 245 \text{ V};$ $V_{\min} = 210 \text{ V}$		$V_{\max} = 230 \text{ V};$ $V_{\min} = 210 \text{ V}$	
	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
Empfindlichkeitsfaktor $b_V$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{V}$ ]	0,02	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Standardmessunsicherheit $u_V$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,09	0,06*	0,12*	0,04	0,03	0,03
Vorgegebene Benzolkonz. $C$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [% / V]</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.21 Querempfindlichkeiten

Das Signal des Analysators ist hinsichtlich möglicher störender Verbindungen zu prüfen, die erwartungsgemäß in Außenluft vorkommen können. Die Querempfindlichkeit gegenüber von Ozon, der relativen Feuchte und organischen Verbindungen muss bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m<sup>3</sup>) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden.

### 6.21.1 Ozon

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 6

#### 6.21.1.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.9.2 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert muss kleiner sein als ± 5 %.

#### 6.21.1.2 Prüfung

Der Einfluss von Ozon wird durch Zugabe eines Ozonprüfgases mit ungefähr 180 µg/m<sup>3</sup> zu einem Benzolprüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m<sup>3</sup>) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

#### 6.21.1.3 Auswertung

Die Einflussgröße  $b_{O_3}$  wird berechnet nach:

$$b_{O_3} = \frac{|c_{MW, O_3} - c_{MW}|}{|c_{int, O_3}|} \quad (\text{Gl. 6.21.1})$$

$$u_{O_3} = b_{O_3} \cdot \sqrt{\frac{c_{int, O_3}^2}{12}} = \frac{|c_{MW, O_3} - c_{MW}|}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.21.2})$$

Dabei ist

$c_{MW, O_3}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Ozonkonzentration  $c_{int, O_3}$ ;

$c_{MW}$  der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Ozon.

#### 6.21.1.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

#### 6.21.1.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber Ozon wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m<sup>3</sup>) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne den Zusatz der Störkomponente für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurde die Störkomponente ebenfalls über 4 Messzyklen jeweils dem Prüfgas beigemischt.

Bei der Überprüfung der Querempfindlichkeit gegenüber von Ozon wurde die Verdünnungsluft über einen Ozongenerator geleitet. Durch das Ein- und Ausschalten der generatorinternen UV-Lampe wurde damit ozonhaltiges bzw. ozonfreies Prüfgas erzeugt.



Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 5 \%$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{O_3} \cdot 100\%}{C} \quad (\text{Gl. 6.21.3})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in der Tabelle 6.21.1.1 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.1.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

	GC 5006	GC 5007
Ozonkonzentration $c_{\text{int., O}_3}$ $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	180	180
Empfindlichkeitsfaktor $b_{\text{O}_3}$	< 0,001	< 0,001
Standardmessunsicherheit $u_{\text{O}_3}$ $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,006	0,009
Vorgegebene Benzolkonz. C $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ :	0,75	0,75
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [%]</b>	<b>0,77</b>	<b>1,15</b>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in der Tabelle 6.21.1.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.1.2:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

	GC 5006	GC 5007
Ozonkonzentration $c_{\text{int., O}_3}$ $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	180	180
Empfindlichkeitsfaktor $b_{\text{O}_3}$	< 0,001	0,001
Standardmessunsicherheit $u_{\text{O}_3}$ $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,007*	0,064*
Vorgegebene Benzolkonz. C $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ :	39,1	39,1
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [%]</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.21.2 Relative Feuchte

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 7

### 6.21.2.1 Anforderung gemäß Punkt 8.5.9.3 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung am Prüfwert durch die relative Feuchte muss kleiner sein als  $\pm 4 \%$ .

### 6.21.2.2 Prüfung

Der Einfluss der relativen Feuchte wird bei relativen Feuchten von 20 % und 80 % bei Referenztemperatur und -druck im Prüfgas mit einer Benzolkonzentration am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

### 6.21.2.3 Auswertung

Der relative Unsicherheitsbeitrag  $u_{rh}(y_{\text{test}})$  wird berechnet zu:

$$u_{rh} = \frac{b_{rh} \cdot c_{rh, \max}}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.21.4})$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor  $b_{rh}$  gegeben durch:

$$b_{rh} = \frac{|y_{rh, \max} - y_{rh, \min}|}{c_{rh, \max} - c_{rh, \min}} \quad (\text{Gl. 6.21.5})$$

und

$y_{rh, \max}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten relativen Feuchte  $c_{rh, \max}$ ;

$y_{rh, \min}$  der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigsten relativen Feuchte  $c_{rh, \min}$ .

### 6.21.2.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.21.2.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne Befeuchtung für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurden die Störkomponenten ebenfalls über 4 Messzyklen jeweils dem Prüfgas beigemischt. Dabei wurde die Verdünnungsluft über eine Nafionmembran geleitet, die im Gegenstrom mit destilliertem Wasser befeuchtet wird. Ein definierter Feuchtegehalt wird dabei über die Temperatur des Wasserbades eingestellt. Zur Berechnung der Abweichung zwischen dem Messwert im „trockenen“ und „feuchten“ Prüfgas wurde der Messwert des „feuchten“ Prüfgases jeweils anhand des Volumenanteils des Wasserdampfes in der Verdünnungsluft entsprechend korrigiert.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 4 \%$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{rh} \cdot 100\%}{C} \quad (\text{Gl. 6.21.6})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in der Tabelle 6.21.2.1 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.2.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

	GC 5006	GC 5007
<b><u>80 % Feuchte</u></b>		
Feuchteanteil $c_{rh, \min}$ [ $10^3$ ppm]	0,8	0,8
Feuchteanteil $c_{rh, \max}$ [ $10^3$ ppm]	21,5	21,5
Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3$ ppm]	0,003	0,003
Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,019	0,021
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]:	0,75	0,75
<b>Leistungskriterium KL [%]</b>	<b>2,49</b>	<b>2,81</b>
<b><u>20 % Feuchte</u></b>		
Feuchteanteil $c_{rh, \min}$ [ $10^3$ ppm]	0,8	0,8
Feuchteanteil $c_{rh, \max}$ [ $10^3$ ppm]	5,5	5,5
Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3$ ppm]	0,007	< 0,001
Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,010	< 0,001
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]:	0,75	0,75
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [%]</b>	<b>1,36</b>	<b>&lt; 0,01</b>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in der Tabelle 6.21.2.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.2.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

	<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
<b><u>80 % Feuchte</u></b>		
Feuchteanteil $c_{rh, min}$ [ $10^3$ ppm]	1,0	1,0
Feuchteanteil $c_{rh, max}$ [ $10^3$ ppm]	26,6	26,6
Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3$ ppm]	0,06	0,01
Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,33*	0,08*
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]:	39,1	39,1
<b>Leistungskriterium KL [%]</b>	<b>0,85</b>	<b>0,21</b>
<b><u>20 % Feuchte</u></b>		
Feuchteanteil $c_{rh, min}$ [ $10^3$ ppm]	1,0	1,0
Feuchteanteil $c_{rh, max}$ [ $10^3$ ppm]	6,6	6,6
Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/10^3$ ppm]	0,13	0,04
Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,20	0,06
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]:	39,1	39,1
<b>Leistungskriterium <math>K_L</math> [%]</b>	<b>0,50</b>	<b>0,15</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

### 6.21.3 Organische Verbindungen

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 8

#### 6.21.3.1 Anforderung gemäß Punkt 8.5.9.4 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung am Prüfwert durch die organischen Verbindungen muss kleiner sein als  $\pm 5\%$ .

#### 6.21.3.2 Prüfung

Eine mögliche Querempfindlichkeit durch organische Verbindungen wird durch Zugabe einer Gasmischung verschiedener organischer Substanzen mit Konzentrationen von jeweils etwa  $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ins Prüfgas mit einer Benzolkonzentration am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

#### 6.21.3.3 Auswertung

Die relative Standardmessunsicherheit aus Querempfindlichkeiten  $u_{c, \text{org}}$  wird berechnet aus:

$$u_{c_{\text{org}}} = \frac{|c_{MW, \text{org}} - c_{MW}|}{\sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 6.21.6})$$

Dabei ist die Einflussgröße  $b_{\text{org}}$  gegeben durch

$$b_{\text{org}} = \frac{|c_{MW, \text{org}} - c_{MW}|}{|c_{MW}|} \quad (\text{Gl. 6.21.7})$$

und

$c_{MW, \text{org}}$  der Mittelwert der Einzelmessungen in Gegenwart der gewählten Gasmischung;

$c_{MW}$  der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Störkomponente.

#### 6.21.3.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

#### 6.21.3.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes =  $0,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne Zusatz von Störkomponenten für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurden die Störkomponenten ebenfalls über 4 Messzyklen dem Prüfgas beigemischt.

Die organischen Komponenten wurden dabei mit einem thermischen Massendurchflussregler (MFC) mit einem Volumenstrom von 2,6 ml/min (PW 2) bzw. 3 ml/min (PW 1) dem Benzolprüfgas beigemischt. Da der Prüfgasvolumenstrom mit ca. 7,2 l/min (PW 2) bzw. 8,5 l/min (PW 1) erheblich höher war (etwa Faktor 2800) konnte in diesem Fall auf eine Korrektur der Ausgangskonzentration von Benzol verzichtet werden.

Folgende Störkomponenten wurden dabei eingesetzt:

- Gemisch aus: Tetrachlormethan, Cyclohexan, Trichlorethylen, n-Heptan
- 2-Methylhexan
- Methylcyclopentan
- 2,4-Dimethylpentan

Zum Vergleich des Leistungskriteriums  $K_L$  mit der Vorgabe in der Norm ( $K_L < \pm 5 \%$ ) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{c,org} \cdot 100\%}{C} \quad (\text{Gl. 6.21.8})$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Störkomponenten bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in den Tabellen 6.21.3.1 und 6.21.3.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.3.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5006)

Störstoff	Konz. $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Empfindlichkeitsfaktor $b_{org}$	Standardmessunsicherheit $u_{c,org} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	vorgeg. Benzolkonzentration C $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^*$	Leistungskriterium $K_L [\%]$
Isoheptan	4,5	0,042	0,014	0,75	<b>1,92</b>
Methylcyclopentan	7,8	0,076	0,026	0,75	<b>3,46</b>
2,4-Dimethylpentan	9,5	0,048	0,017	0,75	<b>2,31</b>
Tetrachlormethan n-Heptan Trichlorethylen Cyclohexan	10,3 4,5 5,9 3,9	0,059	0,020	0,75	<b>2,69</b>

**Tabelle 6.21.3.2:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5007)

Störstoff	Konz. $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Empfindlichkeitsfaktor $b_{org}$	Standardmessunsicherheit $u_{c,org} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	vorgeg. Benzolkonzentration C $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^*$	Leistungskriterium $K_L [\%]$
Isoheptan	4,5	0,005	0,001	0,75	<b>0,19</b>
Methylcyclopentan	7,8	0,017	0,006	0,75	<b>0,77</b>
2,4-Dimethylpentan	9,5	0,075	0,020	0,75	<b>2,69</b>
Tetrachlormethan n-Heptan Trichlorethylen Cyclohexan	10,3 4,5 5,9 3,9	0,096	0,029	0,75	<b>3,85</b>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Störkomponenten bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in den Tabellen 6.21.3.3 und 6.21.3.4 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.3.3:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5006)

Störstoff	Konz. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Empfindlichkeitsfaktor $b_{\text{org}}$	Standardmessunsicherheit $u_{\text{c, org}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	vorgeg. Benzolkonzentration C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Leistungskriterium $K_L$ [%]
Isoheptan	4,5	0,004	0,091	39,1	<b>0,23</b>
Methylcyclopentan	7,8	0,009	0,19	39,1	<b>0,49</b>
2,4-Dimethylpentan	9,5	0,006	0,12	39,1	<b>0,32</b>
Tetrachlormethan n-Heptan Trichlorethylen Cyclohexan	10,3 4,5 5,9 3,9	< 0,001	< 0,001	39,1	<b>&lt; 0,01</b>
<b>Summe org. Verbindungen</b>		<b>0,018</b>	<b>0,41*</b>	<b>39,1</b>	<b>1,04</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

**Tabelle 6.21.3.4:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5007)

Störstoff	Konz. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Empfindlichkeitsfaktor $b_{\text{org}}$	Standardmessunsicherheit $u_{\text{c, org}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	vorgeg. Benzolkonzentration C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Leistungskriterium $K_L$ [%]
Isoheptan	4,5	0,002	0,051	39,1	<b>0,13</b>
Methylcyclopentan	7,8	0,003	0,053	39,1	<b>0,14</b>
2,4-Dimethylpentan	9,5	0,009	0,19*	39,1	<b>0,49</b>
Tetrachlormethan n-Heptan Trichlorethylen Cyclohexan	10,3 4,5 5,9 3,9	0,001	0,023	39,1	<b>0,06</b>
<b>Summe org. Verbindungen</b>		<b>0,015</b>	<b>0,32*</b>	<b>39,1</b>	<b>0,82</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

#### **Anmerkung:**

Da für die Komponenten 2,2,3-Trimethylbutan; 2,3 Dimethylpentan; 3-Ethylpentan keine zertifizierten Prüf gases auf dem Markt verfügbar waren, welche die in der DIN EN 14662-3 geforderten Stabilitätskriterien erfüllen, wurde das Verhalten der Gaschromatographen gegenüber diesen Substanzen qualitativ untersucht. Dazu wurde aus den Reinsubstanzen durch Verdampfung und entsprechende Verdünnung ein Prüf gasgemisch mit Benzol in den geforderten Konzentrationen hergestellt. Die Analyse der resultierenden Retentionszeiten ergab, dass Beeinflussungen des Messsystems bei der Messung von Benzol durch diese Substanzen nicht zu erwarten sind.

## 6.22 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

### 6.22.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.8 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen  $s_{Rf}$  der beiden Messeinrichtungen muss kleiner sein als  $\pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.22.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.22.3 Prüfung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird während der dreimonatigen Felduntersuchung aus zeitgleichen, fortlaufenden Messungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen am selben Messort als Doppelbestimmungen ermittelt.

Dabei kann eine gemeinsame Entnahmeeinrichtung für die zu untersuchende Probenluft verwendet werden. In jedem Fall sind die Probenahmeeinrichtungen der beiden Messeinrichtungen so zueinander anzuordnen, dass beide Messeinrichtungen eine repräsentative Messung desselben Probeluftvolumens durchführen. Auf diese Weise werden systematische Fehler durch räumliche und/oder zeitliche Inhomogenitäten der Massenkonzentrationsverteilung der Messobjekte in der Umgebungsluft reduziert. Die Messsignale der Messeinrichtungen sind als Einzelwerte auf einem elektronischen Datenspeicher aufzuzeichnen.

### 6.22.4 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

$$(d_f)_{MW} = \frac{\sum d_{f,i}}{n}$$

Dabei ist

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

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

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

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



### 6.22.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.22.6 Dokumentation

Zur Auswertung wurden sämtliche beim Feldversuch ermittelten Außenluftmesswerte herangezogen. Die Daten zur Funktionskontrolle mit Prüfgas und Nullgas wurden nicht berücksichtigt.

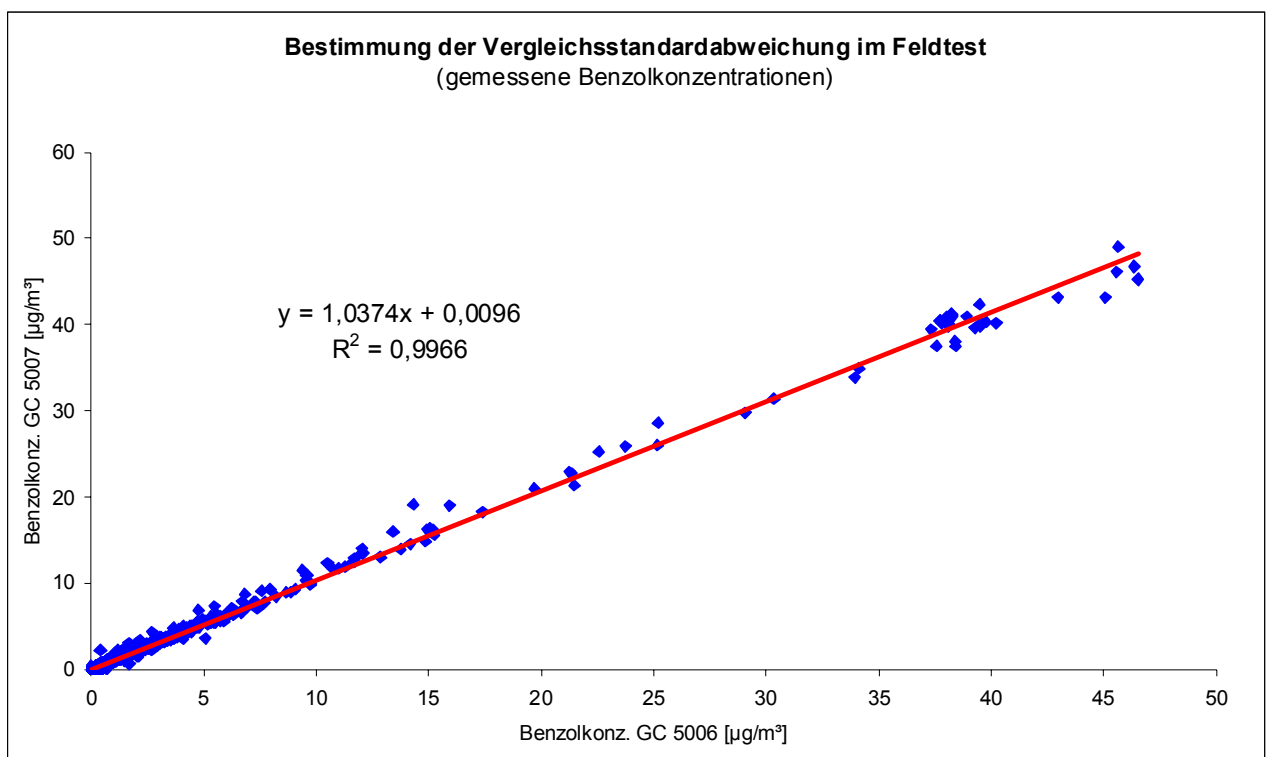
Die daraus ermittelten Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung sind in der folgenden Tabelle 6.22.1 zusammengefasst.

**Tabelle 6.22.1:** Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung im Feldversuch

	<b>GC 5006 und GC 5007</b>
Anzahl Wertepaare n	3997
Mittlere Differenz $d_{f, MW}$	- 0,06
$MW_{GC\ 5006}$	1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$MW_{GC\ 5007}$	1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b><math>u_{Rf} = s_{Rf} [\mu\text{g}/\text{m}^3]</math></b>	<b>0,19*</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

In Abbildung 6.22.1 sind die beim Feldtest ermittelten Daten der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.



**Abb. 6.22.1:** Während des Feldtests gemessene Benzolkonzentrationen

## 6.23 Langzeitdrift

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 9

### 6.23.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.5 der DIN EN 14662-3 [3]

Der größte Wert der Langzeitdrift am Prüfwert  $d_{14d}$  muss beim Feldtest über eine Driftperiode von 14 Tagen kleiner sein als  $\pm 10\%$ .

### 6.23.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.23.3 Prüfung

Während der ersten 14 Tage des Feldtests müssen mindestens alle zwei Tage Einzelmessungen mit Prüfgas von einer Konzentration zwischen 70 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs durchgeführt werden. Mindestens vier unabhängige, aufeinander folgende Messungen sind durchzuführen. Die Messwerte sind aufzuzeichnen. Die übrige Zeit sind mindestens alle zwei Wochen Messungen mit Prüfgasen durchzuführen. Die Langzeitdrift wird aus den Mittelwerten der vierunabhängigen Messungen ermittelt.

Während des Feldtests dürfen keine Justierungen des Nullpunkts und des Referenzpunktes am Gerät durchgeführt werden.

### 6.23.4 Auswertung

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{14d} = \frac{|c_{MW,n} - c_{MW,n-1}|}{c_{MW,n}} \cdot 100\%$$

Dabei ist:

- $d_{14d}$  die Drift bei der Prüfkonzentration  $c_i$  als Prozentsatz;  
 $c_{MW,n}$  der Mittelwert der vier Analysen am Beginn der Driftperiode;  
 $c_{MW,n-1}$  der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (14 d).

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

$$u_d = \frac{|c_{MW,n} - c_{MW,n-1}|}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

### 6.23.5 Bewertung

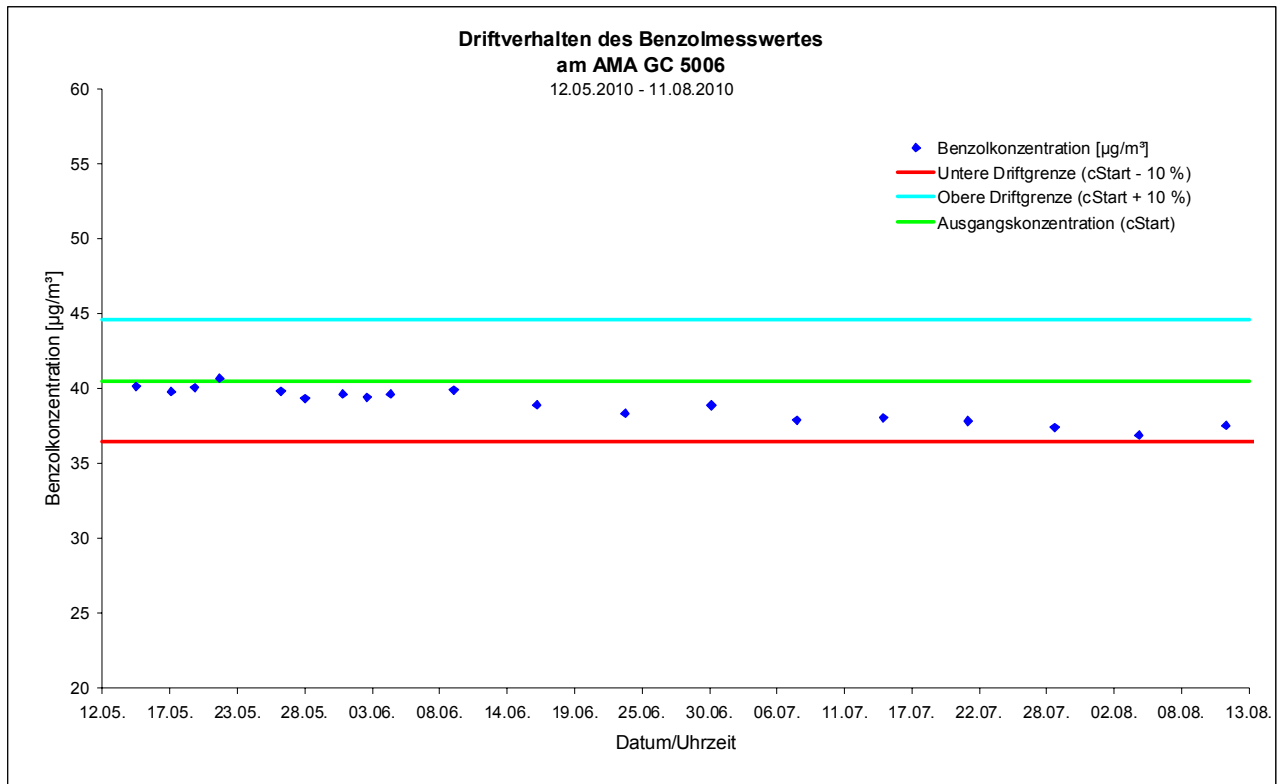
Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.23.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Langzeitdrift wurde während des Feldtests in den ersten zwei Wochen in einem Abstand von zwei bis drei Tagen Prüfgas mit einer Benzolkonzentration von ca.  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jeweils für 2,5 Stun-

den (5 Messzyklen) aufgegeben. Zur Auswertung wurden jeweils vier Messzyklen verwendet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Driftverhalten des Prüfwertes sind nachfolgend graphisch und tabellarisch dargestellt.

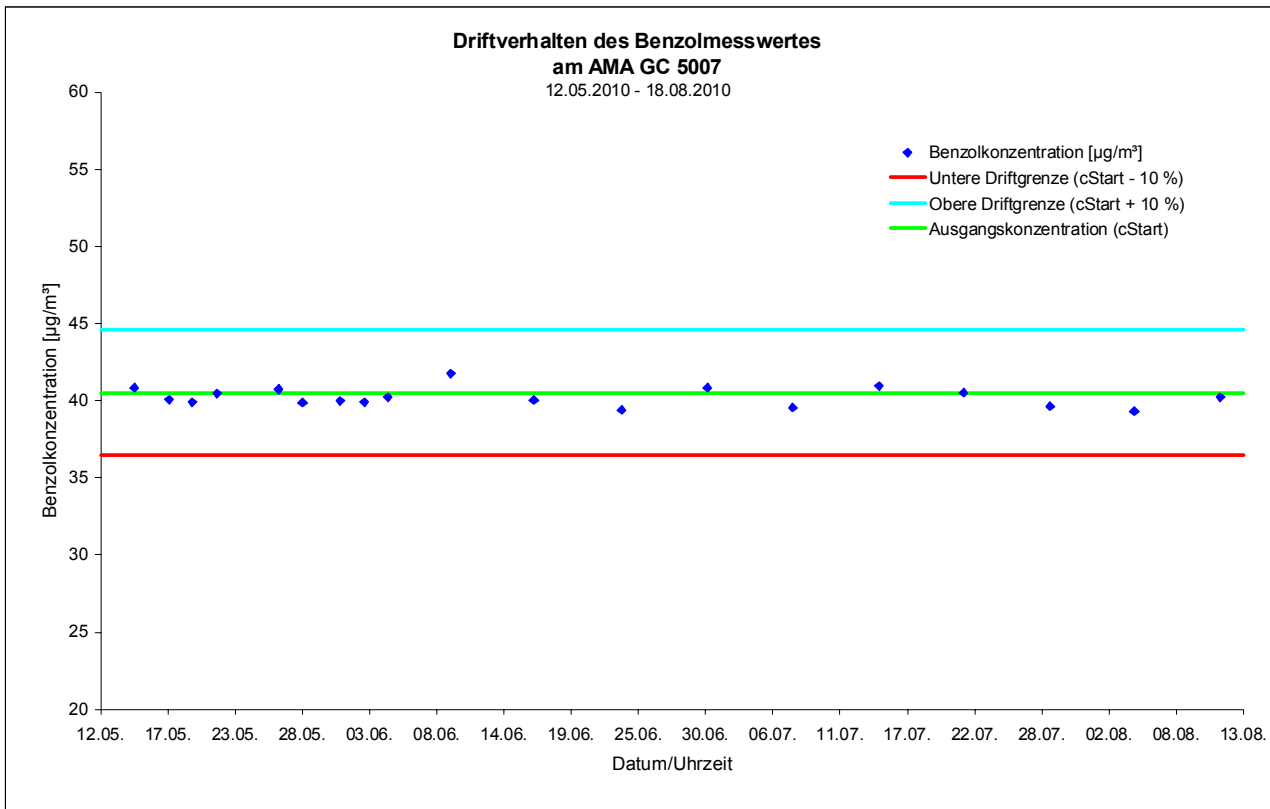


**Abb. 6.23.1:** Driftverhalten des Messwertes beim GC 5006

**Tabelle 6.23.1:** Berechnung der Langzeitdrift (14 d) des Messwertes (Sollwert: 40,5 µg/m³)

	GC 5006			GC 5007		
	[µg/m³]	d <sub>14d</sub> [%]	u <sub>d</sub> [µg/m³]	[µg/m³]	d <sub>14d</sub> [%]	u <sub>d</sub> [µg/m³]
Mittelwerte	39,0	1,5	0,2	40,2	1,7	0,2
Minimalwert	36,9	< 0,1	< 0,01	39,3	< 0,1	< 0,01
<b>Maximalwert</b>	40,7	<b>3,9</b>	<b>0,5*</b>	41,8	<b>5,7</b>	<b>0,7*</b>

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen



**Abb. 6.23.2:** Driftverhalten des Messwertes beim GC 5007

Wie man den beiden Abbildungen 6.23.1 und 6.23.2 entnehmen kann, zeigten beide Gaschromatographen während der 90 Tage im Feldtest keine signifikante Drift außerhalb der vorgegebenen Driftgrenzen, so dass das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden kann (siehe auch Kapitel 6.14).

## 6.24 Kurzzeitdrift

### 6.24.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.4 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Kurzzeitdrift am Prüfwert  $d_{24h}$  muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 24 h kleiner sein als  $\pm 5 \%$ .

### 6.24.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.24.3 Prüfung

Auf das Gerät wird unter Laborbedingungen Prüfgas am Referenzpunkt aufgegeben. Dabei wird aus vier aufeinanderfolgenden Messungen der Mittelwert berechnet. Nach 24 h werden die Messungen am Referenzpunkt wiederholt.

### 6.24.4 Auswertung

Die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{24h} = \frac{|c_{n,MW} - c_{n-1,MW}|}{c_{n,MW}} \cdot 100\%$$

Dabei ist

$d_{24h}$  die Drift am Prüfwert  $c_t$  als Prozentwert;

$c_{n,MW}$  der Mittelwert der vier Analysen am Anfang der Driftperiode;

$c_{n-1,MW}$  der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (24 h).

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

$$u_s = \frac{c_{n,MW} - c_{n-1,MW}}{2\sqrt{3}}$$

Das Ergebnis der Kurzzeitdrift wird nicht in die Gesamtmessunsicherheit eingeschlossen.

### 6.24.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.24.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Kurzzeitdrift unter Laborbedingungen wurde den beiden Gaschromatographen eine Konzentration von ca.  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  über einen Zeitraum von 2,5 Stunden (5 Messzyklen) angeboten. Zur Auswertung wurde aus vier Messzyklen ein Mittelwert gebildet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen. Nach 24 h wurde die Messung wiederholt und erneut aus vier Messzyklen ein Mittelwert bestimmt.

Die daraus berechneten Werte für die Kurzzeitdrift  $d_{24h}$  und für die Standardmessunsicherheit  $u_s$  sind in Tabelle 6.24.1 dargestellt.

**Tabelle 6.24.1:** Berechnete Werte für die Kurzzeitdrift  $d_{24\text{h}}$  und für die Standardmessunsicherheit  $u_s$

	<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
Mittelwert 1	39,1	39,4
Mittelwert 2	39,3	39,6
<b><math>d_{24\text{h}}</math> [%]</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>
<b><math>u_s</math> [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>- 0,04</b>	<b>- 0,04</b>

## 6.25 Verschleppen (Memory-Effekt)

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 10

### 6.25.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.10 der DIN EN 14662-3 [3]

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

### 6.25.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.25.3 Prüfung

Der Einfluss eines Memory-Effektes, der durch Zurückhalten von Benzol im Messsystem infolge ungeeigneter Materialien oder eines großen Totvolumens hervorgerufen wird, soll durch mehrfache Aufgabe von Nullgas und Prüfgas (Konzentration bei 70 – 80 % des Messbereichsendwertes) geprüft werden.

### 6.25.4 Auswertung

Die zweite Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration (70 – 80 % des Messbereichsendwertes) folgt, darf eine gemessene Benzolkonzentration von 10 % des Grenzwertes ( $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nicht übersteigen.

### 6.25.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.25.6 Dokumentation

Zur Bestimmung des Memory-Effektes werden die Messwerte aus der Linearitätsprüfung (Lack-of-fit) herangezogen (siehe Kap. 6.17). Es wurden fünf verschiedene Prüfgaskonzentrationen, verteilt über den Messbereich bis  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sowie Nullgas auf die beiden Gaschromatographen für jeweils 1,5 Stunden (3 Messzyklen von 30 Minuten = 3 Messwerte) in sechs aufeinander folgenden Kalibrierzyklen aufgegeben.

Dabei wurde jeweils nach der höchsten Benzolkonzentration (ca.  $43,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) das Nullgas aufgeschaltet. In der folgenden Tabelle 6.25.1 sind jeweils die ersten beiden Nullgasanalysenwerte (NGA) nach der letzten hohen Benzolkonzentration angegeben.

**Tabelle 6.25.1:** Ergebnisse zur Bestimmung des Memory-Effektes

Zyklus	GC 5006		GC 5007	
	1. NGA	2. NGA	1. NGA	2. NGA
1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1
4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
5	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1
6	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1

## 6.26 Gesamtmessunsicherheit gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3]

### 6.26.1 Mindestanforderung gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3]

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterraichtlinien [8] zur Luftqualität nicht überschreiten (Anforderung an die Datenqualität: Für Benzol ist bei kontinuierlichen Messungen für die prozentuale erweiterte Messunsicherheit ein Maximalwert von 25 % zulässig).

### 6.26.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.26.3 Prüfung

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

### 6.26.4 Auswertung

Die Berechnung der Gesamtmessunsicherheit wird in zwei Schritten durchgeführt:

- 1) berechnen der Gesamtmessunsicherheit mit den in den Laboruntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen;
- 2) 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 kombinierte Messunsicherheit wird aus den einzelnen Beiträgen nach folgender Gleichung abgeschätzt:

$$u_c = c_{test} \sqrt{\sum \frac{u_i^2}{c_i^2}} \quad (\text{Gl. 6.26.1})$$

Dabei ist:

$u_c$  die mit der Benzolkonzentration  $c_{test}$  verbundene kombinierte Messunsicherheit;

$u_i$  der partielle Beitrag zur Standardunsicherheit bei der Konzentration  $c_i$ .

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

### 6.26.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.26.6 Dokumentation

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN EN 14662-3 [3] in Anlehnung an das Beispiel in Anhang B der Norm. In der Tabelle 6.26.1 ist die Gesamtmessunsicherheit  $u_c/c$  angegeben, die mit Hilfe der in den Laboruntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen berechnet wurde.



**Tabelle 6.26.1:** Gesamtmessunsicherheit  $u_c/c$  für die Laboruntersuchungen

Gesamtmessunsicherheit für den Labortest		GC 5006	GC 5007		GC 5006	GC 5007
Unsicherheit des Prüfgases*	$u_{\text{span}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,06	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	5,0	5,0
Anpassung der Kalibriergeraden	$u_{\text{fit}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,08	0,11	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	5,0	5,0
Wiederholpräzision	$u_r [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,02	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	5,9	5,9
Störung durch Ozon	$u_{\text{O}_3} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,01	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Störung durch organische Verbindungen	$u_{\text{org}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,41	0,32	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Störung durch relative Feuchte	$u_{\text{rh}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,33	0,08	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Abhängigkeit vom Luftdruck	$u_p [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,12	0,11	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur	$u_{\text{Ts}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,22	0,37	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	40,5	40,5
Abhängigkeit von der Spannung	$u_v [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,12	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
<b>Gesamtmessunsicherheit <math>u_c/c</math> [%]</b>		<b>2,6</b>	<b>3,0</b>			
<b>Erweiterte Messunsicherheit <math>U_{c, \text{rel}}</math> [%]</b>		<b>5,2</b>	<b>6,0</b>			

\*: Die Unsicherheit der Prüfgaserzeugung liegt bei  $\pm 2,5\%$  (bez. auf  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Standardverfahren über Jahre verifiziert

In der Tabelle 6.26.2 ist die Gesamtmessunsicherheit  $u_c/c$  für den Feldtest angegeben.

**Tabelle 6.26.2:** Gesamtmessunsicherheit  $u_c/c$  für die Feldversuche

Gesamtmessunsicherheit für den Feldtest		GC 5006	GC 5007		GC 5006	GC 5007
Unsicherheit des Prüfgases*	$u_{\text{span}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,06	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	5,0	5,0
Anpassung der Kalibriergeraden	$u_{\text{fit}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,08	0,11	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	5,0	5,0
Vergleichsstandardabweichung	$u_{\text{rf}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,19	0,19	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	40,5	40,5
Störung durch Ozon	$u_{\text{O}_3} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,01	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Störung durch organische Verbindungen	$u_{\text{org}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,41	0,32	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Störung durch relative Feuchte	$u_{\text{rh}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,33	0,08	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Abhängigkeit vom Luftdruck	$u_p [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,12	0,11	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur	$u_{\text{Ts}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,22	0,37	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	40,5	40,5
Abhängigkeit von der Spannung	$u_v [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,12	0,06	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	39,1	39,1
Langzeitdrift	$u_d [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	0,45	0,69	$c_{\text{Benz.}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	40,5	40,5
<b>Gesamtmessunsicherheit <math>u_c/c</math> [%]</b>		<b>2,8</b>	<b>3,3</b>			
<b>Erweiterte Messunsicherheit <math>U_{c, \text{rel}}</math> [%]</b>		<b>5,7</b>	<b>6,7</b>			

\*: Die Unsicherheit der Prüfgaserzeugung liegt bei  $\pm 2,5\%$  (bez. auf  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Standardverfahren über Jahre verifiziert

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 - Entwurf: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmeseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen; November 2007; Beuth-Verlag Berlin
- [2] VDI-Richtlinie 4203 Blatt 3 - Entwurf: Prüfpläne für automatische Immissionsmeseinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen; November 2007; Beuth-Verlag Berlin
- [3] DIN EN 14662 - 3: Luftbeschaffenheit; Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung; August 2005; Beuth-Verlag Berlin
- [4] VDI-Richtlinie 3490 Blatt 16: Messen von Gasen; Prüfgase; Herstellen von Prüfgasen mit Blenden-Mischstrecken; Oktober 1994; Beuth-Verlag Berlin
- [5] VDI-Richtlinie 3490 Blatt 8: Messen von Gasen; Prüfgase; Herstellung durch kontinuierliche Injektion; Januar 1981; Beuth-Verlag Berlin
- [6] DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien; April 2000; Beuth-Verlag Berlin
- [7] Betriebsanleitung des Gaschromatographen GC 5000 BTX (Modell PID) der Firma AMA-Instruments
- [8] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft; Abl. Nr. L313, S. 12



# ADDENDUM

zur

Eignungsprüfung des Gaschromatographen

GC 5000 BTX (PID) für Benzol

Fa. AMA Instruments GmbH

 LUBW-Berichtsnummer: AMA 143-01K PID/18D



Baden-Württemberg

**AUFTRAGGEBER** AMA Instruments GmbH  
Science Park II  
Lise-Meitner-Straße 8  
89081 Ulm

**BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt  
Baden-Württemberg  
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  
Referat 14 – Marktüberwachung, Qualitätssicherung

**BERICHTSNUMMER** AMA 143-01K PID/18D  
**ERSTELLUNGSDATUM** 26.04.2019  
**BERICHTSUMFANG** 54 Seiten



**EMAS**  
GEPRÜFTES  
UMWELTMANAGEMENT  
D-138-00063

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14419-01-00

# 0. Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	5
2	KURZFASSUNG MIT BEKANNTGABEVORSCHLAG	7
2.1	Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse	7
2.2	Bekanntgabevorschlag	11
3	PRÜFERGEBNISSE	12
3.1	Messwertanzeige	12
3.2	Kalibrieringang	13
3.3	Wartungsfreundlichkeit	13
3.4	Funktionskontrolle	13
3.5	Rüst- und Einlaufzeiten	14
3.6	Bauart	15
3.7	Unbefugtes Verstellen	15
3.8	Messsignalausgang	16
3.9	Digitale Schnittstelle	17
3.10	Datenübertragungsprotokoll	17
3.11	Messbereich	17
3.12	Negative Messsignale	18
3.13	Stromausfall	18
3.14	Gerätefunktionen	19
3.15	Umschaltung	20
3.16	Gerätesoftware	20
3.17	Kurzzeitdrift	22
3.18	Wiederholstandardabweichung	24
3.19	Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (Lack-of-fit)	26
3.20	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	30
3.21	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur	32
3.22	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	34
3.23	Querempfindlichkeiten	36
3.24	Verschleppen (Memory-Effekt)	40

3.25	Langzeitdrift	42
3.26	Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	45
3.27	Kontrollintervall	47
3.28	Verfügbarkeit	48
3.29	Gesamtmessunsicherheit	50
4	FAZIT	54

# 1 Einleitung

Das folgende Addendum enthält eine Beurteilung ob die Messeinrichtung Gaschromatograph GC 5000 BTX in der Ausführung PID für Benzol die Mindestanforderungen erfüllt, die in der europäischen Norm DIN EN 14662-3 aus dem Jahr 2016 gefordert werden.

Die Messeinrichtung wurde im Jahr 2010 eignungsgeprüft und wie folgt bekanntgegeben:

- Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung PID für die kontinuierliche Erfassung von Benzol-Immissionskonzentrationen in der Außenluft mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 10. Januar 2011 (BANz 26. Januar 2011, Nr. 14 S. 294; Kapitel III, Nr. 1.1)
- Die letzte Mitteilung erfolgte mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 13. Juli 2017 (BANz AT 31.07.2017 B12; Kapitel II Mitteilung 35).

Die Eignungsprüfung erfolgte für die Komponente Benzol in der Zeit vom Mai 2010 bis Oktober 2010. Die Mindestanforderungen und Prüfungsvorgaben für die Labor und Feldprüfungen basierten dabei auf den folgenden Normen und Richtlinien:

- DIN EN 14662-3 – 2005-08 (Luftbeschaffenheit; Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung)
- VDI 4202 Blatt 1; Entwurf 2007-11 (Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen)
- VDI 4203 Blatt 3; Entwurf 2007-11 (Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen)

Durch die Revision der DIN EN 14662-3 ergaben sich mit der Veröffentlichung der neuen Ausgabe vom Februar 2016 (englische Fassung vom November 2015) neue Verfahrenskenngrößen für die Mindestanforderungen und neue Berechnungsgrundlagen für die erweiterte Messunsicherheit. Die Durchführungsvorschriften der dabei zu Grunde liegenden Prüfungen blieben im Vergleich zur Ausgabe von 2005 weitgehend gleich. Um zu prüfen ob die Messeinrichtung die Vorgaben der neuen Ausgabe der DIN EN 14662-3 von 2016 erfüllt wurden die Verfahrenskenngrößen mit den bei der Prüfung im Jahr 2010 ermittelten Daten neu bestimmt und die zugehörige Messunsicherheit berechnet. Bei folgenden Prüfungen weichen die Vorgaben zur Durchführung der Prüfungen in der neuen Ausgabe ab:

- Punkt 8.4.5 „Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (lack-of-fit)“
- Punkt 8.4.6 „Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes“
- Punkt 8.4.9 „Störkomponenten“ (8.4.9.2 „Wasserdampf“ und 8.4.9.3 „Organische Verbindungen“)

Dementsprechend wurden diese Prüfungen nach den Vorgaben der DIN EN 14662-3 vom Februar 2016 erneut durchgeführt. Dazu wurden der LUBW von der Firma AMA Instruments zwei Gaschromatographen GC 5000 BTX in der Ausführung PID mit den folgenden Seriennummern zur Verfügung gestellt:



- PID 1: 180885551 (nachfolgend als GC 5551 bezeichnet)
- PID 2: 180885552 (nachfolgend als GC 5552 bezeichnet)

Im Kapitel 2 sind die die Ergebnisse der neuen Prüfungen und die neu ermittelten Kenngrößen die auf der Grundlage der Daten aus der Prüfung von 2010 berechnet wurden tabellarisch zusammengefasst.

In Kapitel 3 sind die durchgeführten Prüfungen und Berechnungen nochmals ausführlich dargestellt. Die Gliederung orientiert sich dabei an der Vorgaben der neuen VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 vom April 2018 (Prüfung der allgemeinen Anforderungen; Kap. 8.3) bzw. an der neuen DIN EN 14662-3 vom Februar 2016 (Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Laborprüfung und bei der Feldprüfung; Kap. 8.4 und 8.5).

Dieses Addendum ist fester Bestandteil des LUBW-Prüfberichtes 143-04R/10 vom 23.11.2010 und wird ebenfalls im Internet unter [www.gall.de](http://www.gall.de) veröffentlicht.

## 2 Kurzfassung mit Bekanntgabevorschlag

### 2.1 Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	Anford. erfüllt	Prüfdatum
Messwertanzeige	Muss vorhanden sein.	Messwertanzeige ist vorhanden	Ja	2010
Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten	Ja	2010
Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen für eine interne Funktionskontrolle. Prüfung entfällt.	--	2010
Rüst- und Einlaufzeiten	Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.	Die Betriebsanleitung enthält detaillierte Angaben zur Inbetriebnahme des Gerätes. Hinweise zur Rüst- und Einlaufzeiten sind vorhanden.	Ja	2010
Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten.	Angaben zur Bauart sind in der Betriebsanleitung vorhanden	Ja	2010
Unbefugtes Verstellen	Die Messeinrichtung muss eine Sicherung gegen unbefugtes Verstellen enthalten.	Passwortschutz ist vorhanden	Ja	2010
Messsignalausgang	Messsignale müssen digital und/oder analog angeboten werden.	Messsignale, Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle ausgelesen	Ja	2010
Digitale Schnittstelle	Es ist zu prüfen, ob die digitale Schnittstelle die Übertragung der Messsignale, Statussignale und Informationen wie Gerätetyp, Messbereich, Messkomponente und Einheit erlaubt. Weiterhin ist zu prüfen, ob die digitale Schnittstelle vollständig im einschlägigen Normen- und Richtlinienwerk beschrieben ist.	Während des Feldtests waren die beiden Geräte über den Stationsrechner mit der Messnetzzentrale der LUBW verbunden. Dabei wurden die jeweiligen Betriebszustände sowie Fehlermeldungen telemetrisch übertragen.	Ja	2010
Datenübertragungsprotokoll	Falls die Messsignale des Messgeräts digital übertragen werden, ist zu überprüfen, ob das Messgerät mindestens über ein Datenübertragungsprotokoll verfügt.	Die Messsignale konnten mittels „Bayern-Hessen-Datenprotokoll“ bzw. „Gesytac-II-Protokoll“ auf einen Stationsrechner übertragen werden. Dies wurde während des Feldtests überprüft; es wurde eine 100-prozentige Übereinstimmung zwischen den übertragenen Daten und den im Gerät gespeicherten Daten festgestellt.	Ja	2010
Messbereich	Der Messbereichsendwert muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches sein.	Der Hersteller gibt keinen Messbereichsendwert an. Während der Prüfung wurden Konz. aufgegeben, die einen Messbereich von 50 µg/m <sup>3</sup> abdecken.	Ja	2010

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	Anford. erfüllt	Prüfdatum
Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.	--	2010
Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand muss bei Spannungswiederkehr gesichert sein, Messung muss fortgesetzt werden.	Die Zufuhr des Betriebsgases (N <sub>2</sub> ) wird bei einem Stromausfall gestoppt. Geräteparameter bleiben gespeichert. Nach Spannungswiederkehr fährt der Rechner das Betriebssystem automatisch hoch und startet den Messbetrieb.	Ja	2010
Gerätefunktion	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.	Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle übertragen werden	Ja	2010
Umschaltung	Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch auslösbar sein	Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.	Ja	2010
Gerätesoftware	Die Version der Gerätesoftware muss vom Messgerät angezeigt werden können	Die aktuellen Software-Versionen für die Steuerung des Gaschromatographen und für die Auswertung der Chromatogramme können angezeigt werden: <u>Software zur GC-Steuerung:</u> AMA_System.Control v.1.25 <u>Software zur Chromatogrammausw.:</u> AMA_Peak.log v.1.1	Ja	2018
Kurzzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Kurzzeitdrift $D_{s,s}$ am Prüfwert 2 muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 12 h kleiner oder gleich $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein	Die Kurzzeitdrift $D_{s,s}$ am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $D_{s,s} = 0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $D_{s,s} = 0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2010
Wiederholstandardabweichung am Prüfwert 1 (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ am Prüfwert 1 muss kleiner oder gleich $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.	Die Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu: GC 5006: $s_{r,z} = 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $s_{r,z} = 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2010
Wiederholstandardabweichung am Jahresgrenzwert (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Wiederholstandardabweichung $s_{r,c(t)}$ am Jahresgrenzwert muss kleiner oder gleich $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.	Die Wiederholstandardabweichung $s_{r,c(t)}$ bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes wurde ermittelt zu: GC 5006: $s_{r,c(t)} = 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $s_{r,c(t)} = 0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2010

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	Anford. Erfüllt	Prüfdatum
Linearität (Lack-of-fit) (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Das Residuum $r_z$ am Nullpunkt muss kleiner oder gleich $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein und das größte relative Residuum $r_{\text{max}}$ aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner oder gleich 5 % sein.	Das Residuum $r_z$ am Nullpunkt wurde ermittelt zu: GC 5551: $r_z = 0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5552: $r_z = 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Das größte relative Residuum $r_{\text{max}}$ wurde ermittelt zu: GC 5551: $r_{\text{max}} = 3,3 \%$ GC 5552: $r_{\text{max}} = 5,0 \%$	Ja	2018
Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{\text{gp}}$ für den Einfluss des Probengasdrucks am Prüfwert 2 muss kleiner oder gleich $0,10 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{kPa}$ sein.	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks wurde ermittelt zu: GC 5551: $b_{\text{gp}} = 0,024 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{kPa}$ GC 5552: $b_{\text{gp}} = 0,015 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{kPa}$	Nein*	2018
Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{\text{st}}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert 2 muss kleiner oder gleich $0,08 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{K}$ sein.	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{\text{st}}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_{\text{st}} = 0,001 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{K}$ GC 5007: $b_{\text{st}} = 0,002 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{K}$	Ja	2010
Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_v$ für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert muss kleiner oder gleich $0,08 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{V}$ sein.	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_v$ für den Einfluss der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $b_v = 0,012 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{V}$ GC 5007: $b_v = 0,004 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / \text{V}$	Ja	2010
Einfluss von Wasserdampf (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Einfluss der Störung im Bereich des Jahresgrenzwertes durch Wasserdampf $b_{\text{H}_2\text{O}}$ muss kleiner oder gleich $0,015 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / (\text{mmol}/\text{mol})$ sein.	Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{\text{H}_2\text{O}}$ für den Einfluss der Störung durch Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes wurde ermittelt zu: GC 5551: $b_{\text{H}_2\text{O}} = -0,004 (\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{mmol}/\text{mol})$ GC 5552: $b_{\text{H}_2\text{O}} = 0,001 (\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{mmol}/\text{mol})$	Ja	2018
Einfluss von organischen Verbindungen (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Der Beitrag des Gemischs aus organischen Verbindungen $\Delta x_{\text{OC}}$ zum Messsignal von Benzol bei einer Konzentration im Bereich des Jahresgrenzwertes muss kleiner oder gleich $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.	Der Beitrag des Gemischs aus organischen Verbindungen $\Delta x_{\text{OC}}$ wurde ermittelt zu: GC 5551: $\Delta x_{\text{OC}} = 0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5552: $\Delta x_{\text{OC}} = 0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2018
Verschleppen (Memory-Effekt) (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Benzolkonzentration der ersten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Konzentration folgt, muss kleiner oder gleich $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein	Als Mittelwert $c_m$ der ersten Nullgasanalyse wurden folgende Werte ermittelt: GC 5006: $c_m = 0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $c_m = 0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2010

\*: Der in der Norm vorgegebene Probengasdruck von 80 kPa konnte nicht eingestellt werden, da bei dieser Einstellung der Zielwert des Proben volumens von 300 ml nicht erreicht wird. Die in den Gaschromatographen eingebauten Probengaspumpen können nur bis zu einem Probengasdruck von 85 kPa den vorgegebenen Durchfluss konstant halten.

