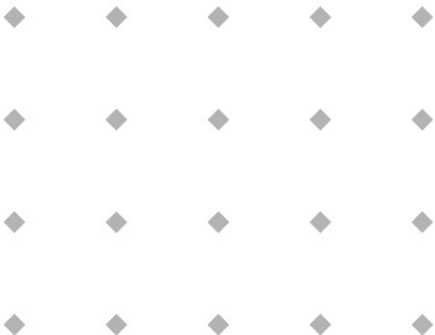


# Benutzer-Handbuch



## **Massedurchfluss- oder Druckmess- und -regelgerät für Gase und Flüssigkeiten**

Dok. Nr.: 9.19.001Q Datum: 27-10-2016



**ACHTUNG**  
Es wird empfohlen, vorliegendes Benutzer-Handbuch vor dem Einbau  
und vor der Inbetriebnahme des Produktes sorgfältig zu lesen.  
Die Nichtbeachtung der Anleitung kann Personenschäden  
und/oder Beschädigungen der Anlage zur Folge haben.



Auch wenn die Informationen und Inhalte in diesem Manual nach bestem technischen Wissen und Gewissen erstellt worden sind, so können wir keine Verantwortung für Inhalte, Missverständnisse, Fehler, Ungenauigkeiten der Angaben oder ähnliches übernehmen. Der Verwendungszweck dieser Anleitung hat rein informativen Zweck und die Inhalte können ohne Ankündigung jederzeit geändert werden.

### **Gewährleistungs-Bedingungen**

Die Garantie der Produkte von Bronkhorst® bezieht sich auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch und auf Material- und Verarbeitungsfehler. Die Garantiezeit beträgt 36 Monate – beginnend vom Versanddatum des Werks. Voraussetzung ist der Betrieb innerhalb der bestellten und bestätigten Spezifikationen sowie dem Einhalten der Anwendungs- und Installationsanweisungen aus dem Betriebshandbuch. Schäden bedingt durch physikalische Einflüsse oder Kontamination sind ausgeschlossen.

Geräte, die nicht einwandfrei arbeiten, können während der Gewährleistungsfrist kostenlos repariert oder ausgetauscht werden.

Für Reparaturen gilt in der Regel eine Gewährleistungsfrist von einem Jahr, es sei denn, die restliche Gewährleistungsfrist ist länger. Es gilt also immer die für den Kunden günstigere Frist. Siehe dazu auch Paragraph 9 aus Allgemeine Lieferbedingungen.

Die Gewährleistung gilt für alle offenen und verdeckten Mängel, Zufallsfehler und nicht bestimmbare Ursachen.

Ausgeschlossen von der Gewährleistung sind hingegen alle Störungen und Schäden, die vom Anwender verursacht wurden, wie z.B. Kontaminationen, fehlerhafter elektrischer Anschluss, mechanische Einwirkungen durch Herabfallen usw.

Für die Wiederherstellung von Geräten, die zur Reparatur eingesandt wurden, bei denen ein Gewährleistungsanspruch aber nicht oder nur teilweise besteht, werden die Reparaturkosten entsprechend in Rechnung gestellt.

Bronkhorst High-Tech B.V. trägt die Versandkosten für ausgehende Sendungen von Geräten und Teilen, die im Rahmen unserer Gewährleistung verschickt werden, es sei denn, dass im voraus etwas anderes vereinbart wurde.

Erfolgt die Anlieferung bei Bronkhorst High-Tech B.V. unfrei, werden die Versandkosten für die Anlieferung den Reparaturkosten inzugeschlagen. Import- und/oder Exportabgaben sowie Kosten Dritter trägt der Kunde.

---

## **Bedienungsanleitung in Kurzform**

Bevor Sie Ihr Massendurchfluß- oder Druck-Meß-/Regelgerät installieren, lesen Sie bitte das Typenschild und prüfen Sie:

- Meßbereich
- zu messendes Fluid
- Vor- und Hinterdruck
- Eingangs- und Ausgangssignal

Beachten Sie den roten Aufkleber und versichern Sie sich, daß der Testdruck mit den normalen Sicherheitsfaktoren für Ihre Anwendung übereinstimmt.

Überprüfen Sie, ob das Rohrsystem sauber ist. Für absolute Sauberkeit müssen immer Filter installiert sein, um einen sauberen Flüssigkeitsstrom oder einen fremdkörper-, flüssigkeits- und ölfreien Gasstrom sicherzustellen.

Installieren Sie das Meß-/Regelgerät in der Rohrleitung und befestigen Sie die Anschlüsse gemäß Herstelleranweisung. Wählen Sie die Montageposition entsprechend der in diesem Handbuch gegebenen Anleitung.

Bitte Überprüfen Sie immer das System nach Undichtigkeiten bevor es mit Mediumsdruck beaufschlagt wird. Dies gilt besonders, wenn toxische, gefährliche Medien verwendet werden.

Elektrische Anschlüsse müssen mit Standardkabel oder entsprechend dem Anschlußplan auf der Rückseite dieses Handbuches vorgenommen werden.

Nach dem Einschalten des Stromes benötigt das Gerät eine Aufwärm- und Stabilisierungszeit von ca. 30 Minuten. Dies kann, je nach System, mit oder ohne Fluid-Druck vorgenommen werden.

Nun ist Ihr Gerät bereit für die Inbetriebnahme.

---

**INHALTSVERZEICHNIS****1 Einleitung**

1.1	Allgemeine Beschreibung .....	Seite 7
1.1.1	Gasmessung.....	Seite 7
1.1.2	Flüssigkeitsmessung .....	Seite 7
1.1.3	Druckmessung .....	Seite 7
1.2	Gehäuse .....	Seite 7
1.2.1	EL-FLOW, EL-PRESS (europäischer Standard) .....	Seite 7
1.2.2	Meß- und Regelgerät für Flüssigkeiten.....	Seite 7
1.3	Ventile .....	Seite 8
1.3.1	Labormodell .....	Seite 8
1.4	Grundsätzliches über Sensoren.....	Seite 8
1.4.1	Gasflußsensoren.....	Seite 8
1.4.2	Flüssigkeitssensoren .....	Seite 8
1.4.3	Drucksensor.....	Seite 9
1.5	Grundsätzliches über Ventile .....	Seite 9
1.5.1	Magnetventil.....	Seite 9
1.5.2	Vary-P-Ventil .....	Seite 9
1.5.3	Pilotgesteuertes Ventil .....	Seite 9
1.5.4	Balgventil.....	Seite 9
1.6	Sensoren und Laminare Flowelemente .....	Seite 10
1.7	Elektronik .....	Seite 11
1.8	Konversionsfaktoren .....	Seite 12
1.8.1	Gaskonversionsfaktoren .....	Seite 12
1.8.2	Konversionsfaktoren für Flüssigkeiten.....	Seite 14
1.8.3	Software für die Errechnung des Konversionsfaktors.....	Seite 14

**2 Installation**

2.1	Eingang der Sendung .....	Seite 15
2.2	Rücksendung .....	Seite 15
2.3	Service .....	Seite 15
2.4	Installation .....	Seite 15
2.5	In-Line-Filter .....	Seite 16
2.6	Fluidanschlüsse .....	Seite 16
2.7	Verrohrung .....	Seite 16
2.8	Elektrische Anschlüsse .....	Seite 17
2.9	Vorsichtsmaßnahmen .....	Seite 17
2.10	Versorgungsdruck.....	Seite 17
2.11	Reinigung des Systems .....	Seite 17
2.12	Dichtungen .....	Seite 17
2.13	Lagerung der Geräte.....	Seite 17
2.14	Elektromagnetische Verträglichkeit .....	Seite 18
2.14.1	Bedingungen für die Erfüllung von EMC-Anforderungen.....	Seite 18

### 3 Betrieb

3.1	Allgemein .....	Seite 20
3.2	Einschalten und Aufwärmen .....	Seite 20
3.3	0 Punkt-Kontrolle und Einstellung .....	Seite 20
3.4	Anfahren .....	Seite 20
3.5	Betriebsbedingungen .....	Seite 20
3.6	Zeitverhalten .....	Seite 21
3.6.1	Sensoren.....	Seite 21
3.6.2	Regler.....	Seite 21

### 4 Wartung

4.1	Allgemeines .....	Seite 22
4.2	Gasflußsensoren.....	Seite 22
4.3	Flüssigkeitssensoren .....	Seite 22
4.4	Drucksensor.....	Seite 22
4.5	Regler.....	Seite 22
4.6	Regelventile .....	Seite 22
4.6.1	Magnetventile.....	Seite 22
4.6.2	Vary-P-Ventile .....	Seite 23
4.6.3	Pilotgesteuertes Ventile .....	Seite 23
4.6.4	Balgventil.....	Seite 23
4.7	Berechnung des $K_V$ -Wertes .....	Seite 24
4.7.1	Für Gase .....	Seite 24
4.7.2	Für Flüssigkeiten.....	Seite 24
4.8	Maximaler Druckabfall .....	Seite 25
4.9	Kalibriervorgang.....	Seite 26

### 5 Fehlersuche

5.1	Allgemeines .....	Seite 27
5.2	Fehlersuchtable.....	Seite 27

### Anhang

1	Gaskonversionstabelle
2	Anlagen (falls verwendbar)

# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeine Beschreibung

### 1.1.1 Gasmessung

Mit den Massendurchflußmessern für Gase der Firma Bronkhorst® können Gasflüssen bis 700 bar abhängig der Bauform genauestens gemessen werden, und zwar nahezu unabhängig von Druck- und Temperaturveränderungen.

