

Kompressorseminar

Schwerpunkt: Reinheit der Atemluft

Erstellt vom VERBAND INTERNATIONALER TAUCHSCHULEN VIT (www.vit-2000.de)
und dem FÖRDERKREIS SPORTTAUCHEN e.V. (www.Foerderkreis-Sporttauchen.de)
unter fachlicher Hilfe von Fa. LENHARDT&WAGNER (www.lenhardt-wagner.de)
und BAUER KOMPRESSOREN GmbH (www.bauer-kompressoren.de)

Weiterführende Literatur:

Bedienungs- und Wartungsanleitungen der Hersteller

Betriebssicherheits-Verordnung, EN-Normen und TRG

Taucherhandbuch Bartmann, ecomed-Verlag (www.ecomed.de)

Verantwortlich für den Inhalt:

Werner Scheyer (Scheyer@Foerderkreis-Sporttauchen)

Warum dieses Kompressorseminar?

Die Sicherheit im Tauchsport fängt nicht erst im Wasser an, Gefahren lauern bereits bei der Aufstellung und dem Betrieb des Kompressors! Unsachgemäßer Betrieb kann Auslöser für spätere Zwischenfälle oder gar Unfälle sein. Innere Vereisung des Atemreglers und dessen Undichtigkeit durch Rost beispielsweise sind Probleme, die durch das unsachgemäße Arbeiten am Kompressor ausgelöst werden können.

Ziel des Seminars: Sicherer Betrieb und saubere Luft gemäß der Norm

DIN EN 12021

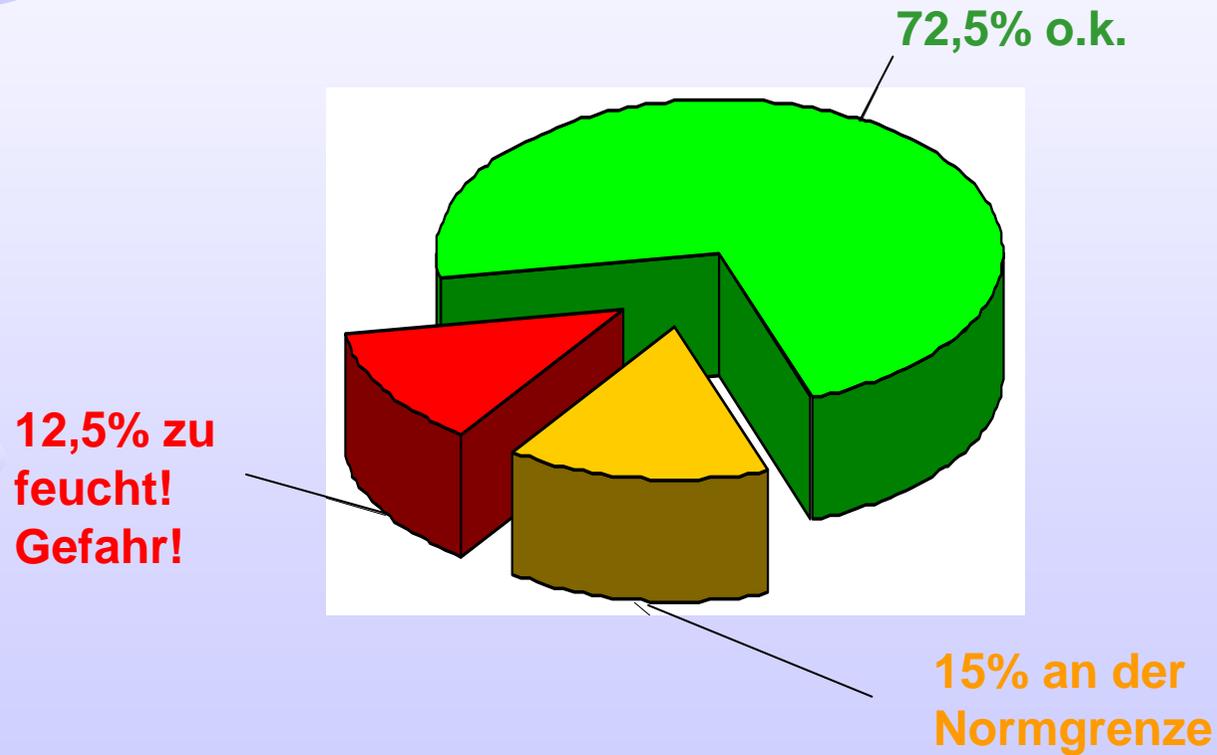
Feuchte Flasche?



Rost, Atemreglerdefekt und Vereisungsgefahr!

Praxismessungen

Ergebnisse der Feuchtemessungen an Tauchflaschen von Gästen an drei bekannten Tauchgewässern



Förderkreis Sporttauchen e.V.

Voraussetzungen

- **Voraussetzungen für den Betrieb des Kompressors und das Füllen der Druckluftflaschen sind Kenntnisse und Verantwortungsgefühl.**
- **Der Füllende ist Betreiber der Anlage, er haftet im Falle eines Unfalles gemäß § 831 BGB!**
- **Im Verein haftet auch der Vorstand.**

Gefahren

Kontrollieren: z.B. Windrichtung, Lüftung, Kühlung, Rauchverbot...

Ansaugen

Komprimieren

Füllen

Tauchen



Mechanische Gefahren
(drehende Teile, berstende Rohre)

Elektrische Gefahren (schlechte Isolation bei E-Motoren)

Brand-/Explosionsgefahr (Nachtanken im Betrieb)

Umweltschutz
(Geräusch/Kondensat)

Schlagende/berstende Schläuche

Bersten der Flasche

Wasser (Vereisung, Rost)

Vergiftung (CO, CO₂)

Öl (lungenschädigend)

Kompression der Luft

Beim Komprimieren der Luft in einem Arbeitsgang würde sie sehr heiß, die Verluste wären sehr groß, durch Selbstzündung könnte der Kompressor als Diesel weiterlaufen!

Abhilfe: Kompression in mehreren Stufen mit jeweiliger Rückkühlung. Die Druckabstufung richtet sich nach der Zahl der Kompressionsstufen

Druckverhältnisse etwa

3stufige Bauweise 1 : 6 (6 bar - 36 bar - 216 bar)

4stufige Bauweise 1 : 4 (4 bar - 16 bar - 64 bar - 256 bar)

Der Enddruck wird durch das verplombte Enddruck-Sicherheitsventil bestimmt.

Schritte der Kompression

Ansaugen: Ausreichender Querschnitt, der sich etwa alle 3 Meter verdoppeln sollte, um Ansaugverluste zu vermeiden

Filtern: Ausfiltern von staubförmigen Verunreinigungen

Komprimieren in mehreren Stufen, Luft erwärmt sich auf etwa 120 Grad über Umgebungstemperatur, das Volumen verkleinert sich.

Rückkühlung nach jeder Stufe auf etwa 20 Grad über Umgebungstemperatur

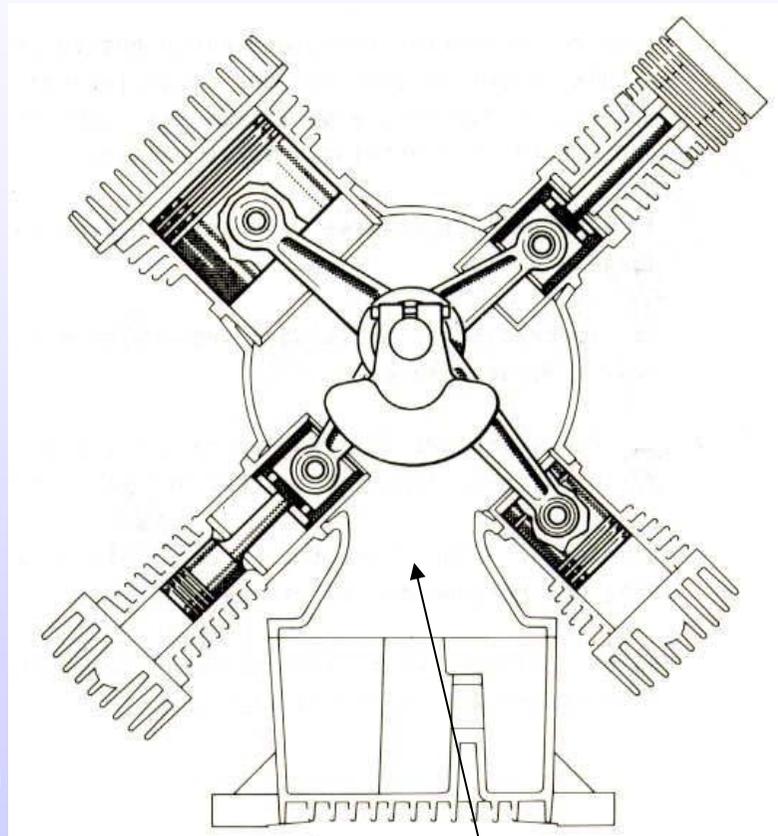
Reinigung und Trocknung der Luft durch Kondensatabscheidung, Aktivkohle, Trockenmittel und Filzscheiben

Ziel: Saubere Luft nach DIN EN 12021

4 - stufiger Kompressorblock

1. Stufe

3. Stufe
Stufenkolben



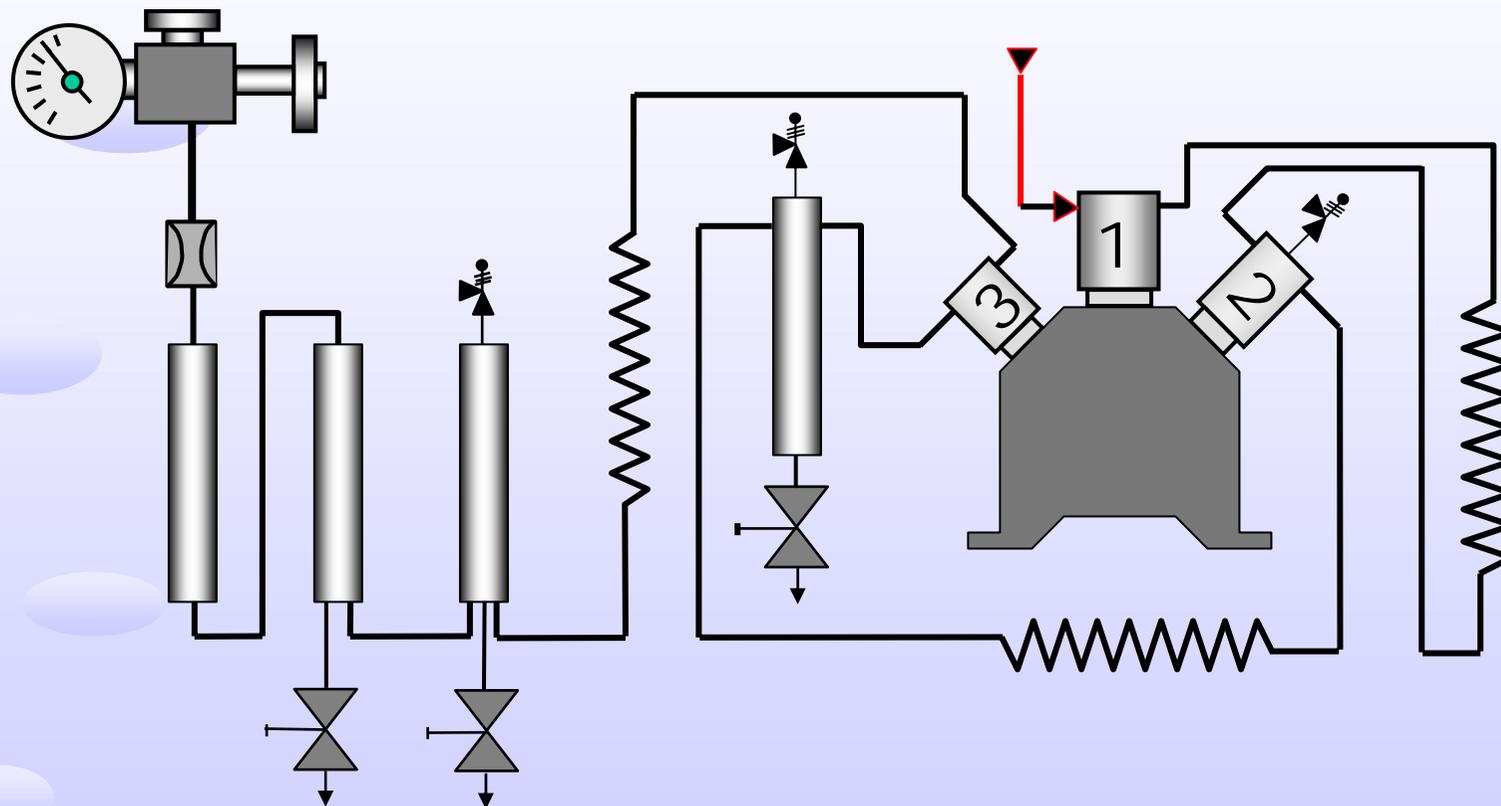
4. Stufe
Freiflugkolben

2. Stufe

Kurbelwellengehäuse

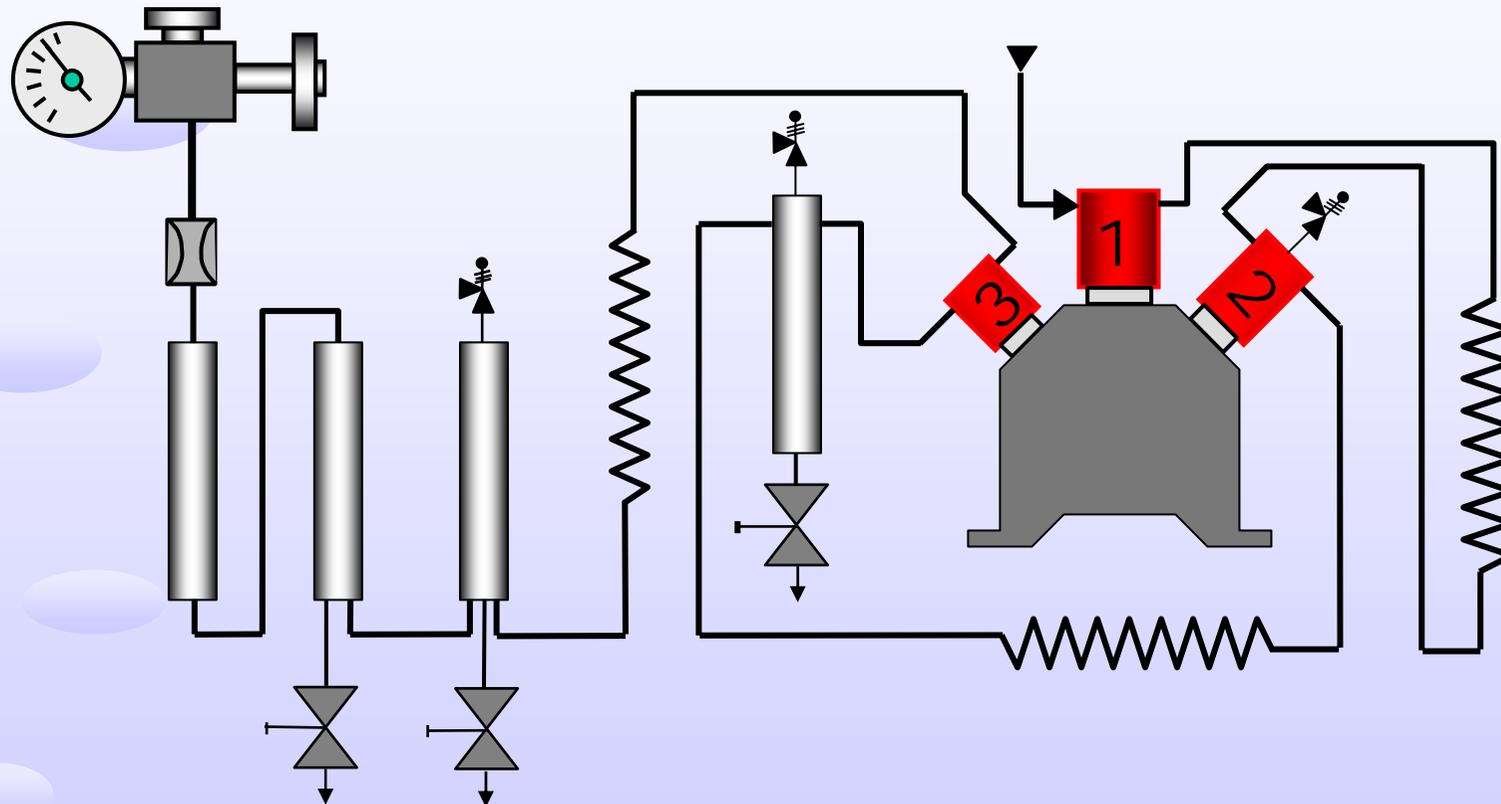
Fa. BAUER

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



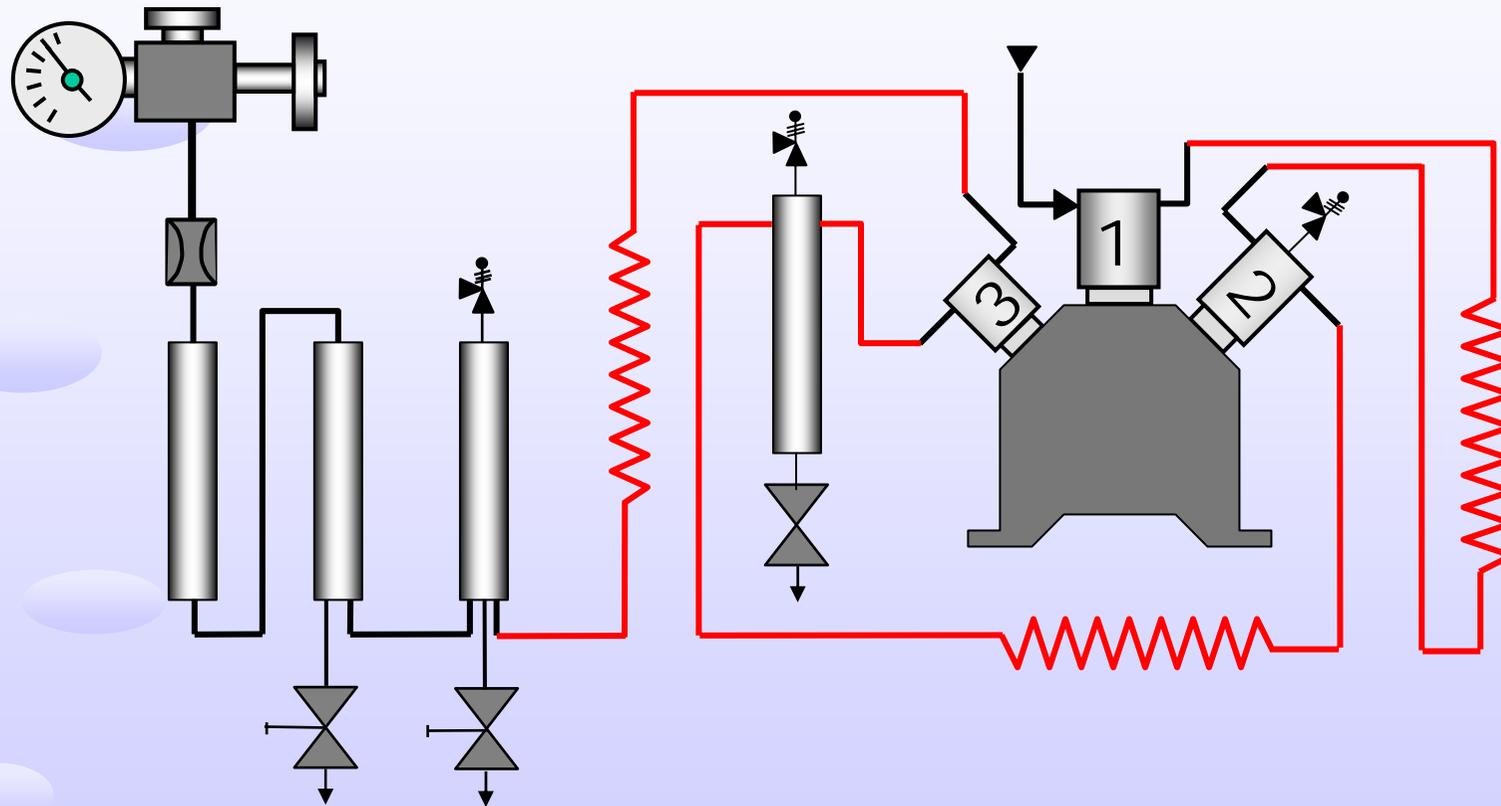
Ansaugschlauch mit Vorfilter. Querschnitt etwa alle 3 Meter verdoppeln, um Ansaugverluste zu vermeiden. Filter bei Bedarf wechseln.