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	Anford. Erfüllt	Prüfdatum
Langzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Beim Feldtest muss über eine Driftperiode von 14 Tagen der größte Wert der Langzeitdrift $D_{l,z}$ am Nullpunkt kleiner oder gleich $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein und der größte Wert der Langzeitdrift $D_{l,s}$ am Prüfwert 2 muss kleiner oder gleich 10 % sein.	Der Maximalwert der Langzeitdrift $D_{l,b}$ am Nullpunkt wurde ermittelt zu: GC 5006: $D_{l,z} = 0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GC 5007: $D_{l,z} = 0,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Der Maximalwert der Langzeitdrift $D_{l,s}$ am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu: GC 5006: $D_{l,s} = - 5,87 \%$ GC 5007: $D_{l,s} = 4,84 \%$	Ja	2010
Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen (Anforderung der DIN EN 14662-3)	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{r,f}$ der beiden Messeinrichtungen muss kleiner oder gleich $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{r,f}$ der beiden Messeinrichtungen wurde ermittelt zu: $s_{r,f} = 0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ja	2010
Kontrollintervall	Sollte möglichst 3 Monate, jedoch mindestens 14 Tage betragen.	Das Kontrollintervall sollte auf maximal vier Wochen festgesetzt werden. Der Hersteller empfiehlt 14 Tage.	Ja	2010
Verfügbarkeit	Die Verfügbarkeit muss mindestens 90 % betragen.	Die Verfügbarkeit wurde ermittelt zu: GC 5006: 100,0 % GC 5007: 99,2 %	Ja	2010
Gesamtmessunsicherheit	Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochtrichtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten. Für Benzol muss die relative erweiterte Messunsicherheit kleiner oder gleich 25 % sein.	Der ermittelte Wert für die relative erweiterte Messunsicherheit $W$ beträgt: GC 5006/5551: $W = 11,6 \%$ GC 5007/5552: $W = 11,4 \%$	Ja	2018

Prüfwert 1:  $1/10$  des Grenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Prüfwert 2: Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol

Grenzwert: Jahresgrenzwert von Benzol =  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

## 2.2 Bekanntgabevorschlag

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

### Messeinrichtung:

Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung PID für Benzol

### Hersteller:

AMA Instruments GmbH, Ulm

### Eignung:

Für die kontinuierliche Erfassung von Benzol-Immissionskonzentrationen in der Außenluft.

### Messbereich der Eignungsprüfung:

Benzol: 0 – 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### Softwareversion:

AMA\_System.Control v.1.25 (Software zur GC-Steuerung)

AMA\_Peak.log v.1.1 (Software zur Chromatogramm-Auswertung)

### Einschränkung:

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

Das Messgerät kann nur bis zu einem Unterdruck von 85 kPa ordnungsgemäß betrieben werden.

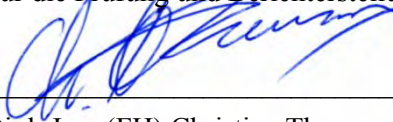
### Prüfbericht

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe

Addendum Berichts-Nr.: AMA 143-01K PID/18D vom 26.04.2019

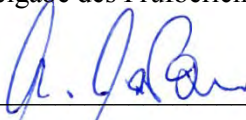
(Bestandteil des LUBW-Prüfberichtes: 143-04R/10 vom 23.11.2010)

Für die Prüfung und Berichterstellung verantwortlich



Dipl.-Ing. (FH) Christian Thomas

Freigabe des Prüfberichtes



Dipl.-Chem. Michael Maban

## 3 Prüfergebnisse

### 3.1 Messwertanzeige

#### 3.1.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.1)

Das Messgerät muss eine funktionsfähige Messwertanzeige am Gerät besitzen

#### 3.1.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

#### 3.1.3 Prüfung

Es ist zu prüfen, ob die Messeinrichtungen eine Messwertanzeige besitzen.

#### 3.1.4 Auswertung

Die Funktionsfähigkeit der Messwertanzeige ist festzustellen.

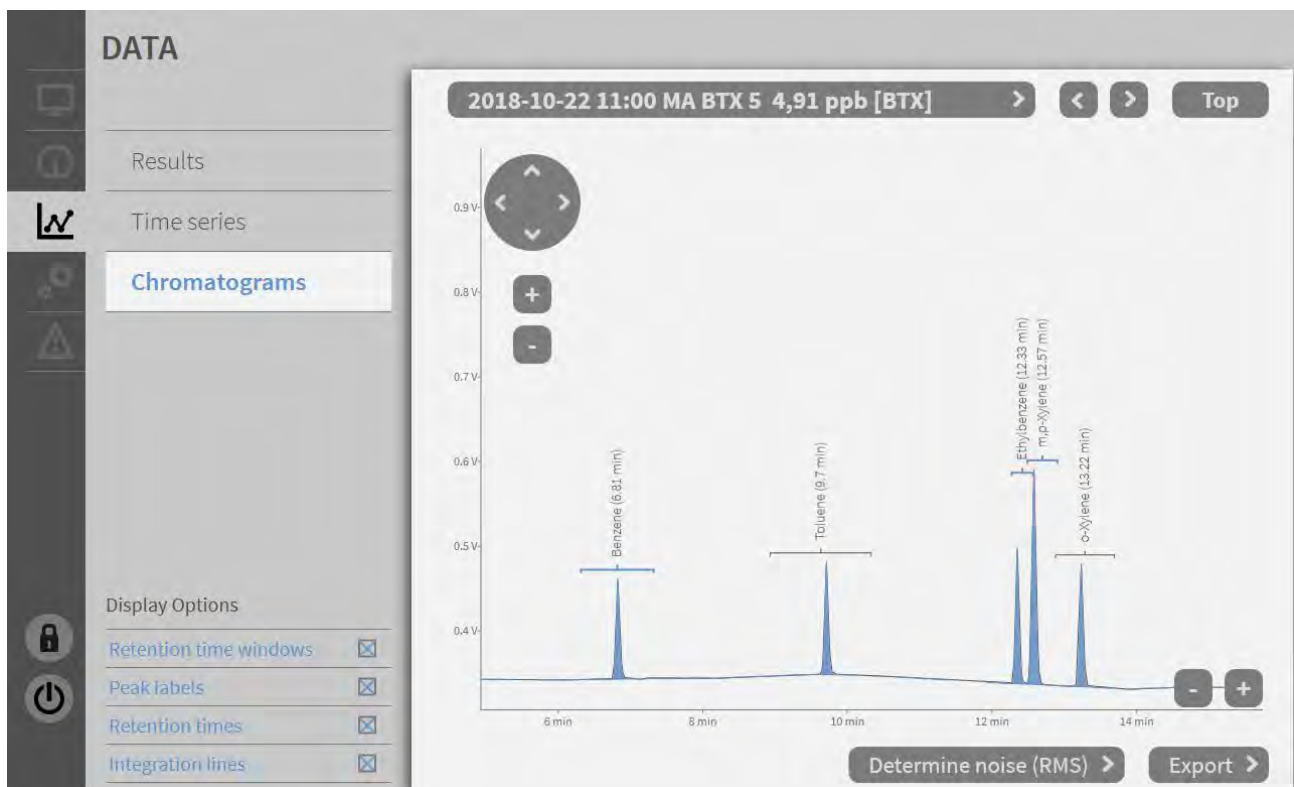
#### 3.1.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### 3.1.6 Dokumentation

Der Gaschromatograph ist mit einem Standard-Industrie-PC mit einem Windows-Betriebssystem ausgerüstet. Das bedeutet, dass eine komplette PC-Struktur vorhanden ist um die Messergebnisse zu bearbeiten. Alle Daten werden vom Rechner auf der internen Festplatte gespeichert und sind jederzeit wieder abrufbar. Auf einem LCD-Bildschirm kann das aktuelle oder ein bereits gespeichertes Chromatogramm dargestellt werden.

Abb. 3.1.1: Anzeige eines aktuellen Chromatogramms am LCD-Bildschirm



## **3.2 Kalibrieringang**

### **3.2.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.2)**

siehe 3.2.5

### **3.2.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 3.2.5

### **3.2.3 Prüfung**

siehe 3.2.5

### **3.2.4 Auswertung**

siehe 3.2.5

### **3.2.5 Bewertung**

Die geprüften Geräte besitzen keinen getrennten Prüfgaseingang zur Aufgabe von Kalibriergas.

### **3.2.6 Dokumentation**

Entfällt

## **3.3 Wartungsfreundlichkeit**

### **3.3.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.3)**

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

### **3.3.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **3.3.3 Prüfung**

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten sind nach den Anweisungen der Betriebsanleitung auszuführen.

### **3.3.4 Auswertung**

Es ist festzustellen, ob die Arbeiten mit üblichen Werkzeugen mit einem vertretbaren Zeitaufwand durchgeführt werden können.

### **3.3.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### **3.3.6 Dokumentation**

Das Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten, die regelmäßig vom Anwender durchgeführt werden müssen. Außerdem wird einmal jährlich eine Generalüberholung beim Hersteller empfohlen.

## **3.4 Funktionskontrolle**

### **3.4.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.4)**

siehe 3.4.5



### **3.4.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 3.4.5

### **3.4.3 Prüfung**

siehe 3.4.5

### **3.4.4 Auswertung**

siehe 3.4.5

### **3.4.5 Bewertung**

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

### **3.4.6 Dokumentation**

Entfällt

## **3.5 Rüst- und Einlaufzeiten**

### **3.5.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.5)**

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

### **3.5.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Uhr

### **3.5.3 Prüfung**

Die Messeinrichtungen sind nach den Beschreibungen des Geräteherstellers vom Prüfinstitut in Betrieb zu nehmen. Die erforderlichen Rüst- und Einlaufzeiten sind getrennt zu erfassen.

### **3.5.4 Auswertung**

Die festgestellten Zeiten sind zu dokumentieren.

### **3.5.5 Bewertung**

entfällt

### **3.5.6 Dokumentation**

#### Rüstzeit:

Die Rüstzeit beträgt etwa: **30 Minuten**

Vor Beginn einer Messung muss das Trägergas (N<sub>2</sub> 5.0) angeschlossen werden. Die Anschlüsse erfolgen über 1/8"-Verschraubungen an den gekennzeichneten Stellen auf der Rückseite des Gerätes. Es ist darauf zu achten, dass bei dem angeschlossenen Trägergas ein Druck von ca. 3 bar eingestellt wird.

#### Einlaufzeit:

Die Einlaufzeit beträgt etwa: **90 Minuten**

Beim Einschalten des Messgerätes werden das Betriebssystem und die Chromatographiesoftware automatisch gestartet. Das Gerät benötigt mehrere Minuten um alle temperierten Geräteteile wie GC-Ofen, Detektor, Ventilofen und BTX-Stufe auf die eingestellten Sollwerte zu bringen.

## **3.6 Bauart**

### **3.6.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.6)**

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten

### **3.6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauches
- Waage

### **3.6.3 Prüfung**

Der Aufbau der übergebenen Geräte ist mit der Beschreibung in den Handbüchern zu vergleichen. Weiterhin sind die Bauform, Einbaulage, Sicherheitsanforderungen und Abmessungen sowie das Gewicht einschließlich Zubehör zu ermitteln. Der angegebene Energieverbrauch ist über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests zu bestimmen.

### **3.6.4 Auswertung**

Die vorgefundenen Merkmale sind mit den Beschreibungen in den Handbüchern zu vergleichen.

### **3.6.5 Bewertung**

entfällt

### **3.6.6 Dokumentation**

Abmessung des Gerätes:

19"-Gehäuse mit 6 HE (= 28 cm), Tiefe 60 cm

Betriebsspannung:

220 – 240 V AC

Gewicht:

ca. 33 kg

Leistungsaufnahme:

max. 800 W

## **3.7 Unbefugtes Verstellen**

### **3.7.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.7)**

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

### **3.7.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **3.7.3 Prüfung**

siehe Punkt 3.7.6

### **3.7.4 Auswertung**

Es ist festzustellen, ob die eingestellte Justierung trotz aktivierter Schutzvorrichtung (z. B. Passwort) veränderbar ist.

### 3.7.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 3.7.6 Dokumentation

Die Software zur Steuerung des Gaschromatographen ist durch ein Passwort gesichert und kann deshalb nicht versehentlich geändert werden.

## 3.8 Messsignalausgang

### 3.8.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.8)

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

### 3.8.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Stationsrechner zur Übertragung der Daten in die Messnetzzentrale der LUBW

### 3.8.3 Prüfung

An die Messeinrichtungen ist ein Auswertesystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände und Messsignale sind aufzuzeichnen und mit den Sollwerten zu vergleichen.

### 3.8.4 Auswertung

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände und Messsignale von dem nach geschalteten Auswertesystem richtig erkannt und registriert werden.

### 3.8.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 3.8.6 Dokumentation

Die Messsignale konnten mittels „Bayern-Hessen-Datenprotokoll“ bzw. „Gesyttec-II-Protokoll“ auf einen Stationsrechner übertragen werden. Dies wurde während des Feldtests überprüft; es wurde eine 100-prozentige Übereinstimmung zwischen den übertragenen Daten und den im Gerät gespeicherten Daten festgestellt.

Die folgende Tabelle 3.8.1 zeigt diese Übereinstimmung am Beispiel der Funktionsprüfung (Aufgabe Prüf-gas) vom 30.06.2010.

**Tabelle 3.8.1:** Übereinstimmung der Anzeige an den Gaschromatographen mit den übertragenen Daten in die Messnetzzentrale der LUBW (MNZ).

Uhrzeit	Vorgabe Prüf-gas	GC-Anzeige		Anzeige in MNZ	
		GC 5006	GC 5007	GC 5006	GC 5007
13:30	40,5 µg/m <sup>3</sup>	38,7 µg/m <sup>3</sup>	40,7 µg/m <sup>3</sup>	38,7 µg/m <sup>3</sup>	40,7 µg/m <sup>3</sup>
14:00	40,5 µg/m <sup>3</sup>	38,9 µg/m <sup>3</sup>	40,8 µg/m <sup>3</sup>	38,9 µg/m <sup>3</sup>	40,8 µg/m <sup>3</sup>

## **3.9 Digitale Schnittstelle**

### **3.9.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.9)**

Es ist zu prüfen, ob die digitale Schnittstelle die Übertragung der Messsignale, Statussignale und Informationen wie Gerätetyp, Messbereich, Messkomponente und Einheit erlaubt. Weiterhin ist zu prüfen, ob die digitale Schnittstelle vollständig im einschlägigen Normen- und Richtlinienwerk beschrieben ist.

### **3.9.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.9.3 Prüfung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.9.4 Auswertung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.9.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **3.9.6 Dokumentation**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

## **3.10 Datenübertragungsprotokoll**

### **3.10.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.10)**

Falls die Messsignale des Messgeräts digital übertragen werden, ist zu überprüfen, ob das Messgerät mindestens über ein Datenübertragungsprotokoll verfügt.

### **3.10.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.10.3 Prüfung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.10.4 Auswertung**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

### **3.10.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **3.10.6 Dokumentation**

siehe Kapitel 3.8 und 3.14

## **3.11 Messbereich**

### **3.11.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.11)**

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

### **3.11.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **3.11.3 Prüfung**

Der Messbereichsendwert ist zu ermitteln.

### **3.11.4 Auswertung**

entfällt

### **3.11.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### **3.11.6 Dokumentation**

Vom Hersteller wird kein Messbereichsendwert definiert. Während der Eignungsprüfung wurden Konzentrationen aufgegeben, die einen Messbereichsendwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  einschließen.

## **3.12 Negative Messsignale**

### **3.12.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.12)**

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

### **3.12.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 3.12.5

### **3.12.3 Prüfung**

siehe 3.12.5

### **3.12.4 Auswertung**

siehe 3.12.5

### **3.12.5 Bewertung**

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

### **3.12.6 Dokumentation**

entfällt

## **3.13 Stromausfall**

### **3.13.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.13)**

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas 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.

### **3.13.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **3.13.3 Prüfung**

Durch simulierten Stromausfall ist zu prüfen, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

### **3.13.4 Auswertung**

Die störungsfreie Betriebsbereitschaft nach Wiedereinschalten ist durch Vergleich der Geräteparameter vor und nach dem Stromausfall festzustellen.

### **3.13.5 Bewertung**

Die Mindestanforderungen sind erfüllt.

### **3.13.6 Dokumentation**

Ein Stromausfall wurde durch Unterbrechung der Stromversorgung an beiden Geräten für ca. 24 Stunden simuliert. Nach der Wiederherstellung der Stromversorgung schalteten beide Geräte automatisch wieder in den normalen Betriebsmodus. Das Betriebssystem des geräteinternen PC fährt automatisch hoch und startet gleichzeitig die Steuer- und Auswertesoftware des Gaschromatographen. Ein unkontrolliertes Ausströmen des Trägergases (N<sub>2</sub>) wurde nicht festgestellt.

## **3.14 Gerätefunktionen**

### **3.14.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.14)**

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein

### **3.14.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Auswerte- oder Datenerfassungssystem

### **3.14.3 Prüfung**

An den Messeinrichtungen ist ein Auswerte- oder Datenerfassungssystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände (Betriebsbereitschaft, Wartung, Störung) an den Messeinrichtungen sind einzustellen. An die Messeinrichtung ist ein Modem anzuschließen. Mittels Datenfernübertragung sind die Statussignale des Gerätes zu erfassen.

### **3.14.4 Auswertung**

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände von dem nach geschalteten Auswerte- oder Datenerfassungssystem richtig erkannt und registriert werden.

### **3.14.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### **3.14.6 Dokumentation**

Während des Feldtests waren die beiden Geräte über den Stationsrechner mit der Messnetzzentrale der LUBW verbunden. Dabei wurden die jeweiligen Betriebszustände sowie Fehlermeldungen telemetrisch übertragen.

Das Gerät besitzt eine Vielzahl von Anzeigen für Betriebszustände und Fehlermeldungen. Die nachfolgenden wichtigsten Meldungen wurden überprüft:

#### Betriebszustände:

Gerät aus

Wartung

Neuer Messwert

Not ready (Störung)

#### Fehlermeldungen:

Probenahmealarm

Trägergasalarm

GC-Ofentemperatur zu hoch

Vorkühlalarm BTX-Stufe

Die telemetrische Übertragung dieser Fehlermeldungen und der Betriebszustände ist gewährleistet.

### **3.15 Umschaltung**

#### **3.15.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.15)**

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

#### **3.15.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe 3.15.5

#### **3.15.3 Prüfung**

siehe 3.15.5

#### **3.15.4 Auswertung**

siehe 3.15.5

#### **3.15.5 Bewertung**

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

#### **3.15.6 Dokumentation**

entfällt

### **3.16 Gerätesoftware**

#### **3.16.1 Mindestanforderung (VDI 4202 Blatt 1 Kap. 8.3.16)**

Die Version der Gerätesoftware muss vom Messgerät angezeigt werden können

#### **3.16.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

#### **3.16.3 Prüfung**

Es ist zu prüfen, ob die Version der Gerätesoftware vom Messgerät angezeigt wird. Die Version der Gerätesoftware ist zu dokumentieren

#### **3.16.4 Auswertung**

Siehe Punkt 3.16.3

#### **3.16.5 Bewertung**

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.16.6 Dokumentation

Durch einen Klick auf die obere schwarze Randleiste in der Bildschirmanzeige erscheint ein Fenster mit den aktuellen Software-Versionen für die Steuerung des Gaschromatographen und für die Auswertung der Chromatogramme (siehe Abbildung 3.16.1).

- Software zur GC-Steuerung: AMA\_System.Control v.1.25
- Software zur Chromatogramm-Auswertung: AMA\_Peak.log v.1.1

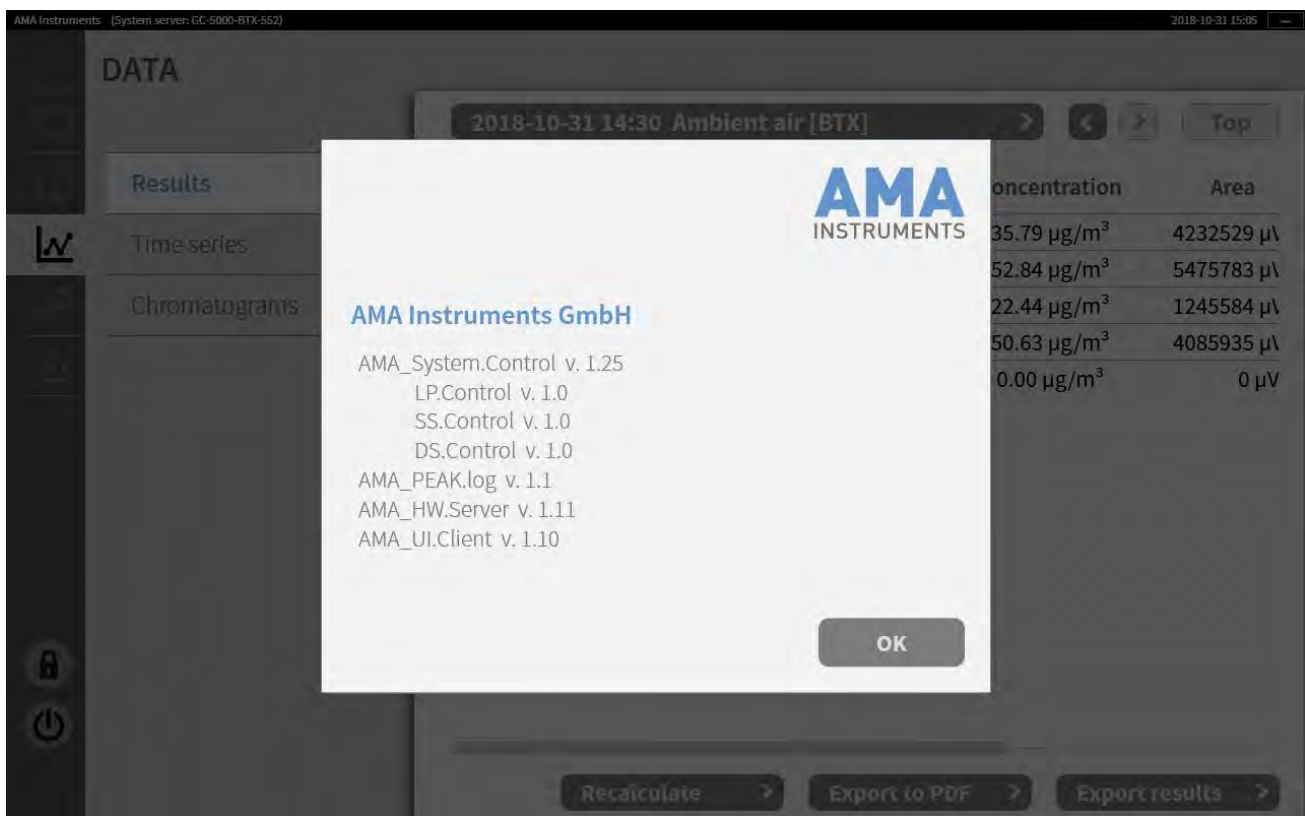


Abb. 3.16.1: Anzeige der Software-Versionen



## 3.17 Kurzzeitdrift

Für die Bestimmung der Kurzzeitdrift wurden die Prüfergebnisse vom August 2010 verwendet, die bei der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.17.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.3)

Die Kurzzeitdrift  $D_{s,s}$  am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 12 h kleiner oder gleich  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.

### 3.17.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.17.3 Prüfung

Auf das Gerät wird unter Laborbedingungen Prüfgas am Prüfwert 2 aufgegeben. Dabei wird aus vier aufeinanderfolgenden Messungen der Mittelwert berechnet. Nach 12 h werden die Messungen am Prüfwert 2 wiederholt.

### 3.17.4 Auswertung

Die Kurzzeitdrift am Prüfwert 2 wird folgendermaßen berechnet:

$$D_{s,s} = (c_{s,2} - c_{s,1}) \quad (\text{Gl. 3.17.1})$$

Dabei ist

$D_{s,s}$  die 12-h-Drift am Prüfwert 2 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$c_{s,1}$  der Mittelwert der vier Messungen zu Beginn der Driftperiode in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$c_{s,2}$  der Mittelwert der vier Messungen am Ende der Driftperiode in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

Das Ergebnis der Kurzzeitdrift wird nicht in die Gesamtmessunsicherheit eingeschlossen.

### 3.17.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.17.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Kurzzeitdrift unter Laborbedingungen wurde den beiden Gaschromatographen eine Konzentration von ca.  $39,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  über einen Zeitraum von 2,5 Stunden (5 Messzyklen) angeboten. Zur Auswertung wurde aus vier Messzyklen ein Mittelwert gebildet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen. Nach 12 h wurde die Messung wiederholt und erneut aus vier Messzyklen ein Mittelwert bestimmt.

Die daraus berechneten Werte für die Kurzzeitdrift  $D_{s,s}$  sind in Tabelle 3.17.1 dargestellt.

**Tabelle 3.17.1:** Berechnete Werte für die Kurzzeitdrift  $D_{s,s}$

	<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
Mittelwert 1	39,1	39,4
Mittelwert 2	39,3	39,6
<b><math>D_{s,s}</math> [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>

## 3.18 Wiederholstandardabweichung

Für die Bestimmung der Wiederholstandardabweichung wurden die Prüfergebnisse vom August 2010 verwendet, die bei der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.18.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.4)

Die Wiederholstandardabweichung  $s_{r, z}$  am Prüfwert 1 (10 % des Jahresgrenzwertes =  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muss kleiner oder gleich  $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein und die Wiederholstandardabweichung  $s_{r, c(t)}$  am Jahresgrenzwert (=  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muss kleiner oder gleich  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.

### 3.18.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.18.3 Prüfung

Bei dieser Prüfung ist mit 10-facher Wiederholung im Wechsel Prüfgas am Prüfwert 1 und am Jahresgrenzwert aufzugeben. Wobei jeweils drei 30-Minuten-Werte zu einem Mittelwert zusammengefasst werden.

### 3.18.4 Auswertung

Aus den jeweils zehn Mittelwerten wird die Standardabweichung nach folgender Gleichung berechnet:

$$s_{r, c_t} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_{MW})^2}{n-1}} \quad (\text{Gl. 3.18.1})$$

Dabei ist:

$s_{r, c(t)}$	Wiederholstandardabweichung am Messwert $c_t$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$x_i$	$i$ -te Einzelmessung;
$x_{MW}$	Mittelwert der Einzelmessungen;
$n$	Anzahl der Einzelmessungen.

Die Standardmessunsicherheit der Wiederholstandardabweichung  $u_r$  ist bestimmt durch:

$$u_r = \frac{s_r}{\sqrt{m}} \quad (\text{Gl. 3.18.2})$$

mit

$$s_r = \frac{l_a}{c_t} * s_{r, c_t} \quad (\text{Gl. 3.18.2})$$

Dabei ist:

$u_r$	Standardunsicherheit für die Wiederholstandardabweichung beim Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$s_r$	Wiederholstandardabweichung am Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$m$	Anzahl der unabhängigen Messungen, die durchgeführt wurden, um den Wert von $s_r$ zu erhalten;
$l_a$	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration im Bereich des Jahresgrenzwertes in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$s_{r, c(t)}$	Wiederholstandardabweichung am Messwert $c_t$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.18.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.18.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Wiederholstandardabweichung wurde mit 10-facher Wiederholung abwechselnd zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (10 % des Jahresgrenzwertes) und dann Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes angeboten.

In Tabelle 3.18.1 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 für die beiden Gaschromatographen GC 5006 und GC 5007 dargestellt.

**Tabelle 3.18.1:** Wiederholstandardabweichung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

	GC 5006	GC 5007
Wiederholstandardabweichung. $s_{r,z}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,07	0,07
Vorgegebene Benzolkonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,75	0,75

In Tabelle 3.18.2 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes für die beiden Gaschromatographen GC 5006 und GC 5007 dargestellt.

**Tabelle 3.18.2:** Wiederholstandardabweichung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich vom Jahresgrenzwert

	GC 5006	GC 5007
Wiederholstandardabweichung. $s_{r,c(t)}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,02	0,06
Standardunsicherheit $u_r$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,01*	0,02*
Vorgegebene Benzolkonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,9	5,9

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 3.19 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (Lack-of-fit)

Für die Bestimmung der Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (Lack-of-fit) wurden im November 2018 **neue Messungen** mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5551 (PID 1) und AMA GC 5552 (PID 2) durchgeführt.

### 3.19.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.5)

Das Residuum  $r_z$  am Nullpunkt muss kleiner oder gleich  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein und das größte relative Residuum  $r_{\max}$  aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner oder gleich 5 % sein. Wenn ein oder mehr relative Residuen das Kriterium nicht erfüllen, besteht der Analysator die Linearitätsprüfung nicht.

### 3.19.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.19.3 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 lineare Regressionsfunktion und die Residuen sind nach Anhang A der DIN EN 14662-3: 2016-02 zu berechnen.

Die Linearität des Analysators muss im Bereich zwischen 0 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich 0) geprüft werden.

### 3.19.4 Auswertung

Die Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (einschließlich des Nullpunkts) werden gemäß Anhang A.2 der DIN EN 14662-3: 2016-02 nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$(y_a)_c = \frac{\sum (y_i)_c}{m} \quad (\text{Gl. 3.19.1})$$

mit:

$(y_a)_c$  mittlerer Y-Wert beim Konzentrationsniveau  $c$ ;

$(y_i)_c$  einzelner Y-Wert beim Konzentrationsniveau  $c$ ;

$m$  Anzahl der Wiederholmessungen beim selben Konzentrationsniveau.

Das Residuum für jeden Mittelwert ( $r_c$ ) bei jeder Konzentrationsstufe wird berechnet nach:

$$r_c = (y_a)_c - (A + B \cdot c) \quad (\text{Gl. 3.19.2})$$

mit:

A Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion;

B Steigung der Kalibrierfunktion.

Die relative Abweichung (in %) jedes Mittelwertes bei der zugehörigen Konzentration  $c$  wird berechnet nach:

$$r_{c, \text{rel.}} = \frac{r_c}{c} * 100 \quad (\text{Gl. 3.19.3})$$

Der größte Wert von  $r_{c, rel.}$  wird als  $r_{max}$  angegeben und ist für die Unsicherheitsberechnung zu verwenden.

Die auf die Abweichung von der Linearität beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_l$  ist gegeben durch:

$$u_l = \frac{r_{max}}{100} * \frac{l_a}{\sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 3.19.4})$$

Dabei ist:

- $u_l$  auf die Abweichung von der Linearität beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- $r_{max}$  das größte Residuum von einer linearen Regressionsfunktion, berechnet nach Anhang A, in Prozent;
- $l_a$  Jahresgrenzwert, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.19.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.19.6 Dokumentation

Mit Hilfe einer Gasmischapparatur wurden fünf verschiedene Prüfgaskonzentrationen und Nullgas in der Reihenfolge

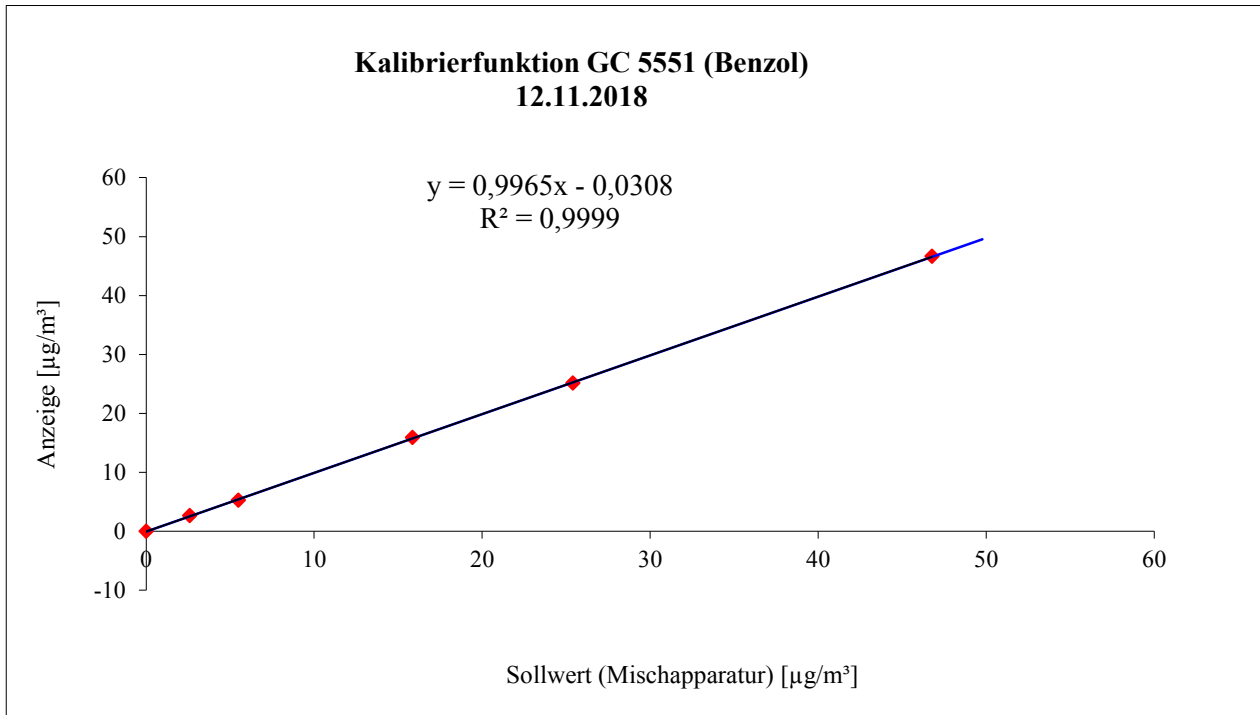
50 %, 10 %, 30 %, 5 %, 90 % und 0 %

des Messbereichs bis  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , auf die beiden Gaschromatographen aufgegeben.

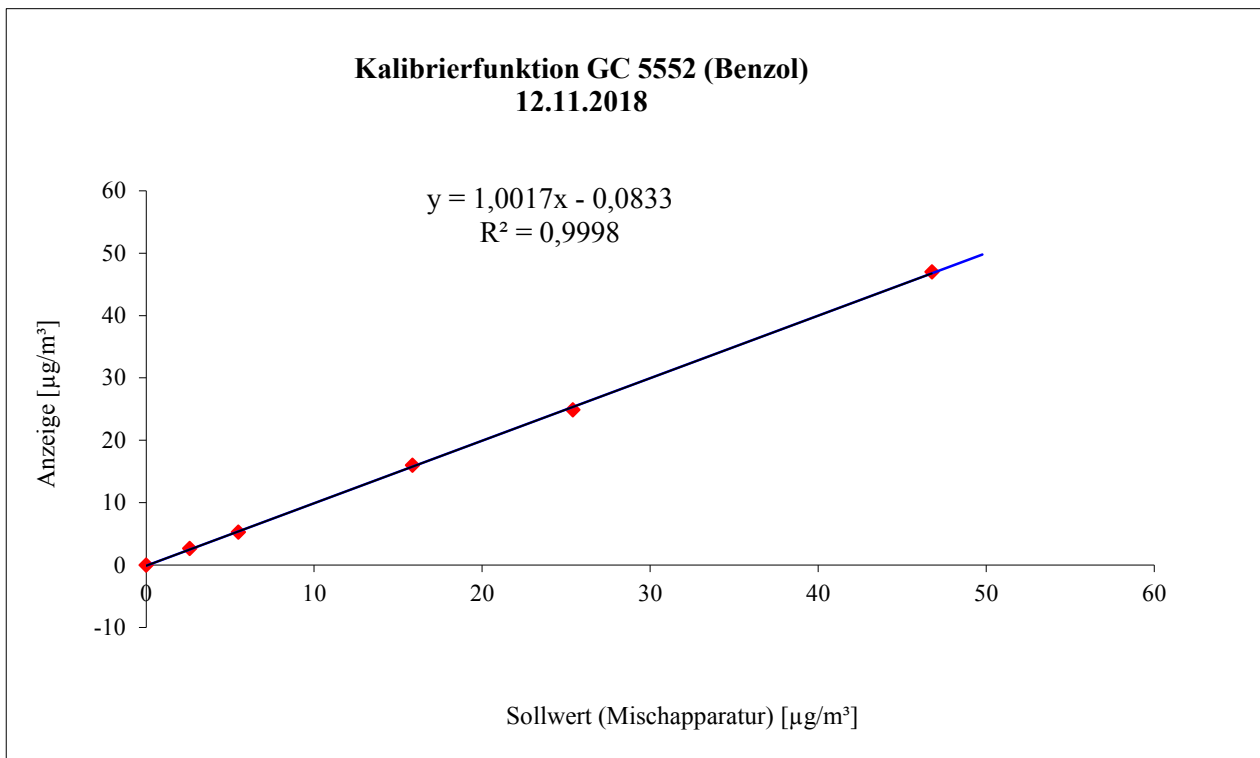
Jede Konzentration wurde für jeweils 2,0 Stunden (4 Messzyklen von 30 Minuten) aufgegeben. Der jeweils erste Messwert bei jeder Konzentrationsstufe wurde als Einlaufwert nicht berücksichtigt, d. h. für die Auswertung wurden jeweils nur die letzten drei Messwerte verwendet und daraus die Mittelwerte bestimmt. Über eine Regressionsrechnung wurde daraus die Kalibrierfunktion berechnet (siehe Tabelle 3.19.1). In den Abbildungen 3.19.1 und 3.19.2 sind die Kalibrierfunktionen der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.

**Tabelle 3.19.1:** Kalibrierfunktion der Gaschromatographen 5551 und 5552

	<b>GC 5551</b>	<b>GC 5552</b>
<b>Kalibrierfunktion</b>	$y = 0,9965 x - 0,0308$	$y = 1,0017 x - 0,0833$



**Abb. 3.19.1.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5551



**Abb. 3.19.2.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5552

**Tabelle 3.19.2:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (einschließlich Null) für GC 5551

	$c_{\text{soll}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(y_a)_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(A + B * c_{\text{soll}})$	$r_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$r_{c, \text{rel.}}$ [%]
50 % vom MB	25,4	25,1	25,3	-0,2	-0,6
10 % vom MB	5,5	5,3	5,4	-0,2	-2,9
30 % vom MB	15,9	15,9	15,8	0,1	0,9
5 % vom MB	2,6	2,6	2,6	0,1	3,3
90 % vom MB	46,8	46,6	46,6	0,0	0,1
0 % vom MB	0,0	0,0	0,0	0,0	-

Damit ergibt sich für den GC 5551

Standardmessunsicherheit $u_1$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,10*
Jahresgrenzwert $I_a$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,0
<b>Residuum am Nullpunkt <math>r_z</math> [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>0,0</b>
<b>Größtes Residuum <math>r_{\text{max}}</math> [%]</b>	<b>3,3</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

**Tabelle 6.19.3:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (einschließlich Null) für GC 5552

	$c_{\text{soll}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(y_a)_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$(A + B * c_{\text{soll}})$	$r_c$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$r_{c, \text{rel.}}$ [%]
50 % vom MB	25,4	24,9	25,4	-0,5	-2,0
10 % vom MB	5,5	5,3	5,4	-0,1	-2,2
30 % vom MB	15,9	16,0	15,8	0,2	1,2
5 % vom MB	2,6	2,6	2,5	0,1	5,0
90 % vom MB	46,8	47,0	46,8	0,2	0,5
0 % vom MB	0,0	0,0	-0,1	0,1	-

Damit ergibt sich für den GC 5552

Standardmessunsicherheit $u_1$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,14*
Jahresgrenzwert $I_a$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,0
<b>Residuum am Nullpunkt <math>r_z</math> [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>0,1</b>
<b>Größtes Residuum <math>r_{\text{max}}</math> [%]</b>	<b>5,0</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen



## 3.20 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

Für die Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes wurden im Oktober 2018 **neue Messungen** mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5551 (PID 1) und AMA GC 5552 (PID 2) durchgeführt.

### 3.20.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.6)

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{gp}$  für den Einfluss des Probengasdruckes am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) muss kleiner oder gleich 0,10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/kPa sein.

### 3.20.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Druckmesseinrichtung

### 3.20.3 Prüfung

Es sind jeweils fünf aufeinanderfolgende Messungen mit Konzentrationen am Prüfwert 2 und bei Probengasdrücken von 80 kPa ( $\pm 0,2$  kPa) und 110 kPa ( $\pm 0,2$  kPa) durchzuführen. Für jeden Druck ist der Mittelwert aus den letzten vier Messungen zu berechnen.

### 3.20.4 Auswertung

Der Einfluss des Probengasdruckes  $b_{gp}$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$b_{gp} = \left| \frac{(C_{p2} - C_{p1})}{(p_1 - p_2)} \right| \quad (\text{Gl. 6.20.1})$$

Die auf die Änderung des Probengasdruckes beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_{gp}$  wird wie folgt berechnet:

$$u_{gp} = \frac{l_a}{c_t} * b_{gp} * \sqrt{\frac{(p_2 - p_1)^2}{3}} \quad (\text{Gl. 6.20.2})$$

Dabei ist:

$b_{gp}$	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks, in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/kPa;
$C_{p1}$	Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck $p_1$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$C_{p2}$	Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck $p_2$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$p_1$	der niedrigste Probengasdruck, in kPa;
$p_2$	der höchste Probengasdruck, in kPa;
$u_{gp}$	auf die Änderung des Probengasdruckes beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$l_a$	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration im Bereich des Prüfwertes 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs), in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.20.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{gp}$  für den Einfluss des Probengasdruckes überschreitet **bis zu einem Druck von 85 kPa** nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 3.20.6 Dokumentation

Für die Einstellung eines Probengasüberdrucks wurde den beiden Gaschromatographen über ein T-Stück Prüfgas aus einer Gasmischapparatur im Überschuss angeboten. Die Überschussleitung wurde dabei mit einem Präzisionsnadelventil so weit eingengt, dass sich der entsprechende Überdruck in der Probenahmeleitung einstellte. Die korrekte Einstellung wurde mit einer Druckanzeige (Vacuubrand DVR 2) überwacht.

Für die Einstellung eines Probengasunterdrucks wurde eine kritische Düse auf der Probengasseite des T-Stücks installiert. Mit einer zusätzlichen kleinen Pumpe wurde in der Probenahmeleitung ein Unterdruck erzeugt, der über die Regelung der Pumpe eingestellt werden konnte. Die korrekte Einstellung wurde mit einer Druckanzeige (Vacuubrand DVR 2) überwacht.

**Der in der Norm vorgegebene Probengasdruck von 80 kPa konnte nicht eingestellt werden. Bei dieser Einstellung wird bei beiden PID-GC der vorgegebene Probendurchfluss von 20 ml/min deutlich unterschritten und dadurch kann der Zielwert des Probenvolumens von 300 ml nicht erreicht werden. Die in den Gaschromatographen eingebauten Probengaspumpen können nur bis zu einem Probengasdruck von 85 kPa den vorgegebenen Durchfluss konstant halten.**

Zur Berechnung des Empfindlichkeitskoeffizienten  $b_{gp}$  des Probengasdruckes und der damit verbundenen Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen  $u_{gp}$  wurden daher bei einem Unterdruck von 85 kPa und bei einem Überdruck von 110 kPa jeweils fünf aufeinanderfolgende Messungen mit Konzentrationen am Prüfwert 2 durchgeführt. Zur Auswertung wurden jeweils die Mittelwerte der letzten vier Messwerte herangezogen.

Die ermittelten Messdaten sind in Tabelle 3.20.1 dargestellt

**Tabelle 3.20.1:** Messdaten für  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $C_{p1}$  und  $C_{p2}$

	Druck $p_1$	Druck $p_2$	Konz. $C_{p1}$	Konz. $C_{p2}$
GC 5551	85,0 kPa	110,0 kPa	35,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
GC 5552	85,0 kPa	110,0 kPa	35,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	36,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Damit ergeben sich folgende Werte für den Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{gp}$  des Probengasdruckes und für die Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen  $u_{gp}$ .

**Tabelle 3.20.2:** Rechenwerte für  $b_p$ ,  $u_p$

	Empfindlichkeitskoeffizient $b_{gp}$	Standardunsicherheit $u_{gp}$
GC 5551	<b>0,024 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) / kPa</b>	0,047* $\mu\text{g}/\text{m}^3$
GC 5552	<b>0,015 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) / kPa</b>	0,029* $\mu\text{g}/\text{m}^3$

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 3.21 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur

Für die Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungslufttemperatur wurden die Prüfergebnisse vom August 2010 verwendet, die bei der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.21.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.7)

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{st}$  für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) muss kleiner oder gleich 0,08 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{K}$ ) sein.

### 3.21.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Klimakammer für den Temperaturbereich zwischen 0°C bis 30°C

### 3.21.3 Prüfung

Der Einfluss der Umgebungslufttemperatur auf die Messwertanzeige wird mittels Messungen bei einer Mindesttemperatur von 0°C und einer Höchsttemperatur von 30°C (oder innerhalb der Angaben des Herstellers) bestimmt.

Es sind jeweils fünf aufeinanderfolgende Messungen mit Konzentrationen am Prüfwert 2 durchzuführen. Bei jeder Temperatureinstellung ist der Mittelwert aus den letzten vier Messungen zu berechnen.

### 3.21.4 Auswertung

Der Einfluss der Umgebungslufttemperatur  $b_{st}$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$b_{st} = \left| \frac{(x_1 - x_2)}{(T_{S, 1} - T_{S, 2})} \right| \quad (\text{Gl. 3.21.1})$$

Die auf die Änderung der Umgebungslufttemperatur beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_{st}$  wird wie folgt berechnet:

$$u_{st} = \frac{l_a}{c_t} * b_{st} * \sqrt{\frac{(T_{S, 2} - T_{S, 1})^2}{3}} \quad (\text{Gl. 3.21.2})$$

Dabei ist:

$b_{st}$	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur, in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/K;
$x_1$	Mittelwert der Messungen bei $T_{S, 1}$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$x_2$	Mittelwert der Messungen bei $T_{S, 2}$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$T_{S, 1}$	die niedrigste Umgebungslufttemperatur, in K;
$T_{S, 2}$	die höchste Umgebungslufttemperatur, in K;
$u_{st}$	auf die Änderung der Umgebungslufttemperatur beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$l_a$	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration im Bereich des Prüfwertes 2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.21.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_{st}$  für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 3.21.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur wurden die Geräte in eine Klimakammer eingebracht und folgendes Temperaturprogramm eingestellt:

20°C → 5°C → 35°C → 20°C

Dabei wurde den beiden Gaschromatographen bei jeder Temperatureinstellung Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 angeboten. Nach einer Äquilibrierzeit der Klimakammer (ca. 2,5 h) wurden bei jeder Temperaturstufe zur Auswertung jeweils die letzten vier Messzyklen verwendet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Umgebungstemperaturabhängigkeit sind in Tabelle 3.21.1 dargestellt.

**Tabelle 3.21.1:** Ergebnisse der Untersuchung der Umgebungstemperaturabhängigkeit

Prüfgas (Prüfwert 2)	GC 5006	GC 5007
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,1	39,1
Niedrigste Umgebungslufttemp. $T_{S,1}$ [K]	278,0	278,0
Höchste Umgebungslufttemp. $T_{S,2}$ [K]	308,0	308,0
Empfindlichkeitskoeff. $b_{st}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{K}$ ]	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>
Standardmessunsicherheit $u_{st}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,002*	0,004*

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 3.22 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Für die Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung wurden die Prüfergebnisse vom August 2010 verwendet, die bei der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.22.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.8)

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_V$  für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) muss kleiner oder gleich 0,08 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/V sein.

### 3.22.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Transformator im Regelbereich für Netzspannungen von 210 V bis 245 V.

### 3.22.3 Prüfung

Die Spannungsabhängigkeit muss beim Minimum und Maximum des vom Hersteller spezifizierten Spannungsbereichs bestimmt werden. Es sind jeweils fünf aufeinanderfolgende Messungen mit Konzentrationen am Prüfwert 2 durchzuführen. Bei jeder Spannungseinstellung ist der Mittelwert aus den letzten vier Messungen zu berechnen.

### 3.22.4 Auswertung

Der Einfluss der elektrischen Spannung  $b_V$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$b_V = \left| \frac{(C_{V,2} - C_{V,1})}{(V_2 - V_1)} \right| \quad (\text{Gl. 3.22.1})$$

Die auf die Änderung der elektrischen Spannung beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_V$  wird wie folgt berechnet:

$$u_V = \frac{l_a}{c_t} * b_V * \sqrt{\frac{(V_2 - V_1)^2}{3}} \quad (\text{Gl. 3.22.2})$$

Dabei ist:

$b_V$	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung, in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/V;
$C_{V,1}$	Mittelwert der Messungen bei $V_1$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$C_{V,2}$	Mittelwert der Messungen bei $V_2$ , in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$V_1$	die niedrigste elektrischen Spannung, in V;
$V_2$	die höchste elektrischen Spannung, in V;
$u_V$	auf die Änderung der elektrischen Spannung beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$l_a$	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration im Bereich des Prüfwertes 2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.22.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient  $b_V$  für den Einfluss der elektrischen Spannung überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 3.22.6 Dokumentation

Zur Prüfung der Spannungsabhängigkeit wurde über einen Stelltransformator (HMW Datasystem 4.6-S) die Netzspannung variiert. Folgende Einstellungen wurden vorgenommen:

230 V → 210 V → 245 V → 230 V

Dabei wurde den beiden Gaschromatographen bei jeder Spannungseinstellung Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 angeboten und die letzten vier Messzyklen bei jeder Spannungsstufe wurden zur Auswertung verwendet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Spannungsabhängigkeit sind in Tabelle 3.22.1 dargestellt.

