HLFS
Hessische Landesfeuerwehrschule

Veranstaltung:	Lehrgang „Atemschutzgerätewart I“
Ausbildungseinheit:	Aufbau und Funktion eines Pressluftatmers
Thema:	
Ausgabe:	21.07.2020
Zuständig:	Abteilung 3
Bearbeitet von:	Jens Brachmann
Literaturhinweis:	siehe Anlage

Inhalt

1 Gerätekomponenten ... 3
1.1 Druckbereiche ... 4
2 Atemluftflaschen ... 4
2.1 Berechnung des Luftvorrates ... 4
2.2 Umgang mit Atemluftflaschen ... 4
2.3 Kennzeichnung von Atemluftflaschen ... 5
2.3.1 Kennzeichnung einer Atemluftflasche nach CLP ... 7
3 Gasflaschenventil (Flaschenventil) ... 8
3.1 Aufbau eines Flaschenventiles ... 8
3.2 Abströmsicherung ... 9
3.2.1 Kennzeichnung der Hersteller ... 9
3.2.2 Funktionsweise einer volumenstromgesteuerten Abströmsicherung ... 10
3.2.3 Funktionsweise der Ausströmsicherung der Firma MSA Auer ... 11
4 Druckminderer ... 12
4.1 Bauteile eines Druckminderers ... 12
4.2 Funktion eines Kolben - Druckminderers ... 13
4.2.1 Sicherheitsventil ... 14
4.2.2 Warneinrichtung ... 15
4.2.3 Manometer (Druckanzeiger) ... 15
5 Lungenautomaten ... 16
5.1 Lungenautomaten bei Normaldruckgeräten ... 16
5.1.1 Bauteile des Normaldruck-Lungenautomaten ... 16
5.1.2 Funktion eines Normaldruck-Lungenautomaten ... 17
5.2 Lungenautomaten bei Überdruckgeräten ... 18
5.2.1 Bauteile eines Überdruck-Lungenautomaten ... 18
5.2.2 Funktion eines Überdruck-Lungenautomaten ... 19
6 Atemschutzmasken ... 20
6.1 Normaldruck Atemschutzmaske ... 20
6.1.1 Bauteile einer Normaldruck-Maske ... 20
6.1.2 Funktion einer Normaldruck-Maske ... 22
6.2 Überdruck Atemschutzmaske ... 23
6.2.1 Bauteile einer Überdruck-Maske ... 24
6.2.2 Funktion einer Überdruck-Maske ... 25
7 Gegenüberstellung Normaldrucktechnik - Überdrucktechnik ... 25
8 Quellenverzeichnis ... 26

1 Gerätekomponenten

Pressluftatmer sind bei der Feuerwehr die am häufigsten eingesetzten Atemschutzgeräte. Sie müssen gemäß DIN EN 137 genormt und für den Einsatz bei der Feuerwehr geeignet sein.

Ein Atemschutzgerät besteht aus folgenden Komponenten:

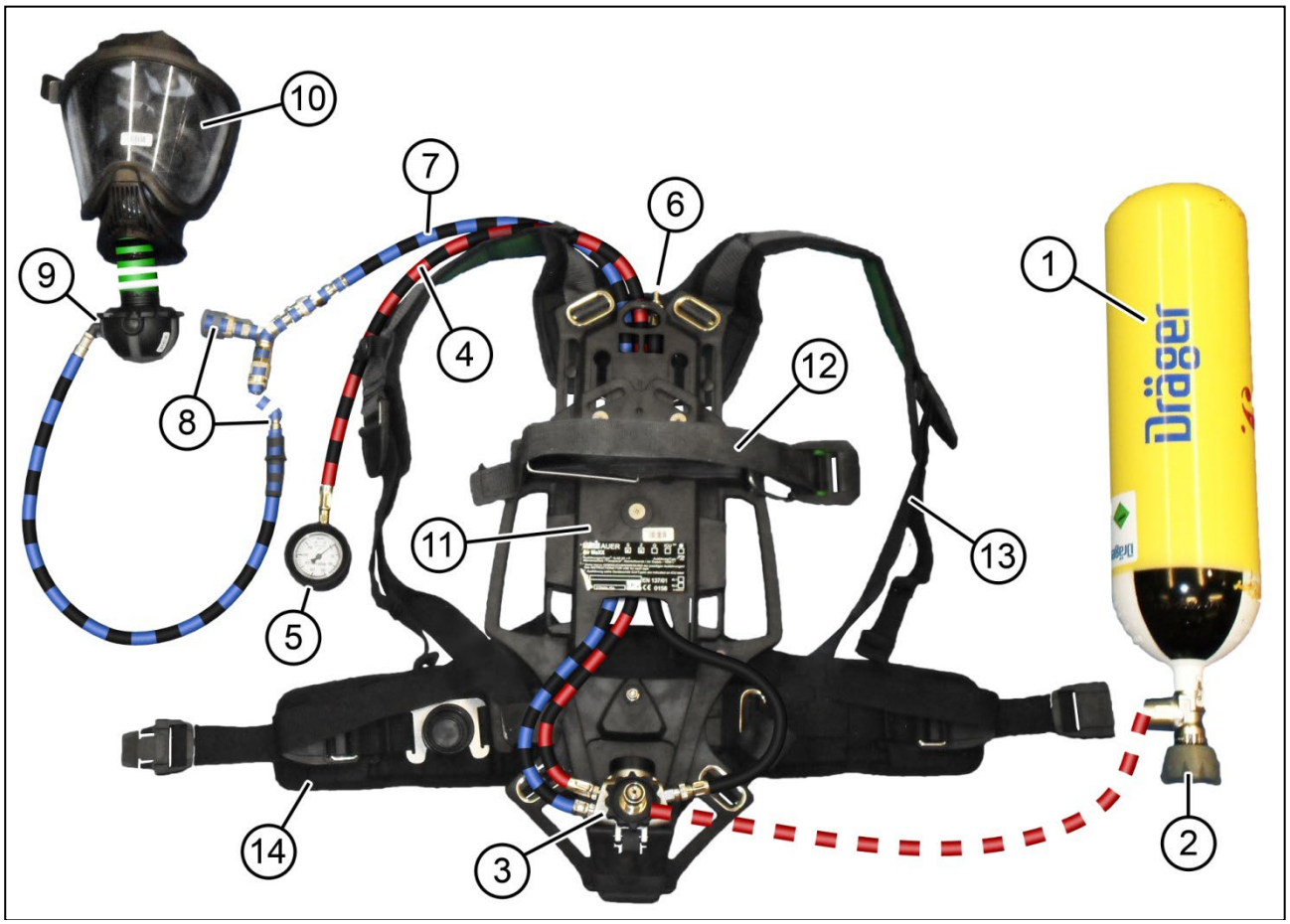


Abb. 1: Komponenten eines Pressluftatmers

1. Atemluftflasche
2. Flaschenventil
3. Druckminderer
4. Hochdruckleitung (rot)
5. Manometer
6. Warneinrichtung
7. Mitteldruckleitung (blau)
8. Steckkupplung (Zweitanschluss)
9. Lungenautomat
10. Atemanschluss (Vollmaske)
11. Trageplatte
12. Flaschenspannband
13. Schultergurt
14. Beckengurt

1.1 Druckbereiche

Druckbereich	von	bis
Hochdruck	200 bar	300 bar
Mitteldruck	4,5 bar	10 bar
Niederdruck	0,5 mbar	25 mbar

Tab. 1: Druckbereiche

2 Atemluftflaschen

2.1 Berechnung des Luftvorrates

Unter der Annahme, dass sich Luft wie ein ideales Gas verhält, gilt:
Luftvorrat [l] = Flaschendruck [bar] x Flaschenvolumen [l]
Da sich Luft jedoch nicht wie ein ideales Gas verhält, muss zur Volumenberechnung der Korrekturfaktor ξ (Ksi) eingesetzt werden:

- bei 300 bar $\xi \approx 1{,}1$
- bei 200 bar $\xi \approx 1{,}01$

Bei einem Druck von 200 bar kann somit der Korrekturfaktor vernachlässigt werden.

Bei Drücken über 200 bar gilt: $\frac{\text{Flaschendruck} \cdot \text{Flaschenvolumen}}{\text{Korrekturfaktor}} = \text{Atemluftvolumen}$

Faustformel bei 300 bar-Geräten:

p [bar] x V [l] - 10 % = Atemluftvolumen [l]

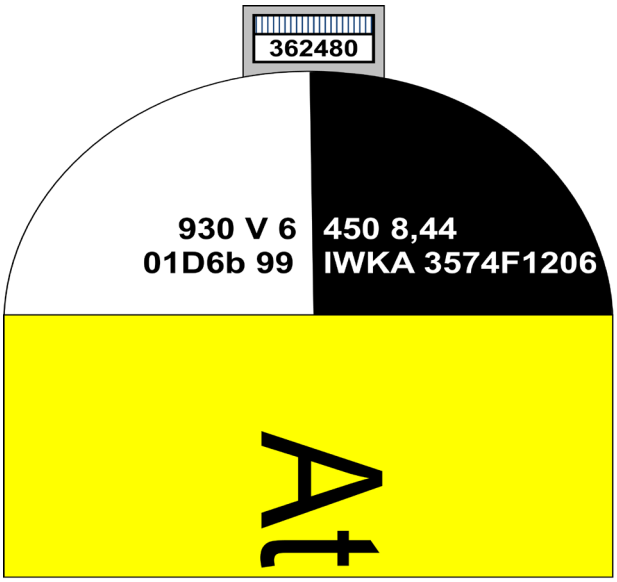
300 bar x 6 l - 10 % = 1800 l - 180 l = 1620 l

Somit beträgt der Luftvorrat auch bei einer 6 Liter Atemluftflasche mit einem Fülldruck von 300 bar ca. 1600 Liter.

2.2 Umgang mit Atemluftflaschen

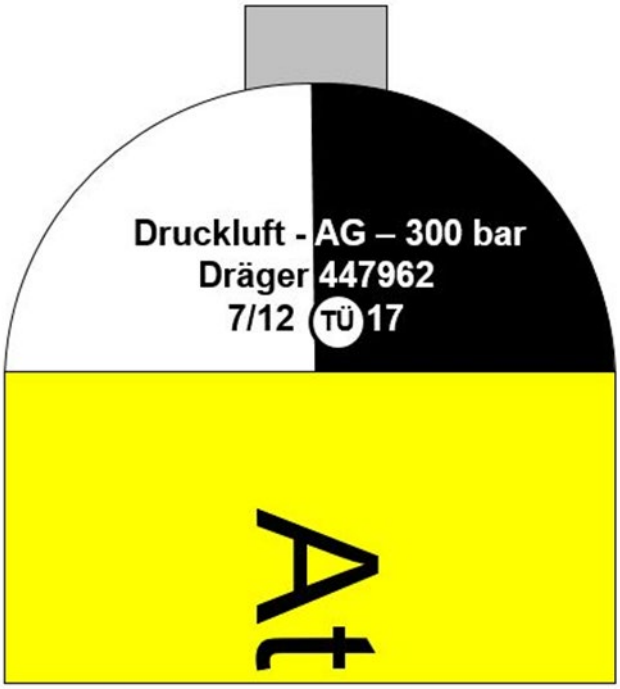
1. Die Atemluftflaschen stoßgesichert transportieren und so lagern, dass sie nicht umkippen, herunterfallen oder ihre Lage ändern können.
2. Beim Tragen die Atemluftflaschen nicht am Handrad anfassen, sondern am Ventilkörper oder am Flaschenkörper.
3. Beim Transport und Lagern die Verschlussschraube in den Anschluss schrauben (Sicherheit beim unbeabsichtigten Öffnen, sowie Schutz vor Schmutz und Feuchtigkeit).
4. Das Ventil der Atemluftflasche nicht mit Gewalt drehen. Das Ventil wird nur handfest geschlossen.
5. Die Atemluftflaschen wenn möglich nicht auf einen Druck unter 2 bar entleeren, da sich ansonsten Feuchtigkeit in der Flasche sammeln kann und die Gefahr der Vereisung des Druckminderers besteht.