Das System kann mittels Regelventil und flexibler Anzeige für die Messung und Regelung von Gasflüssen von 3 ml<sub>n</sub>/min bis zu mehreren tausend m<sup>3</sup><sub>n</sub>/h, je nach Gerätetyp, erweitert werden. Für einen begrenzten Durchflußbereich ist auch ein Modell mit Metalldichtungen erhältlich.

### 1.1.2 Flüssigkeitsmessung

Mit den Massendurchflußmessern für Flüssigkeiten der Firma Bronkhorst® können Durchflüsse bis 400 bar abhängig der Bauform genauestens gemessen werden, und zwar nahezu unabhängig von Druck- und Temperaturänderungen.

Das System kann mittels Regelventil für die Messung und Regelung von Flüssigkeiten von weniger als 1 g/h bis 20 kg/h erweitert werden.

### 1.1.3 Druck

Das Druckmeßgerät des Herstellers Bronkhorst® mißt Drücke von 100 mbar bis 400 bar, und zwar absolute Drücke oder Überdrücke und im Bereich 0-15 bar auch Differenzdrücke.

Das Druckregelgerät regelt Drücke mit sehr hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit.

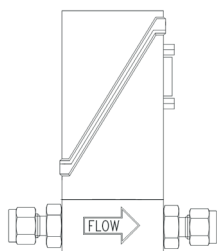
Der Regler ist erhältlich für Hinterdruckreglung (P-600-Serie) und Vordruckreglung (P-700-Serie).

Der Fluß durch den Druckregler hängt ab vom Vor- und Hinterdruck, vom Ventilquerschnitt und den Eigenschaften des Fluids.

## 1.2 Gehäuse

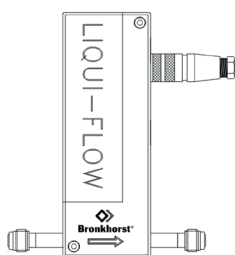
Jeder Gehäusotyp erfordert die Einhaltung verschiedener Sicherheitsvorkehrungen, die in den EMC-Vorschriften enthalten sind.

### 1.2.1 EL-FLOW, EL-PRESS (europäischer Standard)



Die Platinen befinden sich in einem metallisierten Kunststoffgehäuse. Für den Stromanschluß hat das Gerät einen männlichen 9-poligen Sub-D-Anschluß. Diese Geräte sind geeignet für Anwendung im (trockenen) Innenbereich, wie Labors, und in gut geschützten (OEM) -Gehäusen.

### 1.2.2 Meß- und Regelgerät für Flüssigkeiten

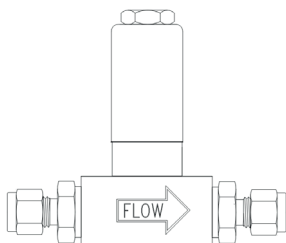


Die LIQUI-FLOW-Modelle für Durchflüsse von bis zu 1000 g/h. Das Gerät hat ein Aluminiumgußgehäuse, in dem alle Teile untergebracht sind. Dieser Modell entspricht der Schutzklasse IP-65. Für den Stromanschluß befindet sich ein runder männlicher 8-poliger DIN-Stecker am Gerät. Das Gerät ist für Industrieanwendungen (im Freien) geeignet.

## 1.3 Ventile

Es sind zwei Ausführungen mit unterschiedlichen Spulengehäusen lieferbar. Die mechanische Grundausführung ist bei beiden Modellen gleich. Ventile werden separat verwendet oder zur Bildung einer Regeleinheit im Meßgerät integriert. Die Spulenversionen sind:

### 1.3.1 Labormodell



Das Spulengehäuse dieses Ventils entspricht der Schutzklasse IP-50. Die Ventile sind für den Gebrauch im Innenbereich (trocken) geeignet.

## 1.4 Grundsätzliches über Sensoren

### 1.4.1 Gasflußsensoren

Alle Gasflußsensoren arbeiten nach dem gleichen Prinzip, und zwar nach dem Prinzip des Wärmetransport durch Erfassung des Delta-T entlang der beheizten Zone eines Kapillarrohres. Ein Teil des Gesamtflusses wird mittels Laminarströmungseinsatz im Hauptstrom durch das Kapillarrohr geleitet, wodurch ein Delta-P entsteht. Der Laminarströmungseinsatz ist so konzipiert, daß die Durchflußbedingungen in der Kapillare und dem Laminarpaket vergleichbar sind, was zu proportionalen Durchflußraten über die gesamte Meßspanne führt. Das Delta-T, das durch die Temperatursensoren in der Kapillare gemessen wird, ist abhängig von der Wärmemenge, die vom Gasfluß absorbiert wird. Der Zusammenhang zwischen Gasmengenfluß und Signal kann in folgender Gleichung ausgedrückt werden:

$$V_{\text{signal}} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

$V_{\text{signal}}$  = Ausgangssignal  
 $c_p$  = spezifische Wärme  
 $K$  = konstanter Faktor  
 $\Phi_m$  = Massendurchfluß

Die Temperatursensoren sind Teil einer Meßbrücke. Die Verschiebung des Temperaturprofils wird linearisiert und verstärkt bis zu einem gewünschten Signallevel.

### 1.4.2 Flüssigkeitssensor

- Der LIQUI-FLOW Massendurchflußmesser für Durchflußraten bis ca. 1000 g/h besteht aus einem Rohr aus Edelstahl mit einem Innendurchmesser von ca. 1 mm ohne jegliche Verengungen. Dieses Rohr ist Teil eines Gehäuses aus Aluminiumguß. Wichtig ist die parallele Form des Meßrohrs mit zwei Schenkeln, der Zu- und der Abströmseite. Auf diesen beiden Schenkeln befindet sich die patentierte Heizungs-Sensorkombination. Der Sensor mißt den Temperaturunterschied zwischen Zu- und Abströmseite des Meßrohres mittels einer Thermosäule. Die vereinfachte Funktion kann in folgender Gleichung ausgedrückt werden:

$$V_{\text{signal}} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

$V_{\text{signal}}$  = Ausgangssignal  
 $K$  = Kalibrierungskonstante  
 $c_p$  = spezifische Wärme  
 $\Phi_m$  = Massendurchfluß



### 1.4.3 Drucksensor

Der EL-PRESS Drucksensor besteht aus einer piezoresistiven Meßbrücke auf der Oberfläche eines Silicium-Kristalls.

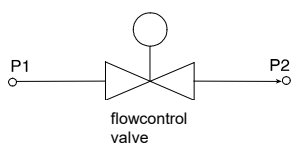
Der Sensor befindet sich in einer Hülse aus rostfreiem Stahl und ist von der Umgebung abgetrennt durch eine dünne Metallmembrane. Die Kammer um den Sensor herum ist mit Öl als Druckmittler gefüllt.

## 1.5 Grundsätzliches über Ventile

Regelventile sollen den Durchfluß oder Druck regeln bzw. konstant halten. Sie sind nicht als Absperrventile vorgesehen, obwohl einige Modelle konstruktiv hierfür gut geeignet sind. Falls notwendig, sollte ein separates Absperrventil installiert werden. Ebenfalls sind Pulsationen, Druckstöße, die beim Unterdrucksetzen des Systems entstehen können, zu vermeiden.

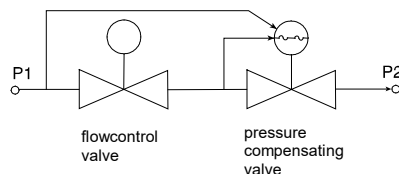
Es sind folgende Modelle erhältlich:

### 1.5.1 Magnetventil



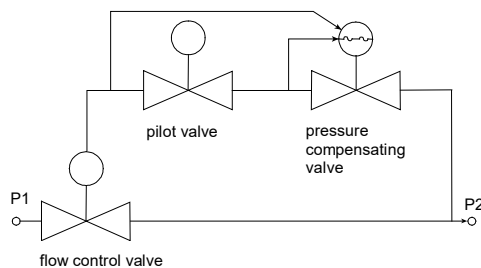
Dies ist das Standardregelventil (direkt betrieben). Im allgemeinen ist es ein normal geschlossenes Magnetventil. Der Kolben wird durch die Magnetkraft der Spule angehoben. Die Ventilbohrung ist zur Anpassung des  $K_V$ -Wertes austauschbar. Es ist auch ein normal geöffnetes Magnetventil erhältlich.

### 1.5.2 Vary-P-Ventil



Für Betriebsbedingungen mit sehr unterschiedlichem Vor- und Hinterdruck wurde ein spezielles Ventil, das VARY-P-Ventil, konstruiert. Dieses Ventil besteht aus zwei Ventilen, einem magnetgesteuerten Regelventil und einem fest eingestellten Druckausgleichsventil.

### 1.5.3 Pilotgesteuertes Ventil



Das pilotgesteuerte Ventil wurde für hohe Durchflußraten konstruiert. Ein magnetgesteuertes Regelventil regelt die Druckdifferenz über einen Steuerkolben, wodurch der Hauptkolben bewegt wird.

### 1.5.4 Balgventil

Dieser Ventiltyp ist ein direkt mit Magnetspule betriebenes Regelventil mit geringem Energiebedarf. Eine spezielle Konstruktion mit einem Metallbalg ermöglicht die Regelung bei relativ großem Ventilquerschnitt. Das Modell ist geeignet für niedrige Drücke oder Vakuumanwendungen.

Bronkhorst® empfiehlt ausdrücklich, das Balgventil in einer aufrechten Position zu montieren.

