

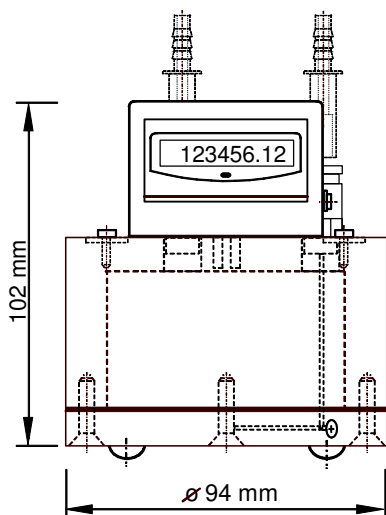


Inhaltsverzeichnis

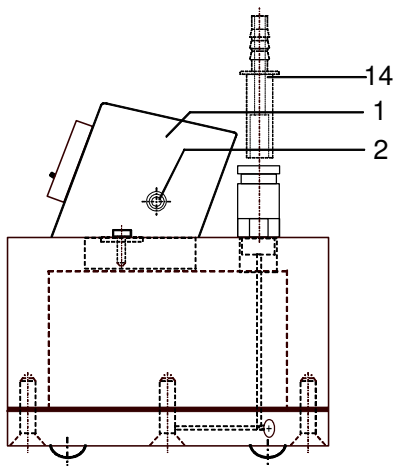
	Seite
1. Datenblätter	3
2. Inbetriebnahme	9
2.1. Nach dem Erhalt	9
2.2. Aufstellung	9
2.3. Befüllung	10
2.3.1. PMMA-Version	10
2.3.2. PVDF- und PVC- Version	11
2.4. Anschluss der Schlauchverbindungen	12
3. Messung	12
3.1. Messprinzip	12
3.2. Kalibrierung / Messfehler	13
3.2.1. Statische Korrektur der Fertigungstoleranzen	13
3.2.2. Dynamische Korrektur des volumenstromabhängigen Messfehlers	13
3.3. Einfluss des Totraumvolumens	13
3.4. Einfluss von Schmutzpartikeln im Gasstrom	14
3.5. Einfluss der Temperatur	14
3.6. Einfluss des Gasdrucks im System	14
3.7. Einfluss des Wasserdampf-Partialdruckes	15
3.8. Temperatur- und Druckkorrektur	15
3.9. Besonderheiten bei Gärversuchen	16
4. Zählwerk	17
4.1. Anzeige	17
4.2. Rückstelltaste	17
4.3. Signalausgang	17
4.3.1. Reed-Kontakt	17
4.3.2. Ausgangsbuchse:	18
5. Wartung	19
5.1. Füllstandskontrolle der Sperrflüssigkeit	19
5.2. Austausch der Sperrflüssigkeit	19
5.3. Reinigung der Mikrokapillare	19
5.4. Batterie-Wechsel (Zählwerk)	20
5.5. Ausbau / Wechsel der Messzelle	20
5.6. Langzeitlagerung	21

¹ Eingetragene Marke. Der MilliGascounter wurde an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg unter der Leitung von Prof. Dr. Paul Scherer entwickelt.

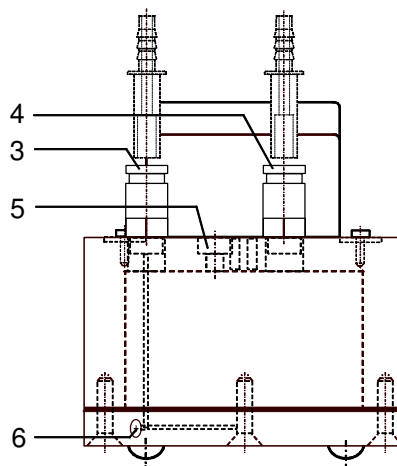
1. Datenblätter



Vorderansicht



Seitenansicht



Rückseitenansicht

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| (1) Zählwerk mit LCD-Anzeige | (3) Gas Eingang | (5) Entlüftungsschraube für Befüllung |
| (2) Signal Ausgang (Reedkontakt) | (4) Gas Ausgang | (6) Revisionschraube Gaskanal |
| (14) Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche | | |

Technische Daten

Minimal-Volumenstrom Q_{\min}	1	ml/h	maximaler Gas-Eingangsdruck	100	mbar
Maximal-Volumenstrom Q_{\max}	1	ltr/h	minimaler Gas-Eingangsdruck	5	mbar
Messgenauigkeit, ca. ¹⁾	± 3	%	Gas-Eingangsdruck bei Messbeginn ⁵⁾	9	mbar
Messrauminhalt, ca. ²⁾	3	ml			
Min. Messvolumen (Auflösung) ³⁾	3	ml	Gas-Temperatur ⁶⁾	+10 ~ +40	°C
Ablesegenauigkeit ⁴⁾	0,01	ml	Anschluss Gas-Ein-/Ausgang	Steck-Kupplung	
Menge Sperrflüssigkeit, ca.	120	ml	Ø Anschluss-Schlauch	7 _i / 11 _a	mm

1) Aufgrund des physikalischen Messprinzips ist der Messfehler vom Volumenstrom abhängig. In der **Datenerfassungs-Software „Rigamo“** (Zubehör) ist ein Algorithmus implementiert, der die Messwerte beim jeweils aktuellen Volumenstrom auf der Basis der Kalibrierkurve in das wahre Volumen umrechnet. Hierdurch wird der verbleibende Restfehler signifikant reduziert oder – bei gleich bleibendem Messfehler von ± 3 – der Messbereich erweitert. Der verbleibende Restfehler nach der Umrechnung ist kleiner ca. $\pm 1\%$ über den gesamten Messbereich.

2) = Nennwert; exakter Wert wird durch individuelle Kalibrierung ermittelt. Siehe Ziff. 3.2

3) = Inhalt einer Messzelle

4) Durch Kalibrierfaktor mit 2 Dezimalen.

5) Erhöhter Gas-Eingangsdruck, bis Gaseingangs-Kanal und Mikrokapillare in der Basisplatte frei von Sperrflüssigkeit sind.

6) Für das Gesamtgerät gilt: Bei Temperaturen > Raumtemperatur, z.B. bei Platzierung im Wärmeschrank, wurde in Einzelfällen eine Schaumbildung der Sperrflüssigkeit beobachtet.