2.3 Kennzeichnung von Atemluftflaschen



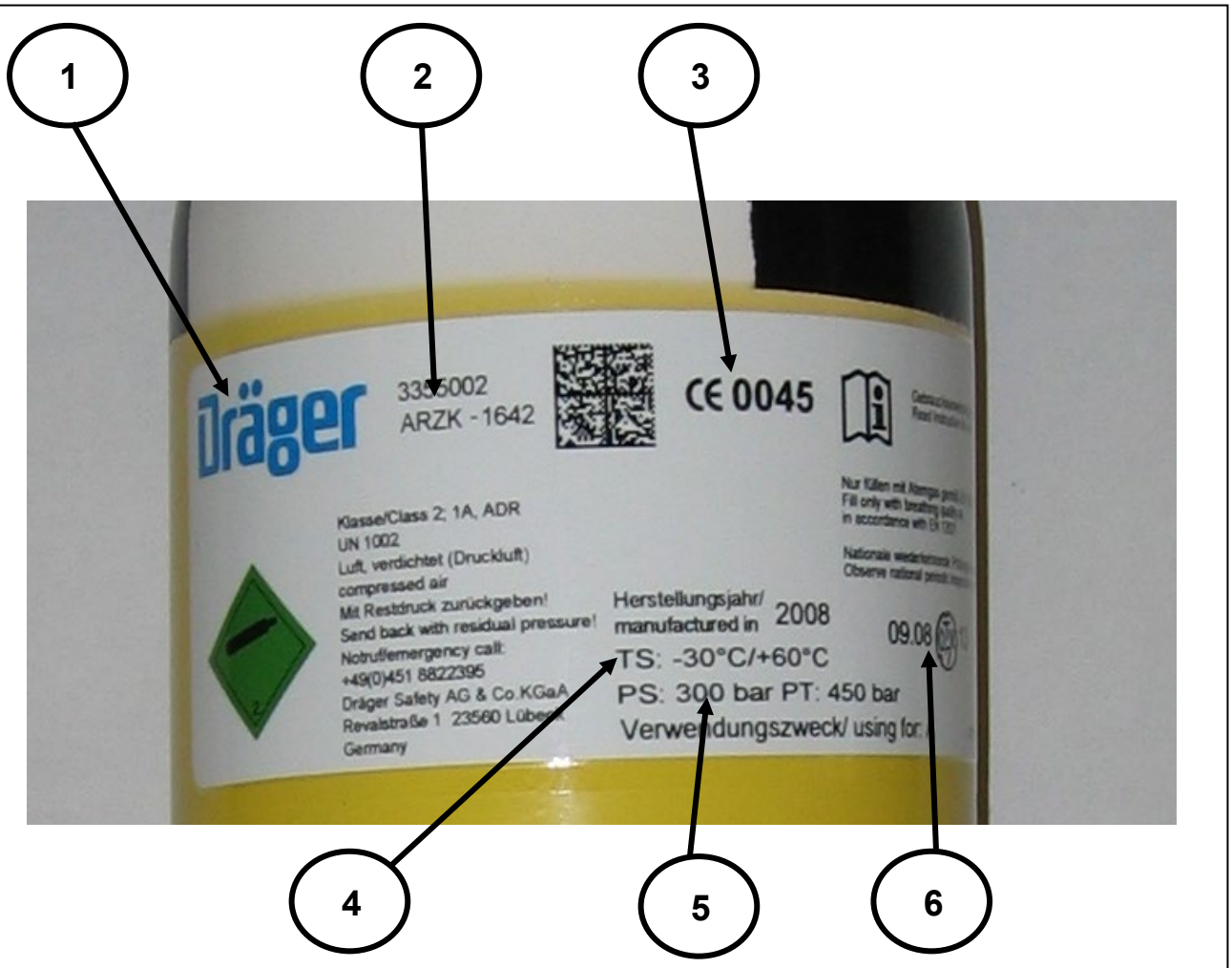
930	– Festigkeitswert in N/mm^2
V	– Wärmebehandlung
6	– Volumen in Liter (Typ)
450	– Prüfdruck in bar
8,44	– Leergewicht in kg
01D6b	– Bauartzulassung
99	– Baujahr (1999)
IWKA	– Hersteller
3574F1206	– Fabrikations-Nummer
362480	– Barcode (Anwenderbezogen)

Abb. 2: Beispiel für die Kennzeichnung der Flaschenschulter einer Atemluftflasche



Druckluft	– Gasinhalt
AG	– Flasche für Atemschutzgeräte
300 bar	– zulässiger Fülldruck
Dräger	– Montagewerk
447962	– Montagenummer
7/12	– Datum der 1. Prüfung (TÜV)
TÜ	– Zeichen des Sachverständigen
17	– nächstes Prüfungsjahr

Abb. 3: Beispiel für die Kennzeichnung der Flaschenschulter einer Atemluftflasche



1. Kennzeichnung des Herstellers
2. einmalige Seriennummer der Atemluftflasche / Sachnummer der Atemluftflasche
3. CE-Zeichen nach Richtlinie 97/23 EG, Registriernummer der benannten Stelle, z. B. Dräger TÜV Nord „0045“
4. Betriebstemperaturbereich zwischen - 30°C bis + 60°C
5. PS = maximal zulässiger Druck / PT= Prüfdruck
6. letzte und nächste wiederkehrende Prüfung (TÜV) mit Zeichen des Sachverständigen

Abb. 4: Kennzeichnung einer Atemluftflasche

2.3.1 Kennzeichnung einer Atemluftflasche nach CLP (Regulation on classification, labelling and packaging of substances and mixtures)

1. Produktidentifikation
2. Sicherheitshinweise
3. Name, Anschrift und Telefonnummer des Befüllers
4. Volumen
5. Gefahrenpiktogramm
6. Signalwort

Abb. 5: Beispiel der CLP Kennzeichnung einer Atemluftflasche

3 Gasflaschenventil (Flaschenventil)

3.1 Aufbau eines Flaschenventiles

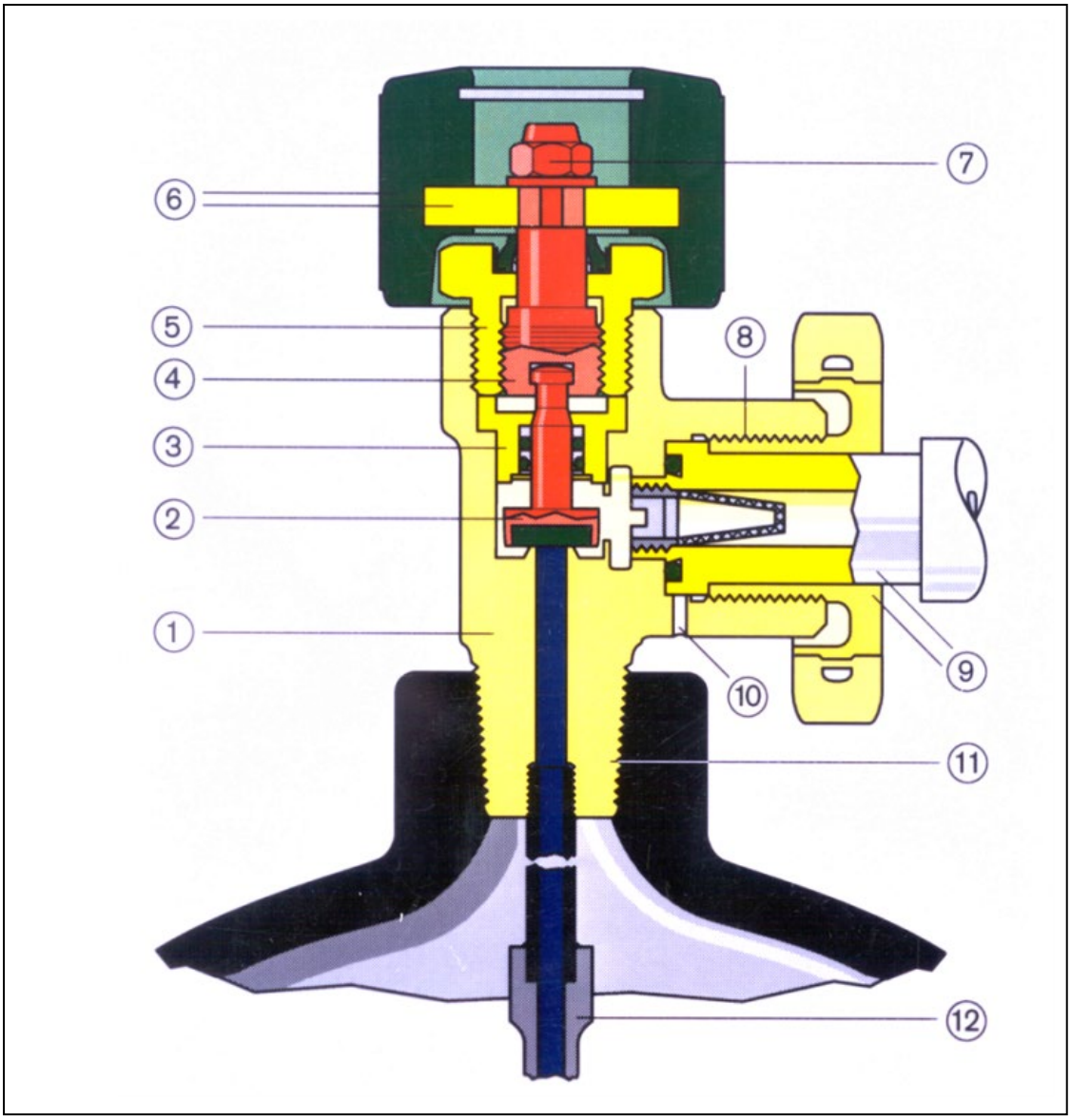


Abb. 6: Bauteile eines Flaschenventiles

1. Ventilgehäuse
2. Unterspindel
3. Dichtbuchse
4. Oberspindel
5. Kopfschraube
6. Handrad
7. Sicherungsmutter
8. Anschluss für DM
9. Anschlussstutzen
10. Entlastungsbohrung
11. kleinkonisches Gewinde
12. Wasserschutzrohr ggf. mit Sinterfilter