## 1.6 Sensoren und laminare Flowelemente

Flowelemente werden verwendet, um den Meßbereich eines Gasflußmessers oder -reglers zu bestimmen. Flüssigkeitssensoren und Drucksensoren benötigen kein Flowelement.

Je nach Anwendung haben die Durchflußsensoren verschiedene austauschbare Kapillaren, die unterschiedliche laminare Flowelemente erforderlich machen.

Außerdem wird für Durchflußraten über 1250 l<sub>n</sub>/min das laminare Flowelement mit einer Kapillar-Kombination verbunden, um die Strömungsturbulenz auszugleichen.

Im allgemeinen sind 3 Typen von Kapillarrohren vorgesehen:

### - kleine Bohrung (C-Typ)

Zu diesem Sensortyp ist folgendes zu bemerken:

- Sie haben einen Druckabfall von ca. 35 mbar
- Das laminare Flowelement besteht aus einer Reihe von Scheiben mit präzise geätzten Durchflußkanälen. Jeder Durchflußkanal entspricht einer Luftströmung von ca. 10 ml<sub>n</sub>/min bei einem DeltaP von 35 mbar.
- Bei COMBI-FLOW-Anwendungen und bei allen Geräten mit einer Druckrate über 100 bar (M-Typ) ist der Sensor mit Metaldichtungen versehen.
- Im allgemeinen können Geräte mit diesen Sensoren bei niedrigen Betriebsdrücken horizontal oder vertikal montiert werden. Bei höheren Drücken (>10 bar) sollte das Gerät in horizontaler Lage montiert werden (COMBI-FLOW vertikal).

### - Große Bohrung (D-Typ)

Zu diesem Sensortyp ist folgendes zu bemerken:

- Sie werden vorzugsweise für reaktive Gase und bei niedrigen Drücken verwendet.
- Der Druckverlust ist kleiner 0,5 mbar.
- Das laminare Flußelement bildet zusammen mit dem Hauptkanal einen ringförmigen Querschnitt. Die Maße dieses Ringkanals bestimmen den Meßbereich des Gerätes.
- Das Gerät muß immer in horizontaler Lage montiert werden.

### - Medium Durchmesser (E-Typ)

Dieser Sensortyp wird verwendet im "EL-FLOW Serien" um der Durchfluss (des "low DeltaP serien") zu erhöhen. Da gelten dieselbe Bemerkungen wie die D-Typ Sensor, nur:

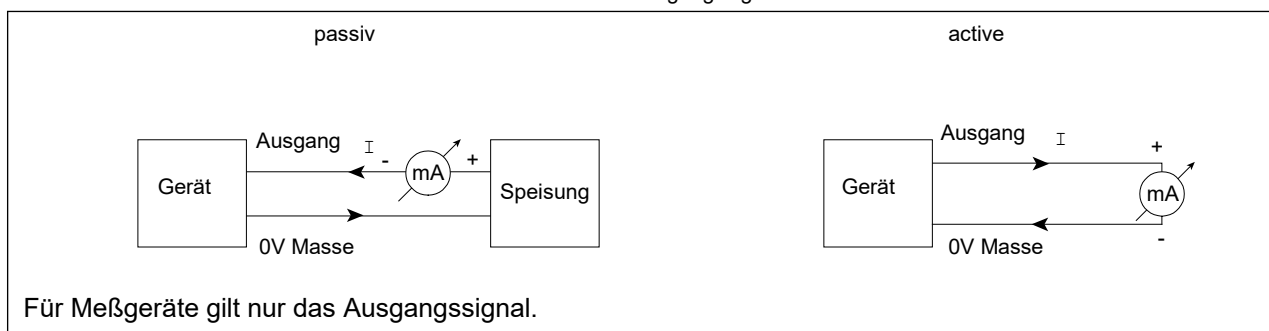
- Der Druckverlust ist ca. 2,5 mbar.

## 1.7 Elektronik

Jedes Elektronikgehäuse ist so konstruiert, daß es den RFI- und EMV-Schutzvorschriften entspricht. Die von Bronkhorst® eingesetzten Platinen sind in SMD-Techniken ausgeführt. Jede elektronische Platine ist für eines der folgenden Ausgangssignale (und entsprechende Eingangssignale) eingestellt:

Signalcode	Ausgangs-(Sensor)-Signal	Eingangs-(Sollwert)-Signal
A	0..5 VGS	0..5 VGS
B	0..10 VGS	0..10 VGS
F	0..20 mA (aktiv)	0..20 mA (passiv)
G	4..20 mA (aktiv)	4..20 mA (passiv)
K	0...5 Vgs(Kabelkompensation)	n.a. Nur für Meßgeräte
L	0...10 Vgs(Kabelkompensation)	n.a. Nur für Meßgeräte

Stromausgangssignale



## 1.8 Konversionsfaktoren

### 1.8.1 Gaskonversionsfaktoren

Die allgemeine Formel für die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Signal und Massendurchfluß ist wie folgt:

$$V_{\text{signal}} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m = K \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Phi_v$$

wobei:

- $V_{\text{signal}}$  = Ausgangssignal
- $K$  = Konstante
- $\rho$  = Dichte
- $c_p$  = spezifische Wärme bei konstantem Druck
- $\Phi_m$  = Massendurchfluß
- $\Phi_v$  = Volumendurchfluß

Sobald sich der  $c_p$ -Wert und die Dichte des zu messenden Gases verändern, muß das Signal korrigiert werden. Der Konversionsfaktor C ist wie folgt:

wobei:

$$C = \frac{c_{p1} \cdot \rho_1}{c_{p2} \cdot \rho_2}$$

wobei:

- $c_p$  = spezifische Wärme bei P = konstant
- $\rho_n$  = Dichte unter normalen Bedingungen

- (1) Gas kalibriert
- (2) zu messendes Gas

#### Anmerkung:

Der  $c_p$  -Wert, der für die Kalkulation des Konversionsfaktors verwendet wird, muß bei einer Temperatur von ca. 50°C über der erforderlichen Temperatur genommen werden.

Dieser Faktor wird  $c_p$ -cal genannt.

Die Konversionsfaktoren für allgemein verwendete Gase im Verhältnis zu  $N_2$  unter normalen Bedingungen werden in der Gaskonversionstabelle im Anhang 1 aufgeführt.

#### Beispiel:

Meßgerät kalibriert auf  $N_2$  (200 ml<sub>n</sub>/min).

Der durch das Meßgerät gehende Gasfluß ist  $CO_2$ .

Das Ausgangssignal ist 80.0%.

$$\text{Aktueller } CO_2\text{-Flow} = 80.0 \cdot \frac{0.74}{1.00} = 59.2\%$$

$$\text{also } \frac{59.2}{100} \cdot 200 = 118.4 \text{ ml}_n/\text{min}$$

\* n bedeutet **Normalbedingung**

Normalbedingung ist das Volumen bei einer Temperatur von 0°C und einem Druck von 1 atm oder 1013,25 mbar. (760 Torr)

#### Anmerkung:

Die höchste Genauigkeit wird erzielt, wenn die Kalibrierung unter Betriebsbedingungen durchgeführt wird. Falls dies nicht möglich ist, ist der Gebrauch eines theoretischen Konversionsfaktors ein Mittel, um die Durchflußrate des Gerätes für das zu messende Gas zu bestimmen. Hierbei kommt es jedoch zu Ungenauigkeiten.



### 1.8.2 Konversionsfaktoren für Flüssigkeiten

Die allgemeine Formel für die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Signal und Massendurchfluß ist wie folgt:

$$V_{\text{signal}} = k \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

wobei:

$V_{\text{signal}}$  = Ausgangssignal

$k$  = Kalibrierkonstante

$c_p$  = Wärmekapazität bei konstantem Druck der Flüssigkeit

$\Phi_m$  = Massendurchfluß

Ein Konversionsfaktor muß benutzt werden, wenn der Durchflußmesser nicht mit der kalibrierten Flüssigkeit verwendet wird.

Dieser Konversionsfaktor ist wie folgt:

$$\Phi_{m_2} = Cf \cdot \Phi_{m_1}$$

$$Cf = \frac{c_{p1}}{c_{p2}}$$

wobei:

$c_{p1}$  = Wärmekapazität der kalibrierten Flüssigkeit

$c_{p2}$  = Wärmekapazität der zu messenden Flüssigkeit

Für die Anwendung dieser Formel setzen Sie sich bitte mit Bronkhorst® in Verbindung.

### 1.8.3 Software für die Errechnung des Konversionsfaktors

Bronkhorst® hat die physikalischen Eigenschaften von über 600 Gasen und Flüssigkeiten in seiner Datenbank FLUIDAT® hinterlegt.

Anwendungs-Software wie ‚FLUIDAT® on the Net‘ (FOTN) ermöglicht dem Nutzer die Berechnung der genauen Konversionsfaktoren, nicht nur bei 20°C/1 atm (wie in der Konversionstabelle in Abbildung 1 dargestellt), sondern für jegliche Kombination von Temperatur und Druck.

Für detaillierte Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Vertriebspartner.

## 2 Installation

### 2.1 Eingang der Sendung

Verpackung auf äußere, vom Transport herrührende Schäden untersuchen. Sind Schäden vorhanden, muß das Transportunternehmen verständigt werden, um diese zu begutachten. Gleichzeitig sollte der Lieferant verständigt werden.

BRONKHORST HIGH-TECH B.V.  
RUURLO HOLLAND

Falls anwendbar, ansonsten wenden Sie sich an Ihren Vertriebspartner.  
Paket mit Lieferschein und Geräte vorsichtig auspacken. Den Inhalt anhand des Lieferscheins auf Vollständigkeit und auf evtl. Schäden kontrollieren. Kleinteile nicht mit dem Packmaterial wegwerfen.