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



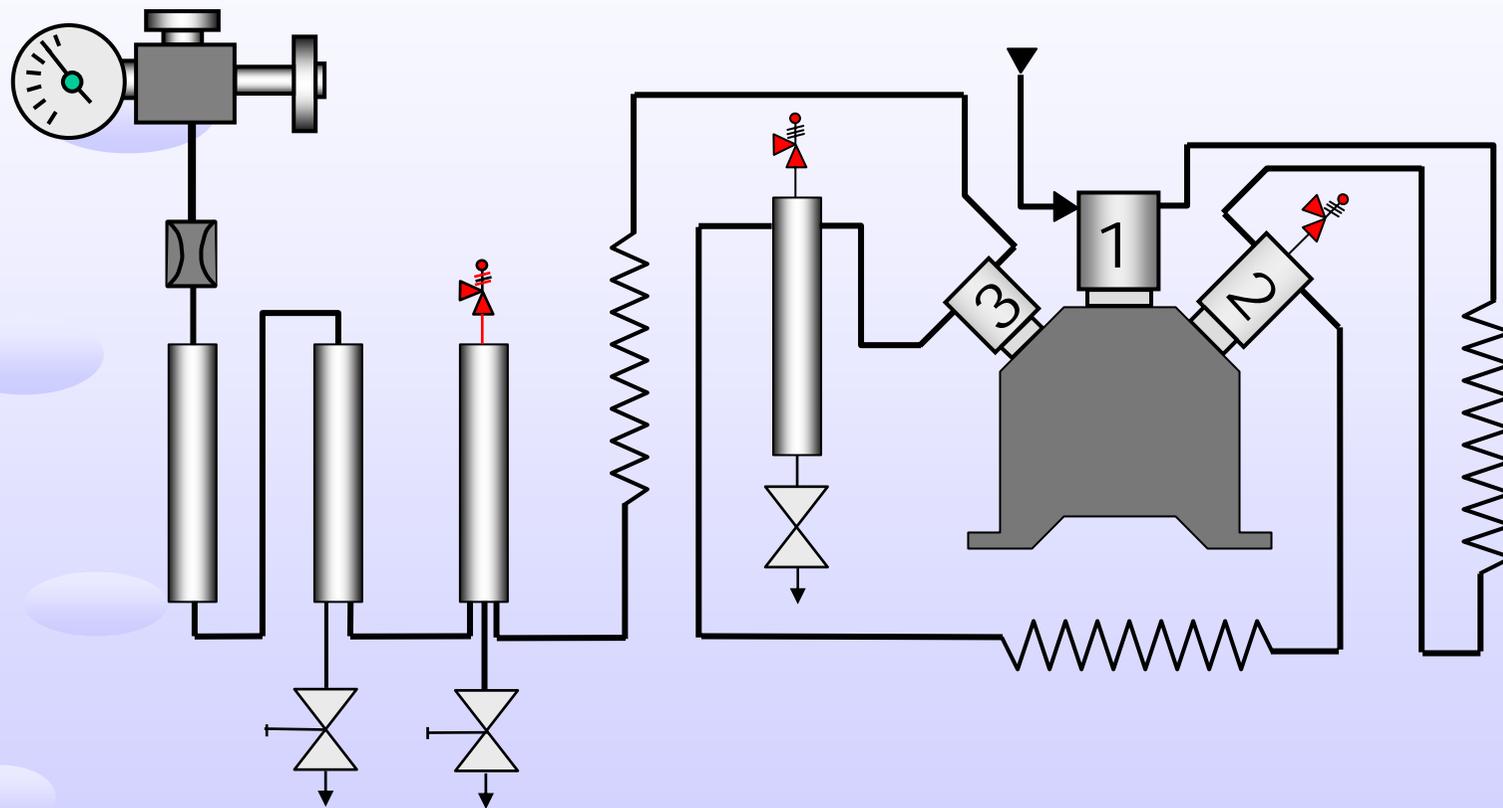
Kompressionsstufen. Die komprimierte Luft erwärmt sich dabei auf etwa 120 Grad über Umgebungstemperatur

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



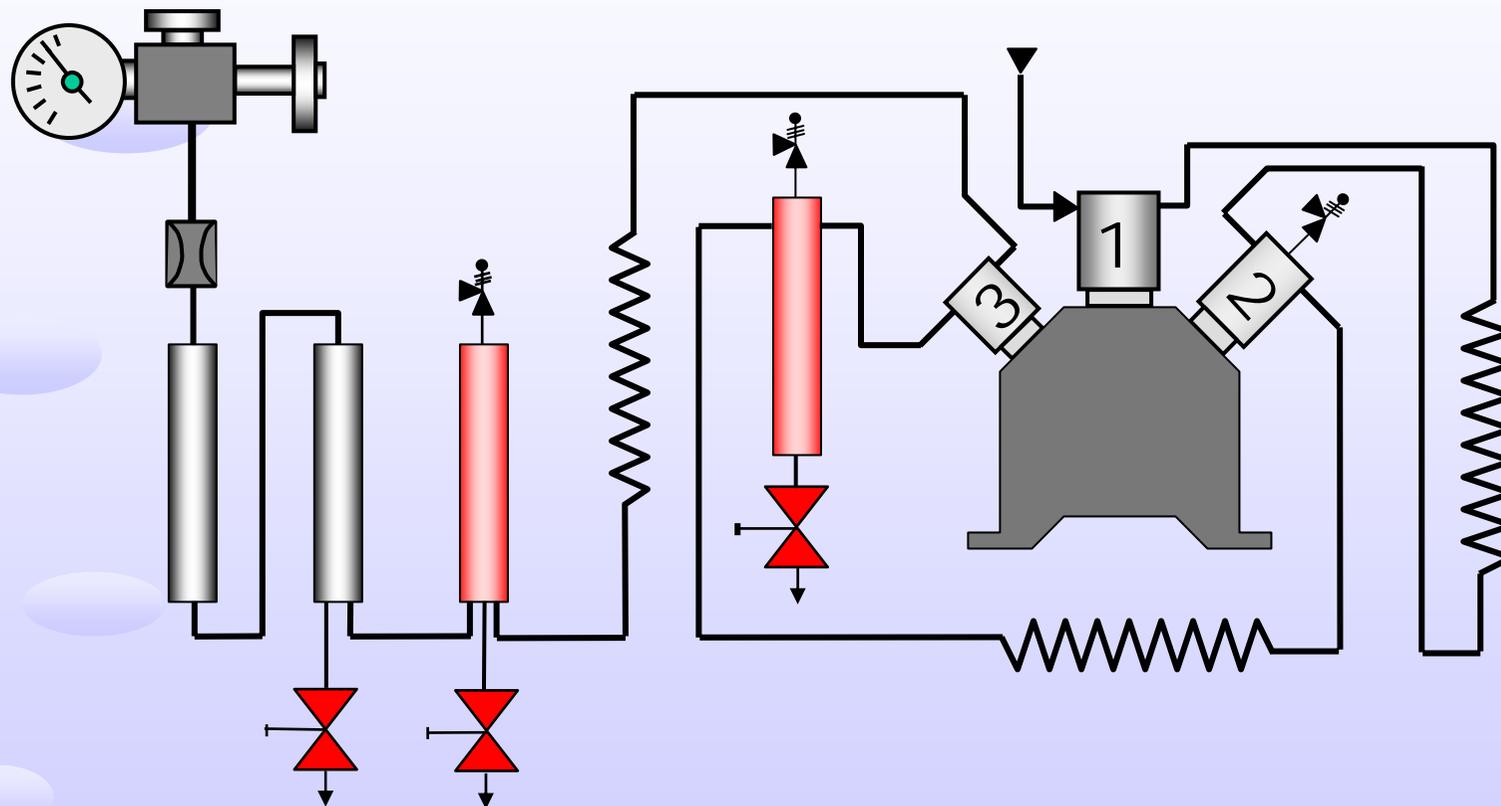
Kühlleitungen. Die Luft wird darin durch die Gebläseluft auf etwa 20 Grad über Umgebungstemperatur abgekühlt.

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



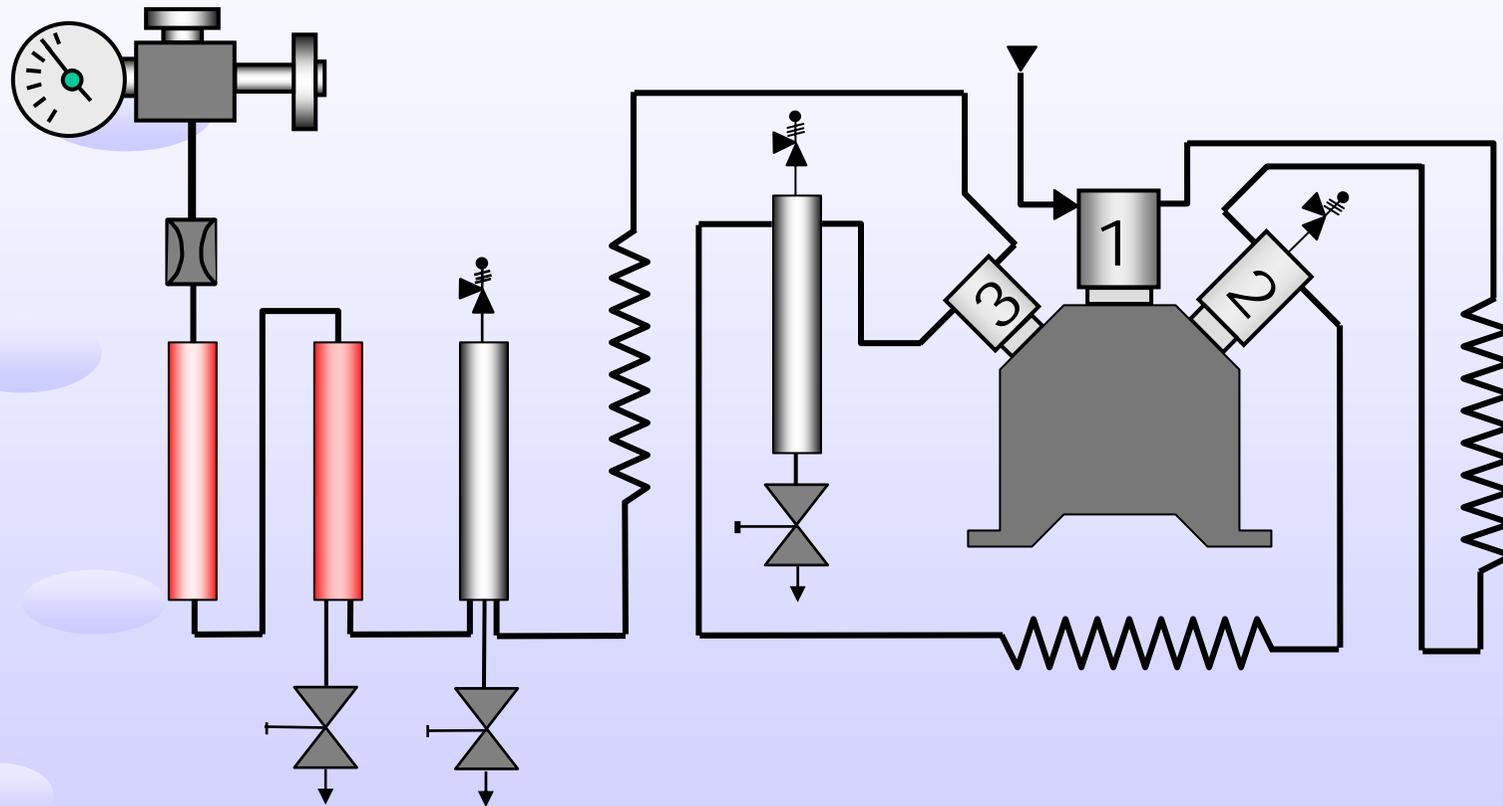
Sicherheitsventile und vom TÜV verplombtes Enddrucksicherheitsventil

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



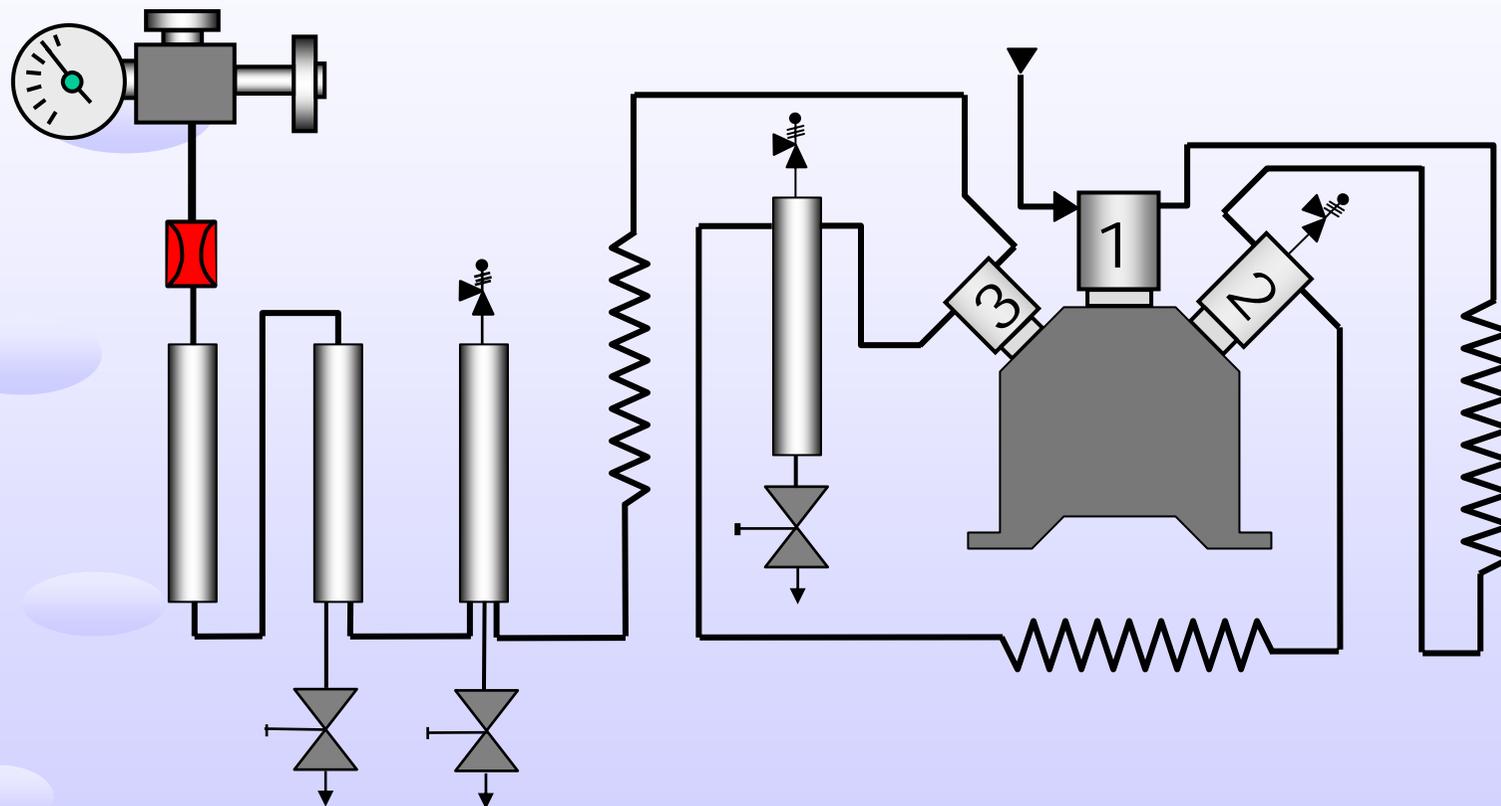
Kondensatabscheider und Ablasshähne. Je nach Luftfeuchte und Temperatur ca. alle 20 Minuten öffnen.

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



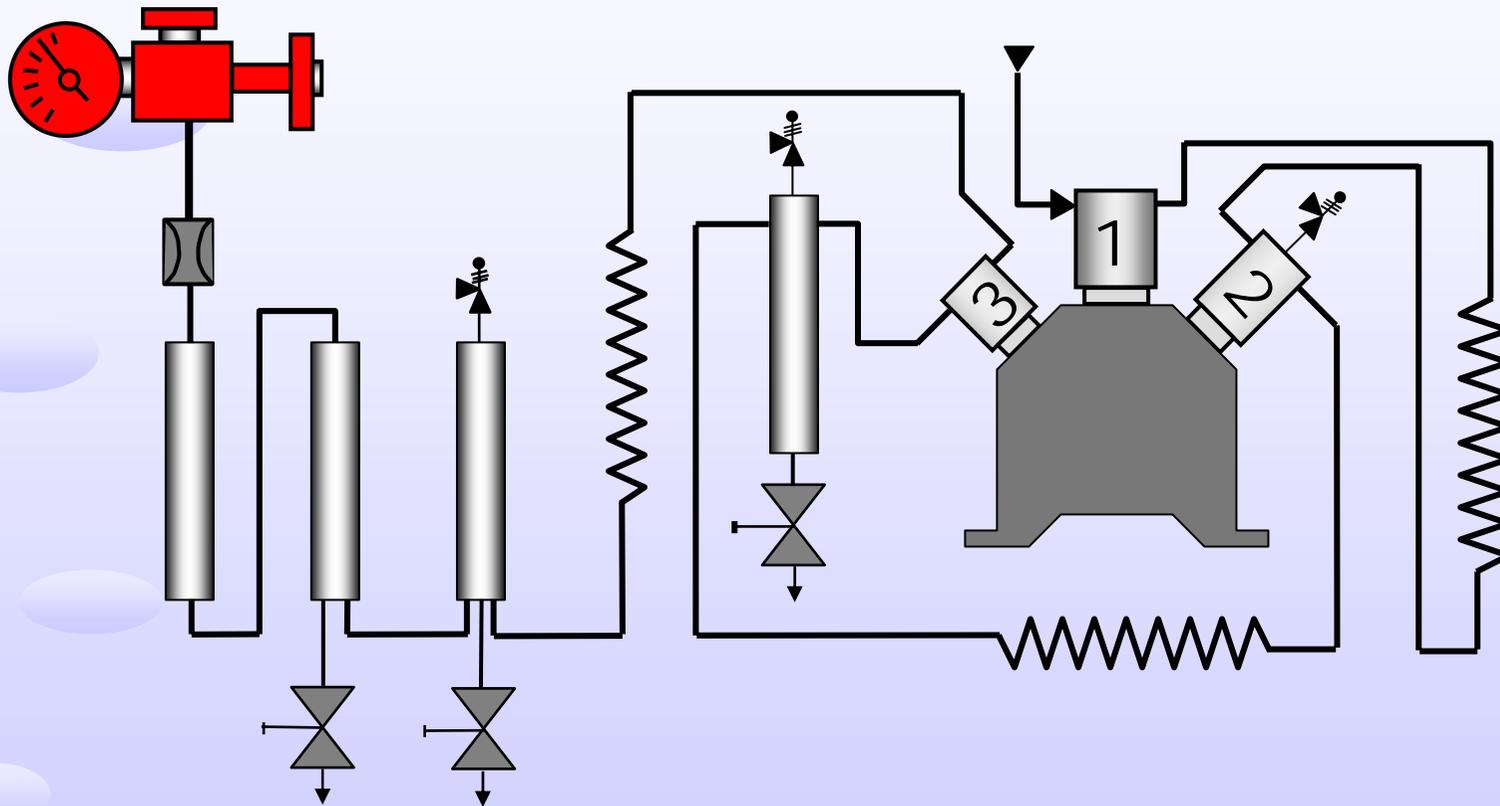
Aktivkohlefilter zur Bindung von Gerüchen und Öldämpfen
Trockenmittel (Molekularsieb) zur Nachtrocknung der Luft.

Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



Druckhalteventil verschließt den Kompressorausgang bis ca. 150 bar, dadurch bessere Filterung und längere Filterstandzeit.