Materialien

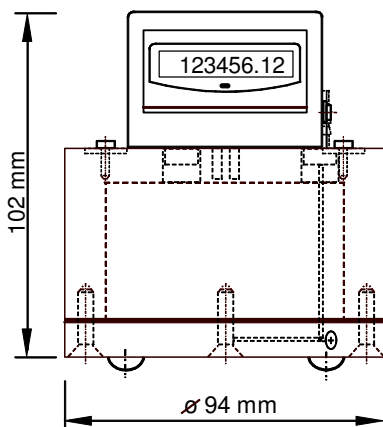
Gehäuse	Plexiglas (PMMA)
Messzelle	Polyvinylfluorid (PVDF)
Steck-Kupplung	Messing vernickelt, NBR-Dichtung
Schlauchanschluss-Adapter	PBT (Polybutylenterephthalat)

Standardausrüstung

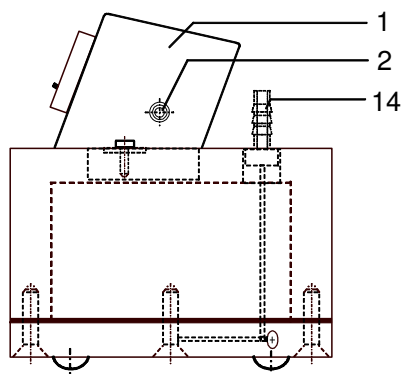
Elektronisches Zählwerk / LCD-Anzeige	1 Reinigungsstift für Mikrokapillare für je 1 bis 5 Stück MilliGascounter
Anzeige: 6 Ziffern [ml] + 2 Dezimale	
Impulsgeber V6.0 als Signalausgang	Befüllungs-Trichter
(Reedkontakt, potentialfrei)	200 ml Sperrflüssigkeit
Zwillings-Messkammer	1,5 m Anschluss-Schlauch (PVC)
2 Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche	Spritze (zur Absaugung von Sperrflüssigkeit)

Zubehör

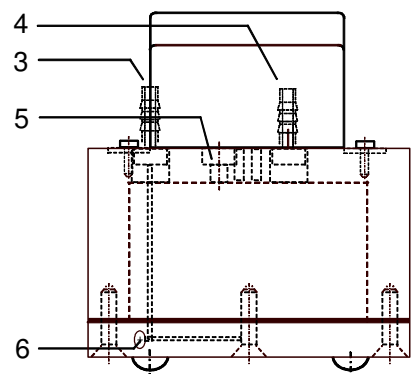
Datenerfassungs-Software „Rigamo“ für Windows®	Sperrflüssigkeit 100 / 500 / 1.000 ml
Gasanschluss-Schlauch (PVC)	



Vorderansicht



Seitenansicht



Rückseitenansicht

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| (1) Zählwerk mit LCD-Anzeige | (3) Gas Eingang | (5) Entlüftungsschraube für Befüllung |
| (2) Signal Ausgang (Reedkontakt) | (4) Gas Ausgang | (6) Revisionsschraube Gaskanal |
| (14) Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche | | |

Technische Daten

Minimal-Volumenstrom Q_{\min}	1	ml/h	maximaler Gas-Eingangsdruck	100	mbar
Maximal-Volumenstrom Q_{\max}	1	ltr/h	minimaler Gas-Eingangsdruck	5	mbar
Messgenauigkeit, ca. ¹⁾	± 3	%	Gas-Eingangsdruck bei Messbeginn ⁵⁾	9	mbar
Messrauminhalt, ca. ²⁾	3	ml			
Min. Messvolumen (Auflösung) ³⁾	3	ml	Gas-Temperatur ⁶⁾	+10 ~ +40	°C
Ablesegenauigkeit ⁴⁾	0,01	ml	Anschluss Gas-Ein-/Ausgang	Klemmring-Verschraubung	
Menge Sperrflüssigkeit, ca.	120	ml	Ø; Klemmring-Verschraubung	8	mm

- 1) Aufgrund des physikalischen Messprinzips ist der Messfehler vom Volumenstrom abhängig. In der **Datenerfassungs-Software „Rigamo“** (Zubehör) ist ein Algorithmus implementiert, der die Messwerte beim jeweils aktuellen Volumenstrom auf der Basis der Kalibrierkurve in das wahre Volumen umrechnet. Hierdurch wird der verbleibende Restfehler signifikant reduziert oder – bei gleich bleibendem Messfehler von ± 3 – der Messbereich erweitert. Der verbleibende Restfehler nach der Umrechnung ist kleiner ca. $\pm 1\%$ über den gesamten Messbereich.
- 2) Nennwert; exakter Wert wird durch individuelle Kalibrierung ermittelt
- 3) = Inhalt einer Messzelle
- 4) Durch Kalibrierfaktor mit 2 Dezimalen.
- 5) Erhöhter Gas-Eingangsdruck, bis Gaseingangs-Kanal und Mikrokapillare in der Basisplatte frei von Sperrflüssigkeit sind.
- 6) Für das Gesamtgerät gilt: Bei Temperaturen > Raumtemperatur, z.B. bei Platzierung im Wärmeschrank, wurde in Einzelfällen eine Schaumbildung der Sperrflüssigkeit beobachtet.

Materialien

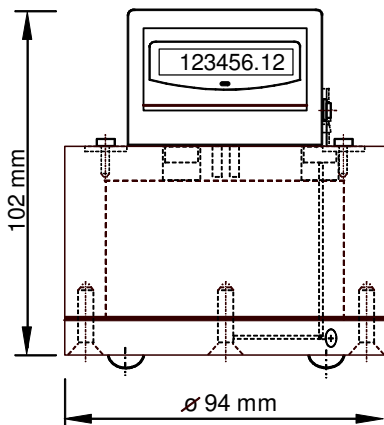
Gehäuse	Polyvinylfluorid (PVDF)
Messzelle	Polyvinylfluorid (PVDF)
Steck-Kupplung	Messing vernickelt, NBR-Dichtung
Schlauchanschluss-Adapter	PBT (Polybutylenterephthalat)

Standardausrüstung

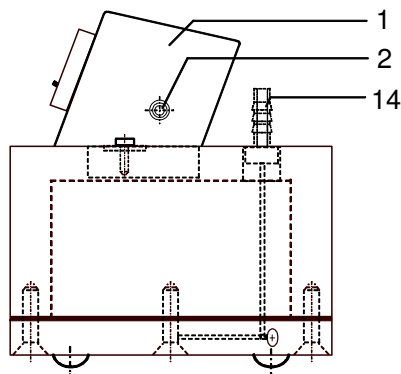
Elektronisches Zählwerk / LCD-Anzeige	1 Reinigungsstift für Mikrokapillare für je 1 bis 5 Stück MilliGascounter
Anzeige: 6 Ziffern [ml] + 2 Dezimale	
Impulsgeber V6.0 als Signalausgang	Befüllungs-Trichter
(Reedkontakt, potentialfrei)	200 ml Sperrflüssigkeit
Zwilling-Messkammer	1,5 m Anschluss-Schlauch Polytetrafluorethylen (PTFE - Teflon)
2 Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche	

Zubehör

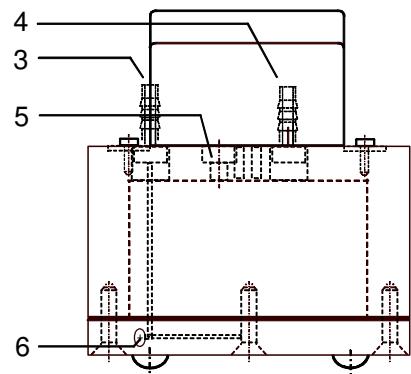
Datenerfassungs-Software „Rigamo“ für Windows®	Sperrflüssigkeit 100 / 500 / 1.000 ml
Anschluss-Schlauch Polytetrafluorethylen (PTFE - Teflon)	