**Tabelle 3.22.1:** Ergebnisse der Untersuchung der Spannungsabhängigkeit

Prüfgas (Prüfwert 2)	GC 5006	GC 5007
Vorgegebene Benzolkonz. C [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	39,1	39,1
Niedrigste Spannung $V_1$ [V]	210	210
Höchste Spannung $V_2$ [V]	245	245
Empfindlichkeitskoeff. $b_V$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{V}$ ]	<b>0,012</b>	<b>0,004</b>
Standardmessunsicherheit $u_V$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,030*	0,009*

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 3.23 Querempfindlichkeiten

Das Signal des Analysators ist hinsichtlich möglicher störender Verbindungen zu prüfen, die erwartungsgemäß in Außenluft vorkommen können. Die Querempfindlichkeit gegenüber der relativen Feuchte und gegenüber organischen Verbindungen muss bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes ( $=5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bestimmt werden.

### 3.23.1 Wasserdampf

Für die Bestimmung des Einflusses der Störung durch Wasserdampf wurden im Oktober 2018 **neue Messungen** mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5551 (PID 1) und AMA GC 5552 (PID 2) durchgeführt.

#### 3.23.1.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.9.2)

Der Einfluss der Störung im Bereich des Jahresgrenzwertes durch Wasserdampf  $b_{\text{H}_2\text{O}}$  muss kleiner oder gleich  $0,015 (\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{mmol}/\text{mol})$  sein.

#### 3.23.1.2 Prüfung

Der Einfluss von Wasserdampf wird bei einer  $\text{H}_2\text{O}$ -Konzentration von  $19 \text{ mmol}/\text{mol}$  geprüft. Die Prüfung ist bei einer Benzolkonzentration  $c_t$  durchzuführen, die ähnlich dem Jahresgrenzwert ist.

#### 3.23.1.3 Auswertung

Der Einfluss von Wasserdampf  $b_{\text{H}_2\text{O}}$  bei der Prüfgaskonzentration  $c_t$  von Benzol wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$b_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(X_{+w} - X_{-w})}{c_w} \quad (\text{Gl. 3.23.1.1})$$

Die auf die Störung durch Wasserdampf beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_{\text{H}_2\text{O}}$  wird wie folgt berechnet:

$$u_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{l_a}{c_t} * b_{\text{H}_2\text{O}} * \sqrt{\frac{(c_{\text{H}_2\text{O},\text{max}}^2 + c_{\text{H}_2\text{O},\text{max}} * c_{\text{H}_2\text{O},\text{min}} + c_{\text{H}_2\text{O},\text{min}}^2)}{3}} \quad (\text{Gl. 3.23.1.2})$$

Dabei ist:

$b_{\text{H}_2\text{O}}$	Empfindlichkeitskoeffizient gegenüber Wasserdampf, in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{mmol}/\text{mol})$ ;
$X_{+w}$	Mittelwert der Messungen von $c_t$ in Gegenwart von Wasserdampf, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$X_{-w}$	Mittelwert der Messungen von $c_t$ bei Fehlen von Wasserdampf, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_w$	die Konzentration von Wasserdampf im Prüfgas, in $\text{mmol}/\text{mol}$ ;
$u_{\text{H}_2\text{O}}$	auf die Störung durch Wasserdampf zurückgehende Standardmessunsicherheit, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$l_a$	Jahresgrenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration von Benzol im Bereich des Jahresgrenzwertes, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_{\text{H}_2\text{O},\text{max}}$	die höchste Konzentration von Wasserdampf ( $=21 \text{ mmol}/\text{mol}$ ), in $\text{mmol}/\text{mol}$
$c_{\text{H}_2\text{O},\text{min}}$	die niedrigste Konzentration von Wasserdampf ( $=6 \text{ mmol}/\text{mol}$ ), in $\text{mmol}/\text{mol}$

#### 3.23.1.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.23.1.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes ( $= 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Anwesenheit der Störkomponente angeboten. Dabei wurde die Verdünnungsluft über eine Nafionmembran geleitet, die im Gegenstrom mit destilliertem Wasser befeuchtet wird. Ein definierter Feuchtegehalt wird dabei über die Temperatur des Wasserbades eingestellt. Zur Berechnung der Abweichung zwischen dem Messwert im „trockenen“ und „feuchten“ Prüfgas wurde der Messwert des „feuchten“ Prüfgesetzes jeweils anhand des Volumenanteils des Wasserdampfes in der Verdünnungsluft entsprechend korrigiert. Anschließend wurde die gleiche Messung ohne Anwesenheit der Störkomponente durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich vom Jahresgrenzwert sind in der Tabelle 3.23.1.1 aufgelistet.

**Tabelle 3.23.1.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes

	GC 5551	GC 5552
Wasserdampfkonz. im Prüfgas $c_w$ [mmol/mol]	19,8	19,8
Minimale Feuchtekonz. $c_{\text{H}_2\text{O}, \text{min}}$ [mmol/mol]	6	6
Maximale Feuchtekonz. $c_{\text{H}_2\text{O}, \text{max}}$ [mmol/mol]	21	21
Vorgabe Benzolkonzentration $c_i$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	4,9	4,9
Empfindlichkeitsfaktor $b_{\text{H}_2\text{O}}$ [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{mmol}/\text{mol})$ ]	<b>-0,004</b>	<b>0,001</b>
Standardmessunsicherheit $u_{\text{H}_2\text{O}}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	-0,052*	0,016*

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen



### 3.23.2 Organische Verbindungen

Für die Bestimmung des Einflusses der Störung durch organische Verbindungen wurden im Oktober 2018 **neue Messungen** mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5551 (PID 1) und AMA GC 5552 (PID 2) durchgeführt.

#### 3.23.2.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.9.3)

Der Beitrag des Gemischs aus organischen Verbindungen  $\Delta x_{OC}$  zum Messsignal von Benzol bei einer Konzentration im Bereich des Jahresgrenzwertes ( $= 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muss kleiner oder gleich  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.

#### 3.23.2.2 Prüfung

Eine mögliche Querempfindlichkeit durch organische Verbindungen wird durch Zugabe einer Gasmischung verschiedener organischer Substanzen mit Konzentrationen von jeweils etwa  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ins Prüfgas mit einer Benzolkonzentration im Bereich des Jahresgrenzwertes ( $= 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) geprüft.

#### 3.23.2.3 Auswertung

Die Prüfung auf Störeinflüsse mit dem Gemisch aus organischen Verbindungen soll sicherstellen, dass die Beiträge von organischen Verbindungen, die möglicherweise zusammen mit Benzol eluieren, zu dem Signal von Benzol nicht signifikant sind. Die Ergebnisse der Prüfung nach Gleichung 6.23.2.1 müssen die oben genannte Mindestanforderung erfüllen.

$$\Delta x_{OC} = X_+ - X_- \quad (\text{Gl. 3.23.2.1})$$

Dabei ist:

$\Delta x_{OC}$  Beitrag des Gemischs aus organischen Verbindungen zum Signal von Benzol, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$X_+$  Mittelwert des Messsignals für Benzol bei der Konzentration  $c_t$  (beim Jahresgrenzwert) in Gegenwart von Störkomponenten, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$X_-$  Mittelwert des Messsignals für Benzol bei der Konzentration  $c_t$  (beim Jahresgrenzwert) bei Fehlen von Störkomponenten, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

#### 3.23.2.4 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### 3.23.2.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes ( $= 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) unter Zusatz der 11 organischen Störkomponenten angeboten. Die organischen Komponenten wurden dabei mit einem thermischen Massendurchflussregler (MFC) dem Benzolprüfgas beigemischt. Da der Prüfgasvolumenstrom erheblich höher war als der Volumenstrom der beigefügten Störkomponenten (etwa Faktor 3300) konnte in diesem Fall auf eine Korrektur der Ausgangskonzentration von Benzol verzichtet werden. Anschließend wurde die gleiche Messung ohne Anwesenheit der Störkomponenten durchgeführt.

#### **Folgende 11 Störkomponenten wurden dabei eingesetzt:**

Methylcyclopentan ( $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 2,2,3-Trimethylbutan ( $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 2,4-Dimethylpentan ( $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 2,2,4-Trimethylpentan ( $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); Cyclohexan ( $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 2,3-Dimethylpentan ( $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 2-Methylhexan ( $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 3-Ethylpentan ( $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); Trichlorethen ( $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); n-Heptan ( $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 1-Butanol ( $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Störkomponenten bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich vom Jahresgrenzwert sind in der Tabelle 3.23.2.1 aufgelistet.

**Tabelle 3.23.2.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Jahresgrenzwertes

Störstoff	Beitrag Störkomponente $\Delta x_{OC}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Vorgabe Benzol $c_t$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	GC 5551	GC 5552	
11 organische Störkomponenten	0,23	0,22	4,9

## 3.24 Verschleppen (Memory-Effekt)

Für die Bestimmung des Memory-Effekts wurden die Prüfergebnisse vom August/September 2010 verwendet, die bei der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.24.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.4.10)

Die Benzolkonzentration der ersten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration folgt, muss kleiner oder gleich  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.

### 3.24.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.24.3 Prüfung

Der Einfluss eines Memory-Effektes, der durch Zurückhalten von Benzol im Messsystem infolge ungeeigneter Materialien oder eines großen Totvolumens hervorgerufen wird, soll durch Aufgabe von Prüfgas (Konzentration bei 90 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) gefolgt von Nullgas geprüft werden.

Bei der hohen Konzentration müssen zwei aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt werden, danach wird die Gasversorgung auf Nullgas umgeschaltet. Das Ergebnis der nachfolgenden Messung von Nullgas wird zur Berechnung von der durch die Verschleppung bedingten Konzentration von Benzol  $c_m$  verwendet.

Die Prüfabfolge muss dreimal wiederholt werden.

### 3.24.4 Auswertung

Die erste Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse der hohen Benzolkonzentration (90 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol) folgt, darf eine gemessene Benzolkonzentration von  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht übersteigen.

Die auf die Verschleppung zurückgehende Standardunsicherheit  $u_m$  wird wie folgt berechnet:

$$u_m = \frac{l_a}{c_t} * c_m * \sqrt{3} \quad (\text{Gl. 3.24.1})$$

Dabei ist:

$u_m$	auf die Verschleppung zurückgehende Standardunsicherheit, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_m$	der Einfluss der Verschleppung, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$c_t$	Prüfgaskonzentration von Benzol (ca. 90 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol)
$l_a$	Jahresgrenzwert von Benzol

### 3.24.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.24.6 Dokumentation

Zur Bestimmung des Memory-Effektes werden bei einer Konzentration, die etwa 90 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol entspricht, zwei Messungen durchgeführt. Danach wird mit Beginn der

Probenahme des Messgerätes auf Nullgas umgeschaltet. Diese Vorgehensweise wird dreimal wiederholt. Der Mittelwert aus den drei jeweils ersten Nullgaswerten wird zur Ermittlung des Memory-Effektes herangezogen.

In der folgenden Tabelle 3.24.1 ist das Ergebnis zur Bestimmung des Memory-Effektes angegeben.

**Tabelle 6.24.1:** Ergebnis zur Bestimmung des Memory-Effektes

GC 5006		GC 5007	
$c_m$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$u_m$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$c_m$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$u_m$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
0,0	0,0*	0,043	0,003*

\*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 3.25 Langzeitdrift

Für die Bestimmung der Langzeitdrift wurden die während des Feldversuchs vom Mai bis August 2010 ermittelten Messwerte aus der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) verwendet.

### 3.25.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.5.4)

Beim Feldtest muss über eine Driftperiode von 14 Tagen der größte Wert der Langzeitdrift am Nullpunkt  $D_{l,z}$  kleiner oder gleich  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein und der größte Wert der Langzeitdrift am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 80 % des Höchstwerts des Zertifizierungsbereichs von Benzol)  $D_{l,s}$  muss kleiner oder gleich 10 % sein.

### 3.25.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.25.3 Prüfung

Während der ersten 14 Tage des Feldtests müssen mindestens alle zwei Tage Messungen am Nullpunkt und mit Prüfgas am Prüfwert 2 durchgeführt werden, in der übrigen Zeit des Feldtests mindestens alle zwei Wochen. Es sind jeweils fünf aufeinander folgende Messungen durchzuführen und die Messwerte sind aufzuzeichnen. Die Langzeitdrift wird dann aus den Mittelwerten der letzten vier Messungen ermittelt.

Während des Feldtests dürfen keine Justierungen des Nullpunkts und des Referenzpunktes am Gerät durchgeführt werden.

### 3.25.4 Auswertung

Die Langzeitdrift am Nullpunkt  $D_{l,z}$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$D_{l,z} = (C_{z,1} - C_{z,0}) \quad (\text{Gl. 3.25.1})$$

Die Langzeitdrift am Prüfwert 2  $D_{l,s}$  wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$D_{l,s} = \frac{(C_{s,1} - C_{s,0}) - D_{l,z}}{C_{s,1}} * 100 \quad (\text{Gl. 3.25.2})$$

Die auf die Langzeitdrift beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_{d,l,la}$  wird wie folgt berechnet:

$$u_{d,l,la} = \frac{D_{l,s}}{100} * \frac{l_a}{\sqrt{3}} \quad (\text{Gl. 3.25.3})$$

Dabei ist:

$D_{l,z}$	Langzeitdrift am Nullpunkt, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$C_{z,0}$	Mittelwert der Messungen am Nullpunkt zu Beginn der Driftzeitspanne, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$C_{z,1}$	Mittelwert der Messungen am Nullpunkt am Ende der Driftzeitspanne, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$D_{l,s}$	Langzeitdrift am Prüfwert 2, in %;
$C_{s,0}$	Mittelwert der Messungen am Prüfwert 2 zu Beginn der Driftzeitspanne, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$C_{s,1}$	Mittelwert der Messungen am Prüfwert 2 am Ende der Driftzeitspanne, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$u_{d, l, la}$  auf die Langzeitdrift beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  
 $l_a$  Jahresgrenzwert in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

### 3.25.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.25.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Langzeitdrift wurde während des Feldtests in den ersten zwei Wochen in einem Abstand von zwei bis drei Tagen Nullgas und anschließend Prüfgas am Prüfwert 2 mit einer Benzolkonzentration von ca.  $41,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jeweils über mindestens 5 Messzyklen aufgegeben. Zur Auswertung wurden jeweils vier Messzyklen verwendet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen. In der restlichen Zeit des Feldtests erfolgte die Null- und Prüfgasaufgabe wöchentlich in analoger Weise.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Driftverhalten bei Aufgabe von Nullgas und Prüfgas am Prüfwert 2 sind nachfolgend graphisch und tabellarisch dargestellt.

**Tabelle 3.25.1:** Langzeitdrift  $D_{l, z}$  des Messwertes bei Nullgasvorgabe

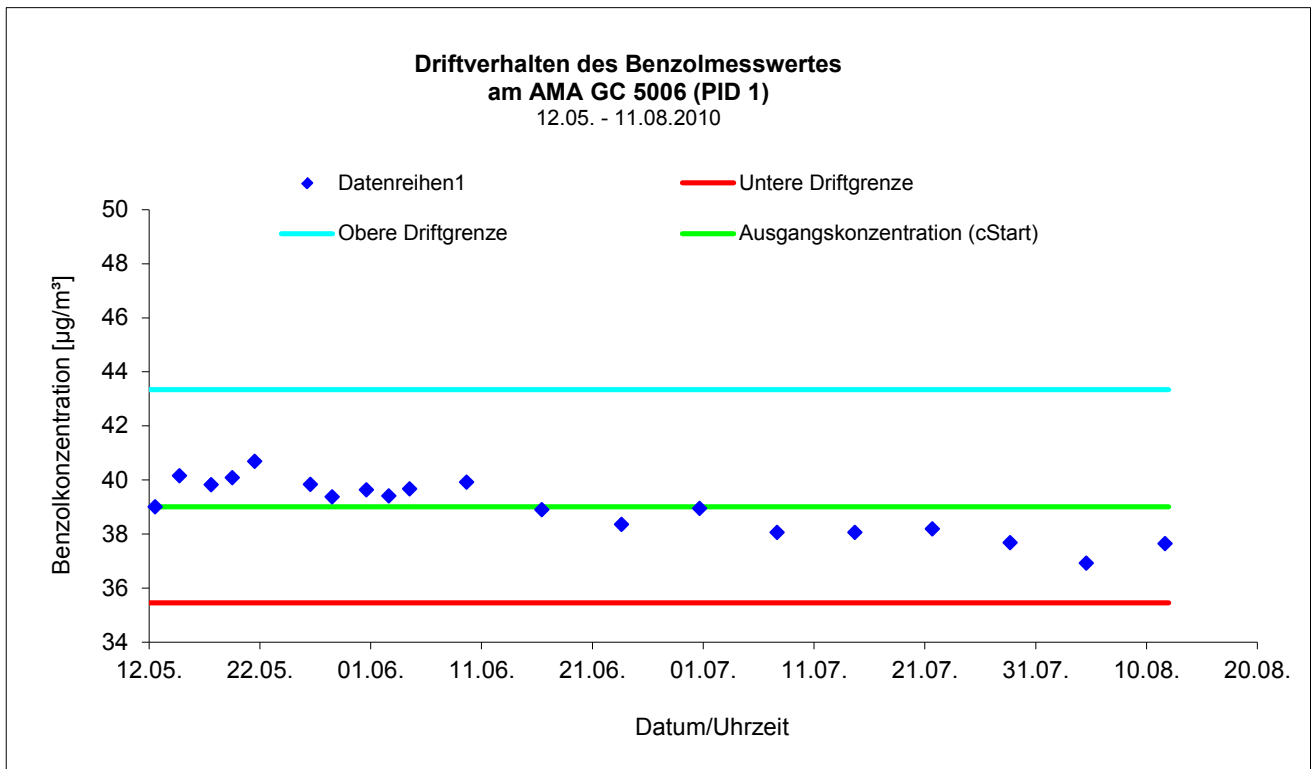
	GC 5006	GC 5007
	$D_{l, z} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$D_{l, z} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$
Mittelwert	0,06	0,07
Minimalwert	0,00	0,00
Maximalwert	<b>0,18</b>	<b>0,26</b>

**Tabelle 3.25.2:** Langzeitdrift  $D_{l, s}$  des Messwertes bei Prüfgasvorgabe am Prüfwert 2 (Sollwert:  $41,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

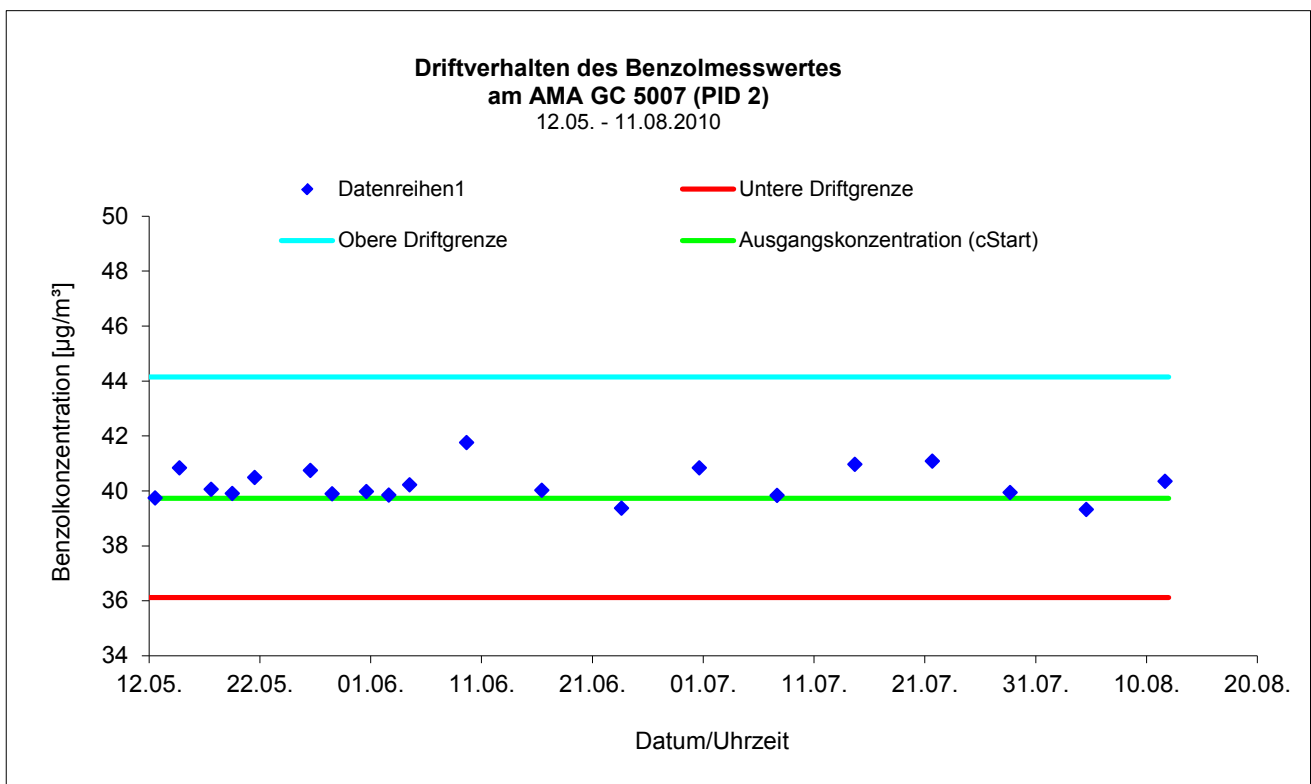
	GC 5006		GC 5007	
	$D_{l, s} [\%]$	$u_{d, l, la} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$D_{l, s} [\%]$	$u_{d, l, la} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$
Mittelwert	-0,20	-	1,16	-
Minimalwert	-0,15	-	-0,13	-
Maximalwert	<b>-5,87</b>	<b>-0,17*</b>	<b>4,84</b>	<b>0,14*</b>

\*: Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

Wie man den beiden nachfolgenden Abbildungen 3.25.1 und 3.25.2 entnehmen kann, wurde die vorgegebene Driftgrenze bei beiden Gaschromatographen im Feldtest eingehalten. Deshalb kann das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden, wobei der Hersteller eine 14-tägige Wartung empfiehlt.



**Abb. 3.25.1:** Driftverhalten des Messwertes bei Prüfgasvorgabe am Prüfwert 2 (Sollwert: 41,8 µg/m³) beim GC 5006



**Abb. 3.25.2:** Driftverhalten des Messwertes bei Prüfgasvorgabe am Prüfwert 2 (Sollwert: 41,8 µg/m³) beim GC 5007

## 3.26 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

Für die Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wurden die während des Feldversuchs vom Mai bis August 2010 ermittelten Messwerte aus der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) verwendet.

### 3.26.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.5.5)

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen  $s_{r, f}$  der beiden Messeinrichtungen muss kleiner oder gleich  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.

### 3.26.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 3.26.3 Prüfung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird während der dreimonatigen Felduntersuchung aus zeitgleichen, fortlaufenden Messungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen am selben Messort als Doppelbestimmungen ermittelt.

Dabei kann eine gemeinsame Entnahmeeinrichtung für die zu untersuchende Probenluft verwendet werden. In jedem Fall sind die Probenahmeeinrichtungen der beiden Messeinrichtungen so zueinander anzuordnen, dass beide Messeinrichtungen eine repräsentative Messung desselben Probeluftvolumens durchführen. Auf diese Weise werden systematische Fehler durch räumliche und/oder zeitliche Inhomogenitäten der Massenkonzentrationsverteilung der Messobjekte in der Umgebungsluft reduziert. Die Messsignale der Messeinrichtungen sind als Einzelwerte auf einem elektronischen Datenspeicher aufzuzeichnen.

### 3.26.4 Auswertung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird aus den während des dreimonatigen Zeitraums gemessenen Werten berechnet.

Die Differenz  $\Delta x_{f, i}$  für jede (i-te) Parallelmessung wird berechnet aus

$$\Delta x_{f, i} = x_{f, 1, i} - x_{f, 2, i} \quad (\text{Gl. 3.26.1})$$

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen  $s_{r, f}$  errechnet sich zu

$$s_{r, f} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{f, i}^2}{2n}} \quad (\text{Gl. 3.26.2})$$

Die auf die Vergleichspräzision unter Feldbedingungen beim Jahresgrenzwert zurückgehende Standardmessunsicherheit  $u_{r, f}$  wird wie folgt berechnet:

$$u_{r, f} = s_{r, f} \quad (\text{Gl. 3.26.3})$$

Dabei ist:

$\Delta x_{f, i}$	die i-te Differenz einer Parallelmessung, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$x_{f, 1, i}$	das i-te Messergebnis von Messgerät 1, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$x_{f, 2, i}$	das i-te Messergebnis von Messgerät 2, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
$s_{r, f}$	die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
n	die Anzahl der Parallelmessungen.



### 3.26.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.26.6 Dokumentation

Zur Auswertung wurden sämtliche beim Feldversuch ermittelten Außenluftmesswerte herangezogen. Die Daten zur Funktionskontrolle mit Prüfgas und Nullgas wurden nicht berücksichtigt.

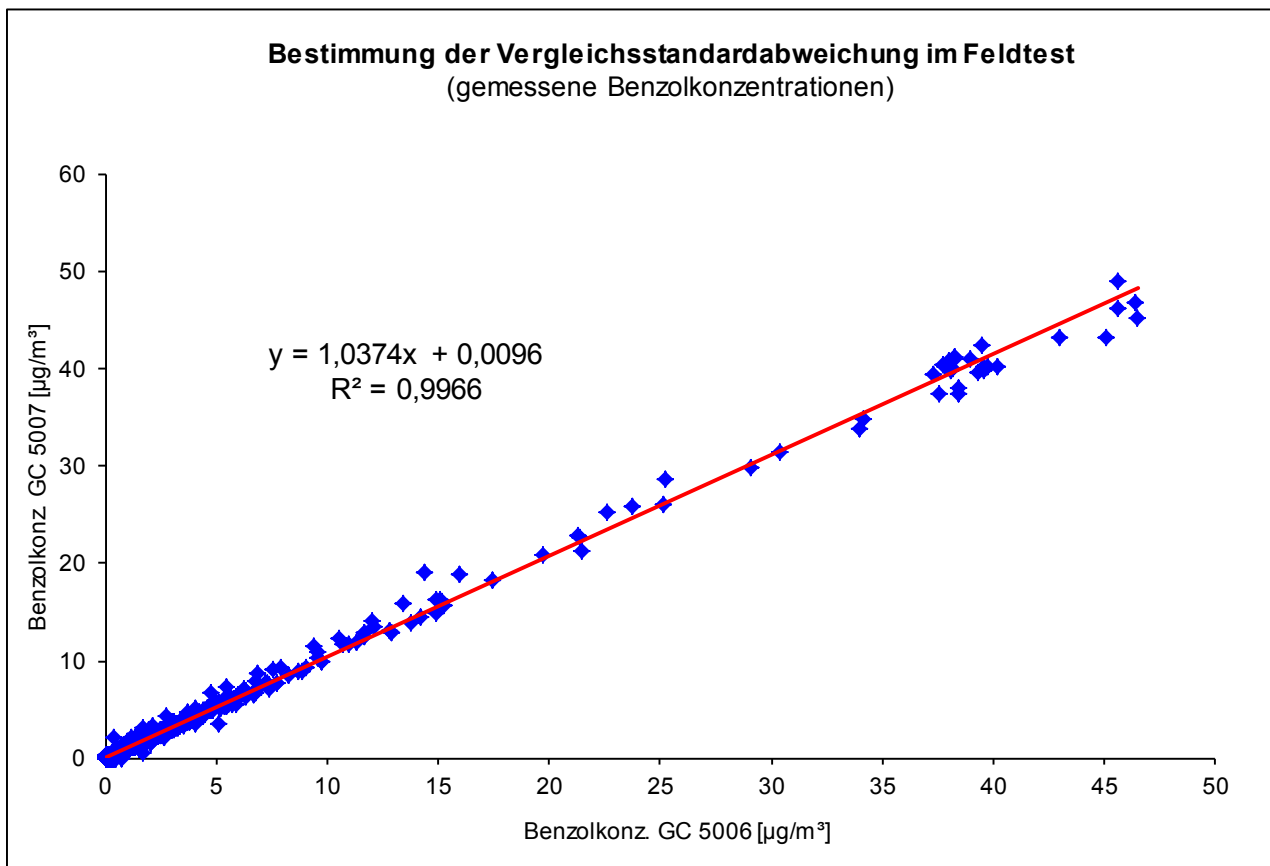
Die daraus ermittelten Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung sind in der folgenden Tabelle 3.26.1 zusammengefasst.

**Tabelle 3.26.1:** Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung im Feldversuch

	<b>GC 5006 und GC 5007</b>
Anzahl Wertepaare n	3997
Mittlere Differenz $d_{f, MW}$	-0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$MW_{GC\ 5006}$	1,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$MW_{GC\ 5007}$	1,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$Max_{GC\ 5006}$	46,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$Max_{GC\ 5007}$	49,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b><math>s_{r, f} = u_{r, f} [\mu\text{g}/\text{m}^3]</math></b>	<b>*0,19</b>

\*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

In Abbildung 3.26.1 sind die beim Feldtest ermittelten Daten der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.



**Abb. 3.26.1:** Während des Feldtests gemessene Benzolkonzentrationen

## **3.27 Kontrollintervall**

### **3.27.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.5.6)**

Das Kontrollintervall ist entweder der Zeitraum, in dem die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt, oder das vom Hersteller festgelegte Wartungsintervall, je nachdem, was kürzer ist.

### **3.27.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### **3.27.3 Prüfung**

Während der Feldprüfung ist festzustellen, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Soweit gerätetechnisch keine aufwendigen Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen notwendig sind, ergibt sich das Wartungsintervall im Wesentlichen aus dem Driftverhalten der Messeinrichtung (siehe Kapitel 3.25).

Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, sind diese zu ermitteln und zu beheben. Die Feldprüfung ist neu zu beginnen, wenn die Fehlfunktion eine Auswirkung auf die Ermittlung des Wartungsintervalls hat.

### **3.27.4 Auswertung**

Zur Auswertung werden die jeweiligen Messwerte mit der Primäreinstellung verglichen und die Abweichungen für den Nullpunkt und Referenzpunkt ermittelt. Das Ende des Wartungsintervalls ist dann erreicht, wenn die Abweichungen die erlaubten Driften übersteigen.

Ein kürzeres Wartungsintervall, als das durch die Driftuntersuchung ermittelte ergibt sich dann, wenn andere Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen erforderlich sind.

### **3.27.5 Bewertung**

Während des dreimonatigen Feldversuches waren keine Wartungsarbeiten am Messgerät notwendig. Der Trägergasverbrauch (Stickstoff 5.0) beträgt pro Gerät ca. 12 ml/min. Daraus ergibt sich bei Verwendung einer 50 Liter-Druckgasflasche eine Standzeit von mehr als ein Jahr für ein Gerät.

Das Wartungsintervall wird folglich nur durch das Driftverhalten der Geräte bestimmt. (siehe Kapitel 3.25). Da sich bei der Ermittlung der Langzeitdrift im Messzeitraum von 90 Tagen keine signifikante Änderung des Messwertes zeigte, kann das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden. Außerdem wird einmal jährlich eine Generalüberholung des Gaschromatographen beim Hersteller empfohlen.

### **3.27.6 Dokumentation**

siehe Kapitel 3.25.

## 3.28 Verfügbarkeit

Für die Bestimmung der Verfügbarkeit wurden die während des Feldversuchs vom Mai bis August 2010 ermittelten Daten aus der Eignungsprüfung der beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) verwendet.

### 3.28.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.5.7)

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 90 % betragen.

### 3.28.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 3.28.3 Prüfung

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung wird in der Feldprüfung ermittelt. Hierzu werden der Start- und der Endzeitpunkt der Feldprüfung dokumentiert. Weiterhin werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten, mit dem jeweiligen Anfangs- und Endzeitpunkt dokumentiert.

### 3.28.4 Auswertung

Aus der Differenz zwischen Endzeitpunkt und Startzeitpunkt ist die Einsatzzeit als Bezugszeit der Verfügbarkeit zu berechnen. Weiterhin werden aus der Dokumentation die Zeiten ermittelt, in denen die Messeinrichtung keine für die kontinuierliche Erfassung der Immissionen verwertbaren Messwerte geliefert hat. Die Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammenzufassen.

Die für die Berechnung der Verfügbarkeit zu berücksichtigende Zeitspanne ist diejenige Zeitspanne in der Feldprüfung, in der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für Kalibrierungen, Konditionierung der Probengasleitungen und Filter und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit des Messgeräts ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$A = \frac{t_u}{t_t} \cdot 100 \% \quad (\text{Gl. 3.28.1})$$

Dabei ist:

$A$  Verfügbarkeit des Messgeräts

$t_u$  gesamte Zeitspanne mit validen Messwerten

$t_t$  gesamte Zeitspanne der Feldprüfung abzüglich der Zeit für Kalibrierung, Konditionierung und Wartung

### 3.28.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.28.6 Dokumentation

Der Feldtest wurde in der Zeit vom 12.Mai 2010 bis zum 12.August 2010 auf dem Versuchsgelände der LUBW durchgeführt. Während dieser Zeit wurde in den ersten zwei Wochen im Abstand von 2 bzw. 3 Tagen eine Funktionskontrolle durch externe Aufschaltung von Prüfgas durchgeführt. Nach Ablauf der ersten zwei Wochen wurde die Funktionskontrolle wöchentlich durchgeführt.

Die Ergebnisse zur Berechnung der Verfügbarkeit sind in Tabelle 3.28.1 zusammengefasst.

**Tabelle 3.28.1:** Ergebnisse zur Ermittlung der Verfügbarkeit der beiden Messeinrichtungen

		<b>GC 5006</b>	<b>GC 5007</b>
Beginn Feldtest		12.05.2010; 10:04 Uhr	
Ende Feldtest		12.08.2010; 11:04 Uhr	
Einsatzzeit $t_E^*$	[h:min]	2085:00	2085:00
Kalibrierzeit $t_K$	[h:min]	69:30	69:30
Ausfallzeit $t_A$	[h:min]	0:00	17:00**
Wartungszeit $t_W$	[h:min]	0:00	0:00
<b>Verfügbarkeit A<sub>i</sub></b>	<b>[%]</b>	<b>100,0</b>	<b>99,2</b>

Mit:  $t_u = t_E - t_A - t_K - t_W$  und  $t_t = t_E - t_K - t_W$

- \*: Während des Feldtests kam es aufgrund eines Fehlers in der Messstation zum Ausfall der Stromversorgung an einem der beiden Gaschromatographen (Freitag bis Montag). Da diese Unterbrechung mit der Eignungsprüfung nichts zu tun hatte, wurde die entsprechende Zeit nicht berücksichtigt und von der Einsatzzeit  $t_E$  abgezogen.
- \*\* : Am GC 5007 trat während des Feldtests ein Defekt an der Platine auf, welche die Lüftungsklappe des GC-Ofens regelt. Dies führte dazu, dass die Abkühlung des GC-Ofens nicht in der vorgegebenen Zeit erfolgen konnte. Dadurch kam es zum Ausfall von mehreren Messzyklen und der entsprechenden Messwerte (insgesamt 34 Messzyklen = 17 h). Nach dem Austausch der Platine konnte der Feldversuch ohne Probleme fortgesetzt werden. Die hierbei entstandene Ausfallzeit wurde bei der Berechnung der Verfügbarkeit berücksichtigt.

## 3.29 Gesamtmessunsicherheit

Die Berechnung der Gesamtmessunsicherheit erfolgte einerseits mit den Daten, die während der Eignungsprüfung aus dem Jahr 2010 mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5006 (PID 1) und AMA GC 5007 (PID 2) ermittelt wurden und andererseits mit den Daten, die bei den neu durchgeführten Prüfungen, mit den beiden Gaschromatographen AMA GC 5551 (PID 1) und AMA GC 5552 (PID 2) ermittelt wurden.

### 3.29.1 Mindestanforderung (DIN EN 14662-3: 2016-02 Kap. 8.6 und Anhang E)

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung 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).

### 3.29.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 3.29.3 Prüfung

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

### 3.29.4 Auswertung

Die Eignungsanerkennung des Messgeräts besteht aus den folgenden Schritten:

- Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 der DIN EN 14662-3: 2016-02 angegebene Kriterium erfüllen.
- Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den auf die in den Laborprüfungen ermittelten Werte der spezifischen Leistungskenngrößen zurückgehenden Standardunsicherheiten berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium von 25 % (für ortsfeste Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim Grenzwert.
- Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 der DIN EN 14662-3: 2016-02 angegebene Kriterium erfüllen.
- Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den auf die in den Labor- und Feldprüfungen ermittelten Werte der spezifischen Leistungskenngrößen zurückgehenden Standardunsicherheiten berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium von 25 % (für ortsfeste Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim Grenzwert.

Das Messgerät kann als eignungsgeprüft bekannt gegeben werden, wenn alle vier Anforderungen erfüllt sind.

Die kombinierte Messunsicherheit  $u_c$  wird aus den einzelnen Beiträgen nach folgender Gleichung berechnet:

$$u_c = \sqrt{\sum u_i^2} \quad (\text{Gl. 3.29.1})$$

Die absolute erweiterte Messunsicherheit  $U$  ist wie folgt zu berechnen:

$$U = k * u_c \quad (\text{Gl. 3.29.2})$$

Die relative erweiterte Messunsicherheit  $W$  ist wie folgt zu berechnen:

$$W = \frac{U}{l_a} * 100\% \quad (\text{Gl. 3.29.3})$$

Dabei ist:

- $u_c$  die kombinierte Standardunsicherheit, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- $u_i$  der partielle Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- $U$  die absolute erweiterte Messunsicherheit, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- $k$  der Erweiterungsfaktor (hier  $k=2$ ) mit einem Vertrauensniveau von 95 %;
- $W$  die relative erweiterte Messunsicherheit, in %;
- $l_a$  Jahresgrenzwert in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

Die Werte der nachfolgend aufgeführten Unsicherheiten sind in die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit nach den Laborprüfungen (Tabelle 3.29.1) bzw. nach den Labor- und Feldprüfungen (Tabelle 3.29.2) einzubeziehen.

**Tabelle 3.29.1:** Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit nach den Laborprüfungen einzubeziehende Standardunsicherheiten

Standardunsicherheit aufgrund	Symbol
Wiederholstandardabweichung beim Jahresgrenzwert	$u_r$
Abweichung der Linearität beim Jahresgrenzwert	$u_l$
Änderung des Probengasdrucks beim Jahresgrenzwert	$u_{gp}$
Änderung der Umgebungstemperatur beim Jahresgrenzwert	$u_{st}$
Änderung der elektrischen Spannung beim Jahresgrenzwert	$u_V$
Störkomponente $\text{H}_2\text{O}$ (bei 19 mmol/mol) beim Jahresgrenzwert	$u_{\text{H}_2\text{O}}$
Verschleppung (Memory-Effekt)	$u_m$
Differenz Proben- / Kalibriergaseingang	$u_{\Delta sc}$
Unsicherheit des Kalibriergases	$u_{cg}$

**Tabelle 3.29.2:** Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit nach den Labor- und Feldprüfungen einzubeziehende Standardunsicherheiten

Standardunsicherheit aufgrund	Symbol
Wiederholstandardabweichung beim Jahresgrenzwert <sup>a</sup>	$u_r$
Abweichung der Linearität beim Jahresgrenzwert	$u_l$
Änderung des Probengasdrucks beim Jahresgrenzwert	$u_{gp}$
Änderung der Umgebungstemperatur beim Jahresgrenzwert	$u_{st}$
Änderung der elektrischen Spannung beim Jahresgrenzwert	$u_V$
Störkomponente H <sub>2</sub> O (bei 19 mmol/mol) beim Jahresgrenzwert	$u_{H_2O}$
Verschleppung (Memory-Effekt)	$u_m$
Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen <sup>a</sup>	$u_{r, f}$
Langzeitdrift beim Jahresgrenzwert	$u_{d, l, la}$
Differenz Proben- / Kalibriergaseingang	$u_{\Delta sc}$
Unsicherheit des Kalibriergases	$u_{cg}$

<sup>a</sup>: Zur Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit ist entweder die auf die Wiederholstandardabweichung beim Jahresgrenzwert zurückgehende oder die auf die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen zurückgehende Unsicherheit zu wählen, je nachdem, welcher Wert der größere ist.

### 3.29.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 3.29.6 Dokumentation

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit erfolgte gemäß den Vorgaben von Anhang E der DIN EN 14662-3: 2016-02. In den Tabelle 3.29.3 und 3.29.4 sind die erweiterten Messunsicherheiten der Laborprüfungen bzw. der Labor- und Feldprüfungen angegeben, die mit Hilfe der in den Labor- und Felduntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen berechnet wurden.

**Tabelle 3.29.3:** Erweiterte Messunsicherheiten für den Gaschromatographen PID 1 (GC 5006 bzw. GC 5551)

Parameter	Mindestanforderung	Wert	Vorgegebene Benzolkonz. C <sub>i</sub>	Empfindlichkeitskoeffizient	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	u	u <sup>2</sup>
Wiederholstandardabweichung <sup>1</sup>	≤ 0,25 µg/m <sup>3</sup>	0,02 µg/m <sup>3</sup>	5,9 µg/m <sup>3</sup>				0,01 µg/m <sup>3</sup>	0,0004 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Größte Abweichung von der Linearität <sup>2</sup>	≤ 5,0 %	3,34 %	2,6 µg/m <sup>3</sup>				0,10 µg/m <sup>3</sup>	0,009 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung des Probengasdrucks <sup>2</sup>	≤ 0,1 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	0,02 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	37,2 µg/m <sup>3</sup>	0,02 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	85 kPa	110 kPa	0,05 µg/m <sup>3</sup>	0,002 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung der Umgebungstemperatur <sup>1</sup>	≤ 0,08 (µg/m <sup>3</sup> )/K	0,001 (µg/m <sup>3</sup> )/K	39,1 µg/m <sup>3</sup>	0,001 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	278 K	308 K	0,002 µg/m <sup>3</sup>	0,000003 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung der elektrischen Spannung <sup>1</sup>	≤ 0,08 (µg/m <sup>3</sup> )/V	0,012 (µg/m <sup>3</sup> )/V	39,1 µg/m <sup>3</sup>	0,012 (µg/m <sup>3</sup> )/V	210 V	245 V	0,030 µg/m <sup>3</sup>	0,0009 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Störkomponente H <sub>2</sub> O (19 · 10 <sup>3</sup> ppm) <sup>2</sup>	≤ 0,015 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	-0,004 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	4,9 µg/m <sup>3</sup>	-0,004 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	0,6 Vol.-%	2,1 Vol.-%	-0,05 µg/m <sup>3</sup>	0,003 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Memory-Effekt <sup>1</sup>	≤ 1,0 µg/m <sup>3</sup>	0,00 µg/m <sup>3</sup>	43,8 µg/m <sup>3</sup>				0,00 µg/m <sup>3</sup>	0,00 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Vergleichstabw. im Feld <sup>1</sup>	≤ 0,25 µg/m <sup>3</sup>	0,19 µg/m <sup>3</sup>					0,19 µg/m <sup>3</sup>	0,04 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Langzeitdrift am Spanwert <sup>1</sup>	≤ 10,0 %	-5,9 %	41,8 µg/m <sup>3</sup>				-0,17 µg/m <sup>3</sup>	0,029 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Kurzzeitdrift am Spanwert <sup>1</sup>	≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup>	0,15 µg/m <sup>3</sup>	39,1 µg/m <sup>3</sup>					
Differenz Probengas /Kalibriergaseingang <sup>1</sup>	≤ 1,0 %	k. A.	%				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Kontrollintervall <sup>1</sup>	≤ 14 Tage	4 Wochen						
Verfügbarkeit <sup>1</sup>	≥ 90 %	100,00 %						
Kalibriergas <sup>1</sup>	k. A.	2,5 %					0,06 µg/m <sup>3</sup>	0,004 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Benzol Jahresgrenzwert	5,0 µg/m <sup>3</sup>							
komb. Unsicherheit Labor	0,14 ppb							
Rel. Erw. Messunsicherheit Labor	5,5 %							
komb. Unsicherheit Labor + Feld	0,29 ppb							
Rel. Erw. Messunsicherheit Labor + Feld	11,6 %							

\*kein separater Kalibriergaseingang vorhanden

X<sub>min</sub> Minimalwert der Einflussgröße  
X<sub>max</sub> Maximalwert der Einflussgröße

<sup>1</sup>: Im Jahr 2010 durchgeführte Prüfungen mit dem Prüfling AMA GC 5006

<sup>2</sup>: Im Jahr 2018 neu durchgeführte Prüfungen mit dem Prüfling AMA GC 5551

**Tabelle 3.29.4:** Erweiterte Messunsicherheiten für den Gaschromatographen PID 2 (GC 5007 bzw. GC 5552)

Parameter	Mindestanforderung	Wert	Vorgegebene Benzolkonz. C <sub>i</sub>	Empfindlichkeitskoeffizient	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	u	u <sup>2</sup>
Wiederholstandardabweichung <sup>1</sup>	≤ 0,25 µg/m <sup>3</sup>	0,06 µg/m <sup>3</sup>	5,9 µg/m <sup>3</sup>				0,02 µg/m <sup>3</sup>	0,0003 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Größte Abweichung von der Linearität <sup>2</sup>	≤ 5,0 %	4,97 %	2,6 µg/m <sup>3</sup>				0,14 µg/m <sup>3</sup>	0,02 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung des Probengasdrucks <sup>2</sup>	≤ 0,1 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	0,02 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	37,2 µg/m <sup>3</sup>	0,02 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	85 kPa	110 kPa	0,03 µg/m <sup>3</sup>	0,001 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung der Umgebungstemperatur <sup>1</sup>	≤ 0,08 (µg/m <sup>3</sup> )/K	0,002 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	39,1 µg/m <sup>3</sup>	0,002 (µg/m <sup>3</sup> )/kPa	278 K	308 K	0,004 µg/m <sup>3</sup>	0,00001 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Änderung der elektrischen Spannung <sup>1</sup>	≤ 0,08 (µg/m <sup>3</sup> )/V	0,004 (µg/m <sup>3</sup> )/V	39,1 µg/m <sup>3</sup>	0,004 (µg/m <sup>3</sup> )/V	210 V	245 V	0,009 µg/m <sup>3</sup>	0,0001 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Störkomponente H <sub>2</sub> O (19 · 10 <sup>3</sup> ppm) <sup>2</sup>	≤ 0,015 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	0,001 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	4,9 µg/m <sup>3</sup>	0,001 (µg/m <sup>3</sup> )/10 <sup>3</sup> ppm	0,6 Vol-%	2,1 Vol-%	0,02 µg/m <sup>3</sup>	0,0003 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Memory-Effekt <sup>1</sup>	≤ 1,0 µg/m <sup>3</sup>	0,04 µg/m <sup>3</sup>	43,8 µg/m <sup>3</sup>				0,003 µg/m <sup>3</sup>	0,00001 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Vergleichstabw. im Feld <sup>1</sup>	≤ 0,25 µg/m <sup>3</sup>	0,19 µg/m <sup>3</sup>					0,19 µg/m <sup>3</sup>	0,04 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Langzeitdrift am Spanwert <sup>1</sup>	≤ 10,0 %	4,8 %	41,8 µg/m <sup>3</sup>				0,14 µg/m <sup>3</sup>	0,02 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Kurzzeitdrift am Spanwert <sup>1</sup>	≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup>	0,15 µg/m <sup>3</sup>	39,1 µg/m <sup>3</sup>					
Differenz Probengas /Kalibriergaseingang <sup>4</sup>	≤ 1,0 %	k. A. %					µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Kontrollintervall <sup>1</sup>	≤ 14 Tage	4 Wochen						
Verfügbarkeit <sup>1</sup>	≥ 90 %	99,20 %						
Kalibriergas <sup>1</sup>	k. A.	2,5 %					0,06 µg/m <sup>3</sup>	0,004 (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
<b>Benzol Jahresgrenzwert</b>	<b>5,0 µg/m<sup>3</sup></b>							
komb. Unsicherheit Labor	0,16 ppb							
Rel. Erw. Messunsicherheit Labor	6,5 %							
komb. Unsicherheit Labor + Feld	0,29 ppb							
Rel. Erw. Messunsicherheit Labor + Feld	11,4 %							

\*kein separater Kalibriergaseingang vorhanden

X<sub>min</sub> Minimalwert der Einflussgröße  
X<sub>max</sub> Maximalwert der Einflussgröße

<sup>1</sup>: Im Jahr 2010 durchgeführte Prüfungen mit dem Prüfling AMA GC 5007

<sup>2</sup>: Im Jahr 2018 neu durchgeführte Prüfungen mit dem Prüfling AMA GC 5552



## 4 Fazit

Der Gaschromatograph GC 5000 BTX in der Ausführung PID für Benzol wurde in der Zeit vom Mai 2010 bis Oktober 2010 von der LUBW eignungsgeprüft und am 26. Januar 2011 im Bundesanzeiger durch das Umweltbundesamt bekanntgegeben.

Die Firma AMA Instruments beauftragte die LUBW im Juli 2018 zu beurteilen ob die Messeinrichtung auch die Mindestanforderungen erfüllt, die in der europäischen Norm DIN EN 14662-3 in der neuen Ausgabe vom Februar 2016 (englische Fassung vom November 2015) gefordert werden. Die Labor und Feldprüfungen der oben genannten Eignungsprüfung für die Komponente Benzol wurden auf der Grundlage der DIN EN 14662-3 vom August 2005 durchgeführt. Durch die Revision der DIN EN 14662-3 ergaben sich neue Verfahrenskenngrößen für die Mindestanforderungen und neue Berechnungsgrundlagen für die erweiterte Messunsicherheit. Die Durchführungsvorschriften der dabei zu Grunde liegenden Prüfungen blieben im Vergleich zur Ausgabe von 2005 jedoch weitgehend gleich. Deshalb konnten die Messergebnisse der damaligen Prüfungen verwendet werden um die Verfahrenskenngrößen neu zu bestimmen und die zugehörige Messunsicherheit neu zu berechnen. Für die folgenden Prüfungen wurden die Kenngrößen mit den neuen Messergebnissen bestimmt:

- Punkt 8.4.5 „Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (lack-of-fit)“
- Punkt 8.4.6 „Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes“
- Punkt 8.4.9 „Störkomponenten“ (8.4.9.2 „Wasserdampf“ und 8.4.9.3 „Organische Verbindungen“)

Wie die in Kapitel 3 ausführlich dargestellten Ergebnisse zeigen erfüllt die Messeinrichtung auch die Mindestanforderungen der DIN EN 14662-3 in der Ausgabe vom Februar 2016.