### 2.2 Rücksendung

Sofern Sie Geräte zurücksenden, teilen Sie uns in einem Begleitschreiben mit, was Sie zu beanstanden haben.

**Bitte teilen Sie dem Lieferant unbedingt mit, ob mit dem Gerät giftige oder gefährliche Fluids gemessen wurden. Ist dies der Fall, muß das Gerät vom Anwender sachkundig und sorgfältig gereinigt werden.**

Verpacken Sie das Gerät sorgfältig, wenn möglich in der Originalverpackung; es muß in einer Plastikhülle verschlossen sein.

**Alle Geräte müssen mit einer vollständig ausgefüllten "Erklärung über die Art der Kontaminierung" versandt werden.**

**Geräte ohne diese Erklärung werden nicht angenommen.**

**Anmerkung:**

Wenn das Instrument mit toxischen oder gefährlichen Medien benutzt wird, muss der Kunde es vor Einsendung reinigen.

**Wichtig:**

Notieren Sie auf dem Paket deutlich die Verzollungskundennummer von Bronkhorst High-Tech B.V.:

NL801989978B01

Falls anwendbar, ansonsten wenden Sie sich an Ihren Vertriebspartner für örtliche Anordnungen.

### 2.3 Service

Wenn die Geräte nicht sachgemäß gewartet werden, muß mit Gefahr für das Bedienungspersonal und Schäden an den Geräten gerechnet werden. Es ist daher wichtig, daß die Wartung von ausgebildetem und qualifiziertem Servicepersonal ausgeführt wird.

Nehmen Sie ggf. unseren Werksservice in Anspruch.

### 2.4 Installation

Die Montage hängt von der Art des Gerätes ab. Für Durchflußmesser sollte die Montage vorzugsweise in horizontaler Lage erfolgen, und bei hohen Drücken sollten alle Meßgeräte in dieser Lage eingebaut werden (Ausnahme: die Geräte der Baureihe COMBI-FLOW müssen vertikal eingebaut werden). Die Montage sollte nicht in der Nähe einer Wärmequelle vorgenommen werden, und der Platz muß frei von Erschütterungen sein.

## 2.5 In-Line-Filter

Obwohl die zu messenden Fluids frei von Schmutz, Öl, Feuchtigkeit u.ä. sein sollten, empfiehlt sich der Einbau eines In-Line-Filters vor dem Meß-/Regelgerät; falls eine Rückströmung auftreten kann, ist auch ein Filter auf der Ausgangsseite empfehlenswert. Beachten Sie den durch den Filter verursachten Druckverlust. Bei einigen Geräten befindet sich am Eingang ein Sieb, um zu verhindern, daß Fremdkörper ins Gerät gelangen, und um ein gutes Strömungsprofil zu erhalten. Dieses Sieb ist jedoch **kein** Filterelement. Um weitere Informationen zu erhalten wenden Sie sich an Ihren Vertriebspartner.

## 2.6 Fluidanschlüsse

Die Meß- und Regelgeräte von Bronkhorst® sind mit Klemmring-Verschraubungen ausgestattet. Bei einigen Geräten sind diese Fittings orbital angeschweißt. Bei leckdichter Installation von Klemmring-Verschraubungen ist sicherzustellen, daß das Rohr im Fittingkörper bis zum Anschlag eingeschoben ist und daß sich im Rohr, an den Quetschhülsen des Fittings kein Schmutz oder Staub befindet. Befestigen Sie die Überwurfmutter mit der Hand bis zum Anschlag, während Sie das Gerät halten; danach drehen Sie die Mutter 1 x 360°. Beachten Sie die Anleitung des Lieferanten der Anschlußfittings. Besondere Anschlußtypen sind auf Wunsch erhältlich. Üben Sie beim Anziehen der Verschraubungen keine übermäßige Kraft aus, um eine Beschädigung der Innen- und Außengewinde oder anderer empfindlichen Teile zu vermeiden.

### Anmerkung:

Überprüfen Sie das System bevor es mit Mediumsdruck beaufschlagt wird.

## 2.7 Verrohrung

### VERSICHERN SIE SICH, DASS DIE VERRÖHRUNG ABSOLUT SAUBER IST.

Verwenden Sie **niemals** Rohre mit kleinem Durchmesser für hohe Durchflußraten, da dies die Genauigkeit beeinträchtigt.

Montieren Sie **niemals** enge Winkel direkt hinter Ein- und Ausgängen, besonders nicht bei hohen Durchflußraten. Wir empfehlen mindestens 10 Rohr Durchmesser Abstand zwischen dem Winkel und dem Gerät.

Montieren Sie **niemals** Druckregler direkt am Einlaß von Gasflußmessern/-reglern, sondern lassen Sie einige Meter Abstand (mindestens 25 D). Besondere Aufmerksamkeit ist erforderlich, wenn die Durchflußregler mit hohen Durchflußraten arbeiten. In diesem Fall wird ein Vor- und Hinterdruckpuffer benötigt mit einem nach folgender Formel berechneten Volumen:

$$V \geq \frac{0,15 d^2}{\sqrt{\rho}}$$

wobei:

V = Volumen in Liter

d = Düsendurchmesser in mm

$\rho$  = Dichte unter Normbedingungen

d =  $7,6 \sqrt{k_v}$

### Beispiel:

Durchflußmesser bei 500 l<sub>n</sub>/min Luft und Öffnungsdurchmesser d = 4 mm, benötigt für eine stabile Regelung ein Puffervolumen von:  $V \geq 0,15 \cdot 4^2 : \sqrt{1,29} = 2,1$  Liter

Außerdem soll die Kapazität des Druckreglers mindestens doppelt so groß sein wie die des Durchflußreglers, in diesem Falle also  $2 \cdot 500 = 1,000$  l<sub>n</sub>/min



## 2.8 Elektrische Anschlüsse

Bronkhorst® empfiehlt die Verwendung ihrer Standardkabel. Diese Kabel haben die richtigen Anschlüsse. Falls lose Enden verwendet werden, werden diese markiert, um ein falsches Anschließen zu verhindern. Anschlußpläne sind diesem Handbuch als Anlage beigefügt.

## 2.9 Vorsichtsmaßnahmen

**Jedes Meß-/Regelgerät wird geprüft mit mindestens 1,5-fachem Betriebsdruck unter den vom Kunden angegebenen Betriebsbedingungen und mit einem Mindestdruck von 8 bar. Bei Druckmessern/-reglern ist der Prüfdruck abhängig vom Meßbereich des Druck-Meßwandlers.**

Im allgemeinen 2 x Endwert für Bereiche von 1 - 2 bar  
1,5 x Endwert für Bereiche bis 200 bar  
1,25 x Endwert für Bereiche bis 400 bar

Der geprüfte Druck wird auf dem Durchflußmesser/-regler auf einem roten Aufkleber angegeben. Prüfen Sie den Testdruck, bevor Sie das Gerät installieren.

Wenn der Aufkleber nicht vorhanden ist oder der Testdruck nicht richtig ist, sollte das Gerät **nicht** installiert, sondern ans Werk zurückgesandt werden.

Jedes Gerät ist mit mindestens  $2 \cdot 10^{-9}$  mbar l/s nach außen Helium leckgetestet.

## 2.10 Versorgungsdruck

Bevor die elektrischen Anschlüsse hergestellt sind, darf das Gerät nicht unter Druck gesetzt werden. Wenn Sie dem Gerät Druck zuführen, achten Sie darauf, Druckstöße im System zu vermeiden, und erhöhen Sie den Druck stufenweise, besonders bei Meß- und Regeleinheiten für hohe Drücke, die über ein kolbengesteuertes Regelventil verfügen.

## 2.11 Reinigung des Systems

Falls explosive Gase verwendet werden sollen, spülen Sie das Gerät mit trockenem Inertgas, wie z.B. Stickstoff, Argon, etc. , für eine Dauer von mind. 30 Minuten.

In Systemen mit korrosiven oder reaktiven Fluids ist das Spülen mit einem Inertgas absolut notwendig, denn wenn die Rohre der Luft ausgesetzt werden, entsteht eine chemische Reaktion mit Sauerstoff oder Luftfeuchte, die zum Korrodieren oder Verschmutzen des Systems führt. Vollständiges Spülen ist auch erforderlich, um derartige Fluids zu entfernen, bevor das System der Luft ausgesetzt wird. Das System sollte nicht mit Luft in Berührung kommen, wenn mit solchen korrosiven Fluids gearbeitet wird.

## 2.12 Dichtungen

Bronkhorst® hat eine Liste geeigneter Materialien erstellt.

Es handelt sich jedoch nur um eine allgemeine Empfehlung, deren Zuverlässigkeit erheblich von den Betriebsbedingungen abhängt. Daher kann Bronkhorst® keine Haftung übernehmen für Schäden, die durch Beschädigung von Dichtungen entstehen.

Der Kunde muß für seinen speziellen Anwendungsfall die Zuverlässigkeit des verwendeten Dichtungsmaterials überprüfen.

Versichern Sie sich daher, ob Dichtungen wie O-Ringe, Ventilkegel und Dichtpackungen von Kapillaren für den Prozess geeignet sind.

## 2.13 Lagerung der Geräte

Die Geräte sollten in ihrer Originalverpackung in einem Schrank o.ä. gelagert werden und dürfen niemals extremen Temperaturen oder Feuchtigkeit ausgesetzt werden.