Vorderansicht



Seitenansicht



Rückseitenansicht

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| (1) Zählwerk mit LCD-Anzeige | (3) Gas Eingang | (5) Entlüftungsschraube für Befüllung |
| (2) Signal Ausgang (Reedkontakt) | (4) Gas Ausgang | (6) Revisionsschraube Gaskanal |
| (14) Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche | | |

Technische Daten

Minimal-Volumenstrom Q_{\min}	1	ml/h	maximaler Gas-Eingangsdruck	100	mbar
Maximal-Volumenstrom Q_{\max_1} bei Messgenauigkeit $\pm 3\%$	0,6	ltr/h	minimaler Gas-Eingangsdruck	5	mbar
Maximal-Volumenstrom Q_{\max_1} bei Messgenauigkeit $\pm 5\%$	1,0	ltr/h	Gas-Eingangsdruck bei Messbeginn ⁵⁾	9	mbar
Messrauminhalt, ca. ²⁾	2	ml			
Min. Messvolumen (Auflösung) ³⁾	2	ml	Gas-Temperatur ⁶⁾	+10 ~ +40	°C
Ablesegenauigkeit ⁴⁾	0,01	ml	Anschluss Gas-Ein-/Ausgang	Schlauchtülle	
Menge Sperrflüssigkeit, ca.	120	ml	Ø _a Schlauchtülle	8	mm
			Ø, Anschluss-Schlauch	7	mm

- 1) Aufgrund des physikalischen Messprinzips ist der Messfehler vom Volumenstrom abhängig. In der **Datenerfassungs-Software „Rigamo“** (Zubehör) ist ein Algorithmus implementiert, der die Messwerte beim jeweils aktuellen Volumenstrom auf der Basis der Kalibrierkurve in das wahre Volumen umrechnet. Hierdurch wird der verbleibende Restfehler signifikant reduziert oder – bei gleich bleibendem Messfehler von ± 3 – der Messbereich erweitert. Der verbleibende Restfehler nach der Umrechnung ist kleiner ca. $\pm 1\%$ über den gesamten Messbereich.
- 2) Nennwert; exakter Wert wird durch individuelle Kalibrierung ermittelt
- 3) = Inhalt einer Messzelle
- 4) Durch Kalibrierfaktor mit 2 Dezimalen.
- 5) Erhöhter Gas-Eingangsdruck, bis Gaseingangs-Kanal und Mikrokapillare in der Basisplatte frei von Sperrflüssigkeit sind.
- 6) Für das Gesamtgerät gilt: Bei Temperaturen > Raumtemperatur, z.B. bei Platzierung im Wärmeschrank, wurde in Einzelfällen eine Schaumbildung der Sperrflüssigkeit beobachtet.

Materialien

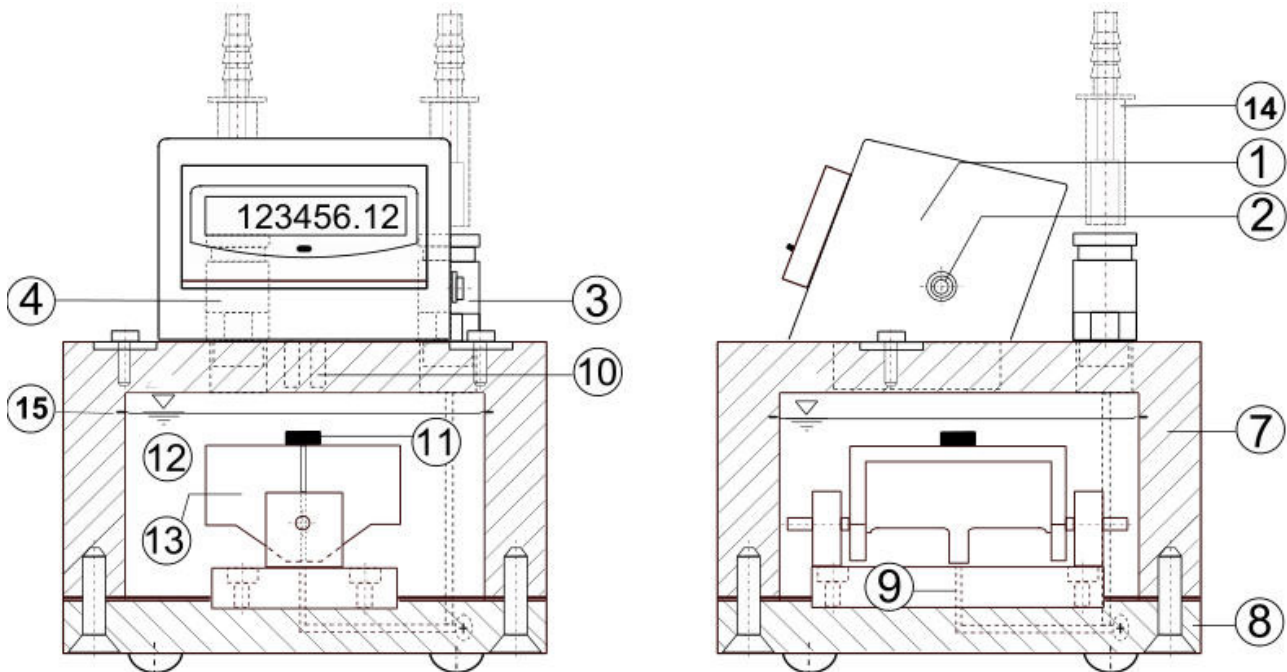
Gehäuse / Schlauchtüllen	Polyvinylchlorid (PVC), rot
Messzelle	Polyvinylchlorid (PVC), rot

Standardausrüstung

Elektronisches Zählwerk / LCD-Anzeige	1 Reinigungsstift für Mikrokapillare für je 1 bis 5 Stück MilliGascounter
Anzeige: 6 Ziffern [ml] + 2 Dezimale	
Impulsgeber V6.0 als Signalausgang	Befüllungs-Trichter
(Reedkontakt, potentialfrei)	200 ml Sperrflüssigkeit
Zwillings-Messkammer	1,5 m Anschluss-Schlauch (PVC)

Zubehör

Datenerfassungs-Software „Rigamo“ für Windows®	Sperrflüssigkeit 100 / 500 / 1.000 ml
Anschluss-Schlauch (PVC)	



- | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| (1) Zählwerk mit LCD-Anzeige | (10) Zwei Reed-Kontakte |
| (2) Signal-Ausgangsbuchse Reed-Kontakt | (11) Permanent-Magnet |
| (3) Gaseingangsstutzen | (12) Sperrflüssigkeit |
| (4) Gasausgangsstutzen | (13) Messzelle (Kippkörper) mit Zwilling-Messkammern |
| (7) Gehäuse | (14) Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche |
| (8) Gehäuse-Grundplatte | (15) Ritzmarkierung (Einfüllhöhe Sperrflüssigkeit) |
| (9) Mikrokapillare | |

2. Inbetriebnahme

2.1. Nach dem Erhalt

- a) Lesen Sie bitte sorgfältig diese Bedienungsanleitung, um einen langen, störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.
- b) Bitte den MilliGascounter vorsichtig auspacken. Die Packung enthält:
 - 1 MilliGascounter
 - 2 Schlauchanschluss-Adapter für flexible Anschluss-Schläuche
 - 1 Flasche Sperrflüssigkeit (200ml)
 - 1,5 m Anschlusschlauch
 - 1 Trichter zur Befüllung mit der Sperrflüssigkeit
 - 1 Reinigungsstab für die Mikrokapillare für je 1 bis 5 Stück MilliGascounter
 - 1 Spritze zur Fein-Einstellung der Füllstandshöhe für 1 bis 5 Stück MilliGascounter

2.2. Aufstellung

- a) Der MilliGascounter sollte auf einem horizontalen, festen und schwingungsfreien Untergrund aufgestellt werden.