3.2 Abströmsicherung

3.2.1 Kennzeichnung der Hersteller

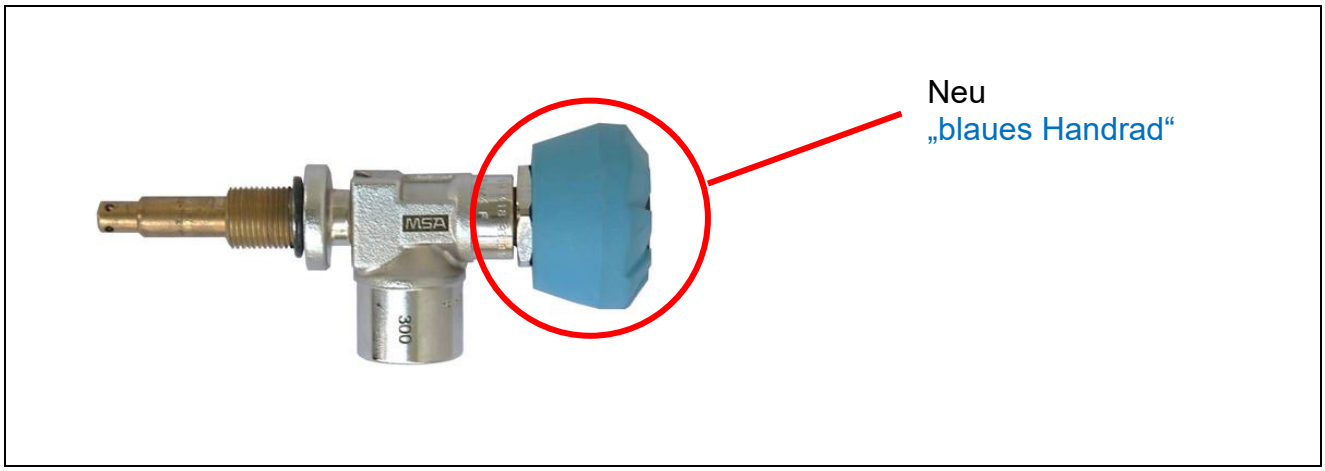


Abb. 7: Abströmsicherung der Firma MSA Auer

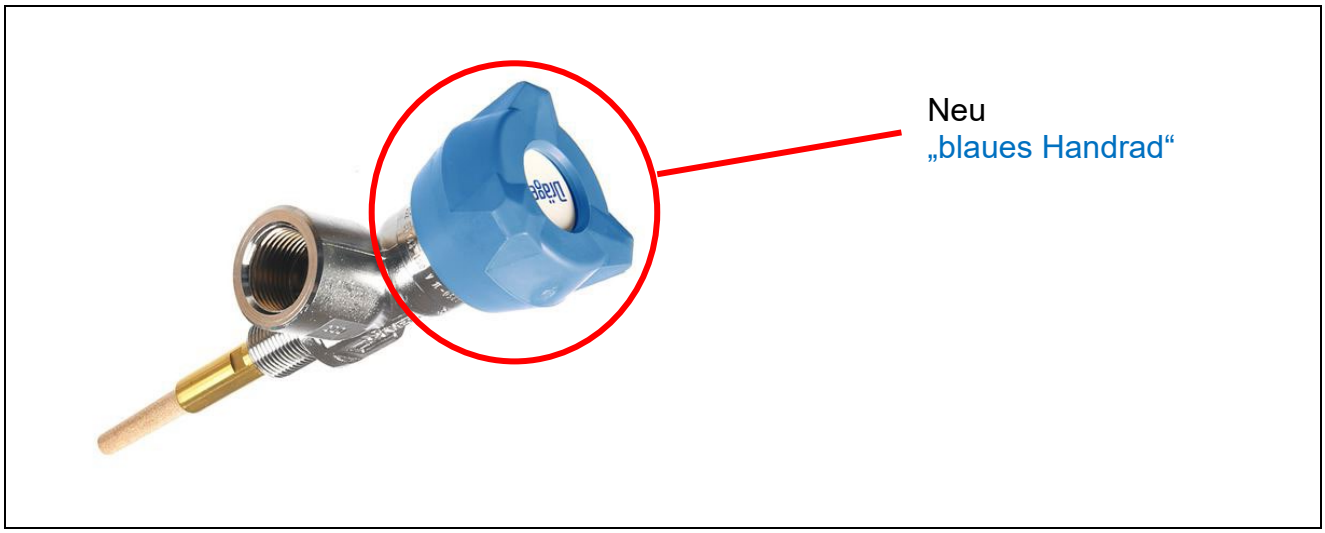


Abb. 8: Abströmsicherung der Firma Dräger

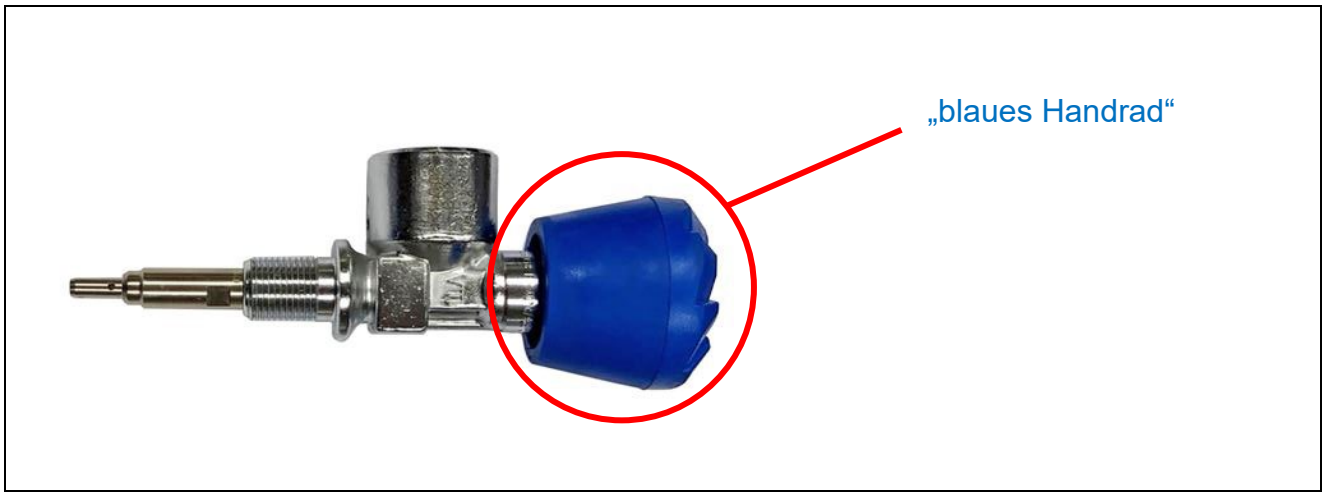


Abb. 9: Abströmsicherung der Firma Interspiro

3.2.2 Funktionsweise einer volumenstromgesteuerten Abströmsicherung

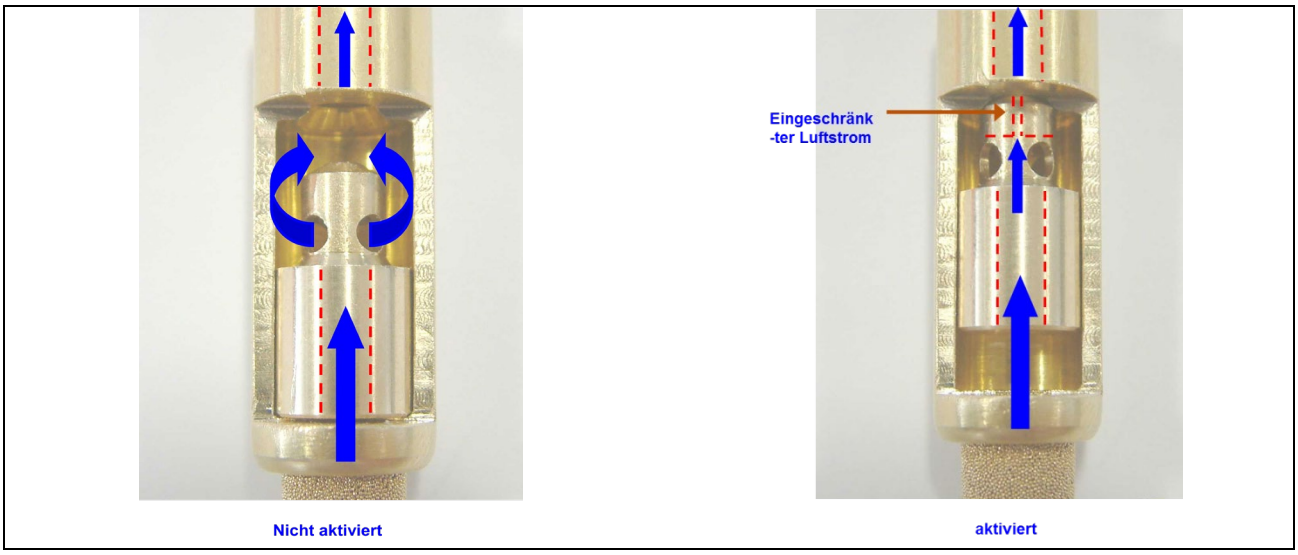


Abb. 10: Abströmsicherung nicht aktiviert und aktiviert

Bricht ein Flaschenventil ohne Abströmsicherung, fliegt die Atemluftflasche unkontrolliert umher und wird zu einem gefährlichen Geschoss. Eine solche herumfliegende Atemluftflasche kann Sachschäden verursachen und in der Nähe befindliche Personen verletzen.

Bricht ein Flaschenventil mit Abströmsicherung, wird der Kolben, durch den schlagartig austretenden Druck verschoben und der Querschnitt des Ventils verengt. Die entweichende Luftmenge wird dadurch soweit verringert (ca. 600 l/min), dass die Atemluftflasche nicht mehr unkontrolliert herumfliegen kann. Diese Sicherheitsfunktion wird auch bei unbeabsichtigtem Öffnen aktiv.

Mit Abströmsicherung ausgestattete Flaschenventile sind mit einem blauen Handrad gekennzeichnet.

Bei normalem Betrieb eines Pressluftatmers bleibt der volle Querschnitt und somit die gesamte Luftlieferleistung des Flaschenventils erhalten.

Flaschenventile mit Abströmsicherung sind ausschließlich für die Verwendung in Atemluftflaschen zugelassen.

3.2.3 Funktionsweise der Ausströmsicherung der Firma MSA Auer

Bei der eingeschraubten Ausströmsicherung hält im normalen Betrieb ein Stößel, der sich an der Unterspindel des Ventils abstützt, einen federbelasteten Kolben so auf Abstand, dass die Durchströmung des Ventils nicht behindert wird.

Bricht das Oberteil des Ventils ab, verliert der Stößel seine Abstützung und der Kolben wird durch die Federkraft auf seinen Sitz gedrückt. Durch eine Verringerung des Querschnittes baut sich der Flaschendruck langsam ab; der sonst üblich gefährliche Rückstoß wird aber sicher verhindert.