## 2.14 Elektromagnetische Verträglichkeit

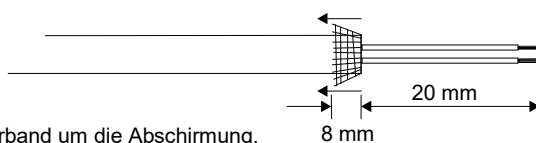
### 2.14.1 Bedingungen für die Erfüllung der EMC-Anforderungen

Alle in diesem Handbuch beschriebenen Systeme tragen das CE-Zeichen. Sie müssen daher den EMC-Anforderungen für diese Ausrüstungen entsprechen. Jedoch ist die Übereinstimmung mit den EMV-Anforderungen nur möglich unter Verwendung der richtigen Kabel und Anschlüsse.

Für einwandfreie Verbindungen kann Bronkhorst® Standardkabel liefern. Anderenfalls sind die unten aufgeführten Richtlinien zu beachten.

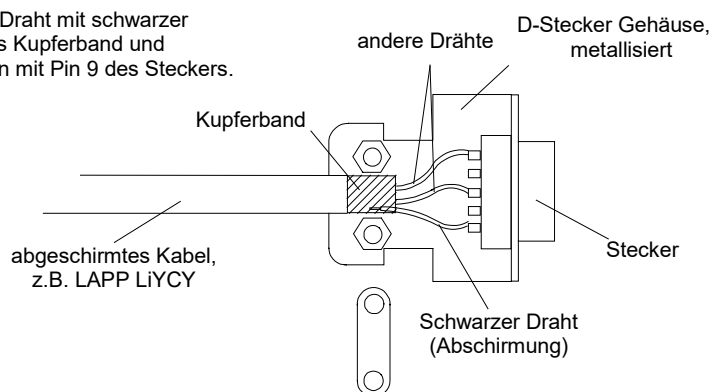
#### 1. D-Stecker-Montage

Stülpen Sie die Kabelabschirmung zurück über das Kabel (die Abschirmung muß das Kabel umschließen).



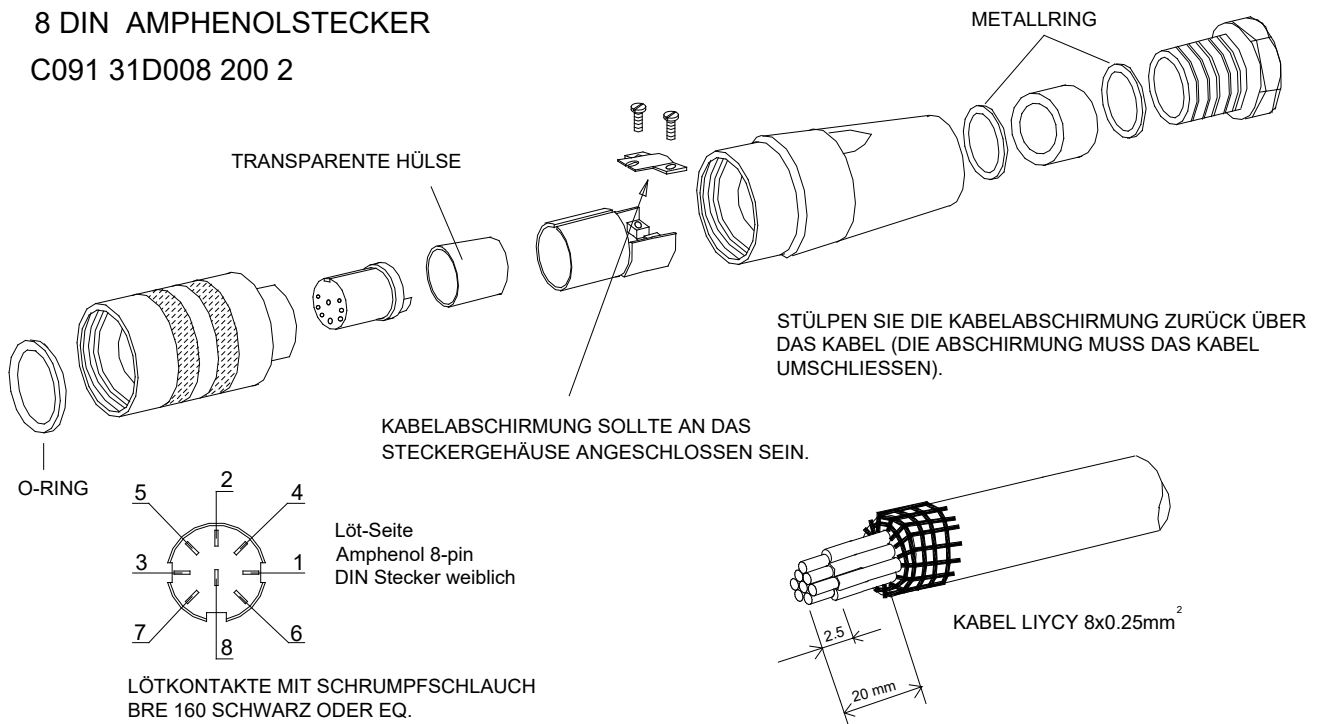
Legen Sie ein Kupferband um die Abschirmung.

Löten Sie einen Draht mit schwarzer Isolierung an das Kupferband und verbinden Sie ihn mit Pin 9 des Steckers.

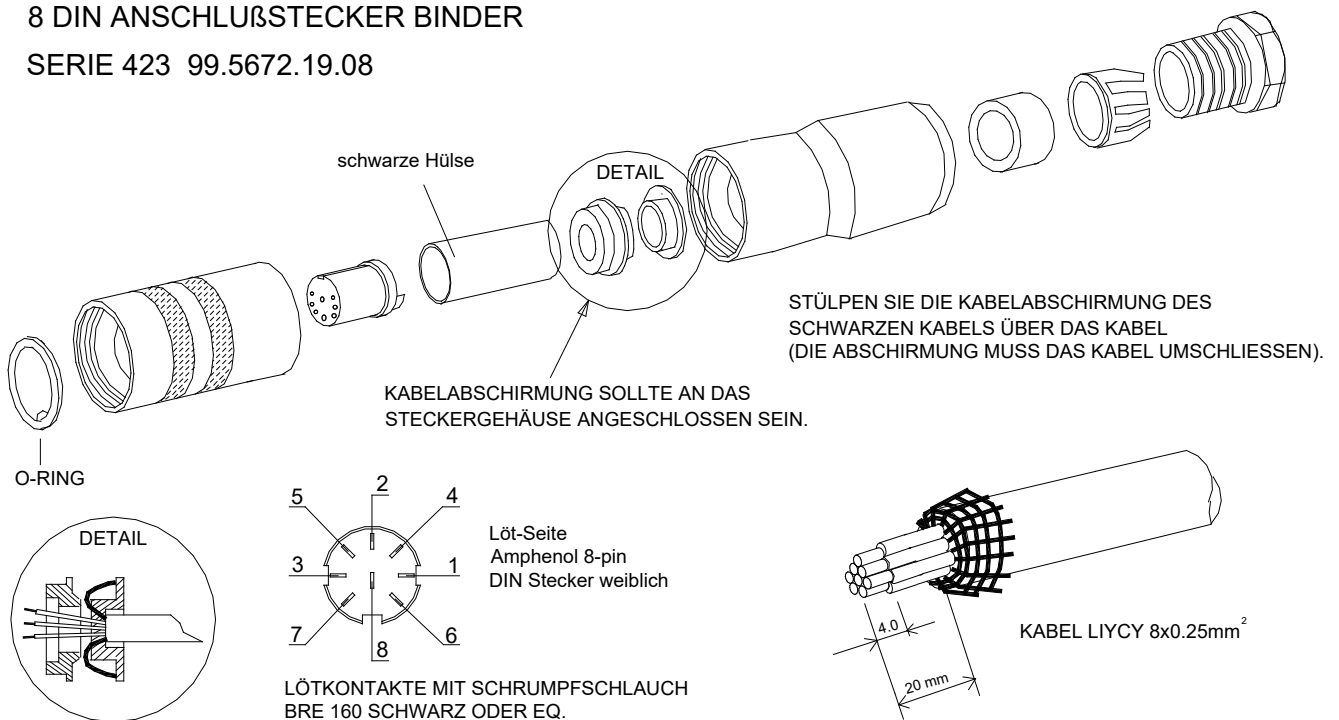


## 2. Anschlußstecker LIQUI-FLOW

8 DIN AMPHENOLSTECKER  
C091 31D008 200 2



8 DIN ANSCHLUßSTECKER BINDER  
SERIE 423 99.5672.19.08



### Anmerkung:

Wenn das System an andere Geräte angeschlossen wird (z.B. PLC), versichern Sie sich, daß die Abschirmung hierdurch nicht beeinträchtigt ist. Verwenden Sie keine nicht abgeschirmten Kabelanschlüsse.

## 3 Betrieb

### 3.1 Allgemein

Die Bronkhorst®-Geräte sind so konstruiert, daß Sie die Anforderungen des Anwenders in größtmöglicher Weise erfüllen.

Massendurchfluß-/Druckmesser/-regler werden mit Gleichstrom betrieben. Falls Sie Ihre eigene Spannungsversorgung haben, versichern Sie sich, daß Spannung und Stromstärke dem Gerät entsprechen und außerdem, daß die Stromquelle geeignet ist, die Geräte ausreichend mit Energie zu versorgen. Die Kabeldrahtdurchmesser sollten ausreichend sein für den Versorgungsstrom, und Spannungsverluste müssen so niedrig wie möglich sein. Im Zweifelsfalle setzen Sie sich bitte mit dem Lieferant in Verbindung.

