

## Anhang zu 20-I-Apparatur



### REMBE® Research+Technology Center GmbH

Zur Heide 39, D-59929 Brilon, Deutschland

[www.rembe-rtc.de](http://www.rembe-rtc.de) [info@rembe-rtc.de](mailto:info@rembe-rtc.de)

### Cesana AG

Baiergasse 56, CH-4126 Bettingen, Schweiz

[www.cesana-ag.ch](http://www.cesana-ag.ch) [info@cesana-ag.ch](mailto:info@cesana-ag.ch)

1. Installation der 20-L-Apparatur .....	2
1.1 Zubehör .....	2
1.2 Installation .....	5
1.3 Prüfung der Installation .....	9
2. Druckaufnehmer .....	14
2.1 Montage der Druckaufnehmer Typ 701A .....	14
2.2 Montage der Druckaufnehmer Typ 601CAB .....	15
2.3 Membrane der Druckaufnehmer schützen .....	16
3. Allgemeines Prüfverfahren .....	17
4. Reinigung der 20-I-Apparatur .....	22
4.1 Demontage und Reinigung .....	22
4.2 Montage .....	32
5. Fehlerbehebung .....	37
6. Tests .....	39
6.1 Test der Ein- und Ausgänge .....	39
6.2 Überprüfung der Druckmesseinrichtung .....	40
7. Wartung vom Auslassventil .....	41
7.1 Normale Reinigung .....	42
7.2 Erweiterte Reinigung .....	44
7.3 Voller Service (nur für Experten) .....	46
8. Technik .....	56
8.1 Technische Daten .....	56
8.2 Ersatzteile .....	58



Bitte lesen Sie diesen Hinweis !



Frage - Antwort



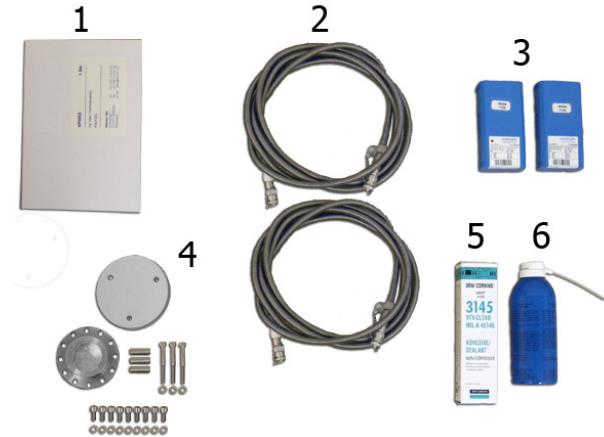
Achtung: Zuerst die Sicherheitshinweise lesen !

## 1. Installation der 20-L-Apparatur

### 1.1 Zubehör

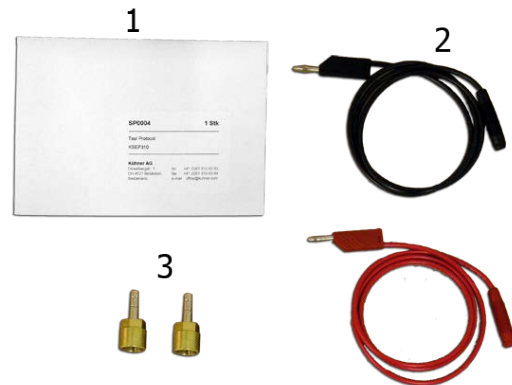
#### Zubehör zu SP3020

- Pos.1 SP0002 Software.
- Pos.2 SP8807 Druckaufnehmer Kabel.
- Pos.3 SP8801 Druckaufnehmer.
- Pos.4 SP8021 Schauglas.
- Pos.5 SP8808 Silikon.
- Pos.6 SP8809 Reinigungsspray.



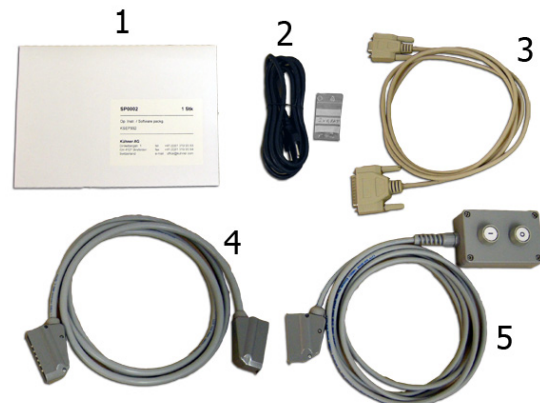
#### Zubehör zu KSEP 310

- Pos1. SP0004 Prüfprotokoll.
- Pos2. SP8010 Zünderkabel.
- Pos3. 2 Adapter.



#### Zubehör zu KSEP 332

- Pos.1 SP0002 Software
- Pos.2 Kabel, Sicherungen.
- Pos.3 SP8817 Verbindungskabel.
- Pos.4 SP8816 Verbindungskabel.
- Pos.5 SP8818 Fernbedienung.
- Pos.6 SP8825 Adapter RS232/USB





Die folgenden Komponenten sind für die Funktion der Apparatur notwendig, werden aber **nicht** mitgeliefert und müssen vom Anwender beigestellt werden:

### 1.1.2 Personal Computer

---

Jeder Personal Computer mit „Microsoft-Windows“ 7 ... 11 (32 und 64Bit) ist geeignet.

Grafikkarte, Monitor: Auflösung mindestens 1024 x 768 bei mindestens 16 Bit Farbtiefe.  
Schnittstelle: USB (Ein Adapter USB - RS232 wird mitgeliefert)  
oder RS232 (COMx)

### 1.1.3 Chemische Zünder

---

Für jeden Versuch wird benötigt:

für die Kenngrößenbestimmung ( $P_{max}$ ,  $K_{max}$ ):

2 chemische Zünder mit je **5000 J**, Gesamtenergie  **$E = 10'000 \text{ J}$**

Für die Bestimmung der unteren Explosionsgrenze UEG und der Sauerstoffgrenzkonzentration SGK von brennbaren Stäuben sind zu verwenden:

EN 14034-3, 4: 2 Zünder mit je **1000 J** und einer Gesamtenergie von  **$E = 2000 \text{ J}$**

ASTM E1515, E2931: 1 Zünder mit  **$E = 2500 \text{ J}$**  oder mit  **$E = 5000 \text{ J}$**

**Hersteller:**

Fr. Sobbe GmbH  
Beylingstr 59  
**D-44329 Dortmund**  
Deutschland  
Tel: +49 231 230 560  
info@sobbe-zuender.de  
[www.sobbe-zuender.de](http://www.sobbe-zuender.de)

**Hersteller:**

Simex Control s.r.o.  
Ul. 4. května 175  
**Vsetín 755 01 CZ**  
Czech republic  
Tel: +42 0571 498 711  
sale@simexcontrol.cz

**Vertrieb für USA und Kanada:**

Cesana Corporation  
P.O. Box 182  
**Verona, NY 13478**  
U.S.A.  
Tel: +1 315 337 9181  
office@cesanacorp.com

### 1.1.4 Druckluft

---

Die Druckluft wirkt einerseits als Steuerluft für das Auslassventil und wird andererseits über das Einlassventil zum Staubvorratsbehälter geführt. Deshalb wird benötigt:



Kompressor-Druckluft aus Druckflaschen mit einstellbarer Druckreduzierung auf **20bar** (Überdruck). **Keinesfalls synthetische Druckluft** verwenden!

Der Druckluftanschluss muss einen ausreichenden Querschnitt aufweisen, um den Staubvorratsbehälter ( $V = 0.6 \text{ l}$ ) innerhalb von 5 Sekunden zu füllen.

### 1.1.5 Abluft

---

Üblicherweise wird die Apparatur in einer ventilierten Laborkapelle aufgestellt. Bei einer direkten Leitung der Abluft (Auslass) in die Ventilation sind glühende Partikel zu berücksichtigen.

Luftmenge vom Abzug ca. 1225 m<sup>3</sup>/h

### 1.1.6 Vakuum

---

Vor Beginn eines jeden Versuches wird die 20-l-Apparatur auf einen Unterdruck von 0,4 bar abs. evakuiert, um nach der anschliessenden Expansion der Staubvorratsbehälterluft wieder Normaldruck (1,0 bar abs.) als Ausgangsdruck für die Staubexplosion zu erhalten.



Die Zeit für die Evakuierung muss kleiner als 12 Sekunden sein.

Deshalb eine Pumpe wählen mit mindestens 6m<sup>3</sup> / Stunde (1.7 Liter / Sekunde).

### 1.1.7 Wasserkühlung

---

Bedingt durch die hohe Versuchsfrequenz muss die Explosionskugel mittels Wasserkühlung auf der Betriebstemperatur von ca. 20°C gehalten werden. Eine Thermostatisierung des Kühlwassers ist nicht notwendig, sofern darauf geachtet wird, dass das Wasser immer schwach fließt und die Austrittstemperatur des Kühlmediums eine Temperatur von 25°C nicht überschreitet.

Minimaler Durchfluss des Kühlwassers: 0.5 Liter / Minute

### 1.1.8 Netzanschluss

---

Mess- und Steuereinheit KSEP 332: 230/115V, 50/60 Hz, 110W

### 1.1.9 Industriestaubsauger

---

ATEX geprüft

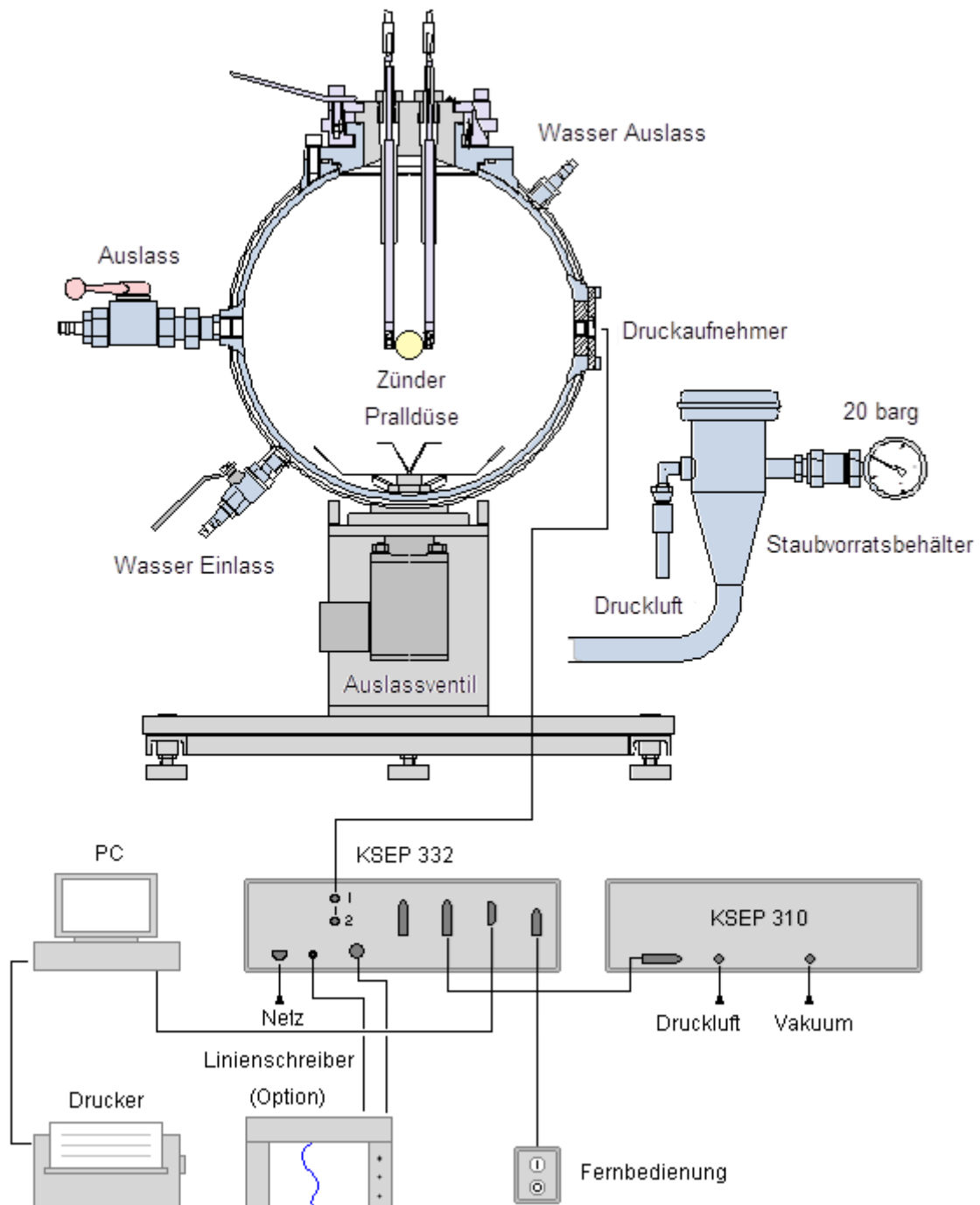
Beispiele:

<https://howatec.ch/industriesauger-atex.html>

<https://www.delfinindustriesauger.de>

## 1.2 Installation

### 1.2.1 Übersicht



### 1.2.2 Anschlüsse

#### 1. Kabel SP8816 an KSEP 310 anschliessen



und an KSEP 332

Beide Anschlüsse können verwendet werden..

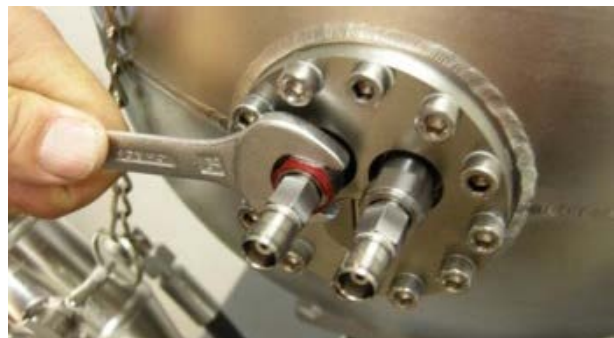


#### 2. Druckaufnehmer installieren

Die Membrane der Druckaufnehmer muss vor der Flammenfront der Explosion durch eine ca. 2mm dicke Schicht aus Silikon-Kautschuk geschützt werden.

Siehe Abschnitt: [2. Druckaufnehmer](#)

Zuerst die Schrauben entfernen, dann die Aufnehmer mit Schlüssel 16mm festschrauben.



#### 3. Aufnehmerkabel anschliessen.

Bitte beachten Sie die Farbcodierung.



**4. Fernbedienung SP8818****5. Kommunikationskabel SP8817**

Verwenden Sie den RS232 / USB-Adapter für PCs ohne RS232-Eingang.

**6. Vakuum und Druckluft**

Verwenden Sie die mit der Kugel gelieferten Adapter oder schrauben Sie direkt an die G 1/4" Anschlüsse.