- b) Enthält das zu messende Gas Wasserdampf oder ein anderes kondensatfähiges Gas, ist dafür zu sorgen, dass das Gas nicht innerhalb des MilliGascounters kondensiert. Dieses kann durch vorherige Abkühlung auf Raumtemperatur oder durch Verwendung einer Kondensatfalle geschehen. Zur Abkühlung des Gases ist im einfachsten Fall ein entsprechend langer Zuleitungsschlauch oder ein etwa 20 cm langes Metallrohr ausreichend; ggf. kann die Zuleitung durch ein Wasserbad geführt werden.

Wenn eine Kondensatbildung unvermeidbar ist, sollte der MilliGascounter auf jeden Fall so aufgestellt werden, dass in der Zuleitung befindliches Kondensat nicht in das Gerät laufen kann⁶. Gleichzeitig verhindert eine solche Kondensatfalle auch umgekehrt, dass Sperrflüssigkeit rückwärts in die Gaszuleitung oder zur Gasquelle (Gärgefäß) fließt, was durch einen Temperaturabfall innerhalb des Systems Gasquelle/Gaszuleitung (Gärapparatur) und einen damit verbundenen Unterdruck geschehen kann. Solche einfachen Kondensatfallen sind auf Wunsch lieferbar. Ist dennoch Kondensat in den MilliGascounter gelangt, sammelt sich dieses am Boden des Flüssigkeitsbehälters und kann mit einer Pipette abgesaugt werden.

2.3. Befüllung

Für die Befüllung ist nur die mitgelieferte Spezial-Sperrflüssigkeit zu verwenden, da die Kalibrierung nur mit dieser Flüssigkeit gültig ist. (Bei Verwendung einer anderen Flüssigkeit treten wegen unterschiedlicher Eigenschaften wie Viskosität oder Oberflächenspannung unvermeidlich Messfehler auf.)

Die Sperrflüssigkeit ist physiologisch unbedenklich. Da es sich um ein ölartiges Polymer handelt, sind Verschmutzungen der Kleidung wie Ölflecken zu behandeln.

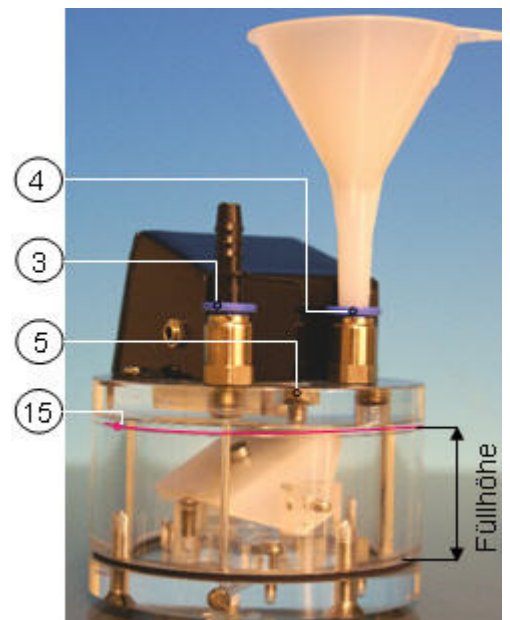
2.3.1. PMMA-Version

Für die Befüllung ist der mitgelieferte Trichter auf den Gasausgangsstutzen (4) zu setzen. Nach Entfernung der Entlüftungsschraube (5) kann die Sperrflüssigkeit in das Gehäuse eingefüllt werden.

Der MilliGascounter ist korrekt befüllt, wenn sich der Flüssigkeitspegel auf gleicher Höhe befindet, wie die im Inneren des Gehäuses angebrachte Ritzmarkierung (15) (hier durch rote Linie hervorgehoben).

Für eine Fein-Einstellung (Erhöhung oder Absenkung) der Sperrflüssigkeit wird die Verwendung der mitgelieferten Injektionsspritze empfohlen.

Es werden ca. 120 ml Sperrflüssigkeit benötigt.



⁶ Bei Anschluss des MilliGascounters an ein Gärgefäß sind Kondensatfallen insbesondere bei thermophiler Gärweise ratsam, da dann besonders viel Wasserdampf entweichen kann.

2.3.2. PVDF- und PVC- Version

Lieferumfang⁷:



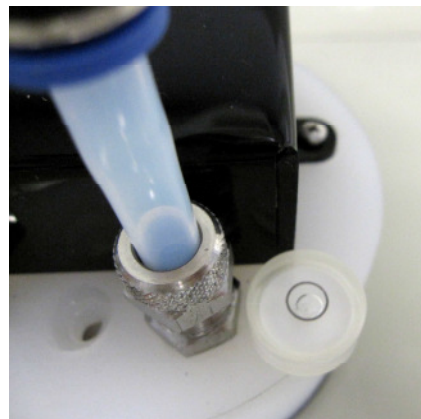
Entlüftungsschraube öffnen:



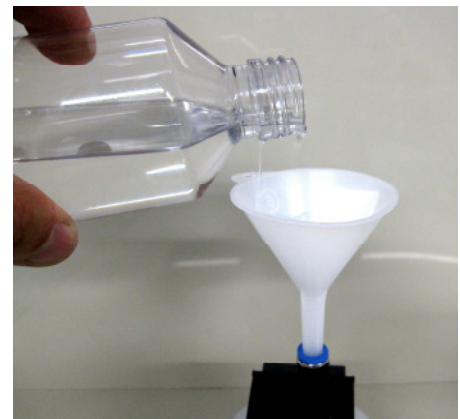
Trichter in Gas-Ausgangs-
stutzen stecken



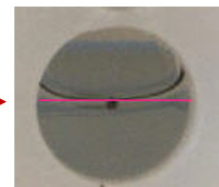
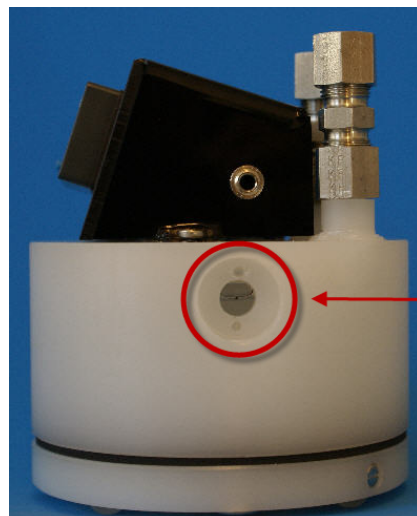
Libelle auf das Gehäuse legen
und horizontal ausrichten:



Einfüllen der Flüssigkeit in
den MGC:

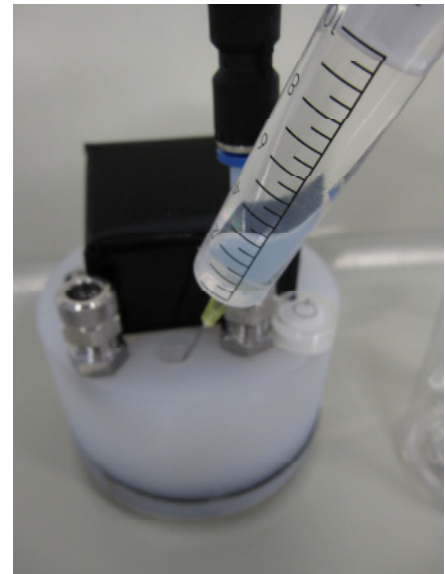


Korrekter
Flüssigkeitspegel:



⁷ Lieferumfang: MGC / Sperrflüssigkeit / Reinigungsstab / Schläuche / Trichter/ Trichteradapter / Libelle/ Injektionspritze / 2 Klemmringverschraubungen (nur bei PVDF-Version)

Für eine Fein-Einstellung (Erhöhung oder Absenkung) der Sperrflüssigkeit wird die Verwendung der mitgelieferten Injektionsspritze empfohlen:



2.4. Anschluss der Schlauchverbindungen

Flexible Schläuche können über die mitgelieferten Schlauchanschluss-Adapter an den MilliGascounter angeschlossen werden. Diese Adapter werden dann in die Steck-Kupplung des Gaseingangsstutzens (3) und (bei Bedarf) Gasausgangsstutzen (4) gesteckt. Ein O-Ring innerhalb des Steck-Kupplung sorgt für einen gasdichten Anschluss. Empfohlene Abmessungen für flexible Schläuche⁸: Innen-Ø 7 mm, Außen-Ø 11 mm.

Harte Schläuche (z.B. aus Polyamid) können ohne die v.g. Schlauchanschluss-Adapter in die Steck-Kupplungen gesteckt werden. Empfohlene Abmessungen für harte Schläuche: Innen-Ø 6 mm, Außen-Ø 8 mm.

Verwenden Sie gasdichte Schläuche als Verbindung zum MilliGascounter. Silikonschläuche sind gasdurchlässig und daher hierfür nicht geeignet; einfache Gummischläuche sind nur bedingt geeignet.

3. Messung

3.1. Messprinzip

Das zu messende Gas gelangt über den Gaseingangsstutzen (3) durch eine Mikrokapillare (9) von unten in den Flüssigkeitsbehälter des MilliGascounters, der mit einer Sperrflüssigkeit (12) gefüllt ist.

Das Gas steigt in Form von kleinen Gasblasen innerhalb der Sperrflüssigkeit nach oben in die Messzelle (13). Die Messzelle besteht aus zwei Messkammern, die alternierend durch die aufsteigenden Gasblasen gefüllt werden. Nach erfolgter Füllung einer Messkammer kippt die Messzelle durch den Auftrieb der gefüllten Messkammer in eine Position, in der die gefüllte Messkammer entleert wird und die Füllung der zweiten Messkammer beginnt.

Die Volumenmessung des Gases erfolgt also in diskreten Schritten durch Zählung der Kippvorgänge der Messzelle (13) mit einer Auflösung von ca. 3 ml (= Inhalt einer Mess-

⁸ 1,5 m Schlauch ist in der Standardausrüstung und damit im Lieferumfang enthalten.

kammer, siehe Ziff. 3.2). Bei einer Abschätzung/Berechnung des Gesamt-Messfehlers ist dieser durch die Auflösung bedingte „Restfehler“ (= max. 3 ml) zu berücksichtigen.

Der Kippvorgang löst über einen Permanent-Magneten (11) und einen der beiden Magnet-sensoren (Reedkontakte) einen Impuls aus, der vom Zählwerk (1) registriert wird.

Die Schaltimpulse des zweiten Reedkontaktes können über die Buchse (2) erfasst werden (siehe Ziff. 4.3).

Das gemessene Gas entweicht durch den Gasausgangsstutzen (4).

3.2. Kalibrierung / Messfehler

3.2.1. Statische Korrektur der Fertigungstoleranzen

Das exakte Volumen einer Messzelle ist aufgrund von Fertigungstoleranzen im all-gemeinen \neq 3 ml. Die Abweichung (= Messfehler) vom Normwert 3 ml wird bei der Kalibrierung festgestellt und durch einen Kalibrierfaktor kompensiert. Dieser Kalibrierfaktor

- wird beim Standard-Volumenstrom 600 ml/h ermittelt
- ist im Kalibrierprotokoll angegeben,
- ist im Zählwerk programmiert. Das bedeutet, dass das gemessene Volumen (= Anzahl der Kippvorgänge der Messzelle) mit dem programmierten Kalibrierfaktor multipliziert wird und das Ergebnis zur Anzeige gebracht wird.

3.2.2. Dynamische Korrektur des volumenstromabhängigen Messfehlers

Aufgrund des physikalischen Messprinzips ist der Messfehler volumenstromabhän-gig. Der Fehler beträgt ca. +3% beim minimalen Volumenstrom und ca. -3% beim maximalen Volumenstrom.

Es ist eine Datenerfassungssoftware „Rigamo“ lieferbar, die –neben anderen Soft-ware-Eigenschaften– eine automatische Korrektur des dynamischen (volumen-stromabhängigen) Fehlers durchführt. Der Algorithmus rechnet die Messwerte beim jeweils aktuellen Volumenstrom auf der Basis der Kalibrierkurve in das wahre Volu-men um. **Der verbleibende Restfehler ist kleiner als ca. $\pm 1\%$ über den gesam-ten Messbereich.**

3.3. Einfluss des Totraumvolumens

Als Totraumvolumen bezeichnet man das Volumen des gesamten Gasleitungssystems zwischen der Gasquelle und dem MilliGascounter (bei Gärversuchen inklusive des Volu-mens des Gärgefäßes oberhalb des Substrates).

Wird die Messung des Gasvolumens im drucklosen Zustand gestartet (Druck im Gaslei-tungssystem = 0), bewirkt ein Volumenstrom (bei Gärversuchen: das generierte Gas) zu-nächst nur eine Erhöhung des Gasdrucks im Totraumvolumen. Erst nach Überschreiten des minimalen Gas-Eingangsdrucks i.H.v. 5 mbar beginnt die Messung des Gasvolumens durch den MilliGascounter.

Bedingt durch die Bauart des MilliGascounters verbleibt nach Versuchsende ein Über-druck i.H.v. 5 mbar im Totraumvolumen. Dieses hierdurch bedingte Fehlervolumen muss zum Messergebnis hinzugerechnet werden und berechnet sich wie folgt:

$$V_{Fehl} = V_T \times \frac{P_N + P_T}{P_N}$$

wobei:

V_{Fehl}	=	Fehl-Volumen	
V_T	=	Totraumvolumen	
P_N	=	Norm-Druck = 1013,25	[mbar]
P_T	=	Verbleibender Druck im Totraumvolumen = 5	[mbar]

3.4. Einfluss von Schmutzpartikeln im Gasstrom

Wird der Gasfluss in der Zuleitung oder in der Mikrokapillare des MilliGascounters durch Schmutzpartikel oder Flüssigkeit behindert, so wirkt sich dieses auf den Kalibrierfaktor aus. Daher müssen Schmutzpartikel durch einen geeigneten Filter absorbiert werden und die Zuleitungen innen trocken sein.