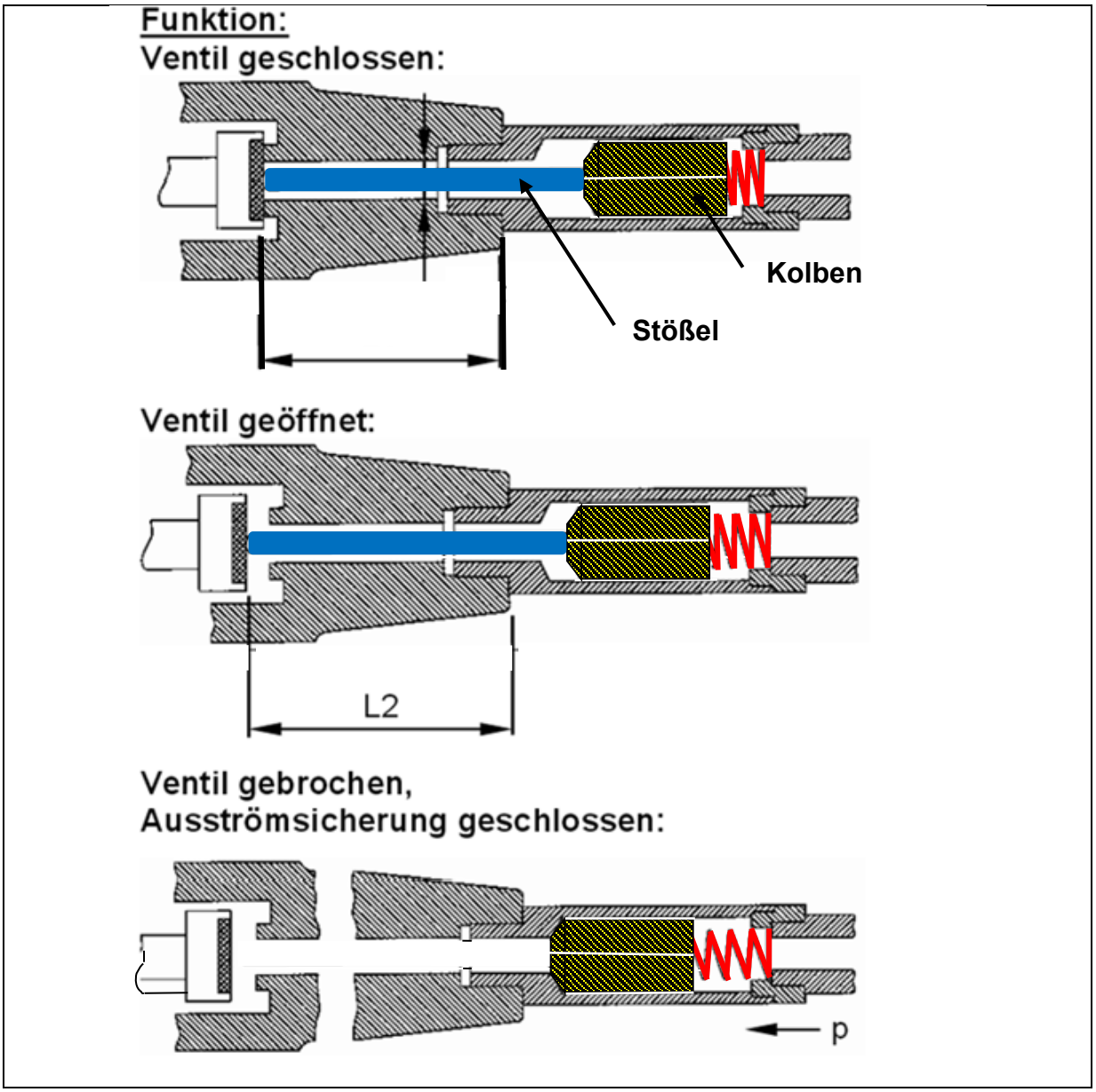


Abb. 11: Ausströmsicherung von der Firma MSA Auer

4 Druckminderer

Der Druckminderer reduziert den Flaschendruck auf einen gleich bleibenden Mitteldruck zwischen 4,5 bar bis 10 bar.

4.1 Bauteile eines Druckminderers

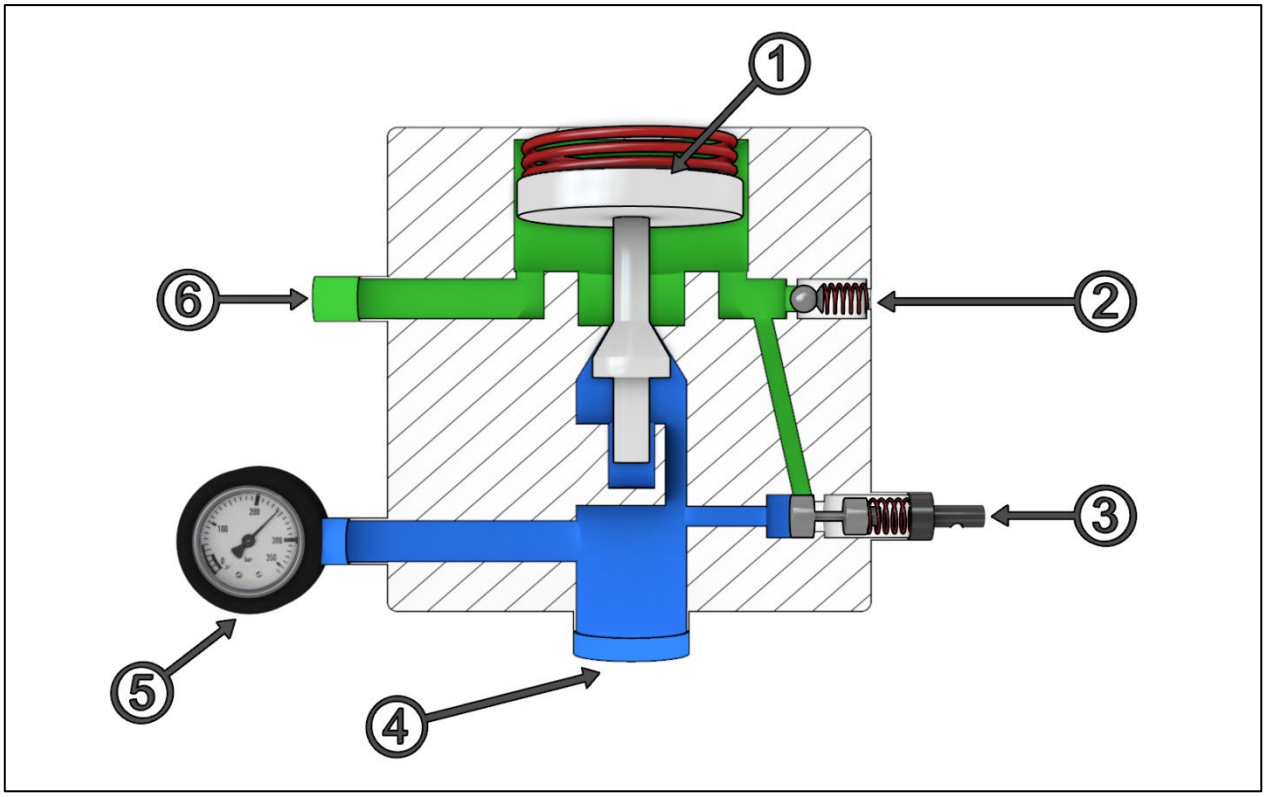


Abb. 12: Bauteile eines Kolben-Druckminderers

1. Druckreduzierstufe
2. Sicherheitsventil
3. Warneinrichtung
4. Hochdruckanschluss
5. Manometer
6. Mitteldruckanschluss

4.2 Funktion eines Kolben - Druckminderers

Der Hochdruckbereich ist durch ein Ventil (Ventilkegel und Ventilsitz) vom Mitteldruckbereich getrennt. Der Ventilkegel ist mit einem beweglichen Kolben verbunden.

Auf den Kolben wirken von außen die Federkraft und der Atmosphärendruck, während von innen der Mitteldruck wirkt und den Kolben in der oberen Stellung hält (siehe Abb. 12). Der Ventilkegel schließt den Durchgang zwischen Hoch- und Mitteldruckbereich. Sinkt der Mitteldruck (durch das Atmen) ab, überwiegt die Kraft der Stellfeder und der Kolben wird mit dem Ventilkegel nach unten bewegt (siehe Abb. 13). Dadurch wird die Öffnung zum Hochdruckraum frei und die Atemluft strömt vom Hoch- in den Mitteldruckraum. Steigt der Mitteldruck wieder an, wird der Kolben nach oben bewegt, der Ventilkegel verschließt den Durchgang zum Hochdruckbereich. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem Atemzug.

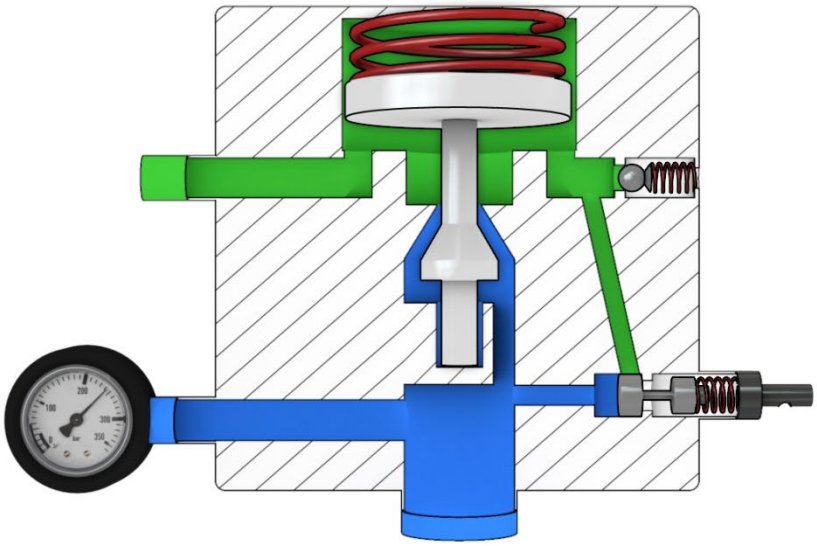


Abb. 13: Kolben-Druckminderer im geöffneten Zustand

4.2.1 Sicherheitsventil

Das Sicherheitsventil ist mit dem Mitteldruckbereich des Druckminderers verbunden und soll verhindern, dass bei Störungen des Druckminderers ein unzulässig hoher Mitteldruck entsteht wodurch der Geräteträger gefährdet werden könnte.

Das Ventil wird durch die Federkraft verschlossen. Steigt der Mitteldruck unzulässig an (12 bar - 14 bar, dieser Druck entspricht ca. dem 1,5-fachen des „normalen“ Mitteldrucks), wird die Federkraft überwunden und die überschüssige Luft strömt ab. Der Atemschutzgeräteträger kann ohne Behinderung weiteratmen, muss aber den Einsatz sofort abbrechen, da ein Defekt am Gerät vorliegt.