**7. Wasseranschluss**

unten Einlass, oben Auslass

**8. Sicherheitsschalter, Auslassventil**

wie in Bild ...





### 1.2.3 Software

Installieren und starten Sie die KSEP-Software

Siehe: *Handbuch zu 20-I-Apparatur*



### 1.2.4 Ladungsverstärker

Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Druckaufnehmer erfordert eine Anpassung am Verstärker. Entnehmen Sie die Empfindlichkeit **K** pC des Aufnehmers dem dazugehörigen Kalibrierblatt. Der Messbereich der Anlage beträgt 20 bar. Die Verstärkereinstellung berechnet sich dann wie folgt:

<b>Verstärkung:</b>	$A \cdot 10^N$ [pC]	=	20 [bar] • K [pC/bar]
Beispiel zu 701A:	K	=	79,8 pC/bar
	20 bar • 79,8 pC/bar	=	1596 pC
	1596 pC	=	$160 \cdot 10^1$
	Einstellung	=	160 / 1

Siehe KSEP-Software: *System / Druckaufnehmer*

charge amplifier

calibration data (range 25 bar):  pC / bar     pC    »»   

#### Aufnehmer Typ 701

(nicht mehr von Kistler hergestellt)

Verwenden Sie den Bereich 25 bar vom Kalibrierungsblatt.

Typisch = 80 pC/bar -> 160 / 1

#### Aufnehmer Typ 601

Verwenden Sie den Bereich 2.5 bar vom Kalibrierungsblatt.

Typisch = 37 pC/bar -> 740 / 0





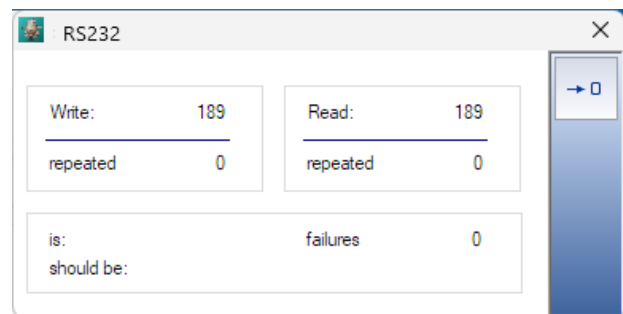
## 1.3 Prüfung der Installation

---

### 1.3.1 Kommunikation KSEP - PC

---

1. KSEP332 einschalten
2. Prüfe die Kommunikation:  
*Tools / Check: interface*



Problem mit der Kommunikation ?

Prüfe Kabel und Stecker

Prüfe in *Settings* Com-Port Korrekt?

Prüfe in *Settings* simulation mode?

### 1.3.2 Einlass- / Auslassventil

---

1. Drücke die **I**-Taste.  
Das Einlassventil sollte ein Klickgeräusch erzeugen.
2. Drücke die **O**-Taste.  
Das Auslassventil sollte ein Klickgeräusch erzeugen.



### 1.3.3 Zerstäubungsdruck

---

1. Prüfe: ist die Abdeckung vom Vorratsbehälter geschlossen?



2. Beide Kugelhähne schliessen.



3. Zerstäubungsdruck  
Auf genau **20bar** (Überdruck) einstellen.



4. Den Vorratsbehälter mit der I-Taste füllen.  
  
Das Manometer muss **20bar** anzeigen.  
Allenfalls den Regler an der Druckluftversorgung korrigieren.



5. Den Druck im Vorratsbehälter in die Kugel mit der **O**-Taste entlasten.



6. Die Luft in der Kugel mit dem Auslass-Kugelhahn (links) entlasten.



7. Restdruck im Vorratsbehälter?



8. Die **O**-Taste wiederholt drücken bis 0 bar angezeigt wird.



### 1.3.4 Vakuum

1. Den Auslass-Kugelhahn (links) schliessen.



2. Den Vakuum-Kugelhahn (rechts) öffnen.



3. Die Vakuum-Pumpe starten und die Kugel auf 0.4 bar abs. evakuieren. Das Vakuum-Manometer muss **-0.6 bar** anzeigen. Dies muss genau sein!



4. Wenn der Wert **-0.6 bar** erreicht wird, den Vakuum-Kugelhahn (rechts) schliessen.

Daraufhin wird die Manometer-Anzeige gegen 0 bar gehen. Dies ist normal, denn das Manometer zeigt den Druck auf der Pumpenseite und nicht den Druck in der Kugel.

Die Vakuum-Pumpe ausschalten.



### 1.3.5 Einstellungen prüfen

---

1. Den Vorratsbehälter mit der **I**-Taste auf **20 bar** füllen.
2. Den Druck im Vorratsbehälter mit der **O**-Taste in die Kugel entlasten.
3. Den Kugelhahn (links) **langsam** öffnen.  
Es darf nur wenig Luft aus- oder einströmen.  
In der Apparatur muss definitionsgemäss **Atmosphärendruck** herrschen !

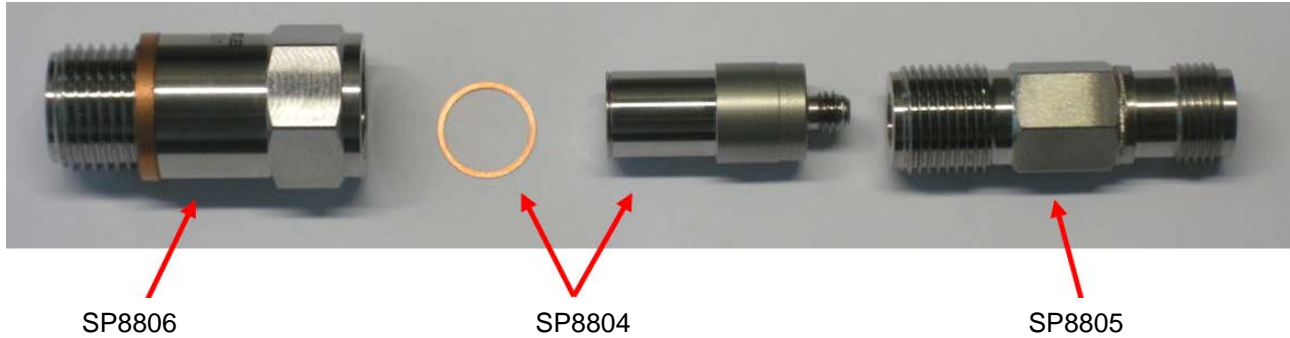




## 2. Druckaufnehmer

### 2.1 Montage der Druckaufnehmer Typ 701A

#### 1. Alle Teile



#### 2. Von Hand SP8804 und SP8805 zusammenschrauben



Keine Lücke darf zu sehen sein

#### 3. Den kupfernen Dichtungsring positionieren.



#### 4. SP8806 anschrauben und mit 2 Gabelschlüsseln anziehen.



Am Ende sollte es so aussehen ...



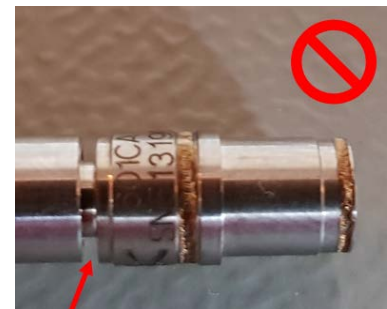
Es ist empfehlenswert vor dem Anschliessen die Steckverbindungen mit einem Reinigungsspray (Kistler Typ Nr. 1001A) auszuspülen.

## 2.2 Montage der Druckaufnehmer Typ 601CAB

### 1. Alle Teile



### 2. Von Hand SP8801 und SP8802 zusammenschrauben.



Keine Lücke darf zu sehen sein

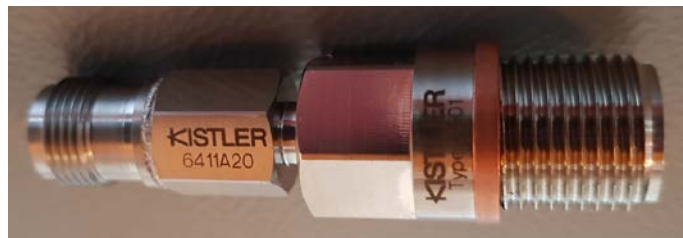
### 3. Den kupfernen Dichtungsring positionieren.



### 4. SP8810 anschrauben und mit 2 Gabelschlüsseln anziehen.



Am Ende sollte es so aussehen ...



Es ist empfehlenswert vor dem Anschliessen die Steckverbindungen mit einem Reinigungsspray (Kistler Typ Nr. 1001A) auszuspülen.



### 2.3 Membrane der Druckaufnehmer schützen

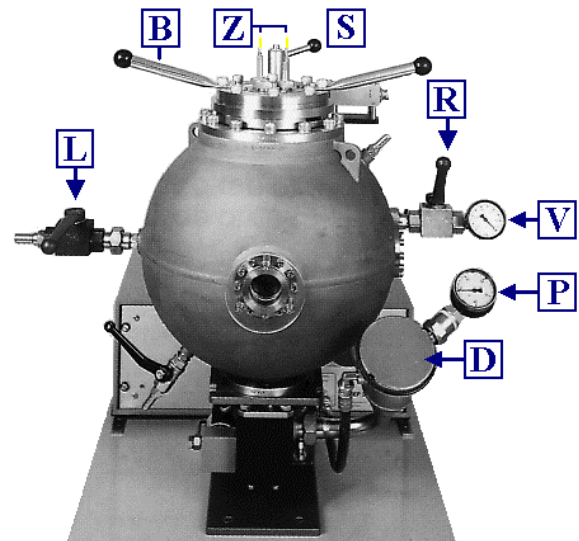


Die Membrane der Druckaufnehmer muss vor der Flammenfront der Explosion durch eine maximal **2mm** dicke Schicht aus Silikon-Kautschuk geschützt werden. Allzu harte und zu dicke Schutzschichten bewirken bei der Membrane einen Kraftnebenschluss und führen somit zu Fehlmessungen vor allem im Unterdruckbereich. Die Silikon Schutzschicht muss periodisch erneuert werden.



### 3. Allgemeines Prüfverfahren

- B - Bayonettring
- D - Vorratsbehälter
- L - Auslass-Kugelhahn
- P - Druck-Manometer
- R - Vakuum-Kugelhahn
- S - Sicherheitsschalter
- V - Vakuum-Manometer
- Z - Zündleitungen



Bei der Handhabung der Chemischen Zünder müssen Schutzbrillen getragen werden und auf Schutz vor elektrostatischen Entladungen muss geachtet werden.

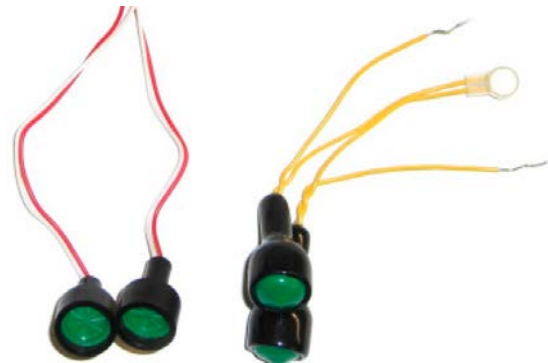


#### 1. Vorbereitung der Zünder:

**Sobbe-Zünder** (links) werden elektrisch **parallel** geschaltet.

Deshalb die Leitungen abisolieren und die beiden roten bzw. weissen Drähte miteinander verdrillen.

**Simex-Zünder** (rechts) sind bereits schon vorverdrahtet (Serienschaltung).



Die aktuellen **Sobbe** Zünder sind durch einen Metallbecher vor Elektrostatik geschützt.



Bei der Handhabung der Chemischen Zünder darauf achten, dass diese nie auf Personen gerichtet sind.



2. Zünder an den Elektrodenstäben befestigen:  
Dazu die Anschlussdrähte um die Schraube wickeln und mit der Schraube einklemmen.

Die Kontaktflächen müssen sauber sein.  
Allenfalls zuerst mit einer Stahlbürste reinigen.



Die Bohrungen sind für die Aufnahme von Elektroden für die Dauerfunkenstrecke vorgesehen und nicht geeignet für den elektrischen Anschluss der Zünder.



Positionierung:

Die Zünder feuern horizontal und in entgegengesetzte Richtung.



3. Den Bajonettring (B) an der Kugel bis zum Anschlag drehen.



4. Zündleitungen anschliessen und den Sicherheitsschalter (S) schliessen.



5. Den Staub sorgfältig abwägen.



6. Den Staub in den Vorratsbehälter (D) einschütten.



7. Darauf achten, dass der Staub möglichst weit unten liegt. Allenfalls mit der Hand an den Vorratsbehälter klopfen.





8. Den Vorratsbehälter (D) schliessen.

Überprüfen, dass der Deckel gut geschlossen ist.



9. Den Kugelhahn (L) zur Entlüftung schliessen.



10. Den Kugelhahn (R) zur Vakuumpumpe öffnen.



11. Die Vakuumpumpe starten und die Kugel auf 0.4 bar abs. evakuieren. Das Vakuum-Manometer muss **-0.6 bar** anzeigen. Dies muss genau sein!



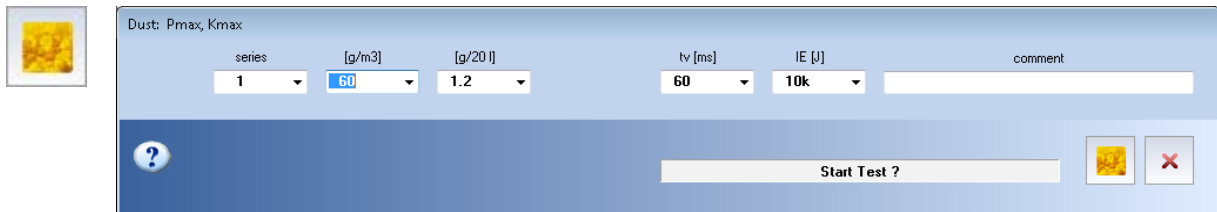
12. Wenn der Wert **-0.6 bar** erreicht wird, den Vakuum-Kugelhahn (rechts) schliessen.

Daraufhin wird die Manometer-Anzeige gegen 0 bar gehen. Dies ist normal, denn das Manometer zeigt den Druck auf der Pumpenseite und nicht den Druck in der Kugel.

Die Vakuumpumpe ausschalten.





### 13. Den automatischen Prüfablauf starten.



Dust: Pmax, Kmax

series [g/m3] [g/20 l] tv [ms] IE [J] comment

1 60 1.2 60 10k

? Start Test ?  

### 14. Nach dem Explosionsversuch: Den Kugelhahn (L) zur Entlüftung öffnen.



### 15. Spülung der Apparatur mit Druckluft durch mehrmaliges, wechselweises Betätigen der Tasten (I) und (O) an der Fernbedienung (ca. 3 mal)



### 16. Kugel öffnen und die Rückstände mit einem Staubsauger absaugen. Abgebrannte Zünder entfernen und Zünddurchführungen reinigen. Die Pralldüse reinigen. Alle Bohrungen müssen frei sein. Die Rückstände im Staubvorratsbehälter mit einem Staubsauger absaugen.