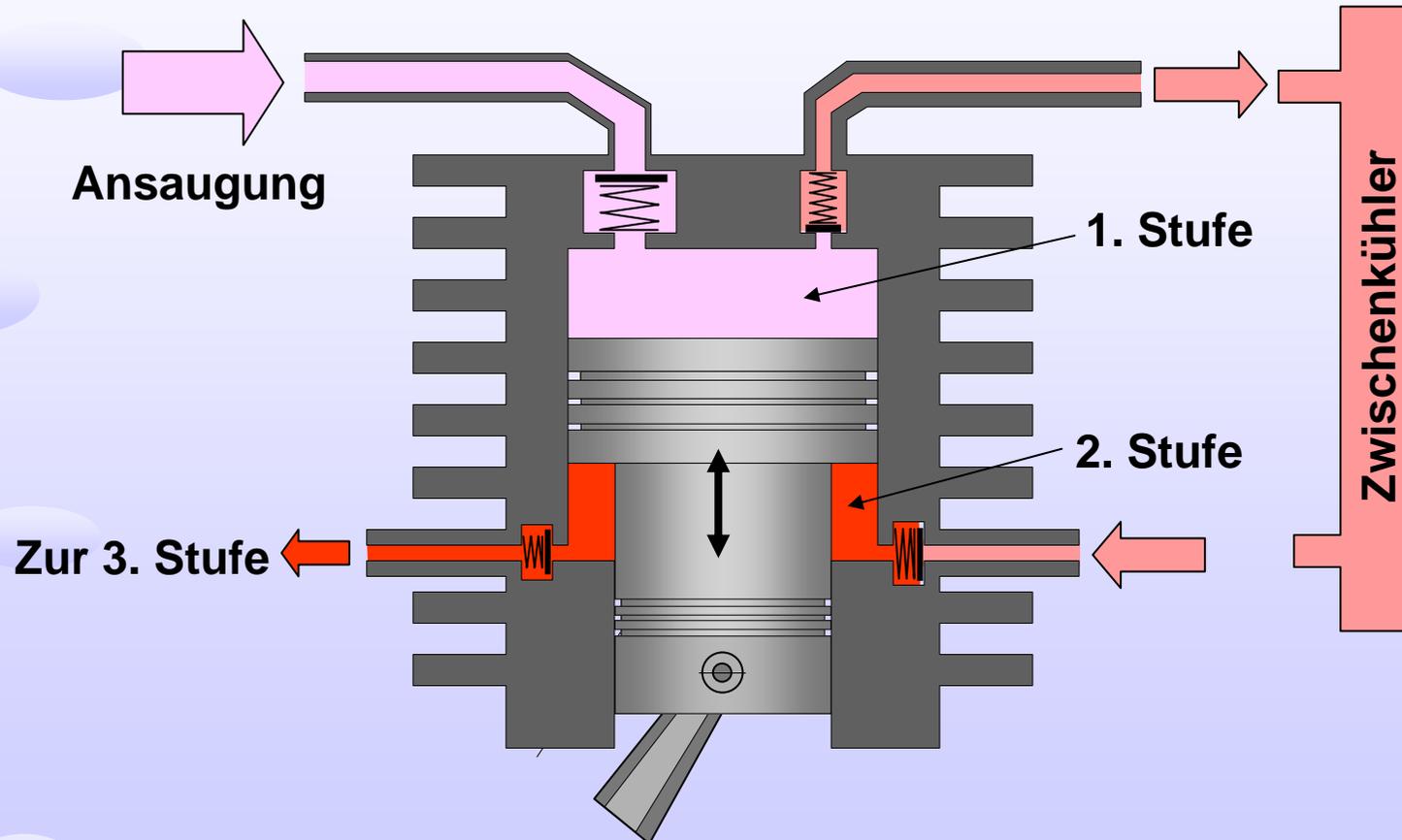
Ablaufschema eines 3stufigen Kompressors



Füllanschluss mit Sicherheitseinrichtung zur Verhinderung von schlagenden Schläuchen bei frei abströmender Luft.

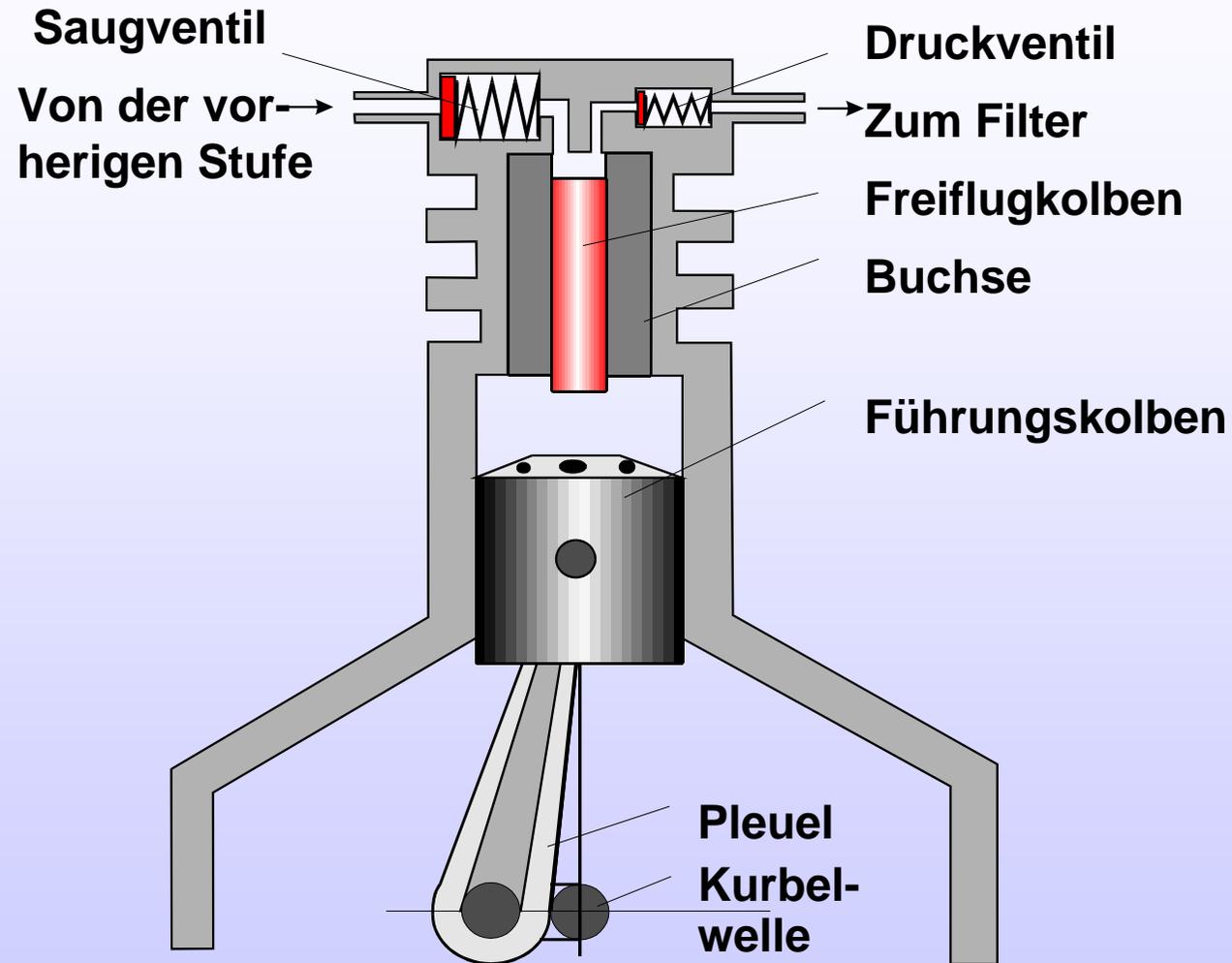
Doppelkolben (Fa. Bauer)

Erste und zweite Stufe laufen im selben Zylinder



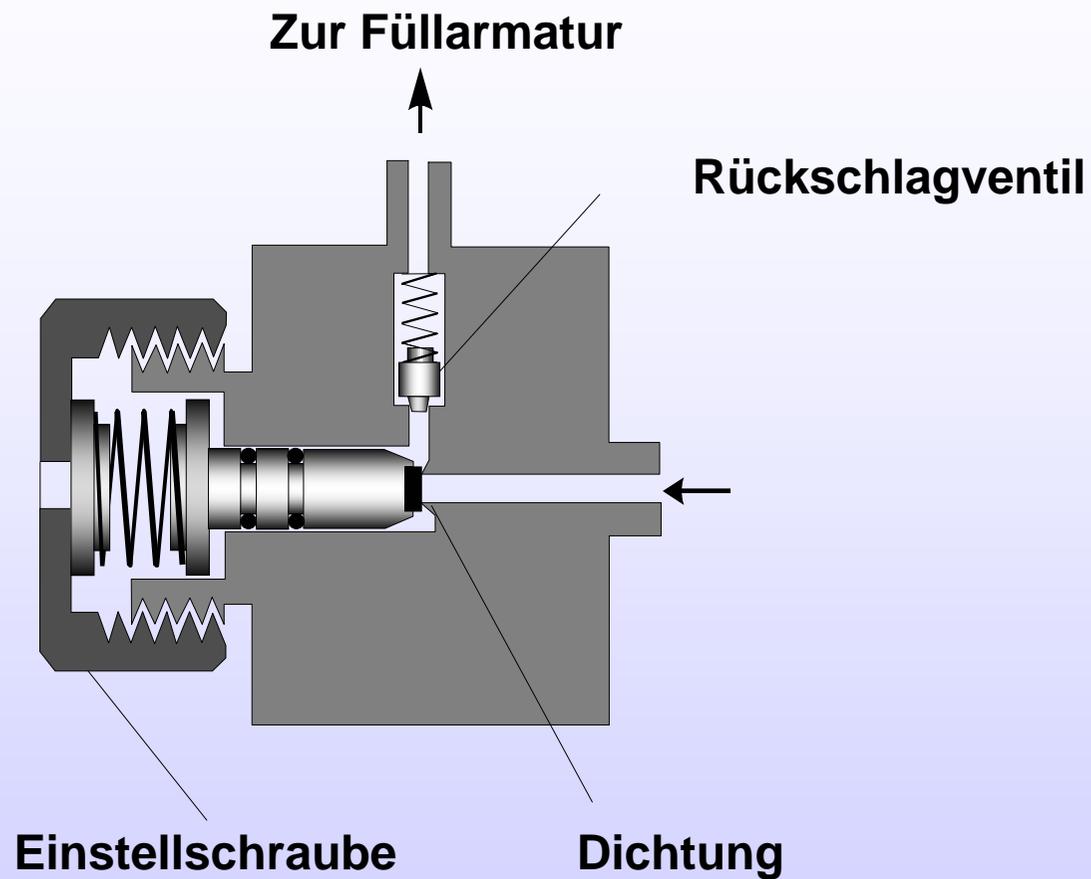
Vorteil: Für 3- und 4stufige Kompressoren können die gleichen Kurbelwellengehäuse verwendet werden. Auf gute Kühlung achten, da zwei Wärmereizeger dicht beieinander liegen!

Freiflugkolben



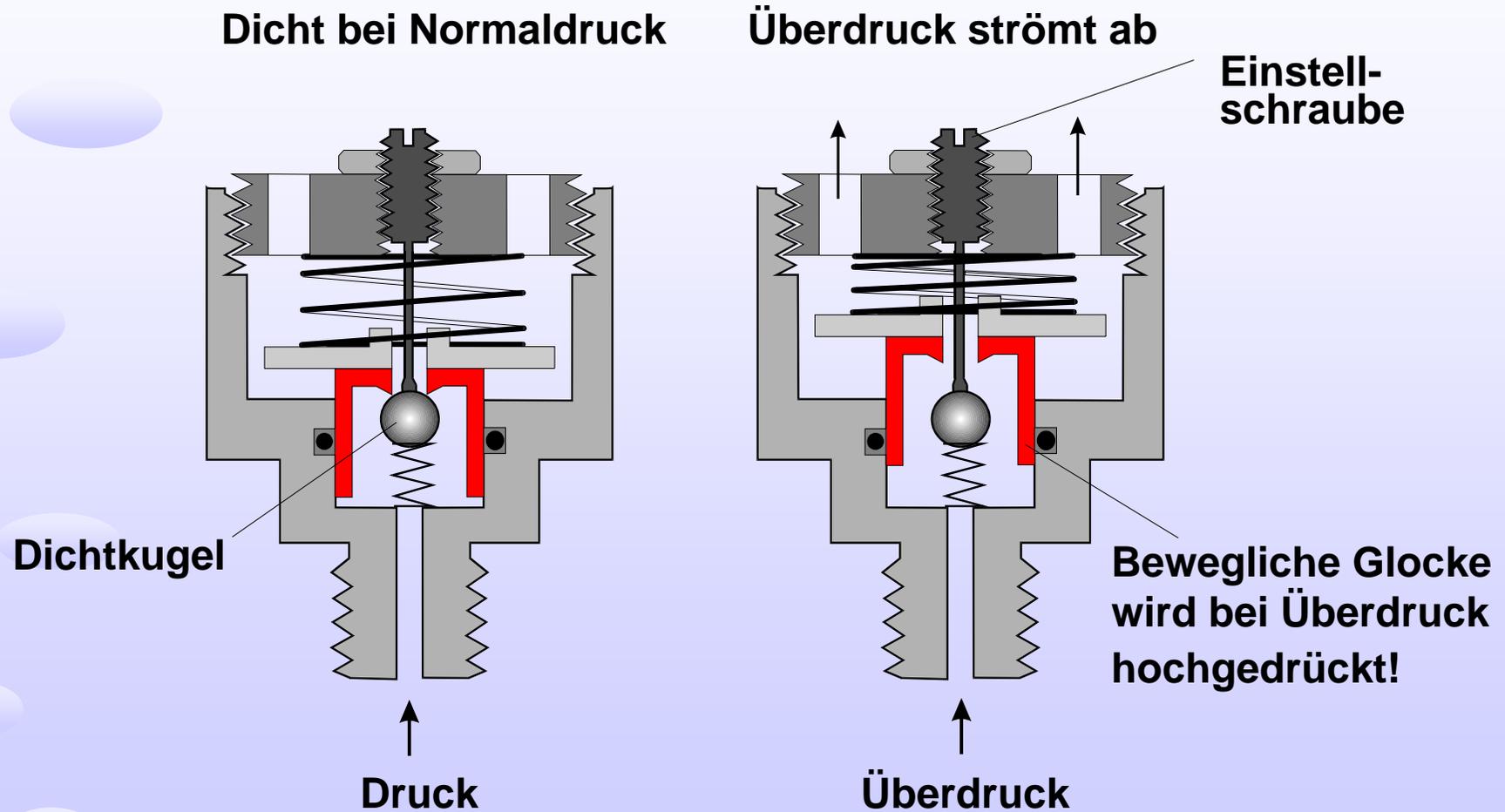
Der Freiflugkolben erzeugt das typische Nagelgeräusch beim Anlauf.

Druckhalteventil



Erst nach Überschreitung des eingestellten Druckes wird der Luftstrom freigegeben. Das Druckhalteventil ist auch Rückschlagventil.

Beispiel eines Enddrucksicherheitsventils



Enddrucksicherheitsventil wird vom TÜV verplombt.

Schmierung des Kompressors

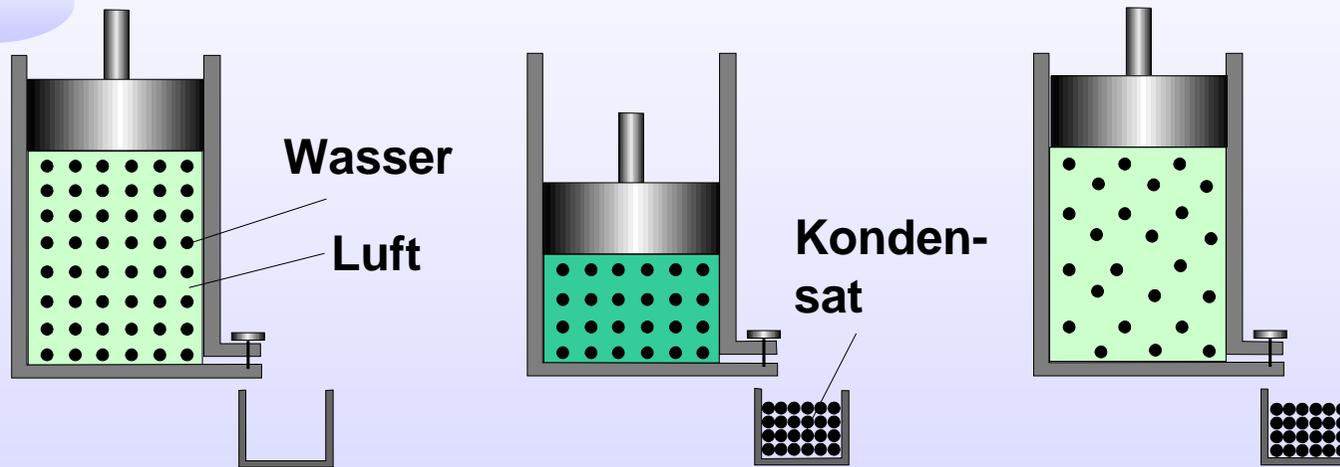
Verbesserung der Laufeigenschaften, Verschleißminimierung, Wärmeabfuhr

- **Schleuderstiftschmierung:**
Ein Stift auf der Kurbelwelle taucht bei jeder Umdrehung in das Öl und schleudert es gegen die Kolbenböden und Zylinderwände
- **Ölpumpenschmierung:**
Eine Ölpumpe erzeugt den Druck zur Schmierung der Kolben und Zylinder
- **Kopfschmierung:**
Der Ölnebel aus dem Kurbelwellengehäuse wird in die Ansaugung der ersten Stufe geleitet, zu Schmierung der Kolbenoberseiten.

Es darf nur vom Hersteller freigegebenes Öl verwendet werden, es muss toxikologisch unbedenklich sein, da es direkt mit der Atemluft in Verbindung kommt.

Prinzip der Kondensatentstehung

Der Wassergehalt der Luft ist nur von der Temperatur und dem Volumen abhängig, nicht vom Druck!

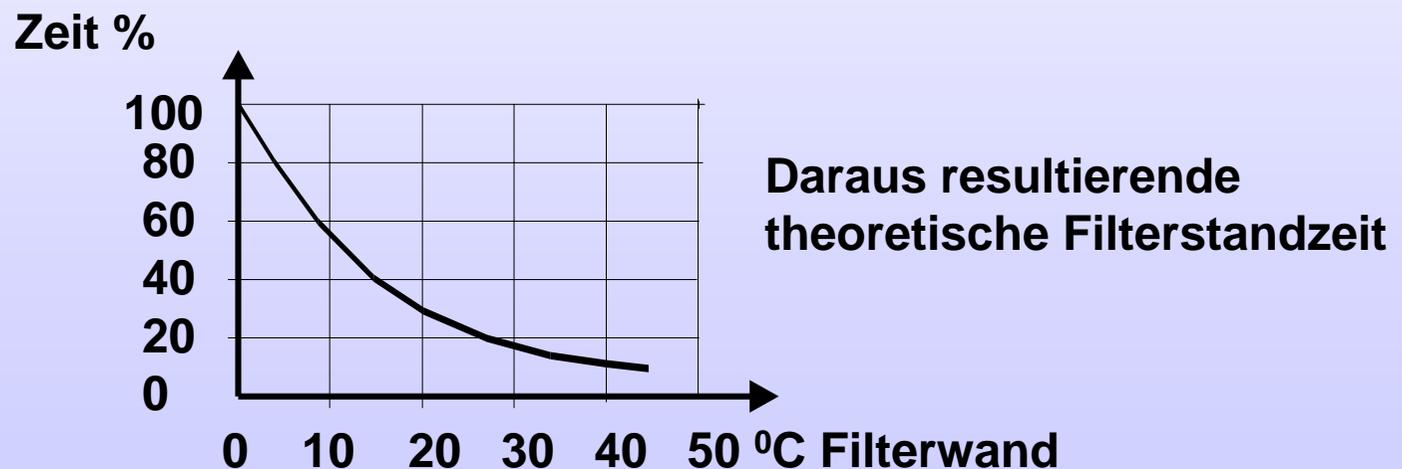
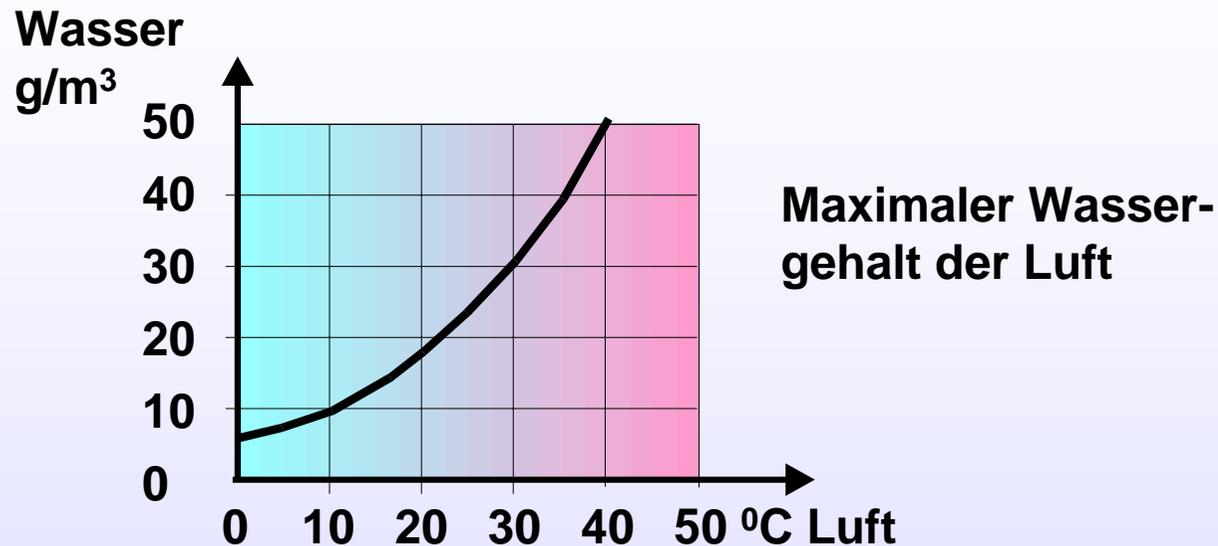


Luftvolumen mit
100% rel. Feuchte

Volumenverkleinerung
auf die Hälfte, die Hälfte
der Feuchte fällt aus

Ursprüngliches Luft-
volumen, rel. Feuchte
nur noch 50%

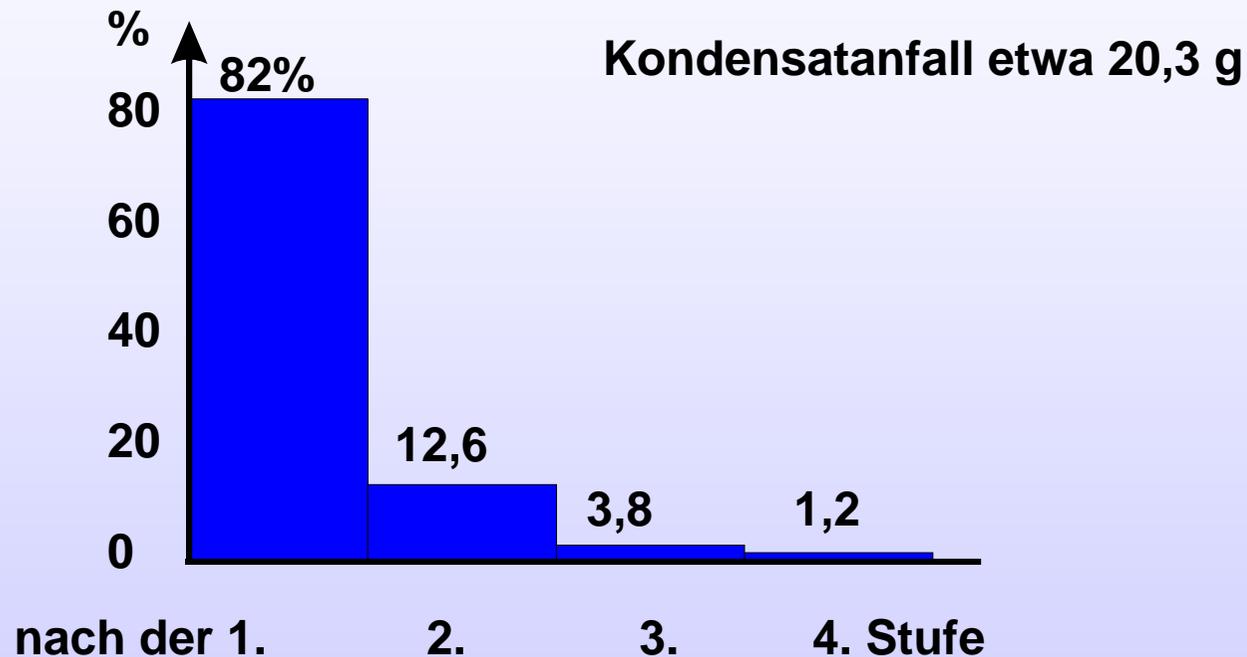
Wassergehalt der Luft bei 100% rel. Feuchte



Je höher die Temperatur der Filterwand, umso mehr Feuchte enthält die Luft. Da diese Feuchte im Trockenmittel adsorbiert werden muss, ist die Filterstandzeit entsprechend kürzer.