Lediglich bei der Prüfung der Druckabhängigkeit (siehe Kapitel 3.20 „Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes“) ergab sich für die Messeinrichtung eine Einschränkung. Der in der Norm vorgegebene Probengasdruck von 80 kPa konnte nicht eingestellt werden. Bei dieser Einstellung wird bei beiden PID-Gaschromatographen der vorgegebene Probendurchfluss von 20 ml/min deutlich unterschritten und dadurch kann der Zielwert des Probenvolumens von 300 ml nicht erreicht werden. Die in den Gaschromatographen eingebauten Probengaspumpen können nur bis zu einem Probengasdruck von 85 kPa den vorgegebenen Durchfluss konstant halten.

# Inhaltsverzeichnis

	Page
<b>1.0 Hinweise für den Anwender .....</b>	<b>4</b>
1.1 Handhabung des Handbuchs .....	4
1.2 Allgemeines zum bestimmungsgemäßen Gebrauch .....	4
1.3 Hinweise zur Lieferung .....	5
1.4 Normen und Vorschriften .....	6
1.5 Konformitätserklärung .....	6
1.6 Copyright .....	7
1.7 Service Adresse .....	7
<b>2.0 Sicherheitshinweise .....</b>	<b>8</b>
2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise .....	8
2.2 Verantwortung des Anwenders .....	9
<b>3.0 Technische Beschreibung der GC 5000 Serie .....</b>	<b>10</b>
3.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 BTX .....	10
3.2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 VOC .....	11
3.3 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 Process .....	11
3.4 Hardware Beschreibung .....	12
3.5 Beschreibung der GC-Komponenten .....	13
3.5.1 Systemsteuerung und Watchdog .....	13
3.5.2 Säulenofen .....	13
3.5.3 Trennsäulen .....	13
3.5.4 Detektor.....	13
3.5.5 Eingabe der Parameter .....	15
3.6 Technische Daten - GC 5000 .....	16
3.7 Optionen .....	18
3.7.1 Kalibriergasumschaltung (optional) .....	18
3.7.2 Ozonvorläuferüberwachungssystem (optional) .....	18
3.7.3 Optionale Module (Zubehör für GC 5000) .....	19
3.7.3.1 Verdünnungskalibrator DIM 200 .....	19
3.7.3.2 Nullluftgenerator ZAG 300 .....	21
3.7.3.3 Wasserstoffgeneratoren – HG 300 und HG 500 .....	22
<b>4.0 Installation .....</b>	<b>24</b>
4.1 Sicherheitshinweise .....	24
4.2 Installationsbedingungen .....	25
4.3 Gasanschlüsse .....	25
4.4 Elektrische Anschlüsse .....	26
<b>5.0 In- und Außerbetriebnahme .....</b>	<b>28</b>
5.1 Sicherheitshinweise .....	28
5.2 Inbetriebnahme vorbereiten .....	29
5.3 Außerbetriebnahme .....	31
<b>6.0 Bedienen der GC 5000 Software .....</b>	<b>32</b>
6.1 Control Tab .....	32
6.2 Status Tab .....	33
6.3 Events Tab .....	34
6.4 Eingaben entsperren – Paßwortschutz .....	35
6.5 Steuermodi .....	36
6.6 Kommunikationsparameter (optional) .....	36

	Page
<b>7.0</b>	<b>Meßbetrieb aufnehmen ..... 39</b>
7.1	Messungen starten ..... 39
7.2	Retentionszeitfenster anpassen ..... 43
7.3	Messungen stoppen ..... 45
<b>8.0</b>	<b>Kalibrieren und validieren ..... 46</b>
8.1	Kalibrierung ..... 46
8.1.1	Kalibrierintervalle ..... 46
8.1.2	Kalibrieresetup ..... 46
8.1.3	Start einer Kalibrierung ..... 48
8.1.4	Überprüfen der Ergebnisse einer Kalibrierung ..... 54
8.2	Validierung ..... 58
8.2.1	Prinzip der Validierung ..... 58
8.2.2	Typen der Validierung ..... 58
8.2.3	Validiersetup ..... 59
8.2.4	Start einer Validierung ..... 61
8.2.5	Überprüfen des Validierungsstatus ..... 62
<b>9.0</b>	<b>Zeitprogramm ..... 63</b>
9.1	Setup des Zeitprogramms ..... 63
9.2	Start des Zeitprogramms ..... 64
<b>10.0</b>	<b>Beschreibung der Funktionsweise ..... 66</b>
10.1	Meßprinzip BTX ..... 66
10.2	Meßprinzip VOC ..... 67
10.3	Meßprinzip Process ..... 69
<b>11.0</b>	<b>Wartung ..... 70</b>
11.1	Sicherheitshinweise ..... 70
11.2	Wartungsplan ..... 71
11.3	Wartungsarbeit ..... 72
11.3.1	Austausch der Anreicherungsstufe (BTX) ..... 72
11.3.2	Wartung der Pumpe ..... 73
11.3.3	Austausch des Eingangsfilters des MFCs ..... 73
11.3.4	Austausch oder Reparatur der Kapillarsäule ..... 74
11.3.5	Einstellen des Detektorsignals ..... 76
11.3.6	Einstellen der Zündspannung ..... 76
11.3.7	Überprüfen der Glühkerze ..... 76
11.3.8	Überprüfen der Thermoelemente ..... 77
11.3.9	Überprüfen der Heizpatronen von Detektor und Ventilofen ..... 77
11.3.10	Austausch der PID-Lampe ..... 78
11.3.11	Reinigen des PID-Lampenfensters ..... 79
11.3.12	Austausch des Rotors des Drehventils ..... 79
11.3.13	Austausch des GC-Ofenmotors ..... 81
11.3.14	Austausch des Rückwandlüfters ..... 81
11.3.15	Austausch des Peltier-Kühler-Lüfters (BTX) ..... 82
11.3.16	Wartung des FID-Detektors ..... 82
11.3.17	Austausch der Anreicherungs- oder Fokussierstufe (VOC) ..... 83
11.3.18	Austausch des Peltier-Kühler-Lüfters (VOC) ..... 84
<b>12.0</b>	<b>Fehlersuche ..... 85</b>
12.1	Fehler ..... 85
12.2	Fehlermeldungen ..... 87
12.3	Warnmeldungen ..... 89

	Page
<b>13.0</b>	<b>Ersatzteilliste ..... 90</b>
<b>14.0</b>	<b>Garantie ..... 91</b>
<b>15.0</b>	<b>GESYTEC-II Protokoll ..... 92</b>
15.1	Telegrammdefinitionen ..... 92
15.2	Statusabfrage MZ ..... 92
15.3	Statusantwort ZM ..... 93
15.4	Datenabfrage DA ..... 94
15.5	Datenantwort AD ..... 94
15.6	Steuerbefehl ST ..... 96
15.7	Steuerantwort TS ..... 96
15.8	Anhang ..... 97
<b>16.0</b>	<b>GESYTEC-I (Bayern-Hessen) Protokoll ..... 98</b>
16.1	Telegrammdefinitionen ..... 98
16.2	Datenabfrage DA ..... 98
16.3	Datenantwort MD ..... 99
16.4	Steuerbefehl ST ..... 100
16.5	Anhang ..... 100
<b>17.0</b>	<b>Analoge Ausgänge ..... 101</b>
17.1	Anschließen der analogen Ausgänge ..... 101
17.2	Konfigurieren der analogen Ausgänge ..... 103
17.3	RS-485 Terminierung ..... 104
<b>18.0</b>	<b>Digitale Ein-/Ausgänge ..... 105</b>
18.1	Allgemeines ..... 105
18.2	Digitale Ausgänge ..... 106
18.3	Digitale Eingänge ..... 108
<b>19.0</b>	<b>Digitale Ausgänge für externe Kalibratoren ..... 109</b>
19.1	Version 1 (- 2014) ..... 109
19.2	Version 2 (2015 -) ..... 110
20	RS-485 Terminierung ..... 111

# 1 Hinweise für den Anwender

## 1.1 Handhabung des Handbuchs




---

### Vorsicht!

Lesen Sie zuerst das Handbuch, bevor Sie das Gerät GC 5000 in Betrieb nehmen.

---

Das Handbuch beschreibt wie Sie das Gerät GC 5000 einsetzen, installieren und bedienen. Es erleichtert den fachgerechten Umgang mit dem Gerät.

Verwendete Symbole:




---

### Achtung!

Warn- und Hinweistexte besonders beachten.



Diese sind vom übrigen Text abgesetzt und durch einer der beiden links stehenden Symbole gekennzeichnet.

Sie liefern wertvolle Tips zur Vermeidung von Fehlern.

---

## 1.2 Allgemeines zum bestimmungsgemäßen Gebrauch

Das beschriebene Gerät wurde vor der Auslieferung auf seinen sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand überprüft. Der einwandfreie und sichere Betrieb setzt voraus, daß das Gerät nur in der Weise eingesetzt wird, wie vom Hersteller in diesem Handbuch beschrieben. Ein sicherer und einwandfreier Betrieb setzt einen fachgerechten Transport, Lagerung sowie Montage, Bedienung und Instandhaltung voraus.

Dieses Handbuch enthält die Informationen für einen bestimmungsgemäßen Gebrauch. Es enthält einige Sicherheitshinweise. Ohne Kenntnis dieser Warnungen und Hinweise ist die Sicherheit bei Montage und Inbetriebnahme sowie während des Betriebs nicht gewährleistet.

Daher richtet sich das Handbuch an technisch qualifiziertes Personal mit einer entsprechenden Ausbildung und einem speziellen Training zur Durchführung der Instandhaltung für Analysengeräte.

Dieses Handbuch ist Bestandteil des Lieferumfangs. Aufgrund der Fülle an technischen Details ist es nicht möglich, alle Aspekte zur Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung abzudecken. Benötigen Sie weitere Informationen oder treten Störungen auf, kontaktieren Sie bitte Ihre zuständige lokale Vertretung oder Kundendienst.




---

### Hinweis

Der GC 5000 BTX ist entsprechend vorkonfiguriert für Ihre Anwendung. Vor dem Einsatz des GC 5000 BTX für eine andere Anwendung, besprechen Sie diese mit Ihrem zuständigen Applikations-Spezialisten bei AMA Instruments.

---

## 1.3 Hinweise zur Lieferung

Überprüfen Sie bei Anlieferung, ob der GC 5000 BTX in einwandfreiem Zustand angeliefert wurde:

1. Die Verpackung ist nicht beschädigt.
2. An der Verpackung sind zwei „Transport-Indikatoren“ angebracht. Diese wechseln ihre Farbe von weiß nach rot, im Falle eines Handhabungsfehlers durch den Frachtführer.
- ✓ Beide Indikatoren der Labels (Shock- und Tiltwatch) sollten weiß sein als Zeichen für unversehrten Transport.



### Hinweis

Wenn bei Anlieferung einer der beiden Indikatoren rot aufleuchtet, vermerken Sie dies bitte auf dem Frachtbrief des Spediteurs, führen eine Sichtkontrolle durch und informieren AMA Instruments innerhalb von 10 Tagen nach Anlieferung.

Der Lieferumfang entspricht dem gültigen Kaufvertrag und ist den mitgelieferten Versandpapieren zu entnehmen.

3. Verpackung zeitnah öffnen und auf Vollständigkeit prüfen.
4. Vergleichen Sie die Seriennummer auf dem Typenschild mit der auf Bestell- und Lieferschein; sie müssen identisch sein.
5. Das Handbuch wird als CD-ROM mitgeliefert und ist zusätzlich im PC des GC 5000 aufgespielt.



### Hinweis

Verwenden Sie für den Versand bitte immer die Originalverpackung des GCs, welcher speziell für das Gerät gefertigt wurde. Es enthält spezielle Schaumstoffeinlagen, welche das Gerät zusätzlich stabilisieren und einen sicheren Transport gewährleisten. Daher empfehlen wir für eine mögliche Rücklieferung die Original-Verpackung aufzubewahren.

### 6. Sichtkontrolle des GCs:

Nach dem Auspacken des Systems entfernen Sie den Gehäusedeckel und sehen Sie sich das innere des Analyzers etwas genauer an. Die folgende Checkliste hilft Ihnen:

Keine Komponente hat sich gelöst.	✓
Schalten Sie den Hauptschalter ein ohne das Stromkabel anzuschließen. Dann messen Sie den Widerstand zwischen den beiden äußeren Kontakten und dem mittleren Kontakt im Netzfilter. Der Widerstand muß über 2 MΩ in beiden Fällen sein. Wenn der	✓

niedrig ist, dann ist die Heizspirale im GC-Ofen aus der Halterung gefallen und muß wieder zurück in die Halterung gebracht werden bevor das Stromkabel angeschlossen wird.

---

Entfernen Sie den GC-Ofendeckel und machen Sie eine Sichtkontrolle der Trennsäule. ✓  
Falls die Säule gebrochen ist, folgen Sie den Anweisungen aus Kapitel 13.3.4 – Wie schneidet und repariert man eine Kapillarsäule richtig.

---

## 1.4 Normen und Vorschriften

Für Spezifikation und Produktion dieses Gerätes wurden, soweit möglich, die harmonisierten europäischen Normen angewendet.

Bei einem Einsatz des Produktes außerhalb des Geltungsbereichs dieser Normen und Vorschriften, sind die im Land des Betreibers gültigen Normen und Vorschriften zu beachten.

## 1.5 Konformitätserklärung



Unser Produkt, Typ **Gaschromatograph GC 5000**

entspricht den folgenden einschlägigen Bestimmungen:

- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU
- EMV-Richtlinie 2014/30/EU
- Angewendete harmonisierte Normen EN 61326 und EN 61010

Die EU-Konformitätserklärung wird gemäß den oben genannten EU-Richtlinien für die zuständigen Behörden bereit gehalten von



AMA Instruments GmbH  
Lise-Meitner-Straße 8  
D-89081 Ulm / Germany

**Wird dieses Produkt außerhalb der Europäischen Union eingesetzt, sind die im Bestimmungsland des Betreibers geltenden Normen und Richtlinien zu beachten.**

## 1.6 Copyright

Die Vervielfältigung, Verbreitung und der Nutzen von diesem Dokument oder seines Inhalts sind ohne schriftliche Erlaubnis untersagt. Änderungen der technischen Daten sind vorbehalten. Alle Rechte liegen bei AMA Instruments GmbH, Ulm, Deutschland.

## 1.7 Service Adresse

Benötigen Sie weitere Informationen oder treten Störungen auf, kontaktieren Sie bitte den technischen Support Ihres lokalen Distributors.

Nachfolgende Daten sollten Sie zur Hand haben, wenn eine Störung eintritt oder eine Fehlermeldung erscheint:

- Seriennummer des Geräts (siehe Rückseite des GCs)
- Details zur Fehlermeldung



---

### **Hinweis**

Verwenden Sie für den Versand bitte immer die Originalverpackung des GCs, welche speziell für das Gerät angefertigt wurde. Diese enthält Schaumeinlagen, welche das Gerät zusätzlich stabilisieren und einen sicheren Transport gewährleisten.

---



## 2 Sicherheitshinweise

### 2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Beachten Sie nachfolgende Aussagen und Hinweise. Sie dienen ihrer persönlichen Sicherheit, dem sicheren Betrieb des GC 5000 und anderen an diesem Gerät angeschlossenen Geräten.

Sicherheitshinweise und Warnungen werden in diesem Handbuch durch die nachfolgend definierten Begriffe und Warnsymbole hervorgehoben. Sie dienen Anwendern und Servicetechnikern dazu Gefahren für Leben und Gesundheit abzuwenden sowie Sachschäden zu vermeiden. Die verwendeten Begriffe haben folgende Bedeutung:




---

#### **Gefahr!**

bedeutet eine unmittelbar drohende Gefahr. Werden entsprechende Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen, sind der Tod oder schwerste Körperverletzung die Folge.

---




---

#### **Warnung!**

bedeutet eine möglicherweise gefährliche Situation. Werden die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen, können Tod oder schwere Körperverletzung die Folge sein.

---




---

#### **Achtung!**

Hinweis auf eine mögliche Gefährdung, die zu Sachschäden führen kann.

---




---

#### **Hinweis**

enthält wichtige Informationen zum Produkt oder dessen Verwendung oder einen wichtigen Hinweis im Handbuch auf den Sie besonders aufmerksam gemacht werden sollen. Bei Nichtbeachten kann das Produkt beschädigt werden oder dessen Funktion beeinträchtigt werden.

---

## 2.2 Verantwortung des Anwenders

Das in diesem Handbuch beschriebene Gerät, GC 5000 Serie, ist nur für Anwendungen bestimmt, welche in Kapitel 3.1 bis 3.3 dieses Handbuchs definiert wurden. Für die Bedienung des GC 5000 sind die technischen Daten in Kapitel 3.4 zu beachten.

Die GC 5000 Serie wurde unter Beachtung der einschlägigen Sicherheitsnormen entwickelt, gefertigt, geprüft und dokumentiert. Beachtet der Anwender die Bedienungsvorschriften und sicherheitstechnischen Hinweise für Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung, gehen von diesem Gerät keine Gefahren in Bezug auf Sachschäden oder Gesundheit von Personen aus.




---

### Warnung!

Beim Öffnen des GC 5000 werden Bauteile zugänglich, die unter gefährlicher Spannung stehen können. Deshalb darf nur ein ausgebildeter Techniker diese Arbeiten vornehmen.

---

Nur Personen mit einer entsprechenden Qualifikation und Kenntnis der sicherheitstechnischen Hinweise dürfen Zugang zu diesem Gerät haben. Qualifiziertes Personal im Sinne der Sicherheitshinweise sind:

- Der Bediener – Er ist geschult im Umgang und der Bedienung des GC 5000 und anderer Analysengeräte und unterwiesen in den relevanten Sicherheitsbestimmungen und Bedienhinweisen dieses Handbuchs.
- Der Servicetechniker – Er ist für die Durchführung von Montage-, Inbetriebnahme-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten autorisiert und entsprechend ausgebildet, um elektronische Systeme und Stromkreise unter Beachtung der gesetzlichen Sicherheitsvorschriften in Betrieb zu nehmen und zu reparieren.

### 3 Technische Beschreibung der GC 5000 Serie

Die GC 5000 Serie wurde entwickelt für die kontinuierliche Messung von organischen Verbindungen in Luft und gasförmigen Medien. Abhängig von den Anforderungserfordernissen sind folgende Modelle verfügbar:

#### **GC 5000 PROCESS**

Dieses Gerät ermöglicht die Überwachung von organischen Verbindungen in Prozeß- und industriellen Installationen auf ppm Level. Das Probengas wird aufgegeben über eine Probenschleife mit genau definiertem Probenvolumen.

#### **GC 5000 BTX**

Dieses Gerät wurde designt für die Überwachung von Umgebungsluft. Der GC 5000 BTX besitzt einstufige Anreicherungstechnologie und ermöglicht die Überwachung von organischen Verbindungen auf Spurenlevel.

#### **GC 5000 VOC**

Dieses Gerät wurde designt für die Überwachung von Umgebungsluft. Der GC 5000 VOC besitzt zweistufige Anreicherungstechnologie und ermöglicht die Überwachung von organischen Verbindungen von C<sub>2</sub> bis C<sub>6</sub> auf Spurenlevel.

Das folgende Kapitel beschreibt den bestimmungsgemäßen Gebrauch dieser drei Modelle.

#### 3.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 BTX

Der AMA GC 5000 BTX ist geeignet für die kontinuierliche Emissions- und Immissionsüberwachung von organischen Schadstoffen von C<sub>4</sub> – C<sub>12</sub> in der Umgebungsluft. Der GC zeichnet sich durch seine Nachweisempfindlichkeit im unteren ppb- bis in den ppt-Bereich aus.

Der GC ist eignungsgeprüft nach EN 14662-3 und geeignet für die gesetzlich verpflichtende Überwachung von Benzol in Umgebungsluft gemäß der Richtlinie 2000/69/EU des europäischen Parlaments und des Ausschusses vom 16. November 2000.

Gemäß der EU Richtlinie 2008/50/EC, der VDI Richtlinie 2100 und der Richtlinien des Technical Assistance Dokuments EPA/600-R-98/161 der amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA vom 30. September 1998 ist der GC auch geeignet für die kontinuierliche Überwachung von Ozonvorläuferstoffen im Bereich von C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>.

Genereller Anwendungsbereich:

- Luftüberwachung, Immissions- und Emissionsmessung
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX, Styrol, Trimethylbenzol, Ethyltoluol, u.a.)
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe (1,3 Butadien, Methylcyclopentan, Methylhexan, u.a.)
- Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Vinylchlorid, Trichlorethen, Tetrachlorethen, u.a.)

**Applikation ab Werk:** Der GC 5000 BTX Analyzer ist vorkonfiguriert und kalibriert ab Werk für Ihre gewünschte Standard-Anwendung. Dies bedeutet, dass das Gerät speziell an die gewünschte Messaufgabe angepasst wurde.

## 3.2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 VOC

Der AMA GC 5000 VOC ist geeignet für die kontinuierliche Emissions- und Immissionsüberwachung von organischen Schadstoffen von C<sub>1</sub> – C<sub>7</sub> in der Umgebungsluft. Der GC zeichnet sich durch seine Nachweisempfindlichkeit im unteren ppb- bis in den ppt-Bereich aus.

Gemäß der EU Richtlinie 2002/3/EU, der VDI Richtlinie 2100 und der Richtlinien des Technical Assistance Dokuments EPA/600-R-98/161 der amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA vom 30. September 1998 ist der GC auch geeignet für die kontinuierliche Überwachung von Ozonvorläufersubstanzen im Bereich von C<sub>2</sub>-C<sub>7</sub>.

Ein System für die kontinuierliche Messung des kompletten Bereichs der Ozonvorläufersubstanzen von C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> kann durch Kombination des GC 5000 VOC und des GC 5000 BTX gebildet werden.

Genereller Anwendungsbereich:

- Luftüberwachung, Immissions- und Emissionsmessung
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe (Ethan, Ethen, Acetylen, Propan, 1,3-Butadiene, Pentane, 2-Methyl-1,3-butadiene (Isopren), Hexan)
- Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Chlormethan, Dichlormethan, Vinylchlorid, Chlorethan)

**Applikation ab Werk:** Der GC 5000 VOC Analyzer ist vorkonfiguriert und kalibriert ab Werk für Ihre gewünschte Standard-Anwendung. Dies bedeutet, dass das Gerät speziell an die gewünschte Messaufgabe angepasst wurde.

## 3.3 Bestimmungsgemäßer Gebrauch des GC 5000 PROCESS

Der GC 5000 PROCESS wurde entwickelt für anspruchsvolle Anwendungen und dem Betrieb unter rauen Einsatzbedingungen in der Prozessindustrie. Der GC erlaubt die Messung von organischen Verbindungen in Luft und Gasströmen im ppm-Bereich. Durch den modularen Aufbau kann der GC 5000 PROCECC für jede Messaufgabe individuell konfiguriert werden.

Der temperaturprogrammierbare Säulenofen ermöglicht die Installation von gepackten Säulen oder Kapillarsäulen. Das Temperaturprogramm mit bis zu drei linearen Heizrampen erlaubt die Optimierung der chromatographischen Trennung.

Zusätzliche Systemmodule ergänzen den GC 5000 PROCESS und gestatten die Zusammenstellung kompletter Messsysteme. Jedes Modul verfügt über eigene intelligente Elektronik und kann vom GC über eine interne Busanbindung gesteuert werden.

Aus diesem Grund deckt der GC 5000 PROCESS einen weiten Bereich von Messaufgaben in der Industrie bzw. der Prozessüberwachung ab.

Genereller Anwendungsbereich:

- Emissionsmessung
- Kontinuierliche Überwachung von Abluft in Trocknungs- und Destillationsanlagen
- Überwachung von industriellen Prozessen und Anlagen
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX, Styrol, Trimethylbenzol, Ethyltoluol, u.a.)
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe (Methan, Ethan, Ethen, Propan, Butane, 1,3-Butadiene, Methylcyclopentan, Cyclohexan)
- Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Chlormethan, Vinylchlorid, Trichlorethen, Tetrachlorethen u.a.)
- Lösemittel (Methanol, Aceton, Methylacetate, Pyridin)

### 3.4 Hardware Beschreibung

Die AMA GC 5000 Serie sind vollautomatische Systeme in einem 19 Zoll-Einschubgehäuse. Alle zum Betrieb notwendigen Baugruppen wie

- Steuerelektronik
- PC, Monitor
- Temperaturregler, Druck- und Flussregelung von Gasen, etc. und
- optionale Einrichtungen wie Module für die analoge Messwertausgabe, Kalibriergasumschaltung, Schnittstellen zur Ansteuerung von Zusatzgeräten wie Kalibratoren, Permeationsmodulen und Gasgeneratoren sind integriert. Zusätzlich kann ein externer Monitor über eine HDMI-Schnittstelle auf der Rückwand angeschlossen werden.

Fig. 1: Vorderansicht des GC 5000 Analyzers



Fig. 2: Rückansicht

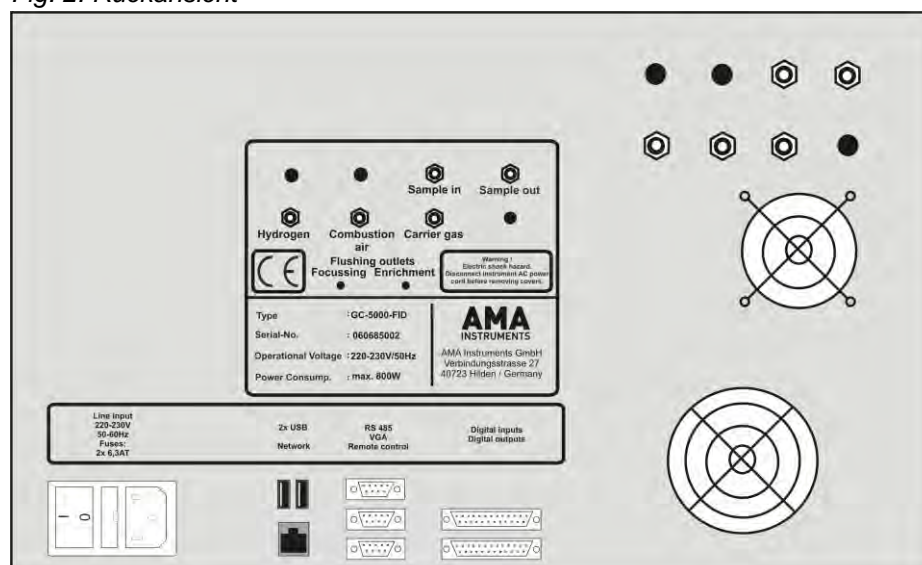
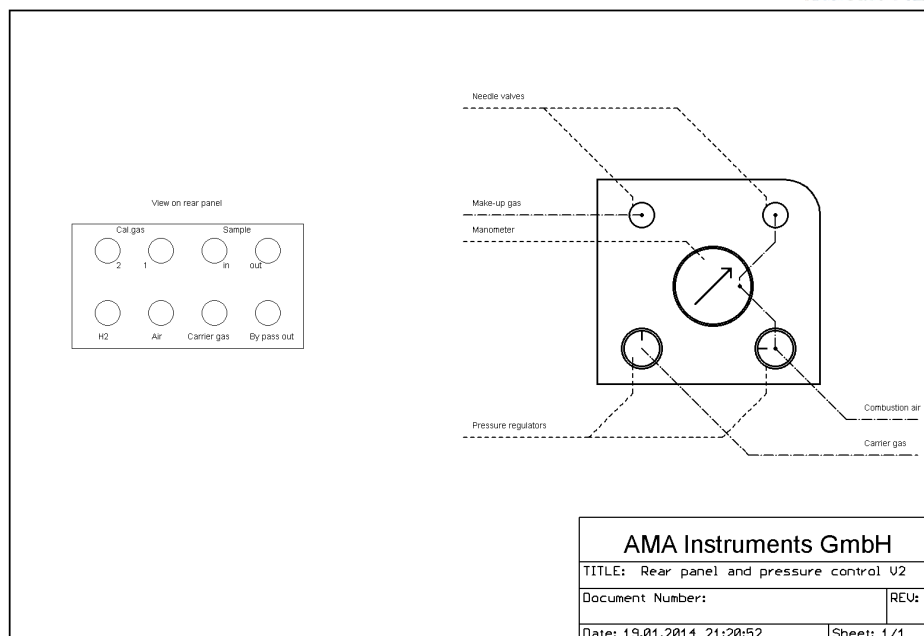


Fig. 3: Gasregulierung innerhalb des GC 5000



## 3.5 Beschreibung der GC-Komponenten

### 3.5.1 Systemsteuerung und Watchdog

Die Systemsteuerung läuft über das eingebaute PC-Board mit Windows XP und der AMA Steuer-Software.




---

#### Hinweis

Der GC 5000 enthält einen Hardware-Watchdog. Im Falle eines Softwarefehlers oder einem Fehler im Betriebssystem startet der interne PC das System neu. Das Betriebssystem und die AMA System Control Software werden dadurch automatisch hochgefahren und der GC 500 ist wieder betriebsbereit.

---

### 3.5.2 Säulenofen

Der Säulenofen kann mit einem dreistufigen Temperaturprogramm betrieben werden. Bei der Konstruktion des Säulenofens wurde auf geringe thermische Massen Wert gelegt. Dadurch sind auch bei hohen Endtemperaturen nur kurze Abkühlzeiten erforderlich.

Der Säulenofen besitzt die Maße 21 cm x 21 cm x 8 cm, das entspricht einem Innenraumvolumen von ca. 3500 cm<sup>3</sup>. Die Geometrie des Ofens ermöglicht die Installation marktüblicher Trennsäulen, ohne dass diese auf einen speziellen Käfig umgewickelt werden müssen.

Die lineare Heizrate des Säulenofens beträgt im Temperaturbereich zwischen 40 - 200°C maximal 25°C/min und kann in Schritten von 1°C/min individuell eingestellt werden.

### 3.5.3 Trennsäulen

Die Dimensionierung des Ofenraumes wurde so gewählt, daß marktübliche Kapillarsäulen mit dem Originalkäfig verwendet werden können. Dadurch kann die Trennsäule bei Bedarf in nur von wenigen Minuten getauscht werden

Alle kommerziell erhältlichen Kapillarsäulen mit einem Innendurchmesser von 0.32 mm, 0.45 mm oder 0.53 mm und einer Länge bis zu 60 m können verwendet werden (für die meisten Standardapplikationen werden Kapillarsäulen mit einen Innendurchmesser von 0.32 mm eingesetzt).

### 3.5.4 Detektor

Als Detektoren sind für die Geräte serienmäßig ein PID (Photo-Ionisations-Detektor) oder ein FID (Flammen-Ionisations-Detektor) erhältlich. Die Detektoren liefern ein analoges Ausgangssignal von 0-5 V, welches digitalisiert und über Software ausgewertet wird.



### 3.5.5 Eingabe der Parameter

Die Eingabe der Parameter erfolgt in der AMA System Control Software über Eingabefelder oder einen graphischen Editor. Der Zugang zur Eingabe oder Veränderung der Parameter ist passwortgeschützt, um eine Veränderung von Parametern durch nicht autorisierte Personen zu verhindern.

## 3.6 Technische Daten GC 5000

<b>Allgemeines</b>	
Gehäuse	19" Einschubgehäuse
Höhe	6 HE
Tiefe	600 mm
Gewicht	ca. 40 kg
Umgebungstemperatur	5°C bis 35°C (bei höherer Temp. ist eine Klimatisierung notwendig)
Luftfeuchte	5% bis 95% relative Luftfeuchtigkeit, nicht kondensierend
EMC	CE-Kennzeichnung, Konformität mit EMC Richtlinie 2014/30/EU
<b>Versorgung</b>	
Netzanschluß	220-240 VAC; 110-120 VAC (optional)
Netzfrequenz	50 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme	max. 800 W
Trägergas	Nitrogen GC grade (5.0 = 99.999%), 3 bar
Versorgungsgase (nur für FID)	Brennluft, GC Reinheit, 2 bar; H <sub>2</sub> , GC Reinheit, 2 bar
Gas-Anschlüsse	1/8" Swagelok
Druckregelung	Eingebaute Druckregler, elektronische Messung des Trägergasdrucks, Manometer zur Anzeige des Brennluftdrucks (nur FID)
Flußsteuerung	MFC für exakte Flußkontrolle der Wasserstoffversorgung (nur FID)
<b>Probenahme</b>	
Sampling	Wartungsarme Membranpumpe zur automatischen Entnahme von Luftproben
Volumenmessung	MFC- Massendurchflußregler mit thermischem Sensor zur direkten Erfassung und Regelung des Normvolumens, unabhängig von Luftdruck und Temperatur (nur GC 5000 BTX/VOC)
Probenahmedauer	0-99 min (einstellbar)
Durchflußrate	MFC, 5-50 Nml/min (einstellbar) (nur GC 5000 BTX/VOC)
Probevolumen	Typisch 200-800 Nml/min (einstellbar) (nur GC 5000 BTX/VOC)
MFC EingangsfILTER	Sintermetall-Filter, Edelstahl 2µm (nur GC 5000 BTX/VOC)
Sample loop	20 bis 2000 µl (nur GC 5000 Process)
<b>Anreicherung (nur GC 5000 BTX/VOC)</b>	
Anreicherungsmodul	Einstufiges Anreicherungsmodul mit integrierter Thermodesorptions- und Probeaufgabereinheit zur Aufkonzentrierung organischer Komponenten ≥ C <sub>4</sub>
Anreicherungstemperatur	Typisch 30°C (variabel einstellbar)
Desorptionstemperatur	Max. 350°C (variabel einstellbar)
Aufheizrate	Bis zu 40°C/s für schnelle Probenaufgabe und optimale Peaktrennung
<b>Ventilofen</b>	
Ofenraum	Ausführung in Edelstahl
Innenabmessung	H 210 mm x B 80 mm x T 55 mm
Beheizter Ventilblock	Temperaturgeregelt, einstellbarer Regelbereich 40-150°C
Probenumschaltung	6-Port VALCO-Ventil, elektrisch betätigt

### GC-Ofen

Ofenraum	Ausführung in Edelstahl
Innenabmessung	H 55 mm x B 210 mm x T 210 mm
GC-Trennsäule	Quarzkapillarsäule, Länge 30 m
Heizung	Ofenheizung mit Zwangsluftumwälzung
Ofentemperatur	40°C bis 210 °C
Temperaturregelung	PID-Regelkreis, Sollwertauflösung 1°C
Temperaturprogramm	3 lineare Heizrampen, 4 isotherme Haltezeiten
Heizrate	1°C/min bis 25°C/min, regelschrittweite (einstellbar) 1°C/min
Ofenkühlung	Zwangskühlung durch Öffnen des Säulenofens und Luftumwälzung

### Computer

Hardware	Intel Celeron 3160 2,24GHz quad core, 4 GB RAM, mSATA SSD
Schnittstellen	2x Ethernet, RS232 / RS 485, 4x USB, HDMI
Display	12.1" TFT-Monitor 1280 * 800 Pixel mit Touch-Screen Bedienung
Protokoll	GESYTEC-II, andere Protokolle auf Anfrage
Betriebssystem	Windows 7 Professional
Schutz	Paßwort-Schutz
Watchdog	Hardware-Watchdog für einen automatischen Neustart des PCs im Falle eines Softwarefehlers oder eines Betriebssystemabsturzes.

### Detektor (wahlweise)

FID	Flammenionisationsdetektor - Stabiles Ausgangssignal durch temperaturgeregelten Detektorblock - verbesserte Nachweisempfindlichkeit des Detektors durch die Verwendung von Make-Up-Gas - Signalausgang 0-5 VDC - Versorgung mit H <sub>2</sub> und Brennluft erforderlich
PID	Photoionisationsdetektor - Hohe UV-Intensität und verlängerte Lebensdauer der UV-Lampe durch den Einsatz einer elektrodenlosen und RF-angeregten UV-Lampe

### Optionen für GC 5000

Kommunikation	Verschiedene I/O-Module mit Analogausgängen und Digitalaus- und -eingängen
Kalibrierung	Kalibriergasumschaltung (Probe, Cal1, Cal 2)
Kalibrierung	Kalibriergasumschaltung für Kalibratoren (Probe, Null-/Prüfgas)

### Zubehör

Verdünnungsgasmodul	Optimal abgestimmt auf den Betrieb des GC 5000 DIM 200, Art.-Nr. 00002947
Nullluftgenerator	ZAG 300 230V, Art.-Nr. 00002639 ZAG 300 230V inkl. Kompressor, Art.-Nr. 00002794
Nullluftgenerator	ZAG 300 110V, Art.-Nr. 00002692 ZAG 300 110V inkl. Kompressor, Art.-Nr. 00002696
Wasserstoffgenerator	HG 300 160ml/min, Art.-Nr. 00002595
Wasserstoffgenerator	HG 300 250ml/min, Art.-Nr. 00002894
Wasserstoffgenerator	HG 500 160ml/min, Art.-Nr. 00002574
Wasserstoffgenerator	HG 500 250ml/min, Art.-Nr. 00002846

## 3.7 Optionen

### 3.7.1 Kalibriergasumschaltung (optional)

Der AMA GC 5000 kann mit zwei verschiedenen Kalibriergasumschaltungen ausgerüstet werden.

1. Aufgabe von Prüfgasen mit Hilfe eines externen Kalibrators:

Bei dieser Option ist auf der Rückseite eine Schnittstelle für die Kommunikation des GC mit einem externen Prüfgasgenerator vorgesehen. Der GC mit einem Ventil ausgestattet, welches zwischen Probe und Null-bzw. Kalibriergas umschaltet.

3. Aufgabe von Prüfgasen aus Gasflaschen:

Optional kann das Gerät mit einer Ventilschaltung versehen werden, die es ermöglicht, bis zu zwei Prüfgase anzuschließen. Dabei sind vor Anschluß die Nadelventile an den Prüfgasflaschen auf 70 ml/min oder mehr einzustellen. Die Ansteuerung der Ventile zur Kalibrierung des Geräts erfolgt über die AMA Steuer-Software.

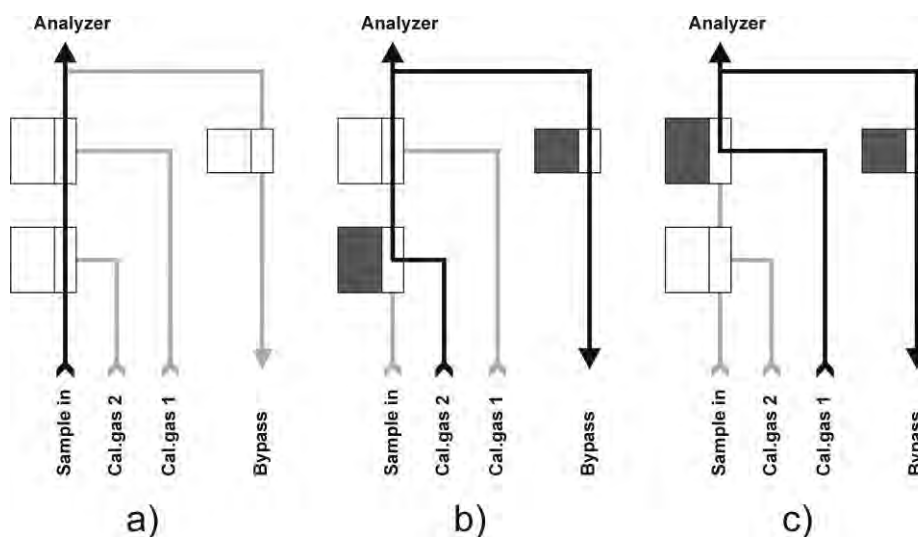


Fig. 4: Gasflußschema der Kalibriergasumschaltung

### 3.7.2 Ozonvorläuferüberwachungssystem (optional)

Für die Online-Überwachung von Kohlenwasserstoffen im Bereich von C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> (Ozonvorläufer) in einem System kann ein GC 5000 BTX mit einem GC 5000 VOC via Ethernet verbunden werden.

Die AMA System Control Software wird bereits ab Werk vorkonfiguriert. In diesem Fall steuert die auf dem internen Rechner des GC 5000 BTX installierte AMA System Control Software auch den GC 5000 VOC. Auf dem Monitor des GC 5000 VOC läuft nur eine Softwareoberfläche für die Anzeige von Statusinformationen, etc.. Die Bedienung und das Setup des Gesamtsystems sowie die Eingabe sämtlicher Parameter erfolgt ausschließlich auf dem GC 5000 BTX.

### 3.7.3 Optionale Module (Zubehör zum GC 5000)

#### 3.7.3.1 Verdünnungs-Kalibrator – DIM 200

**Microprozessor gesteuerte Kalibriergaserzeugung**

Das DIM 200 stellt ein Kalibriergas mit vorgegebenen Konzentrationen für die präzise Kalibrierung von Meßgeräten zur Verfügung. Das Kalibriergas wird durch Verdünnung eines Ausgangsprüfgases mit Nullluft (d.h. Stickstoff oder gereinigte Luft) erzeugt.

**Automatische Kalibrierung von Meßgeräten**

Das DIM 200 kann entweder manuell bedient oder über eine Busanbindung durch jeden AMA GC gesteuert werden. Dadurch wird auch im unbeaufsichtigten Messbetrieb eine regelmäßige Validierung und/oder Kalibrierung des GC's ermöglicht.

Sofern das DIM 200 durch den GC 5000 gesteuert wird, ist das Setup und die Ansteuerung des Kalibrators vollständig in die AMA System Control Software integriert.

Technische Daten DIM 200:

<b>General</b>	
Gehäuse	19" Einschubgehäuse
Höhe	3 HE
Tiefe	400 mm
Gewicht	8 kg
Montage	Design für Schaltschrank / Rack Montage
Umgebungstemperatur	5°C bis 35°C (bei höherer Temp. ist eine Klimatisierung notwendig)
Luftfeuchte	5% bis 95% relative Luftfeuchtigkeit, nicht kondensierend
EMC	CE-Kennzeichnung, Konformität mit EMC Richtlinie 2014/30/EU
<b>Versorgung</b>	
Netzanschluß	100-240 V
Netzfrequenz	50 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme	max. 200 W
Versorgungsgase	Nullluft (gereinigte Luft oder Stickstoff) 3 bar; Ausgangskalibriergas, 1,5 bar Probengas

Gasanschlüsse	1/8" Schottverschraubung für Kalibriergas und Probe ein/aus 1/4" Schottverschraubung für Nullgas und Überschuß
<b>Gasflußsteuerung</b>	
Ausgangskalibriergas	Massendurchflußregler, 2 bis 100 Nml/min, Genauigkeit +/- 0.5% des Meßwertes
Nullgas	Massendurchflußregler, 100 bis 5000 Nml/min, Genauigkeit +/- 0.5% des Meßwertes
Verdünnungsberiech	1 bis 2500
Konzentrationenlevel	Bis zu 5 Leveln (Manueller Betrieb) Bis zu 20 Leveln (Remote Betrieb durch AMA GCs)
Gasfluß-Konzentration	Zertifizierung des DIM 200 optional möglich durch ab Werk gesetzte Korrekturfaktoren, die durch ein unabhängiges und akkreditiertes Institut für Gasfluß-Zertifizierung
Gasschaltung	Medien-getrenntes Magnetventil für die Schaltung auf Probengas, Nullgas oder Kalibriergas am Probenausgang
<b>Bedienung</b>	
Modul-Setup	Menü-gesteuertes User-Interface für manuelles Setup und Bedienung
Anzeige	Großes und hintergrundbeleuchtetes LCD-Display zur Anzeige des Modulstatus und der Verdünnungsfaktoren
Dateneingabe	Touch-Panel (4 Tasten)
Betriebsmodi	Manueller Betrieb, ferngesteuert von einem AMA GC via Bus-Kommunikation
<b>Kommunikation</b>	
Kommunikationsanschlüsse	2x RS-485
<b>Bestellnummer</b>	
Verdünnungsmodul	DIM 200, Art.-Nr. 00002947

### 3.7.3.2 Nullluftgenerator – ZAG 300

Der ZAG 300 stellt gereinigte Luft in Laborqualität (Nullluft) für den Betrieb von FID's oder zur Verwendung als Nullgas für die Validierung oder Kalibrierung von Online-GC-Systemen oder anderen analytischen Messgeräten zur Verfügung. Hierzu wird Nullluft aus vorhandener, ölfreier Druckluft durch katalytische Zersetzung von Kohlenwasserstoffen erzeugt.

Technische Daten ZAG 300:

<b>General</b>	
Gehäuse	19" Einschubgehäuse
Höhe	4 HE
Tiefe	400 mm
Gewicht	10 kg
Umgebungstemperatur	5°C bis 35°C
Luftfeuchte	5% bis 95% relative Luftfeuchtigkeit, nicht kondensierend
Kohlenwasserstoff-Konzentration	< 0.1 ppm
Kohlenmonoxid-Konzentration	< 0.1 ppm
Maximaler kontinuierlicher Ausgangsfluß	6.0 NI/min
<b>Versorgung</b>	
Netzanschluß	100-120V oder 200-240V
Netzfrequenz	50 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme	max. 550 W
Air	Druckluft, ölfrei, geringe Feuchtigkeit, 3 bar
Gasanschlüsse	1/4" Swagelok, Edelstahl
Max. Eingangs-Kohlenwasserstoff-Konzentration	100 ppm
Max. Eingangs-Kohlenmonoxid-Konzentration	100 ppm
<b>Operation</b>	
Anzeige	3 LEDs
Steuerung	Keine Steuerung möglich, alle Parameter sind fix
<b>Kommunikation</b>	
Kommunikationsanschlüsse	2 x RS-485
<b>Order Numbers</b>	
Nullluftgenerator	ZAG 300 230V, Art.-Nr. 00002639 ZAG 300 230V inkl. Kompressor, Art.-Nr. 00002794
Nullluftgenerator	ZAG 300 110V, Art.-Nr. 00002692 ZAG 300 110V inkl. Kompressor, Art.-Nr. 00002696

### 3.7.3.3 Wasserstoffgeneratoren – HG 300 und HG 500

Die 19" Wasserstoffgeneratoren HG 300 und HG 500 bieten hohe Leistung und verlässlichen Betrieb auch unter rauen Umgebungsbedingungen, wie sie beispielsweise in Industrieanlagen vorkommen.

Durch den Einsatz bewährter PEM-Elektrolysezellen wird Wasserstoff aus deionisiertem Wasser nur entsprechend dem aktuellen Bedarf hergestellt. Die Verwendung von Wasserstoffgeneratoren anstelle von Gasflaschen für die Wasserstoffversorgung spart Geld und erhöht die Betriebssicherheit.

Die HG 300 Serie ermöglicht die Versorgung mit Wasserstoff in hoher Reinheit (>99.999%) zum Betrieb herkömmlicher Verbrennungsdetektoren in Anwendungen für die Prozess-, Emissions- und Umweltüberwachung.

Die HG 500 Serie produziert Wasserstoff mit sehr hoher Reinheit (>99.9999%). Durch den außerordentlich hohen Reinheitsgrad kann der erzeugte Wasserstoff nicht nur für den Betrieb von Verbrennungsdetektoren sondern auch als Trägergas in GC-Anwendungen verwendet werden.

Bei beiden Geräteserien wird der interne Wassertank entweder aus einem externen Kanister oder einem Wasseraufbereitungssystem automatisch mit deionisiertem Wasser nachgefüllt. Dies ermöglicht den unbeaufsichtigten Betrieb über längere Zeiträume.

Der HG 300 verwendet eine externe Trockenkartusche um Restfeuchtigkeit aus dem produzierten Wasserstoff zu entfernen. Die Trockenkartusche sollte sinnvollerweise an der Rückseite des Racks montiert werden, um bei Bedarf einen einfachen Austausch der Kartusche zu ermöglichen.

Anstelle einer Trockenkartusche, welche regelmäßig getauscht werden muss, kommt im Premium-Modell HG 500 die SMARTdry™ Technologie zur effizienten Entfernung von Restfeuchtigkeit zum Einsatz.

Dadurch garantiert die HG 500 Serie eine unterbrechungsfreie Versorgung mit Wasserstoff bei gleichbleibend hoher Reinheit, ermöglicht einen wartungsfreien Betrieb und senkt auf diese Weise die Betriebskosten.

Die menügesteuerte Bedienoberfläche und die innovative Steuersoftware garantieren ein einfaches Setup der Wasserstoffgeneratoren sowie sicheren und verlässlichen Betrieb. Die Gasgeneratoren können durch eine Modbus RTU Anbindung auch während des Betriebs überwacht und gesteuert werden.

Die Wasserstoffgeneratoren gibt es für unterschiedliche Flussraten zwischen 160 ml/min und 1000 ml/min.