## 4. Reinigung der 20-I-Apparatur

### 4.1 Demontage und Reinigung

Werkzeuge:

- Schlüssel: 14 / 17 / 19 / 24 / 43mm
- Verstellbarer Gabelschlüssel
- Inbusschlüssel 5, 10mm
- Schraubendreher
- Drahtbürste, Spatel
- Reinigungsstreifen
- Fettpaste



- Schutzbrillen
- Schutzmasken
- Handschuhe
- Arbeitskleidung oder Schürze
- Edelstahlreiniger
- Lösungsmittel
- Staubsauger
- Papierrollen
- Eimer



1. Druckluft schliessen.



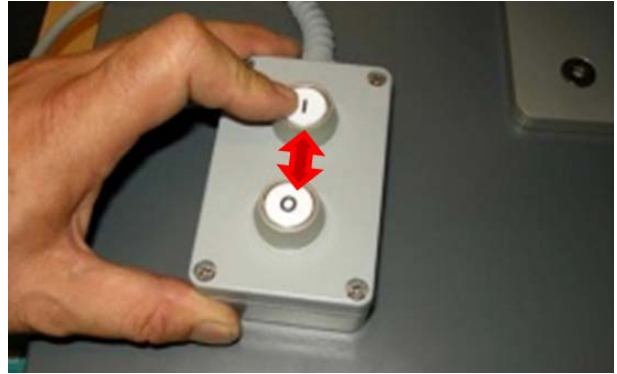
2. Druckluft ablassen:

Kugelhahn (**Links**) öffnen.





Mit der Fernbedienung, Vorratsbehälter entlasten durch Wechselseitiges Drücken der (I)- und (O)-Taste (ca. 3 mal)



3. Die Druckaufnehmer abschrauben mit Schlüssel 16 mm.



4. Den Bajonettring abheben.



5. Mit Inbusschlüssel abschrauben



6. Den oberen Flansch entfernen.



7. Den oberen Flansch reinigen:

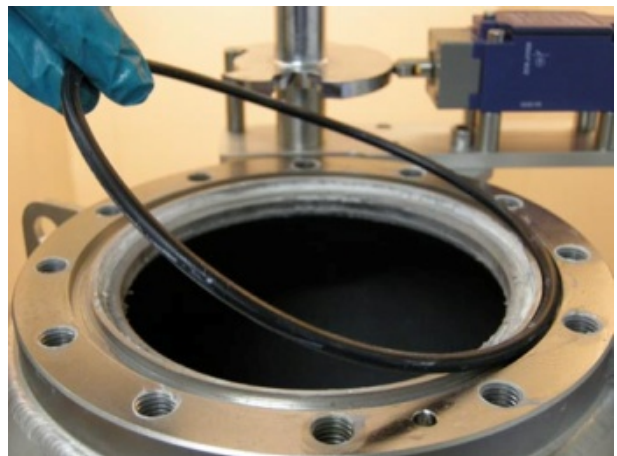


Abhängig vom Staub ein passendes Lösungsmittel verwenden.

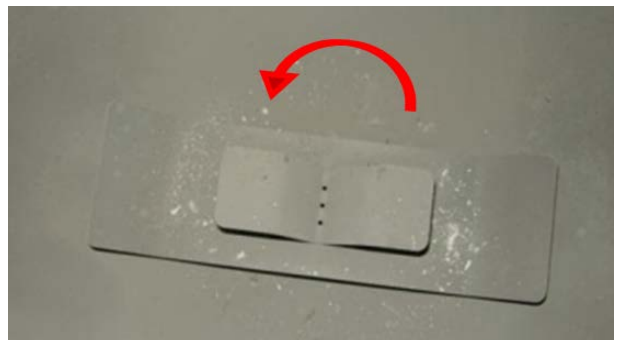
Für den CaRo-Prüfstaub kann Wasser verwendet werden.



8. Den O-Ring SP8012 entfernen.



9. Die Pralldüse SP8200 herausschrauben.



10. Die Pralldüse im Wasser- oder Lösungsmittelbad reinigen.



11. Den Vorratsbehälter abschrauben mit Schlüssel 24 und 43mm



12. Die Sicherheitskette für den Vorratsbehälter entfernen.



13. Den Kugelhahn-links abschrauben und im Wasser- oder Lösungsmittelbad reinigen.



14. Das Auslassventil mit Schlüssel 17mm abschrauben.

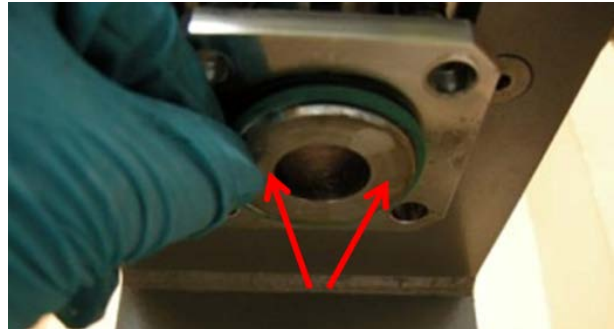




15. Den O-Ring SP8014 entfernen.



16. Den Flansch sorgfältig mit Wasser oder Lösungsmittel reinigen.  
Bei mechanischer Reinigung unbedingt Kratzer vermeiden, denn dies ist eine Dichtfläche!



17. Mit einem Staubsauger den restlichen Staub aussen absaugen.



18. Mit einem Staubsauger den restlichen Staub und Verbrennungsrückstände innen absaugen.



**19. Die Innenwand der Kugel reinigen:**

**a)** mit Drahtbürste oder Spatel.



**b)** mit Reinigungstreifen



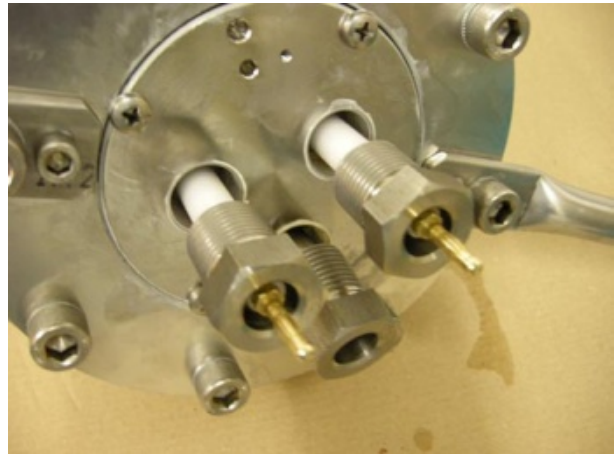
**c)** mit Wasser oder Lösungsmittel



So sollte die Kugel nach  
der Reinigung aussehen!



- 20.** Den Bajonettring demontieren:  
Die Elektroden mit Schlüssel 24mm.



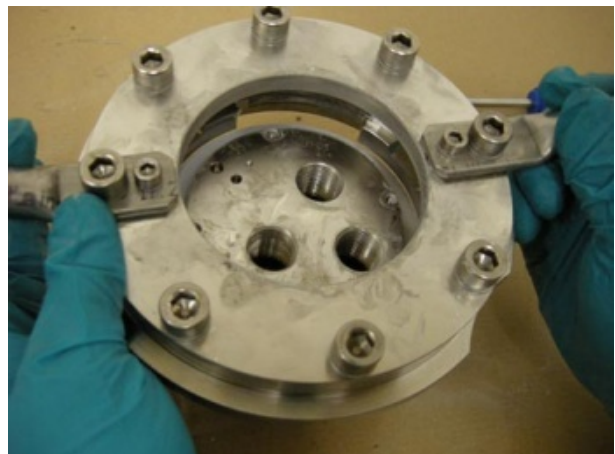
Die demontierten Teile:



- 21.** Die 4 Halteschrauben entfernen.



- 22.** Den Bajonettring teilen.



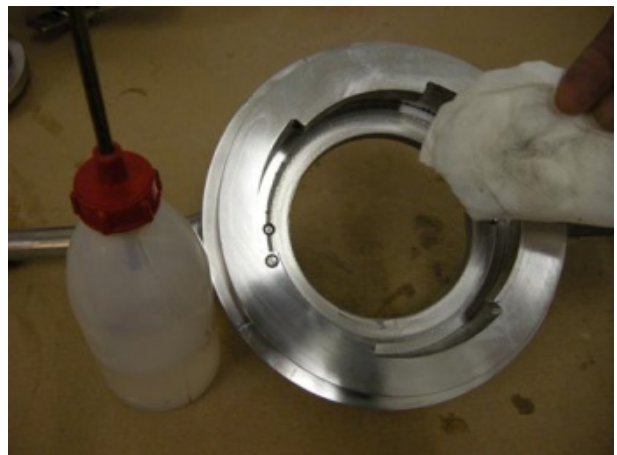
**23.** Den Gleitring SP8042 entfernen.



**24.** Der Block kommt jetzt in den Eimer mit dem Reinigungsbad.



**25.** Den Bajonettring mit Wasser oder Lösungsmittel reinigen.



**26.** Den Vorratsbehälter reinigen.



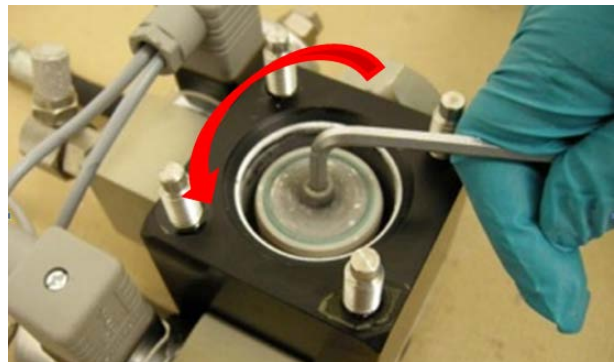


Übersicht über alle gereinigten Teile:



**27. Auslassventil:**

Schraube SP8067 mit Inbusschlüssel 5mm  
abschrauben..



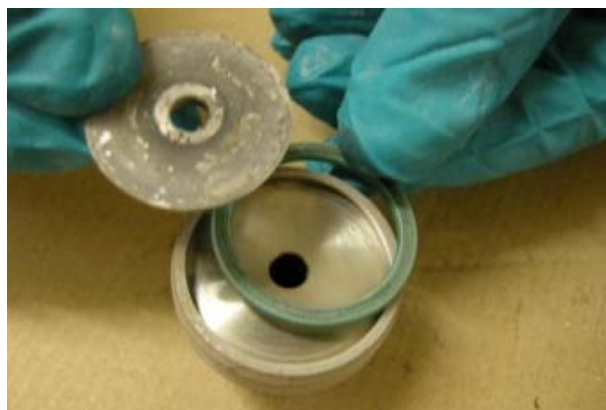
**28. Das Auslassventil drehen und den Teller  
SP8085 vom Ventilkörper entfernen.**



**29. Den O-Ring SP8064 entfernen.**



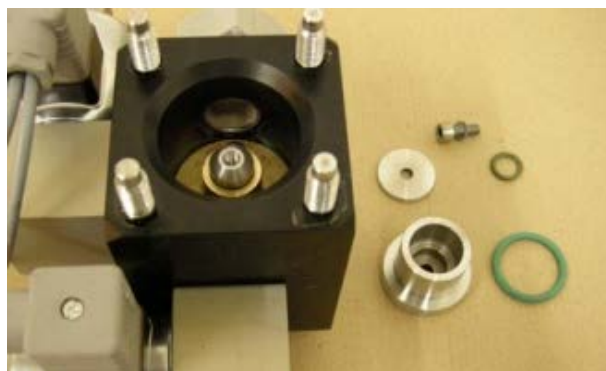
- 30.** In 3 Teile zerlegen:  
SP8085, SP8086 und SP8060.



- 31.** Das Innere vom Auslassventil reinigen.



Übersicht über die gereinigten Teile:



## 4.2 Montage



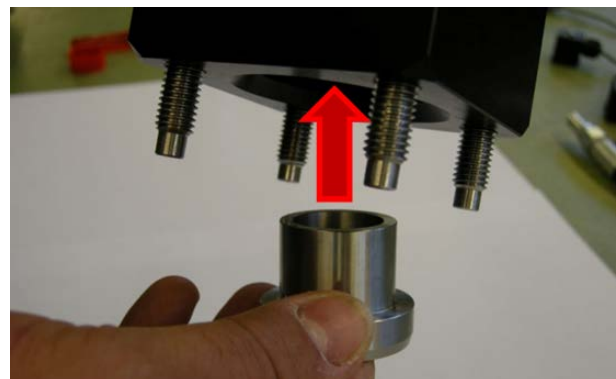
Wichtig: Immer alle **O-Ringe** und alle **Gewinde** vor der Montage gut einfetten!



1. Den O-Ring SP8064 fetten und in den Teller SP8085 einsetzen.

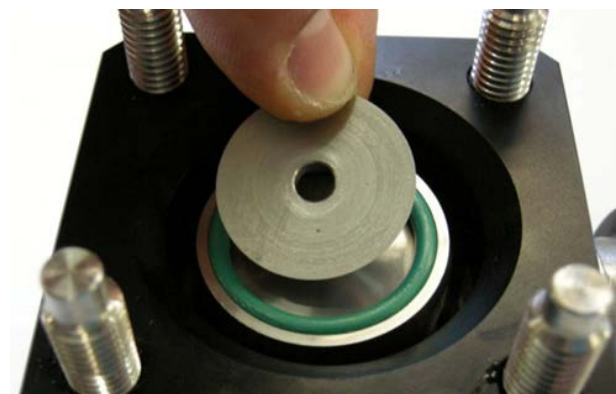


2. Den Ventilkörper in dieser Stellung halten und den Teller SP8085 einsetzen.

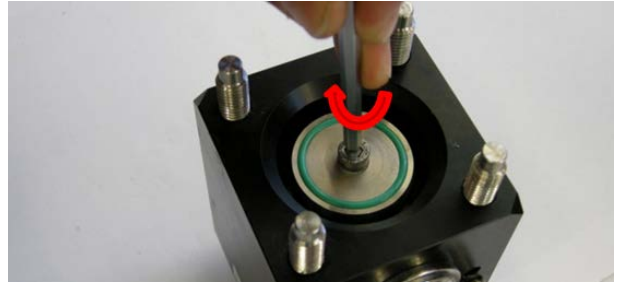


3. Den O-Ring SP8060 fetten und in den Teller SP8085 einsetzen.

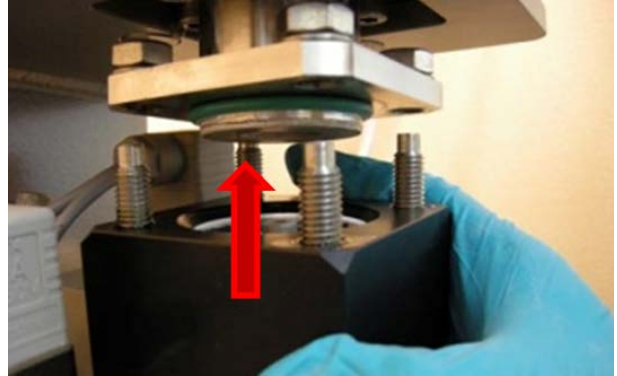
4. Die Scheibe SP8086 in den Teller SP8085 einsetzen.