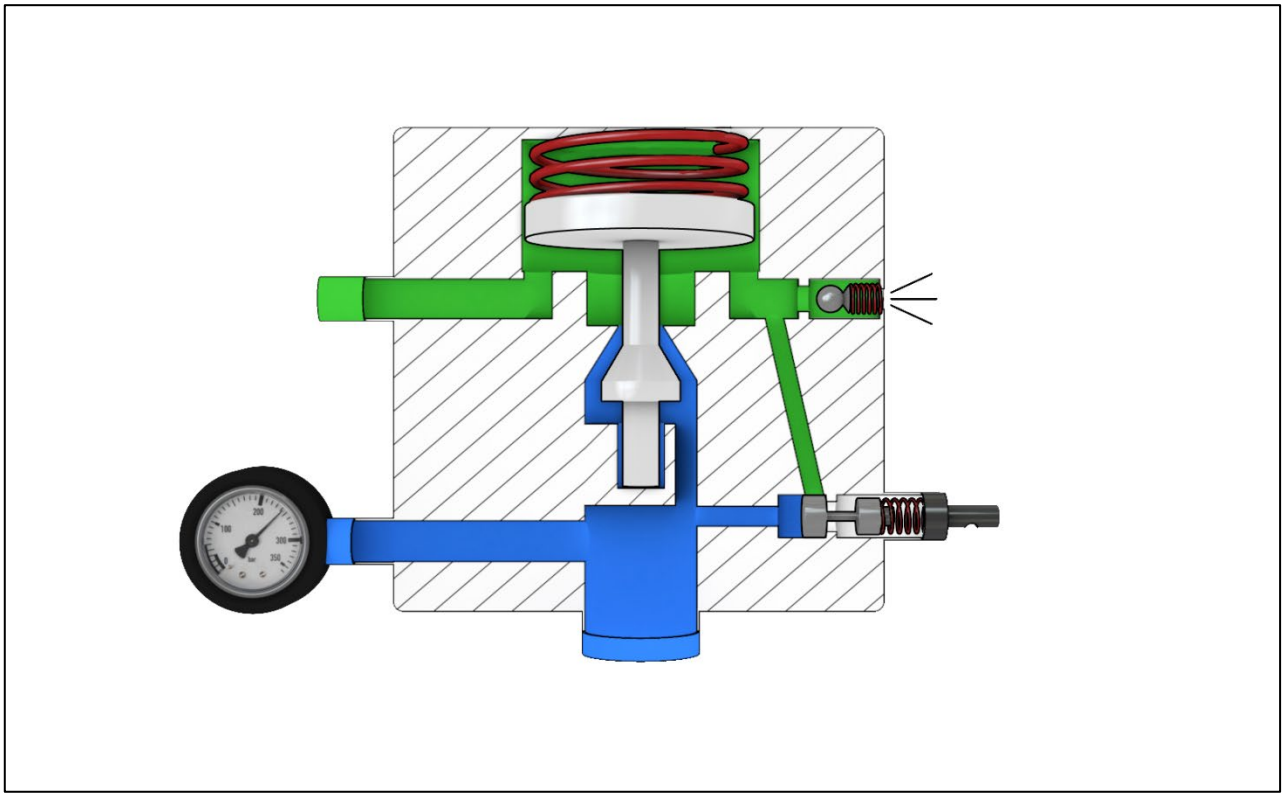


Abb. 14: Kolben-Druckminderer mit geöffnetem Sicherheitsventil

4.2.2 Warneinrichtung

Jeder Pressluftatmer muss mit einer Warneinrichtung ausgerüstet sein, die anspricht, sobald der Behälterdruck auf einen Wert zwischen 60 bar bis 50 bar abgefallen ist.

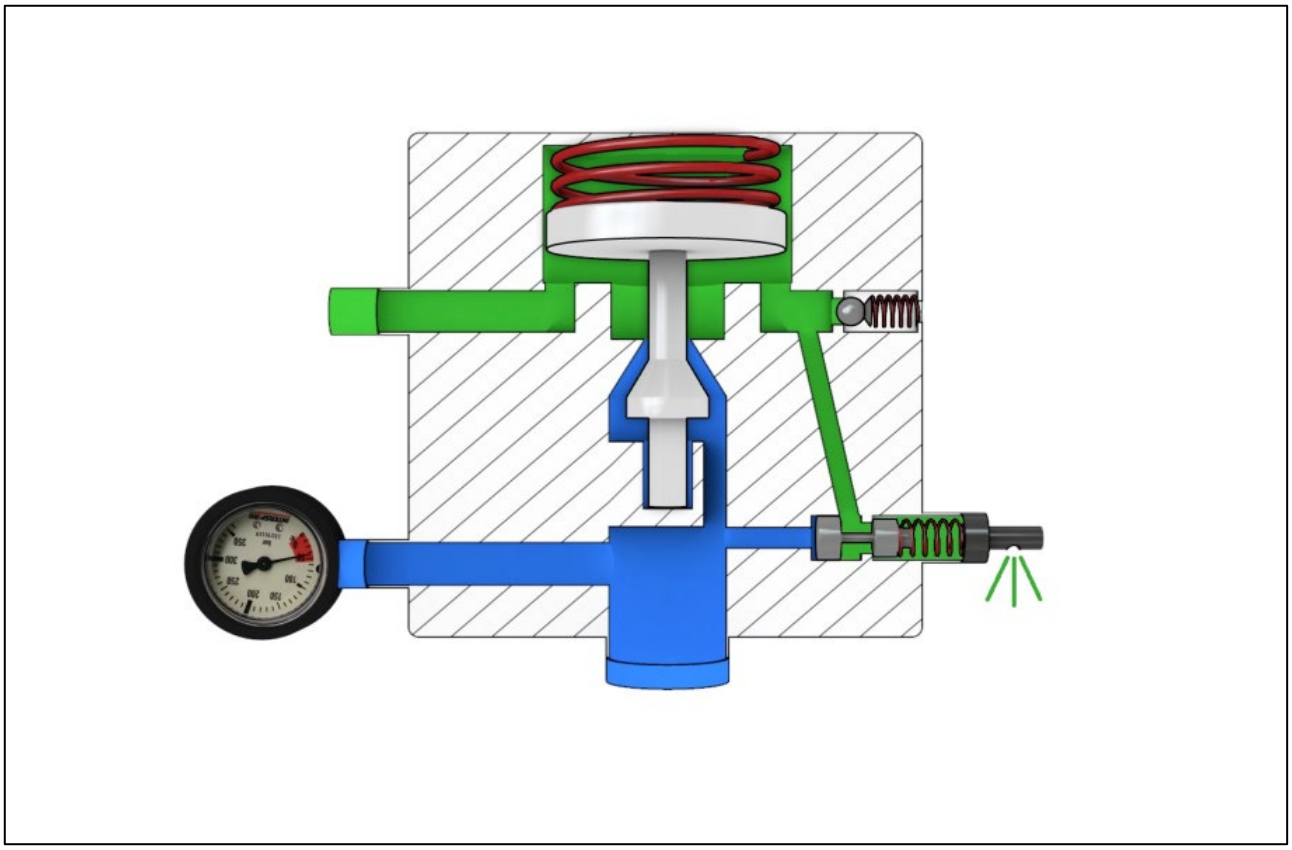


Abb. 15: Kolben-Druckminderer mit geöffneter Warneinrichtung

4.2.3 Manometer (Druckanzeiger)

Das Manometer ist über die Hochdruckleitung mit dem Hochdruckraum des Druckminderers verbunden. Das Gerät muss mit einem Druckanzeiger ausgerüstet sein, der den Druck in der (den) Flasche(n) nach dem Öffnen des Ventils oder der Ventile anzeigt. Der Atemschutzgeräteträger kann (bei geöffnetem Flaschenventil) jederzeit den Behälterdruck ablesen.

5 Lungenautomaten

5.1 Lungenautomaten bei Normaldruckgeräten

Der Lungenautomat ist eine atemgesteuerte Dosiereinrichtung, die eine ausreichende Atemluftabgabe gewährleistet. Er ist mit dem Mitteldruckschlauch am Druckminderer angeschlossen.

5.1.1 Bauteile des Normaldruck-Lungenautomaten

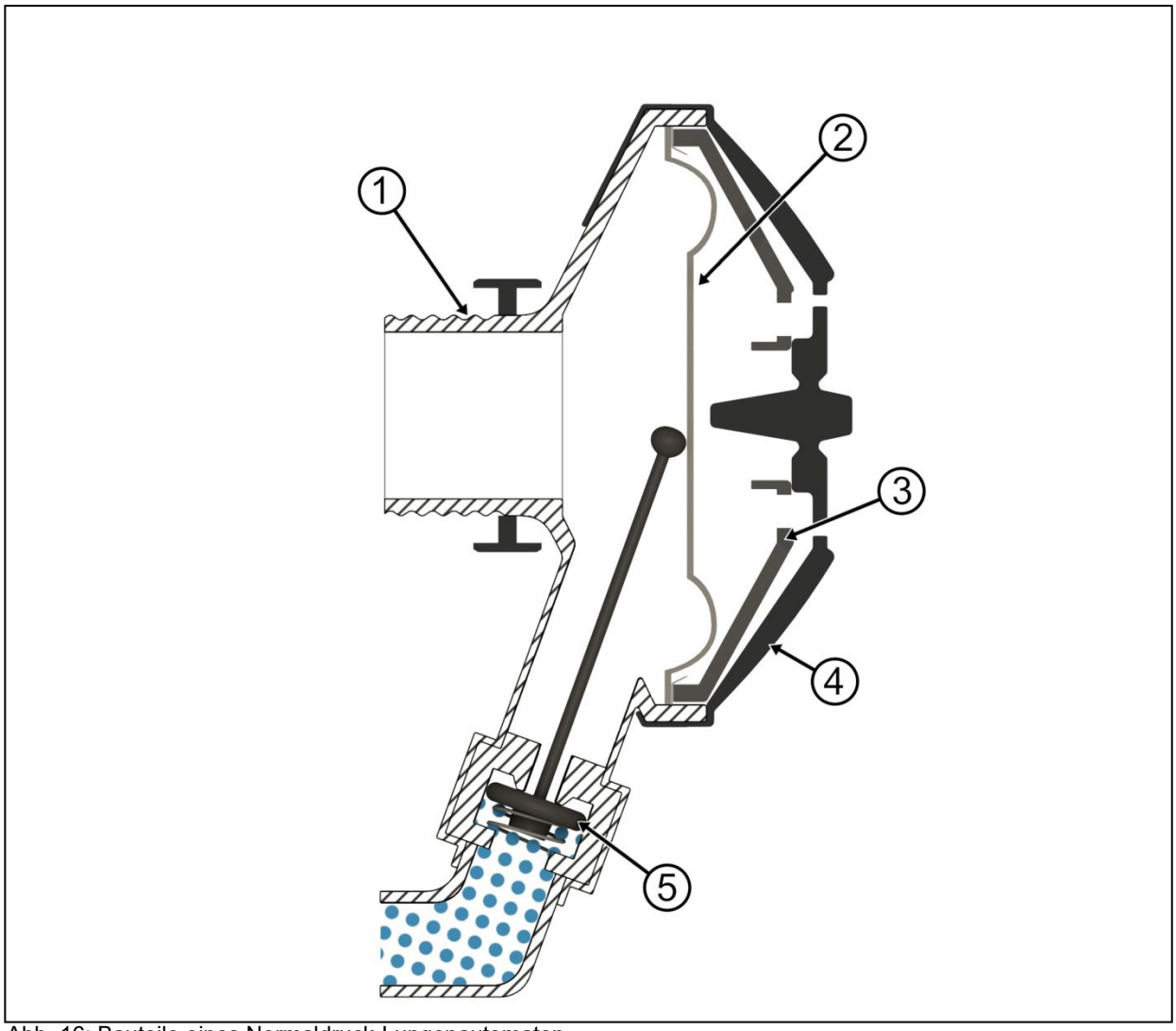


Abb. 16: Bauteile eines Normaldruck-Lungenautomaten

1. Rundgewindeanschluss 40 x $^{1}/_{7}$“
2. Membran
3. Deckel
4. Schutzkappe
5. Hebelventil

5.1.2 Funktion eines Normaldruck-Lungenautomaten

Im Gehäuse sind eine Membran und ein Hebelventil untergebracht. Der Kipphebel ist federbelastet und dichtet mit einem Ventilteller am Ventilsitz ab, sodass keine Luft (Mitteldruck) abströmen kann.