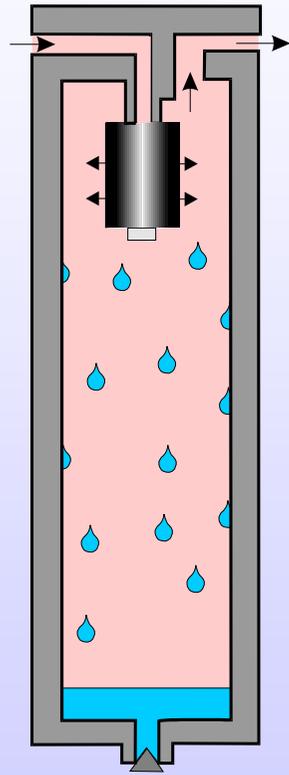
Kondensatanfall in einem 4stufigen Kompressor

Beispiel: 10 l-Flasche, 200 bar, angesaugte Luft 20°C, 60% rel. Feuchte

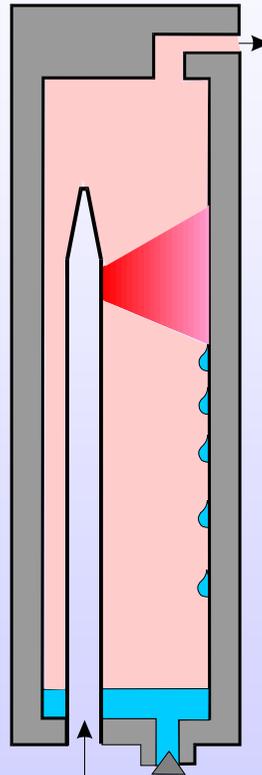


Das meiste Kondensat fällt nach der ersten Stufe an. Bei sehr hoher Temperatur und hoher rel. Feuchte wäre hier bereits ein Kondensatabscheider wünschenswert.

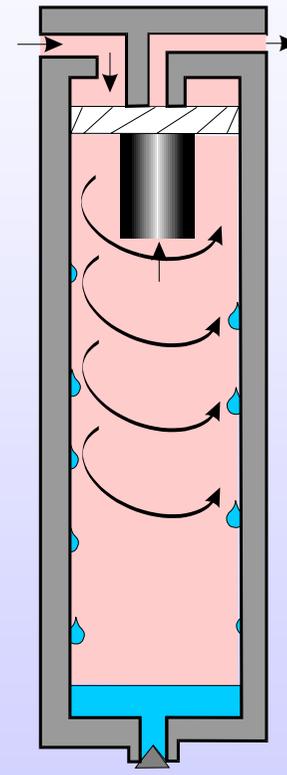
Kondensatabscheidung



mittels Sinterfilter

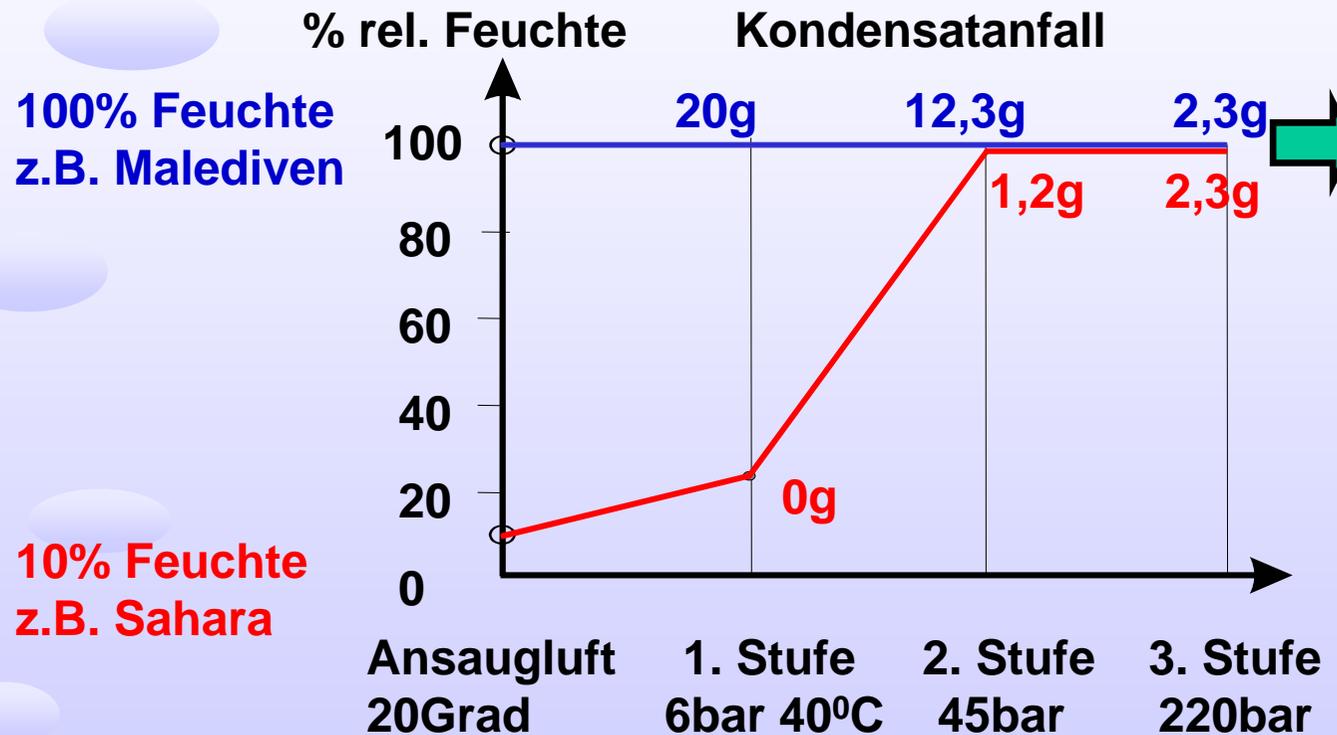


Düse



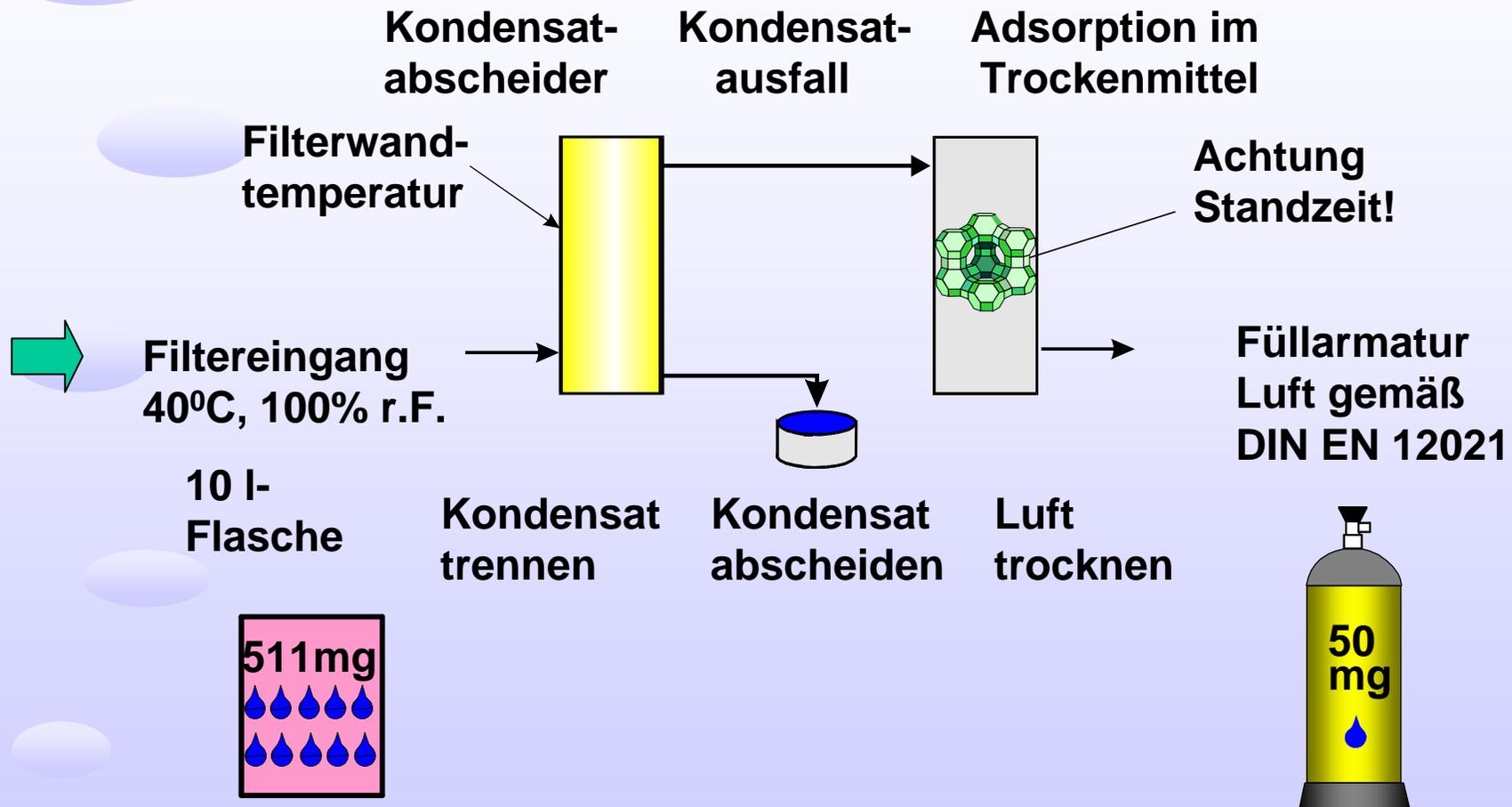
Drallblech und Sinterfilter

Einfluss der Luftfeuchte in der Ansaugluft



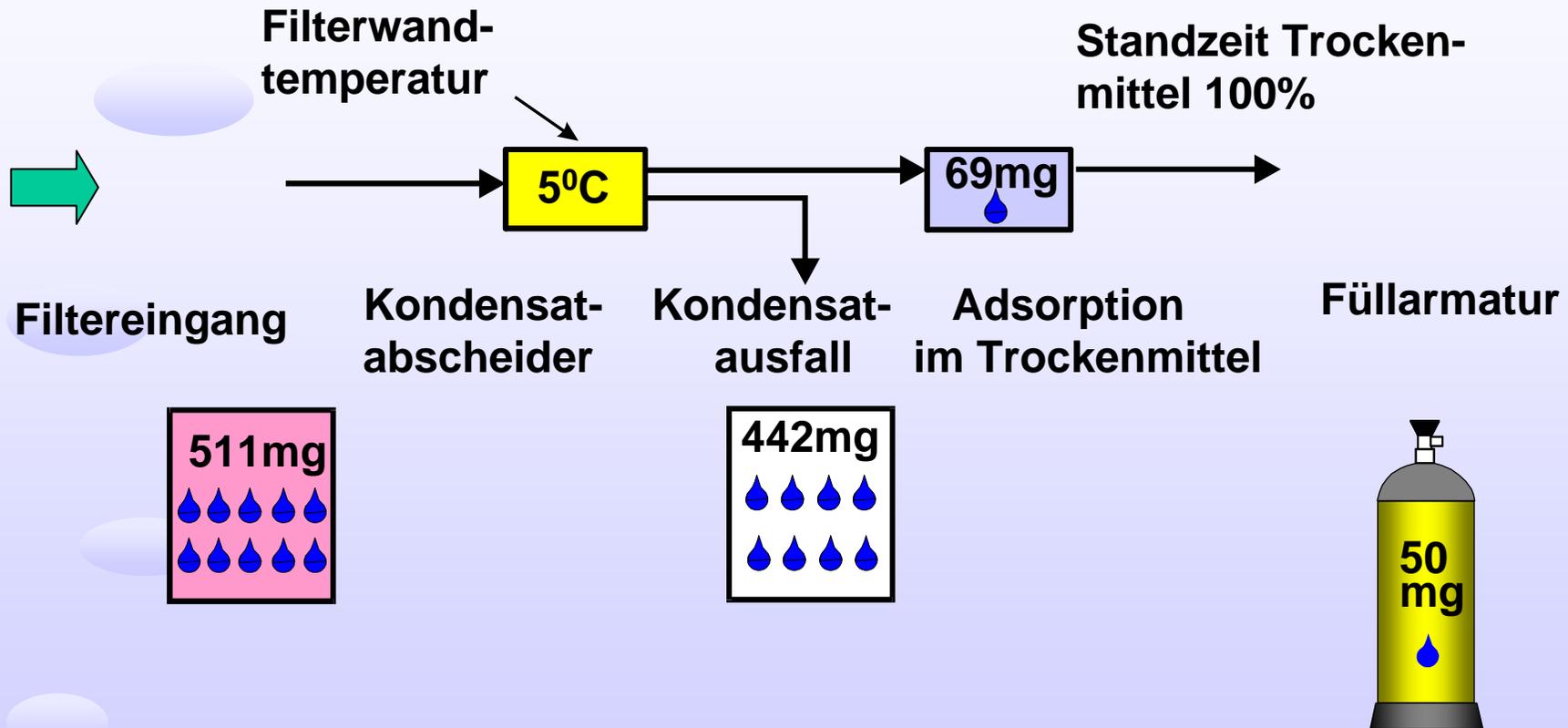
Die Feuchtigkeit der Ansaugluft hat keinen Einfluss auf die Feuchte nach der letzten Stufe, lediglich der Kondensatanfall ist größer.

Kondensatabscheidung: Wo bleibt das Wasser?



Es hängt von der Filterwandtemperatur ab!

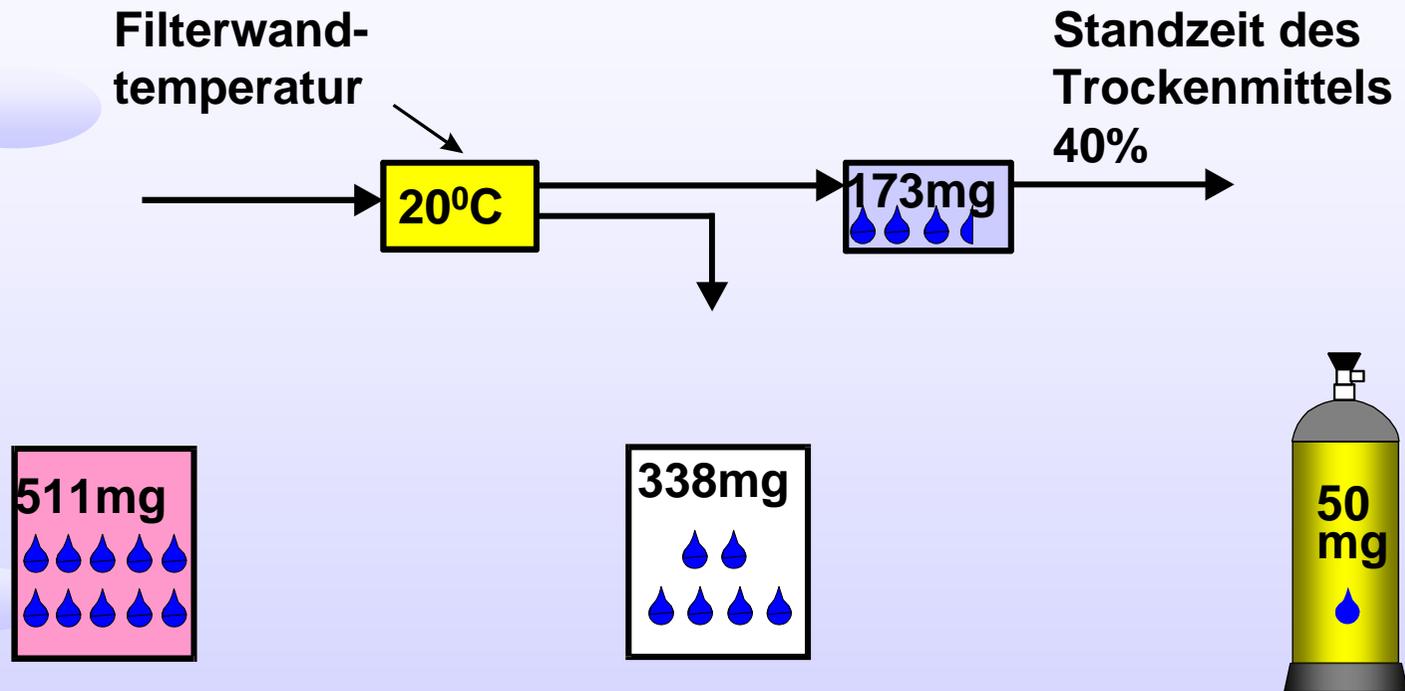
Sehr kalte Filterwandtemperatur



Das meiste Wasser wird als Kondensat abgeschieden:

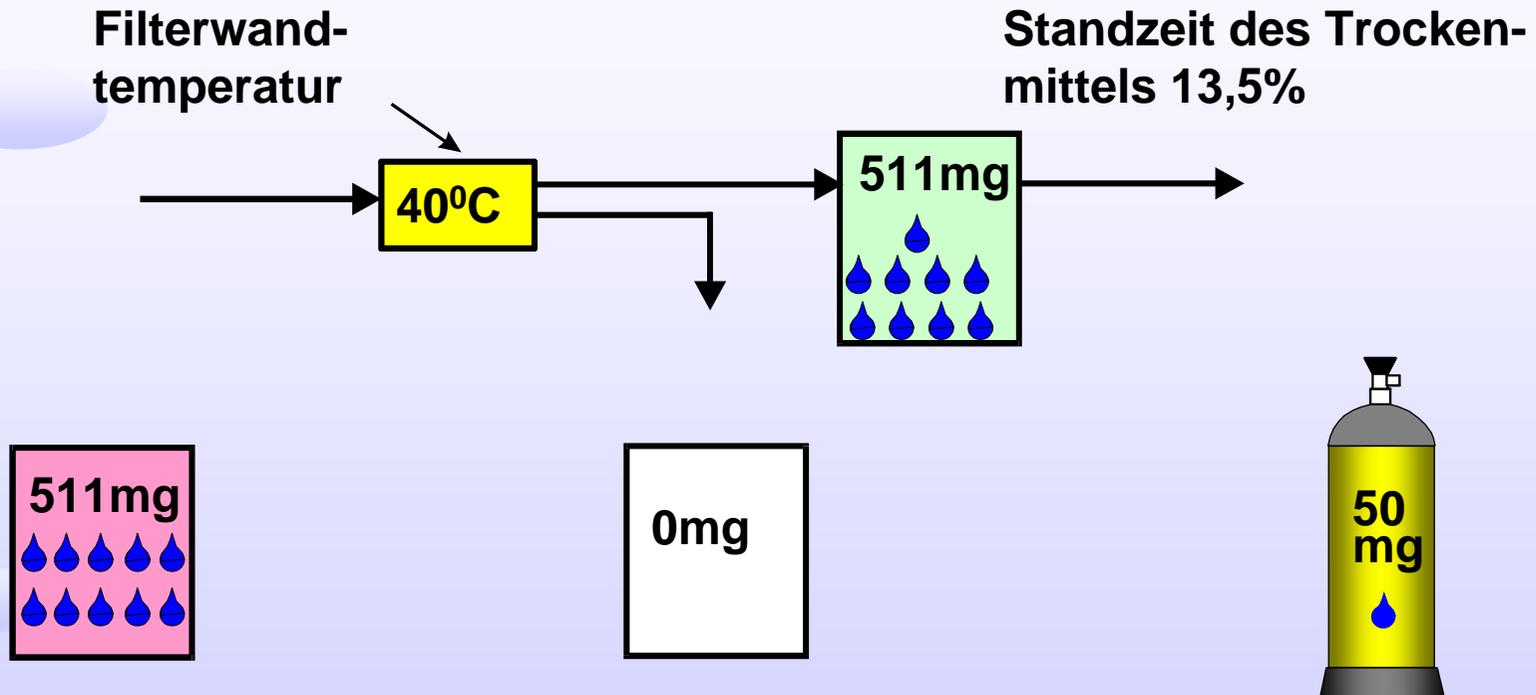
Lange Filterstandzeit!