5. Schraube SP8067 (M6x16 BN610) und den SP80106 Unterlegscheiben fetten und mit Schraube SP8067 befestigen. (Inbusschlüssel 5mm)



6. Das Auslassventil mit den 4 Muttern befestigen. Schlüssel 17mm.



7. Den Vorratsbehälter befestigen:

- a) Sicherheitskette.
- b) O-Ring SP8054 nicht vergessen



- c) Die Überwurfmutter von Hand anziehen.



- d) und mit Schlüsseln 24, 42mm festziehen.





8. Pralldüse einsetzen und  
im Uhrzeigersinn drehen.



9. Den O-Ring SP8012 fetten und einsetzen.



10. Den oberen Flansch einsetzen.  
Nur eine Stellung ist möglich!



11. Den oberen Flansch anschrauben.  
Die Schrauben über Kreuz anziehen!



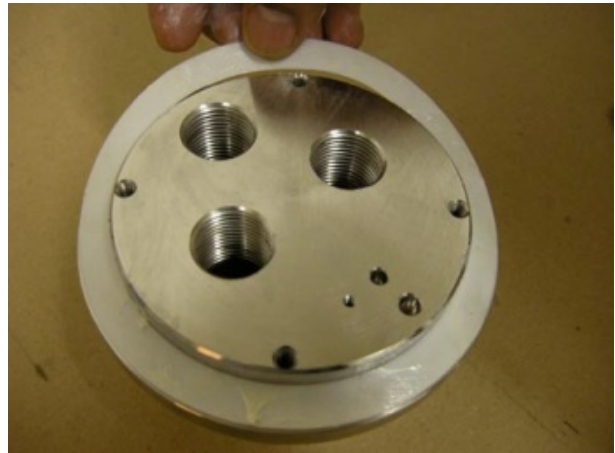
- 12.** Den linken Kugelhahn befestigen.  
Den O-Ring SP8037 nicht vergessen.



- 13.** Mit Schlüssel 22mm den Kugelhahn festhalten und mit Schlüssel 36mm die Überwurfmutter anziehen.



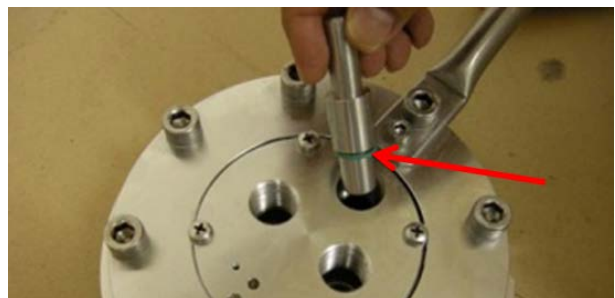
- 14.** Den Gleitring grosszügig einfetten und auf den Block setzen.



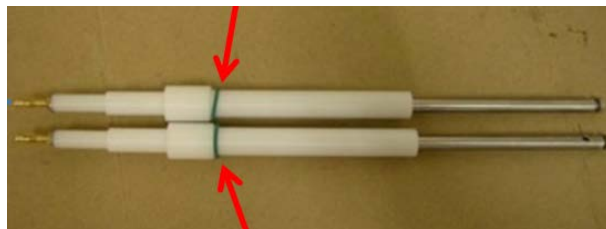
- 15.** Den Bajonettring auf den Block setzen und mit 4 Schrauben fixieren.



- 16.** Das zylindrische Füllstück einsetzen.  
Den O-Ring SP8045 nicht vergessen.



**17.** Die O-Ringe SP8045 einfügen.



**18.** Das Füllstück und die 2 Elektroden mit  
mit Schlüssel 24mm befestigen.





## 5. Fehlerbehebung



Pex und dP/dt sind abhängig von der Staubkonzentration. Die Schritte in der Staubkonzentration sind recht gross z.B. 125, 250, 500, 750 g/m<sup>3</sup>. Die optimale Staubkonzentration liegt oft dazwischen. Staubverteilung und Konzentration unterliegen aber Schwankungen. Wir berücksichtigen dies durch die Bildung vom Mittelwert aus 3 Serien. Wiederholungen bei immer gleicher Staubkonzentration zur Prüfung der Apparatur sind deshalb wenig sinnvoll.



### 5.1 Zünder nicht aktiviert bei normalem Prüfablauf

- a) Kein elektrischer Kontakt zwischen Elektrodenstab und Anschlussdrähten der Zünder.  
Siehe: **3. Allgemeines Prüfverfahren: Schritte 1 und 2**
- b) Kein Druckanstieg auf Druckmesskanal 1  
Die Messung der Zündverzögerungszeit  $t_v$  beginnt mit dem ersten Druckanstieg in der Kugel. Dazu wird nur das Drucksignal von Kanal 1 verwendet. Es gilt somit:  
Kein Druckanstieg bei Kanal 1 = keine Zündung.



### 5.2 Pmax zu hoch oder zu tief

Der maximale Explosionsüberdruck Pmax ist das Ergebnis der Verbrennung vom Brennstoff mit dem Luftsauerstoff und weitgehend unabhängig von der Turbulenz,. Bei Abweichung vom erwarteten Wert können dies die Ursachen sein:

- a) Zum Zündzeitpunkt ist nicht Atmosphärendruck (1013 mbar) in der Kugel.  
Pmax ist direkt proportional zum Vordruck  $P_i$  = Druck zum Zündzeitpunkt.  
KSEP-Software: **Tools / Calculator / Pmax: influence of initial pressure  $P_i$**   
Überprüfung: **1.3 Prüfung der Installation (1.3.4 ... 1.3.5)**  
oder siehe: **Handbuch: 4.1 Kontrollversuch**

Mögliche Fehlerursachen:

- Einstellungen bei Zerstäubungsdruck (20 bar) und Vakuum (-0.6 bar)
- Verlust von Vakuum infolge Undichtigkeit der Kugel?
- Vakuum-Manometer verstopft oder defekt?
- Manometer an Vorkammer defekt?

Ein Vergleich mit dem Umgebungsdruck ist nur dann zulässig, wenn dieser nicht wesentlich von 1013mbar abweicht. Andernfalls muss für diese Prüfung ein absolut messendes Manometer an den Entlüftungskugelhahn angeschlossen werden.

- b) Temperatureinfluss: Pmax verringert sich praktisch linear mit zunehmender Temperatur.  
Ursache ist der verminderte Sauerstoffgehalt.  
KSEP-Software: **Tools / Calculator / Pmax: influence of temperature  $T$**

Bedingt durch die hohe Versuchsfrequenz muss die Explosionskugel mittels Wasserkühlung auf einer Betriebstemperatur von ca. 20°C gehalten werden. Es ist darauf zu achten, dass das Wasser mit mindestens 0.5 L/min fließt.



### 5.3 Kmax zu hoch oder zu niedrig

- a) Pmax ist ebenfalls zu hoch oder zu niedrig:

Zum Zündzeitpunkt ist nicht Atmosphärendruck (1013 mbar) in der Kugel.

Kmax ist direkt proportional zum Vordruck  $P_i$  = Druck zum Zündzeitpunkt.

KSEP-Software: [Tools / Calculator / Kmax: influence of initial pressure  \$P\_i\$](#)

Überprüfung: [1.3 Prüfung der Installation \(1.3.4 ... 1.3.5\)](#)

oder siehe: [Handbuch: 4.1 Kontrollversuch](#)

Mögliche Fehlerursachen:

- Einstellungen bei Zerstäubungsdruck (20 bar) und Vakuum (-0.6 bar)
- Verlust von Vakuum infolge Undichtigkeit der Kugel?
- Vakuum-Manometer verstopft oder defekt?
- Manometer an Vorkammer defekt?

Ein Vergleich mit dem Umgebungsdruck ist nur dann zulässig, wenn dieser nicht wesentlich von 1013mbar abweicht. Andernfalls muss für diese Prüfung ein absolut messendes Manometer an den Entlüftungskugelhahn angeschlossen werden.

- b) Pmax ist korrekt, Kmax zu niedrig:

Die Turbulenz beim Staubeintrag ist von entscheidendem Einfluss auf den Kmax-Wert.

Eine Erniedrigung der Turbulenz hat in der Regel eine Abschwächung der Explosionsheftigkeit zur Folge. Mögliche Ursachen:

- Bohrungen der Pralldüse verstopft?
- Ablagerungen an Innenwand der Kugel?
- Druckabfall in Vorkammer, Undichtigkeit?
- Zündverzögerungszeit  $t_v > 60\text{ms}$
- Auslassventil verschmutzt?

- c) Pmax ist korrekt, Kmax zu hoch:

Die Turbulenz beim Staubeintrag ist von entscheidendem Einfluss auf den Kmax-Wert.

Eine Erhöhung der Turbulenz hat in der Regel eine Verstärkung der Explosionsheftigkeit zur Folge. Mögliche Ursachen:

- Zündereinfluss: Überlagerte Schwingungen beim Druckanstieg?
- Zündverzögerungszeit  $t_v < 60\text{ms}$



### 5.4 Differenzen zwischen beiden Druckmesskanälen

Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Druckaufnehmer erfordert eine Anpassung am Ladungsverstärker. Wurden die Druckaufnehmer irrtümlich vertauscht?

Stimmen die Einstellungen am Ladungsverstärker mit dem Kalibrierblatt überein?

Siehe: [1.2.4 Ladungsverstärker](#)

Ist die Silikonschutzschicht auf den Druckaufnehmern verhärtet oder sogar gebrochen?

Siehe: [2.3 Membrane der Druckaufnehmer schützen](#)

Verschmutzte Isolatoren bei den Steckverbindungen verursachen eine Drift vom Ladungssignal.

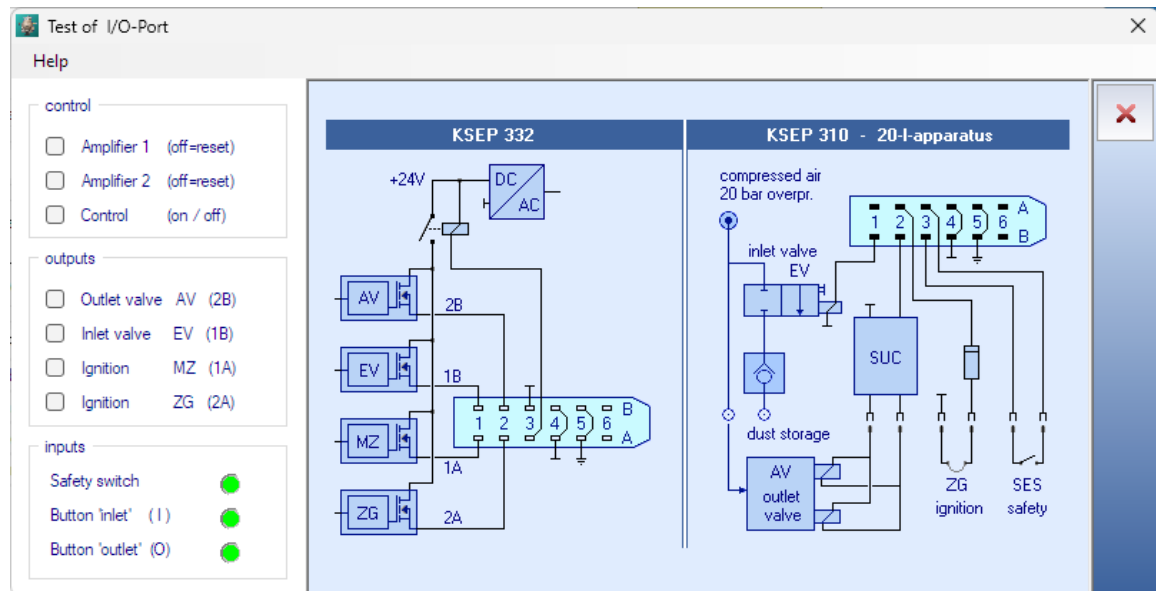
Siehe: [6.2 Überprüfung der Druckmesseinrichtung](#)

## 6. Tests

### 6.1 Test der Ein- und Ausgänge

KSEP-Software: **Tools / Check: IO-Port**

Mit diesem Hilfsprogramm haben Sie direkten Zugriff auf die Leistungsausgänge des KSEP 332. Die Ausgänge lassen sich einzeln ein- und wieder ausschalten.

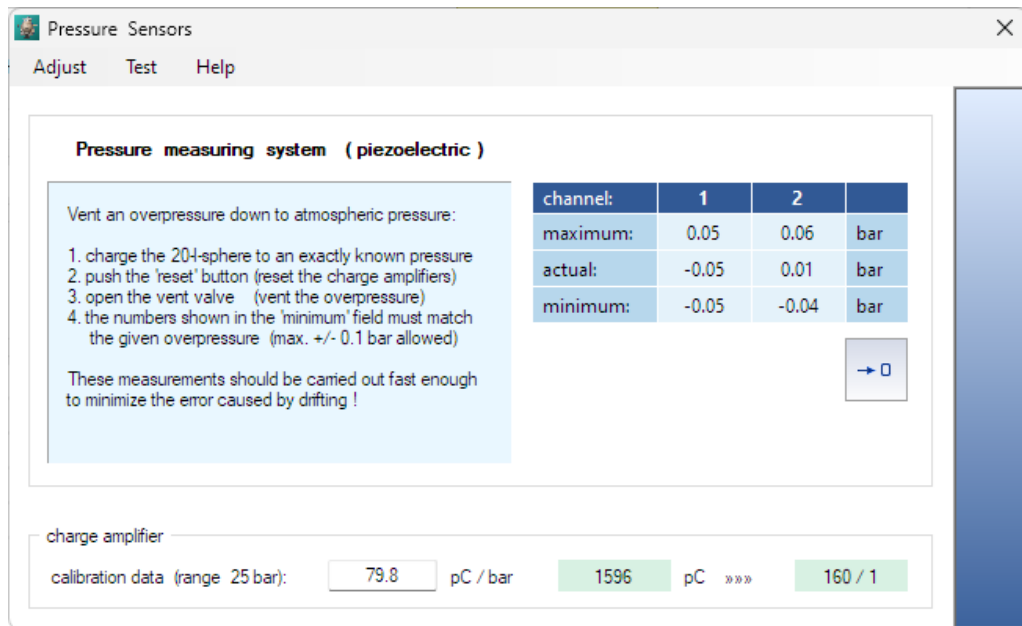


Die Ausgänge können nur bei eingeschaltetem Sicherheitsschalter aktiviert werden.