3.5. Einfluss der Temperatur

Durch die extreme Auflösung des MilliGascounters im Milli-Liter-Bereich werden auch „Volumenströme“ durch Temperaturänderungen erfasst. Eine Temperaturerhöhung [-abnahme] in der Gasquelle bzw. im Zuleitungssystem bewirkt eine Expansion [Kontraktion] des in diesem System befindlichen Gases proportional zu dessen Volumen. Während eine Ausdehnung des Gases einen „virtuellen“ Gasstrom (mit entsprechender Anzeige am Zählwerk) generiert, erzeugt eine Kontraktion einen Unterdruck im Zuleitungssystem. Dieser Unterdruck hat zur Folge, dass Sperrflüssigkeit durch die Mikrokapillare in die Gaszuleitungen fließen kann. Sperrflüssigkeit in den Gaszuleitungen bewirkt

- ⇒ einen erhöhten Vordruck,
- ⇒ eine Zeitverzögerung bis zur ersten Anzeige im Zählwerk, bis die Mikrokapillare wieder frei von Sperrflüssigkeit ist.
- ⇒ schwankende Messergebnisse,

Es sollte daher erst nach der Temperaturangleichung des gesamten Systems⁹ mit der eigentlichen Messung begonnen werden. Eine Ausdehnung des Gases während der Temperaturangleichung kann gleichzeitig zur Funktionskontrolle des MilliGascounters dienen (Beschreibung der Reset-Taste siehe Ziff. 4.2).

Die Raumtemperatur sollte während der gesamten Messung in etwa gleich bleibend sein (Vorsicht bei Temperaturabsenkungen in der Nacht und am Wochenende), anderenfalls muss über eine Temperaturmessung und –protokollierung eine integrierende Korrektur der Messwerte erfolgen (siehe auch: „Temperatur- und Druckkorrektur“). Eine weitere Alternative ist die Aufstellung von MilliGascounter, Zuleitungsschlauch und Gasquelle in einem temperierten Schrank.

3.6. Einfluss des Gasdrucks im System

Eine Zunahme [Abnahme] des Drucks des in der Gasquelle bzw. im Zuleitungssystem befindlichen Gases bewirkt eine Expansion [Kontraktion] proportional zu dessen Volumen. Es gilt daher analog das im vorherigen Abschnitt zum Einfluss der Temperatur Gesagte.

⁹ Bei Gärversuchen: Nach Temperaturangleichung der Gärtemperatur.

3.7. Einfluss des Wasserdampf-Partialdruckes¹⁰

Wenn das Messergebnis um den Volumenanteil des Wasserdampfes korrigiert werden muss, können in Abhängigkeit der Temperatur die Werte der folgenden Tabelle 1 in die Gleichung gemäß Ziffer 3.8 eingesetzt werden.

Temp. [°C]	Wasserdampf- Partialdruck [mbar-hPa]		Temp. [°C]	Wasserdampf- Partialdruck [mbar-hPa]		Temp. [°C]	Wasserdampf- Partialdruck [mbar-hPa]
15	17,0		20	23,4		25	31,7
16	18,1		21	24,9		30	42,6
17	19,4		22	26,4		35	56,4
18	20,6		23	28,1		40	73,9
19	22,0		24	29,9		45	95,9

Tabelle 1: Wasserdampf-Partialdrücke

3.8. Temperatur- und Druckkorrektur

Der MilliGascounter ist ein volumetrischer Gaszähler und misst daher das Gasvolumen im jeweils aktuellen Betriebszustand, der von Gastemperatur, Luftdruck und Wasserdampf-Partialdruck abhängt (zum Wasserdampf-Partialdruck siehe Fußnote „9“). Zur Umrechnung auf Normbedingungen werden daher diese Messgrößen benötigt. Die Gastemperatur wird dabei am **Gasausgang** gemessen.

¹⁰Das in dieser Ziffer 3.7 Gesagte gilt nur für Gase, die Wasserdampf enthalten **und** wenn das Volumen des Wasserdampfes rechnerisch aus dem Messergebnis eliminiert werden **muss**. Ist der Wasserdampf ein „natürlicher“ Bestandteil des Gases und soll dessen Volumen daher mit berücksichtigt werden, darf keine entsprechende (Partial-)Druckkorrektur durchgeführt werden. In der Gleichung gemäß Ziffer 3.8 muss in diesem Fall $p_v = 0$ gesetzt werden.

Entsprechend der Gasgleichung gilt allgemein:

$$V_N = V_i \times \frac{P_a - P_V + P_F}{P_N} \times \frac{T_N}{T_i}$$

wobei	V_N	=	Norm-Volumen	in	[ltr]
	V_i	=	Angezeigtes Volumen	in	[ltr]
	P_a	=	aktueller Luftdruck	in	[mbar-absolut]
	P_V	=	Wasserdampf-Partialdruck	in	[mbar]
	P_F	=	Druck der Flüssigkeitssäule oberhalb der Messkammer = 1		[mbar]
	P_N	=	Norm-Druck = 1013,25		[mbar]
	T_N	=	Norm-Temperatur = 273,15		[Kelvin]
	T_i	=	aktuelle Temperatur	in	[Kelvin]

Ist der genaue Luftdruck nicht bekannt, kann ggf. der Normdruck eingesetzt werden. Bei einer Luftdruckschwankung von 980 -1050hPa ergeben sich Fehler im Bereich -3,3% bis +3,7%.

3.9. Besonderheiten bei Gärversuchen

- Bei Brutschränken ohne Zwangsventilation kann es durch ungleichmäßige Temperierung zu Unterdrücken in den Reaktionsgefäßen führen.
- Das freie Volumen im Gärgefäß (oberhalb des Substrates) und in den Zuleitungen zum MilliGascounter sollte 0,5 ltr nicht unterschreiten. Dieses Volumen wirkt als Puffervolumen sowohl bei eruptiv ablaufenden Gärprozessen als auch bei Temperaturrückgang zur Vermeidung der Entstehung eines Unterdruckes. Es sollten daher nur Gefäße verwendet werden, in denen oberhalb des Probenmaterials noch ein freies Volumen von mindestens 0,5 ltr vorhanden ist.
- Um die Gesamtgasbildung möglichst genau zu bestimmen, ist es ratsam, nach Beendigung des Gärversuches das gelöste CO₂ im Gärgefäß durch Ansäuern auf pH 1-2 auszutreiben. Dies kann allerdings zur Schaumbildung führen und die Schläuche benetzen.
- Der MilliGascounter wurde bei Raumtemperatur (21 °C) kalibriert. Falls die selbst definierte Standardtemperatur ebenfalls 21 °C beträgt (anstatt der internationalen Standardtemperatur von 0 °C / 273,15 K), kann auf die Temperaturkorrektur verzichtet werden, wenn das Gas auf 21 °C abgekühlt wird. Bei einer Fermentierungstemperatur von 37 °C kann das durch Verwendung eines 1,5 m langen Schlauches erreicht werden.
- Sollte stark ammoniak- und schwefelwasserstoffhaltiges Biogas gemessen werden, so besteht die Möglichkeit, dass sich die Kapillare im Gaseingangskanal zusetzt. In diesem Fall ist es zu empfehlen, eine Gaswaschflasche vor dem MilliGascounter zu stationieren. Diese Waschflasche kann z.B. Raseneisenstein (Eisenoxid) enthalten, das den Schwefelwasserstoff bindet. Eine solche Waschflasche kann aber auch Aktivkohle enthalten, wie man sie z.B. in Küchendunsthäuben findet. Sind die Mittel der Waschflasche erschöpft (erkennbar z.B. am Geruch oder daran, dass keine Reinigung mehr erfolgt), müssen sie ersetzt werden.