### 3.2 Einschalten und Aufwärmen

Bevor Sie die Stromzufuhr einschalten, prüfen Sie, ob alle Anschlüsse entsprechend dem Anschlußplan durchgeführt sind, der zu diesem Gerät gehört (siehe Anhang).

Wir empfehlen die Versorgungsspannung einzuschalten bevor das Instrument mit Druck beaufschlagt wird und die Versorgungsspannung abzuschalten nachdem das Instrument drucklos ist.

Prüfen Sie die Gasanschlüsse auf Dichtigkeit. Falls notwendig, spülen Sie das System mit einem sauberen Fluid. Gasgeräte dürfen nur mit Gas gespült werden. Flüssigkeitsgeräte dürfen sowohl mit Gas, als auch mit Flüssigkeit gespült werden, je nachdem, was für den Anwendungsfall sinnvoll ist.

Wenn Sie nun die Stromzufuhr einschalten, warten Sie mindestens 30 Minuten, damit sich das Gerät thermisch stabilisieren kann. Bei Geräten, die, mit Ausnahme der Ventile, ohne Elektronik arbeiten, ist ein Aufwärmen nicht nötig.

Während der Aufwärmphase kann Fluid-Druck vorhanden sein oder nicht.

### 3.3 0-Punkt-Kontrolle und -Einstellung

Im allgemeinen wird der Nullpunkt jedes Gerätes im Werk eingestellt. Falls erforderlich, muß der Nullpunkt des Gerätes neu eingestellt werden.

Der Nullpunkt muß so eingestellt sein, daß die Anzeige bei Null-Durchfluß auf ca. 0,2 % geht.

Die Schaltung enthält eine Schwelle, die negative 0-Punkt-Drifts vermeidet. Überzeugen Sie sich also bitte vor der Nachjustierung, daß die Abweichung positiv ist, und justieren Sie dann langsam die Anzeige auf ca. 0,2 %. Um sicher zu sein, daß es nicht zu einem versehentlichen Durchfluß oder Druck über 0 kommt, wird die Nachjustierung am besten vorgenommen, während das Gerät vom System getrennt ist.

### 3.4 Anfahren

Öffnen Sie langsam die Fluidzufuhr. Unter Vermeidung von Druckstößen fahren Sie nun allmählich auf den gewünschten Durchfluß. Das Schließen der Fluidzufuhr sollte ebenfalls langsam geschehen. Bei der Flüssigkeitsregelung müssen alle Gasblasen aus dem System entfernt werden. Dies kann über den Entlüftungsanschluß auf der Oberseite des Regelventils vorgenommen werden.

### 3.5 Betriebsbedingungen

Jedes Gerät ist kalibriert und justiert für die Betriebsbedingungen des Anwenders.

Regler können unter Umständen nicht einwandfrei arbeiten, wenn die tatsächlichen Betriebsbedingungen zu sehr von den angegebenen abweichen. Das liegt daran, daß dann die Bohrung der Ventildüse falsch dimensioniert ist.

Die Leistung und Genauigkeit von Durchflußmessern kann erheblich beeinträchtigt werden durch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften eines Fluids, z.B. spezifische Wärme, Viskosität, usw.

## 3.6 Zeitverhalten

### 3.6.1 Sensoren

Wenn man davon ausgeht, daß die Transferfunktion eines Systems eine exponentielle Kurve ist, ergibt sich folgende Zeitkonstante:

Zeitkonstante = die Zeit, die das Ausgangssignal benötigt, um 63.2 % vom Endwert zu erreichen. 5 x Zeitkonstante beträgt die Zeit bis zur Erreichung von 100% des Signals.

Jeder Durchflußsensor hat eine Zeitkonstante von 5..8 Sekunden. Sie kann elektronisch auf 1..3 Sekunden verkürzt werden.

Für Gasflußmesser ist der typische, vom Werk vorgegebene Standard 3 Sekunden.

Für Flüssigkeitsmesser hängt dies vom Modell und dem Meßbereich ab.

Drucksensoren haben eine Zeitkonstante von einigen Millisekunden. Die tatsächliche Reaktionszeit wird bestimmt durch das pneumatische Verhalten des Systems, zu dem der Druckmesser gehört.

### 3.6.2 Regler

Das Regelverhalten des Reglers ist werksseitig eingestellt.

Als Standard-**Einschwingzeit** wird die Zeit bezeichnet, die der Regler braucht, um den Sollwert mit einer Abweichung von G2% v.E. zu erreichen.

Das Regelverhalten ist vom Werk so eingestellt, daß es nach einer Soll-/Istwert-Veränderung kaum zu einem Überschwingen kommt.

#### **Anmerkung:**

Bei Druckregelsystemen bestimmt das System weitgehend das Regelverhalten des Regelkreises. Beim Funktionstest wird das Kundensystem so weit wie möglich simuliert. In einigen Fällen ist jedoch ein Nejustieren erforderlich, um eine optimale Leistung unter den gegebenen Bedingungen zu gewährleisten.

## 4 Wartung

### 4.1 Allgemeines

Eine routinemäßige Wartung der Durchflußmesser oder -regler ist nicht erforderlich. Die Reinigung muß mit sauberem, trockenem Inertgas vorgenommen werden.

Bei stärkerer Verschmutzung kann es notwendig sein, das laminare Flowelement und die Ventilöffnung separat zu reinigen.

### 4.2 Gasflußsensoren

Der Gasflußsensor ist so konstruiert, daß der Meßbereich durch einen Wechsel des laminaren Flowelementes leicht verändert werden kann. Eine weitere Demontage des Meßgerätes durch den Benutzer ist jedoch nicht zu empfehlen. Nach dem Austausch des Flowelementes muß eine Neukalibrierung des Durchflußmessers vorgenommen werden. Hierfür ist eine genaue Kalibriereinrichtung erforderlich. Je nach Modell können laminare Flowelemente separat bestellt werden.

### 4.3 Flüssigkeitssensoren

Der Meßbereich eines Flüssigkeitssensors kann nicht vom Benutzer verändert werden. Der Sensor ist ein im Gerät integrierter Teil und kann nicht entfernt werden. Für die gelegentliche Reinigung des Gerätes kann eine der Verschmutzung angepaßte und mit dem Dichtungsmaterial verträgliche Reinigungsflüssigkeit verwendet werden.

### 4.4 Drucksensor

Da die dünne Metallmembrane sehr empfindlich ist, sollte der Drucksensor vom Benutzer nicht demontiert werden.

### 4.5 Regler

Alle Sensortypen können mit einem Regelventil kombiniert werden, um zusammen einen Regelkreis zu bilden. Regelsysteme sind entweder als getrennte Einheiten, ein Sensor und ein Regelventil, oder als integrierte Einheit erhältlich.

Die Wartung ist unter "Regelventile" beschrieben.

### 4.6 Regelventile

Regelventile sollten nicht für Auf/Zu-Anwendungen benutzt werden. Druckstöße müssen vermieden werden.

#### 4.6.1 Magnetventile

Diese Ventile gelten als direkt angetriebene Regel- und Pilotventile. Sie können zur Reinigung und Wartung durch den Betreiber im Feld auseinandergenommen werden. Die Einzelteile sollten mit einer geeigneten Reinigungsflüssigkeit oder im Ultraschall-Bad gereinigt werden.

Beim Auseinandernehmen des Ventils gehen Sie bitte wie folgt vor:

- a) Verbindungskabel zum Sensor trennen (nicht notwendig bei separatem Ventil)
- b) Sechskantmutter oben am Ventil lösen
- c) Spulenhülse mit Spule abnehmen
- d) Vierkantflansch abschrauben
- e) Ventileinsatz vorsichtig senkrecht nach oben abheben
- f) seitliche Madenschraube lösen, Düsenhalter und Düse herausnehmen
- g) Ventilkegel mit Prallplatte herausnehmen

Alle Teile vorsichtig reinigen und in umgekehrter Reihenfolge wieder montieren.

Es wird dringend empfohlen, die O-Ring-Dichtungen dabei zu erneuern.

Nach der Montage des Regelventils ist es zweckmäßig, die Regeleigenschaften des Ventils zu prüfen. Dies geschieht am besten mit einer separaten, variablen 15V-Spannungsquelle.

Wie folgt vorgehen:

- Die Ventilstecker von der Miniatur-Steckverbindung auf der Schaltkreiskarte ziehen
- Gasdruck entsprechend den Betriebsbedingungen herstellen
- Spannung einschalten und allmählich erhöhen
- Das Ventil sollte öffnen bei  $7V=G3V=$
- Die volle Öffnung sollte bei  $9V=G1,5V=$  erreicht werden

Wenn das Ventil nicht innerhalb der angegebenen Werte arbeitet, soll es nochmals auseinandergenommen und die Düse auf die richtige Lage einjustiert werden.

Ventil zusammenbauen und Prozedur, falls nötig, wiederholen.

#### 4.6.2 Vary-P-Ventil

Das Vary-P-Ventil wurde konstruiert, um auch extrem variable Prozeßbedingungen vor oder hinter dem Ventil oder auf beiden Seiten bewältigen zu können. Das  $\Delta P$  kann stark variieren. Das Hauptregelventil ist ein direkt betriebenes Magnetventil.

Patent ist angemeldet.

Die eingebaute Düsengröße wird nicht mit den üblichen Berechnungen festgelegt. Die Größe der eingebauten Düse kann Ihnen der Lieferant mitteilen.

#### 4.6.3 Pilotgesteuertes Ventil

Dieses Regelventil besteht aus einem federbelastenden Membran/Düsensystem, das durch ein pilotgesteuertes Magnetventil betätigt wird.