## 6.2 Überprüfung der Druckmesseinrichtung

KSEP-Software: **System / Pressure Sensors**

Dieses Testprogramm zeigt für die beiden Messkanäle den aktuellen relativen Druck (actual) an. Bei der Messung auftretende Maximal- bzw. Minimal-Werte werden getrennt angezeigt. Beachten Sie, dass piezoelektrische Druckaufnehmer nur quasistatische Messungen von Druckdifferenzen erlauben. D.h. die Messketten werden vorzugsweise durch eine Druckentlastung von einem definierten Überdruck auf Atmosphärendruck getestet. Vorgehen:



1. Den Druckbehälter, z.B. die 20-l-Kugel, auf einen genau bekannten Druck bringen.
2. Die Anzeigen von "maximum, minimum" und die der Ladungsverstärker "actual" durch die Taste "reset" zurückstellen.
3. Den Druckbehälter entlasten und die dabei aufgetretene Druckdifferenz vergleichen. Abweichungen von max. +/- 0,1 bar sind noch zulässig.



Die Messungen müssen schnell durchgeführt werden, um den durch die unvermeidliche Drift verursachten Fehler klein zu halten. Dieser Test ist kein Abgleich sondern eine Überprüfung ! Die Alterung der Eichfaktoren der Druckaufnehmer ist Erfahrungsgemäss vernachlässigbar.

**Solange beide Druckmessketten übereinstimmende Resultate liefern, darf mit Sicherheit angenommen werden, dass auch beide Messketten in Ordnung sind.**



## 7. Wartung vom Auslassventil

### 7.1 Normale Reinigung

vor jedem Start mit einem neuen Staub

### 7.2 Erweiterte Reinigung

nach starker Verschmutzung

### 7.3 Voller Service (nur für Experten)



Werkzeuge:

- Gabelschlüssel 12 / 24 / 28mm
- Schraubendreher
- Inbusschlüssel 3 / 5mm
- Fettpaste



Wichtig: Immer alle **O-Ringe** und alle **Gewinde** vor der Montage gut einfetten!



## 7.1 Normale Reinigung

---

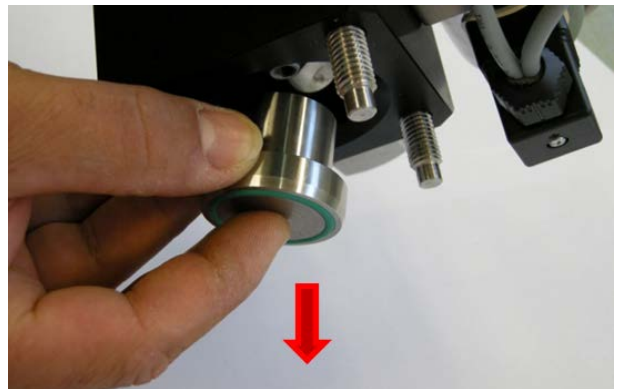
### 7.1.1 Demontage

---

1. Schraube SP8067 mit Inbusschlüssel 5mm entfernen.



2. Den Teller SP8085 vom Ventilkörper entfernen.



Teile (von links nach rechts):

- a. SP8064 (O-Ring)
- b. SP8085 (Teller)
- c. SP8060 (O-Ring)
- d. SP8086 (Scheibe)
- e. SP80106 (Unterlegscheiben M6)
- f. SP8067 (Schraube M6x16 BN610)



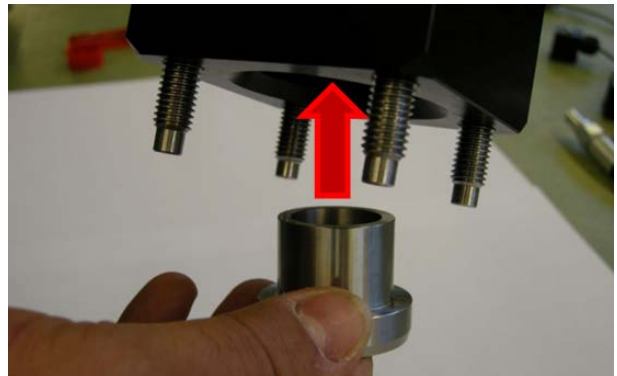
### 7.1.2 Montage

---

1. Den O-Ring SP8064 fetten und in den Teller SP8085 einsetzen.

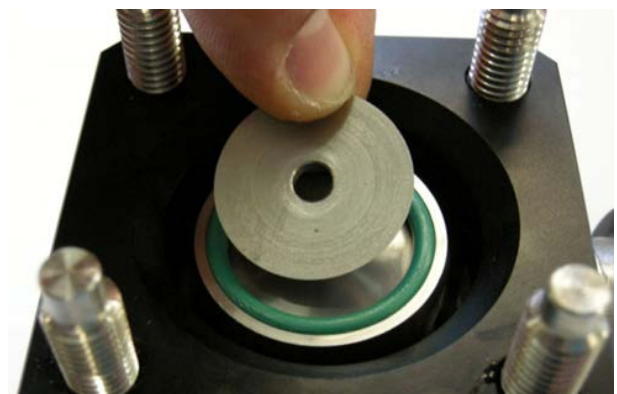


2. Den Ventilkörper in dieser Stellung halten und den Teller SP8085 einsetzen.

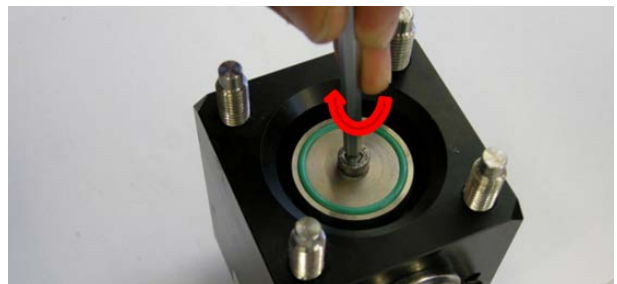


3. Den O-Ring SP8060 fetten und in den Teller SP8085 einsetzen.

4. Die Scheibe SP8086 in den Teller SP8085 einsetzen.



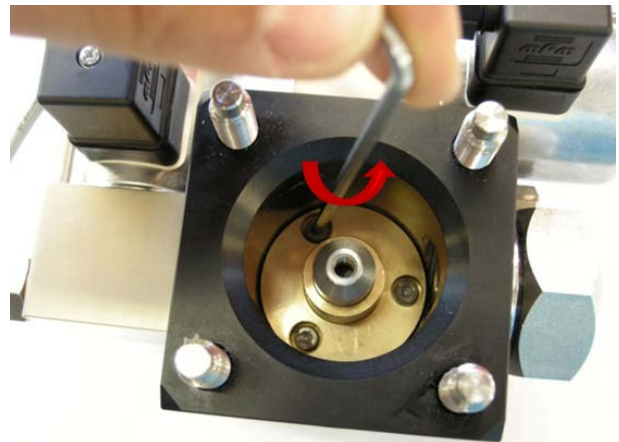
5. Schraube SP8067 (M6x16 BN610) und den SP80106 Unterlegscheiben fetten und mit Schraube SP8067 befestigen. (Inbusschlüssel 5mm)



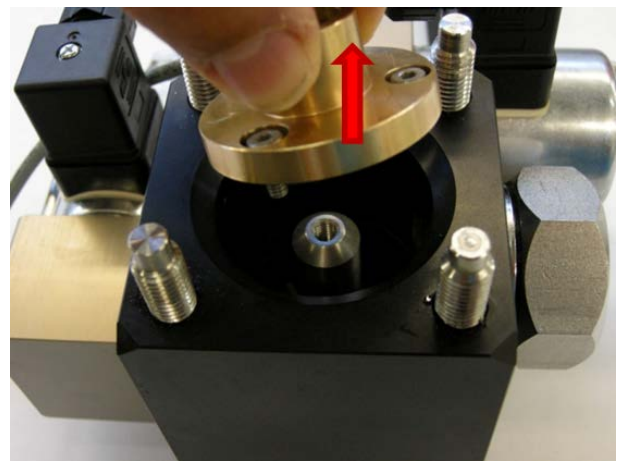
## 7.2 Erweiterte Reinigung

### 7.2.1 Demontage

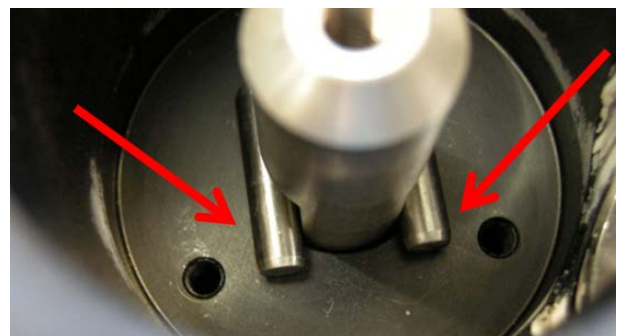
1. 3 Schrauben SP8078 (M4x8mm BN610) von der Führung SP8081 mit Inbusschlüssel 3mm entfernen.



2. Die Führung SP8081 vom Ventilkörper herausheben.



3. Führungsrollen SP8082 herausnehmen.



Übersicht der Teile:

- a) 2 x Führungsrollen SP8082
- b) 1 x Führung SP8081
- c) 3 x Schraube SP8078 (M4x8 BN610).

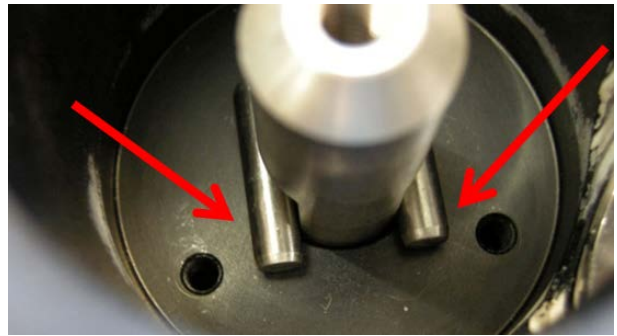




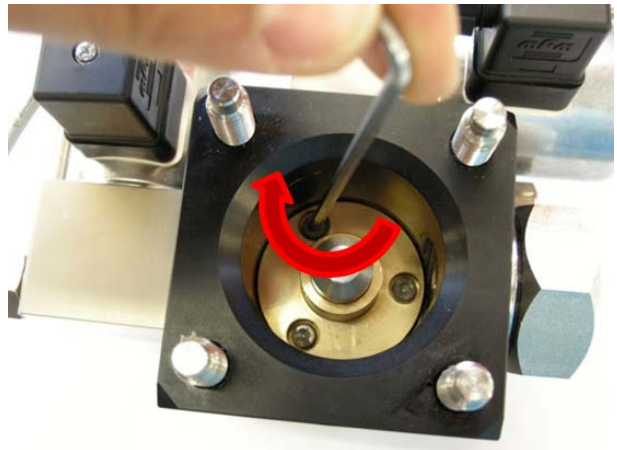
### 7.2.2 Montage

---

1. Die Führungsrollen SP8082 einsetzen.



2. Die Führung mit 3 Schrauben SP8078 und Inbusschlüssel 3mm befestigen.



3. Fahren Sie fort mit 7.1.2 Normale Reinigung: Montage

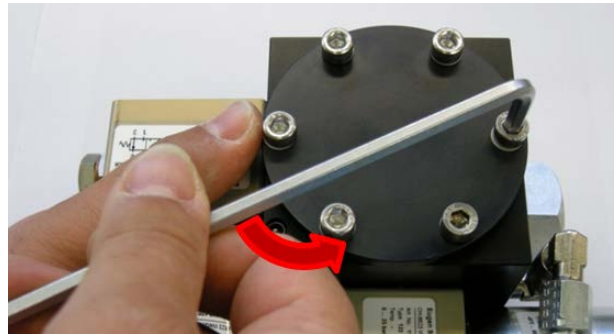
## 7.3 Voller Service (nur für Experten)

---

### 7.3.1 Demontage

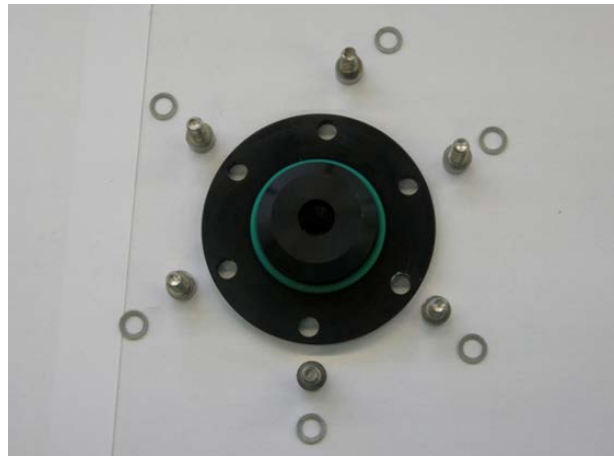
---

1. 6 Schrauben SP80104 abschrauben (M6x14 BN610).



Übersicht der Teile.

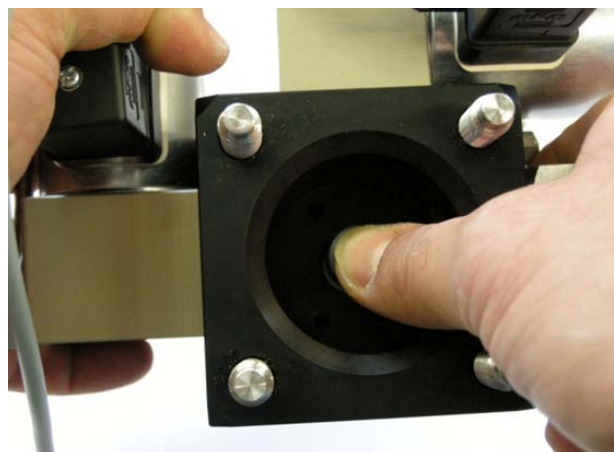
- a) 1 x Bodenplatte SP8087
- b) 1 x O-Ring SP8063
- c) 6 x M6x14 SP80104
- d) 6 x M6 Unterlegscheiben SP80106



2. Schraube SP80105 (M6 x 12) mit Inbusschlüssel 5mm abschrauben.



3. Stößel SP8083 von der anderen Seite aus heraus drücken.



4. Dabei den Kolben SP8084 halten.  
Siehe Bild.



Übersicht der Teile.

- a) SP8083 Stößel.
- b) SP8084 Kolben.
- c) SP8064 O-Ring.
- d) SP80105 (M6x12) Schraube.
- e) SP80106 M6 Unterlegscheibe.