Wärmere Filterwandtemperatur



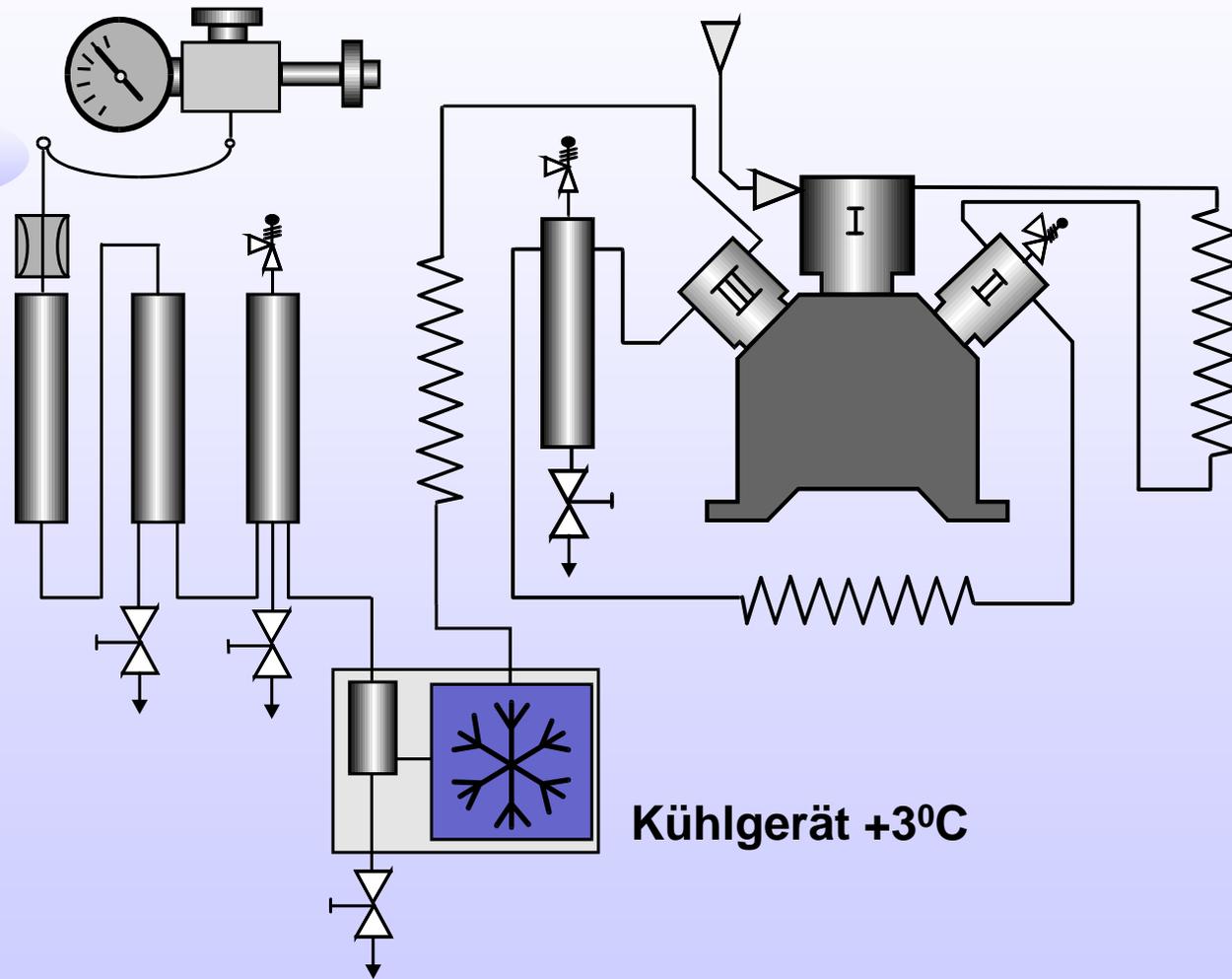
Weniger Wasser wird als Kondensat abgeschieden, vom Trockenmittel muss mehr aufgenommen werden: Kürzere Filterstandzeit!

Sehr warme Filterwandtemperatur



Es wird kein Wasser als Kondensat abgeschieden, alles muss vom Trockenmittel aufgenommen werden: Sehr kurze Filterstandzeit!

Filterstandzeitverlängerung durch Kühlgerät



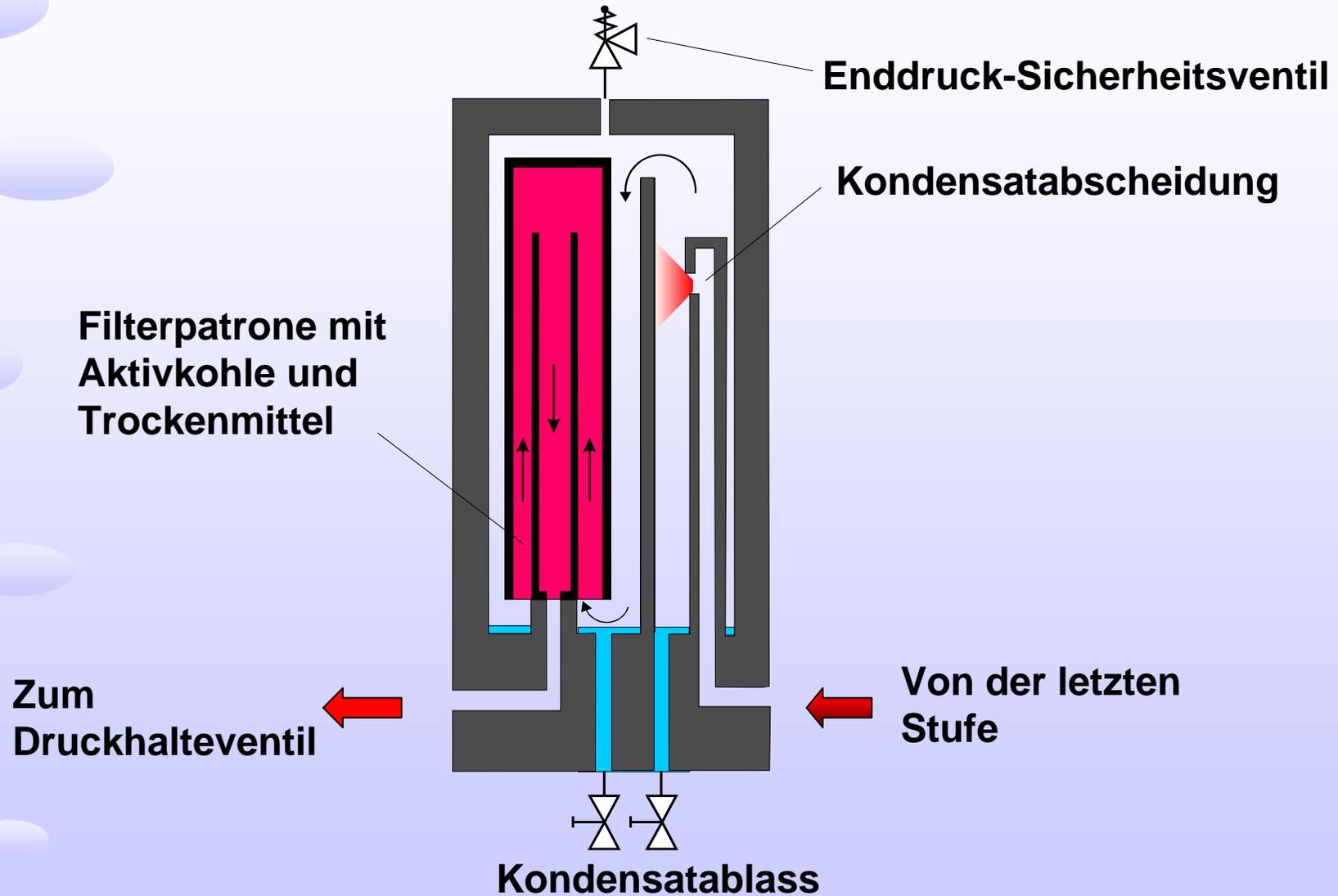
Durch Einsatz eines Kühlgerätes ist die Filterstandzeit ca. 8x länger!

Luftaufbereitung

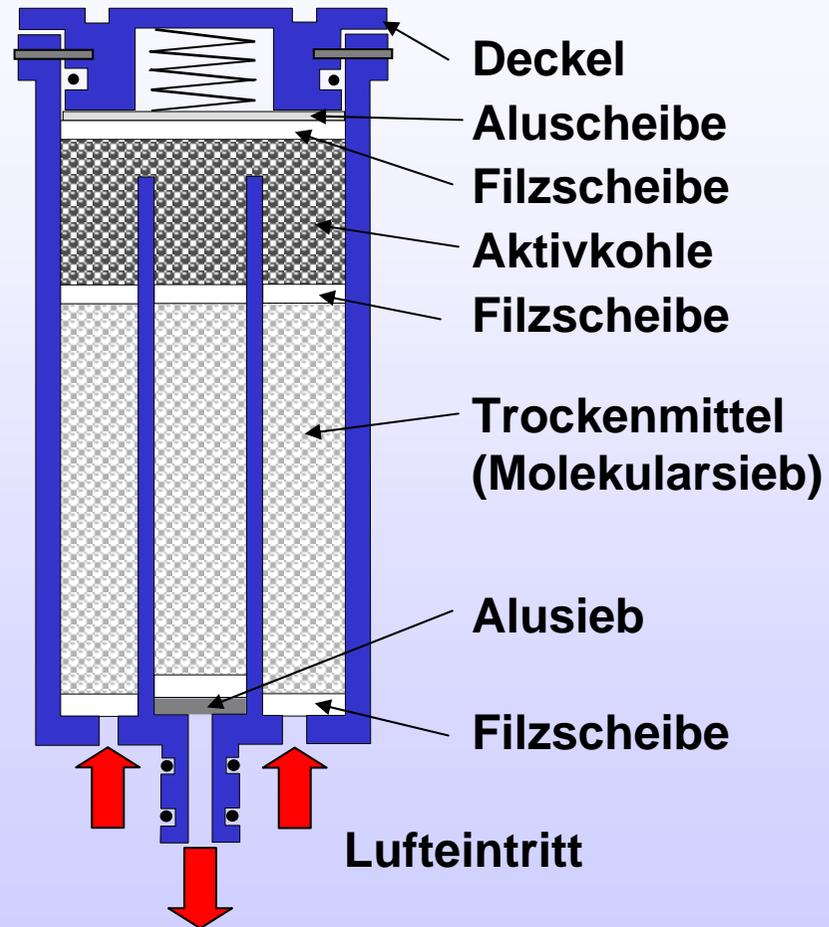
Stufen der Luftaufbereitung:

- **Kondensattrennung und Abscheidung (manuell oder automatisch)**
- **Entfernen von dampfförmigen Verunreinigungen durch Adsorption an Aktivkohle. Gerüche, Öl und auch Ozon werden abgetrennt bzw zerstört.**
- **Trocknung der Luft mittels Molekularsieb**
- **Ausfilterung staubförmiger Verunreinigungen (Abrieb der Kohle und des Molekularsiebs)**

BAUER – Kombinationsfilter „Triplex“



BAUER – Triplexpatrone



Deckel

Aluscheibe

Filzscheibe

Aktivkohle

Filzscheibe

Trockenmittel
(Molekularsieb)

Alusieb

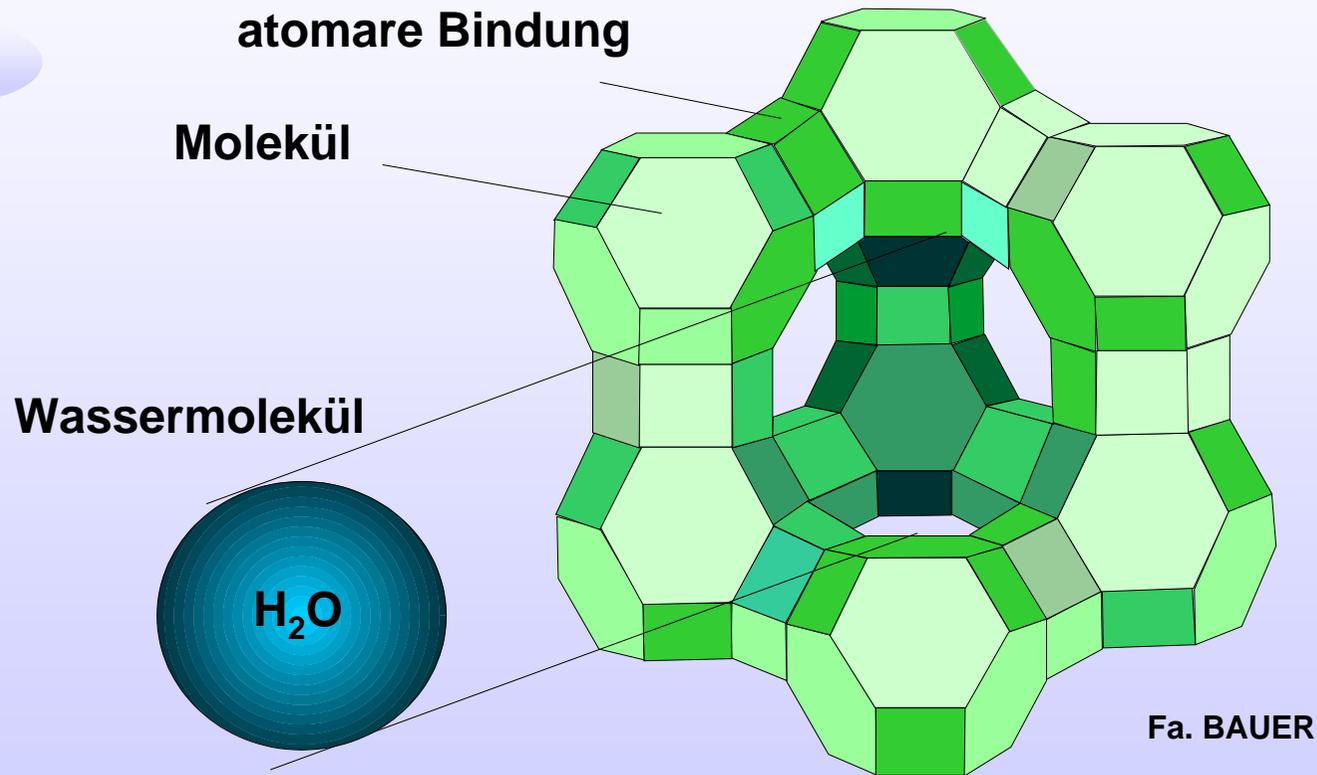
Filzscheibe

Lufteintritt

Zum Druckhalteventil

Trockenmittel (Molekularsieb)

Vereinfachte Darstellung eines Zeolithkristalles



Porenweite der Kristalle gezüchtet entsprechend des Moleküldurchmessers der zu adsorbierenden Verunreinigung (hier Wasser $9 \times 10^{-10} \text{m}$). Das Trockenmittel kann maximal etwa 20% seines Eigengewichtes an Wasser aufnehmen.

Standzeitermittlung für die Filterpatrone

Gebräuchliche Methoden sind:

- **Abstreichkarte:** Zu ungenau, da nur der Temperatureinfluss berücksichtigt wird.
- **Betriebsstundenzähler:** Sehr gebräuchlich, aber noch ungenauer, da auch der Temperatureinfluss nicht berücksichtigt wird.
- **Wiegen der Filterpatrone:** Wäre eine Lösung, wenn das Endgewicht immer auf allen Patronen aufgedruckt wäre. Ist aber aufwendig und erfordert eine genaue Waage.
- **AIRLAB – Messungen (Prüfröhrchen):** Unbrauchbar, da es nur einen Augenblickszustand erfasst!

Da weitere Einflüsse berücksichtigt werden müssen, muss die abgegebene Luft stetig überwacht werden (Produkthaftung)!

Standzeitermittlung durch Abstreichliste und Gewicht

TRIPLEX - Patrone Cartridge Cartouche **BAUER** KOMPRESSOREN

Standzeitkarte Life time registration card
 Contrôle cartouches filtre

neu-new-nouvelle gesättigt-saturated-saturé

~ 191 gr. ~ 205 gr.

Patronen-Best.-Nr. Cartridge part. no. Cartouche no. de cde. **057679-410**

Flaschengröße bottle volume volume int. de bouteille	(ltr.)		
	7	10	12
0 - 20°C / 32 - 68°F	12	17	21
21 - 25°C / 69 - 77°F	16	23	28
26 - 30°C / 78 - 86°F	21	30	36
31 - 35°C / 87 - 95°F	28	40	48
36 - 40°C / 96 - 104°F	36	51	61
41 - 45°C / 105 - 113°F	46	66	79
46 - 50°C / 114 - 122°F	58	83	100
Abscheidertemperatur temperature of separator température du séparateur	abzutragende Einheiten units to be ticked off unités à rayer		

Gewicht
(gesättigt)

cm/mm/units-units

1 10 20

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

1360 13 (7 in.: 18" C / 64" F)

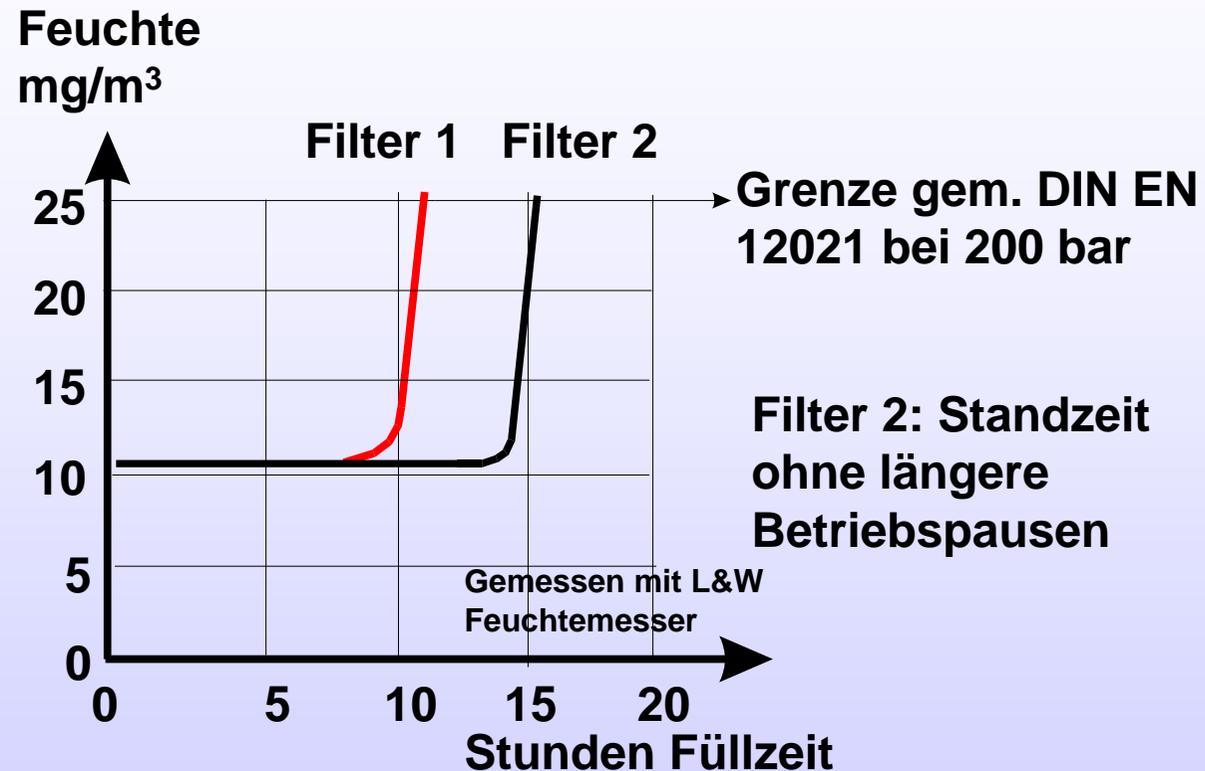
23 (10 in.: 24" C / 75" F)