## Technische Daten HG 300 und HG500:

<b>General</b>	
Gehäuse	19" Einschubgehäuse
Höhe	4 HE
Tiefe	460 mm
Gewicht	15 kg bis 24 kg, abhängig von der Version / Flußrate
Umgebungstemperatur	5°C bis 35°C
Luftfeuchte	5% bis 95% relative Luftfeuchtigkeit, nicht kondensierend
EMC	CE-Kennzeichnung, Konformität mit EMC Richtlinie 2014/30/EU
Elektrolysezelle	PEM Elektrolysezelle, benötigt keine ätzende Lösungen zum Betrieb (PEM = Polymer Elektrolyt Membran)
Interner Wasser Tank	Wasserkapazität 1,2 l
Wasserentfernung	HG 300: Externe Trockenkartusche HG 500: SMARTdry™ Technologie für effiziente Wasserentfernung
<b>Wasserstoff-Spezifikationen</b>	
Flußrate / Version	160, 250, 400, 650, 800 oder 1000ml/min
Ausgangsdruck	0 - 10bar
Wasserstoffreinheit	HG 300: ≥ 99.999 % (Gas Reinheitsgrad 5.0) HG 500: ≥ 99.9999 % (Gas Reinheitsgrad 6.0)
<b>Versorgung</b>	
Netzanschluß	100 - 240V
Netzfrequenz	50 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme	200 W bis 800 W, abhängig von der Version / Flußrate
Wasserversorgung	Deionisiertes Wasser, ASTM II, >1MΩ, <1µs, gefiltert zu <100µm automatische Wassernachfüllung aus externem Kanister oder System für deionisiertes Wasser
Wasserverbrauch	800 ml/Woche (24h/7d bei Wasserstoffflußrate von 100 ml/min)
<b>Anschlüsse</b>	
Wasserstoffausgang	1/8" Schottverschraubung
Wassereingang	Schnellkupplung
Wasserfilter/Deionizer	2 Paar Schnellkupplungen für Wasserfilter (erlaubt den Wasserfilter im Betrieb auszutauschen ohne stoppen zu müssen)
<b>Operation</b>	
Modul-Setup	Menü-gesteuertes User-Interface für manuelles Setup und Bedienung
Anzeige	Großes und hintergrundbeleuchtetes LCD-Display zur Anzeige des Modulstatus und der Verdünnungsfaktoren
Dateneingabe	Touch-Panel (4 Tasten)
Steuerung	Manuele Steuerung oder ferngesteuert via Modbus RTU
<b>Kommunikation</b>	
Kommunik.-Anschlüsse	2 x RS-485 für Feldbus-Kommunikation via Modbus RTU
<b>Bestellnummern</b>	
Wasserstoffgenerator	HG 300 160ml/min, Art.-Nr. 00002706
Wasserstoffgenerator	HG 500 160ml/min, Art.-Nr. 00002707
Wasserstoffgenerator	HG 500 250ml/min, Art.-Nr. 00002846

## 4 Installation

### 4.1 Sicherheitshinweise




---

#### **Warnung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Stellen Sie daher sicher, daß das Gehäuse des GC 5000 BTX geschlossen ist, bevor Sie das Gerät anschalten.

---




---

#### **Achtung!**

Wasserstoff ist leicht entzündlich und explosiv. Vermeiden Sie daher falsche Gasanschlüsse. Nichtbeachten kann das System beschädigen oder Fehlfunktion und falsche Detektorsignale hervorrufen. Alle Gasanschlüsse sind daher beschriftet. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Gasversorgung (Wasserstoff, Stickstoff, Brennluft) gesichert ist und jeweils nur mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen verbunden wird, bevor das Gerät angeschaltet wird.

---




---

#### **Achtung!**

Versichern Sie Sich daß der korrekte Wasserstoffdruck eingestellt ist, wie in diesem Handbuch beschrieben (siehe Kapitel 4.3). Ein Wasserstoffdruck von mehr als 3 bar kann den zugehörigen Massendurchflußregler beschädigen.

---




---

#### **Achtung!**

Verwenden Sie nur Stickstoff 5.0, GC-grade bzw. Wasserstoff 5.0 als Trägergas. Stellen Sie sicher, daß die Brennluft trocken und ölfrei ist. Reine Gase verhindern eine Kontamination des Systems.

---




---

#### **Achtung!**

Messen Sie bevor Sie das Stromkabel anschließen den elektrischen Widerstand zwischen den beiden äußeren Kontakten und dem mittleren Kontakt im Netzfilter (eingeschaltet). Der Widerstand muß über 2 MΩ in beiden Fällen sein. Wenn der Widerstand niedrig ist, ist die Heizspirale im GC-Ofen aus der Halterung gefallen und muß erst wieder in die Halterung gebracht werden bevor das Netzkabel angeschlossen wird. Wenn Sie den GC einschalten und die Heizspirale war nicht in der Halterung, dann kann es einen Kurzschluß geben und die Heizspirale zerstört werden.

---



**Hinweis**

Während des Betriebs sollte die Umgebungstemperatur mindesten 15°C unter der Starttemperatur des Säulenofen-Programms sein. Dies garantiert, daß der Säulenofen am Ende des Meßzyklus zuverlässig abkühlt.



**Hinweis**

Wenn synthetische Luft mit sehr hoher Reinheit verwendet wird statt Nullluft vom Gasgenerator, stellen Sie sicher, daß der Detektorsignal-Offset am Verstärker korrekt eingestellt ist (Siehe Kapitel 14.5.1). Das Detektorsignal kann niedriger sein mit synthetischer Luft als mit Nullluft, Wenn das Signal bei gezündetem FID immer noch < 100mV ist, dann erhalten Sie eine Alarmmeldung (siehe Kapitel 15.2 – Alarm 5.3).



**Hinweis**

Alle elektrischen Anschlüsse sind auf dem Typenschild abgebildet. Dieses befindet sich auf der Rückseite des Gerätes.

## 4.2 Installationsbedingungen

Wählen Sie einen möglichst erschütterungsfreien Ort zum Aufstellen des Gerätes. Das System ist zur Aufstellung in Meßschränken oder -containern geeignet. Wenn Sie den GC 5000 BTX in einen Schrank oder einem Tischgehäuse einbauen, immer auf Stützen stellen. Es genügt nicht, wenn nur die Frontplatte befestigt wird, da das Eigengewicht des Geräts den Rahmen beschädigen kann.

Die Umgebungstemperatur sollte +10°C bis +30°C betragen. Achten Sie darauf, daß das Gerät nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Treten (z.B. im Sommer) größere Temperaturen im Aufstellungsraum auf, ist eine entsprechende Klimatisierung vorzusehen. Des weiteren ist zu beachten, daß das System Abwärme erzeugt, welche effizient abgeführt werden muß.



**Hinweis**

Während des Betriebs sollte die Umgebungstemperatur mindesten 15°C unter der Starttemperatur des Säulenofen-Programms sein. Dies garantiert, daß der Säulenofen am Ende des Meßzyklus zuverlässig abkühlt.

## 4.3 Gasanschlüsse

**Trägergas**

Als Trägergas findet Stickstoff der Qualität 5.0 oder besser Verwendung. Das Trägergas - ca. 3 bar – wird an die hierfür vorgesehene 1/8“-Verschraubung auf der Rückseite des GC 5000 angeschlossen.

**Brennluft**

Die Brennluft wird bei einem FID-Detektor benötigt Sie sollte einen Druck von 3 bis 4 bar aufweisen. Wichtig: Sie mußs trocken und ölfrei sein. Die Brennluft wird über die hierfür vorgesehene 1/8“-Verschraubung auf der Rückseite des GC5000 angeschlossen.

## Anschlüsse

Die Probenansaug- und Ausgangsleitungen sind als 1/8"-PFA-Schlauch oder in Edelstahl auszuführen und werden mit den jeweiligen 1/8"-Anschlüssen auf der Rückseite des GC 5000 verbunden.

Ebenso muß vor Einschalten des Gerätes die Versorgung des Systems mit Wasserstoff (ca. 2 bar) als Brenngas für den FID an dem gekennzeichneten Anschluß (1/8" Swagelok) sichergestellt werden.

Falls Wasserstoff als Trägergas benutzt wird, müssen der Trägergasanschluß und der Wasserstoffanschluß mit einer T-Verschraubung verbunden werden.




---

### Achtung!

Wasserstoff ist leicht entzündlich und explosiv. Vermeiden Sie daher falsche Gasanschlüsse. Nichtbeachten kann das System beschädigen oder Fehlfunktion und falsche Detektorsignale hervorrufen. Alle Gasanschlüsse sind daher beschriftet. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Gasversorgung (Wasserstoff, Stickstoff, Brennluft) gesichert ist und jeweils nur mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen verbunden wird, bevor das Gerät angeschaltet wird.

---




---

### Achtung!

Verwenden Sie nur Stickstoff 5.0, GC-grade bzw. Wasserstoff 5.0 als Trägergas. Stellen Sie sicher, daß die Brennluft trocken und ölfrei ist. Reine Gase verhindern eine Kontamination des Systems.

---

## 4.4 Elektrische Anschlüsse

Das Gerät benötigt einen Netzanschluß (220-240V/50Hz oder 110-120V/60Hz). Das Netzkabel ist im Lieferumfang enthalten.

Lediglich zur Fernsteuerung bzw. zur Ansteuerung von Fremdgeräten bedarf es Netzwerk-, USB-, oder COM-Verbindungen.

Die Stromversorgung (220-240V/50Hz oder 110-120V/60Hz) ist immer als letztes herzustellen.




---

### Achtung!

Messen Sie bevor Sie das Stromkabel anschließen den elektrischen Widerstand zwischen den beiden äußeren Kontakten und dem mittleren Kontakt im Netzfilter (eingeschaltet). Der Widerstand muß über 2 MΩ in beiden Fällen sein. Wenn der Widerstand niedrig ist, ist die Heizspirale im GC-Ofen aus der Halterung gefallen und muß erst wieder in die Halterung gebracht werden bevor das Netzkabel angeschlossen wird. Wenn Sie den GC einschalten und die Heizspirale war nicht in der Halterung, dann kann es einen Kurzschluß geben und die Heizspirale zerstört werden.

---



---

**Hinweis**

Alle elektrischen Anschlüsse sind auf dem Typenschild abgebildet. Dieses befindet sich auf der Rückseite des Gerätes.

---



---

**Hinweis**

In Ozonvorläufer-Überwachungssystemen steuert der GC 5000 BTX den GC 5000 VOC. Beide GCs müssen über Ethernet verbunden werden. Alle Kalibriermodule und Gasgenerator müssen an den RS-485 Port des GC 5000 BTX angeschlossen werden.

---



---

**Hinweis**

Ozonvorläufer-Überwachungssysteme sind vorkonfiguriert. Wenn Sie mehr als ein System bestellt haben, stellen Sie sicher, daß der korrekte GC 5000 VOC zusammen mit dem GC 5000 BTX installiert wird. Ansonsten kann der GC 5000 BTX nicht mit dem GC 5000 VOC kommunizieren und Sie werden keine Meßergebnisse vom GC 5000 VOC bekommen.

---



---

**Hinweis**

Die RS-485 Verbindung zu den externen Modulen wie DIM 200, HG 300/500 oder ZAG 300 muß korrekt terminiert werden. Stecken Sie den Terminator in den freien RS-485 Port vom letzten Modul auf dem Bus.

---

## 5 Inbetriebnahme

### 5.1 Sicherheitshinweise




---

**Warnung!**

Beachten Sie nachfolgende Bedienungshinweise vor Inbetriebnahme.

---




---

**Warnung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Den GC 5000 erst einschalten, wenn das Gehäuse geschlossen ist.

---




---

**Achtung!**

Wasserstoff ist leicht entzündlich und explosiv. Vermeiden Sie daher falsche Gasanschlüsse. Nichtbeachten kann das System beschädigen oder Fehlfunktion und falsche Detektorsignale hervorrufen. Alle Gasanschlüsse sind daher beschriftet. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß vor dem Einschalten des Gerätes, die Gasversorgung (Wasserstoff, Stickstoff, Brennluft) gesichert ist und jeweils nur mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen verbunden wird.

---




---

**Achtung!**

Versichern Sie Sich daß der korrekte Wasserstoffdruck eingestellt ist, wie in diesem Handbuch beschrieben (siehe Kapitel 4.3). Ein Wasserstoffdruck von mehr als 3 bar kann den zugehörigen Massendurchflußregler beschädigen.

---




---

**Achtung!**

Verwenden Sie nur Stickstoff 5.0, GC-grade bzw. Wasserstoff 5.0 als Trägergas. Stellen Sie sicher, daß die Brennluft trocken und ölfrei ist. Reine Gase verhindern eine Kontamination des Systems.

---



### **Achtung!**

Messen Sie bevor Sie das Stromkabel anschließen den elektrischen Widerstand zwischen den beiden äußeren Kontakten und dem mittleren Kontakt im Netzfilter (eingeschaltet). Der Widerstand muß über 2 MΩ in beiden Fällen sein. Wenn der Widerstand niedrig ist, ist die Heizspirale im GC-Ofen aus der Halterung gefallen und muß erst wieder in die Halterung gebracht werden bevor das Netzkabel angeschlossen wird. Wenn Sie den GC einschalten und die Heizspirale war nicht in der Halterung, dann kann es einen Kurzschluß geben und die Heizspirale zerstört werden.



### **Hinweis**

Wenn synthetische Luft mit sehr hoher Reinheit verwendet wird statt Nullluft vom Gasgenerator, stellen Sie sicher, daß der Detektorsignal-Offset am Verstärker korrekt eingestellt ist (Siehe Kapitel 14.5.1). Das Detektorsignal kann niedriger sein mit synthetischer Luft als mit Nullluft, Wenn das Signal bei gezündetem FID immer noch < 100mV ist, dann erhalten Sie eine Alarmmeldung (siehe Kapitel 15.2 – Alarm 5.3).



### **Hinweis**

Nehmen Sie das Gerät in der vorgeschriebenen Reihenfolge in Betrieb. Nichtbeachten führt zu einem Alarm bei der Detektorzündung oder beim Trägergas und der GC wird nicht betriebsbereit.

## 5.2 Inbetriebnahme vorbereiten

### **Gasdrücke**

- Stickstoffdruck: ca. 3 bar. (falls als Trägergas benutzt)
- Brennluftdruck: ca. 2 bar (nötig für die FID Flamme).
- Wasserstoffdruck: ca. 2 bar (nötig für die FID Flamme und/oder als Trägergas).

### **Nehmen Sie die Inbetriebnahme in der nachfolgend beschriebenen Reihenfolge vor:**

1. Anschluß der Gasversorgung (siehe Kapitel 4.3)
2. Elektrische Verbindungen herstellen (Tastatur, Maus, Monitor, Netzwerk, Netzkabel)
3. Öffnung der Gasversorgung

Normalerweise sind die internen Druckregler schon voreingestellt:

- Einstellen des Stickstoffdrucks auf ca. 3 bar (Druckanzeige an der Gasversorgung)
- Einstellen des Brennluftdruckes an der Brennluftversorgung auf ca. 2 bar
- Einstellen des Wasserstoffdruckes an der Wasserstoffversorgung auf ca. 2 bar

4. Warten auf konstantes Anliegen der Drücke.

## 5. Das Gerät einschalten.

- Das Betriebssystem und die GC 5000 Software starten automatisch.
- Die Aufwärmphase startet:

Das Gerät benötigt nach dem Einschalten mehrere Minuten um alle temperierten Geräteteile wie GC-Ofen, Detektor, Ventilofen und BTX-Stufe auf die gewünschten Sollwerte zu bringen. Bei einer Detektortemperatur von  $> 130^{\circ}\text{C}$  wird der FID nach einer Minute gezündet und das Gerät ist betriebsbereit. Nach einer Einlaufzeit von ca. 90 Minuten (drei Zyklen) kann der reguläre Meßbetrieb gestartet werden.

- ✓ Der GC ist nach der Aufwärmphase betriebsbereit. Die Farbe der Statusanzeige wechselt auf grün. (angezeigt auf dem Control-Tab rechts vom Namen des Gerätes).




---

### Warnung!

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. GC 5000 BTX erst einschalten, wenn das Gehäuse geschlossen ist.

---




---

### Hinweis

Nach dem Einschalten des Gerätes, ist es möglich, daß die Anreicherungsstufe auf  $100^{\circ}\text{C}$  hoch heizt. Dies ist keine Fehlfunktion. Sie kühlt danach sofort auf die erforderliche Temperatur herab.

---




---

### Hinweis

Wenn synthetische Luft mit sehr hoher Reinheit verwendet wird statt Nullluft vom Gasgenerator, stellen Sie sicher, daß der Detektorsignal-Offset am Verstärker korrekt eingestellt ist (Siehe Kapitel 14.5.1). Das Detektorsignal kann niedriger sein mit synthetischer Luft als mit Nullluft, Wenn das Signal bei gezündetem FID immer noch  $< 100\text{mV}$  ist, dann erhalten Sie eine Alarmmeldung (siehe Kapitel 15.2 – Alarm 5.3).

---




---

### Hinweis

Die farbigen Felder rechts neben dem Namen des Gerätes zeigen den Status des Gerätes. **Green:** Ein grünes Häkchen bedeutet, daß das zugehörige Gerät bereit zum Start ist und problemlos arbeitet. (siehe fig. unten). **Rot:** Ein rotes X bedeutet daß es ein Problem gibt.

---





### 5.3 Außerbetriebnahme

Wie man den GC 5000 außerbetrieb nimmt für Reparaturen oder Transport:

1. Zeitprogramm stoppen. Auf keinen Fall die Gase abstellen!
2. Warten bis der GC-Ofen auf 50 °C abgekühlt ist.
3. AMA Steuer-Software schließen und Betriebssystem herunterfahren.
4. GC 5000 ausschalten.
5. Stickstoff, Brenngas und Wasserstoff abstellen.
6. Alle Gasanschlüsse zum GC 5000 lösen.
7. GC 5000 vom Netz trennen.



#### Warnung!

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. GC 5000 BTX erst einschalten, wenn das Gehäuse geschlossen ist.



#### Hinweis

Verwenden Sie für den Versand bitte immer die Originalverpackung des GCs, welcher speziell für das Gerät gefertigt wurde. Es enthält spezielle Schaumstoffeinlagen, welche das Gerät zusätzlich stabilisieren und einen sicheren Transport gewährleisten. Zusätzlich empfehlen wir den Transport auf Palette.

## 6 Bedienen der GC 5000 Software

Die AMA Steuer-Software besteht aus drei Teilen, dem Hardware Server, dem Measurement Server und dem grafischen User Interface (GUI). Sie können die beiden Server im Hintergrund laufenlassen. Alle Interaktion mit dem GC findet über das User Interface statt. Es informiert den Benutzer in mehreren Tabs über aktive Programmschritte, aktuelle Druck- und Temperatur-Werte, Meßergebnisse usw. Alle Daten, Parameter und Methoden sind in der SQL Datenbank gespeichert.

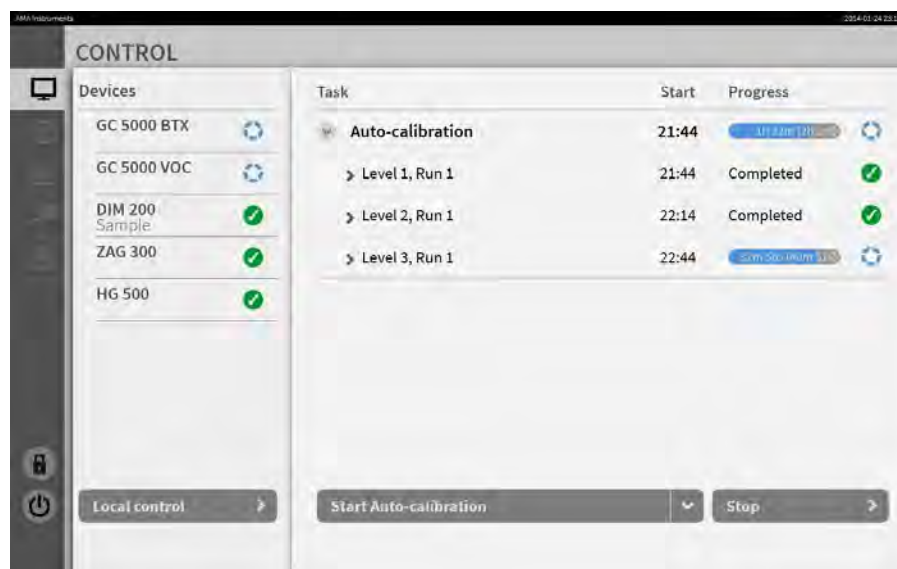
Wenn der GC 5000 nicht mit der Touch-Bedienungs-Option ausgerüstet ist, sind Maus und Tastatur nötig um Parameter zu editieren. Aber diese Eingabegeräte sind nicht nötig für den kontinuierlichen Meßbetrieb im Feld.

### 6.1 Control Tab

Während des Betriebs wird der Fortschritt von Messungen in diesem Fenster angezeigt.

#### Nach dem Einschalten des GC 5000

- Der Hardware Server, der Measurement Server und Das grafische User Interface werden automatisch geladen.
- Der Monitor zeigt den Control Tab:



Dieser Tab informiert Sie über

- Den aktuellen Status des Systems,
- Ob Messungen laufen und
- Den Fortschritt von Messungen.

### Farbiger Kreis zeigt den Status

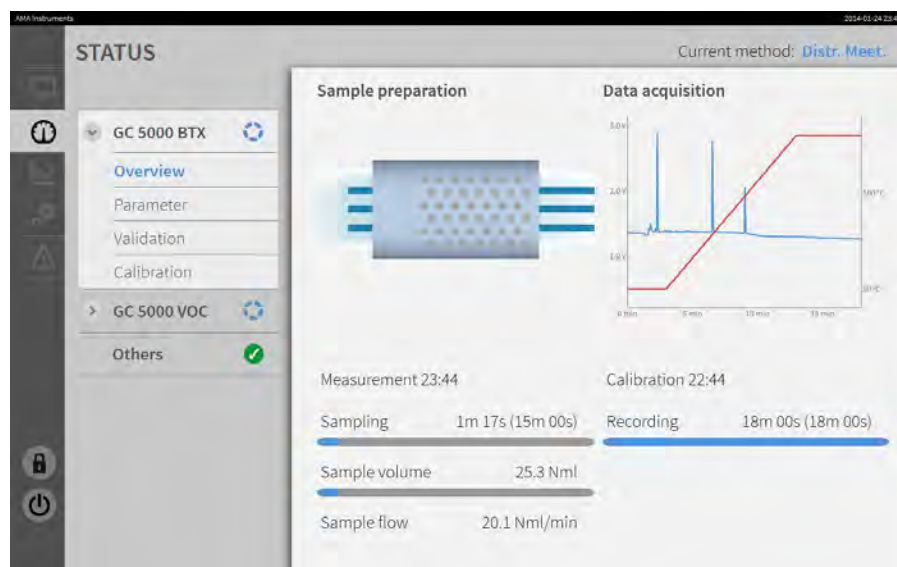
The farbigen Kreise rechts von den Namen der Geräte zeigt den Status des Gerätes:

Grün	Ein grünes Häkchen bedeutet, daß das zugehörige Gerät bereit zum Start ist und problemlos arbeitet.
Rot	Ein rotes X bedeutet daß es ein Problem gibt.
Kreis	Ein laufender Kreis bedeutet daß das Gerät gestartet ist und noch arbeitet oder daß es noch in der Aufwärmphase ist.

In der Tab-Leiste links könne Sie zwischen dem Control Tab, Status Tab, dem Data Tab, dem Setup Tab und dem Events Tab.

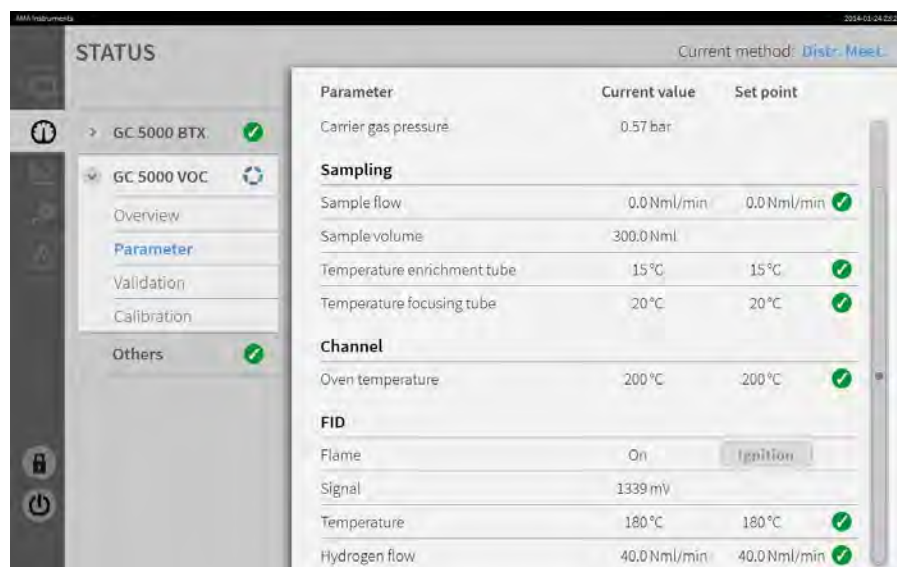
## 6.2 Status Tab

Wenn Sie auf das Meßinstrumentensymbol in der Tab-Leiste klicken, wird der Status Tab angezeigt:



In diesem Fenster werden die aktiven Programmschritte, verbleibende Zeiten des Probenahmeprogramms und des GC Temperaturprogramms angezeigt. Die Aufzeichnung des laufenden Chromatogramms wird ebenfalls angezeigt.

Wenn Sie auf „Parameter“ in dem Tab-Menü klicken, wird eine andere Seite des Status Tabs angezeigt:

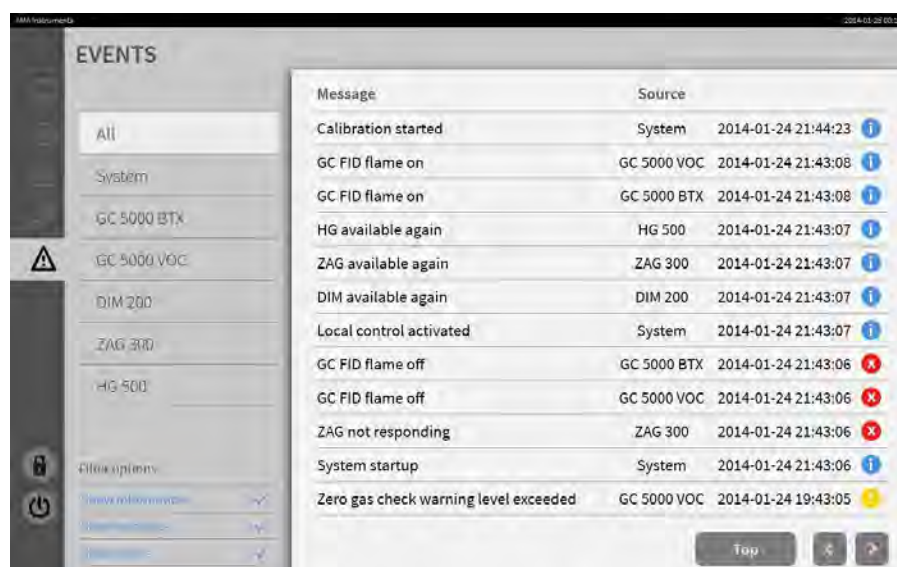


In diesem Fenster werden die Soll- und Istwerte von allen Parametern angezeigt. Hier können Sie am einfachsten überprüfen, welcher Parameter nach dem Einschalten noch nicht seinen Sollwert erreicht hat, wenn der Status noch nicht grün ist.

Die anderen Menüpunkte vom Tab-Menü (Validierung und Kalibrierung) werden später in Kapitel 8 beschrieben.

### 6.3 Events Tab

Falls es ein Problem gibt, so können Sie es in der Liste der Events sehen, wenn Sie auf das Achtung Symbol in der Tab-Leiste klicken:



Im Tab-Menü können Sie auswählen, ob Sie die Meldungen von allen Geräten oder nur von einem Gerät sehen wollen. In den Filter-Optionen können Sie auswählen, ob Sie alle Meldungen sehen wollen, oder nur

Warnungen und Fehler usw. indem Sie die entsprechenden Häkchen setzen oder nicht.

## 6.4 Paßwortschutz

Um unautorisierten Zugang zu den Parameter Editoren zu verhindern ist die AMA-Steuer-Software Paßwort geschützt.

### Paßwort- schutz

#### Tab-Leiste → Offenes Schloß Symbol

1. "Unlock" muß aktiviert werden bevor Parameter gespeichert werden können.

Das folgende Fenster wird geöffnet:

2. Geben Sie das Paßwort ein und drücken Sie "Enter" oder klicken Sie "OK".
  3. Nun ist der Zugang zu den Parameter-Editoren aktiviert.  
Wenn Sie das falsche Paßwort eingeben, dann erscheint eine Fehlermeldung.
- ✓ Jetzt sehen Sie ein geschlossenes Schloß-Symbol an Stelle des offenen Schloß-Symbols in der Tab-Leiste.

## 6.5 Steuermodi

### Tab-Leiste → Monitor Symbol → Local control / Remote control

Der GC 5000 kann in zwei verschiedenen Steuermodi betrieben werden:

#### 1. Local control

Hier haben Sie zwei Möglichkeiten:

- Nach der Auswahl von "Start measurement" im Pull-Up Menü macht der GC eine Messung und wartet dann auf den nächsten Klick auf die "Start" Taste.
- Nach der Auswahl von "Start time program" im Pull-Up Menü startet der GC den nächsten Zyklus jeweils nach der festgelegten Zykluszeit.

#### 2. Remote control

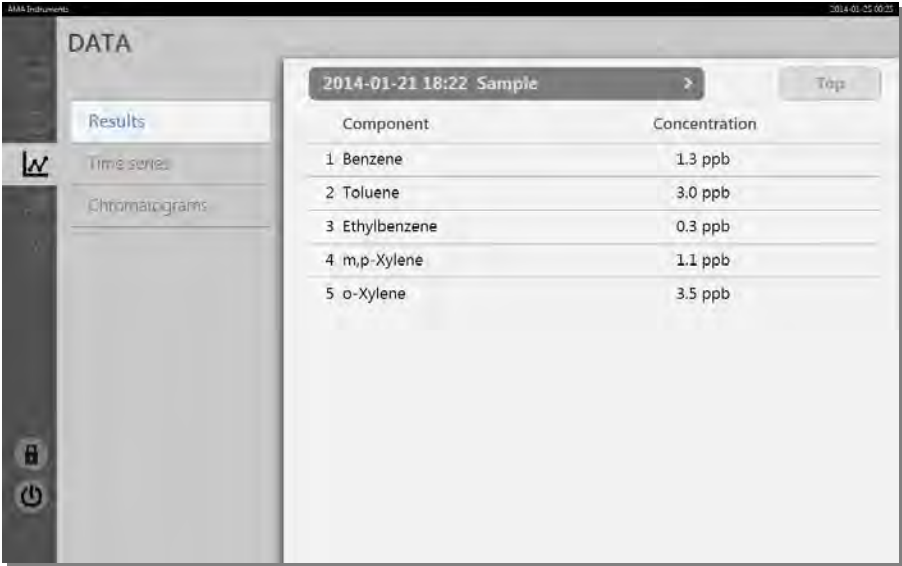
Der GC wartet auf den neuen Zyklusstart über das Kommunikationsprotokoll (Gesyttec-II) nach jedem Lauf.

## 6.6 Kommunikationsparameter (optional)

Die Gesyttec-II Protokolldefinition wird in Kapitel 15 beschrieben.

Die Gesyttec-II Parameter sind zur Zeit fix. Das Protokoll benutzt 9600 Baud, 8 Datenbits, 1 Stopbit und keine Parität. Sie brauchen ein Nullmodemkabel um den GC 5000 (Remote control Port auf der Rückwand) zum Zentralcomputer der Meßstation zu verbinden.

Die Meßergebnisse aller Komponenten werden über das Gesyttec-II Protokoll übertragen. Die erste Komponente aus der Ergebnisliste erhält die ID 1, die zweite erhält ID 2 usw. Sie können die Komponentenummer (das gleiche wie die Komponenten-ID für Gesyttec-II) in der ersten Spalte der Ergebnisliste sehen.



Component	Concentration
1 Benzene	1.3 ppb
2 Toluene	3.0 ppb
3 Ethylbenzene	0.3 ppb
4 m,p-Xylene	1.1 ppb
5 o-Xylene	3.5 ppb

**Protokoll-Bytes** Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Konfiguration der vom GC 5000 zur Sendung an den Meßstationsrechner bereitgestellten Datenbytes.

**Steuerbyte**

Bit	0	Start Probenahme
Bit	1	Nullgas ein (Kalibriergas 1)
Bit	2	Eichgas ein (Kalibriergas 2)
Bit	3	Frei
Bit	4	Frei
Bit	5	Frei
Bit	6	Frei
Bit	7	Frei

**Statusbyte**

Bit	0	Gerät aus
Bit	1	Wartung / Handsteuerung
Bit	2	Nullgas läuft (Kalibriergas 1)
Bit	3	Eichgas läuft (Kalibriergas 2)
Bit	4	Probennahme und Vorspülung laufen
Bit	5	Neuer Meßwert
Bit	6	Frei
Bit	7	Frei

**Fehlerbyte**

Bit	0	Systemfehler
Bit	1	Frei
Bit	2	Frei
Bit	3	Frei
Bit	4	Frei
Bit	5	Frei
Bit	6	Frei
Bit	7	Frei

Status- und Fehlerbyte geben bei jeder Sendung den aktuellen Zustand des Gerätes wieder.

**Hinweis:** Nur bei der Sendung von Meßwerten entsprechen Status- und Fehlerbyte dem Zustand des Geräts während der entsprechenden Meßwertbestimmung.

**Servicemodus    Tab-Leiste → Monitor Symbol → Local control**

Der Service Modus muß aktiviert werden bevor Sie Wartungsarbeiten durchführen während der GC in Betrieb ist. Dann reagiert der GC nicht auf Steuerkommandos vom Meßstationsrechner. In diesem Fall ist Steuerung nur möglich über die GC Software, aber Ergebnisse und Status werden weiterhin über das Protokoll übertragen.

**Kalibrierung**

Eine Auto-Kalibrierung oder Auto-Validierung werden nicht unterstützt über Gesytec-II, da das Protokoll jeden Zyklus startet und eine Auto-Kalibrierung oder Auto-Validierung normalerweise aus mehreren Läufen mit verschiedenen Konzentrationen bestehen. Gesytec-II unterstützt einen Nullgaslauf und einen Eichgaslauf. Wenn ein Nullgaslauf oder ein Eichgaslauf gestartet wird, werden Kalibrierventile oder -module zu dem entsprechenden Eingang oder Kalibrierlevel geschaltet. So nimmt der GC 5000 eine Probe vom Nullgas oder Eichgas und überträgt das Ergebnis mit den entsprechenden Statusbytes, aber keine Kalibrierung oder Validierung wird durchgeführt. Nullgas- oder Eichgasläufe, die über Gesytec-II gestartet wurden, werden normalerweise vom Meßstationsrechner ausgewertet.

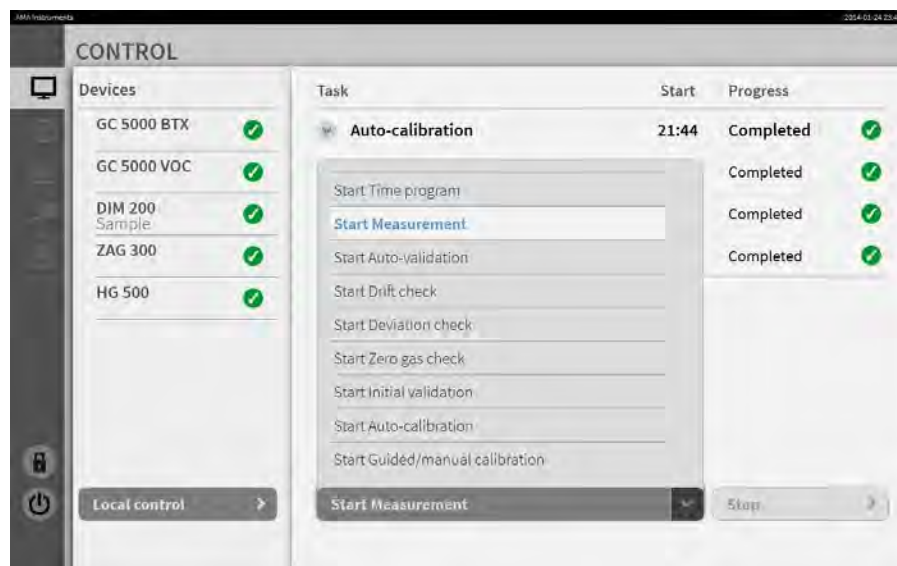


## 7 Meßbetrieb aufnehmen

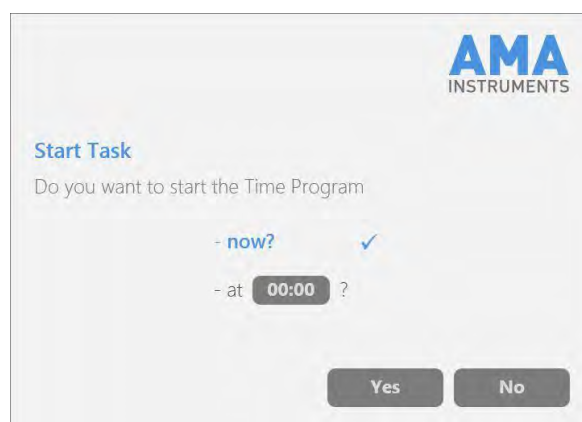
Die benötigte Applikation wird ab Werk von AMA Instruments vorkonfiguriert. Die Entwicklung von Meßmethoden ist für diese Applikation nicht erforderlich.

### 7.1 Messungen starten

Tab-Leiste → Monitor Symbol → Start ...



1. Öffnen Sie das Pull-Up Menü und wählen Sie "Start measurement" für eine einzelne Messung oder "Start time program" für einen automatischen Start von jeder Messung nach der festgelegten Zykluszeit. Dann wird ein kleines Fenster geöffnet:



2. Wenn Sie auf "Yes" klicken: Der Meßzyklus startet sofort.  
oder
3. Wenn Sie auf "00:00" klicken, wird ein neues Eingabefenster geöffnet:



4. Geben Sie die Zeit für den Start im 24 Stunden-Format ein, d.h. 18 Uhr bedeutet 6 Uhr nachmittags.

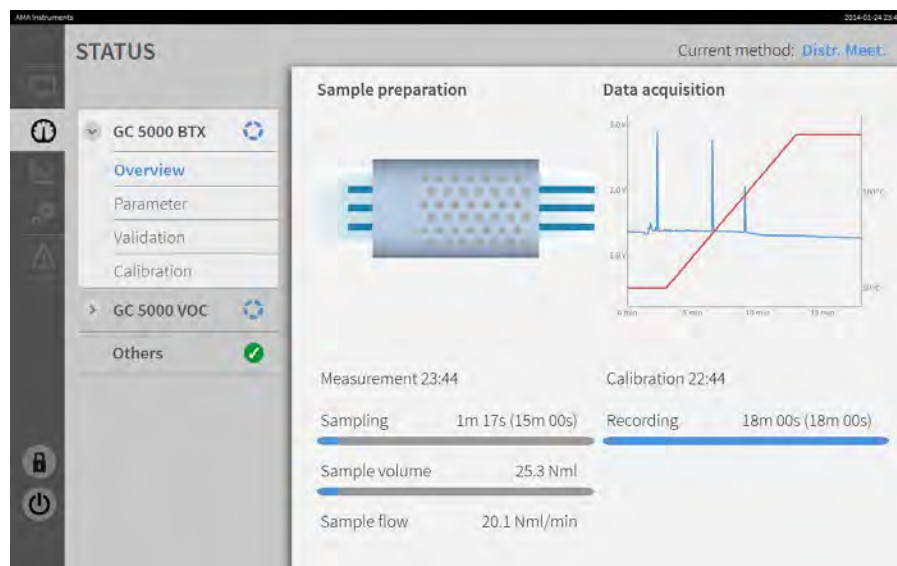
✓ Der GC wartet bis zu dieser Zeit und startet dann den Meßzyklus.

Monitoring of measurement

**Tab-Leiste → Meßinstrumenten-Symbol → Overview**

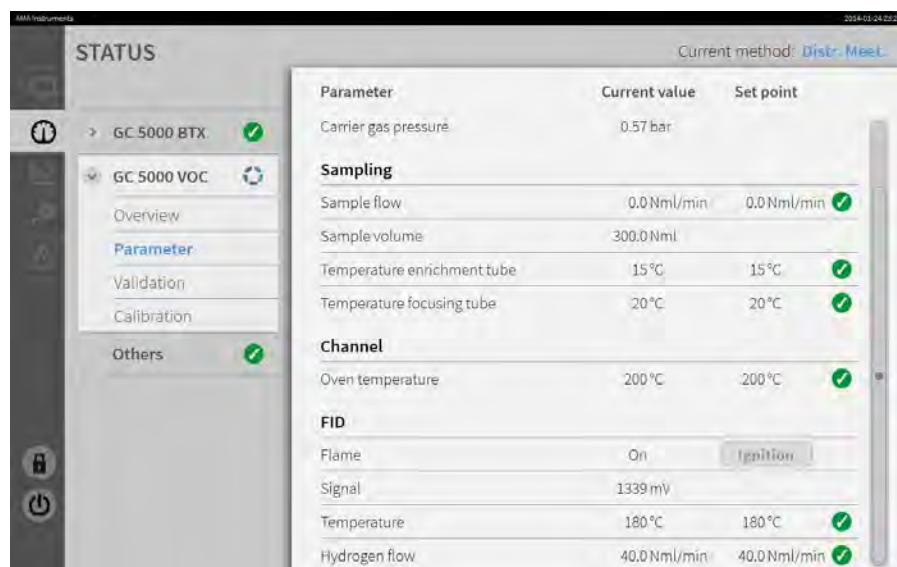
Sie können den aktuellen Programmschritt im Status-Tab der AMA-Steuer-Software kontrollieren, nachdem der GC gestartet wurde:

Wenn die Injektion startet, dann starten auch das GC-Temperaturprogramm und die Aufzeichnung des Chromatogramms.



Sie können auch das Echtzeit-Chromatogramm in diesem Tab sehen.

Sie können die aktuellen Temperatur und Druckwerte im Parameter-Fenster vom Status-Tab sehen:



### Tab-Leiste → Diagramm Symbol → Results

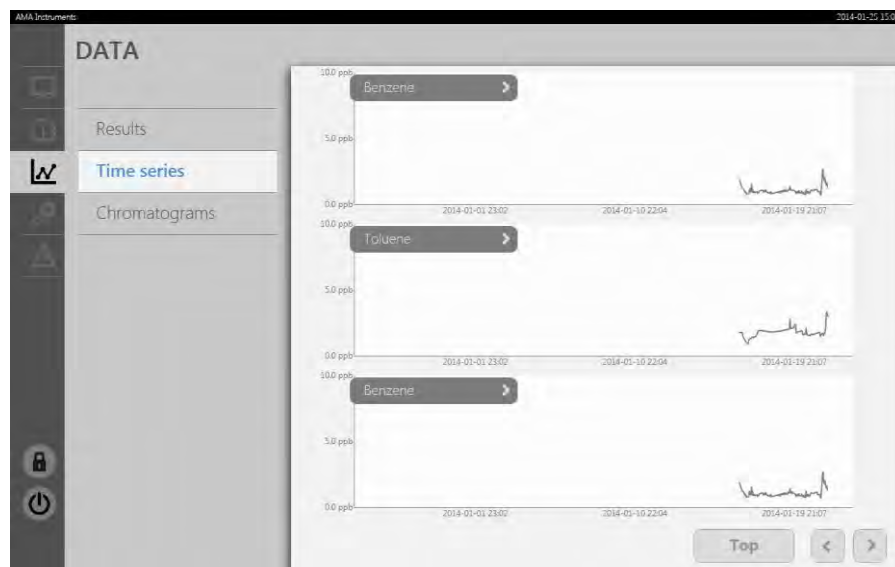
Nachdem das Chromatogramm fertig ist, können Sie die Ergebnisse im Data-Tab sehen:



Sie können Ergebnisse von schon aufgezeichneten Chromatogrammen nachberechnen durch klicken auf "Recalculate" und auswählen des ersten und letzten Chromatogramms des Bereichs zum nachberechnen. Sie können Meßergebnisse exportieren in ASCII-Dateien durch klicken auf "Export results" und auswählen des ersten und letzten Chromatogramms des Bereichs zum exportieren.

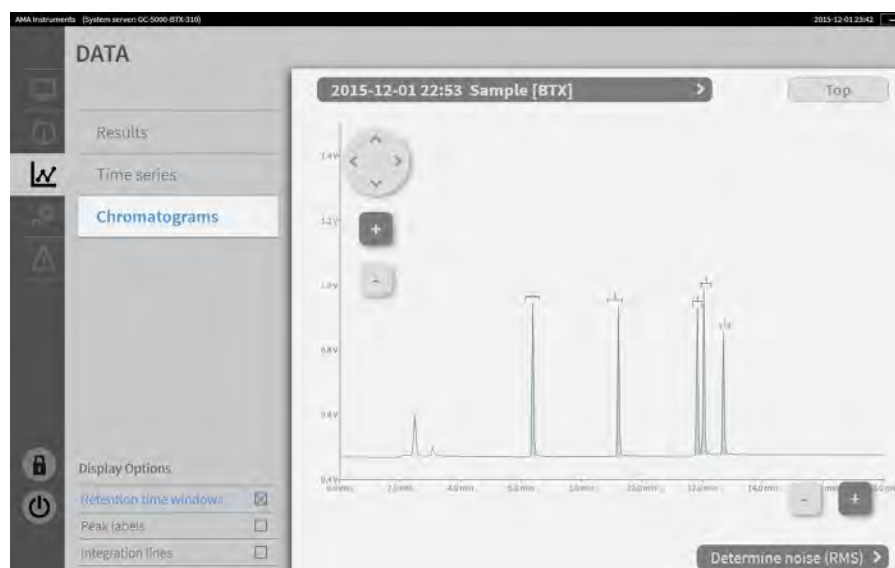
**Tab-Leiste → Diagramm Symbol → Time series**

Hier können Sie Diagramme von den Konzentrationenverläufen über vier Wochen sehen. Wählen Sie die Komponenten für die Diagramme aus den Pull-Down Menüs aus.



**Tab-Leiste → Diagramm Symbol → Chromatograms**

Hier können Sie bereits aufgezeichnete Chromatogramme laden:



Sie können den RMS >Wert des Rauschens im Chromatogramm durch klicken auf “Determine noise (RMS)” bestimmen. Die GC 5000 Software markiert automatisch den Bereich mit dem geringsten Rauschen. Sie können auch manuell einen Teil des Chromatogramms ohne Peaks markieren und das Rauschgen für diesen Bereich bestimmen lassen.

## 7.2 Retentionsfenster anpassen

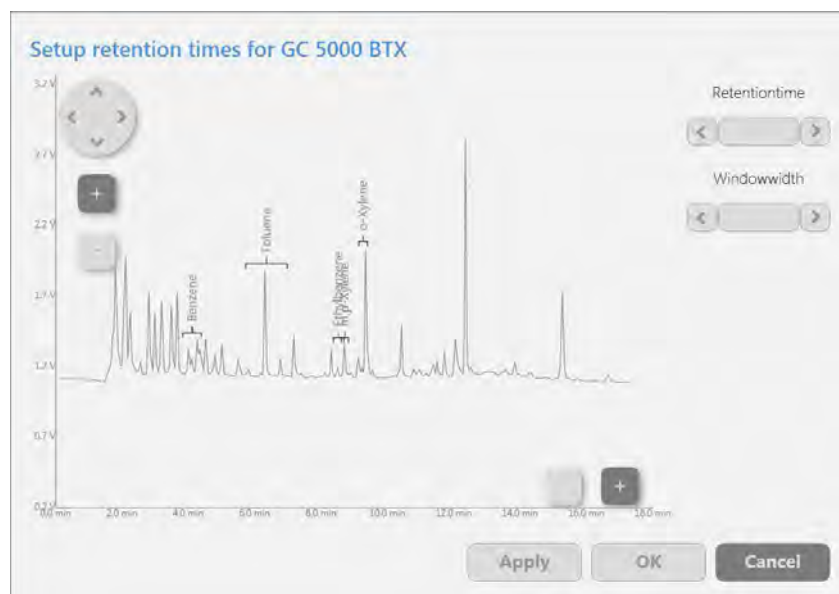
Wenn Ergebnisse mit "0.00" oder "---" erscheinen, obwohl Peaks angezeigt wurden im Chromatogramm, sind die Retentionszeit-Fenster nicht in der richtigen Position und müssen angepaßt werden.

### 1. Tab-Leiste → Zahnräder-Symbol → Retention times

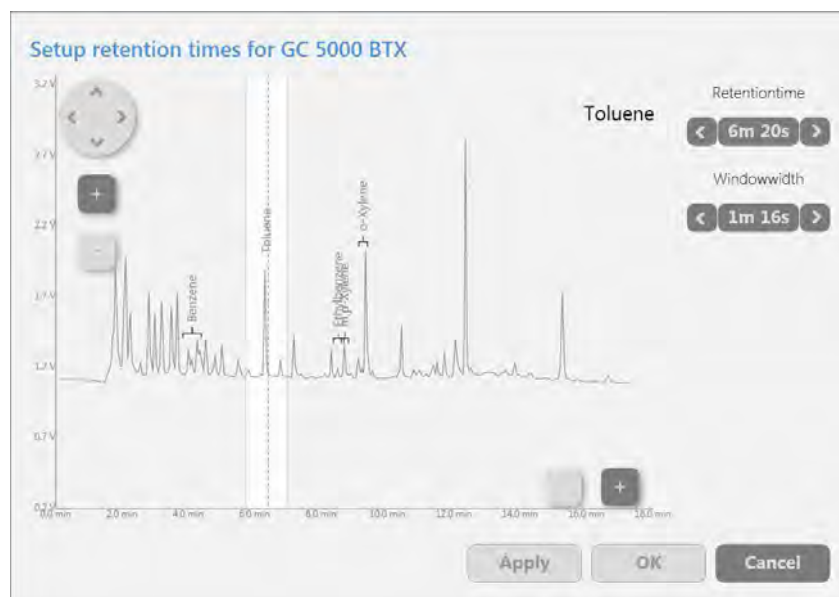


**Hinweis:** Um sicher zu sein, daß die Messung stabil läuft, sollten mindestens 3 Chromatogramme aufgezeichnet sein. Dies bedeutet, daß der erste Lauf verworfen wird.

Wählen Sie das letzte Chromatogramm im Pull-Down Menü, das mit der Zeit und dem Namen dem zuletzt geladenen Chromatogramms benannt ist. Dann klicken Sie auf "Edit". Ein neues Fenster wird geöffnet:



Dann wählen Sie einen Peak durch klicken auf das zugehörige Retentionszeitfenster.

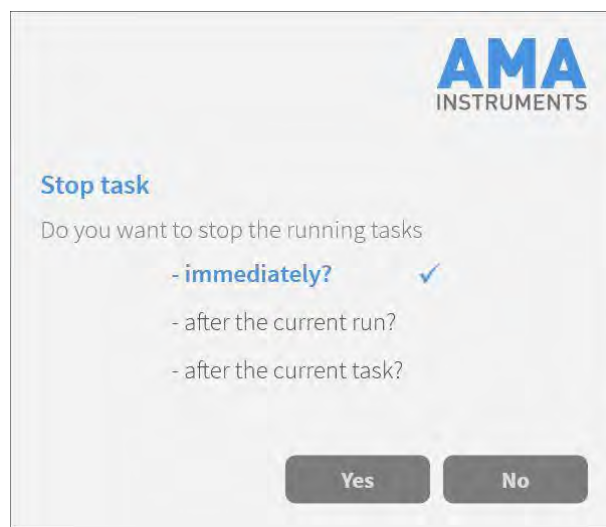


Sie können die Retentionszeit oder Fensterbreite durch klicken auf die Pfeiltasten oder durch editieren der numerischen Werte zwischen den Pfeiltasten ändern.