5. Die Stützringe SP8066.1 vom Kolben SP8084 entfernen.



6. Den Quad-Ring SP8066 herausnehmen.

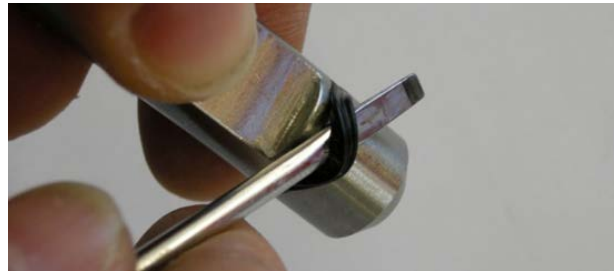


Übersicht der Teile:

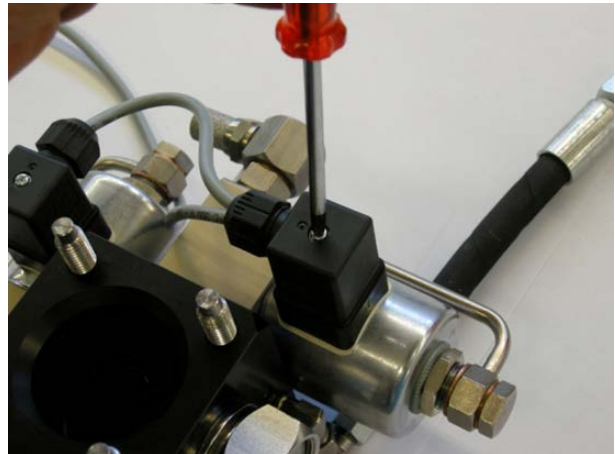
- a) SP8084 Kolben
- b) SP8066.1 Stützring
- c) SP8066 Quad-Ring
- d) SP8066.1 Stützring



7. Den Quad-Ring SP8065 vom Stößel SP8083 entfernen.



8. Alle Stecker vom Auslassventil abschrauben.



9. Den Druckschlauch SP8036 mit Schlüssel 12mm abschrauben.



10. Den Schalldämpfer SP8100 mit Schlüssel 24 mm abschrauben.



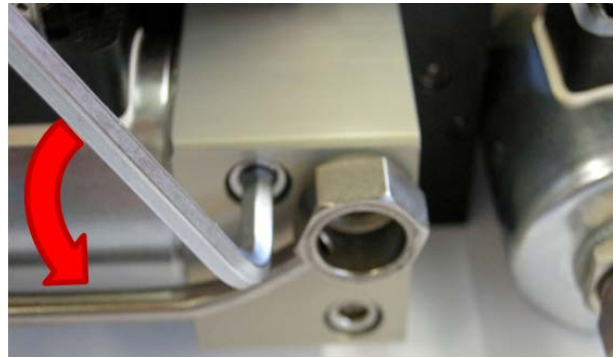
Übersicht der Teile:

- a) 2 x Kupfer-Unterlegscheiben
- b) SP8100 Schalldämpfer



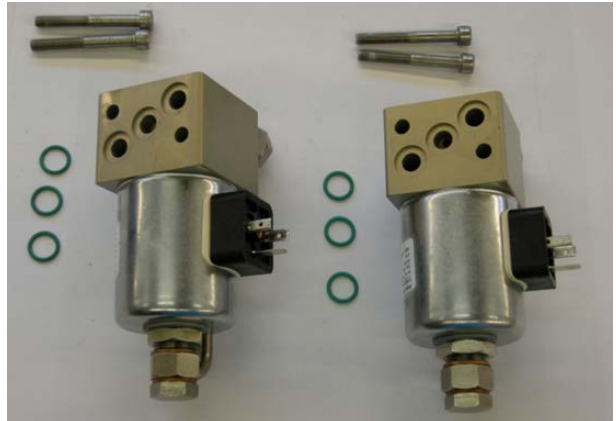


11. Schrauben SP80107 (M6x50)  
vom Ventilkörper entfernen.

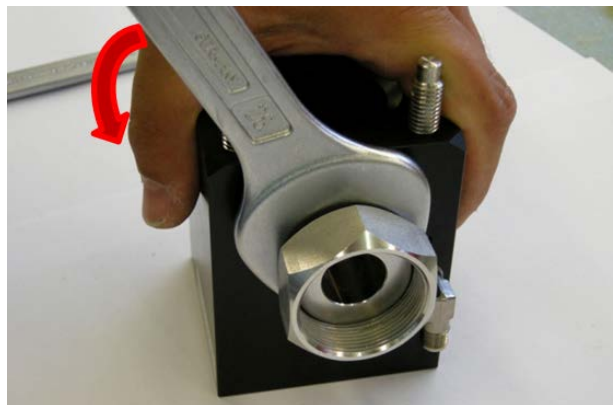


Übersicht der Teile:

- a) 2x Magnetventile SP8070.
- b) 6x O-Ring SP8068.
- c) 4x Schrauben SP80107 (M6x50).



12. Kupplungshälfte G3/4 SP8059  
vom Ventilkörper abschrauben.



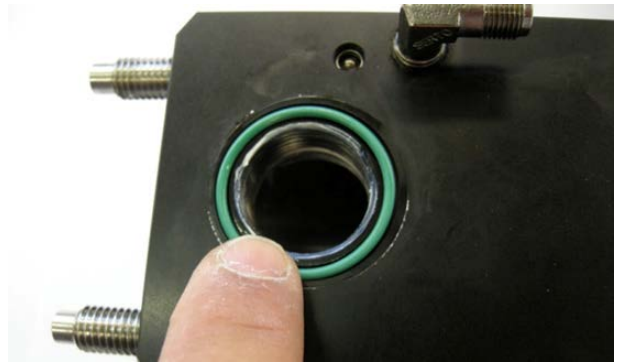
Übersicht der Teile:

- a) Ventilkörper.
- b) O-Ring SP8062.
- c) Kupplungshälfte SP8059.

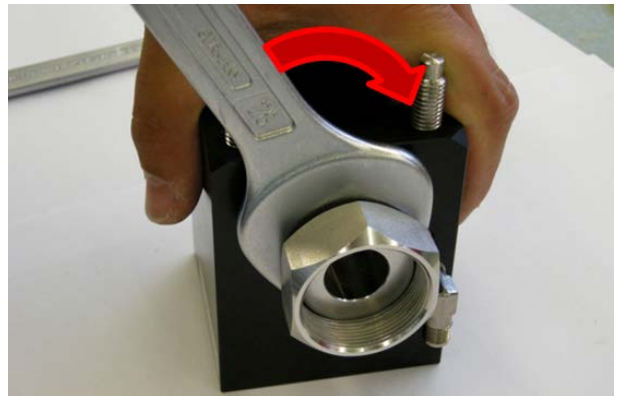


### 7.3.2 Montage

1. Den O-Ring SP8062 in den Ventilkörper einsetzen.



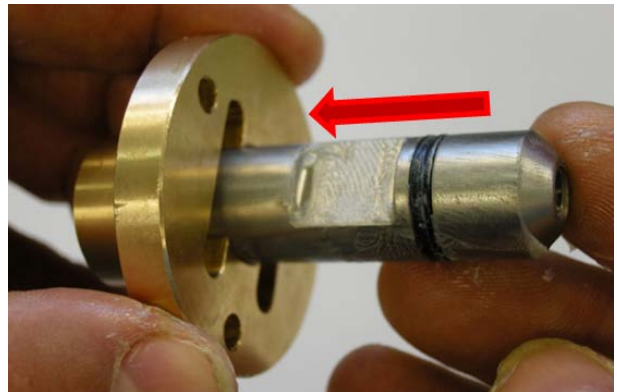
2. Die Kupplungshälfte SP8059 in den Ventilkörper mit Schlüssel 24mm einschrauben.



3. Den Quadring SP8065 einsetzen.

Verwenden Sie immer ein neues Ersatzteil

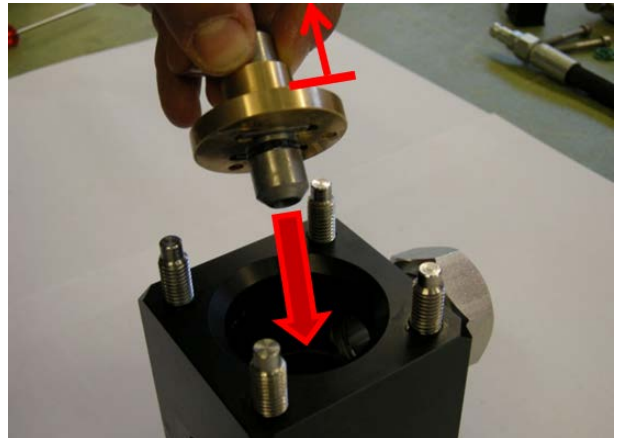
Den Stößel in die Führung SP8081 einschieben.



4. Die Führungsrollen fetten und einsetzen.



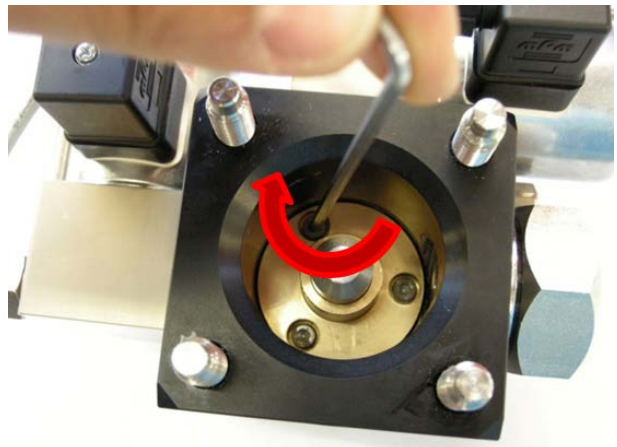
5. Die Führung einsetzen.  
Darauf achten, dass die Führungsrollen  
nicht herausfallen.



6. Den Stößel SP8083 bis zum Anschlag  
hineindrücken.

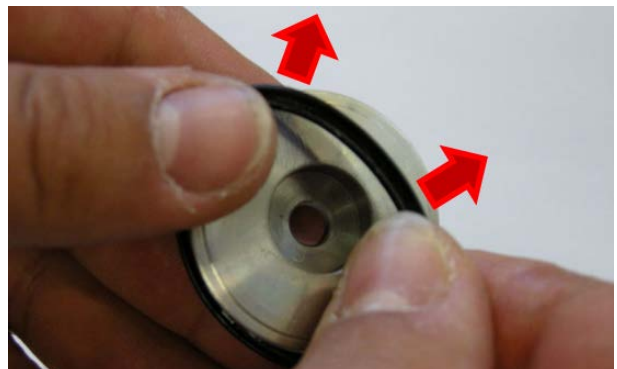


7. Mit 3 Schrauben befestigen.  
Inbusschlüssel 3mm.



8. Den Quadring SP8066 einsetzen.

Verwenden Sie immer ein neues Ersatzteil

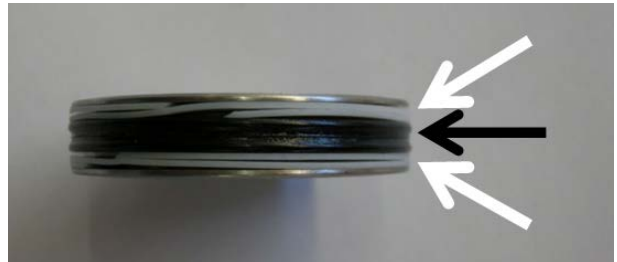
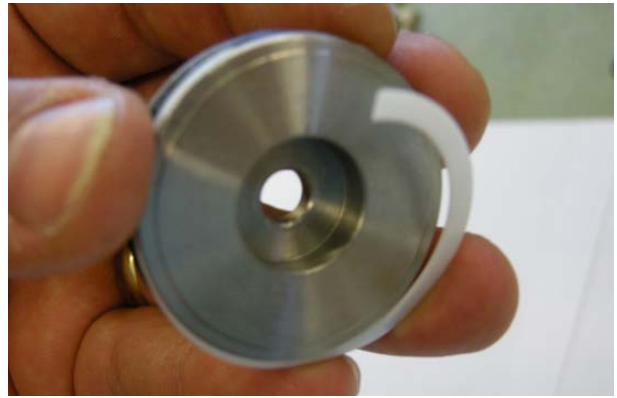
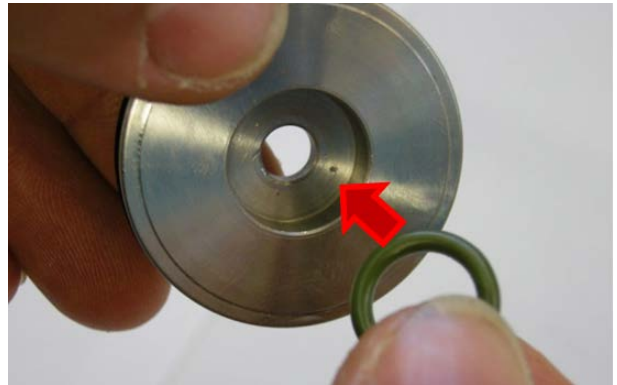


**9. Die beiden Stützringe SP8066.1 einfügen.**

Verwenden Sie immer ein neues Ersatzteil

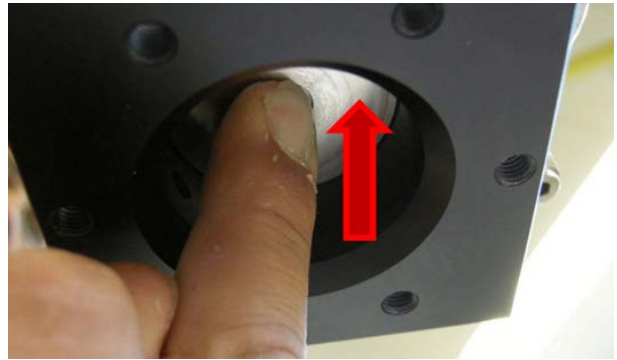
Übersicht der Teile:

- a) Stützring SP8066.1
- b) Quadring SP8066
- c) Stützring SP8066.1

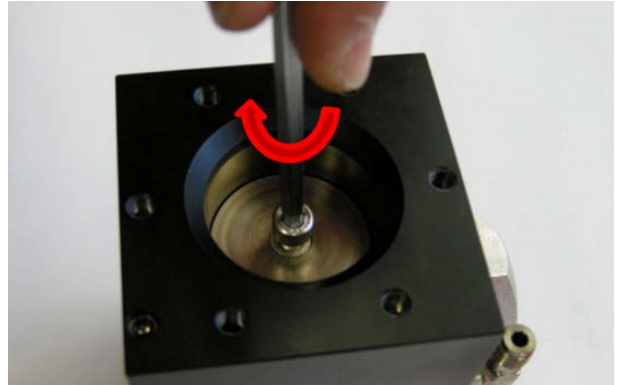
**10. Den O-Ring SP8064 fetten und einsetzen.****11. Den Ventilkörper drehen und den Kolben SP8084 einsetzen.****12. So kann der O-Ring SP8064 nicht herausfallen.**



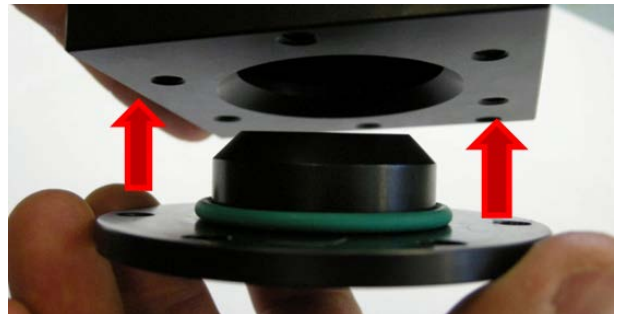
13. Den Kolben SP8084 bis zum Anschlag hineinstossen.