Die Membran teilt das Innere des Lungenautomaten gasdicht in zwei Kammern, wovon

- eine mit der Umgebungsluft und
- die andere mit dem Atemanschluss in Verbindung steht.

Beim Einatmen entsteht im Anschlussstück ein Unterdruck. Durch den Atmosphärendruck auf der Außenseite wölbt sich die Membran in Richtung Kipphebel. Der Kipphebel wird nach innen gedrückt, wodurch der Ventilteller vom Ventilsitz abgehoben wird und die Öffnung freigibt - die anstehende Luft (Mitteldruck) strömt in den Lungenautomaten und von dort in die Maske.

Durch Drücken des Spülknopfes kann der Kipphebel mechanisch vom Ventilsitz abgehoben werden. Es strömt Luft aus der Mitteldruckleitung nach, bis der Druck auf beiden Seiten der Membran wieder ausgeglichen ist.

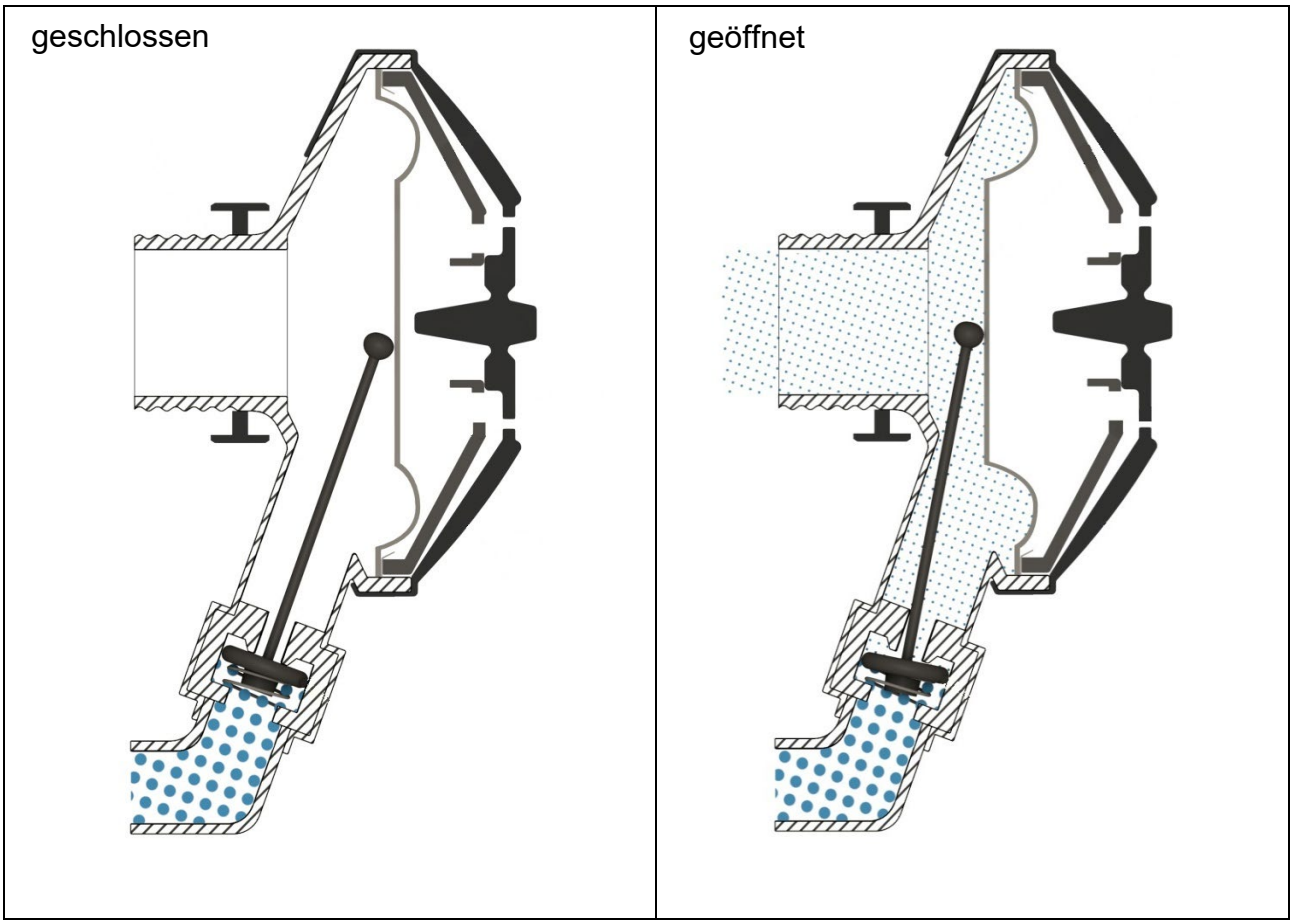


Abb. 17: Lungenautomat im geschlossenen und offenen Zustand (Einatemphase)

5.2 Lungenautomaten bei Überdruckgeräten

Überdruck-Lungenautomaten haben einen Gewindeanschluss M 45 x 3 (DIN EN 148-3) oder einen Steckanschluss (DIN 58600). Äußerlich unterscheidet er sich durch eine rote Kennzeichnung (z. B. am Anschlussstück) vom Normaldruck-Lungenautomaten.

5.2.1 Bauteile eines Überdruck-Lungenautomaten

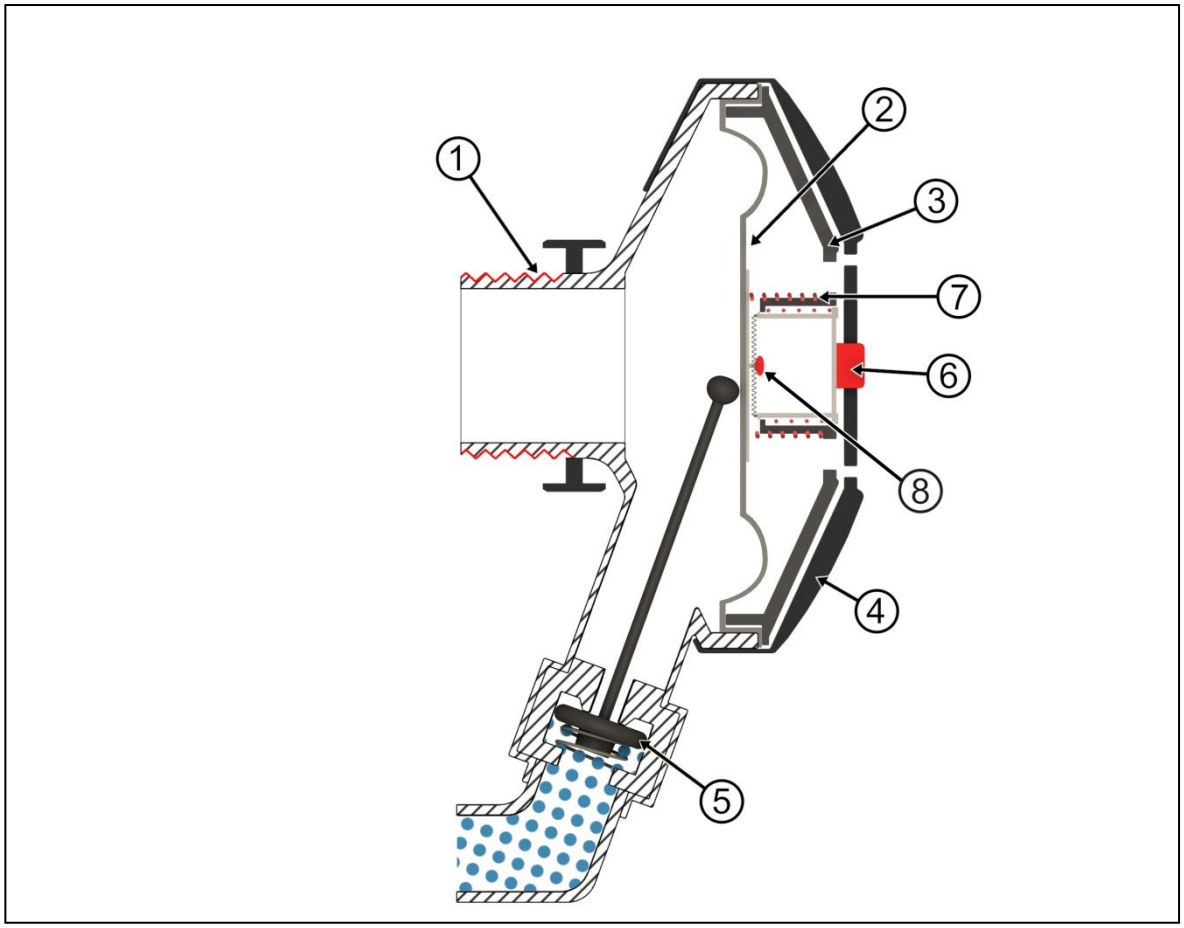


Abb. 18: Bauteile eines Überdruck-Lungenautomaten

1. Einheitsgewinde M 45 x 3
2. Membran
3. Deckel
4. Schutzkappe (rote Kennzeichnung
5. Hebelventil
6. Überdruck - Abschaltknopf
7. Überdruckfeder
8. Schleppstift

5.2.2 Funktion eines Überdruck-Lungenautomaten

Ein Überdruck-Lungenautomat ist so aufgebaut, dass das Dosierventil erst schließt, wenn in der Atemschutzmaske bzw. dem Anschlussstück ein Überdruck von 1 mbar bis 3,9 mbar herrscht.

Bei dem in Bild 19 gezeigten Lungenautomaten wirkt, neben dem atmosphärischen Druck, zusätzlich eine Federkraft auf die Membran. Diese Federkraft ist so groß, dass die Membran erst bei einem Überdruck von 1 mbar bis 3,9 mbar in der Atemschutzmaske (Anschlussstück) in die „Nullstellung“ zurückgeht und das Ventil (hier: Hebelventil) schließt.

Zum Ablegen des Lungenautomaten kann die „Überdruckfunktion“ ausgeschaltet werden, dabei wird die Membranfeder arretiert. Beim Einatemvorgang löst sich diese Arretierung selbstständig, die „Überdruckfunktion“ ist eingeschaltet.