Wenn die Ansicht eines Peaks zu klein ist, dann können Sie zoomen durch klicken der "+" Tasten oder durch ziehen einer Box um die Fläche, die Sie zoomen wollen, mit der Maus. Sie können zurück-zoomen durch klicken der "-" Tasten oder durch einen Doppelklick mit der Maus.

## 7.3 Messungen stoppen

Tab-Leiste → Monitor-Symbol → Stop



Wenn Sie das laufende Zeitprogramm stoppen wollen, dann haben Sie drei Möglichkeiten:

- „Stop immediately“. Dann werden laufende Programmschritte und das GC Temperaturprogramm sofort gestoppt.
- „Stop after the current run“. Dann laufen Programmschritte und das GC Temperaturprogramm weiter und werden komplettiert, aber der GC 5000 wird keinen neuen Meßzyklus starten.
- „Stop after the current task“. Wenn eine Aufgabe aus mehreren Läufen besteht und Sie stoppen hiermit, dann wird der GC 5000 vorerst weiterlaufen und komplettiert alle Läufe von dieser Aufgabe, startet danach aber keinen Meßzyklus mehr. Auto-Kalibrierungen oder Auto-Validierungen werden nicht mittendrin abgebrochen.

## 8 Kalibrierung und Validierung

### 8.1 Kalibrierung

#### 8.1.1 Kalibrier-Intervalle

Ein GC 5000 BTX sollte von Zeit zu Zeit kalibriert werden. Der Zeitraum bis zur erneuten Kalibrierung bei einem GC hängt von der Stabilität seines Detektor ab:




---

#### **Hinweis**

Empfohlene Kalibrierintervalle für GC 5000 BTX: Bei einem GC 5000 mit FID Detektor ist ein 3-Monatsintervall ausreichend, bei einem GC 5000 mit PID Detektor wird ein Kalibrierungsintervall von einem Monat empfohlen.

---

Ein FID Detektor ist sehr stabil und hat keine signifikante Drift nach 3 Monaten. Daher ist es ausreichend das System nicht öfter als alle drei Monate zu kalibrieren.

A PID Detektor hat eine natürliche Drift wegen der Alterung der PID-Lampe. Daher wird empfohlen das System einmal im Monat zu kalibrieren.

Mit der AMA Steuer-Software besteht die Möglichkeit die Kalibrierung manuell oder automatisch (optional, nur mit Kalibrierventilen (nur 2-Punkt) oder DIM 200) durchzuführen.

#### **Genereller Hinweis zur Kalibrierung:**

Da die Detektor-Response beim FID linear verläuft reicht eine 2-Punktkalibrierung. Dagegen benötigt man für eine korrekte Kalibrierung beim PID Detektor mindestens eine 4 bis 5-Punktkalibrierung im benötigten Konzentrationsbereich.

#### 8.1.2 Kalibrier-Setup

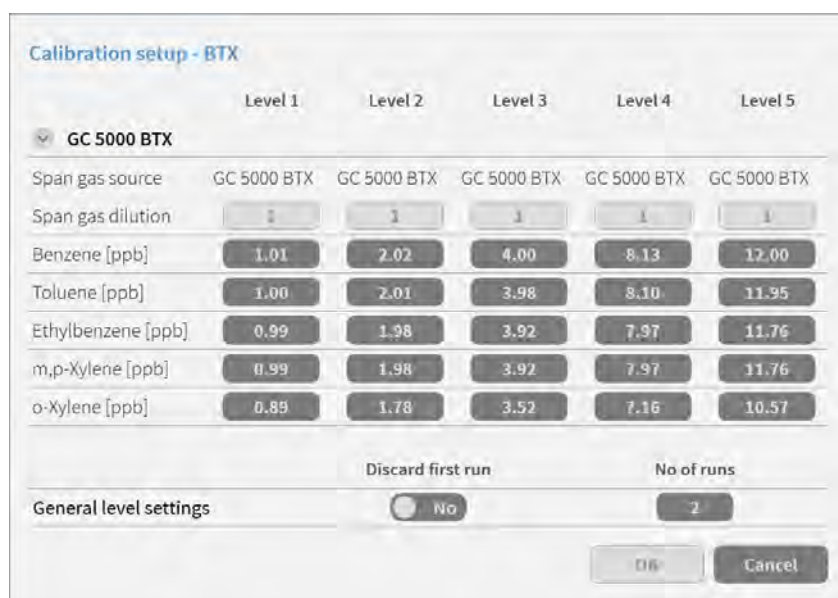
##### **Tab-Leiste → Zahnräder Symbol → Calibration**

In diesem Tab sehen Sie das aktuelle Kalibrier-Setup:





In der Drop-Down-Leiste im rechten Bereich können Sie ein Kalibrier-Setup auswählen. Jetzt ist das Setup "BTX" ausgewählt. Sie können diese Funktion zum Beispiel nutzen, wenn nicht alle Komponenten, die gemessen werden sollen, in einer Gasflasche erhältlich sind. Dann können Sie ein Kalibrier-Setup für jede Gasflasche anlegen und bei jeder Kalibrierung werden nur die Komponenten kalibriert, die auch in dem entsprechenden Setup vorhanden sind. Klicken Sie auf "Edit" um das Kalibrier-Setup zu modifizieren. Dann wird ein neues Fenster geöffnet:



1. Wählen Sie die Kalibriergasquelle für alle Level aus. Die Optionen sind abhängig von der installierten Hardware (ob Kalibrierventile oder DIM 200 vorhanden sind).
2. Sie können nicht die Prüfgasverdünnung ändern, wenn Sie nicht ein DIM 200.
3. Geben Sie die Konzentrationen für alle Komponenten für alle Kalibrierlevel ein.
4. Wählen Sie die Anzahl der Läufe pro Kalibrierlevel aus.

- Benutzen Sie den Schalter "Discard first run" wenn die Ergebnisse des ersten Laufs für jeden Level verworfen werden sollen.

Wenn Sie ein Verdünnungsmodul DIM 200 haben, ist die Prozedur ein bißchen anders:

	DIM 200	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
<b>GC 5000 BTX</b>					
Span gas source	DIM 200	DIM 200	DIM 200	DIM 200	DIM 200
Span gas dilution	1	250	125	63	31
Benzene [ppb]	252.00	1.01	2.02	4.00	8.13
Toluene [ppb]	251.00	1.00	2.01	3.98	8.10
Ethylbenzene [ppb]	247.00	0.99	1.98	3.92	7.97
m,p-Xylene [ppb]	247.00	0.99	1.98	3.92	7.97

Discard first run:  No

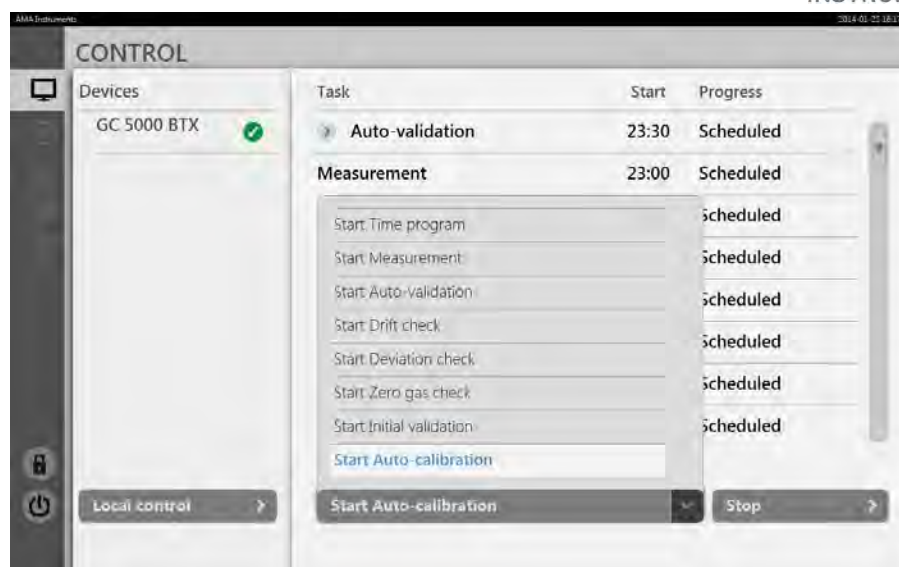
No of runs: 2

OK Cancel

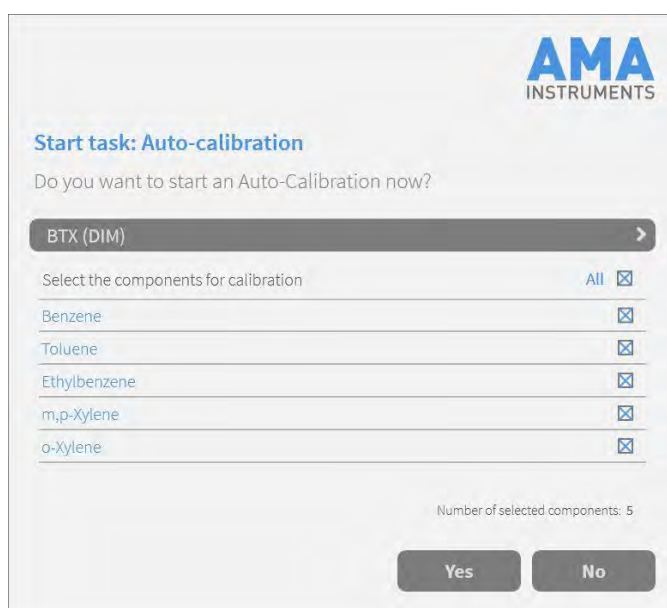
- Wählen Sie "DIM 200" als Kalibriergasquelle für alle Level.
- Geben Sie die Kalibriergasverdünnungen für alle Kalibrierlevel ein.
- Geben Sie die Konzentrationen für das Ausgangskalibriergas ein. Sie können nicht Konzentrationen für irgendeine Komponente für ein Kalibrierlevel eingeben. Diese Werte werden automatisch aus den Ausgangskonzentrationen und den Verdünnungen ausgerechnet.
- Wählen Sie die Anzahl der Läufe pro Kalibrierlevel.
- Benutzen Sie den Schalter "Discard first run" wenn die Ergebnisse des ersten Laufs für jeden Level verworfen werden sollen.

### 8.1.3 Start einer Kalibrierung

**Tab-Leiste → Monitor Symbol → Start Auto-Calibration**



Ein neues Fenster wird geöffnet:



Hier können Sie das Kalibrier-Setup und welche Komponenten aus diesem Setup kalibriert werden sollen auswählen. Ein Klick auf "Yes" wird die Kalibrierung von allen Leveln mit der Anzahl an Läufen pro Level, die im Kalibrier-Setup eingegeben wurde, starten.

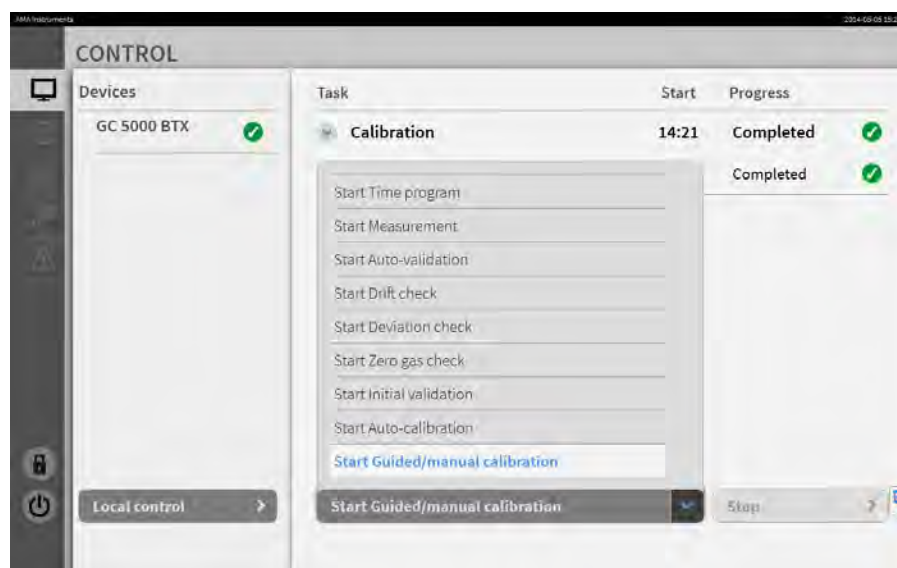
Diese Funktion ist vollautomatisch, wenn das System

- eingebaute Kalibrierventile (mit bis zu zwei Kalibrierleveln) oder
- ein externes Kalibriergasmodul (d.h. DIM 200 mit bis zu 20 Kalibrierleveln).

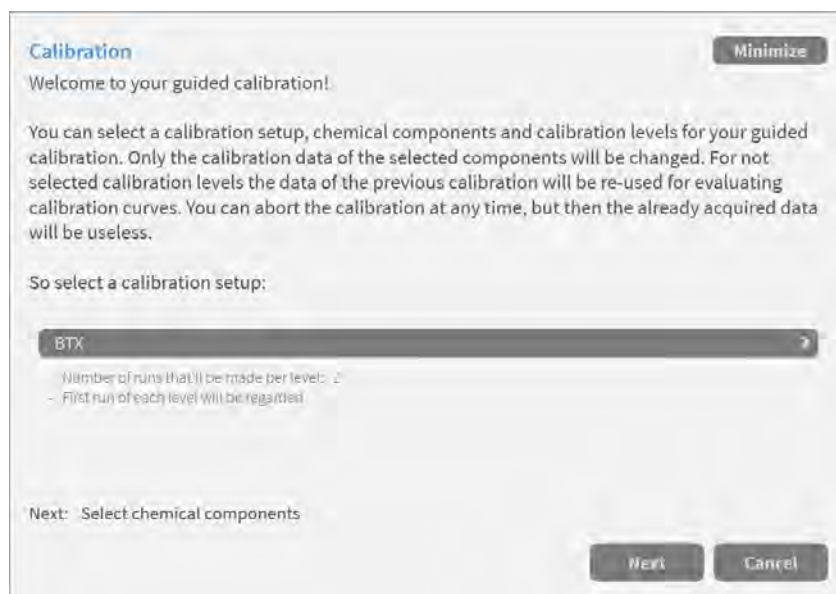
hat.

Wenn weder Kalibrierventile noch ein DIM 200 vorhanden sind, können Sie eine manuelle Kalibrierung starten.

**Tab-Leiste → Monitor Symbol → Guided/manual calibration**



Dann wird ein neues Fenster geöffnet:



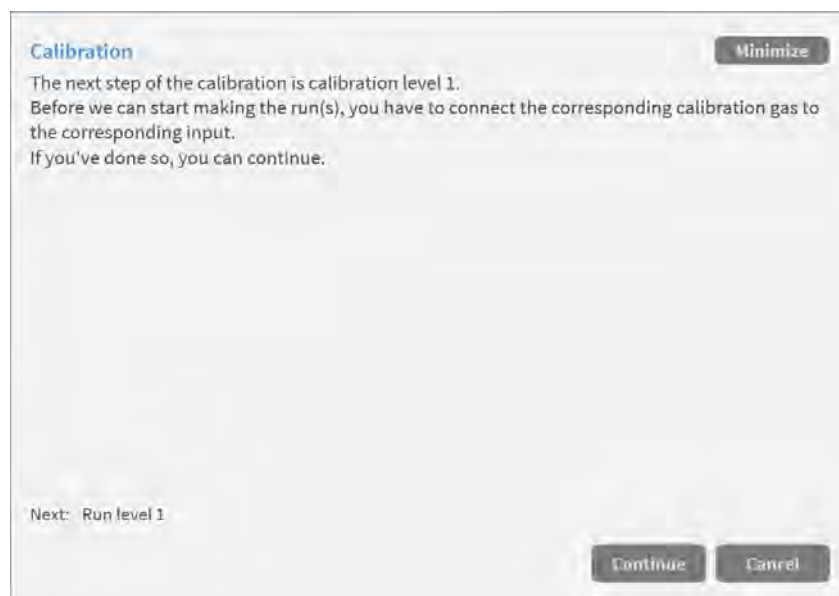
In diesem Fenster können Sie das Kalibrier-Setup auswählen, das Sie benutzen wollen. Nachdem Sie auf "Next" geklickt haben, wird ein neues Fenster geöffnet:

The screenshot shows a window titled "Calibration - BTX" with a "Minimize" button in the top right. The main instruction is "Select the components you want to calibrate". Below this is a list of components with checkboxes: "All" (checked), "Benzene" (checked), "Toluene" (checked), "Ethylbenzene" (checked), "m,p-Xylene" (checked), and "o-Xylene" (checked). At the bottom left, it says "Next: Select calibration levels". At the bottom right, it says "Number of selected components: 6". There are three buttons at the bottom: "Back", "Next", and "Cancel".

In diesem Fenster können Sie die Komponenten, die Sie kalibrieren wollen, auswählen. Nachdem Sie auf "Next" geklickt haben, wird ein neues Fenster geöffnet:

The screenshot shows a window titled "Calibration - BTX" with a "Minimize" button in the top right. The main instruction is "Select the calibration levels for (re-)calibration". Below this is a list of calibration levels with checkboxes: "All" (checked), "Level 1" (checked), "Level 2" (checked), "Level 3" (checked), "Level 4" (checked), and "Level 5" (checked). At the bottom left, it says "Next: Prepare calibration level". There are three buttons at the bottom: "Back", "Next", and "Cancel".

In diesem Fenster können Sie auswählen ob Sie alle Level kalibrieren wollen oder ob Sie nur einige Level oder nur einen Level kalibrieren wollen. Nachdem Sie auf "Next" geklickt haben, werden Sie gebeten das korrekte Kalibriergas an den entsprechenden Eingang anzuschließen:



Wenn Sie keine Kalibrierventile haben, müssen Sie das Kalibriergas an den Probeneingang anschließen. Wenn Sie ein Kalibrierventil haben, müssen Sie das Kalibriergas an den Kalibriergaseingang anschließen. Wenn Sie die Kalibriergasumschaltung mit zwei Kalibrierventilen und einem Bypass-Ventil haben, müssen Sie das Kalibriergas an den Kalibriergas 1 Eingang für Level 1 und an den Kalibriergas 2 Eingang für Level 2 und höher anschließen.

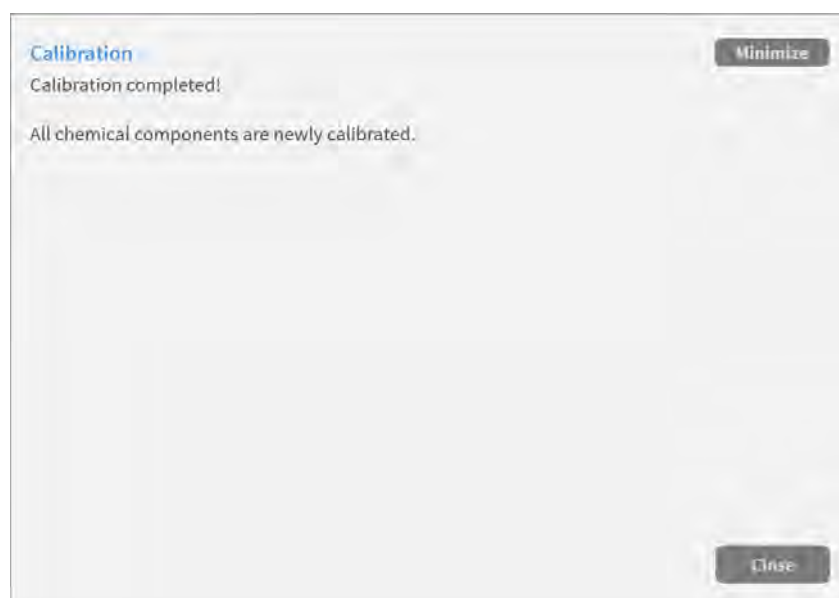
Nachdem Sie das Kalibriergas angeschlossen und auf "Continue" geklickt haben, können Sie dem Fortschritt des Kalibrierlaufs sehen.



Wenn der letzte Lauf fertig ist, können Sie auf "Continue" klicken.



Normalerweise sollten Sie das erfolgreiche Ergebnis sehen:





### Hinweis

Proben, die an den Probeneingang des GC 5000 angeschlossen werden, müssen drucklos angeboten werden. Wenn Sie Gas aus einer Gasflasche anschließen wollen, müssen Sie auch eine T-Verschraubung mit einem offenen Ende als Bypass-Ausgang installieren.

Benutzen Sie einen Druckminderer mit einem Nadelventil an der Gasflasche und stellen Sie den Kalibriergasfluß auf 70 ml/min oder mehr (The GC 5000 hat einen maximalen Probenfluß von 50 ml/min). Montieren Sie eine T-Verschraubung zwischen dem Nadelventil und dem Probeneingang, so daß der Überschuß von 20 ml/min oder mehr an der T-Verschraubung entweichen kann.

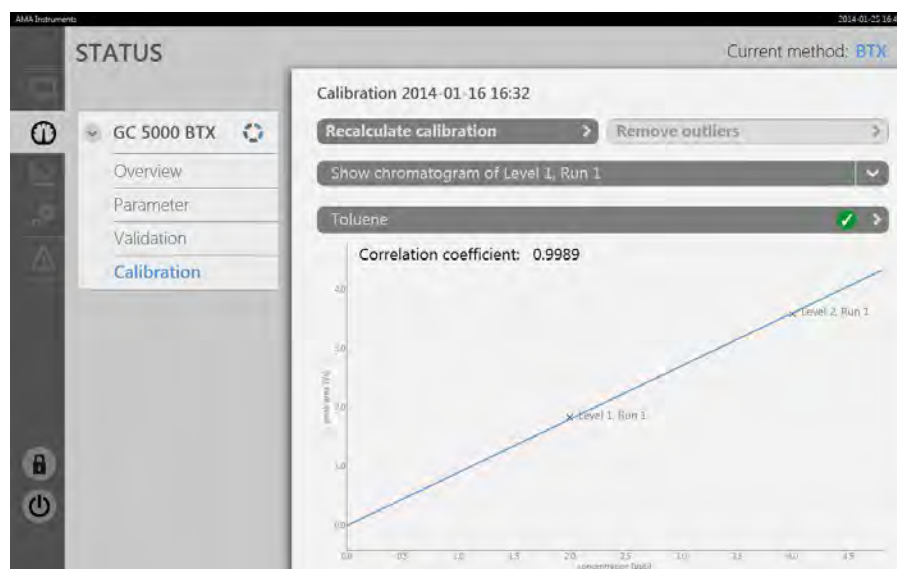
Wenn Sie ein manuelles Verdünnungs- oder Permeationssystem, das seinen eigenen Bypass hat, an den Probeneingang anschließen, dann sollten Sie nicht eine T-Verschraubung als zweiten Bypass benutzen. Zwei Bypässe können zu falschen Ergebnissen führen, da Umgebungsluft durch einen Bypass in das System kommen kann.

Sie können auch eine automatische Kalibrierung im Zeitprogramm ansetzen (Siehe Kapitel 9).

## 8.1.4 Überprüfen der Ergebnisse einer Kalibrierung

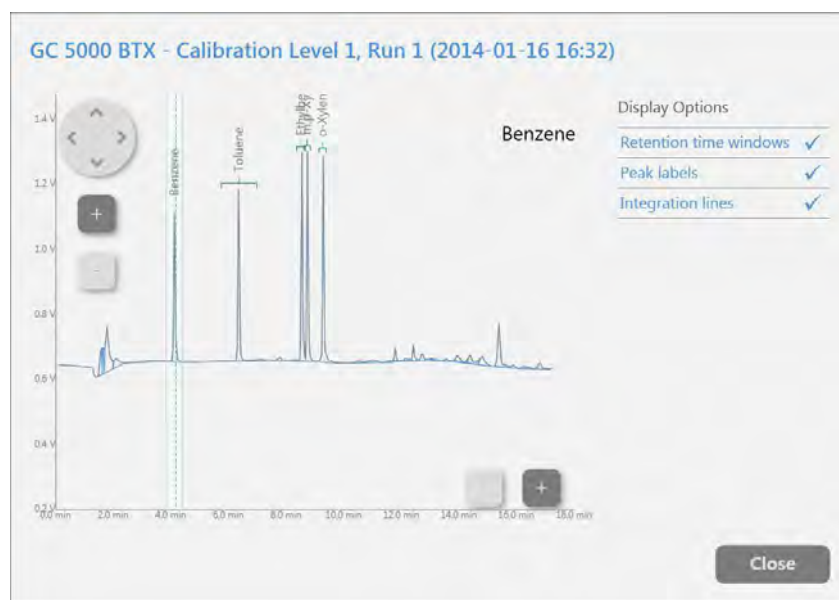
Wenn die Kalibrierung fertig ist, können Sie die Ergebnisse überprüfen durch

**Tab-Leiste → Gauge Symbol → Kalibrierung**





Die Kalibrierfunktion mit ihrem Korrelationskoeffizienten wird in diesem Tab angezeigt. Wenn manche Funktionswerte fehlen für einige Kalibrierlevels, dann können Sie hier die Chromatogramme von der Kalibrierung überprüfen. Wählen Sie ein Chromatogramm aus dem Pull-Up Menü "Show chromatogram of ..." und ein neues Fenster wird geöffnet:



Wenn Sie hier sehen, daß ein Peak außerhalb seines Retentionszeitfensters ist, schließen Sie dieses Fenster und korrigieren Sie die Retentionszeitfenster durch

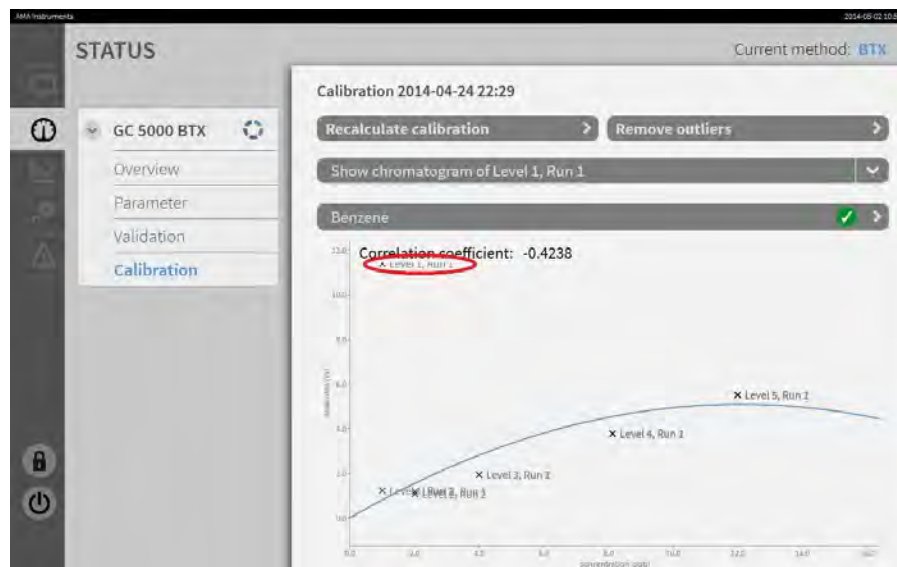
**Tab-Leiste → Zahnräder Symbol → Retention times**

wie beschrieben in Kapitel 7.2. Nach der Korrektur klicken Sie "Recalculate calibration" im vorletzten Fenster.

**Tab-Leiste → Gauge Symbol → Kalibrierung → Recalculate Kalibrierung**

Nun sollten die Kalibrierfunktionen ok sein.

Wenn Sie immer noch eine schlechte Kalibrierfunktion haben, obwohl alle Funktionswerte von allen Kalibrierlevels vorhanden sind:



Sie können die Nutzung von einzelnen Läufen für die Berechnung der Kalibrierfunktion verhindern. Wählen Sie "Remove outliers" und ein neues Fenster wird geöffnet:

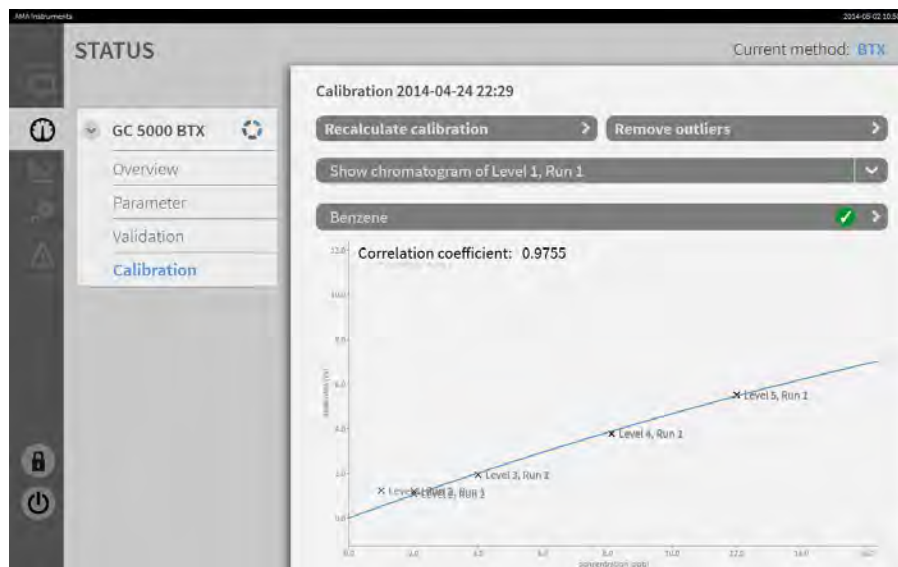
**Edit calibration data of GC 5000 BTX**

Distances [Vs] of measured peak sizes to calculated calibration curve

	Level 1		Level 2		Level 3	
	Run 1	Run 2	Run 1	Run 2	Run 1	Run 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Benzene	10.88	0.70	0.15	0.04	0.08	0.07
Toluene	10.56	0.73	0.03	0.05	0.02	0.07
Ethylbenzene	1.43	0.19	0.06	0.09	0.05	0.06
m,p-Xylene	2.26	0.37	0.09	0.01	0.08	0.05
o-Xylene	9.79	0.82	0.26	0.03	0.13	0.11

Apply OK Cancel

Wenn Sie sehen, daß das Ergebnis von einem Kalibrierlauf eine unnormal große Entfernung von der berechneten Kalibrierfunktion hat, können Sie diesen Lauf abwählen und das Ergebnis von diesem Lauf wird nicht für die Berechnung der Kalibrierfunktion benutzt. Wenn Sie den ersten Lauf von Level 1 abwählen, werden Sie eine viel bessere Kalibrierfunktion bekommen.



Hier können Sie sehen, daß dem Entfernen des Ausreißers die Kalibrierfunktion in Ordnung ist.

## 8.2 Validierung

### 8.2.1 Prinzip der Validierung

- Definition** Eine Validierung ist ein Lauf mit Nullgas und/oder Prüfgas um die Drift, Wiederholgenauigkeit und/oder Memory-Effekte.
- Erfordernisse** Sie brauchen eingebaute Kalibrierventile oder ein Kalibriergas-Modul um eine automatische Validierung durchzuführen.
- Das Gas für die Validierung kann ein anderes sein als das, was für die Kalibrierung benutzt wird. Sie können ein Gas mit nur einer Komponente aus dem Kalibrier-Setup nehmen.

### 8.2.2 Typen der Validierung

- Anfangs-Validierung** Die Anfangsvalidierung (Initial Validation) produziert die Originaldaten, die für die Berechnung der Drift benötigt werden, da die Ergebnisse eines Prüfgaslaufs in einer Auto-Validierung oder einem Drift-Check mit den Werten der Anfangsvalidierung verglichen werden.

Eine Anfangsvalidierung ist nötig

- bevor ein Drift-Check das erste Mal durchgeführt wird.
- Nachdem eine Kalibrierung durchgeführt wurde.
- wenn das Validierungsgas gewechselt wurde

**Tab-Leiste → Control → Start initial validation**

Nach der Auswahl dieses Menüpunktes startet der GC eine Anfangsvalidierung. Er stoppt nachdem der Lauf beendet ist.

**Auto-validation**

**Tab-Leiste → Control → Start auto-validation**

Hier können Sie eine Auto-Validierung, wie im Validierungs-Setup konfiguriert, starten (siehe nächstes Kapitel).

Nach der Auswahl dieses Menüpunktes startet der GC eine Auto-Validierung. Er stoppt nachdem die Validierung beendet ist.

Der GC 5000 führt auch eine automatische Validierung durch, wenn sie im Zeitprogramm konfiguriert wurde (Siehe Kapitel 9).

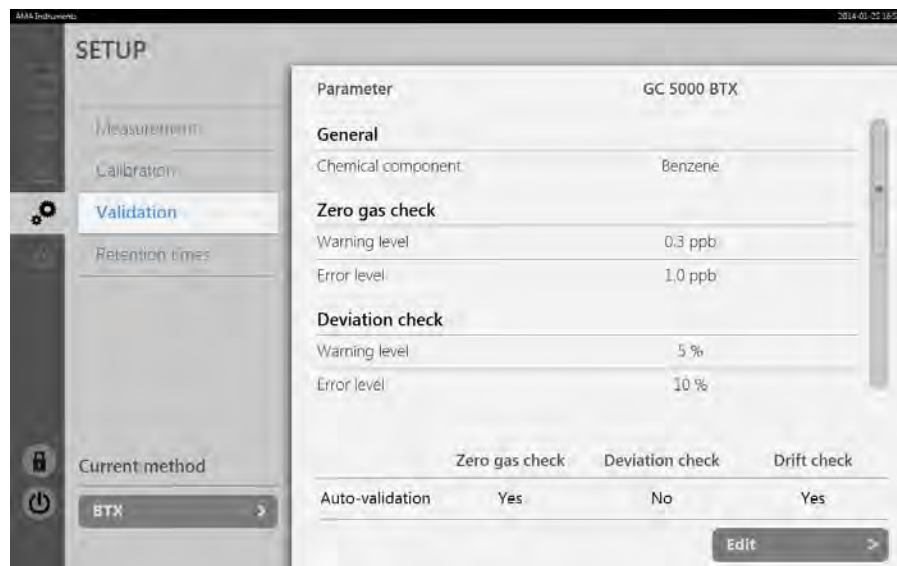
Dieser Menüpunkt ist nur aktiviert, wenn der GC 5000

- mit eingebauten Kalibrierventilen ausgerüstet ist  
oder
- mit einem externen Kalibriermodule verbunden ist.

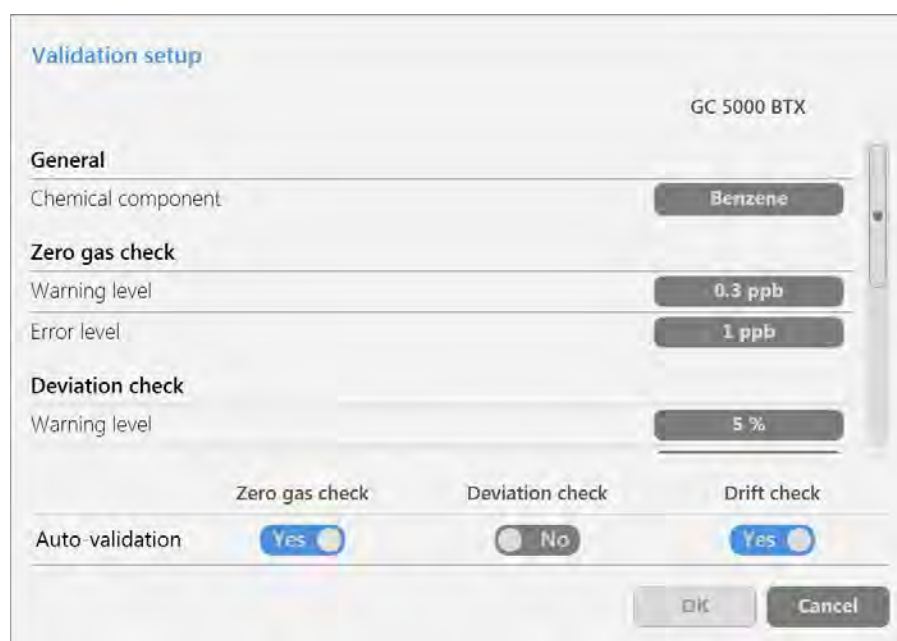
## 8.2.3 Validiersetup

Hier können Sie konfigurieren welche Tests das System in einer Auto-Validierung ausführen soll:

**Tab-Leiste → Zahnräder Symbol → Validation**



Hier sehen Sie das Setup für Validierungen. Klicken Sie auf "Edit" um das Setup zu ändern. Dann wird ein neues Fenster geöffnet:



### 3 Arten von Validierungstests

Zero gas check	Er testet auf Memoryeffekte oder Kontamination
Drift check	Er testet auf Abweichung zwischen dem originalen Prüfgaswert und dem aktuellen Prüfgaswert
Deviation check	Er testet auf Abweichung zwischen zwei aktuellen Prüfgaswerten

1. Benutzen Sie die Schalter im unteren Bereich des Fensters um auszuwählen welche Tests in einer Auto-Validierung gemacht werden sollen.
  2. Wählen Sie die Nullluftversorgung und die Prüfgasversorgung (Sie müssen erst herunterscrollen). Sie können die entsprechenden Eingänge auswählen, wenn Sie Kalibrierventile oder ein DIM 200 haben.
  3. Wählen Sie die Prüfgasverdünnung wenn Sie ein DIM 200 haben.
  4. Wählen Sie die Komponente, die für die Validierungen benutzt wird.
  5. Setzen Sie die Grenzen für die Warn- und Fehlerlevels für die drei Tests.
- ✓ Das Validier-Setup ist komplett.

### Definition

- **Warnlevel:**  
Sie bekommen einen Warnungseintrag in der Event-Liste (**Tab-Leiste** → **Achtung Symbol**) wenn der Warnlevel erreicht ist, aber das Programm wird fortgesetzt. Ein Warnlevel beim Drift-Check kann dazu benutzt werden um eine Auto-Kalibrierung zu starten.
- **Fehlerlevel:**  
Sie bekommen einen Fehlereintrag in der Event-Liste (**Tab-Leiste** → **Achtung Symbol**) wenn der Fehlerlevel erreicht ist und das Programm wird gestoppt, weil das System ein Problem haben muß, das erst behoben werden muß.

#### Beispiele der Grenzen für Warn- und Fehlerlevels:

In dem Fenster oben werden die folgenden Beispiele der Grenzen, die als Warn- und Fehlerlevels für Benzol definiert wurden, angezeigt.

Zero gas check	Warnlevel	0.3 ppb
	Fehlerlevel	0.6 ppb
Drift check	Warnlevel	5%
	Fehlerlevel	10%
Deviation check	Warnlevel	2%
	Fehlerlevel	4%

## 8.2.4 Start einer Validierung

### Start einer Anfangsvalidierung

#### So starten Sie eine Anfangsvalidierung:

**Tab-Leiste → Run Validierung → Start initial validation**



#### Hinweis

Bevor Sie eine Drift-Check zum ersten Mal durchführen können, muß zuerst eine Anfangsvalidierung durchgeführt werden. Eine Anfangsvalidierung ist auch nötig nach jeder Kalibrierung oder wenn das Validiergas gewechselt wurde.

### Start manueller Validierungstests

#### So starten Sie einen manuellen Validierungstest:

Sie können einen Nullgas-Check, einen Drift-Check oder einen Deviation-Check manuell starten durch:

- **Tab-Leiste → Monitor-Symbol → Run zero gas check**
- **Tab-Leiste → Monitor-Symbol → Run drift check**
- **Tab-Leiste → Monitor-Symbol → Run deviation check**

Dann führt der GC 5000 den ausgewählten Validierungstest durch und stoppt danach.

### Start einer Auto-Validierung

#### So starten Sie eine Auto-Validierung:

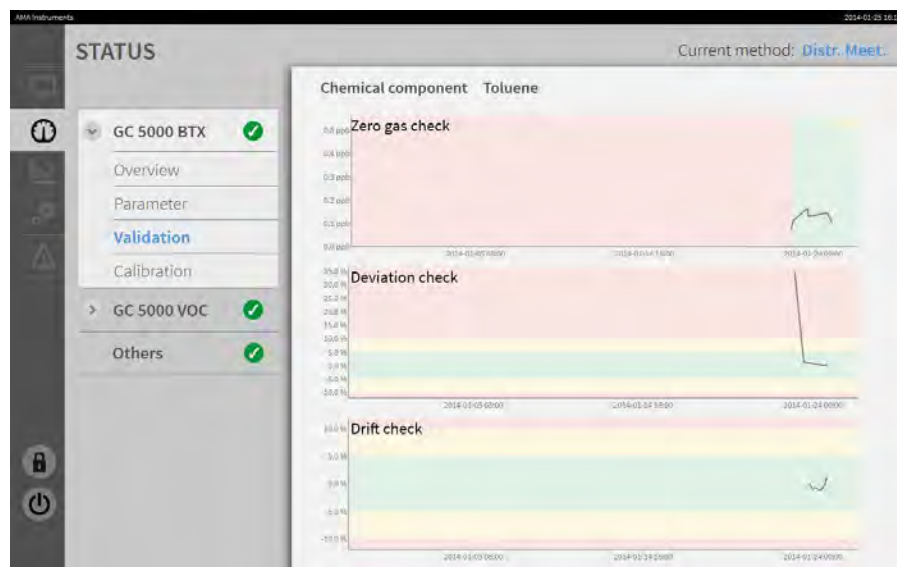
Es gibt zwei Möglichkeiten eine Auto-Validierung zu starten. Das hängt davon ab, ob Sie sie manuell oder automatisch starten wollen.

- Um eine Auto-Validierung manuell zu starten klicken Sie:  
**Tab-Leiste → Monitor Symbol → Run auto-validation**  
Dann führt der GC 5000 alle Tests aus, die im Validier-Setup ausgewählt wurden und stoppt danach.
- Um eine Auto-Validierung automatisch zu starten klicken Sie:  
**Tab-Leiste → Monitor Symbol → Run time program**  
Dann startet die Auto-Validierung nach der im Zeitprogramm-setup festgelegten Anzahl an Zyklen oder der Zeit (siehe Kapitel 9).

## 8.2.5 Überprüfen des Validierungsstatus

Wenn die Validierung beendet ist, können Sie die Ergebnisse überprüfen durch

**Tab-Leiste → Meßinstrumenten-Symbol → Validation**



Die Ergebnisse der Validierungen werden in diesem Fenster dargestellt. Ein grüner Hintergrund bedeutet, daß der Wert unter dem Warnlevel liegt. Ein gelber Hintergrund bedeutet, daß der Wert unter dem Fehlerlevel liegt, aber über dem Warnlevel. Ein roter Hintergrund bedeutet, daß der Wert über dem Fehlerlevel liegt. Die Konzentrations- oder Abweichungswerte werden als schwarze Kurven dargestellt.

Berechnungs-  
Grundlage von  
Abweichung  
und Drift:

- Das Ergebnis des Nullgaslaufs ist gleich der Nullgasabweichung.
- Die Drift wird berechnet aus der Differenz vom aktuellen Ergebnis eines Prüfgaslaufs und dem Ergebnis der Anfangsvalidierung.
- The Abweichung eines Deviation-Checks wird berechnet aus der Differenz von zwei aktuellen Prüfgasläufen (wenn bereits ein Prüfgaslauf für einen Drift-Check gemacht wurde, wird nur ein zusätzlicher Prüfgaslauf für den Deviation-Check gemacht).

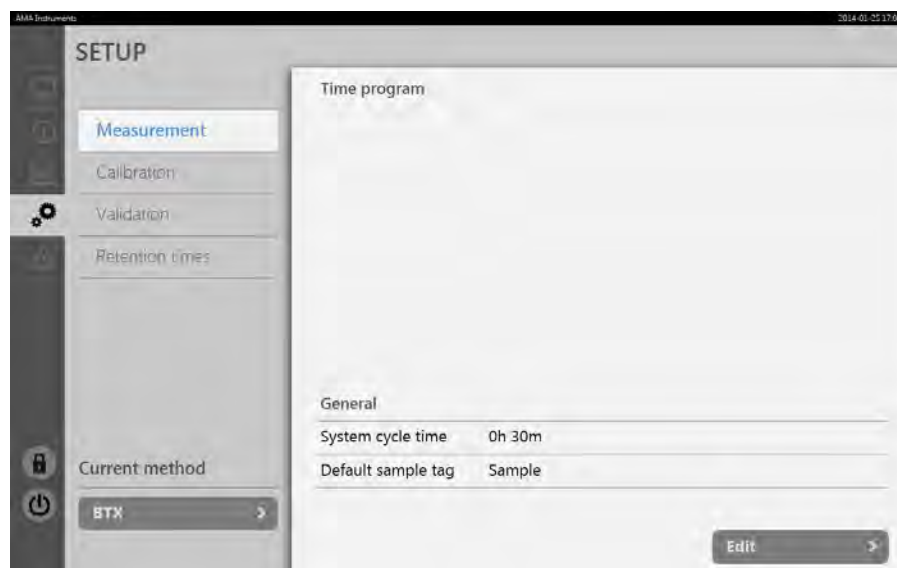


## 9 Zeitprogramm

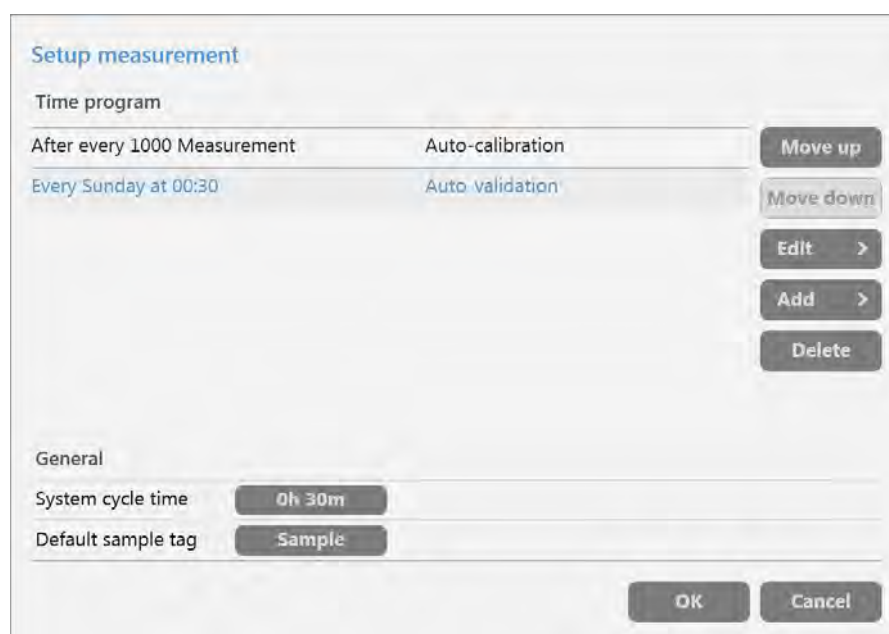
Wenn der GC 5000 kontinuierliche Messungen nach einer festgelegten Zykluszeit machen soll und nicht über Bayern-Hessen oder Gesytec-II Protokoll gesteuert wird, dann können Sie ein Zeitprogramm eingeben.