14. Mit Schraube SP80105 (M6x12) befestigen.  
Inbusschlüssel 5mm.



15. Den O-Ring SP8063 fetten und auf der  
Bodenplatte SP8087 einsetzen.

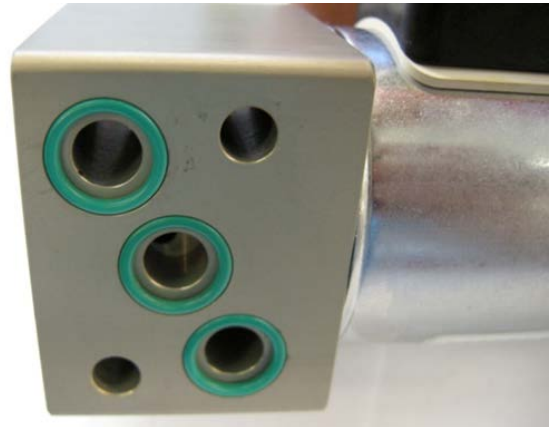


16. Die Schrauben SP80104 (M6x14) fetten und  
mit Inbusschlüssel 5mm anschrauben.

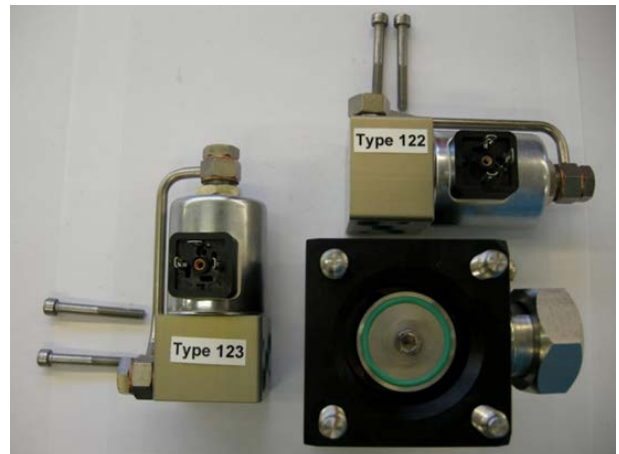




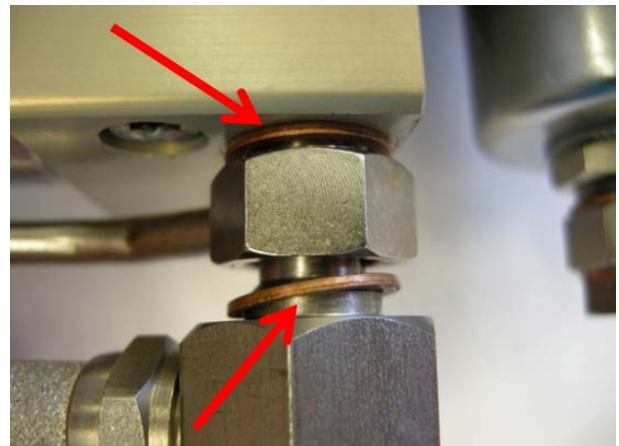
17. Die 3 O-Ringe SP8068 fetten und beim Ventil SP8070 einsetzen.



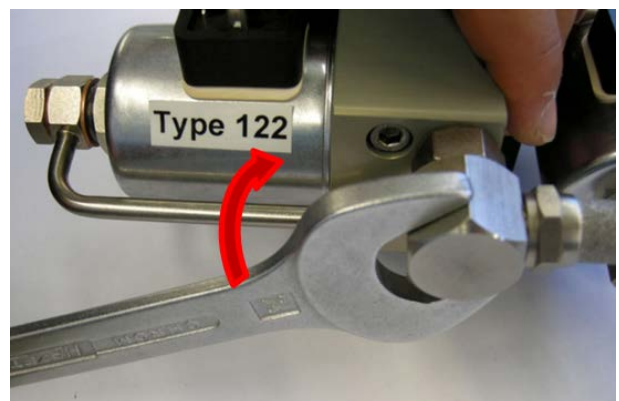
18. Die beiden Ventile SP8070 (Type 122) und (Type 123) wie gezeigt anschrauben.



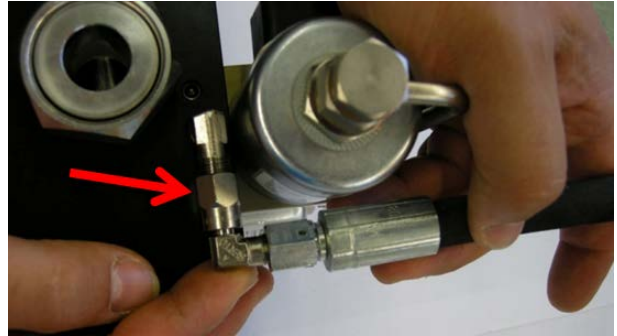
19. Die Unterlegscheiben wie gezeigt beim Schalldämpfer SP8100 einsetzen.



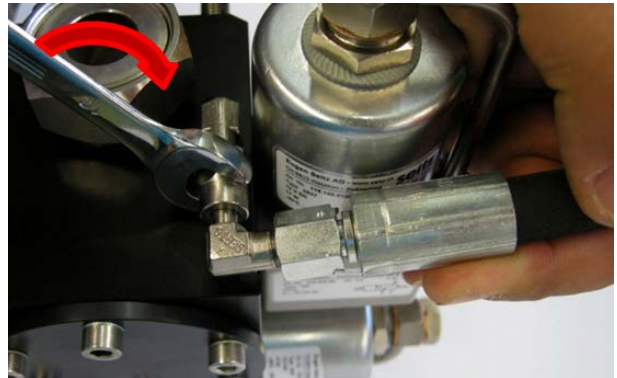
20. Den Schalldämpfer anschrauben.  
Schlüssel 24mm.



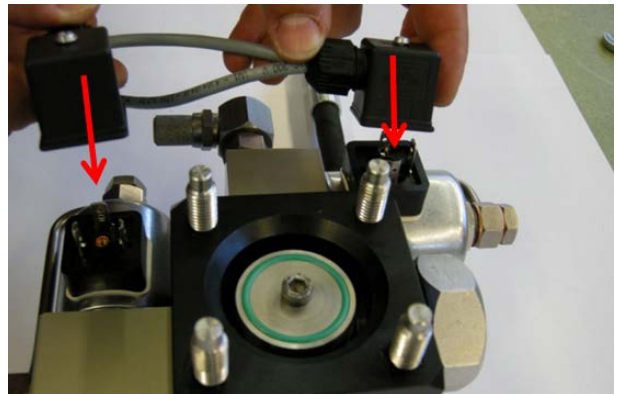
**21.** Den Druckschlauch SP8036 anschrauben.



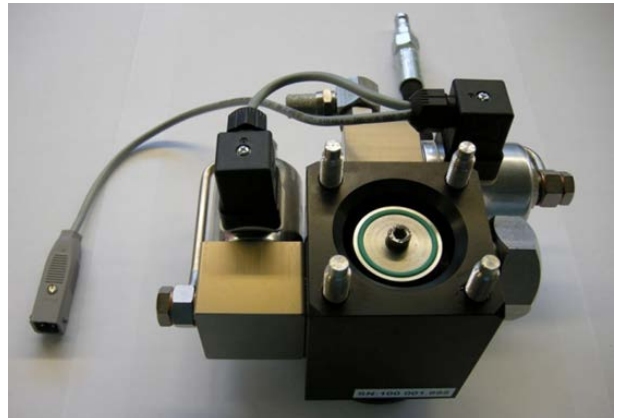
**22.** Den Druckschlauch SP8036 mit Schlüssel 12mm fixieren.



**23.** Alle Stecker wie gezeigt einsetzen.



So sieht das fertig montierte  
Auslassventil aus !



## 8. Technik

### 8.1 Technische Daten

---

#### 8.1.1 Technische Daten der 20-l-Kugel

---

- Werkstoff Nr.: 1.4435
- Wandstärke des Innenmantels: min. 4 mm
- Wandstärke des Aussenmantels: min. 2 mm
- Inhalt der Kugel: 20 Liter
- Inhalt des Doppelmantels: 1,5 Liter
- Betriebsüberdruck der Kugel: 30 bar (60°C)
- Betriebsüberdruck des Mantels: 10 bar (60°C)
- Prüfüberdruck der Kugel: 39 bar
- Prüfüberdruck des Mantels: 14,3 bar
- Berechnungstemperatur: 60 °C
- Schnellverschluss Ø: 96 mm
- Reinigungsöffnung Ø: 140 mm
- Sichtfenster Ø: 30 mm
- Messflansch: 3 · Innengewinde M14 · 1,25
- Anschluss Druckluft: Schlauch innen Ø 12 mm
- Anschluss Vakuum: 1/4" G
- Thermostatisierungsanschlüsse: Schlauch innen Ø 10 mm
- Abmessungen über alles B,H,T: 650 · 875 · 820 mm
- Gewicht: 75 kg

#### 8.1.2 Technische Daten des KSEP 310

---

- Anschluss Druckluft: 1/4" G  
Nennwert: 20 bar  
Maximal: 30 bar
- Anschluss Vakuum: 1/4" G
- Abmessungen B,H,T: 510 · 215 · 370 mm
- Gewicht: 13 kg

### 8.1.3 Technische Daten des KSEP 332

---

#### Steuerausgänge

(zu KSEP 310 und Zündeinrichtung)

Zwei 12-polige Federleisten nach DIN 41622. Die beiden Steuerausgänge sind parallel geschaltet. Die Anschlüsse haben die folgende Belegung:

- 5A, 5B: Schutzleiter
- 4A, 4B: gemeinsamer Minus-Anschluss zu 1A, 1B, 2A, 2B
- 3A,..3B: Sicherheitsschalter (3A = plus / 3B = minus)
- 2B: Auslassventil 24V / 4A (strombegrenzt)
- 2A: chem. Zünder 24V / 4A (strombegrenzt)
- 1B: Einlassventil 24V / 0.6A (strombegrenzt)
- 1A: MZE-Anlage 24V / 0.6A (strombegrenzt)

#### Messeinrichtung

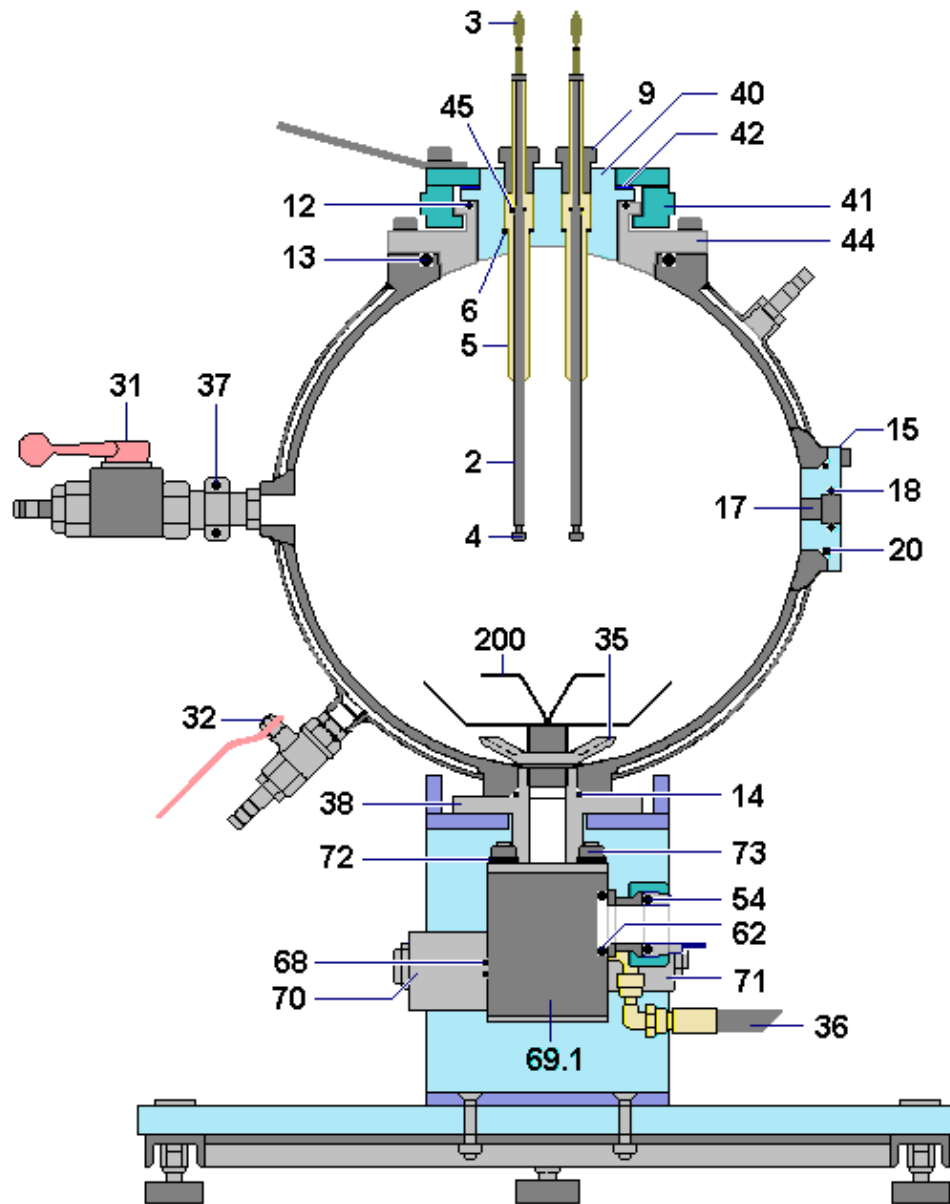
- Druckmessbereich.: +/- 20 bar
- Druckauflösung.: 10 mbar
- Abtastzeit: 0.2 ms
- Aufzeichnungsdauer: 2.0 s
- Druckaufnehmer (2) : Kistler Typ 701A, 601CAB
- Ladungsverstärker (2) : Kistler Typ 5041B
- Schreiber Ausgang : 5.25V = +20 bar  
0V = -1 bar

#### Rechner

- CMOS-Microprozessor: HD64180
- Programmspeicher : EPROM 32 kByte
- Datenspeicher : statisches CMOS-RAM 32 kByte
- Datensicherung : Lithium Batterie für CMOS-RAM
- Schnittstelle : RS 232: 4800, N, 8, 2 oder USB mit Adapter
- Netzanschluss: 230V, 50/60 Hz, 110W