- Nach vorläufigen Erfahrungen bieten insbesondere stark ausgefaulte Impfschlämme Probleme, die dann ohne Testsubstanz (Nullprobe) z.B. 400ml/500 ml Ansatz über 21 Tage an Restgas erzeugen. Diese Restgasmenge bezieht sich auf einen standardisierten Trockenrückstands-Gehalt (TR-Gehalt) von 9% im Ansatz. Geringere TR-Gehalte verstärken bei einer Nullprobe den obigen Effekt. Der TR-Gehalt sollte daher mind. 3% betragen. Die Nullproben sollten auch nicht an der Tür des Temperierschranks stehen, weil es hier geringfügig kälter sein kann. Es ist auch darauf zu achten, dass auf der Kläranlage eingedickter Faulschlamm Fällungsmittel enthält, die zwar biologisch weitgehend inert sind, die aber mit Öl bzw. Alkanen angemischt werden und daher die Hintergrundsaktivität stark erhöhen. Die größten Fehlerquellen können nicht gleichmäßig homogenisierter Impfschlamm und undichte Verbindungen sein.

4. Zählwerk

4.1. Anzeige

Die Anzeige des Gasvolumens erfolgt in Milli-Litern mit einer Auflösung von 0,01 ml (= 10 µl). Der bei der Kalibrierung ermittelte Kalibrierfaktor ist im Zählwerk programmiert. Das bedeutet, dass das gemessene Volumen (= Anzahl der Kippvorgänge der Messzelle) mit dem programmierten Kalibrierfaktor multipliziert wird und das Ergebnis zur Anzeige gebracht wird.

4.2. Rückstelltaste

Unterhalb der Digitalanzeige befindet sich die blaue Rückstelltaste. Ein Druck auf die Rückstelltaste löscht den Messwertspeicher und setzt die Anzeige zurück auf Null. Der Kalibrierfaktor bleibt im Speicher des Zählwerkes erhalten.

Die manuelle Rückstellung hat keinen Einfluss auf ein Daten-Erfassungssystem (z.B. die Software „Rigamo“), die an den Signalausgang angeschlossen ist.

4.3. Signalausgang

4.3.1. Reed-Kontakt

- **Funktionsprinzip:**

Die Messung des strömenden Gasvolumens erfolgt durch Zählung der Kippvorgänge der Messzelle (13) über einen Dauermagneten (11) und zwei Reed-Kontakte. Der Dauermagnet ist an der Oberseite der Messzelle angebracht, die Reedkontakte sind im Deckel des Flüssigkeitsbehälters eingegossen.

Während des Kippvorganges der Messzelle schließt der Dauermagnet beide Reed-Kontakte. Der erste Reed-Kontakt löst hierdurch einen Puls im Zählwerk (1) aus, der für die LCD-Anzeige benutzt wird. Der zweite Reedkontakt dient als Impulsgeber (V6.0) und kann als Ausgangssignal für ein externes Messwert-Erfassungssystem genutzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass der vom Zählwerk angezeigte Wert dem „wahren“ Volumen entspricht (= gemessenes „Roh-Volumen“ multipliziert mit dem Kalibrierfaktor). Dagegen entsprechen die an der Ausgangsbuchse des Reed-Kontaktes gezählten Pulse nur der Anzahl der Kippvorgänge, also dem unkorrigierten Roh-Volumen.

Der Reed-Kontakt für das Ausgangssignal arbeitet als potentialfreier Schließer.

- **Elektrische Daten:**

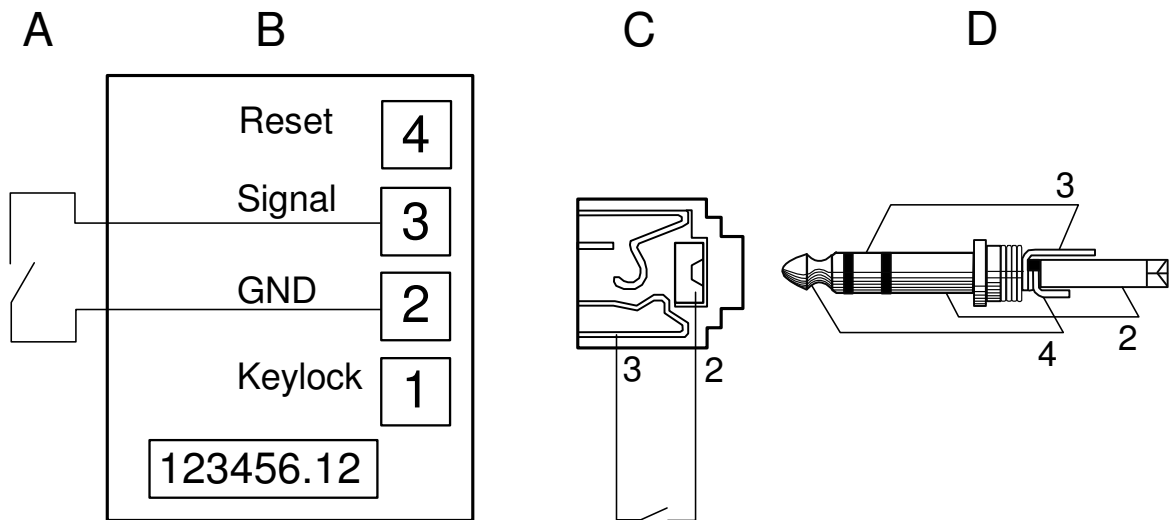
Max. Schalt-Leistung	10	Watt
Max. Schalt-Strom	0,5	A/DC
Max. Schalt-Spannung	100	V/DC
Schalt-/Schließzeit, ca.	0,1	sec
Prellzeit	< 1	msec
Max. Kontakt-Widerstand	150	mOhm

4.3.2. Ausgangsbuchse:

An der Ausgangsbuchse (2) können die Schaltpulse des zweiten Reed-Kontaktes gemessen werden.