### 9.1 Setup des Zeitprogramms

Tab-Leiste → Zahnräder Symbol → Measurement

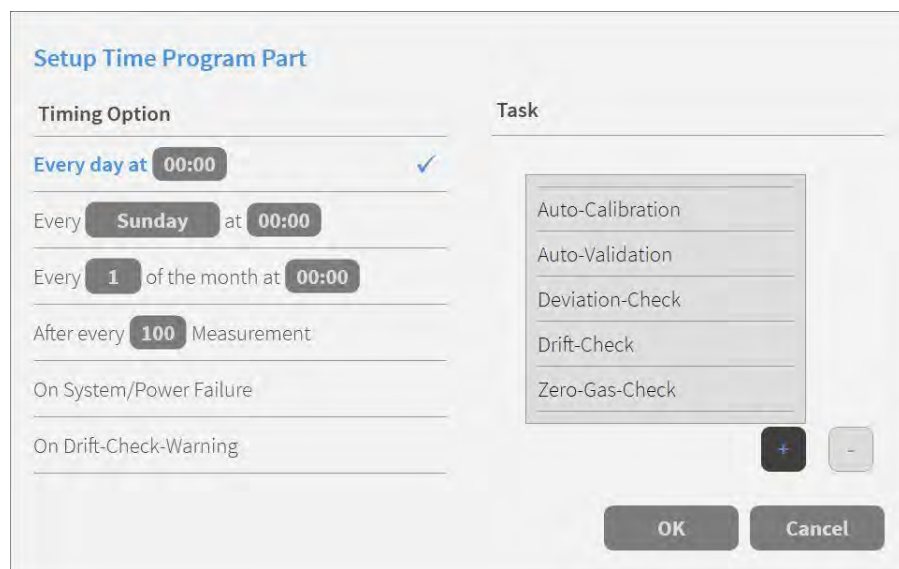


In diesem Beispiel sehen Sie ein sehr einfaches Zeitprogramm, das eine Messung alle 30 Minuten macht. Das Zeitprogramm kann geändert werden durch Klick auf "Edit". Dann wird ein neues Fenster geöffnet:



In diesem Fenster können Sie die Zykluszeit und die Standard-Probenkennzeichnung ändern oder Aufgaben hinzufügen oder ändern. Klicken Sie auf "Add" um eine Aufgabe hinzuzufügen oder markieren Sie

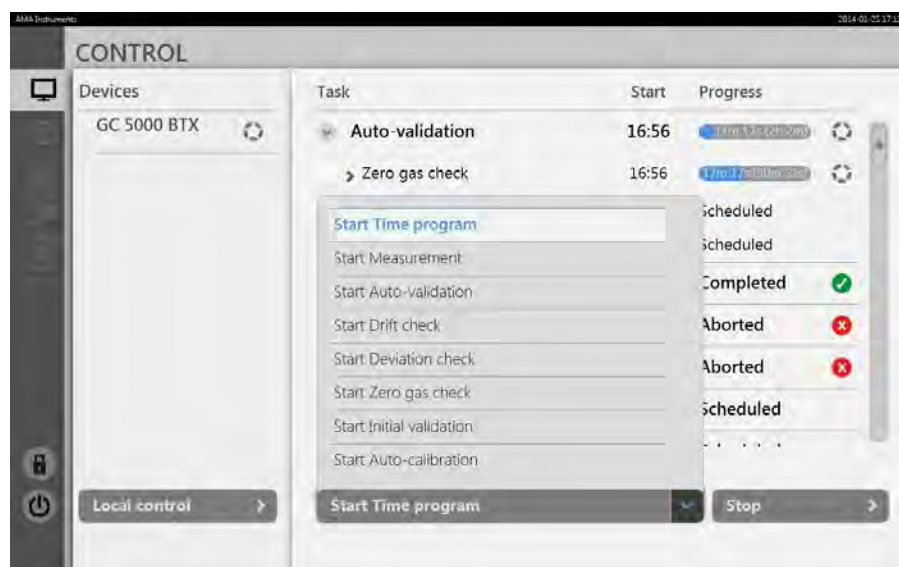
eine Aufgabe und klicken Sie "Edit" um die Einstellungen für diese Aufgabe zu modifizieren. Ein neues Fenster wird geöffnet:



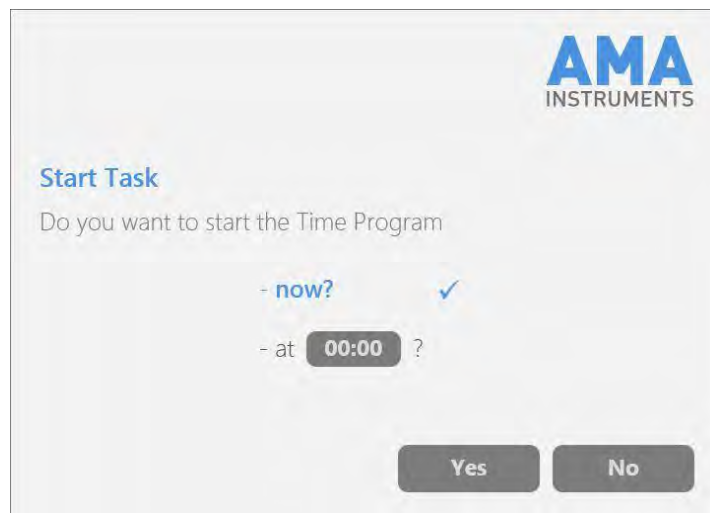
In diesem Fenster sehen Sie die Auswahl an Zeit- und Aufgabeneinstellungen. Klicken Sie zuerst auf die "+" Taste und wählen Sie eine Aufgabe. Dann wählen Sie die Zeitoption. Sie haben die Auswahl zwischen täglich, wöchentlich, monatlich, nach einer Anzahl an Zyklen, nach einem Stromausfall oder after nach eine Drift-Check-Warnung. Dann editieren Sie die Zahlen in den entsprechenden Eingabefeldern wenn nötig, um eine spezielle Zeit, eine Anzahl oder einen Tag einzugeben. Klicken Sie „OK“ um die Änderungen zu speichern.

## 9.2 Start des Zeitprogramms

**Tab-Leiste → Monitor Symbol → Start Time program**



1. Öffnen Sie das Pull-Up Menü und wählen Sie "Start time program". Dann wird ein neues Fenster geöffnet::



2. Wenn Sie auf "Yes" klicken: Der Zyklus startet sofort.  
oder
3. wenn Sie auf "00:00" klicken, dann erscheint eine neues Fenster:



4. Geben Sie die Startzeit im 24-Stundenformat ein,  
d.h. 18:00 bedeutet 6:00 nachmittags.
- ✓ Der GC 5000 wartet bis zu dieser Zeit und startet dann den Zyklus.

Eine Kalibrierung oder Validierung, die im Zeitprogramm-Setup konfiguriert wurde, wird nach der festgelegten Anzahl an Zyklen bzw. an der festgelegten Zeit starten.

## 10 Beschreibung der Funktionsweise

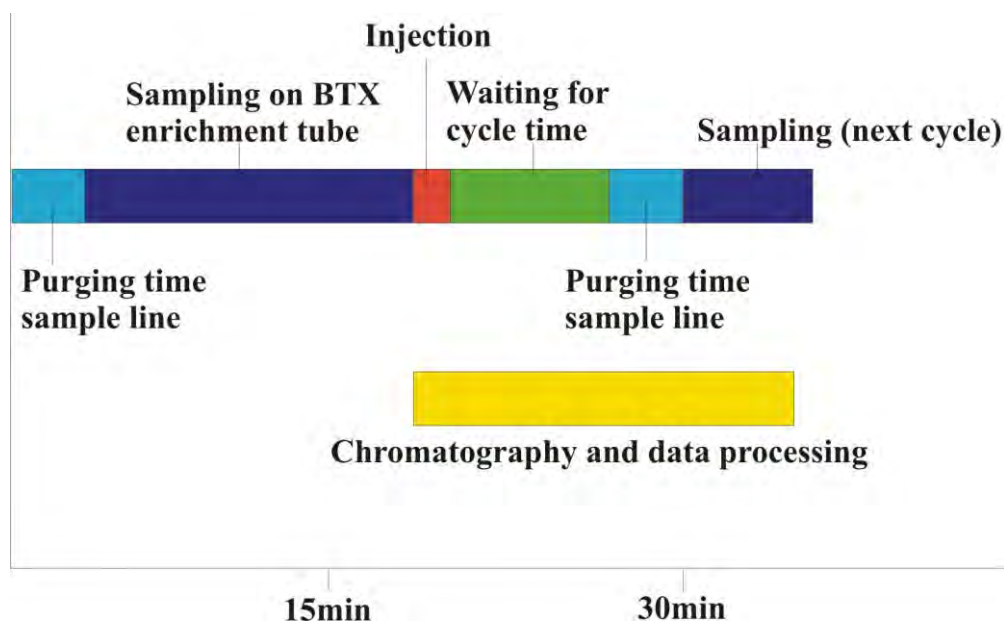
Diese Kapitel wendet sich vor allem an Anwender im Bereich Service und Applikation.

### 10.1 Meßprinzip BTX

Der GC 5000 BTX ist ein System für automatische Probenahme, Anreicherung und GC Analyse.

Das Meßverfahren beruht auf dem physikalischen Prinzip der Adsorption der Meßobjekte auf Trägersubstanzen einer Speichersäule, Thermo-desorption und der Detektion mit einem Flammenionisations- oder einem Photoionisationsdetektor nach unterschiedlichen Verweilzeiten auf einer Trennsäule.

Fig. 6: Zeitlicher Ablauf (Beispiel):



#### Einzel Schritte:

##### 1. Spülen der Probenleitung:

Um sicherzustellen, daß frische Probe beim Probenahme-Start zur Verfügung steht wird die Pumpe eingeschaltet und die Probenleitung mit dem eingestellten Probenahme fluß gespült.

##### 2. Probenahme mit Anreicherung:

Ein definiertes frei wählbares Volumen an Luft wird (gemessen und geregelt durch einen thermischen Massendurchflußregler, im weiteren Text als MFC bezeichnet) mittels einer Pumpe durch ein Rohr gesaugt, welches ein Trägermaterial enthält (BTX-Stufe).

3. Injektion:

Nach beendeter Probenahme wird die BTX-Stufe sehr schnell aufgeheizt und gleichzeitig mit einem Trägergasstrom durchspült. Hierdurch werden die Substanzen punktförmig auf die Trennsäule des Gaschromatographen überführt.

4. Gaschromatographische Trennung, Analyse und Auswertung:

Zur Trennung der Meßobjekte von den übrigen Komponenten wird eine Kapillarsäule eingesetzt. Die getrennten Meßobjekte werden nach unterschiedlich langer Verweildauer auf der Trennsäule durch einen FID oder einen PID identifiziert. Die gemessenen Peakflächen werden mit der Kalibrierfunktion verglichen.

5. Warten auf das Ende der Zykluszeit und herunterkühlen der BTX-Stufe:

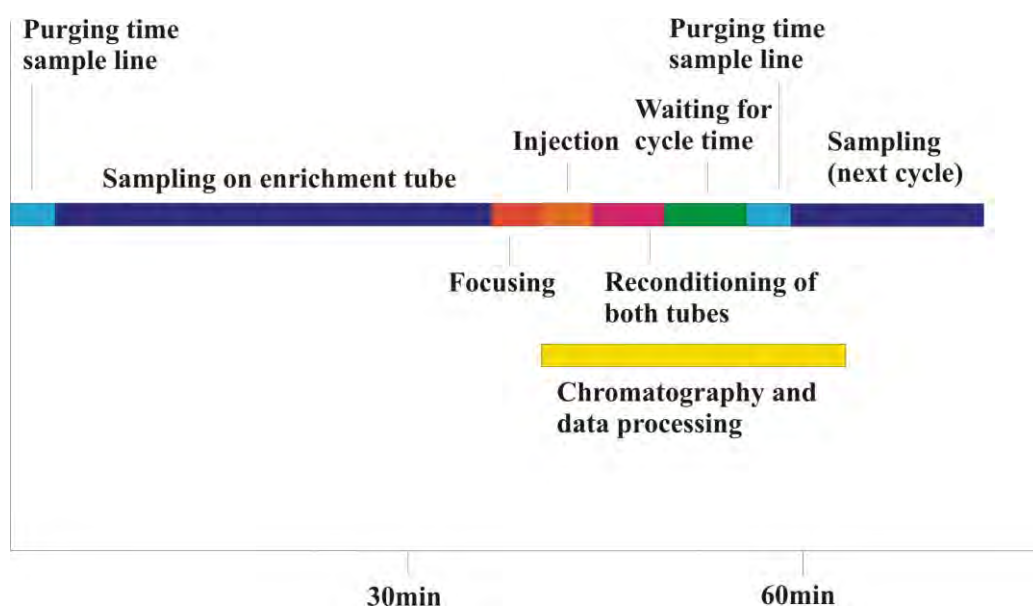
Vor der nächsten Probenahme wird die BTX-Stufe auf die Anreicherungstemperatur heruntergekühlt.

## 10.2 Meßprinzip VOC

Der GC 5000 VOC ist ein System für automatische Probenahme, Anreicherung und GC Analyse.

Das Meßverfahren beruht auf dem physikalischen Prinzip der Adsorption der Meßobjekte auf Trägersubstanzen einer großen Speichersäule, dem Transfer der gesammelten Probe auf eine kleine Fokussiersäule, Thermodesorption und der Detektion mit einem Flammenionisations- oder einem Photoionisationsdetektor nach unterschiedlichen Verweilzeiten auf einer Trennsäule.

Fig. 7: Zeitlicher Ablauf (Beispiel):



**Steps of operation:**

1. Spülen der Probenleitung:

Um sicherzustellen, daß frische Probe beim Probenahme-Start zur Verfügung steht wird die Pumpe eingeschaltet und die Probenleitung mit dem eingestellten Probenahmefluß gespült.

2. Probenahme mit Anreicherung:

Ein definiertes frei wählbares Volumen an Luft wird (gemessen und geregelt durch einen thermischen Massendurchflußregler, im weiteren Text als MFC bezeichnet) mittels einer Pumpe durch ein Rohr gesaugt, welches ein Trägermaterial enthält.

3. Desorption mit Proben transfer zur Fokussierstufe:

Nach der Probenahme wird die Anreicherungsstufe aufgeheizt und die adsorbierten Substanzen werden auf die Fokussierstufe gespült.

4. Injektion:

Nach dem Proben transfer wird die Fokussierstufe sehr schnell aufgeheizt und die adsorbierten Substanzen werden wieder verdampft und punktförmig auf die Trennsäule des Gaschromatographen überführt.

5. Gaschromatographische Trennung, Analyse und Auswertung:

Zur Trennung der Meßobjekte von den übrigen Komponenten wird eine Kapillarsäule eingesetzt. Die getrennten Meßobjekte werden nach unterschiedlich langer Verweildauer auf der Trennsäule durch einen FID oder einen PID identifiziert. Die gemessenen Peakflächen werden mit der Kalibrierfunktion verglichen.

6. Rekonditionierung von Anreicherungs- und Fokussierstufe:

Beide Stufen werden aufgeheizt und mit Trägergas gespült nach dem Ende der Injektion.

7. Warten auf das Ende der Zykluszeit und herunterkühlen der BTX-Stufe:

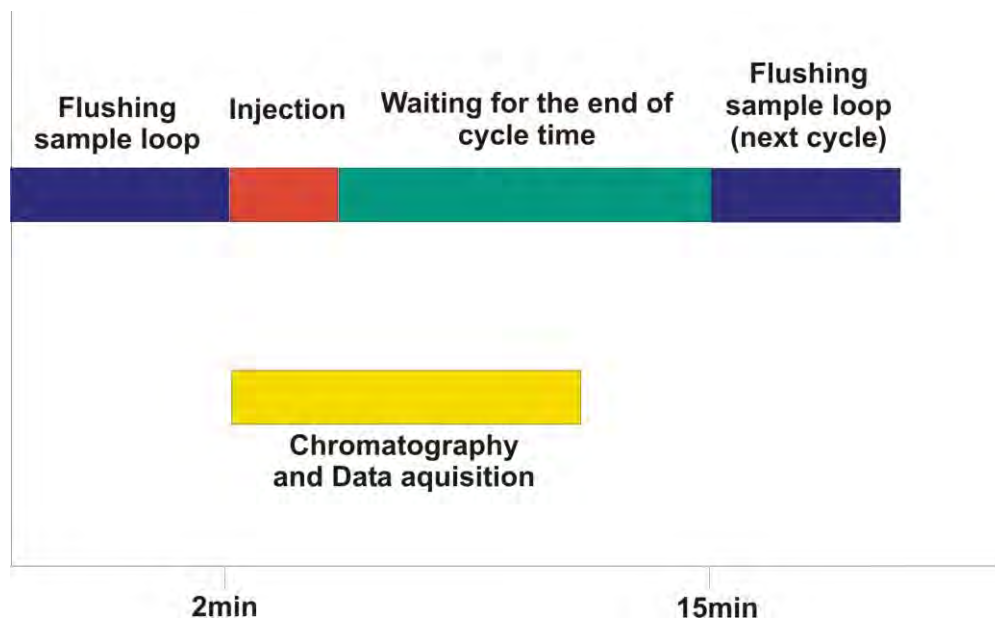
Vor der nächsten Probenahme werden beide Stufen auf die Anreicherungs-/Fokussiertemperaturen heruntergekühlt.

## 10.3 Meßprinzip Process

Der GC 5000 Process ist ein System für automatische Probenahme, Injektion und GC Analyse.

Das Meßverfahren beruht auf dem Prinzip der Injektion eines definierten Probenvolumens auf eine Trennsäule und der Detektion mit einem Flammenionisations- oder einem Photoionisationsdetektor nach unterschiedlichen Verweilzeiten auf der Trennsäule.

Fig. 8: Zeitlicher Ablauf (Beispiel):



### Steps of operation:

1. Spülen der Probenleitung und der Probenschleife:

Um sicherzustellen, daß frische Probe beim Probenahme-Start zur Verfügung steht wird die Pumpe eingeschaltet und die Probenleitung gespült.

2. Injektion:

Nach dem Spülen der Probenschleife wird die Probe auf eine Trennsäule injiziert und die Datenaufzeichnung wird gestartet.

3. Gaschromatographische Trennung, Analyse und Auswertung:

Zur Trennung der Meßobjekte von den übrigen Komponenten wird eine Kapillarsäule eingesetzt. Die getrennten Meßobjekte werden nach unterschiedlich langer Verweildauer auf der Trennsäule durch einen FID oder einen PID identifiziert. Die gemessenen Peakflächen werden mit der Kalibrierfunktion verglichen.

4. Warten auf das Ende der Zykluszeit:

Das System wartet auf das Ende der Zykluszeit um den nächsten Meßzyklus zu starten.

## 11 Wartung

### 11.1 Sicherheitshinweise




---

**Achtung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Trennen Sie den GC 5000 vom Stromnetz bevor Sie mit der Wartung beginnen.

---




---

**Achtung!**

Die Anreicherungsstufe wird normalerweise auf 230°C (bis 300°C) geheizt. Bei Nichtbeachtung können Verbrennungen dritten Grades die Folge sein. Warten Sie bis die Anreicherungsstufe wieder abgekühlt ist.

---




---

**Vorsicht!**

Es können falsche Temperaturmessungen auftreten wegen unterschiedlichen elektrischen Potentialen. Vermeiden Sie direkten Kontakt zwischen Thermoelementen und metallischen Teilen.

---




---

**Achtung!**

Während des Austauschs des Rotors vom Drehventil muß das Gerät eingeschaltet sein, weil der Rotor gedreht werden muß. Elektrische Teile können unter gefährlicher Spannung stehen. Nur qualifizierte, autorisierte Techniker im Bereich der Elektrotechnik dürfen den Rotor austauschen.

---




---

**Achtung!**

Die Ventilofenheizung wird normalerweise auf 80°C (max. 150°C) geheizt. Bei Nichtbeachtung können Verbrennungen dritten Grades die Folge sein. Setzen Sie die Ventilofentemperatur auf 40°C und warten Sie bis die Heizung auf 40°C abgekühlt ist.

---



## 11.2 Wartungsplan

Im Rahmen einer vorbeugenden Wartung empfehlen wir folgende Komponenten gemäß nachfolgendem Wartungsplan auszutauschen. Die Wartung sollte nur von AMA Instruments oder einem autorisierten und erfahrenen Servicetechniker durchgeführt werden.

<b>Komponente</b>	<b>alle 6 Monate</b>	<b>jährlich</b>	<b>alle 2 Jahre</b>
Rückwandlüfter		x	
BTX Anreicherungsstufe		x	
VOC Anreicherungsstufe		x	
VOC Fokussierstufe		x	
Sulfur Anreicherungsstufe	x		
Lüfter des Peltier-Kühlers BTX		x	
Lüfter des Peltier-Kühlers (VOC, Sulfur)		x	
GC-Säulen (VOC)			x
GC-Ofenmotor		x	
EingangsfILTER für MFC			x
Wartungssatz für FID (FID Düse, Dichtungen)		x	
PID-Lampe		x	
Pumpe			x
Rotor des Drehventils			x

## 11.3 Wartungsarbeit

### 11.3.1 Austausch der Anreicherungsstufe (BTX)



**Achtung!**

Die Anreicherungsstufe wird normalerweise auf 230°C (bis 300°C) geheizt. Bei Nichtbeachtung können Verbrennungen dritten Grades die Folge sein. Warten Sie bis die Anreicherungsstufe wieder abgekühlt ist.

So baut man die alte Stufe aus und montiert die neue:

1. Ziehen Sie den Stecker vom Thermoelement der Anreicherungsstufe.
  2. Stellen Sie das Trägergas ab.
  3. Entfernen Sie die PVC-Abdeckung des Peltier-Kühlers.
  4. Öffnen Sie die 1/8" Verschraubungen an beiden Seiten der BTX-Stufe und lösen Sie die Messingmuttern auf der Rückseite der Keramikisolatoren.
  5. Entfernen Sie die vier Schrauben und den oberen Aluminiumblock des Peltier-Kühlers.
  6. Bewegen Sie einen der Messinghalter etwas nach außen und entnehmen Sie die Stufe samt den Teflonisolatoren.
  7. Montieren Sie die neue BTX-Stufe zwischen den beiden Verschraubungen.
  8. Richten Sie die BTX-Stufe exakt in der Mitte des Kühlers aus und das Thermoelement oben auf der Stufe.
  9. Ziehen Sie die Messingmuttern auf den Keramikisolatoren an.
  10. Montieren Sie den oberen Aluminiumblock des Peltier-Kühlers.
  11. Setzen Sie die Abdeckhaube wieder auf den Aluminiumblock.
  12. Stecken Sie das Thermoelement wieder ein.
- ✓ Die neue Anreicherungsstufe ist eingebaut.

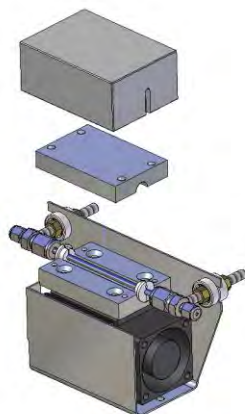


Fig. 9: Explosionszeichnung des Peltier-Kühlers

### 11.3.2 Wartung der Pumpe

Die in diesem Gaschromatographen eingebaute Pumpe ist völlig wartungsfrei.

Bei Verschleiß der Membran (die Saugleistung läßt dann stark nach) ist die komplette Pumpe auszutauschen..

### 11.3.3 Austausch des Eingangsfilters des MFCs

Um den MFC vor Staub und kleinen Partikeln zu schützen, ist ein Filter vorgeschaltet. Ist dieser Filter verstopft, so muß er ausgetauscht werden.

Austausch des Filters:

1. Lösen Sie die beiden Rohrverschraubungen.
2. Nehmen Sie den Filter aus der Halterung.
3. Setzen Sie einen neuen Filter in die Halterung
4. Bringen Sie die beiden Rohrverschraubungen wieder an.

## 11.3.4 Austausch oder Reparatur der Kapillarsäule



### Achtung!

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Trennen Sie den GC 5000 BTX vom Stromnetz bevor Sie mit der Wartung beginnen.



### Hinweis

Die GC-Säule ist zerbrechlich. Seien Sie sehr vorsichtig und vermeiden Sie Erschütterungen während Sie die GC-Säule einbauen. Wenn Sie eine benutzte GC-Säule einbauen, schneiden Sie die ersten 2 cm von der benutzten GC-Säule ab. Schneiden Sie die GC-Säule nur mit einem geeigneten Werkzeug.

### Wie wird eine Säule ausgetauscht:

1. Schalten Sie den GC aus, ziehen Sie das Netzkabel und schließen Sie die Trägergasversorgung.
2. Nehmen Sie den Gehäusedeckel ab.
3. Entriegeln Sie den Öffnungsmechanismus des Ofendeckels.
4. Ziehen Sie am Arretierungsknopf des Deckels und schieben Sie den Deckel so weit nach rechts wie möglich.
5. Heben Sie nun den Deckel ab.
6. Lösen Sie vorsichtig die 1/16“ Verschraubungen an den Enden der Trennsäule.
7. Jetzt können Sie die Säule aus dem Ofen entfernen.
8. Installieren Sie die neue Säule mit den alten 1/16“ Edelstahlverschraubungen und Fused silica Adaptern. Diese sind mehrmals verwendbar.
9. Kontrollieren Sie die Enden der Säule auf mögliche Verstopfungen durch Graphit- und/oder Septumreste und kürzen die Enden ggf. einige mm.

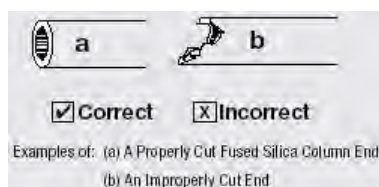
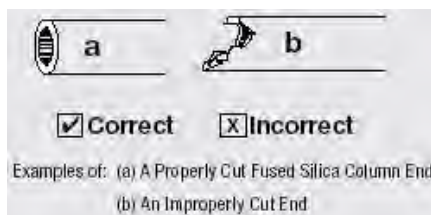


Fig.8

10. Die Säule muß 2-3mm durch das Ferrule geschoben werden.
  11. Die Verschraubungen müssen angezogen werden, bis sich die Säule nicht mehr in dem Ferrule bewegen läßt.
  12. Montieren Sie den Ofendeckel in umgekehrter Reihenfolge wie oben beschrieben.
- ✓ Die neue Säule ist installiert.

### Wie wird eine Säule korrekt geschnitten:

1. Schneiden Sie die Enden glatt ab ohne daß etwas von der Polyimid-Beschichtung übersteht.



2. Prüfen Sie die Enden mit einer 20X Lupe um sicherzugehen, daß der Schnitt glatt und rechtwinkelig war.
  3. Falls das Ende nicht rechtwinkelig ist, ritzen Sie die Säule 1-2cm vom Ende mit einer Diamantfeile oder einem Keramikmesser an.
  4. Dazu halten Sie die Säule zwischen dem Daumen und dem Zeigefinger, eine Hand auf jeder Seite des Kratzers.
  5. Halten Sie die Säule, so daß der Kratzer von Ihnen weg zeigt, und üben Sie leichten Druck mit Ihren Daumen aus.
- ✓ Die Säule sollte einfach und sauber abbrechen.



#### Hinweis

Vermeiden Sie Kratzer an anderen Stellen der Säule zu machen. Das könnte zu Brüchen der Säule führen.

### Wie wird eine gebrochene Säule mit einem Kapillarsäulenverbinder repariert:

Universal-Kapillarsäulenverbinder bieten eine praktische Methode um Kapillarsäulen ohne die Bildung von Totvolumen oder aktiven Stellen zu verbinden.

1. Schieben Sie jeweils ein Ende von jeder Säule fest in die jeweilige Öffnung des Kapillarsäulenverbinders.

Ein kompletter und gleichförmiger Ring sollte zu sehen sein, wo die Polyimidschicht der Säule mit dem Glas des Verbinders in Kontakt ist.

2. Wenn nicht, ziehen Sie die Säule heraus, schneiden Sie die Säule neu, und versuchen Sie es noch einmal.
- ✓ Eine leckdichte Verbindung wurde gebildet.

### 11.3.5 Einstellen des Detektor Signals

Das Niveau der Detektorbasislinie kann auf dem Verstärkerboard am Trimmer, der mit „Signal Offset“ bezeichnet ist, justiert werden.

Nachdem das System seine Betriebstemperatur erreicht hat, sollte die Basislinie so eingestellt werden, daß sie

- < 100mV ist, wenn der Detektor aus ist und
- > 100mV, wenn die FID Flamme brennt.

### 11.3.6 Einstellen der Zündspannung

Die Höhe der Zündspannung für den FID kann auf dem Verstärkerboard am Trimmer, der mit „Ignition Voltage“ bezeichnet ist, justiert werden.

Stellen Sie die Zündspannung so ein, daß sie für die Zündung des FID ausreicht.




---

#### **Hinweis**

Eine Zündspannung von über 2.0V kann die Glühkerze zerstören.

---

### 11.3.7 Überprüfen der Glühkerze

1. Ziehen Sie das Isolationsgehäuse vom FID.
2. Lösen Sie den elektrischen Anschluß der Glühkerze.
3. Messen Sie den elektrischen Widerstand der Kerze zwischen dem Zentralanschluß und dem Gehäuse. Der Widerstand sollte unter 5Ω sein.
4. Wenn die Glühkerze defekt ist, schrauben Sie sie heraus und ersetzen Sie sie.
5. Montieren Sie den elektrischen Anschluß ohne daß er das Gehäuse der Glühkerze berührt.




---

#### **Hinweis**

Beim erneuten Anschließen der elektrischen Verbindung muß unbedingt beachtet werden, daß der elektrische Anschluß nicht das Kerzengehäuse berührt. Anderenfalls haben Sie einen Kurzschluß zwischen beiden Anschlüssen der Glühkerze und die Zündung wird nicht funktionieren.

---

### 11.3.8 Überprüfung der Thermoelemente




---

**Achtung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Trennen Sie den GC 5000 BTX vom Stromnetz bevor Sie mit der Überprüfung beginnen.

---




---

**Vorsicht!**

Es können falsche Temperaturmessungen auftreten wegen unterschiedlichen elektrischen Potentialen. Vermeiden Sie direkten Kontakt zwischen Thermoelementen und metallischen Teilen.

---

1. Lösen Sie den Stecker des jeweiligen Thermoelementes.
2. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den beiden Anschlüssen. Der Widerstand sollte weniger als  $20\Omega$  betragen. Außerdem sollte es bei keinem Thermoelement eine Verbindung zum Gehäuse des GC 5000 geben.

Thermoelement Typ J Farbkodierung:

**IEC/CEI** + schwarz / - weiß

**ANSI** + weiß / - rot

**DIN** + rot / - blau

### 11.3.9 Überprüfen der Heizpatronen von Detektor und Ventilofen




---

**Achtung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Trennen Sie den GC 5000 BTX vom Stromnetz bevor Sie mit der Überprüfung beginnen.

---

1. Lösen Sie den Heizungsstecker.
2. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den beiden Anschlüssen (der 3. Anschluß liegt auf Erde). Der Widerstand sollte zwischen  $200\Omega$  und  $600\Omega$  liegen.
3. Tauschen Sie die Heizpatrone aus, wenn der Widerstand zu hoch ist.

## 11.3.10 Austausch der PID Lampe



### **Achtung!**

Elektrische Bauteile können unter hoher elektrischer Spannung stehen. Bei Nichtbeachtung können Tod, Körperverletzung oder Sachschäden die Folge sein. Trennen Sie den GC 5000 BTX vom Stromnetz bevor Sie mit dem Austausch der PID-Lampe beginnen.



### **Vorsicht!**

Während des Ausbaus kann die Lampe aus dem Detektoroberteil fallen. Legen Sie ein fuselfreies Tuch unter das Detektoroberteil sobald es gelöst ist und drehen Sie das Detektoroberteil aufrecht und halten Sie es nie nach unten.



### **Vorsicht!**

Während des Ausbaus der PID-Lampe kann das Lampenfenster kontaminiert werden. Das verringert die UV-Intensität und reduziert die Lebensdauer der Lampe. Deswegen fassen Sie die Lampe nicht mit den Fingern an. Nehmen Sie stattdessen ein fuselfreies Tuch.

1. Nach Herunterfahren des Betriebssystems schalten Sie den Analyser aus und trennen ihn vom Netz.
  2. Öffnen Sie die Gehäuseoberschale.
  3. Ziehen Sie das Versorgungsspannungskabel (rot/blau) von der Platine des PID-Oberteiles ab.
  4. Lösen Sie die beiden Rändelschrauben auf der linken Seite des Detektors (von der Gerätevorderseite gesehen) und ziehen sie das PID-Oberteil nach links. **Vorsicht:** Die Lampe kann nach vorn aus dem Oberteil fallen.
  5. Außerhalb des Gerätes legen Sie ein fuselfreies Stofftuch unter das PID-Oberteil und drehen das Teil um.
  6. Die Lampe rutscht nun aus der Erregerspule.
  7. Führen Sie die neue Lampe in gleicher Weise in die Spule ein, ohne sie mit den Fingern zu berühren. Auch hierfür eignet sich ein fuselfreies Stofftuch.
  8. Halten Sie das PID Oberteil horizontal mit den beiden elektrischen Anschlüssen nach hinten.
  9. Schieben Sie es langsam in Richtung PID Heizblock bis die 2 Bolzen in ihre Führungen rutschen.
  10. Nun drücken Sie das Detektoroberteil nach vorn und befestigen es mit den beiden Rändelschrauben. Achten Sie darauf das bewegliche Teil nicht zu verkanten.
  11. Stellen Sie die beiden elektrischen Verbindungen wieder her.
- ✓ Die neue PID-Lampe ist eingesetzt.



### 11.3.11 Reinigen des PID-Lampenfensters

1. Demontieren Sie das PID-Oberteil wie in Kapitel 11.3.10 beschrieben.
2. Benutzen Sie ein mit wasserfreiem Methanol getränktes fuselfreies Stofftuch um das Lampenfenster zu reinigen.
3. Montieren Sie das PID-Oberteil wieder wie in Kapitel 11.3.10 beschrieben.

### 11.3.12 Austausch des Rotors des Drehventils



**Achtung!**

Während des Austauschs des Rotors vom Drehventil muß das Gerät eingeschaltet sein, weil der Rotor gedreht werden muß. Elektrische Teile können unter gefährlicher Spannung stehen. Nur qualifizierte, autorisierte Techniker im Bereich der Elektrotechnik dürfen den Rotor austauschen.



**Achtung!**

Die Ventilofenheizung wird normalerweise auf 80°C (max. 150°C) geheizt. Bei Nichtbeachtung können Verbrennungen dritten Grades die Folge sein. Setzen Sie die Ventilofentemperatur auf 40°C und warten Sie bis die Heizung auf 40°C abgekühlt ist.

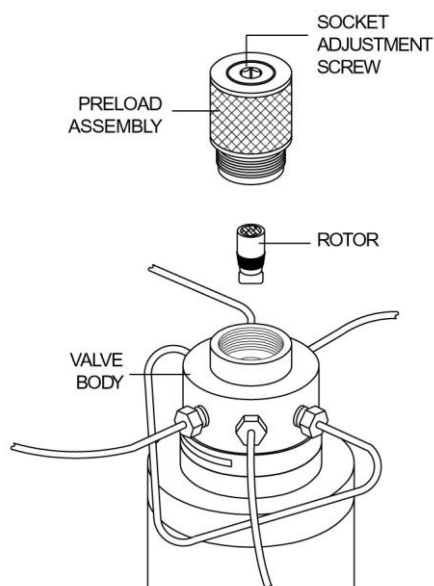
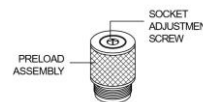


Fig. 10: Explosionszeichnung des Drehventils

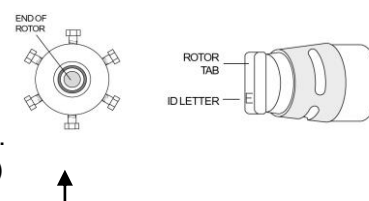
### Wie wird ein Rotor des Drehventils ausgetauscht:

1. Schließen Sie die Trägergaszufuhr, aber lassen Sie den GC 5000 eingeschaltet on.
2. Entfernen Sie den Deckel des Ventilofens.
3. Lösen Sie die Madenschraube in der Heizung des Ventils (Vorsicht, heiß!) und ziehen Sie die Heizung vom Ventil.
4. Drehen Sie das gesamte geriffelte Preload-Assembly aus dem Ventil. Dabei bitte auf keinen Fall die Inbus-Schraube in der Mitte des Preload-Assembly lösen.



5. Dann kann man den Rotor mit einem Magnet halten.
6. Nachdem das Ventil einmal geschaltet wurde, können Sie den Rotor entnehmen.
7. Setzen Sie den neuen Rotor ein.

8. Dabei ist darauf zu achten, daß der ID-Buchstabe auf der Unterseite des Rotors in Richtung von Anschluß 4 (Anschluß 6 für 10-Portventile) zeigt. (Port 4 ist mit einem Pfeil markiert, siehe rechts)



9. Drehen Sie das Preload-Assembly wieder in das Ventil bis es gerade den Rotor berührt.
  10. Schalten Sie das Ventil zehnmal hin und her.
  11. Drehen Sie das Preload-Assembly eine viertel Umdrehung fester und schalten das Ventil erneut zehnmal hin und her.
  12. Diesen Schritt wiederholen Sie bis sich das Preload-Assembly nicht mehr von Hand fester anziehen läßt.
  13. Heizung wieder montieren und mit der Madenschraube befestigen.
  14. Zuletzt wird der Deckel des Ventilofens festgeschraubt.
- ✓ Das Drehventil ist wieder einsatzbereit.

### 11.3.13 Austausch des GC-Ofen-Motors




---

#### Hinweis

GC-Säulen sind sehr zerbrechlich. Daher vorsichtig handhaben und Stöße vermeiden während Sie am GC-Ofen arbeiten.

---

1. Schalten Sie den GC aus, ziehen Sie das Netzkabel und öffnen Sie den Gehäusedeckel.
  2. Entriegeln Sie den Öffnungsmechanismus des Ofendeckels.
  3. Ziehen Sie am Arretierungsknopf des Deckels und schieben Sie den Deckel so weit nach rechts wie möglich.
  4. Heben Sie nun den Deckel ab.
  5. Lösen Sie vorsichtig die 1/16“ Verschraubungen an den Enden der Trennsäule (**vorsichtig!**).
  6. Jetzt können Sie die Säule aus dem Ofen entfernen.
  7. Nehmen Sie nun das Bodenblech des GC 5000 ab und legen Sie ihn auf die Seite.
  8. Entfernen Sie nun die vier Hutmuttern, die das Ofenblech halten, und stellen Sie es aufrecht. Achten Sie dabei darauf, daß der Temperaturfühler und die Eingangsleitung des Detektors nicht beschädigt werden.
  9. Lösen Sie nun die Mutter (Linksgewinde) vom Ofenlüfter und nehmen Sie das Lüfterrad heraus.
  10. Entfernen Sie ebenfalls den Sprengring und die Unterlegscheibe von der Achse des Motors.
  11. Ziehen Sie auf der Unterseite des GC 5000 die drei Kabel vom Motor ab.
  12. Nachdem Sie die drei Schrauben entfernt haben können Sie den Motor aus dem Gerät entnehmen.
- ✓ Der Motor ist ausgebaut.

Der Einbau des neuen Motors erfolgt genau in der umgekehrten Reihenfolge wie der Ausbau.

### 11.3.14 Austausch des Rückwandlüfters

1. Stöpseln Sie das Anschlußkabel des Lüfters aus.
  2. Lösen Sie die vier Schrauben.
  3. Nehmen Sie den Lüfter heraus und legen Sie einen neuen ein.
  4. Montieren Sie die vier Schrauben und stöpseln Sie das Anschlußkabel wieder ein.
- ✓ Der Rückwandlüfter ist ausgetauscht.

### 11.3.15 Austausch des Peltier-Kühler-Lüfters (BTX)

1. Schalten Sie den GC aus, ziehen Sie das Netzkabel und öffnen Sie den Gehäusedeckel.
  2. Entfernen Sie die zwei Inbusschrauben vom Lüfter.
  3. Stöpseln Sie den Stecker vom Lüfter aus und entnehmen Sie den Lüfter.
  4. Stecken Sie den Stecker vom neuen Lüfter ein.
  5. Schrauben Sie den Lüfter mit den beiden Inbusschrauben auf den Kühlkörper.
- ✓ Der neue Lüfter vom Peltier-Kühler ist eingebaut.

### 11.3.16 Wartung des FID Detektors




---

**Vorsicht!**

Während die FID-Düse eingebaut wird, kann sie kontaminiert werden. Das verringert das Meßsignal oder verursacht Rauschen und eine hohe Grundlinie im Chromatogramm. Deswegen fassen Sie die FID-Düse nicht mit den Fingern an. Benutzen Sie stattdessen eine Pinzette oder eine Spitzzange.

---

1. Nehmen Sie die Isolationshaube vom FID ab.
  2. Stöpseln Sie die beiden Kabel vom FID aus.
  3. Entfernen Sie die sechs Schrauben vom FID-Oberteil.
  4. Nehmen Sie das FID-Oberteil ab.
  5. Lösen Sie die Verschraubung an der FID-Düse.
  6. Ziehen Sie die alte FID-Düse heraus.
  7. Setzen Sie die neue FID-Düse mit einer Spitzzange ein. (Fassen Sie sie nicht mit den Fingern an!)
  8. Tauschen Sie die Teflon O-Ringdichtung aus.
  9. Setzen Sie das FID-Oberteil wieder auf das Unterteil und schrauben es mit den sechs Schrauben fest.
  10. Stecken Sie die beiden Kabel wieder ein.
  11. Setzen Sie die Isolationshaube wieder auf den FID.
- ✓ Die neue FID-Düse ist eingebaut.

### 11.3.17 Austausch der Anreicherungs- oder Fokussierstufe (VOC)



**Achtung!**

Die Anreicherungs- und Fokussierstufen werden normalerweise auf mehr als 200°C geheizt. Bei Nichtbeachtung können Verbrennungen dritten Grades die Folge sein. Warten Sie bis die Stufen wieder abgekühlt sind!

So baut man die alte Stufe aus und montiert die neue:

1. Ziehen Sie den Stecker vom Thermoelement der Anreicherungs- (Fokussier)stufe.
  2. Stellen Sie das Trägergas ab.
  3. Entfernen Sie die PVC-Abdeckung des Peltier-Kühlers.
  4. Öffnen Sie die 3/16" (1/8") Verschraubungen an beiden Seiten der Stufe und lösen Sie die Messingmuttern auf der Rückseite der Keramikisolatoren.
  5. Entfernen Sie die zwei Schrauben und den oberen Aluminiumblock des Peltier-Kühlers.
  6. Bewegen Sie einen der Messinghalter etwas nach außen und entnehmen Sie die Stufe samt den Teflonisolatoren.
  7. Montieren Sie die neue Anreicherungs- (Fokussier)-Stufe zwischen den beiden Verschraubungen.
  8. Richten Sie die Anreicherungs- (Fokussier)-Stufe exakt in der Mitte des Kühlers aus und das Thermoelement oben auf der Stufe.
  9. Montieren Sie den oberen Aluminiumblock des Peltier-Kühlers.
  10. Ziehen Sie die Messingmuttern auf den Keramikisolatoren an.
  11. Ziehen Sie die 3/16" (1/8") Verschraubungen an beiden Seiten der Stufe an.
  12. Setzen Sie die Abdeckhaube wieder auf den Aluminiumblock.
  13. Stecken Sie das Thermoelement wieder ein.
- ✓ Die neue Anreicherungs- oder Fokussierstufe ist eingesetzt.

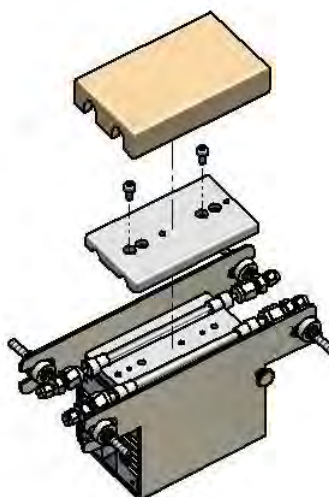


Fig. 11: Explosionszeichnung des Peltier-Kühlers

### 11.3.18 Austausch des Peltier-Kühler-Lüfters (VOC)

1. Stellen Sie das Trägergas ab.
  2. Nehmen Sie die PVC-Abdeckung ab.
  3. Stöpseln Sie den Thermoelementstecker von der Anreicherungsstufe aus.
  4. Stöpseln Sie das Stromversorgungskabel des Peltier-Kühlers aus.
  5. Lösen Sie die Messing-Muttern auf den Keramikisolatoren.
  6. Lösen Sie die 3/16" Muttern auf beiden Seiten der Anreicherungsstufe.
  7. Lösen Sie die 1/8" Muttern auf beiden Seiten der Fokussierstufe.
  8. Entfernen Sie die Rändelschraube, die den Kühler in seinem Gehäuse fixiert.
  9. Nehmen Sie den Kühler aus seinem Gehäuse.
  10. Entfernen Sie die vier Schrauben und das Schutzgitter vom Lüfter.
  11. Entfernen Sie den alten Lüfter. (Verlieren Sie nicht die beiden Abstandshalter.)
  12. Montieren Sie den neuen Lüfter zusammen mit den Abstandshaltern und dem Schutzgitter.
  13. Drücken Sie die zwei Drähte (rot +, schwarz -) des neuen Lüfters in die Kontakte auf der Platine und schieben Sie die Platine zurück in den Kühlkörper.
  14. Schieben Sie den Kühler wieder in das Gehäuse und fixieren Sie ihn mit der Rändelschraube.
  15. Montieren Sie die 3/16" Muttern auf beiden Seiten der Anreicherungsstufe an die jeweiligen Halter.
  16. Montieren Sie die 1/8" Muttern auf beiden Seiten der Fokussierstufe an die jeweiligen Halter.
  17. Ziehen Sie die Messingmuttern an den Keramikisolatoren wieder an.
  18. Stecken Sie das Stromversorgungskabel wieder ein.
  19. Stecken Sie die Thermoelementstecker von der Anreicherungs- und der Fokussierstufe wieder ein.
  20. Setzen Sie den PVC-Deckel wieder auf den Aluminiumblock.
- ✓ Der neue Peltier-Kühler-Lüfter ist nun eingesetzt.

## 12 Fehlersuche

Diese Kapitel wenden sich hauptsächlich an Servicetechniker.

1. Die Liste unten zeigt allgemeine Fehler und wie Sie sie beheben.
2. Bei einem Systemausfall wird der Benutzer durch automatisch angezeigte Meldungen informiert. Es kann entweder ein Alarm, Fehler oder eine Warnung sein. Alle Arten dieser Meldungen werden in diesem Kapitel beschrieben.




---

### Hinweis

**Fehler** Verursacht durch allg. Probleme und Verschleißteile.

**Warnung** Hinweise auf kleinere Ungereimtheiten im Programmablauf.

**Alarm** Hinweise auf Probleme, die zum Abbruch des Programmes führen.

**Error** Hinweis auf Hardware Probleme im GC 5000. Können in der Regel nur vom AMA-Service behoben werden.

---

### 12.1 Fehler

Hier finden Sie Hinweise zur Beseitigung allg. Probleme und Fehler verursacht durch Verschleißteile. Die Reparatur sollte nur von AMA Instruments oder einem autorisierten und erfahrenen Servicetechniker durchgeführt werden.

Fehler	Ursache	Nachweis und Reparatur
Anreicherungsstufe wird nicht geheizt	1. Die Schmelzsicherung ist defekt.	In der Ansteuerungselektronik die entsprechende Sicherung überprüfen.
	2. Die elektrischen Anschlüsse der Transformator-kabel an den Stufenfüße sind lose oder verschmutzt.	Kabelschuhe mit feinem Schleifpapier säubern und wieder einen festen Kontakt herstellen.
	3. Der Heiztransformator ist defekt.	Messen Sie die Wechselspannung an den Stufenfüßen, wenn geheizt werden soll. Sie sollte ca. 2,5 V betragen.
	4. Das Thermoelement ist defekt und alle Heizungen sind abgeschaltet worden.	Tauschen Sie die Anreicherungsstufe aus.

<b>Fehler</b>	<b>Ursache</b>	<b>Nachweis und Reparatur</b>
Ventilofen, GC-Ofen oder Detektor werden nicht geheizt	1. Die Schmelzsicherung ist defekt.	In der Ansteuerungselektronik die entsprechende Sicherung überprüfen.
	2. Der Trägergasdruck ist unter Minimum	Überprüfen Sie die Trägergasversorgung.
	3. Das Heizelement ist defekt.	Tauschen Sie das Heizelement aus.
	4. Das Thermoelement ist defekt und alle Heizungen sind abgeschaltet worden.	Tauschen Sie das Thermoelement aus.
Keine Peaks im Chromatogramm	1. Der FID ist nicht gezündet.	1. Prüfen Sie auf kondensierendes Wasser mit einem Spiegel am FID-Ausgang.  <u>Ergebnis:</u> Wenn kein Wasser kondensiert, brennt die FID-Flamme nicht.  2. Justieren Sie das Detektor-Signal korrekt wie in Kapitel 11.3.5 beschrieben.
	2. Der FID ist kontaminiert.	1. Schalten Sie den GC 5000 aus und lassen Sie den FID abkühlen. 2. Lösen Sie die Madenschraube im FID-Oberteil mit einem 1,5 mm Inbusschlüssel und ziehen Sie die Rundkappe heraus. 3. Sehen Sie in den FID, prüfen Sie ob Partikel oder Schmutz auf der FID-Düse oder auf der Elektrode sind. 4. Reinigen Sie die FID-Düse und/oder Elektrode wenn nötig.
	3. Das Drehventil schaltet nicht	Prüfen Sie ob das Drehventil beim Start des entsprechenden Programmschritts (Start und Ende Probenahme bei BTX; Start und Ende Probenahme, Desorption und Injektion bei VOC).  Wenn das Drehventil überhaupt nicht schaltet: Lösen Sie den Rotor bis das Ventil korrekt schaltet. Ziehen Sie ihn danach wieder fest an wie in Kapitel 11.3.12 beschrieben.
Fehlende Ergebnisse oder viele 0.0 oder --- als Ergebnis	Retentionszeitfenster sind nicht korrekt gesetzt.	Justieren Sie die Retentionszeitfenster (siehe Kapitel 7.2).
Teile des GUI sind nicht sichtbar	Windows hat automatisch eine andere Bildschirmauflösung eingestellt.	Schließen Sie das GUI und stellen Sie die Bildschirmauflösung auf 1280 * 800 ein (Rechts-Klick auf dem Desktop, Screen resolution).



## 12.2 Fehlermeldungen

Wenn ein Fehler auftritt, wird er mitgeloggt in der Event-Liste (Tab-Leiste → Achtung Symbol).

Die Reparatur sollte nur von AMA Instruments oder einem autorisierten und erfahrenen Servicetechniker durchgeführt werden.

<b>Error</b>	<b>Ursache</b>	<b>Nachweis und Reparatur</b>
The carrier gas pressure is below minimum!	Die Trägergasflasche ist leer.	1. Tauschen Sie die Trägergasflasche.
The ignition of the FID is not possible!	1. Die Gasflüsse sind nicht korrekt eingestellt.	<p>1. Messen Sie die Gasflüsse an den entsprechenden Nadelventilen (Luft, Make-up (VOC)) oder an der 1/16"-Leitung im GC-Ofen (Make-up BTX) und prüfen Sie ob:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Brennluftfluß 280 ml/min ist.</li> <li>- der Make-up-Gasfluß 30 ml/min ist.</li> </ul> <p>Der Wasserstofffluß wird durch einen Massendurchflußregler geregelt und der aktuelle Fluß wird in der AMA-Steuersoftware angezeigt.</p> <p>Nach dem Einschalten ist oft noch Luft in der Wasserstoffleitung und es braucht einige Zeit bis der Wasserstoff den GC 5000 erreicht:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. In diesem Fall öffnen Sie den Wasserstoffanschluß an der Rückseite des GC 5000 nur ein bißchen.</li> <li>3. Lassen Sie das Gas für etwa zwei Sekunden ausströmen.</li> </ol> <p>Ergebnis: Gasfluß ist normal; FID zündet.</p>
	2. Die Glühkerze ist defekt.	<p>1. Lösen Sie das Kabel von der Glühkerze.</p> <p>2. Messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen dem Anschluß und dem Gehäuse der Glühkerze und dem Detektorgehäuse. Er sollte kleiner als 4Ω sein.</p> <p>Ergebnis: Ist der Widerstand unendlich, tauschen Sie die Glühkerze.</p>
	3. Der FID ist gezündet, aber Das FID-Signal ist immer noch unter 100 mV. Das kann verursacht werden durch die Verwendung von synthetischer Luft in sehr hoher Reinheit.	<p>1. Drücken Sie die „Ignition“-Taste.</p> <p>2. Prüfen Sie ob das Signal höher als vorher ist, aber immer noch unter 100 mV.</p> <p>3. In diesem Fall justieren Sie den FID-Signal-Offset am FID-Verstärker.</p> <p>Hinweis: Das FID-Signal muß &gt; 100 mV sein, wenn die FID-Flamme brennt. Wenn die Flamme nicht brennt muß das FID-Signal &lt; 100 mV sein.</p>

Alternativ können Sie prüfen, ob Wasserdampf aus dem FID-Ausgang kommt:

1. Drücken Sie die „Ignition“-Taste.
2. Prüfen Sie mit einem Spiegel auf kondensierendes Wasser am FID-Ausgang.
3. Wenn Sie kondensierendes Wasser sehen, justieren Sie den FID-Signal-Offset am FID-Verstärker.