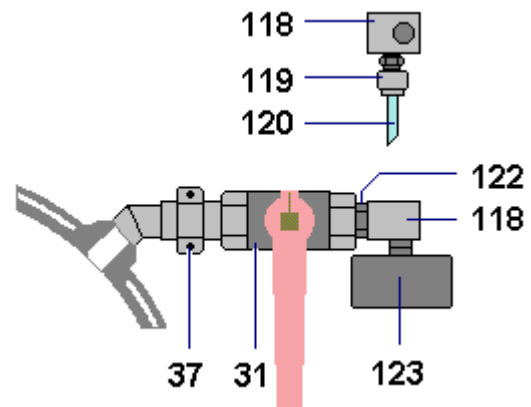
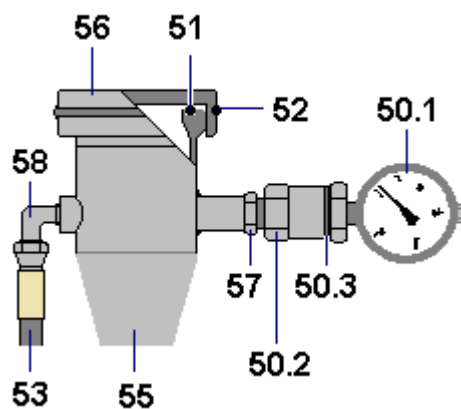
## 8.2 Ersatzteile

### 8.2.1 20-l-Kugel



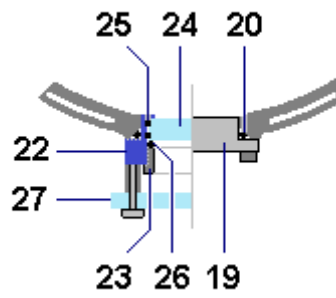
Staubvorratsbehälter

Vakuum

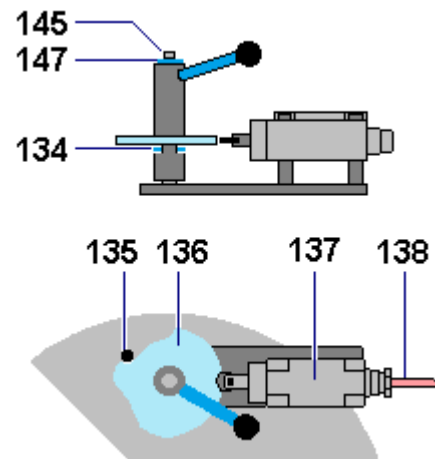




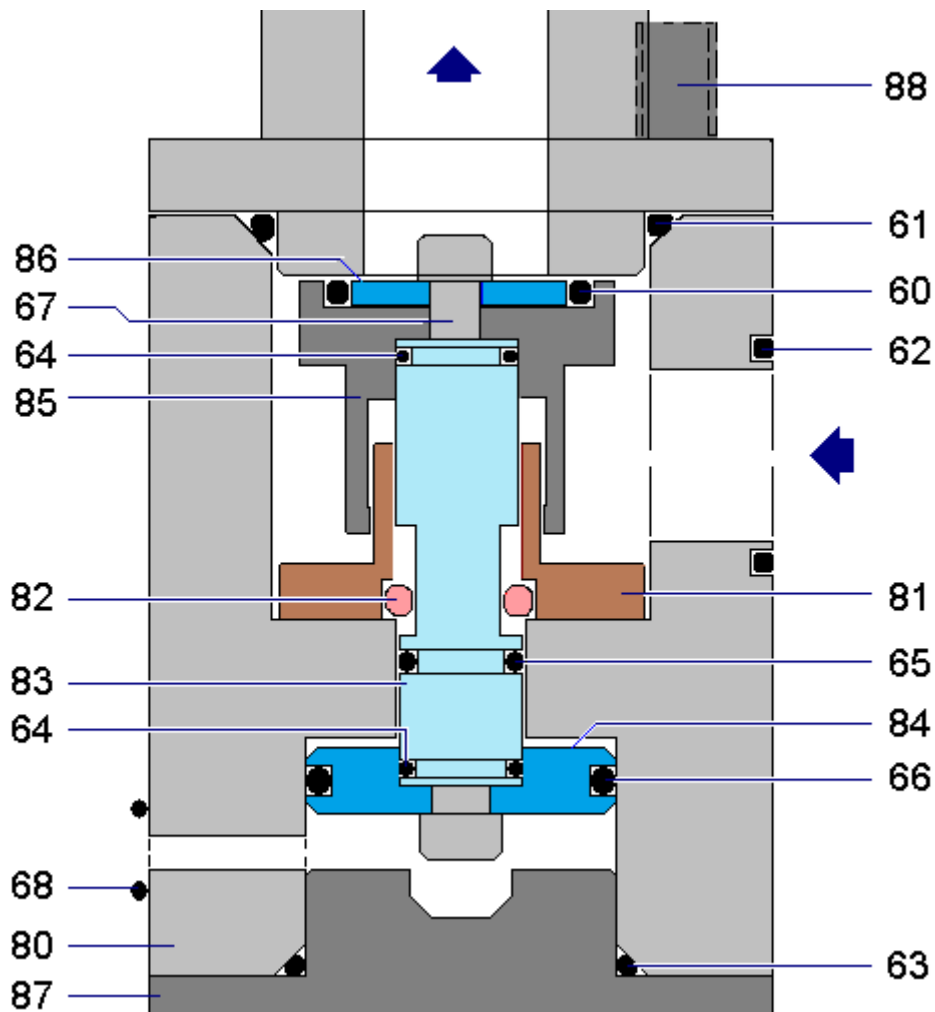
## Schauglas / Blindflansch



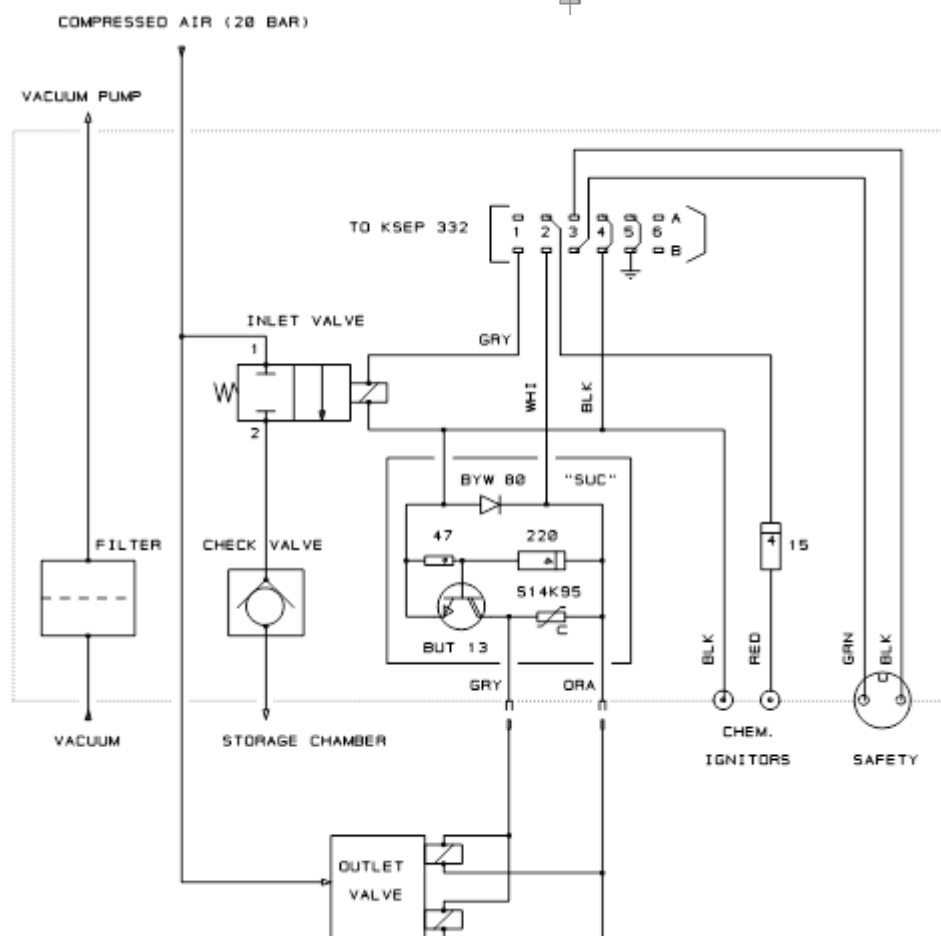
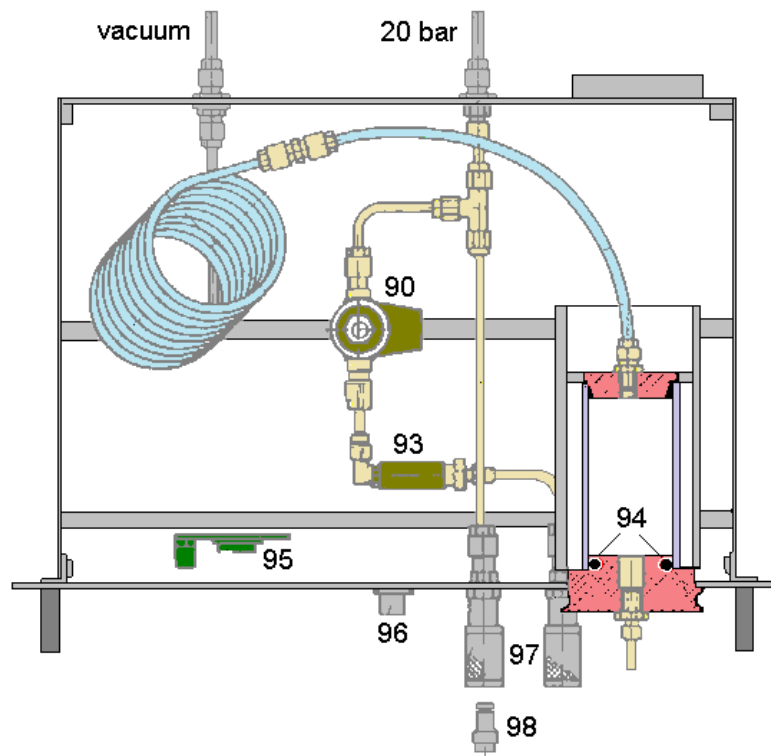
## Sicherheit



## Auslassventil



### 8.2.2 Ersatzteile / Schema des KSEP 310



**8.2.3 Ersatzteile SP8xxx (Nummer „xxx“ auf Zeichnung)**

SP8000	Satz von Ersatzteilen	SP8057	Einschraubnippel
SP8001	Elektrode komplett	SP8058	Einschraubwinkel
SP8002	Elektrodenstab	SP8059	Kupplungshälfte G 3/4"
SP8003	Kontakt	SP8060	O-Ring 28.17 x 3.53 - 216
SP8004	Klemmschraube	SP8061	O-Ring 47.22 x 3.53 - 225
SP8005	Isolator	SP8062	O-Ring 30 x 2
SP8006	O-Ring 14.00 x 1.78 - 015	SP8063	O-Ring 40 x 3
SP8007	Elektroden aus rostfr. Stahl	SP8064	O-Ring 11 x 2.5
SP8008	Stopfen	SP8065	Quadring 4111 - 366Y
SP8009	Druckschraube SW 27	SP8066	Quadring 4219 - 366Y
SP8010	Zündkabel	SP8067	Zyl. Schraube M6 x 16
SP8012	O-Ring 101.19 x 3.53 - 242	SP8068	O-Ring 10.82 x 1.78 - 013
SP8013	O-Ring 158.12 x 5.33 - 363	SP8069.1	Auslassventil komplett
SP8014	O-Ring 40 x 3	SP8070	Magnetventil Typ 123
SP8016	Messflansch	SP8071	Magnetventil Typ 122
SP8017	Verschlussschraube	SP8072	U-Scheibe M6
SP8018	O-Ring 15.54 x 2.62 - 114	SP8073	6-kt-Mutter M10
SP8019	Blindflansch	SP8074	Zyl. Schraube M6 x 53
SP8020	O-Ring 55.25 x 2.62 - 139	SP8075	Zyl. Schraube M6 x 48
SP8021	Schauglasfassung komplett	SP8076	Einstellwinkel
SP8022	Schauglasfassung	SP8077	Einschraubwinkel
SP8023	Gewinding	SP8081	Führung (Pos.81)
SP8024	Schauglas	SP8082	Rundkeil (Pos.82)
SP8025	O-Ring 44.12 x 2.62 - 132	SP8083	Stößel (Pos.83)
SP8026	Druckring	SP8085	Teller (Pos.85)
SP8027	Schutzscheibe komplett	SP8086	Scheibe (Pos.86)
SP8031	Kugelhahn (Entlastung)	SP8090	Einlassventil
SP8031.1	Dichtungssatz zu Kugelhahn	SP8093	Rückschlagventil 1/8"
SP8032	Kugelhahn (Wasser)	SP8094	O-Ring 44.04 x 3.53 -224
SP8033	Ringdüse komplett	SP8095	Ventilbeschleuniger (Print)
SP8034	Endkappe zu Pos. 8033	SP8096	Chassis-Buchse
SP8035	Stellmutter zu Pos. 8033	SP8097	Pneum. Verschlusskupplung
SP8036	Druckschlauch 1/8"-1/4" 190mm	SP8098	Pneum. Stecknippel
SP8037	O-Ring 21.95 x 1.78 - 020	SP8118	Verteilstück
SP8037.1	Kupplung mit Gewindenippel	SP8123	Vakuum Manometer
SP8038	Flansch unten	SP8123.1	Vakuum Manometer komplett
SP8040	Füllstück	SP8134	Ausgleichsscheibe
SP8041	Verschlussring	SP8137	Sicherheits-Endschalter
SP8042	Gleitring	SP8148	Sicherheit komplett
SP8044	Flansch oben	SP8200	Pralldüse
SP8045	O-Ring 4.47 x 1.78 - 008	SP8803	Ladungsverstärker Typ 5041B
SP8050	Manometer komplett (40 bar)	SP8804	Druckaufnehmer Typ 701A
SP8050.1	Manometer mit Druckmittler	SP8805	Steckernippel Typ 7411
SP8050.2	Einschraubnippel R 3/4" - 1/4"	SP8806	Adapter Typ Z11784
SP8050.3	Dichtung 26.5 x 33	SP8807	Messleitung Typ Z4368sp
SP8051	O-Ring 66.27 x 3.53 - 231	SP8808	Silikon Kautschuk Typ 1043
SP8052	O-Ring 88.27 x 5.33 - 341	SP8809	Reinigungsspray Typ 1001A
SP8053	Druckschlauch 1/4"-1/4" 450mm	SP8818	Fernbedienung zu KSEP 332
SP8054	O-Ring 26.64 x 2.62 - 121	SP8819	Print K332A Mikroprozessor
SP8055	Staubvorratsbehälter komplett	SP8820	Print K331B Steuerprint