Die beiden Elemente sind in einem Block untergebracht.

Grundsätzlich gilt für die Demontage die gleiche Prozedur wie unter 4.6.1 beschrieben.

Zur Reinigung kann es notwendig sein, das Ventil weiter zu zerlegen und auch das Membran-system zu entfernen.

#### Anmerkung:

Bei der Druckprobe eines Systems mit pilotgesteuertem Regelventil muß eine spezielle Prozedur eingehalten werden, damit das Ventil nicht beschädigt wird.

Hierzu bitte vorher Kontakt mit Ihrem Lieferanten oder dem Werk aufnehmen.

#### 4.6.4 Balgventil

Diese Ventile sind für niedrige Drücke oder Anwendungen im Vakuumbereich vorgesehen und sollten vom Benutzer nicht zerlegt werden.

## 4.7 Berechnung des $K_v$ -Wertes

Mit dieser Berechnungsmethode kann der  $K_v$ -Wert der Hauptdüse eines Regelventils bestimmt werden.

### 4.7.1 Für Gase

Bestimmen Sie das gewünschte  $\Delta P$  am Ventil.

Das  $\Delta P$  sollte mindestens 20 % des Vordruckes betragen, in geschlossenen Regelkreisen 20 % des gesamten Differenzdruckes im System.

Bei einem  $\Delta P$  von 20 - 50% des Vordruckes gilt die Gleichung:

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{514} \sqrt{\frac{\rho_n \cdot T}{\Delta p \cdot p_2}} \quad \text{unterkritisch}$$

Bei einem  $\Delta P$  von 50 - 100 % des Vordruckes gilt die Gleichung:

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{257 \cdot p_1} \sqrt{\rho_n \cdot T} \quad \text{überkritisch}$$

Einheiten:

$\Phi_{vn}$  = Fluß [m<sup>3</sup>/h]

$p_1$  = Versorgungsdruck [bara]

$p_2$  = Hinterdruck [bara]

$\Delta P$  = Druckdifferenz ( $p_1 - p_2$ ) [bard]

$T$  = Temperatur [K]

$\rho_n$  = Dichte density [kg/m<sup>3</sup>]

Der Düsendurchmesser wird wie folgt bestimmt:  $d = 7.6 \sqrt{K_v}$  [mm]

### 4.7.2 Für Flüssigkeiten

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \quad *$$

Einheiten:

$\Phi_v$  = Volumenfluß

$\rho$  = Dichte bei 20°C und 1 atm [kg/m<sup>3</sup>]

$\Delta P$  = Delta p [bard]

Der Düsendurchmesser wird wie folgt bestimmt:

$$d = 7.6 \sqrt{K_v} \quad \text{[mm]}$$



Bei Massendurchflußmessern für Flüssigkeiten ist normal nur ein geschlossenes Ventil verfügbar. Der Düsendurchmesser kann berechnet oder der Tabelle entnommen werden.

Durchmesser [mm]	$K_v$	Normal geschlossen $\Delta p$ max. [bard]
0,10	$1,73 \times 10^{-4}$	10
0,14	$3,39 \times 10^{-4}$	10
0,20	$6,93 \times 10^{-4}$	10
0,30	$1,56 \times 10^{-3}$	10
0,37	$2,37 \times 10^{-3}$	10
0,50	$4,33 \times 10^{-3}$	10
0,70	$8,48 \times 10^{-3}$	10
1,00	$1,73 \times 10^{-2}$	10

\* Für Flüssigkeiten mit dynamischer Viskosität:  $15 \text{ cP} < \mu < 100 \text{ cP}$  errechnet sich der  $K_v$ -Wert wie folgt:

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \cdot \sqrt{\mu}$$

Einheiten:

$\Phi_v$  = Volumenfluß [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\rho$  = Dichte bei  $20^\circ\text{C}$  und 1 atm. [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$\Delta p$  = delta p [bard]

$\mu$  = dynamische Viskosität [ $\text{c}_p$ ]

Die größtmögliche Viskosität erfragen Sie bitte beim Werk.

#### 4.8 Maximaler Druckabfall

Für pilotgesteuerte Magnet-Regelventile mit kleinen Bohrungen beträgt der höchstzulässige Druckabfall bei Gasen gemäß untenstehender Tabelle:

Durchmesser [mm]	$K_v$	Normal geschlossen $\Delta p$ max. [bard]	Normal geöffnet $\Delta p$ max. [bard]
0,05	$4,33 \times 10^{-5}$	40	30
0,07	$8,48 \times 10^{-5}$	30	20
0,10	$1,73 \times 10^{-4}$	30	20
0,14	$3,39 \times 10^{-4}$	30	20
0,20	$6,93 \times 10^{-4}$	30	20
0,30	$1,56 \times 10^{-3}$	30	20
0,37	$2,37 \times 10^{-3}$	30	20
0,50	$4,33 \times 10^{-3}$	30	20
0,70	$8,48 \times 10^{-3}$	24	15
1,00	$1,73 \times 10^{-2}$	12	8
1,30	$2,93 \times 10^{-2}$	8	5
1,50	$3,90 \times 10^{-2}$	6	n.a.
1,70	$5,00 \times 10^{-2}$	5	n.a.
2,00	$6,63 \times 10^{-2}$	3,6	n.a.

Für pilotgesteuerte Ventile ist der maximale Druckabfall auf 20 bard begrenzt. Falls der Druckabfall beim Anfahren höher ist, ist es zweckmäßig, ein By-Pass-Ventil zu verwenden.

Dieses sollte während der Anfahr-Phase geöffnet sein. Der Mindestdruckabfall ist ebenso begrenzt. Genaue Zahlen erfahren Sie beim Werk, oder Sie richten sich nach den technischen Daten und/oder zusätzlichen Hinweisen, die Sie vom Vertriebspartner erhalten.

## 4.9 Kalibriervorgang

Alle Geräte sind im Werk kalibriert worden. Diese Anweisung gilt also nur für den Fall der Nach- und Neukalibrierung.

Zur Kalibrierung der Messer/Regler ist ein genaues Digital-Volt- oder Ampèremeter und eine genaue Kalibriervorrichtung erforderlich.

### Arbeitsweise:

- a) Strom einschalten und 30 Minuten zum Aufwärmen und Stabilisieren warten
- b) Prüfen, ob das System arbeitet
- c) Abdeckung entfernen
- d) Digital-Meßgerät an den Geräteausgang anschließen
- e) Potentiometer "L" justieren, bis 0% Durchfluß/Druck = 0,010 VGS Ausgangsspannung angezeigt wird.
- f) Potentiometer "H" justieren, bis 100% Durchfluß/Druck = 5,000VGS Ausgangsspannung angezeigt wird.
- g) Potentiometer "M" justieren, bis 50% Durchfluß = 2,500 VGS Ausgangsspannung angezeigt wird (gilt nicht für Druckmeßgeräte)
- h) Die Schritte e) bis g) müssen solange wiederholt werden, bis der Unterschied zwischen den justierten und gewünschten Werten kleiner als die benötigte Genauigkeit ist.

### Anmerkungen:

- a) Bei anderen Signalausgängen sind die 0,010, 2,500 und 5,000 VGS-Werte gemäß den 0, 50 und 100 % Punkten umzurechnen.
- b) Die Potentiometer "H" und "M" können justiert werden, ohne daß die "L"-Justierung verändert wird.
- c) Die Justierung des Potentiometers "L" führt automatisch zu einer Veränderung der Positionen der Potentiometer "H" und "M".
- d) Der Potentiometer "M" kann justiert werden, ohne daß die Positionen der Potentiometer "L" und "H" verändert werden.
- e) Die Positionen der Potentiometer entnehmen Sie bitte den Ihrem Gerät beigelegten Unterlagen.

## 5 Fehlersuche

### 5.1 Allgemeines

Um die Arbeitsweise des Gerätes einwandfrei untersuchen zu können, muß es aus der Rohrleitung genommen und ohne anstehenden Gasdruck geprüft werden.

Nach Lösen der Eingangverschraubung bzw. des Anschlußflansches kann eine Verschmutzung sofort festgestellt werden.

Außerdem nehmen Sie bitte den Gehäusedeckel ab und prüfen Sie, ob alle Stecker richtig sitzen.

Durch Ein- und Ausschalten der Spannungsversorgung kann zunächst geprüft werden, ob das Gerät elektronisch in Ordnung ist.

Danach kann die Gasleitung wieder angeschlossen werden, um das Durchflußverhalten zu prüfen.

Besteht der Verdacht einer Undichtigkeit bei einem Gasgerät, so prüfen Sie das bitte nicht durch Sprühen einer Lecktestflüssigkeit auf das Kunststoffgehäuse. Es könnte sonst einen Kurzschluß im Sensor oder der Platine geben.