Hinweis: Das FID-Signal muß > 100 mV sein, wenn die FID-Flamme brennt. Wenn die Flamme nicht brennt muß das FID-Signal < 100 mV sein.

4. Die Zündspannung ist zu niedrig.

1. Messen Sie die Zündspannung an dem weißen und dem grün/gelben Draht am weißen Stecker vom FID-Kabel. (Sie müssen die „Ignition“-Taste drücken bevor Sie die Zündspannung für zwei Sekunden messen können.)
2. Solange die Zündspannung unter 1.9V ist, können Sie sie mit dem rechtem Trimpotentiometer auf dem FID-Verstärker erhöhen.

Ergebnis: Zündspannung ist normal; FID zündet.

5. Der FID ist kontaminiert.

1. Schalten Sie den GC 5000 aus und lassen Sie den FID abkühlen.
2. Lösen Sie die Madenschraube im FID-Oberteil mit einem 1,5 mm Inbusschlüssel und ziehen Sie die Rundkappe heraus.
3. Sehen Sie in den FID, prüfen Sie ob Partikel oder Schmutz auf der FID-Düse oder auf der Elektrode sind.
4. Reinigen Sie die FID-Düse und/oder Elektrode wenn nötig.

## 12.3 Warnmeldungen

Hier sind Fehlermeldungen gelistet, die auf kleinere Ungereimtheiten im Programmablauf hinweisen.

Warnung	Ursache	Nachweis und Reparatur
Run aborted – Timeout awaiting GC-ready	Die Zykluszeit ist zu kurz bzw. Programmschritte sind zu lang.	1. Passen Sie die Parameter an.
	Die Umgebungstemperatur ist zu hoch, um die erforderliche Starttemperatur des GC-Programms zu erreichen.	1. Klimaanlage einsetzen (oberhalb von 30°C) oder 2. Erhöhen Sie die Starttemperatur des GC-Programms, sofern möglich.
	Der Rückwandlüfter ist defekt.	1. Überprüfen Sie ob der Lüfter sich dreht. 2. Wenn nicht, ersetzen Sie den Lüfter (siehe Kapitel 11.3.14)
Sampling time expired (Das Probenvolumen wurde nicht erreicht)	1. Die Pumpe ist defekt.	1. Lösen Sie die Ausgangsleitung vom MFC. 2. Überprüfen Sie ob die Pumpe richtig saugt oder nicht. 3. Exchange the pump if it sucks only weakly.
	2. Das Drehventil VE 1 schaltet nicht sauber und verharrt in einer undefinierten Zwischenstellung.	1. Überprüfen Sie das Drehventil VE1. 2. Falls nötig, lösen Sie den Rotor bis das Ventil richtig schaltet. 3. Ziehen Sie ihn wieder an wie in Kapitel 11.3.12 beschrieben.
	3. Die Probenleitung ist blockiert.	1. Entfernen Sie die Probenleitung vom Probeneingang auf der Rückseite des GC 5000. 2. Start Sie eine Messung und überprüfen Sie den Probenfluß.
		<p><u>Ergebnis:</u> Wenn der Probenfluß jetzt in Ordnung ist, dann liegt der Fehler in der externen Probenleitung: Reinigen Sie die Probenleitung und entfernen Sie jegliche Verstopfungen.</p>

## 13 Ersatzteilliste

Diese Liste enthält die gebräuchlichsten Komponenten. Sie sind nötig für vorbeugende Wartung.

<b>Komponente</b>	<b>Art.-Nr.</b>
Rückwandlüfter ( <b>alle GCs, S/N 150585289 oder höher</b> )	2931
Rückwandlüfter ( <b>BTX und Process bis zu 150585287</b> )	3129
BTX Anreicherungsstufe ( <b>nur BTX</b> )	220
Lüfter des Peltier-Kühlers ( <b>nur BTX bis zu 180285507</b> )	131
Lüfter für den PID ( <b>S/N 151085304 oder höher</b> )	2930
GC-Säule ( <b>Standard-BTX</b> )	1310
GC-Ofenmotor 230V	1254
GC-Ofenmotor 115V	2058
EingangsfILTER für MFC ( <b>BTX und VOC</b> )	427
Wartungssatz FID (FID-Düse, Dichtungen)	10000
PID-Lampe	407
Pumpe 230V	562
Pumpe 115V	2060
Rotor des Drehventils (6 Port)	242
Rotor des Drehventils (10 Port)	2657
Gehäuselüfter für Front-Panel ( <b>alle GCs S/N 131185195 bis 180285507</b> )	1825
Rückwandlüfter ( <b>VOC, Sulfur bis zu 150586288</b> )	2054
VOC Anreicherungsstufe ( <b>nur VOC, bis zu 170786468</b> )	222
VOC Fokussierstufe ( <b>nur VOC, bis zu 170786468</b> )	4261
Lüfter des Peltier-Kühlers ( <b>alle VOC und Sulfur, BTX S/N 180285508 oder höher</b> )	3128
Analytische GC-Säule ( <b>nur VOC</b> )	264
Vorsäule ( <b>nur VOC</b> )	3137

## 14 Garantie

Die Garantie für das System ist 12 Monate (ab dem Datum der Lieferung).

1. Die Garantie deckt nur fehlerhaftes Material und fehlerhafte Arbeit. Reparaturen, die durch unsachgemäße Handhabung oder unsachgemäßen Transport nötig werden, sind nicht durch die Garantie abgedeckt.
2. Die Garantie beinhaltet nicht bewegte Teile und Verschleißteile wie die Valco-Ventile und die Pumpe, und Verbrauchsmaterial wie Adsorptionsrohre, Glühkerzen usw.
3. Die Garantie erfordert sachgemäße Handhabung und regelmäßige Sorgfalt um zu vermeiden, daß die Garantie erlischt. Stellen Sie sicher, daß das System nicht verändert wird.
4. Transport: Der Kunde trägt die Frachtkosten für eine Richtung im Fall einer Lieferung für eine Reparatur während der Garantiezeit. Wir empfehlen die Originalverpackung für einen sicheren Transport des Systems zu benutzen.




---

### Hinweis

Im Fall einer Garantiereparatur empfehlen wir eine detaillierte und aussagekräftige Beschreibung des Fehlers beizulegen, um eine schnelle Reparatur zu gewährleisten und eine lange dauernde Fehleranalyse zu vermeiden.

---

## 15 Gesytec-II Protokoll

### 15.1 Telegram Definitions

All telegrams of the Gesytec-II Protokoll are listed below. Telegrams with the same identifications as in the Gesytec (Bayern-Hessen) Protokoll have partly different contents. Therefore you should always work with the complete documentation to avoid any confusion.

For a better understanding in the following telegrams:

- Telegram control characters are enclosed in <>
- Binary data is symbolized by b
- BCC characters are enclosed in <>
- The BCC bytes are calculated by “exclusive or” of all bytes in front of the BCC bytes.

The representation  $\pm nnnn\pm ee$  symbolizes the real value of the form:

sign:  $\pm$

Mantissa, four-digit with implicit decimal point: 1.234

Sign of the exponent:  $\pm$

Exponent, two-digit: 12.

The digits are transferred as ASCII characters!

Example:

+1234-03 means  $+1.234 \cdot 10^{-03}$

List of telegrams

- Status request MZ
- Status response ZM
- Data request DA
- Data response AD
- Control command ST
- Control response TS

### 15.2 Status request MZ

Telegram identification:	MZ
Telegram length:	Variable
Telegram type:	Command
Brief description:	Request the monitoring instrument status

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	MZ	Telegram identification
4	5	b	Monitoring instrument identification (optional)
5	6	<ETX>	End of text
6	7	<BCC1>	Upper nibble
7	8	<BCC2>	Lower nibble

If field number 4 is not present, the status of all monitoring instruments (Komponentes) is requested.

## 15.3 Status response ZM

Telegram identification:	ZM
Telegram length:	Variable
Telegram type:	Response
Brief description:	Status of the monitoring instruments as reply to MZ

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	ZM	Telegram identification
4	5	b	Number of monitoring instruments to transmit data
5	6	b	Monitoring instrument ID instrument 1
6	7	b	Operating status
7	8	b	Error status
8	9	b	Serial number
9	10	b	Monitoring instrument ID instrument 2 (optional)
10	11	b	Operating status
11	12	b	Error status
12	13	b	Serial number
13	14	b	Monitoring instrument ID instrument 3 (optional)
14	15	b	Operating status
15	16	b	Error status
16	17	b	Serial number
17	18	b	Monitoring instrument ID instrument 4 (optional)
18	19	b	Operating status
19	20	b	Error status
20	21	b	Serial number
21	22	b	Monitoring instrument ID instrument 5 (optional)
22	23	b	Operating status
23	24	b	Error status
24	25	b	Serial number
25	26	b	Monitoring instrument ID instrument 6 (optional)
26	27	b	Operating status
27	28	b	Error status
28	29	b	Serial number
29	30	b	Monitoring instrument ID instrument 7 (optional)
30	31	b	Operating status
31	32	b	Error status
32	33	b	Serial number
33	34	b	Monitoring instrument ID instrument 8 (optional)
34	35	b	Operating status
35	36	b	Error status
36	37	b	Serial number
37	38	<ETX>	End of text
38	39	<BCC1>	Upper nibble
39	40	<BCC2>	Lower nibble

## 15.4 Data request DA

Telegram identification:	DA
Telegram length:	Variable
Telegram type:	Command
Brief description:	Data request of the monitoring station

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	DA	Telegram identification
4	5	b	Monitoring instrument identification (optional)
5	6	<ETX>	End of text
6	7	<BCC1>	Upper nibble
7	8	<BCC2>	Lower nibble

If field no. 4 is not present, the measured values of all monitoring instruments (Komponentes) are requested.

## 15.5 Data response AD

Telegram identification:	AD
Telegram length:	20, 32, 44, 56, 68, 80, 92, 104, ...
Telegram type:	response
Brief description:	Output data of monitoring instruments as response to DA

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	AD	Telegram identification
4	5	b	Number of monitoring instruments to transmit data
5	6	b	Monitoring instrument ID instrument 1
6	7	$\pm nnnn \pm ee$	Measured value
7	15	b	Operating status
8	16	b	Error status
9	17	b	Serial number
10	18	b	Monitoring instrument ID instrument 2 (optional)
11	19	$\pm nnnn \pm ee$	Measured value
12	27	b	Operating status
13	28	b	Error status
14	29	b	Serial number
15	30	b	Monitoring instrument ID instrument 3 (optional)
16	31	$\pm nnnn \pm ee$	Measured value
17	39	b	Operating status
18	40	b	Error status



Field no.	Start byte	Data format	Field description
19	41	b	Serial number
20	42	b	Monitoring instrument ID instrument 4 (optional)
21	43	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
22	51	b	Operating status
23	52	b	Error status
24	53	b	Serial number
25	54	b	Monitoring instrument ID instrument 5 (optional)
26	55	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
27	63	b	Operating status
28	64	b	Error status
29	65	b	Serial number
30	66	b	Monitoring instrument ID instrument 6 (optional)
31	67	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
32	75	b	Operating status
33	76	b	Error status
34	77	b	Serial number
35	78	b	Monitoring instrument ID instrument 7 (optional)
36	79	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
37	87	b	Operating status
38	88	b	Error status
39	89	b	Serial number
40	90	b	Monitoring instrument ID instrument 8 (optional)
41	91	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
42	99	b	Operating status
43	100	b	Error status
44	101	b	Serial number
45	102	<ETX>	End of text
46	103	<BCC1>	Upper nibble
47	104	<BCC2>	Lower nibble

From 21 oder more monitoring instruments there are two length bytes:

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	bb	Length bytes (Upper byte, lower byte)
3	4	AD	Telegram identification
4	6	b	Number of monitoring instruments to transmit data
5	7	b	Monitoring instrument ID instrument 1
6	8	$\pm nnnn\pm ee$	Measured value
7	16	b	Operating status
8	17	b	Error status
9	18	b	Serial number

...

## 15.6 Control command ST

Telegram identification:	ST
Telegram length:	9
Telegram type:	Command
Brief description:	Output control words to a monitoring instrument of the monitoring station. Only one monitoring instrument is addressed.

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	ST	Telegram identification
4	5	b	Monitoring instrument ID
5	6	b	Control byte
6	7	<ETX>	End of text
7	8	<BCC1>	Upper nibble
8	9	<BCC2>	Lower nibble

Field number 4: Main instrument (Komponente) controls the whole monitoring station.

## 15.7 Control response TS

Telegram identification:	TS
Telegram length:	9
Telegram type:	Command
Brief description:	Acknowledgement of the control command as response to ST.

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	b	Length byte
3	3	TS	Telegram identification
4	5	b	Monitoring instrument identification
5	6	b	Control byte
6	7	<ETX>	End of text
7	8	<BCC1>	Upper nibble
8	9	<BCC2>	Lower nibble

## 15.8 Appendix

### Protokoll bytes of the AMA Instruments GC5000BTX

The following charts show the configuration of the data bytes which kann be sent from the AMA GC 5000 BTX Analyzer via the "Gesytec-II" Protokoll.

#### Control byte

Bit	0	Start sampling
Bit	1	Zero gas on (Kalibriergas 1)
Bit	2	Span gas on (Kalibriergas 2)
Bit	3	Not used
Bit	4	Not used
Bit	5	Not used
Bit	6	Not used
Bit	7	Not used

(Start of zero gas run needs bit 0 und bit 1 set, start of span gas run bit 0 und bit 2.)

#### Status byte

Bit	0	System off
Bit	1	Wartung / Local mode
Bit	2	Zero gas running (Kalibriergas 1)
Bit	3	Span gas running (Kalibriergas 2)
Bit	4	Program step sampling running
Bit	5	New results
Bit	6	Not used
Bit	7	Not ready

#### Error byte

Bit	0	System error
Bit	1	Not used
Bit	2	Not used
Bit	3	Not used
Bit	4	Not used
Bit	5	Not used
Bit	6	Not used
Bit	7	Not used

Status und error byte show the current state of the analyzer.

**Hinweis:** While transmitting results, these status und error bytes indicate the analyzer status during data acquisition only.

## 16 Gesytec-I Protokoll (Bayern-Hessen Protokoll)

### 16.1 Telegram Definitions

All telegrams of the Gesytec-I Protokoll are listed below. Telegrams with the same identifications as in the Gesytec-II Protokoll have partly different contents. Therefore you should always work with the complete documentation to avoid any confusion.

For a better understanding in the following telegrams:

- Telegram control characters are enclosed in <>
- Binary data is symbolized by b
- Hex data is symbolized by h
- Decimal numbers are symbolized by n
- BCC characters are enclosed in <>
- The BCC bytes are calculated by “exclusive or” of all bytes in front of the BCC bytes.
- <STX> Start of Text (ASCII 02)
- <ETX> End of text (ASCII 03)
- <SP> Space (ASCII 32)

The representation  $\pm nnnn\pm ee$  symbolizes the real value of the form:

sign:  $\pm$

Mantissa, four-digit with implicit decimal point: 1.234

Sign of the exponent:  $\pm$

Exponent, two-digit: 12.

The digits are transferred as ASCII characters!

Example:

+1234-03 means  $+1.234 \cdot 10^{-03}$

List of telegrams

- Data request DA
- Data response MD
- Control command ST

### 16.2 Data request DA

Telegram identification:	DA
Telegram length:	Variable
Telegram type:	Command
Brief description:	Data request of the monitoring station

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	DA	Telegram identification
3	4	nnn	Monitoring instrument identification (optional)
4	7	<ETX>	End of text
5	8	<BCC1>	Upper nibble
6	9	<BCC2>	Lower nibble

If field no. 3 is not present, the measured values of all monitoring instruments (Komponentes) are requested.

## 16.3 Data response MD

Telegram identification:	MD
Telegram length:	39, 69, 99 oder 129
Telegram type:	response
Brief description:	Output data of monitoring instruments as response to DA

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	MD	Telegram identification
3	4	nn<SP>	Number of monitoring instruments to transmit data
4	7	nnn<SP>	Monitoring instrument ID instrument 1
5	11	±nnnn±ee<SP>	Measured value
6	20	hh<SP>	Operating status
7	23	hh<SP>	Error status
9	26	nnn<SP>nnnnn<SP>	Serial number
10	37	nnn<SP>	Monitoring instrument ID instrument 2 (optional)
11	41	±nnnn±ee<SP>	Measured value
12	50	hh<SP>	Operating status
13	53	hh<SP>	Error status
14	56	nnn<SP>nnnnn<SP>	Serial number
15	67	nnn<SP>	Monitoring instrument ID instrument 3 (optional)
16	71	±nnnn±ee<SP>	Measured value
17	80	hh<SP>	Operating status
18	83	hh<SP>	Error status
19	86	nnn<SP>nnnnn<SP>	Serial number
20	97	nnn<SP>	Monitoring instrument ID instrument 4 (optional)
21	101	±nnnn±ee<SP>	Measured value
22	110	hh<SP>	Operating status
23	113	hh<SP>	Error status
24	116	nnn<SP>nnnnn<SP>	Serial number
45	127	<ETX>	End of text
46	128	<BCC1>	Upper nibble
47	129	<BCC2>	Lower nibble

## 16.4 Control command ST

Telegram identification:	ST
Telegram length:	11
Telegram type:	Command
Brief description:	Output control words to a monitoring instrument of the monitoring station. Only one monitoring instrument is addressed.

Field no.	Start byte	Data format	Field description
1	1	<STX>	Start of text
2	2	ST	Telegram identification
3	4	nnn<SP>	Monitoring instrument ID
4	8	A	Control character
5	9	<ETX>	End of text
6	10	<BCC1>	Upper nibble
7	11	<BCC2>	Lower nibble

Field number 4: Main instrument (Komponente) controls all instruments.

## 16.5 Appendix

### Protokoll bytes of the AMA Instruments GC5000BTX

The following charts show the configuration of the data bytes which kann be sent from the AMA GC 5000 BTX Analyzer via the "Gesytect-I" Protokoll.

#### Control character

M	Start with sample
N	Start with zero gas (Kalibriergas 1)
K	Start with span gas (Kalibriergas 2)

#### Status byte

Bit	0	System off
Bit	1	Wartung / Local mode
Bit	2	Zero gas running (Kalibriergas 1)
Bit	3	Span gas running (Kalibriergas 2)
Bit	4	Not used
Bit	5	Not used
Bit	6	Not used
Bit	7	Not used

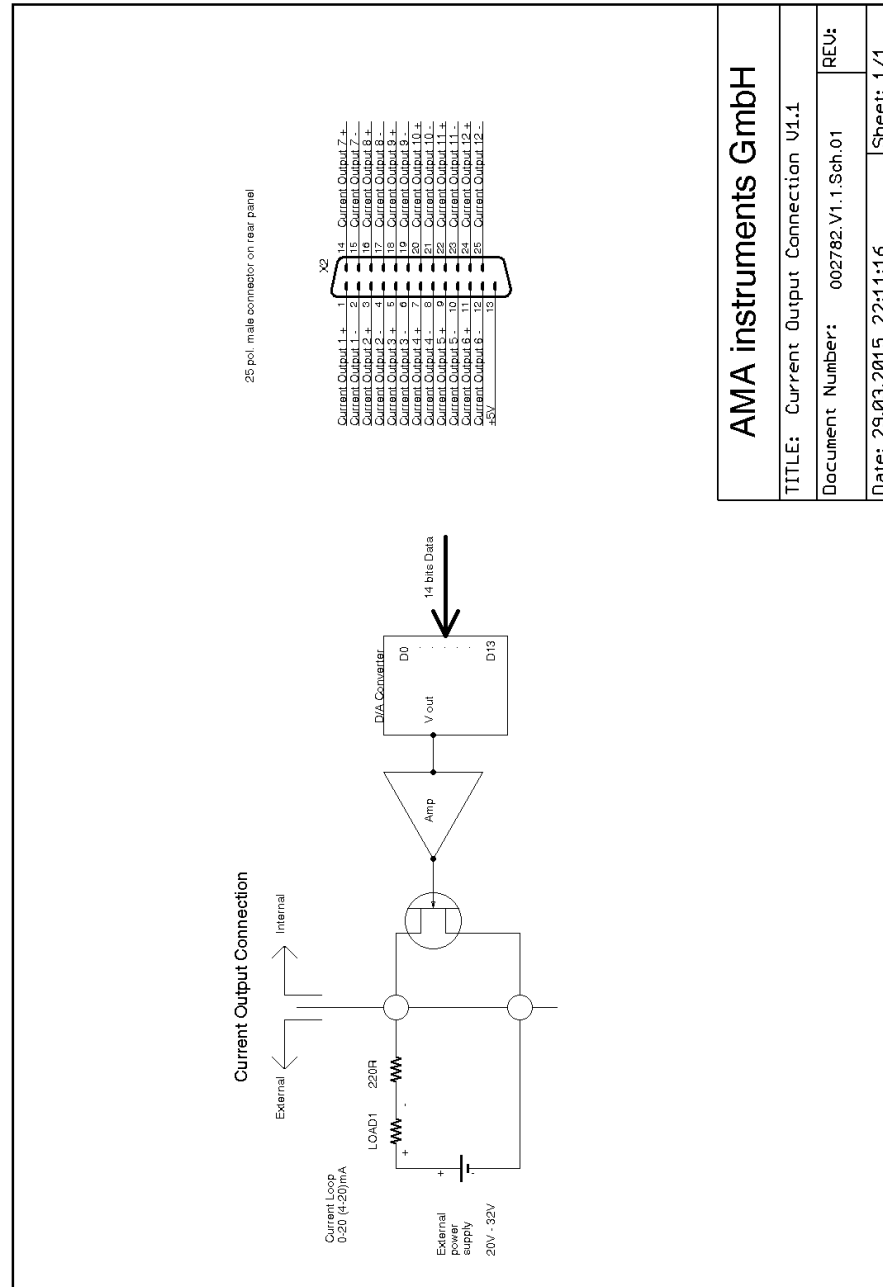
#### Error byte

Bit	0	Not used
Bit	1	System error
Bit	2	Not used
Bit	3	Not used
Bit	4	Not used
Bit	5	Not used
Bit	6	Not used
Bit	7	Not used

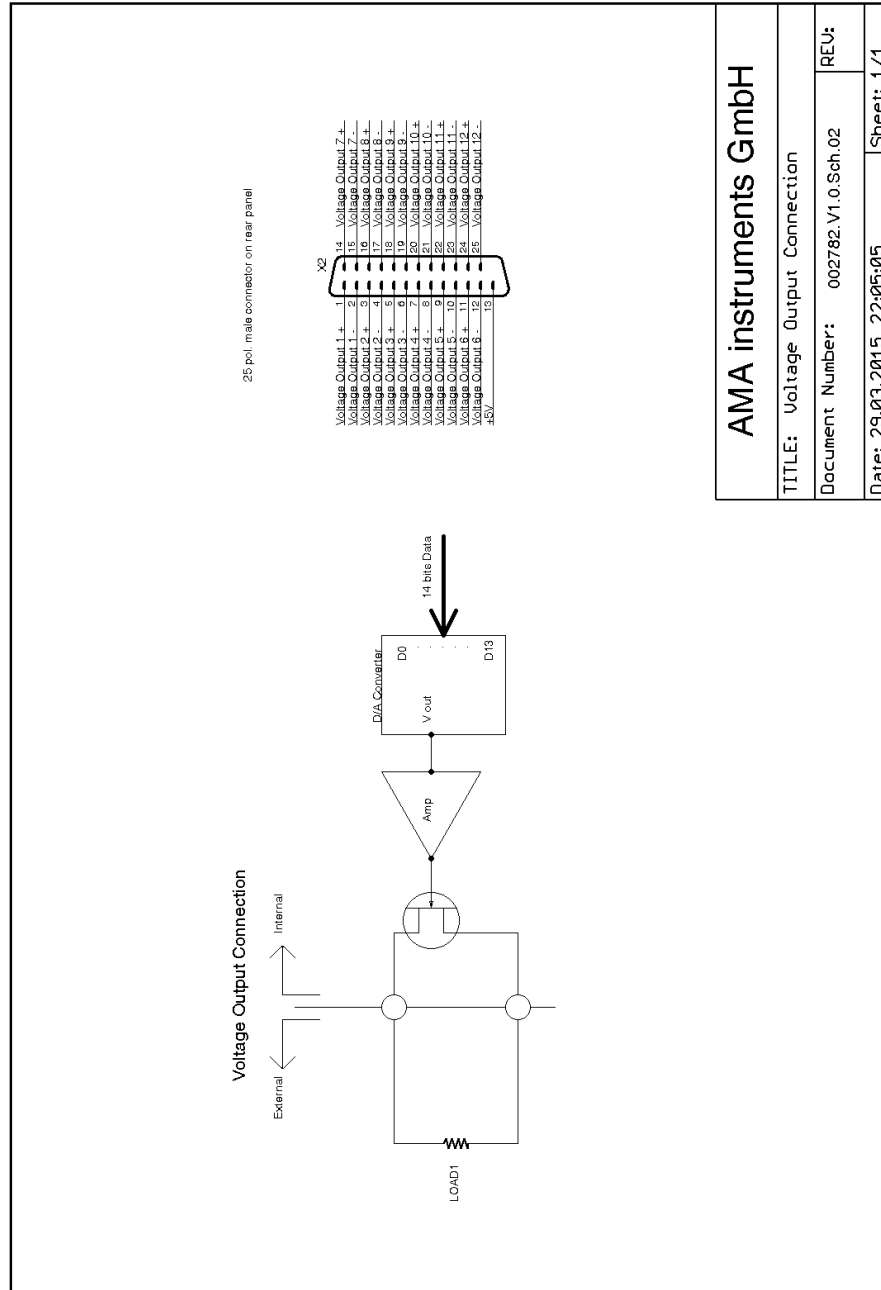
## 17 Analog outputs

### 17.1 Analog outputs connection

If you have the optional 6 oder 12 4-20mA outputs installed in your GC, you have to connect them to the data logger like shown in this scheme.



If you have the optional 6 oder 12 0-10V outputs installed in your GC, you have to connect them to the data logger like shown in this scheme.

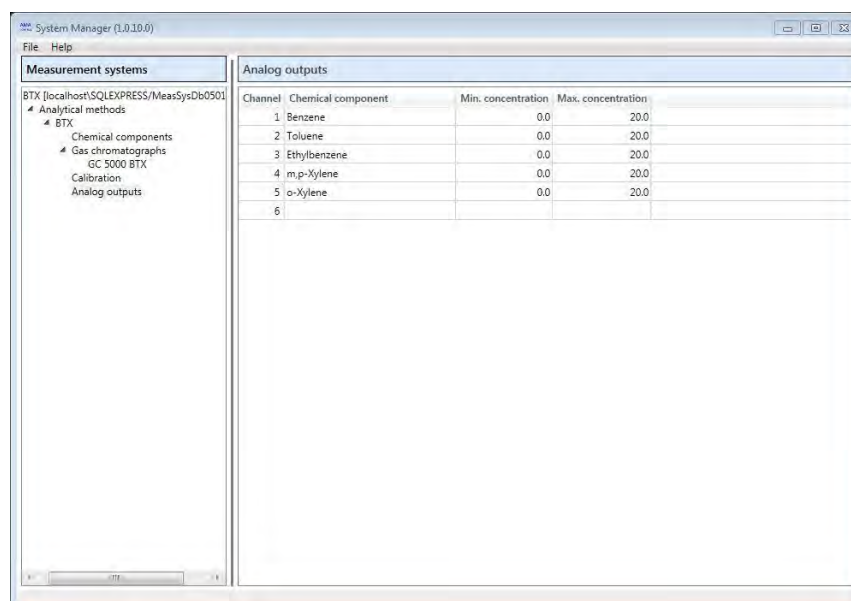


<b>AMA instruments GmbH</b>	
TITLE: Voltage Output Connection	
Document Number: 002782.V1.0.Sch.02	REV:
Date: 29.03.2015 22:05:05	Sheet: 1/1

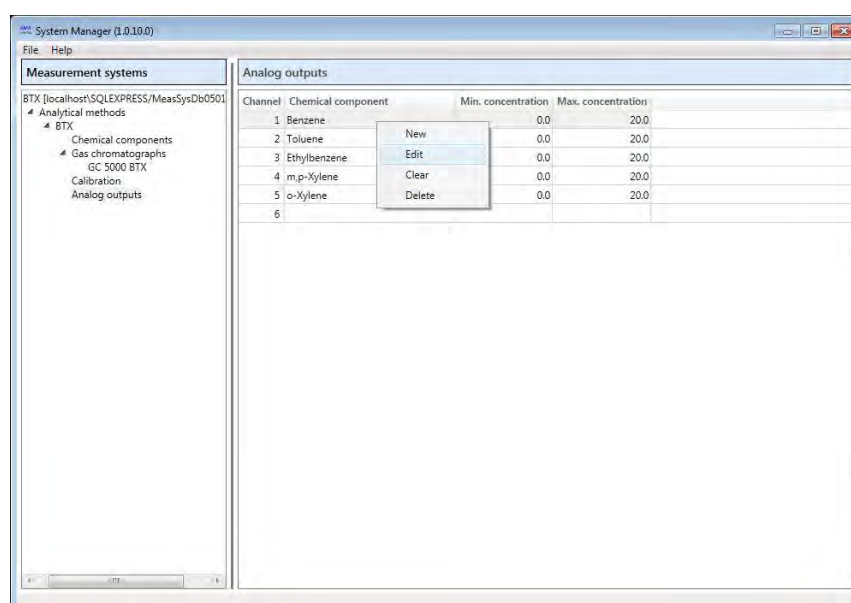


## 17.2 Analog outputs configuration

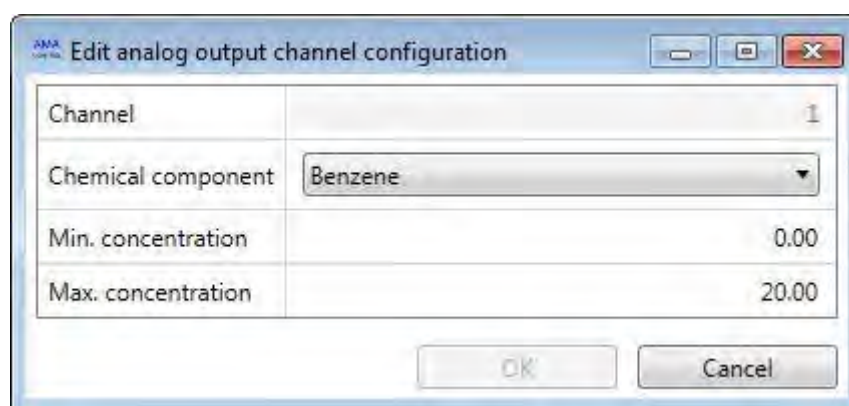
The analog outputs are configured with the AMA Measurement System Manager. You find the program on the desktop in the folder GC5000\40\_MeasSysMgr.



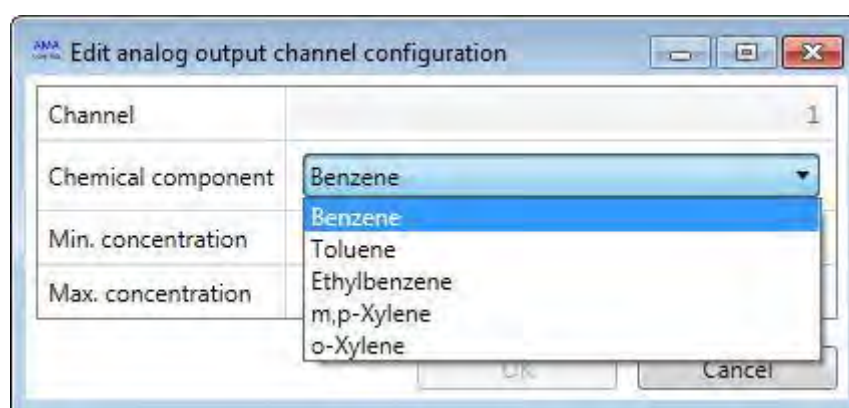
In diesem Fenster you see the selected Komponenten, the minimum Konzentrationen (assigned to 4mA) und the maximum Konzentrationen (assigned to 20mA). If you want to activate more channels oder modify the minimum oder maximum values für the Konzentrationen, Sie können do this by right-clicking on the channel und selecting "Edit".



Dann a neues Fenster wird geöffnet.



Sie können select Komponentes from the Pull-Down Menü.



Sie können enter Konzentration values in the corresponding fields. When you are finished, click "OK" und the new settings are used.

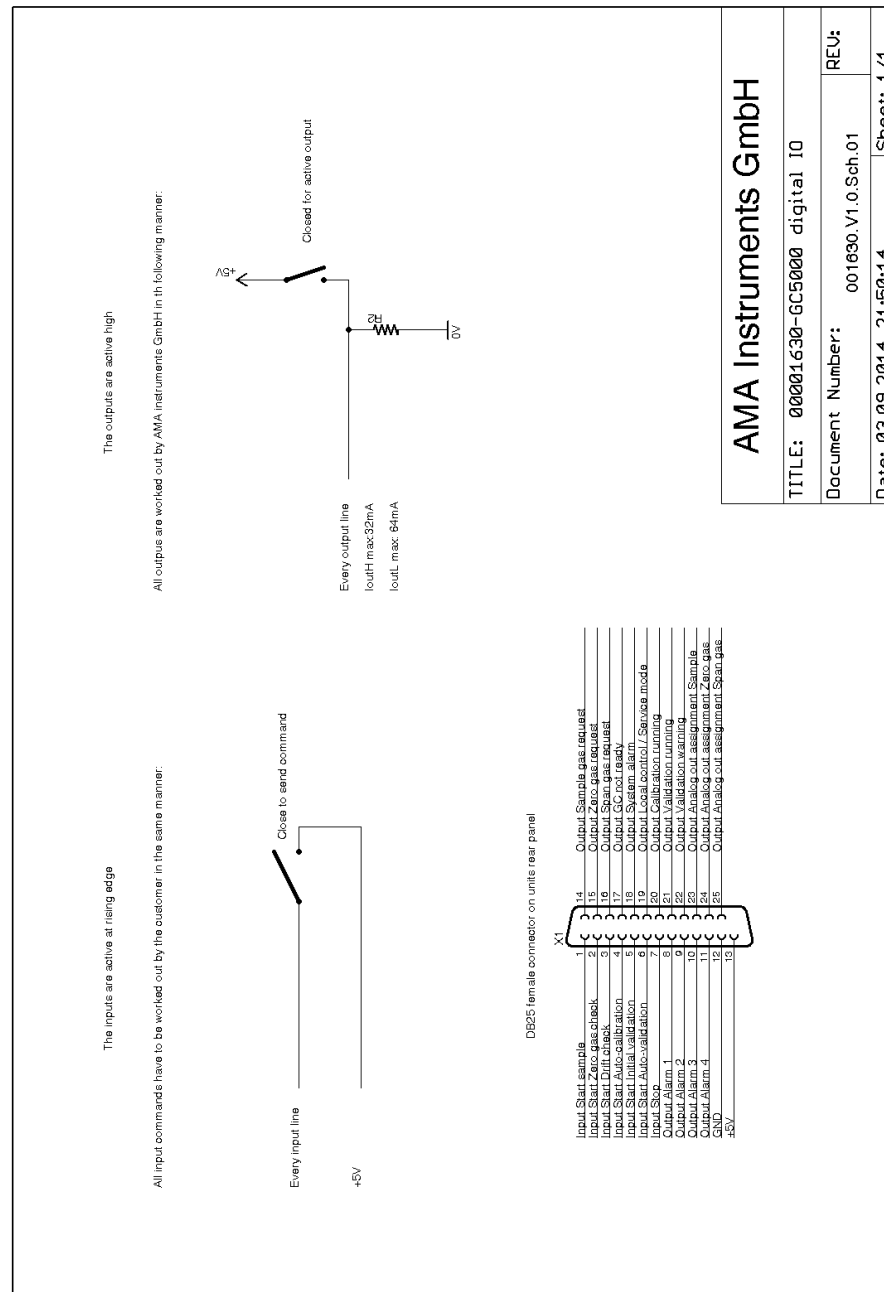
### 17.3 RS-485 termination

The terminating resistor which is included with the GC 5000 has to be connected to the RS-485 port on the rear panel of the GC 5000. If you also have external modules like DIM 200, HG 300/500 oder ZAG 300, one module has to be connected to the RS-485 port, the next module to one RS-485 port of the first module und the terminating resistor to the available RS-485 port of the last module on the RS-485 bus.

# 18 Digital I/O

## 18.1 General

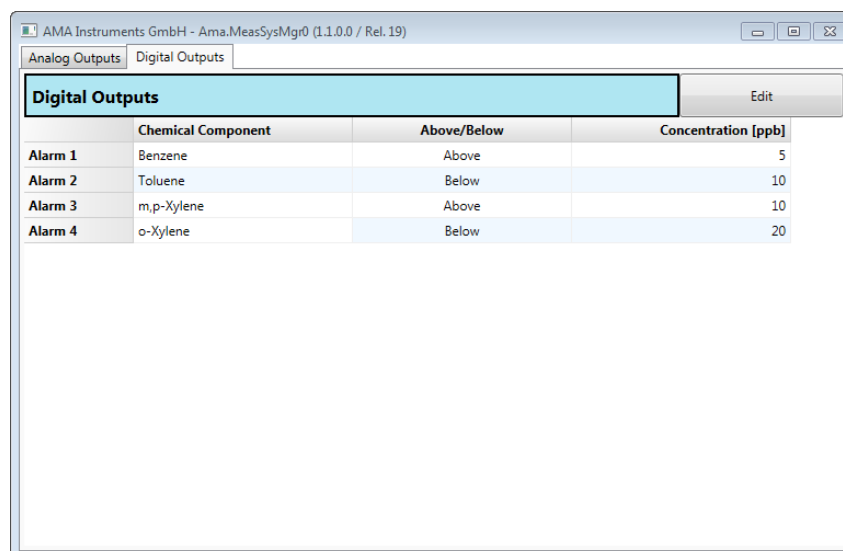
If you have a board with digital inputs und outputs in your analyzer, Sie können remote-control the analyzer via the digital inputs und read the analyzer's status und alarms via the digital outputs. The following scheme shows how to connect the inputs und outputs correctly:



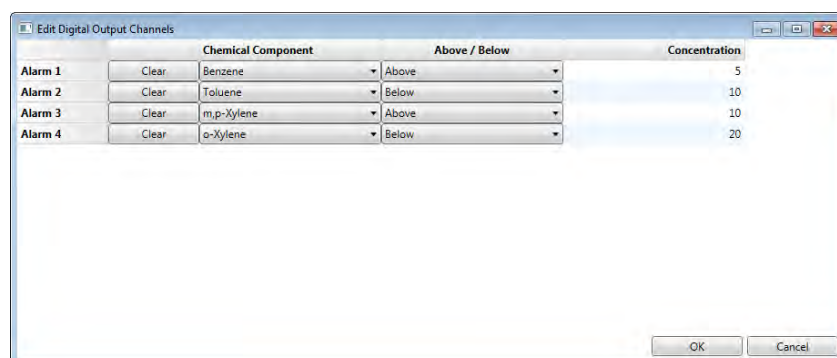
## 18.2 Digital outputs

### 1. Alarm 1 – 4

These four outputs are für high alarms oder low alarms für monitored Komponenten. The alarm outputs are configured with the AMA Measurement System Manager. You find the program on the desktop in the folder GC5000\40\_MeasSysMgr.



In diesem Fenster you see the selected Komponenten, the above oder below selection und the limit Konzentrationen. If you want to select a different Komponente, modify the above/below selection oder the limit Konzentrationen, Sie können do this by clicking "Edit". Dann a neues Fenster wird geöffnet.



Sie können select Komponenten oder above/below from the Pull-Down Menüs. Sie können enter Konzentration values in the corresponding fields in the Konzentration column. When you are finished, click "OK" und the new settings are used.

### 2. Gas request

These three outputs are für the controlling of gas switching devices, permeation oder dilution modules.

Output 14 = H: Sample gas request

Output 15 = H: Zero gas request

Output 16 = H: Span gas request

3. GC not ready  
This output is high while the GC is not ready für a new start.
4. System alarm  
This output is high while the system has an error.
5. Local control / Service mode  
This output is high while the system is under local control.
6. Kalibrierung running  
This output is high while a Kalibrierung is running
7. Validierung running  
This output is high while a Validierung is running
8. Validierung warning  
This output is high when a warning level is exceeded in a Validierung.
9. Analog out assignment  
These three outputs are für the indication which type of measurement produced the measured values which are shown on the analog outputs.  
  
Output 23 = H: Sample  
Output 24 = H: Zero gas  
Output 25 = H: Span gas

## 18.3 Digital inputs

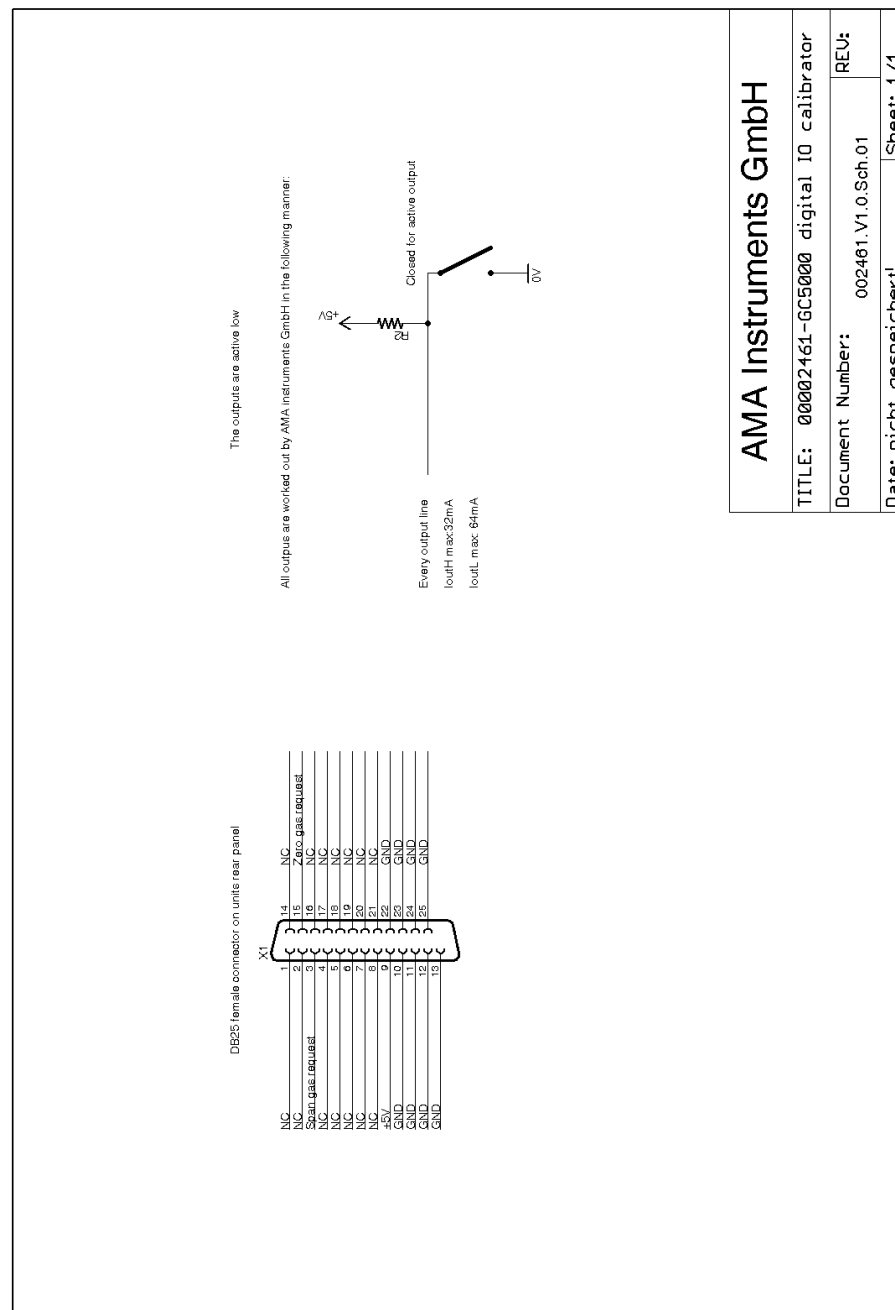
You have to set an input to high signal für at least two seconds to send a control command securely.

1. Start sample  
Sie können start a measurement with this input.
2. Start zero gas check  
Sie können start a zero gas check with this input.
3. Start drift check  
Sie können start a drift check with this input.
4. Start auto-Kalibrierung  
Sie können start an auto-Kalibrierung with this input.
5. Start initial Validierung  
Sie können start an initial Validierung with this input.
6. Start auto-Validierung  
Sie können start an auto-Validierung with this input.
7. Stop  
Sie können stop a measurement when the analysis is not yet completed with this input.

## 19 Digital outputs für external calibrators

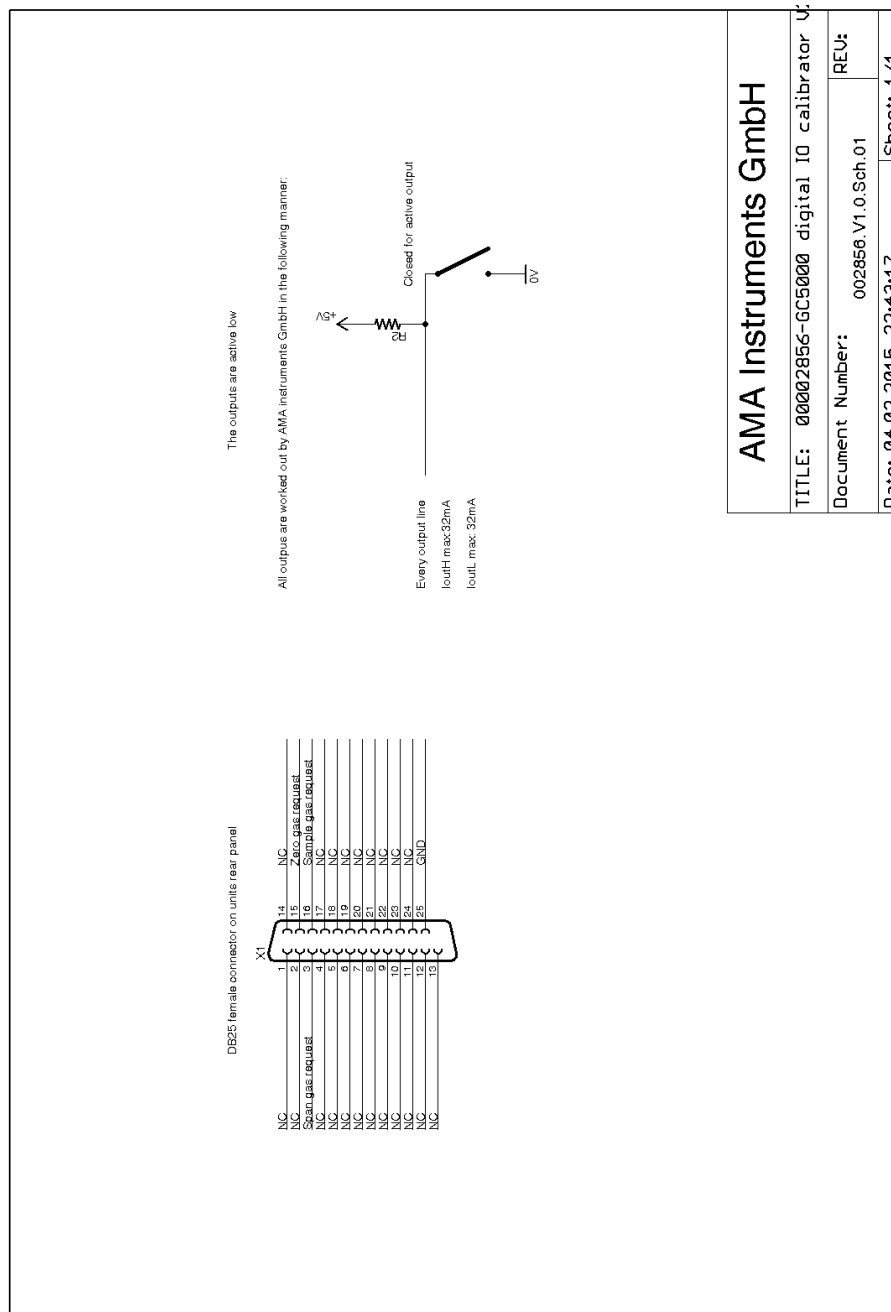
### 19.1 Version 1 (- 2014)

If you have the optional Kalibrierung valve with the two digital outputs, Sie können remote-control an external calibrator in a way that the calibrator is automatically switched to zero gas oder span gas when needed. The following scheme shows how to connect the inputs und outputs correctly:



## 19.2 Version 2 (2015 -)

If you have the optional Kalibrierung valve with the two digital outputs, Sie können remote-control an external calibrator in a way that the calibrator is automatically switched to zero gas oder span gas when needed. The following scheme shows how to connect the inputs und outputs correctly:





## 20 RS-485 termination

If external modules oder GCs are connected to the external RS-485 port of the GC 5000, the RS-485 bus has to be terminated. The terminating resistor is included with a GC 5000 oder an external module. If you have external modules like DIM 200, HG 300/500 oder ZAG 300, one module has to be connected to the RS-485 port of the GC 5000, the next module to one RS-485 port of the first module und the terminating resistor to the available RS-485 port of the last module on the RS-485 bus.

If you have a second GC 5000 without internal PC, the upper RS-485 port of the second GC 5000 has to be connected to the RS-485 port of the first GC 5000 und the terminating resistor has to be connected to the lower RS-485 port on the rear panel of the second GC 5000. If you also have external modules, it has to be connected to the lower RS-485 port on the rear panel of the second GC 5000 und the terminating resistor to the available RS-485 port of the last module on the RS-485 bus