

DAS MARKENZEICHEN FÜR PROFESSIONELLE DRUCKLUFTVERTEILUNG

blueAIRmotion
PREMIUMROHRSYSTEME FÜR MEHR ENERGIE

powered by **METAPIPE**



Leitfaden Druckluft 2.0

Wie er-/behalte ich die Übersicht über Effizienz, Ökonomie und Ökologie?

Sie müssen nicht zum Druckluftfachmann werden, sollten aber die systemischen Effizienzkriterien kennen, z. B. für die Phasen Optimierung, Planung und Investition.

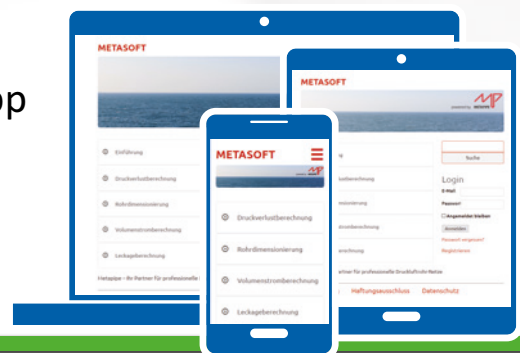
Lesen Sie diesen Leitfaden vor jeder Planung/Sanierung sorgfältig durch. Er hilft Ihnen, mit besonderem Fokus auf oft vernachlässigte Druckluftleitungssysteme, schnell mit Effizienzkriterien vertraut zu werden.

Denken Sie daran, dass nicht die Verdichter letztlich die Druckluftkosten bestimmen, sondern nur optimale dreistufige Druckluftverteilungssysteme.



Neu: Die **METASOFT** Web-App
Berechnung von Druckluftnetzen

Jetzt kostenlos registrieren unter
<http://metasoft.metapipe.de>



METAPIPE
Rohrsystem- und Vertriebs GmbH
Hamburger Straße 130
D-44135 Dortmund

Tel. 02 31 / 52 79 95
Fax 02 31 / 52 79 96
info@metapipe.de
<http://www.metapipe.de>

August 2017

Energiequelle	Einheit	Kosten
Erdgas	Nm ³	bekannt
Strom	kWh	bekannt
Wasser	m ³	bekannt
Druckluft	m³	??????
Dampf	kg	bekannt



Energie-Monitoring? – Fehlanzeige!
Gerade in Bezug auf Druckluft sind die für das Unternehmen anfallenden Kosten oft nicht exakt erfasst oder dokumentiert.

Inhaltsübersicht

1.	Was kostet eigentlich Druckluft?	Seite 4
2.	Systemische Planungskriterien	Seite 6
3.	Druckluft-Effizienz im Netz gefangen	Seite 7
4.	Moderne Druckluftverteilung für höchste Ansprüche	Seite 8
5.	Top oder Flop	Seite 9
6.	Effizienz durch Intelligenz – Keep it simple	Seite 10
7.	Objektblatt / Netznavigator	Seite 11
8.	Optimale Druckluftrohrsysteme, Technische Regeln etc.	Seite 15
9.	CE-Kennzeichnung	Seite 21
10.	Preisspiegel Druckluftrohrsysteme	Seite 21
Anhang A	Glossar	Seite 22
Anhang B	Glossar-Richtlinien	Seite 23

1. Was kostet eigentlich Druckluft?

Druckluftenergie – effektiv / effizient?

Der Wirkungsgrad bei der Erzeugung von mechanischer Druckluftenergie aus Strom beträgt 5 %, d. h. eine **Energieeinheit Druckluft kostet 20-mal so viel wie eine Energieeinheit Strom**, also z. B.

20 x 15 Cent = 3 EURO

Nach der **EU-Studie*** gehen in **80 von 100 Betrieben bis zu 50 % dieser teuren Druckluftenergie verloren**, d.h. es muss doppelt soviel produziert werden wie zur Wirkung kommt, also erhöht sich der Faktor 20 auf 40 bzw. die „Energieeinheit Druckluft“ kostet dann z. B.

6 EURO

Nur ist es mit 3 oder 6 EURO pro Energieeinheit Druckluft nicht getan, sondern **jeder** Erzeuger muss quasi sein eigenes Druckluftkraftwerk bauen mit Kompressoren, Aufbereitung, Druckluftverteilung – **diese Kosten kommen noch hinzu**.

Die **Investitionskosten** für dieses „Kraftwerk“ haben aber bei der Kostenbetrachtung **keinesfalls Priorität für eine Vergabeentscheidung, da ca. 70 % der Druckluftkosten die laufenden Energiekosten (Strom etc.) sind**.

Die Energiekosten allein eines Jahres können leicht die Investitionskosten der kompletten Drucklufttechnik übersteigen.

Grundsätzlich gilt: Wer sich nur nach den Anschaffungskosten richtet, dem entgehen die wirklich wirtschaftlich günstigsten Lösungen, d. h. niedrige Folgekosten.