Achtung: Die Schaltpulse des Reed-Kontaktes entsprechen der Anzahl der Kippvorgänge der Messzelle. Sie sind somit ein Maß für das unkorrigierte (nicht kalibrierte) gemessene Gasvolumen. Das über die Ausgangsbuchse erhaltene Gasvolumen muss daher mit dem Kalibrierfaktor multipliziert werden, um das wahre Gasvolumen zu erhalten.

Bei der Ausgangsbuchse handelt es sich um eine Standard-Stereobuchse 3,5 mm, an die ein entsprechender Klinkenstecker angeschlossen werden kann (identisch mit Klinkenstecker für Walkman-Geräte etc.).



Legende:

Teil	Funktion
A	Reed-Kontakt Nr. 1 für Zählwerk
B	Zähler und LCD-Anzeige
C	Reed-Kontakt Nr. 2 für Ausgangssignal und Anschlussbuchse
D	Anschluss-Stecker (3.5 mm Stereo-Klinkenstecker)

Pin / Kontakt des Klinkensteckers	Funktion
2	Masse
3	Signal
4	Nicht belegt

5. Wartung

5.1. Füllstandskontrolle der Sperrflüssigkeit

Die Sperrflüssigkeit im MilliGascounter verdunstet geringfügig in Abhängigkeit des Volumenstromes sowie der Betriebstemperatur. Auch der offene Gasausgangsstutzen (4) hat einen Einfluss auf die Verdunstung. Die Öffnung des Gasausgangsstutzens kann man mittels eines Stopfens, der mit einer Kanüle durchstochen wird, ggf. extrem einengen und damit die Verdunstungsrate nochmals verringern. Für eine gleich bleibende Messgenauigkeit ist daher der Füllstand von Zeit zu Zeit zu überprüfen (in Bezug auf den korrekten Füllstand siehe Ziff. 2.3 „Befüllung“).

5.2. Austausch der Sperrflüssigkeit

Ein Austausch der Sperrflüssigkeit ...

- ...ist **notwendig**, wenn Partikel oder Substanzen aus dem Gas, die in die Sperrflüssigkeit eingebracht worden sind, eine Blasen- oder Schaumbildung verursachen,
- ...ist **empfohlen**, wenn eine sichtbare größere Menge von Partikeln in der Sperrflüssigkeit schweben.

5.3. Reinigung der Mikrokapillare

Der freie Querschnitt der Austrittsöffnung der Mikrokapillare (9) am Boden der Basisplatte des MilliGascounters hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Messgenauigkeit. Eine verengte Gasaustrittsöffnung wirkt sich in erster Linie auf den Gasvordruck aus, der dann

auch über 30 mbar in der Gaszuleitung steigen und zu einem pulsierenden Gasstrom führen kann. Dieses führt zu fehlerhaften Messungen. Die Mikrokapillare ist daher gelegentlich zu reinigen. Die Notwendigkeit einer Reinigung kann aus einer **Erhöhung des Gas-Eingangsdruckes auf über 10 mbar** während der laufenden Messung abgeleitet werden.

- a) Um den MilliGascounter zu reinigen, entleeren Sie die Flüssigkeit entweder durch Ausgießen der Sperrflüssigkeit durch den Gasausgangsstutzen (4) oder durch Herausaugen der Sperrflüssigkeit mittels einer Pipette durch diesen Stutzen.
- b) Entfernen Sie die 4 Verschlusschrauben unterhalb der Gehäuse-Grundplatte des MilliGascounters.
- c) Entfernen Sie die 4 Schrauben am Messzellen-Halter (Lagerbock), der sich auf der Gehäuse-Grundplatte befindet.
- d) Zur Reinigung der Mikrokapillare verwenden Sie bitte ausschließlich den mitgelieferten Reinigungsstab, in den ein feiner Draht eingelassen ist. Ein Draht mit einem geringeren Durchmesser hätte nicht den gewünschten Reinigungseffekt, ein größerer Durchmesser könnte zu einer Beschädigung der Mikrokapillare und damit zu einer Veränderung des Kalibrierfaktors führen (**Messfehler!**).
- e) Verschrauben Sie den Messzellen-Halter wieder mit der Gehäuse-Grundplatte in der vorherigen Position.
- f) Verschrauben Sie die Gehäuse-Grundplatte wieder mit dem Gehäuse. Achten Sie hierbei auf die korrekte Position des Dichtungsringes. Ziehen Sie die 4 Verschluss-Schrauben nacheinander kreuzweise diagonal an (nicht nacheinander in Umfangsrichtung), maximales **Drehmoment** beim Anziehen der Schrauben: **3 Nm** („handfest“), um ein Ausreißen der Gewinde im Plexiglas zu vermeiden.
- g) Befüllen Sie den MilliGascounter mit Sperrflüssigkeit gemäß Ziff. 2.3 „Befüllung“.

5.4. Batterie-Wechsel (Zählwerk)

Das Zählwerk ist mit einer Lithium-Batterie (2 V) ausgerüstet mit einer Betriebsdauer von ca. 4-5 Jahren (Angabe ohne Gewähr¹¹). Die Batterie ist leider nicht ohne Weiteres aus dem Zählwerk zu entnehmen, da die Batterie in ihrer Halterung verschweißt ist und beim Herausnehmen der Batterie der programmierte Kalibrierfaktor gelöscht wird. Eine Re-Programmierung des Kalibrierfaktors erfordert eine spezielle Hardware- und Software-Ausrüstung, so dass diese Re-Programmierung nur beim Hersteller durchgeführt werden kann.

Für einen Batteriewechsel muss der MilliGascounters daher zum Hersteller zurückgeschickt werden.

5.5. Ausbau / Wechsel der Messzelle

Sollte der Ausbau der Messzelle erforderlich sein, wird empfohlen, das Gerät zum Hersteller zurück zu schicken. Ist dieses nicht möglich oder unwirtschaftlich, kann die Messzelle (mit Messzellen-Halter) wie folgt aus- und eingebaut werden:

- Folgen Sie den Anweisungen der Ziff. 5.2 (a) bis (c)
- Nach Erhalt der Austauschzelle (mit Messzellen-Halter) folgen Sie zum Einbau der Messzelle den Anweisungen der Ziff. 5.2 (e) bis (g).

Nach dem Einbau sollten folgende Funktionsprüfungen durchgeführt werden:

¹¹ Neben Fertigungstoleranzen beeinflusst die Lager- und Arbeitstemperatur der Batterie / des MilliGascounters die Betriebsdauer.

- Freie Schwingung: Halten Sie den MilliGascounter mit der Unterseite nach oben und schwenken diesen leicht. Die Messzelle sollte hierbei frei schwingen können.
- Dichtheits-Test: Verschließen Sie den Gasausgang durch einen Schlauch mit abgeklemmten Ende. Beaufschlagen Sie den MilliGascounter mit ca. 10-20 mbar Überdruck und beobachten die Druckanzeige (Manometer). Der Gasdruck sollte konstant bleiben.

5.6. Langzeitlagerung

Der Dauermagnet auf der Messzelle ist nicht korrosionsbeständig. Lagern Sie den MilliGascounter bei Nichtgebrauch daher trocken und luftdicht (Anschlussstutzen beidseitig verschlossen halten) oder gefüllt mit Sperrflüssigkeit.