Beispiel - example - exemple

wechselln-change-changez

Filterstandzeit in Abhängigkeit von der Betriebsart

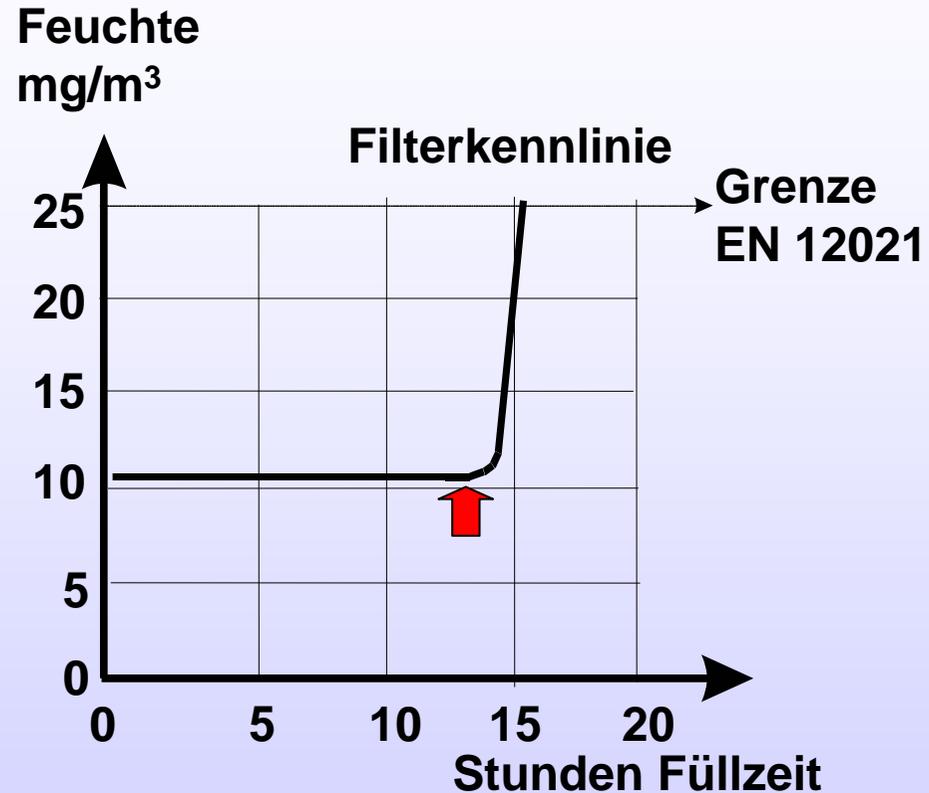
Filter 1: Standzeit mit längeren Betriebspausen



Filter 2: Standzeit ohne längere Betriebspausen

Restfeuchte im Filtergehäuse führt in Betriebspausen zu einer zusätzlichen Sättigung des Trockenmittels

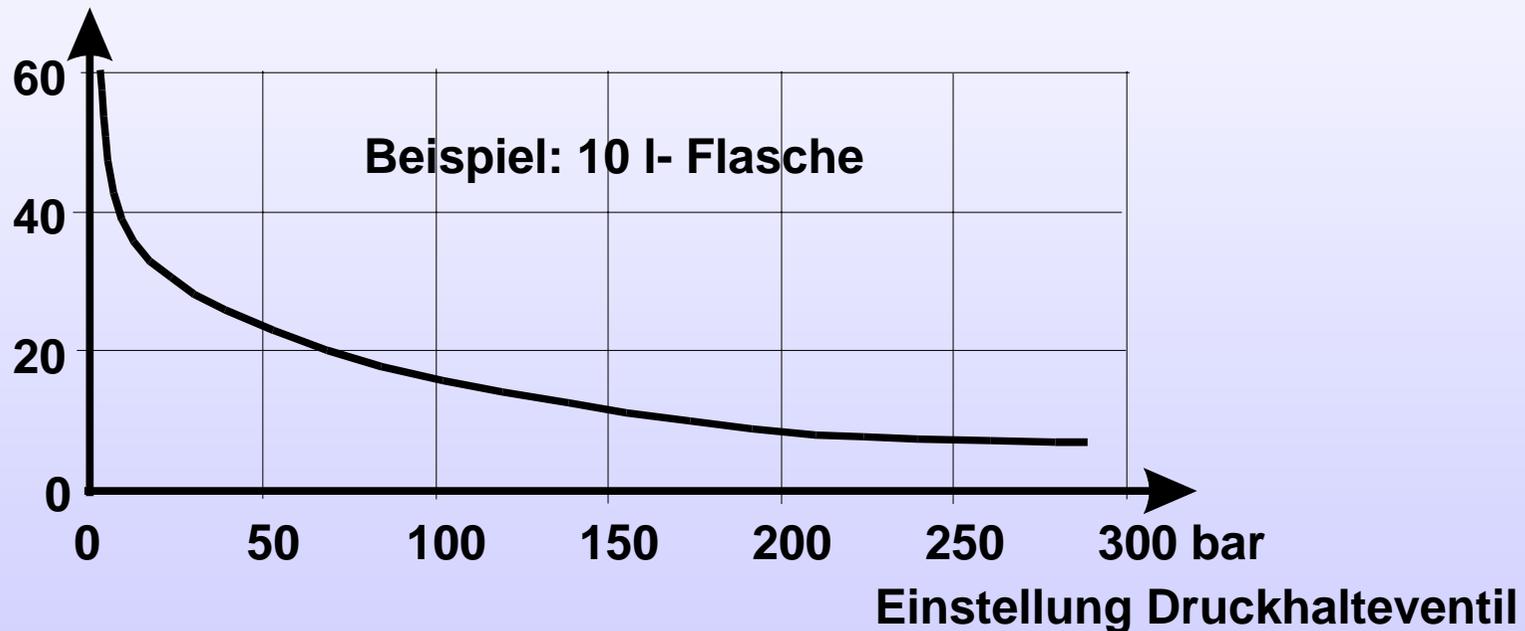
Feuchtemessung mit Prüfröhrchen



Mit Prüfröhrchen kann nur ein Augenblickszustand festgestellt werden, da die Filterkennlinie bis zum Durchbruch waagrecht verläuft. Würde beim Pfeil gemessen, wäre der Wert noch trocken wie beim Neuzustand des Filters, wenige Minuten später würde er aber schlagartig ansteigen!

Filterstandzeit in Abhängigkeit von der Einstellung des Druckhalteventils

Volumen
in Liter



Je höher das Druckhalteventil eingestellt ist, umso weniger Volumen strömt durch den Filter: Bessere Filterung, längere Standzeit, da auch weniger Wasser adsorbiert werden muss (z.B: 1 bar ...3,15 g, 100 bar...0,85 g, 200 bar..0,5g)

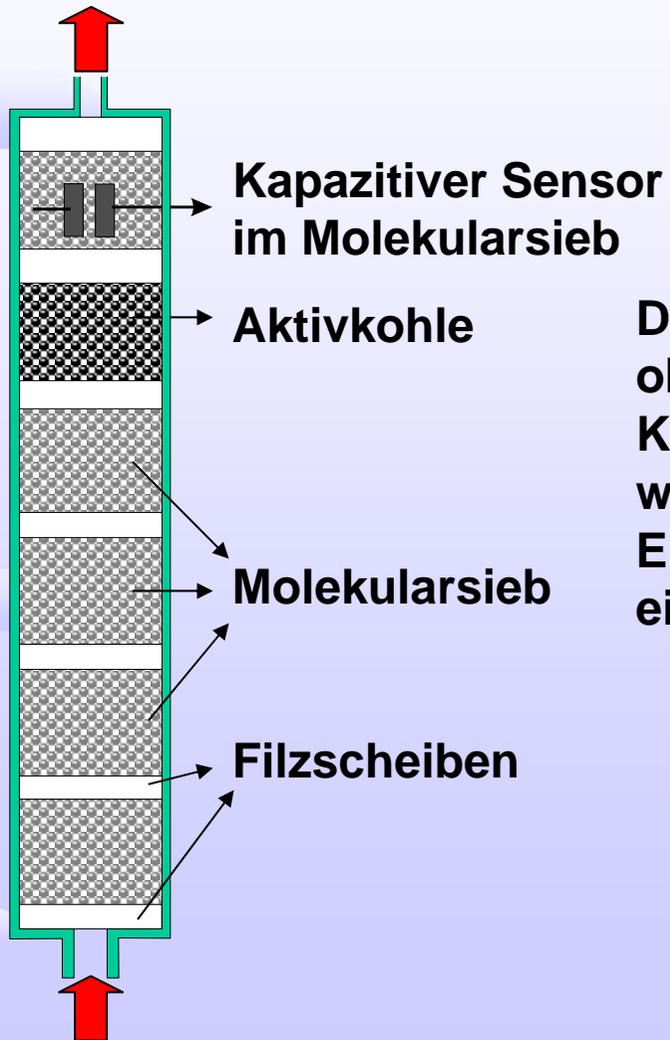
Wie viele Flaschen kann ich mit einer Filterpatrone füllen?

Die Standzeit des Trockenmittels ist abhängig von:

- Temperatur der Filterwandung: Je kälter, umso mehr Wasser wird bereits als Kondensat abgeschieden. **Faktor 6 bis 8**
- Menge des zu filternden Volumens auch in Abhängigkeit von der Einstellung des Druckhalteventils. **Faktor 2 bis 6**
- Art des Betriebes, bei häufigen Betriebspausen verkürzt sich die Filterstandzeit. **Faktor 2**
- Menge des Trockenmittels, seinem Anteil bei der Füllung und seiner Vorsättigung bei der Herstellung der Filterpatrone. **Faktor 2**

Berücksichtigt man alle Faktoren, ist eine genaue Standzeitangabe sehr unsicher. Wegen der Produkthaftung ist eine stetige Messung des Feuchtegehaltes der abgegebenen Luft dringend zu empfehlen!

SECURUS-System (Fa. BAUER)

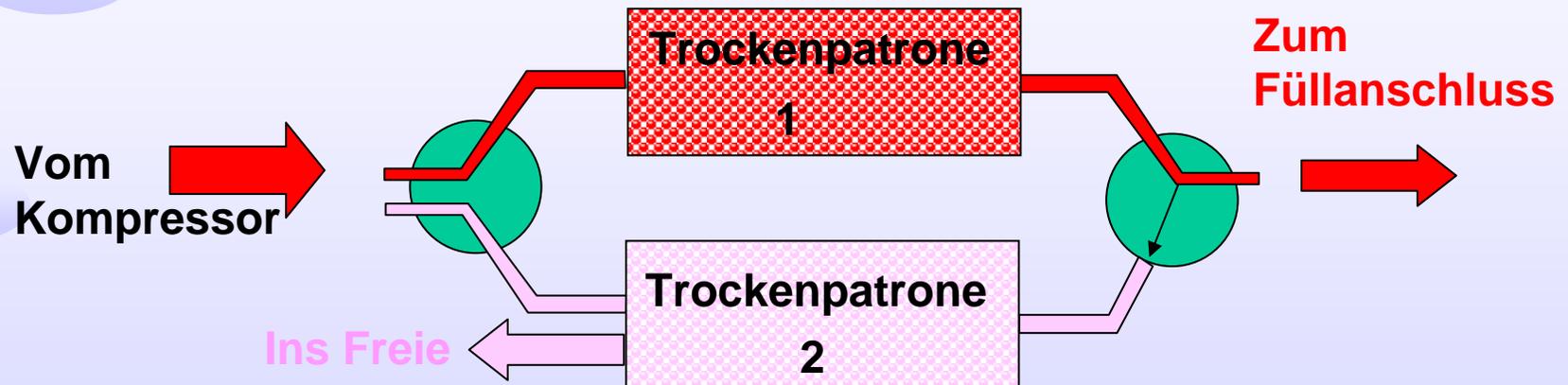


Die Sättigung schreitet von unten nach oben fort, erreicht sie den Sensor im Kopf, erfolgt ein Vorsignal. Etwas später wird die gesamte Anlage abgeschaltet. Einschalten erst wieder möglich, wenn eine neue Filterpatrone montiert ist.

L&W Feuchtemessgerät



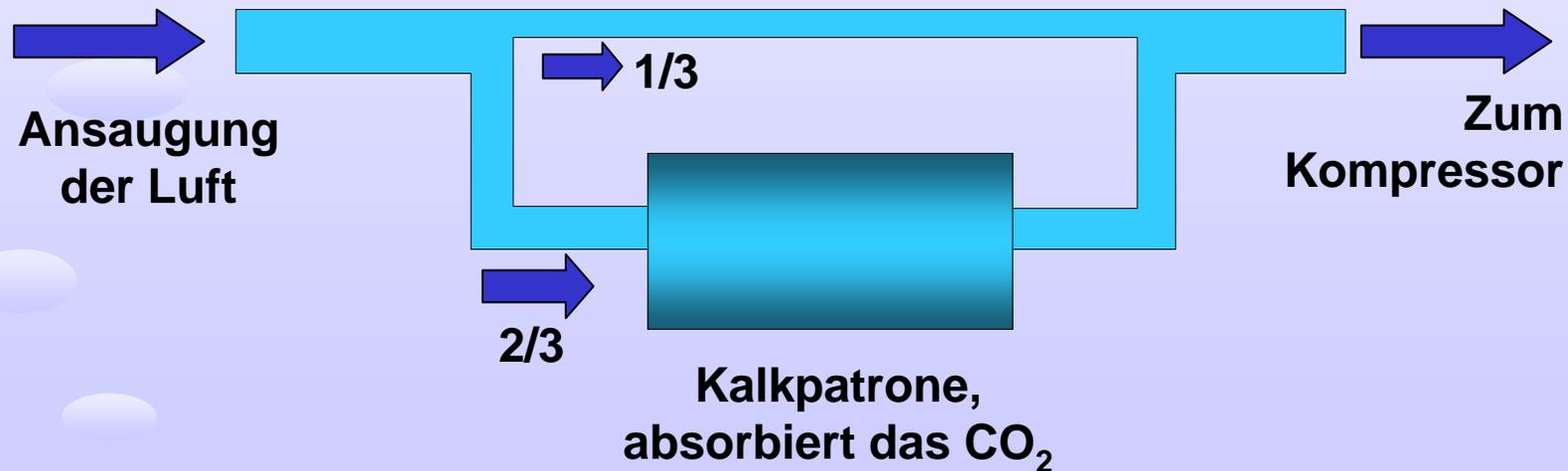
Regenerationstrockner Fa. BAUER



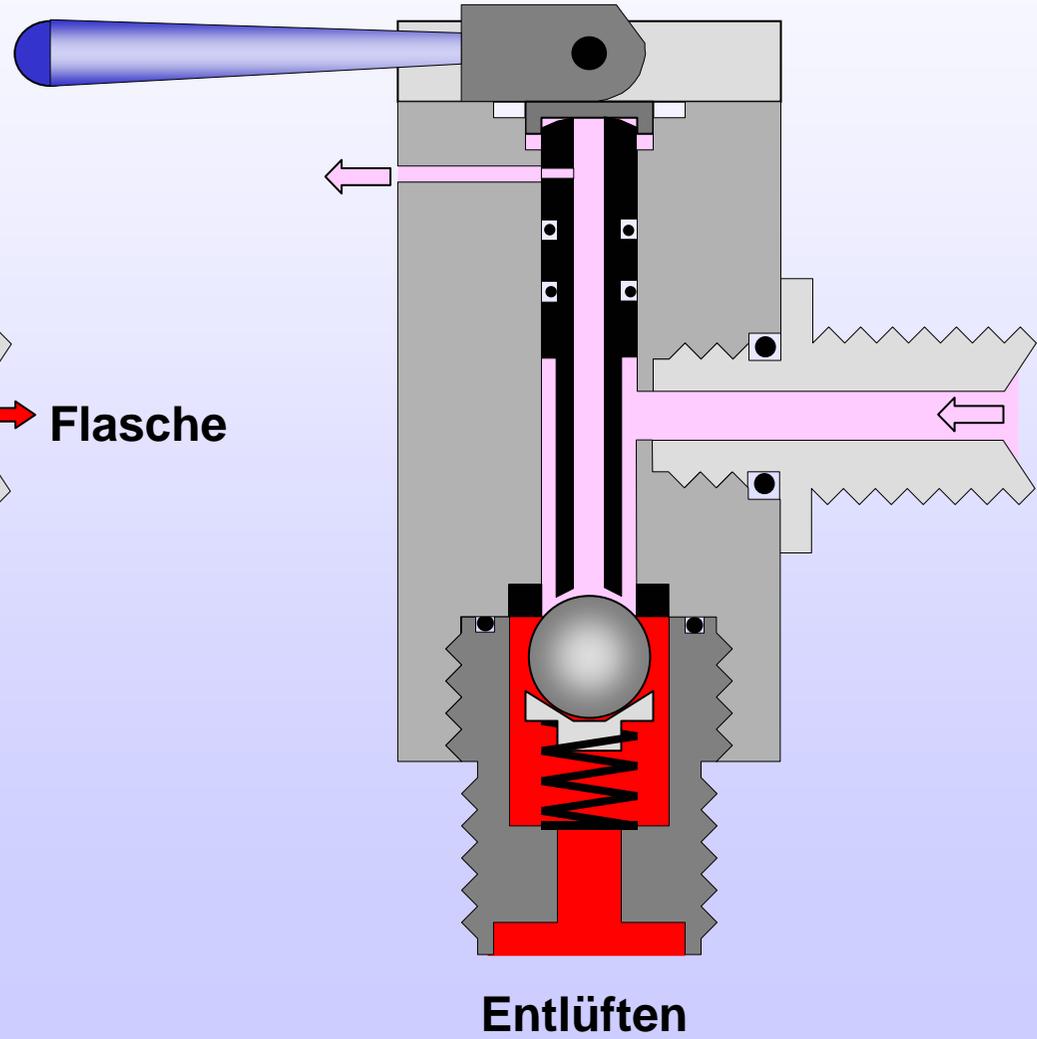
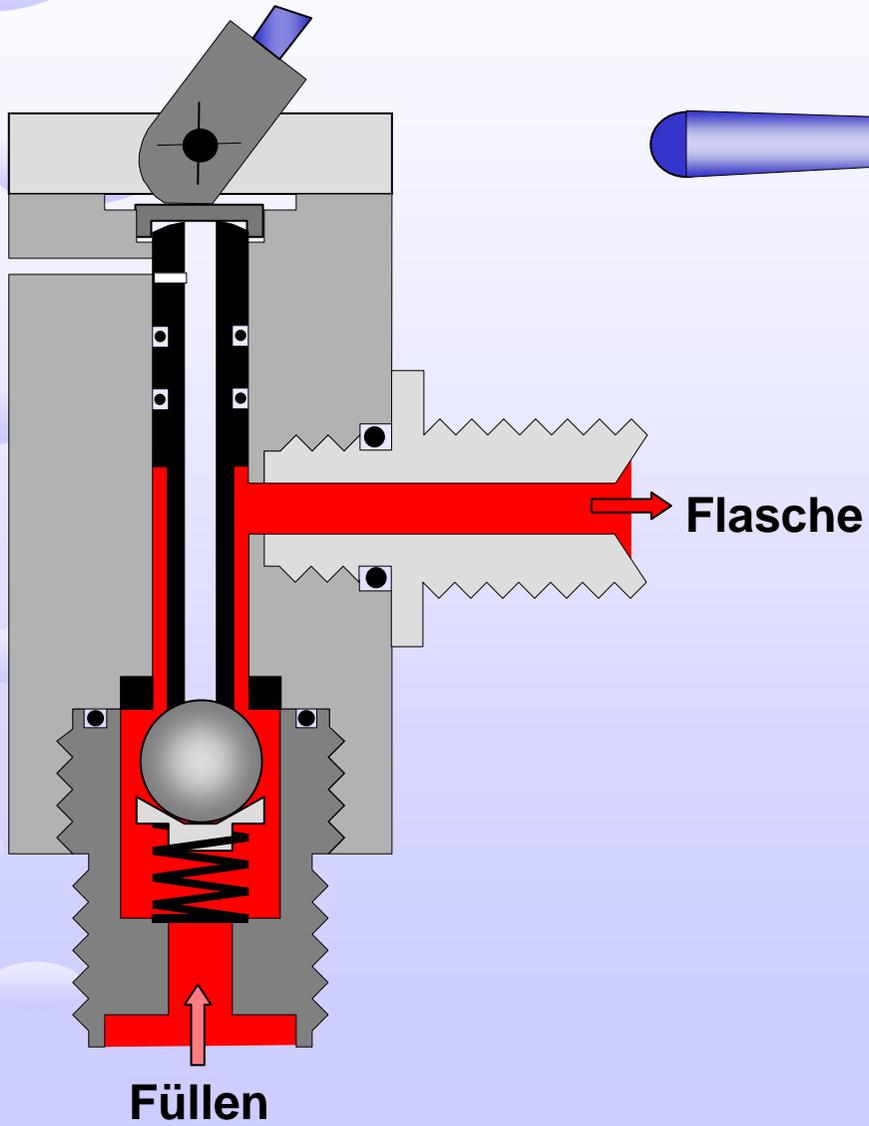
10% der Füllleistung werden abgezweigt zur Trocknung der zu regenerierenden Patrone. Nach einiger Zeit wird umgeschaltet.