### 5.2 Fehlersuchtablelle

Symptom	Mögliche Ursache	Maßnahme
Kein Ausgangssignal	Keine Versorgung	1a) Netzteil prüfen
		1b) Verbindungskabel prüfen
	Schaden auf Platine	1c) Einsendung ans Werk
	Ventil verstopft	1d) Ventil reinigen (nur durch qualifiziertes Fachpersonal)
	Filter oder Sieb verstopft	1e) Filter oder Sieb reinigen
	Sensorschaden	1f) Einsendung ans Werk
Max. Ausgangssignal konstant Maximum	Schaden auf Platine	2a) Einsendung ans Werk
	Sensorschaden	2b) Einsendung ans Werk
Sollwert ≠ Istwert	Schaden auf Platine	3a) Einsendung ans Werk
	Ventil verstopft	3b) Ventil reinigen (nur durch als Sollwert oder qualifiziertes Fachpersonal)
	Stillstand	3c) Ursache beseitigen
	falscher Druck	3d) Druck prüfen
Ausgangssignal niedriger als erwartet	Systemstillstand	4a) Ursache beseitigen
Durchfluß geht allmählich zurück	(Gas)Kondensatbildung	5a) Betriebsdruck herabsetzen oder Gas erwärmen
	Ventileinstellung ist verändert	5b) Ventileinstellung prüfen
Schwingungen	Reglereinstellung falsch	6a) Einstellung korrigieren
	Vordruck falsch	6b) Druck korrigieren
	Ventil beschädigt	6c) Ventil prüfen
	Volumen/Rohrleitung zwischen Durchflußregler und Druckregler zu klein/kurz	6d) Situation verbessern
Geringer Durchfluß bei geschlossenem Ventil	Ventil ist undicht	7a) Ventil prüfen

## **ANHANG 1**

# **GAS KONVERSIONSTABELLE**

Doc. no.: 9.02.086



# GAS KONVERSIONSTABELLE

Nr.:	Name:	Formel	Dichte $\rho_n$ [g / l] 0°C, 1 atm.	Spez. Wärme* $c_p$ – cal [cal / g.K] 20°C, 1 atm.	Konv.-Faktor 20°C, 1 atm.
1	Acetylene (Ethyne)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1.172	0.438	0.61
2	Air	Air	1.293	0.241	1.00
3	Allene (Propadiene)	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	1.832	0.392	0.43
4	Ammonia	NH <sub>3</sub>	0.7693	0.524	0.77
5	Argon	Ar	1.784	0.125	1.40
6	Arsine	AsH <sub>3</sub>	3.524	0.133	0.66
7	Boron trichloride	BCl <sub>3</sub>	5.227	0.136	0.44
8	Boron trifluoride	BF <sub>3</sub>	3.044	0.188	0.54
9	Bromine pentafluoride	BrF <sub>5</sub>	7.803	0.156	0.26
10	Butadiene (1,3-)	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	2.504	0.405	0.31
11	Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.705	0.457	0.25
12	Butene (1-)	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2.581	0.415	0.29
13	Butene (2-) (Cis)	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2.503	0.387	0.32
14	Butene (2-) (Trans)	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2.503	0.421	0.30
15	Carbonylfluoride	COF <sub>2</sub>	2.983	0.194	0.54
16	Carbonylsulfide	COS	2.724	0.175	0.65
17	Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1.977	0.213	0.74
18	Carbon disulfide	CS <sub>2</sub>	3.397	0.152	0.60
19	Carbon monoxide	CO	1.25	0.249	1.00
20	Chlorine	Cl <sub>2</sub>	3.218	0.118	0.82
21	Chlorine trifluoride	ClF <sub>3</sub>	4.125	0.188	0.40
22	Cyanogen	C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	2.376	0.275	0.48
23	Cyanogen chloride	CICN	2.743	0.185	0.61
24	Cyclopropane	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1.919	0.374	0.43
25	Deuterium	D <sub>2</sub>	0.1798	1.73	1.00
26	Diborane	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.248	0.577	0.43
27	Dibromo difluoromethane	Br <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	9.361	0.17	0.20
28	Dichlorosilane	SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	4.506	0.17	0.41
29	Dimethylamine	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> NH	2.011	0.417	0.37
30	Dimethylpropane (2,2-)	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3.219	0.462	0.21
31	Dimethylether	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	2.105	0.378	0.39
32	Disilane	Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.857	0.352	0.31
33	Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.355	0.468	0.49
34	Ethylene (Ethene)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.261	0.414	0.60
35	Ethylene oxide	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	1.965	0.303	0.52
36	Ethylacetylene (1-Butyne)	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	2.413	0.401	0.32
37	Ethylchloride	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	2.878	0.263	0.41
38	Fluorine	F <sub>2</sub>	1.696	0.201	0.91
39	Freon-11	CCl <sub>3</sub> F	6.129	0.145	0.35
40	Freon-113	C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	8.36	0.174	0.21
41	Freon-1132A	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	2.889	0.244	0.44
42	Freon-114	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	7.626	0.177	0.23
43	Freon-115	C <sub>2</sub> ClF <sub>5</sub>	7.092	0.182	0.24
44	Freon-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	6.251	0.2	0.25
45	Freon-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.547	0.153	0.37
46	Freon-13	CClF <sub>3</sub>	4.72	0.165	0.40
47	Freon-13B1	CBrF <sub>3</sub>	6.768	0.12	0.38
48	Freon-14	CF <sub>4</sub>	3.946	0.18	0.44
49	Freon-21	CHCl <sub>2</sub> F	4.592	0.154	0.44
50	Freon-22	CHClF <sub>2</sub>	3.936	0.168	0.47
51	Freon-23	CHF <sub>3</sub>	3.156	0.191	0.52
52	Freon-C318	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	9.372	0.222	0.15
53	Germane	GeH <sub>4</sub>	3.45	0.16	0.56

\*  $c_p$ - cal (T,p) =  $c_p$ (T + 50°C, p)

# GAS KONVERSIONSTABELLE

Nr.:	Name:	Formel	Dichte $\rho_n$ [g / l] 0°C, 1 atm.	Spez. Wärme* $c_p - \text{cal}$ [cal / g.K] 20°C, 1atm.	Konv.-Faktor 20°C, 1 atm.
54	Helium	He	0.1785	1.24	1.41
55	Helium (3-)	3He	0.1346	1.606	1.44
56	Hydrogen	H <sub>2</sub>	0.08991	3.44	1.01
57	Hydrogen bromide	HBr	3.646	0.0869	0.98
58	Hydrogen chloride	HCl	1.639	0.192	0.99
59	Hydrogen cyanide	HCN	1.206	0.345	0.75
60	Hydrogen fluoride	HF	0.8926	0.362	0.96
61	Hydrogen iodide	HI	5.799	0.0553	0.97
62	Hydrogen selenide	H <sub>2</sub> Se	3.663	0.109	0.78
63	Hydrogen sulfide	H <sub>2</sub> S	1.536	0.246	0.82
64	Isobutane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.693	0.457	0.25
65	Isobutylene (Isobutene)	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2.60	0.429	0.28
66	Krypton	Kr	3.749	0.058	1.43
67	Methane	CH <sub>4</sub>	0.7175	0.568	0.76
68	Methylacetylene	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	1.83	0.399	0.43
69	Methylbromide	CH <sub>3</sub> Br	4.35	0.118	0.61
70	Methylchloride	CH <sub>3</sub> Cl	2.3	0.212	0.64
71	Methylfluoride	CH <sub>3</sub> F	1.534	0.29	0.70
72	Methylmercaptan	CH <sub>3</sub> SH	2.146	0.272	0.53
73	Molybdenum hexafluoride	MoF <sub>6</sub>	9.366	0.156	0.21
74	Mono-ethylamine	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	2.011	0.436	0.36
75	Monomethylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	1.419	0.424	0.52
76	Neon	Ne	0.9002	0.246	1.41
77	Nitric oxide	NO	1.34	0.239	0.97
78	Nitrogen	N <sub>2</sub>	1.250	0.249	1.00
79	Nitrogen dioxide	NO <sub>2</sub>	2.053	0.204	0.74
80	Nitrogen trifluoride	NF <sub>3</sub>	3.182	0.194	0.50
81	Nitrosyl chloride	NOCl	2.984	0.17	0.61
82	Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	1.978	0.221	0.71
83	Oxygen	O <sub>2</sub>	1.429	0.222	0.98
84	Oxygen difluoride	OF <sub>2</sub>	2.417	0.201	0.64
85	Ozone	O <sub>3</sub>	2.154	0.207	0.70
86	Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3.219	0.455	0.21
87	Perchlorylfluoride	ClO <sub>3</sub> F	4.653	0.165	0.41
88	Perfluoropropane	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8.662	0.22	0.16
89	Performa- ethylene	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	4.523	0.206	0.33
90	Phosgene	COCl <sub>2</sub>	4.413	0.149	0.47
91	Phosphine	PH <sub>3</sub>	1.53	0.277	0.73
92	Phosphorous pentafluoride	PF <sub>5</sub>	5.694	0.183	0.30
93	Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.012	0.456	0.34
94	Propylene (Propene)	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1.915	0.408	0.40
95	Silane	SiH <sub>4</sub>	1.443	0.349	0.62
96	Silicon tetrafluoride	SiF <sub>4</sub>	4.683	0.18	0.37
97	Sulfurylfluoride	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4.631	0.175	0.38
98	Sulfur dioxide	SO <sub>2</sub>	2.922	0.157	0.68
99	Sulfur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	6.626	0.175	0.27
100	Sulfur tetrafluoride	SF <sub>4</sub>	4.821	0.192	0.34
101	Trichlorosilane	SiHCl <sub>3</sub>	6.044	0.157	0.33
102	Trimethylamine	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N	2.637	0.424	0.28
103	Tungsten hexafluoride	WF <sub>6</sub>	13.29	0.092	0.25
104	Vinylbromide	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Br	4.772	0.141	0.46
105	Vinylchloride	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	2.865	0.229	0.47
106	Vinylfluoride	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F	2.08	0.305	0.49
107	Xenon	Xe	5.899	0.0382	1.38

\*  $c_p - \text{cal} (T,p) = c_p (T + 50^\circ\text{C}, p)$

## **ANHANG 2**

# **Anlagen (falls verwendbar)**

**Kalibrier Zertifikat(e)  
Kontaminierungs Erklärung  
Maßzeichnungen  
Anschlußpläne**