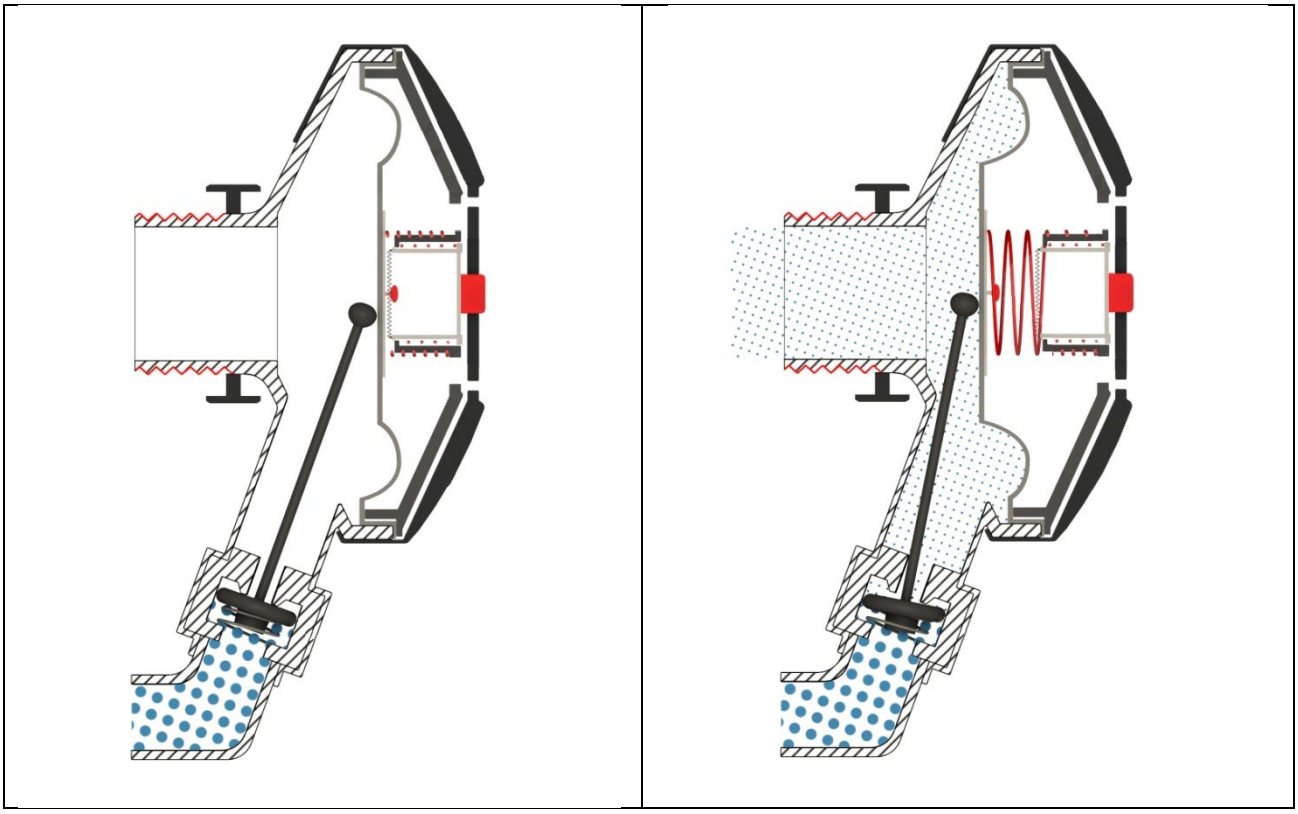


Abb. 19: Überdruck-LA in Neutralstellung und Überdruck-LA angesteuert (Statischer Überdruck 1 - 3,9 mbar)

6 Atemschutzmasken

Der Atemanschluss ist der Teil eines Atemschutzgerätes, der das Gerät mit den Atemorganen des Geräteträgers verbindet. Er bedeckt die Augen, Nase, Mund und Kinn (Vollmaske) und sichert somit einen angemessenen Abschluss des Gerätes des Benutzers gegen die Umgebungsatmosphäre.

Bei der Feuerwehr wird als Atemanschluss eine Vollmaske verwendet. Atemschutzmasken können Personen zugeteilt oder Bestandteil der Fahrzeugbeladung sein. Soweit die Maske zur persönlichen Ausrüstung gehört, ist die Zuordnung zum Atemschutzgeräteträger in geeigneter Weise kenntlich zu machen.

6.1 Normaldruck Atemschutzmaske

6.1.1 Bauteile einer Normaldruck-Maske

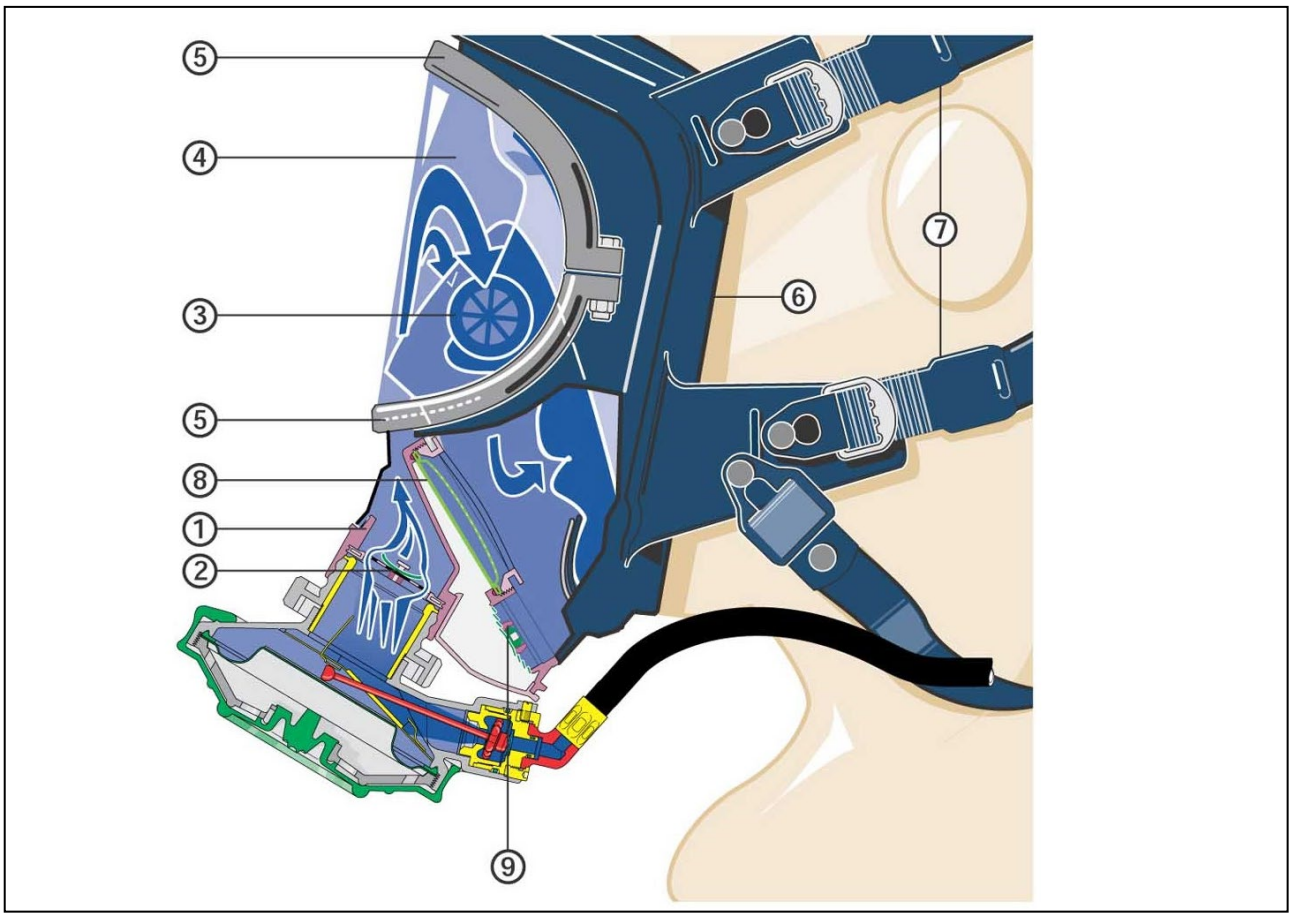


Abb. 20: Bauteile einer Normaldruck-Maske

1. Rundgewindeanschluss
2. Einatemventil
3. Innenmaske / Steuerventile
4. Sichtscheibe
5. Spannrahmen
6. Maskenkörper
7. Kopfbänderung
8. Sprechmembran
9. Ausatemventil

Maskendichtrahmen:
Er schmiegt sich an Stirn, Wangen und Kinn des Atemschutzgeräteträgers und bewirkt bei richtigem Anlegen und Überprüfung den gasdichten Abschluss an der Gesichtsfläche.

Trageband:
Es wird um den Hals gelegt und dient dazu, die Maske in Bereitschaft vor der Brust zu tragen.

Bänderung:
Die Bänderung besteht aus Kopfplatte, Nacken-, Schläfen- und Stirnband. Sie ist einstellbar und hält die Vollmaske fest und bequem in Position. Sie ist so beschaffen, dass die Maske schnell angelegt und abgenommen werden kann.

Sichtscheibe:
Die Sichtscheibe ist gasdicht und zuverlässig mit dem Maskenkörper verbunden und darf die Sicht nicht beeinträchtigen. Sie muss dauerhaft mit einem „**F**“ (für Feuerwehr; beständig gegen Wärmebestrahlung) gekennzeichnet sein.

Anschlussstück:
Am Anschlussstück erfolgt die (gasdichte) Verbindung mit dem Lungenautomaten.
Normaldruckmasken haben einen Rundgewinde- und Überdruckmasken einen Gewinde- (M 45 x 3) oder Steckanschluss.

Einatemventil:
Es gibt bei der Einatmung den Atemweg frei und verschließt beim Ausatmen den Zugang zum Lungenautomaten.

Innenmaske:
Sie hält den Totraum klein. Beim Einatmen wird die Luft zunächst an der Sichtscheibe vorbei in den Maskenraum geführt (Scheibenspülung), um ein Beschlagen zu verhindern. Die Luft strömt dann durch die Steuerventile in die Innenmaske.

Ausatemventil:
Es verhindert beim Einatmen das Eindringen der Umgebungsatmosphäre und führt die ausgeatmete Luft ab. Die Vorkammer gewährleistet, dass in der kurzen Zeit zwischen Aus- und Einatmen, in der das Ausatemventil noch nicht vollständig geschlossen ist, keine Luft aus der Umgebungsatmosphäre (schadstoffhaltige Luft) in das Innere der Maske strömt. Der Atemschutzgeräteträger atmet stattdessen einen kleinen Teil seiner Ausatemluft wieder ein. Sie schützt das Ausatemventil zudem gegen Schmutz, Flammendurchschlag und mechanische Beschädigungen.