CO₂-Wäscher

Die EN – Norm 12021 fordert für CO₂ eine Grenze von 500 ml/m³! Im Normalfall genügt die Überwachung der angesaugten Luft, da deren Anteil ca. 400 ml/m³ beträgt. Soll der CO₂ – Gehalt der angesaugten Luft weiter gesenkt werden, kann eine Kalkpatrone (Fa. BAUER) vorgeschaltet werden, durch die ein Teil der angesaugten Luft geleitet wird und die das CO₂ absorbiert.

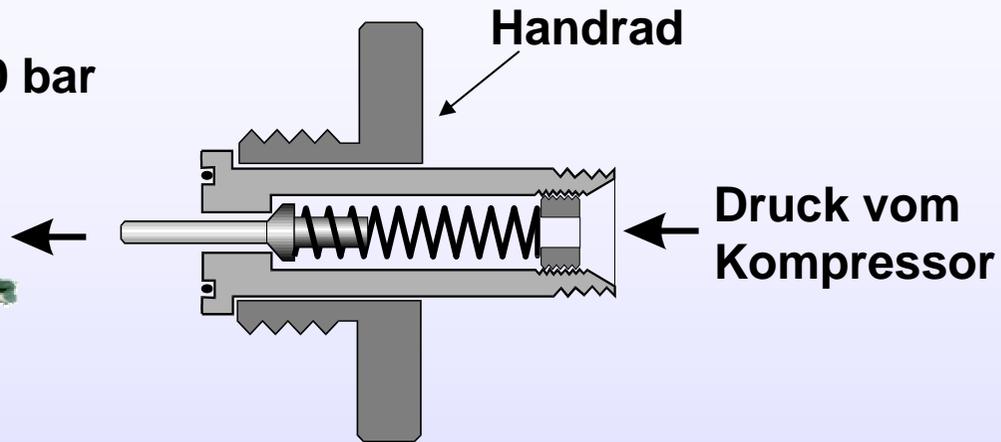


3 Wege - Füllhahn

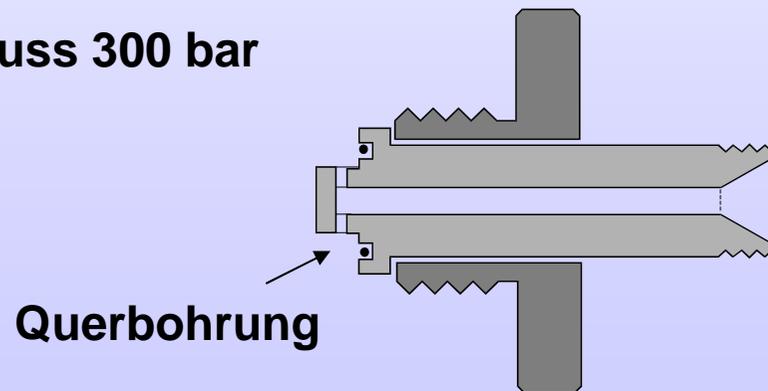


Sicherheits – Füllanschluss L&W

Füllanschluss 200 bar

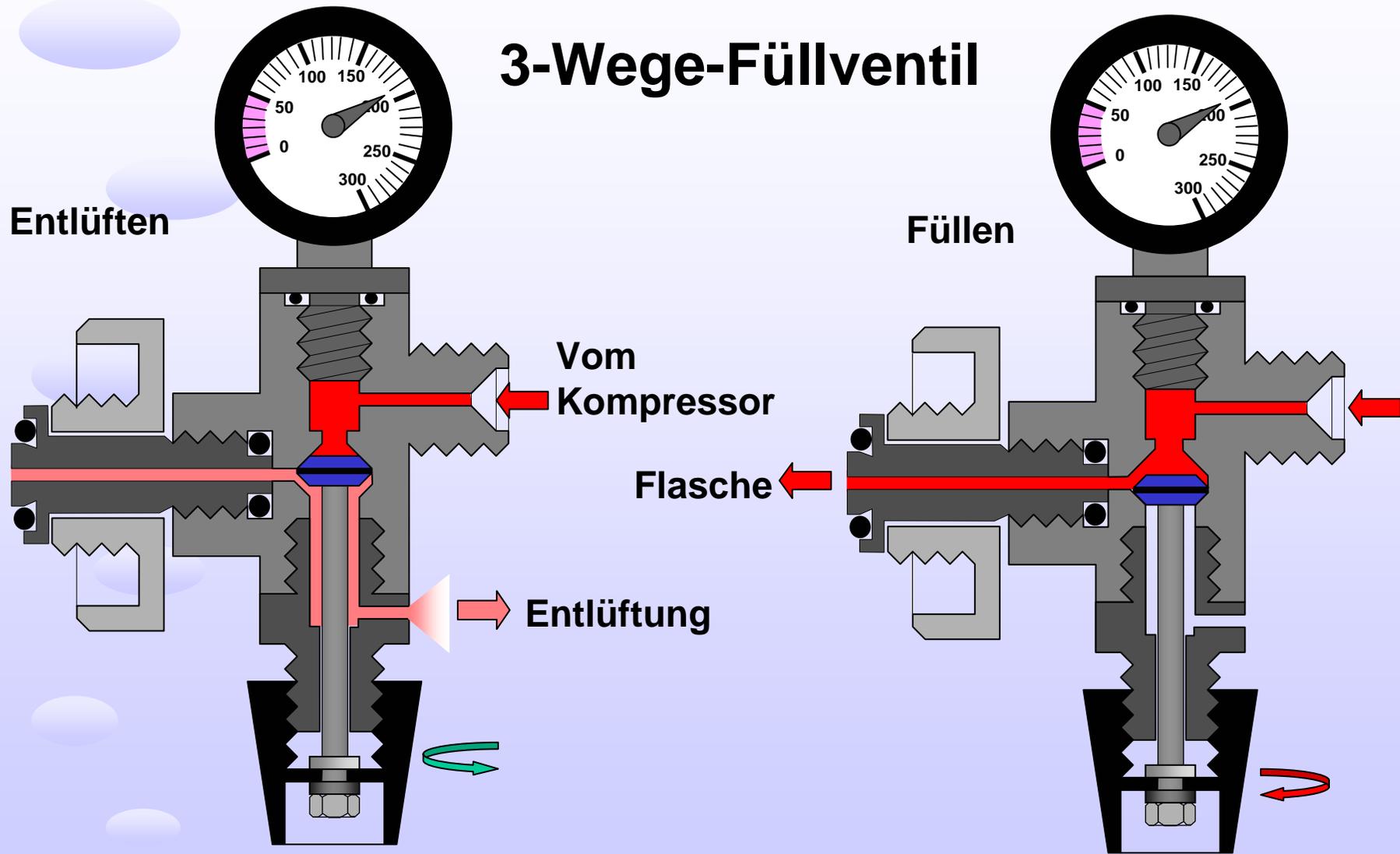


Füllanschluss 300 bar



Verhinderung der Peitschenwirkung des Füllschlauches bei frei abströmenden Hochdruck durch Kolben bzw. Querbohrung.

3-Wege-Füllventil



Füllen: $\frac{3}{4}$ Umdrehung nach links, Flasche öffnen

Entlüften: Flasche schließen, $\frac{3}{4}$ Umdrehung nach rechts

200-300 bar - Anschluss

Zur Sicherheit!



200 bar-Flasche darf nicht am 300 bar Kompressor füllbar sein.

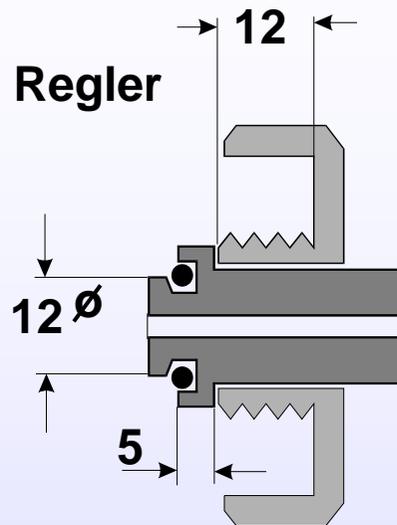
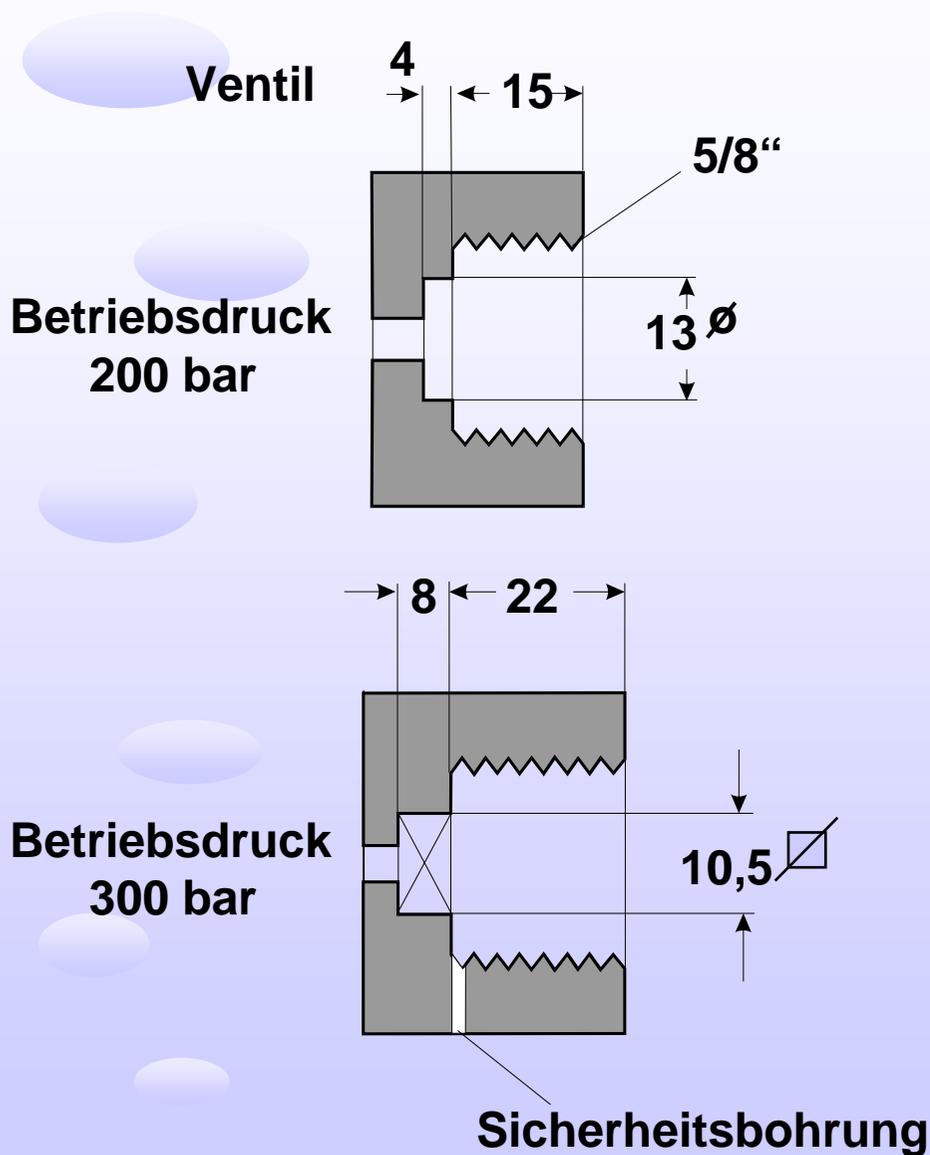
300 bar -Flasche kann am 200 bar Kompressor gefüllt werden.

300 bar-Atemregler kann am 200 bar-Ventil montiert werden.

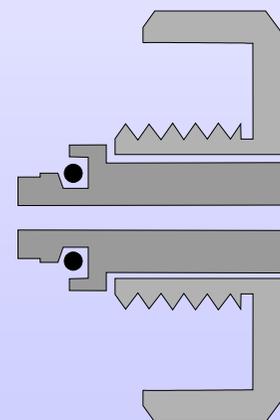
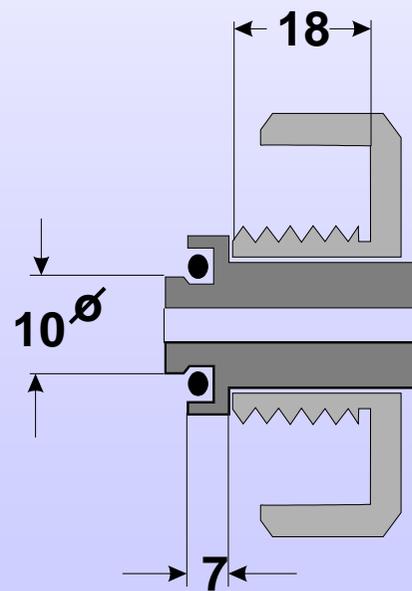
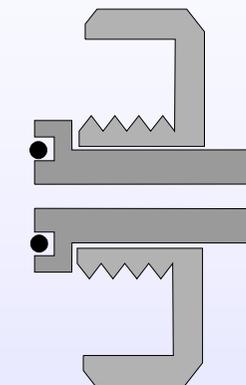
200 bar-Atemregler kann nicht am 300 bar-Ventil montiert werden, auch wenn man das Ventil absägt!

Vorsicht Bastler!

200 und 300 bar - Anschluss



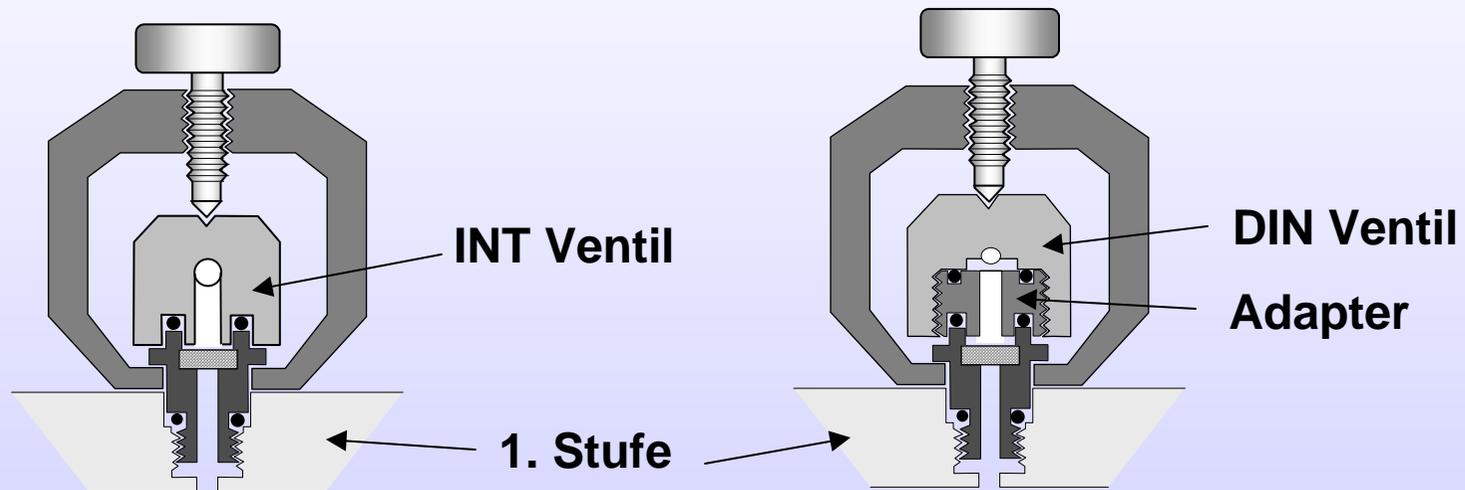
Füllanschluss



DIN EN 144/1....

INT-Anschluss (Bügelanschluss)

INT ist eine willkürlich gewählte Buchstabenkombination und bedeutet nicht „international“!



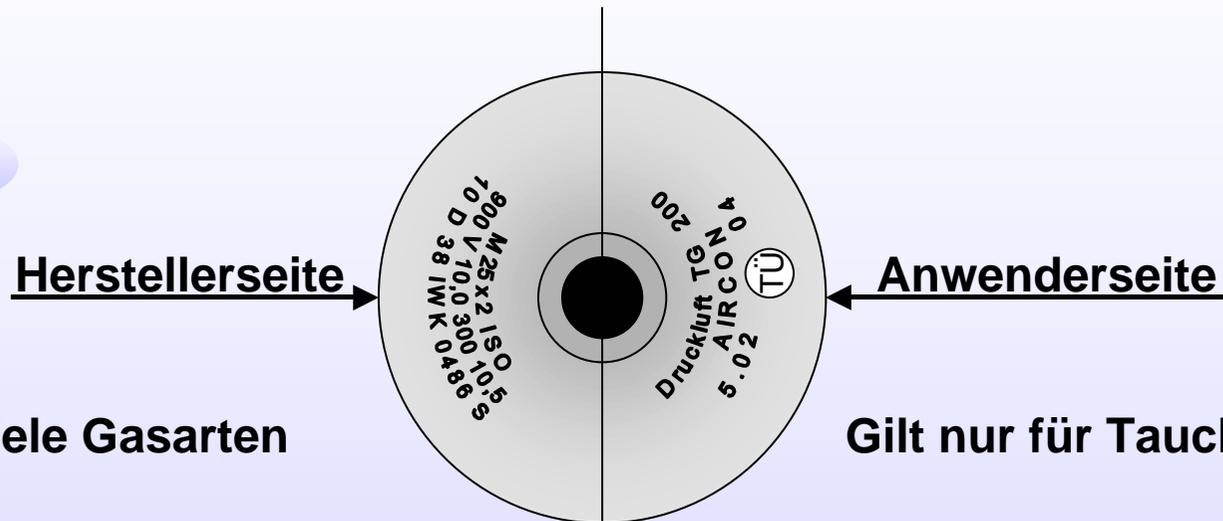
Direkter Anschluss

Anschluss mit Einschraubadapter

Der DIN-Anschluss ist sicherer und weniger störanfällig!

ISO 5145 12209-1/2/3

Bisherige Flaschenkennzeichnung (national)



Gilt für viele Gasarten

Gilt nur für Tauchgeräte

M 25x2 ISO Einschraubgewinde
900 V Festigkeit und Vergütung
10,0 Inhalt der Flasche
300 Prüfdruck
10,5 Gewicht ohne Ventil
10 D 38 Bauartzulassung (D)
IWK Hersteller
04836S Fabriknummer

Druckluft
TG Tauchgerät (im Gegensatz von
AG Atemgerät)
200 Fülldruck bei 15°C
AIRCON Besteller
5.02 letzter TÜV
04 nächster TÜV (spätestens 5.04!)
TÜ Stempel des Sachverständigung

Bisherige Flaschenkennzeichnung (EG)

Diese Kennzeichnung gilt nur für die Herstellerseite, die Anwenderseite wird national gekennzeichnet!

ε 1 D 7945 EG – Bauartzulassungszeichen

D	Herkunftsland
CTCO	Herstellerzeichen
123456	Fabrikationsnummer
860	Festigkeitswert in N/mm²
T	Art der Wärmebehandlung
300 bar	Prüfüberdruck
eD10x	EG- Prüfzeichen
02/5	Datum der Erstprüfung
10,6	Leergewicht (kg)
10,0	Mindestinnenvolumen

Flaschenkennzeichnung (EG)

Ab 1. Januar 2003 ändern sich die Flaschenkennzeichnung und die Prüffristen. Zur Zeit sind die neuen Vorschriften noch in der Diskussion. Von SCUBAPRO ausgelieferte Flaschen sind beschriftet:

**CE 0062 UT 3,8mm, 1002 Air/Druckluft - TG
2002 / 05 Breathing Apparatus**

**10,2 kg V 10,0 l PS 200 bar AT 15° C PT 318 bar TS -50 +65° C
M 25 x 2 EN 1964 - 1 IT Faber 02/1648/027**

**Prüffristen vermutlich: Alle 2,5 Jahre Innenbesichtigung, alle
5 Jahre Druckprüfung jeweils durch Sachverständige
Zusätzlich Flaschenaufkleber gemäß GGVS!**

**Normen: DIN EN 1968 (Wiederkehrende Prüfung) sowie DIN
EN 13096 (Füllen) und 13099 (Füllen von Gasgemischen)**

Voraussetzung für den Betrieb

- TÜV – Prüfung der Anlage (ausgenommen Kompressoren bis 140 l/min)
- Erlaubnis durch die Gewerbeaufsicht bei Abgabe von Luft an andere (Ausnahme wie oben)
- Führen eines Betriebsbuches mit Ort, Datum, Namen des Füllenden, allen Wartungen und Reparaturen
- Halbjährliche Überprüfung des Füllschlauches durch den Sachkundigen
- Jährliche Unterweisung des Füllenden mit schriftlicher Bestätigung
- Regelmäßiger Prüfung aller Sicherheitseinrichtungen

Wer darf füllen?

Personen über 18 Jahre

**mit Sachkunde, Kenntnis der Betriebsanleitung
und der Sicherheitsregeln**

mit Zuverlässigkeit

Andere Personen nur unter Aufsicht

Wo darf gefüllt werden?

- **Dort wo niemand gestört wird, Umweltschutz!**
- **Boden muss eben, staubfrei und der Belastung angepasst sein**
- **Fluchtwege dürfen nicht eingeengt oder verstellt werden**
- **Ort muss kühl, trocken und ausreichend belüftet sein**
- **Abgasfreie Umgebung, Rauchverbot**

Was darf gefüllt werden?

Flaschen mit Inhaltsangabe „Pressluft“, „Druckluft“ oder „Atemluft“, „TG“ (Tauchgerät) oder „AG“ (Atemgerät) mit gültigem TÜV-Stempel oder EG-Kennzeichnung und nicht abgelaufener Prüffrist (bisher: Stahl TG 2 Jahre, AG 6 Jahre, Speicherflaschen 10 Jahre, Ausnahme Luxfer-Aluflaschen 6 Jahre)

Restdruck, sonst öffnen und auf Feuchtigkeit prüfen einwandfreiem Zustand, ohne Lochfraß, Rost, Beulen, Fremdkörper

Ventil mit deutscher- oder EG - Zulassung

Womit darf gefüllt werden?

- Luft gemäß DIN EN 12021 mit folgenden Grenzwerten
- Kohlenmonoxid (CO) maximal 15 ml/m³
- Kohlendioxid (CO₂) maximal 500 ml/m³
- Wasseranteil maximal 25 mg/m³ aus dem Kompressor
50 mg/m³ aus der Flasche

Die Luft muss geschmacksfrei und geruchlos sein.

Höchstzulässiger Druck bei 200 bar ist 200 bar bezogen auf 15°C,
maximale Flaschentemperatur ist 70°C.

Arbeitsablauf „Füllen“

Kontrolle am Kompressor: Ölstand, verbleibende Filterstandzeit, Kondensatablasshähne, Umgebung (Windrichtung, Luftverunreinigungen usw.)

Kontrolle an den Flaschen: Zustand, Restdruck, TÜV, Ventil kurz öffnen, um Feuchtigkeit aus dem Anschluss zu entfernen

Starten bei geschlossenem Flaschenventil, Prüfen des Druckhalteventils und des Sicherheitsventils, maximaler Druck 225 bar bei 200 bar – Systemen, Dichtigkeit und Luftlieferleistung regelmäßig überprüfen

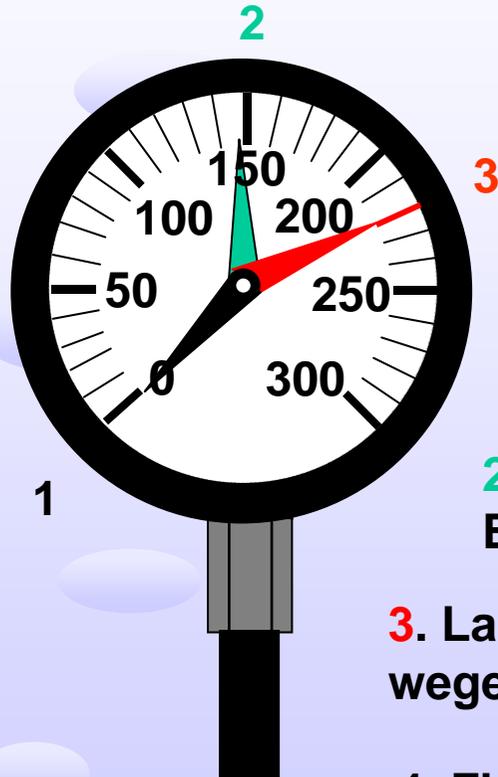
Abschluss: Flaschenventil auf Dichtheit prüfen, Betriebsbuch führen

Monatlich prüfen: Notausschalter, elektrische und mechanische Abschaltung

Halbjährlich: Füllschlauch prüfen. Jährlich: Sicherheitsunterweisung

Prüfungen vor dem Füllen am Manometer

Flaschen geschlossen



Beispiel hier: Kompressor mit
Druckhalteventil und Freiflugkolben

1. Starten: Anzeige 0, ca. 3 Sekunden Geräusch vom Freiflugkolben.

Anzeige 0 bleibt etwas wegen Druckhalteventil

2. Dann schnelles Ansteigen auf etwa 150 bar,
Einstellung des Druckhalteventils

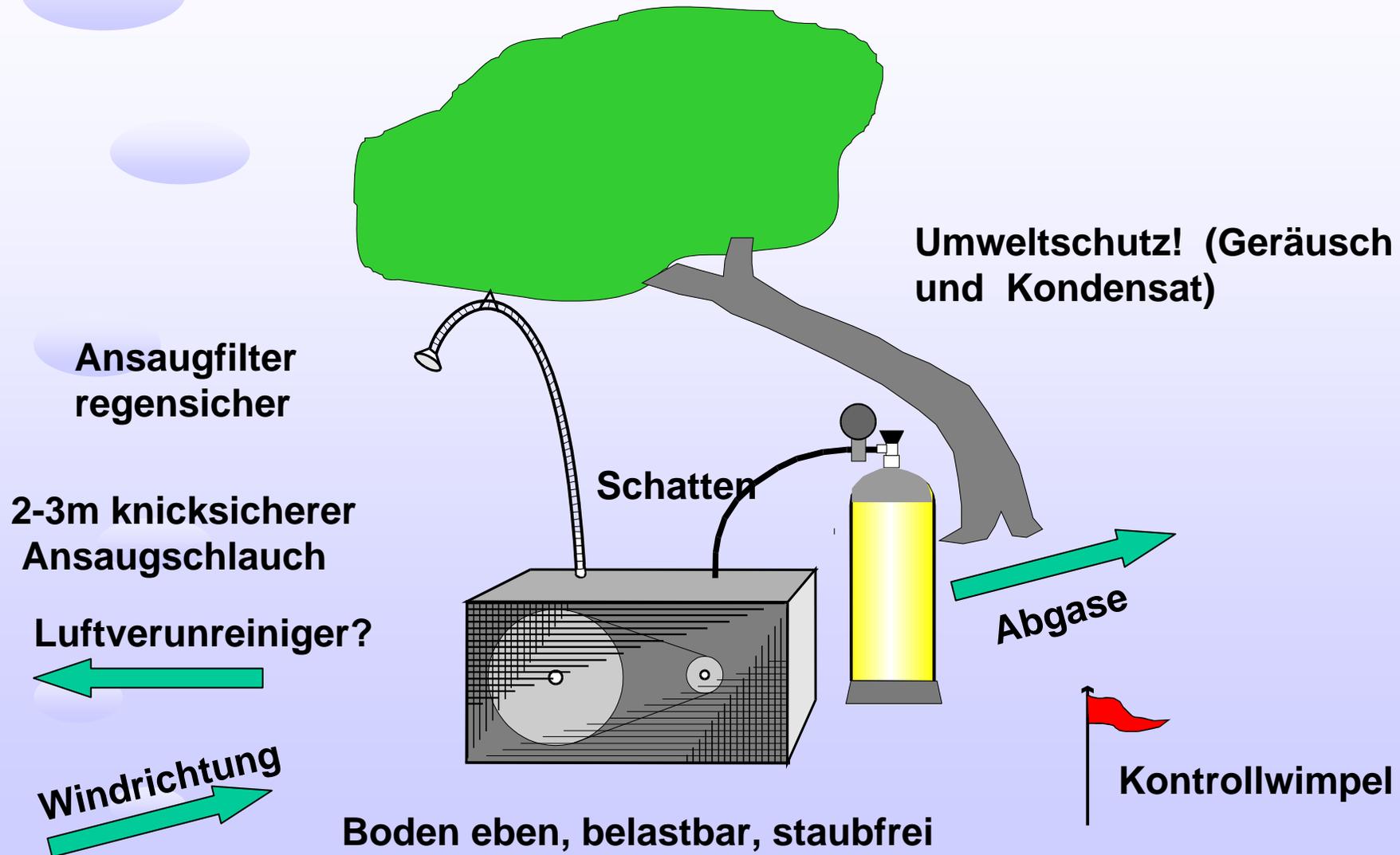
3. Langsames Weitersteigen bis **max. 220 bar**
wegen des Enddrucksicherheitsventils

4. Flaschenventile öffnen.

Warnung

- **Arbeiten am Kompressor setzt Sachkunde voraus!**
- **Sämtliche Arbeiten nur bei stillstehender, druckloser Anlage in stromlosen Zustand!**
- **Druckführende Leitungen nicht nachlöten oder schweißen, Verschraubungen nie unter Druck nachziehen!**
- **Für die Reinigung keine für die Atmung schädliche Mittel verwenden!**
- **Beim Anziehen von Schraubverbindungen maximale Drehmomente beachten!**
- **Dichtheit der gesamten Anlage regelmäßig prüfen!**
- **Offene Füllschläuche niemals unter Druck setzen!**

Aufstellen im Freien



Umweltschutz! (Geräusch und Kondensat)

Ansaugfilter
regensicher

2-3m knicksicherer
Ansaugschlauch

Luftverunreiniger?

Schatten

Abgase

Windrichtung

Kontrollwimpel

Boden eben, belastbar, staubfrei

Kondensatablass alle 20-30 Minuten, Kontrolle: Ölstand, Filter, Treibstoff, Sicherheitsventil, Fülldruck, Luftlieferleistung

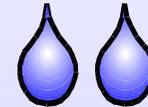
Wie kommt die Feuchte in die Flasche?



- Völlig entleerte Flasche beim Tauchen
- Falsches Überströmen aus Spenderflaschen
- Keine Trocknung nach der TÜV – Prüfung
- Fehlende Ventiltrocknung vor dem Füllen
- Überschrittene Filterstandzeit am Kompressor



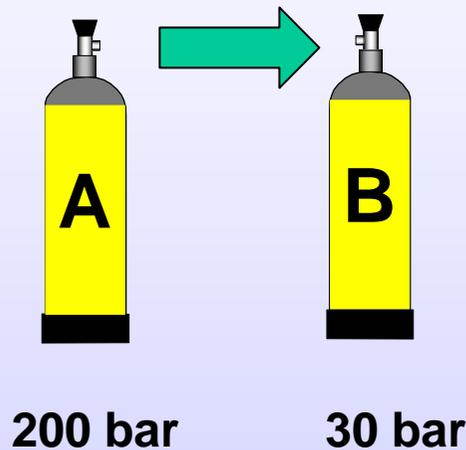
**Ein Tropfen Wasser in
einer 10 l-Flasche ist
bereits die Grenze der
DIN EN 12021**



**Zwei Tropfen Wasser
bedeutet gesättigte
Luft bei 20°C!
Vereisungsgefahr**

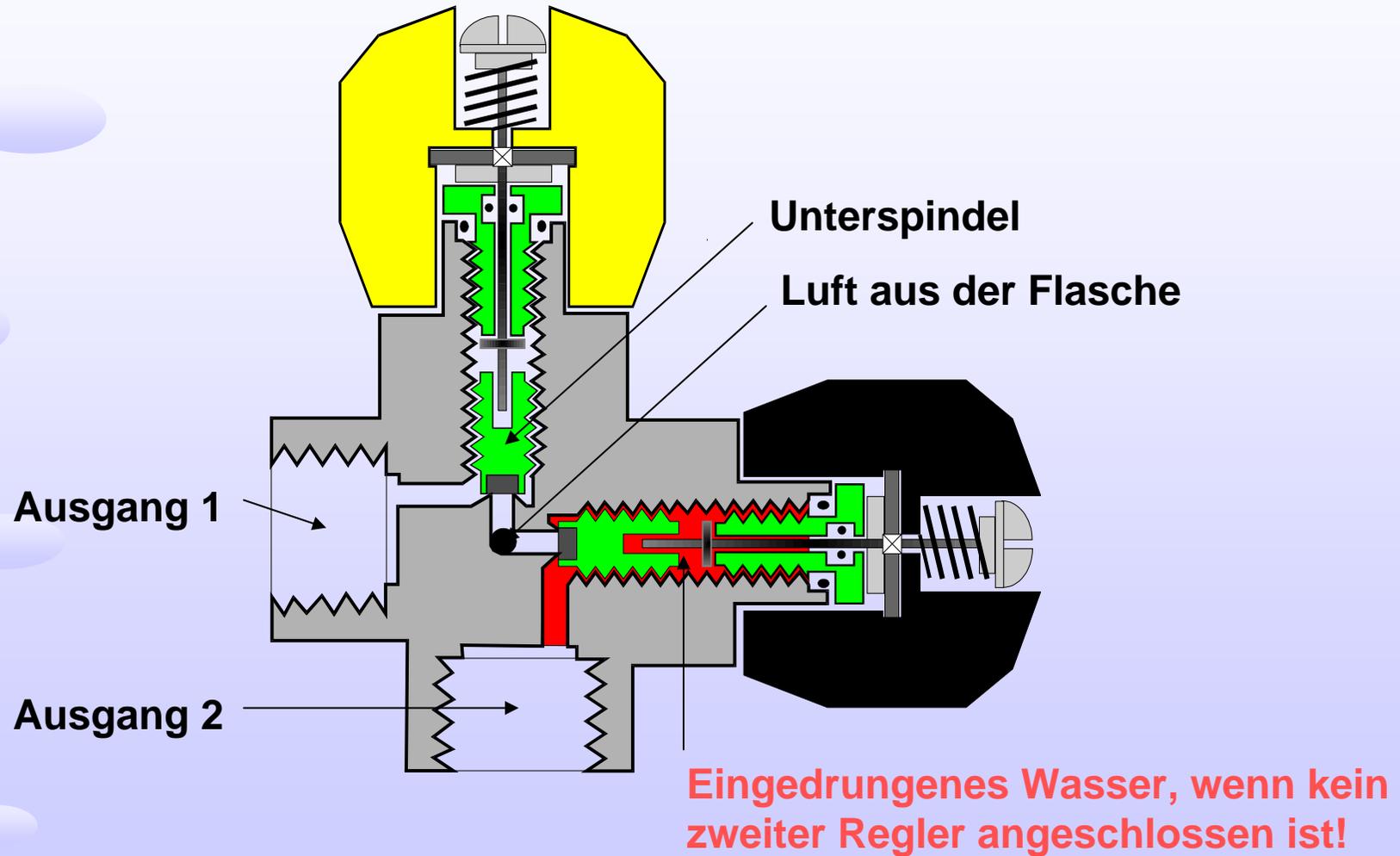
Überströmen

Öffnungsweise der Ventile



A voll öffnen, B drosseln um Sinterfilter nicht zu beschädigen! Dadurch leichte Abkühlung in A durch Drucksenkung, leichte Erwärmung bei B durch Druckanstieg. Starke Abkühlung am Ventil von B durch Joule-Thomson-Effekt! Weniger Feuchte gelangt in die Flasche B bei maximaler Druckangleichung.

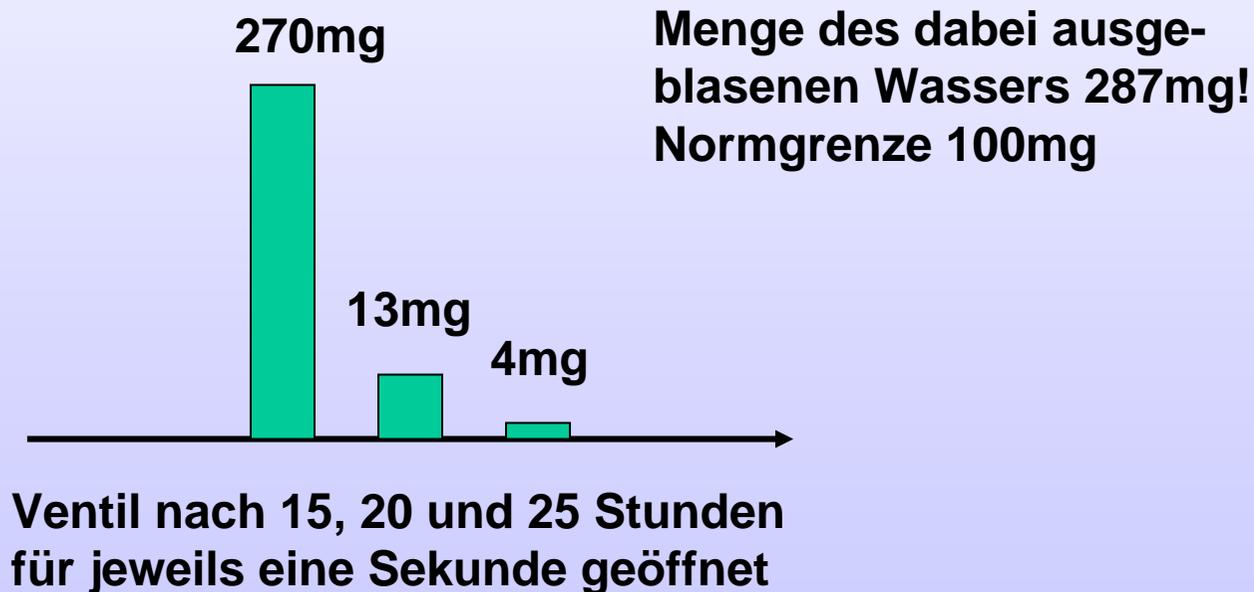
Wasser aus dem Doppelventil



Beim Füllen über diesen Ausgang gelangt das Wasser in die Flasche!

Falsch gefüllt, Ventil nicht ausgeblasen!

Wasser gelangt in die Flasche, wenn der zweite Abgang beim Tauchgang nicht geschlossen war und über diesen Abgang gefüllt wird!



AIRCON-Sinterfilter



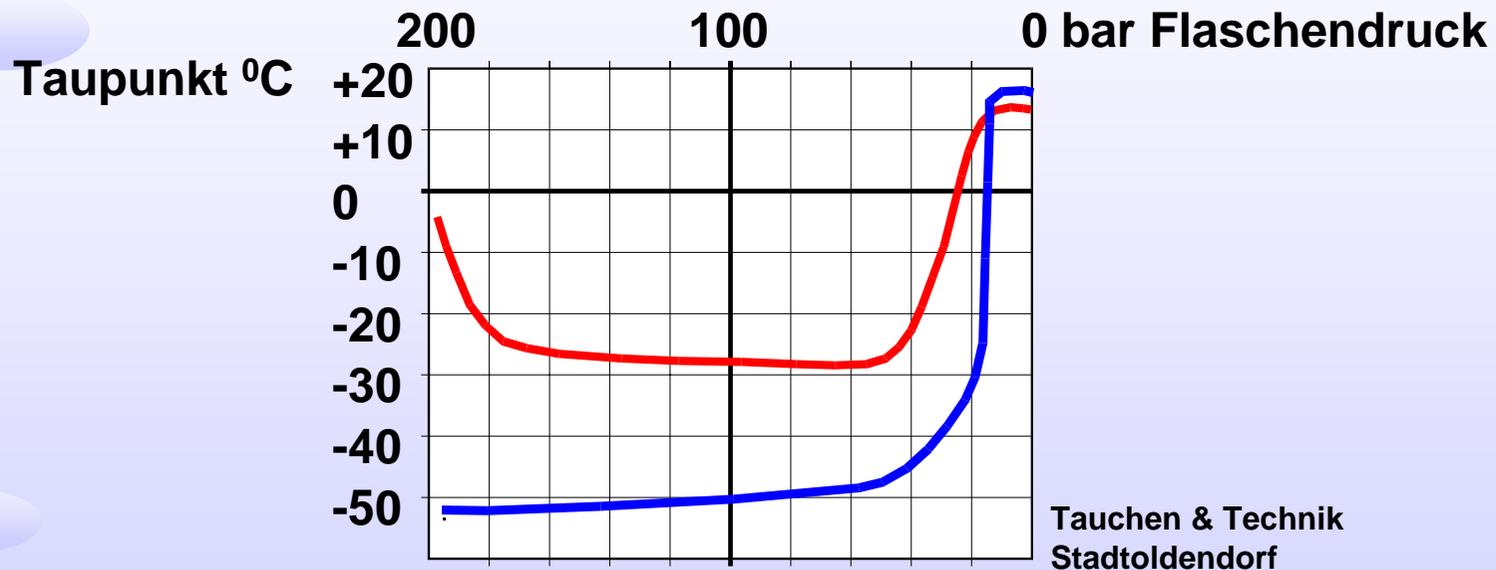
**Filteroberfläche ca. 6000mm²
(Norm 900mm²)**

**Filtert Rost und Aluminiumoxid
und schützt so den Atemregler
und den Taucher**

**Senkt den Taupunkt und schützt
so den Atemregler gegen innerer
Vereisung auch bei feuchter Luft**

**Montierbar an allen Ventilen an-
stelle des Wasserschutzrohres evtl.
mit Adapter**

Wirkung des AIRCON- Sinterfilters bei feuchter Flaschenluft.



Taupunkt der entspannten Luft

— Nur mit Wasserschutzrohr

— Mit AIRCON-Sinterfilter

Im Bereich von 100 bis 200 bar wird der Taupunkt stark abgesenkt, dadurch kaum noch Vereisungsgefahr trotz feuchter Flaschenluft!