6.1.2 Funktion einer Normaldruck-Maske

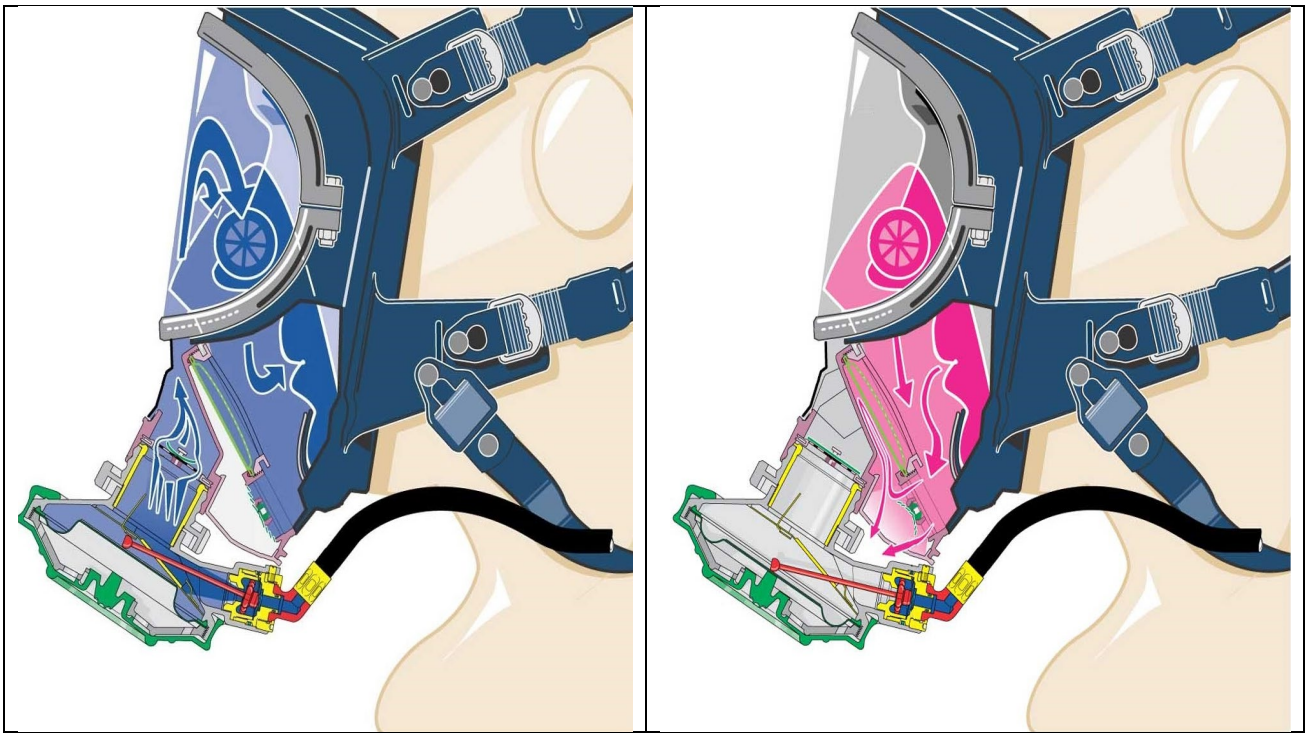


Abb. 21: Einatemphase und Ausatemphase einer Normaldruckmaske mit Lungenautomat

6.2 Überdruck Atemschutzmaske

Durch die Kombination eines Überdruck-Lungenautomaten mit einer Überdruckmaske ist gewährleistet, dass in der Atemschutzmaske immer ein Überdruck (größer als der Umgebungsdruck) herrscht, so dass bei eventuell auftretenden Undichtigkeiten keine Umgebungsatmosphäre in die Atemschutzmaske gelangen kann.

Auch bei Verwendung der Überdrucktechnik darf kein Bart oder Koteletten im Bereich der Dichtlinie von Atemanschlüssen vorhanden sein.

Um den Überdruck in der Vollmaske aufrecht zu erhalten, ist das Ausatemventil mit einer Feder belastet. Der Öffnungsdruck des Ausatemventils muss mindestens 4,2 mbar betragen. (Schließdruck des Überdruck-Lungenautomaten 1 – 3,9 mbar)

Zur optischen Unterscheidung sind Überdruckmasken rot gekennzeichnet. Sie haben einen Gewinde- (M 45 x 3) oder Einheitssteckanschluss (ESA).

6.2.1 Bauteile einer Überdruck-Maske

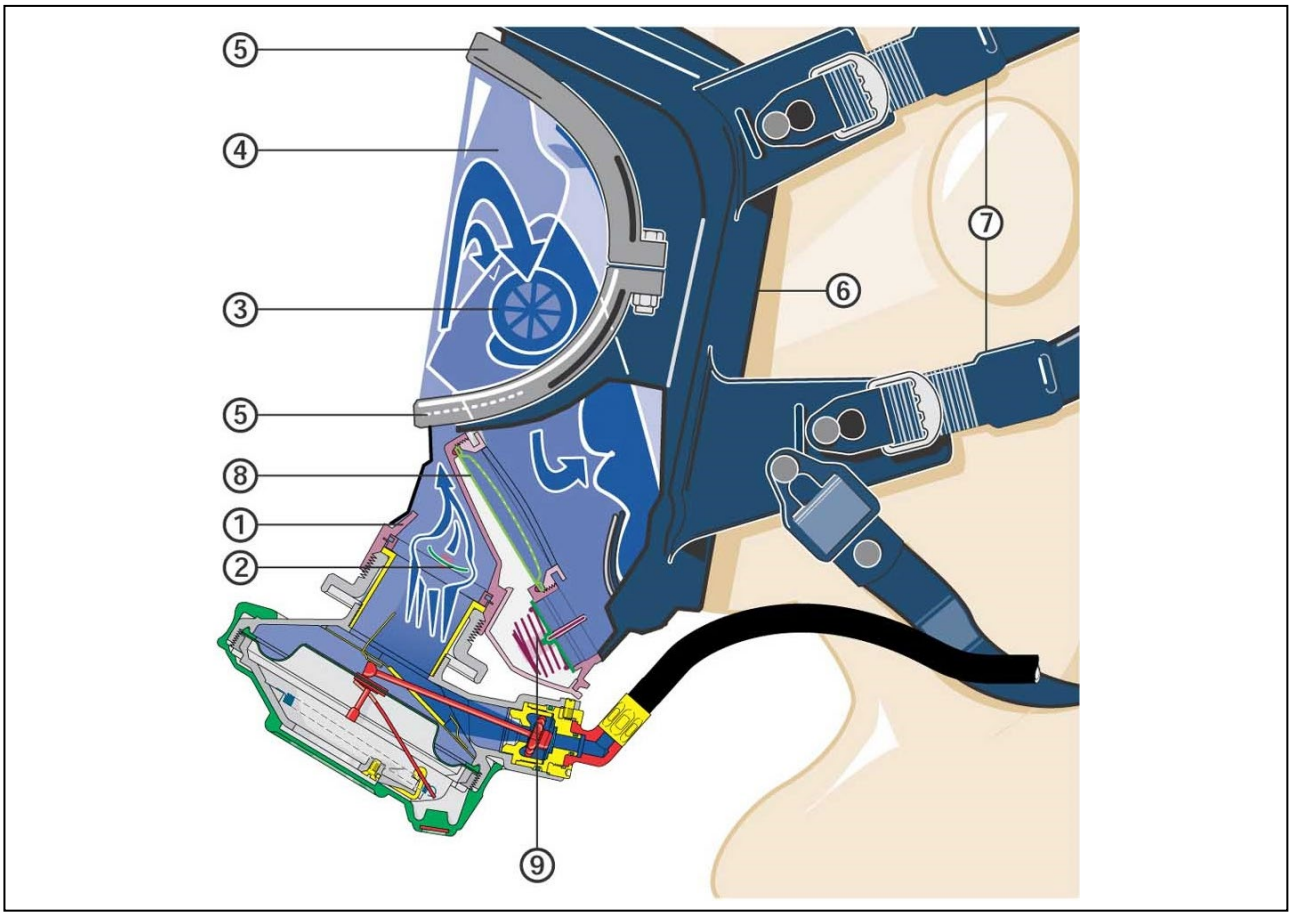


Abb. 22: Bauteile einer Überdruck-Maske

1. Einheitsgewindeanschluss
2. Einatemventil
3. Innenmaske / Steuerventile
4. Sichtscheibe
5. Spannrahmen
6. Maskenkörper
7. Kopfbänderung
8. Sprechmembran
9. Ausatemventil federbelastet

6.2.2 Funktion einer Überdruck-Maske

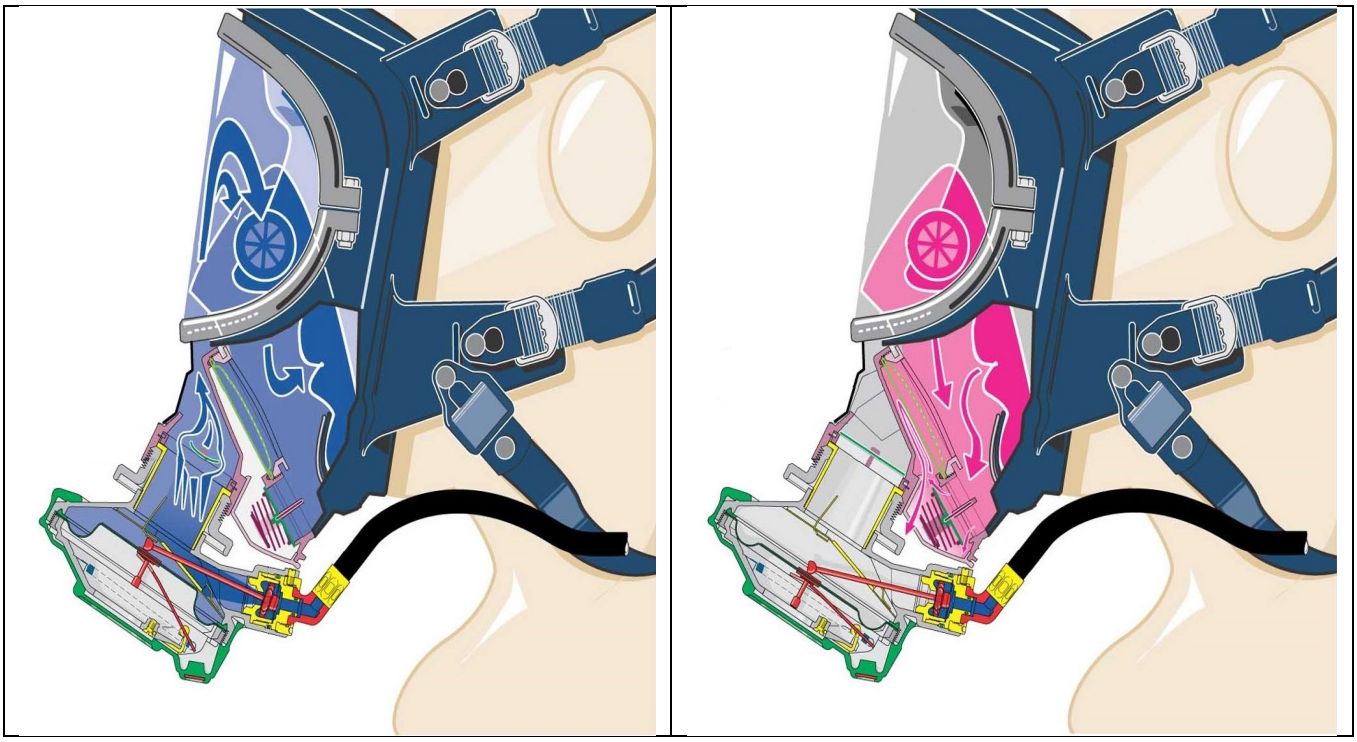


Abb. 23: Einatemphase und Ausatemphase einer Überdruckvollmaske mit Lungenautomat

7 Gegenüberstellung Normaldrucktechnik - Überdrucktechnik

	Normaldrucktechnik	Überdrucktechnik
Lungenautomat	Rundgewindeanschluss 40 x 1/7“	Einheitsgewindeanschluss M 45 x 3 mm / ESA
		Rote Kennzeichnung
		Überdruck – Abschaltknopf
		Überdruckfeder
Vollmaske	Rundgewindeanschluss 40 x 1/7“	Einheitsgewindeanschluss M 45 x 3 mm / ESA
		Rote Kennzeichnung
		Federbelastetes Ausatemventil

Tab. 2: Gegenüberstellung Überdrucktechnik - Normaldrucktechnik

8 Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule
   Abb. 1 bis 4, Abb. 12 bis 19

2. Hessische Landesfeuerwehrschule
   Tab. 1 und 2

3. Dräger Safety
   Abb. 5 und 6, Abb. 8 und 10, Abb. 20 bis 23

4. MSA Safety
   Abb. 7 und 11

5. Interspiro
   Abb. 9