Basis jeder Entscheidung im Bereich der Drucklufttechnik (vom Kompressor bis zum Verbraucher) sollte wegen der **Komplexität (100 kleine Stellschrauben)** eine dokumentierte **Life-Cycle-Cost-(LCC)Betrachtung** sein, die die Systemfähigkeit jedes technischen Eingriffes einbezieht.

Wer billig einkauft, verdient nur an einem Tag Geld, wer **nachhaltig** wirtschaftlich einkauft, aber jeden Tag. **„Wer bei der Anschaffung spart, zahlt anschließend endlos drauf!“**

Überall dort, wo **Druckluft Chefsache ist** und die **Kostenarbeit-/Kostenstellen-Rechnung nach dem Verursacherprinzip** erfolgt, dienen Einsparpotenziale dazu, die Konkurrenzfähigkeit zu erhöhen. Die Einsparpotenziale können durchaus Auswirkungen auf die Dividendenhöhe erreichen.

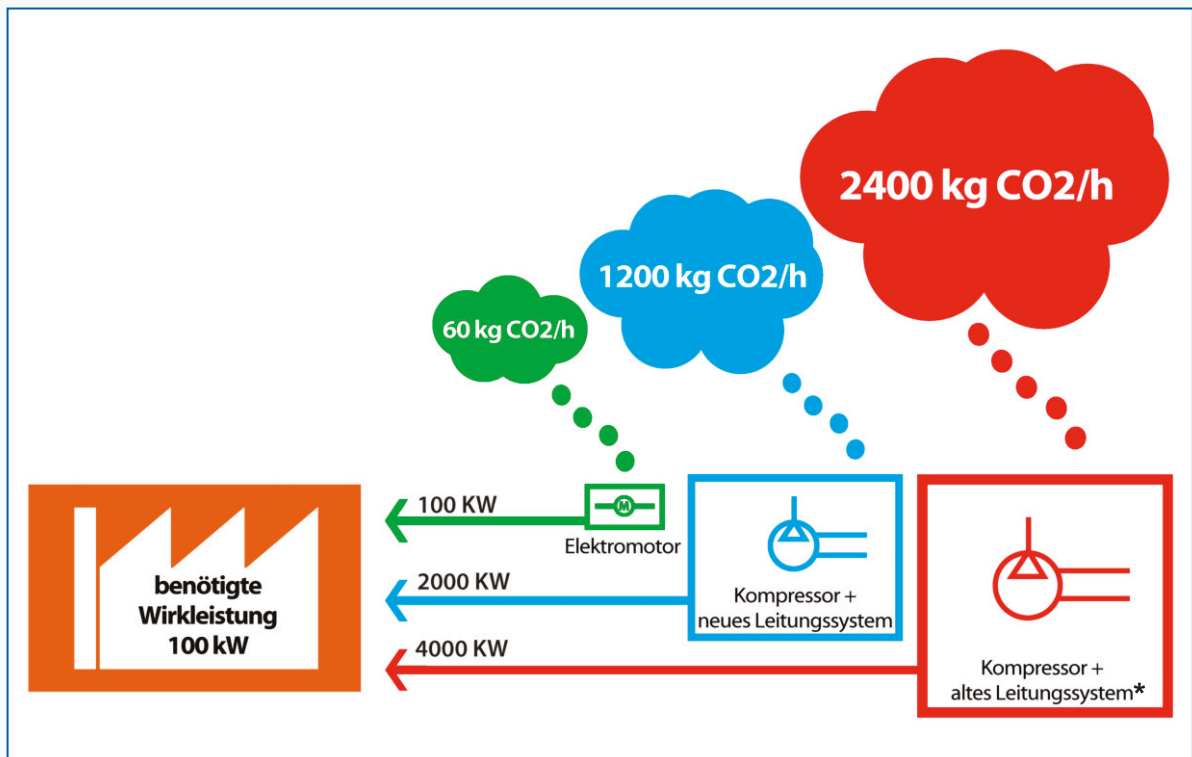
* Radgen/Blaustein: "Compressed Air Systems in the European Union", Stuttgart 2001

Vergleich Energiekosten: Antrieb Elektro/Druckluft

Unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten sind die Emissionskosten durch unterschiedliche CO₂-Belastungen nicht nur ökologisch, sondern auch kostenmäßig von Bedeutung.

Pro kWh elektrischen Antriebs fallen an CO₂ 0,6 kg/h an, wobei sich bei Druckluftantrieb der Anfall an CO₂ mit 12,1 kg/h erheblich vergrößert.

Erschreckend ist dann die Situation in 80 von 100 Betrieben mit einer 50-prozentigen Vergeudungsrate von 420 t CO₂ E-Motor auf 16.800 t CO₂ gemäß folgender Grafik:



		Effektivität	
Elektromotor	Wirkleistung: 100 kW Elektro-Nennleistung: 100 kW 7.000 Bha = 420 t CO₂ Energiekosten: 105.000,- €	😊	🌳 32.000 Bäume**
Kompressor mit neuem Leitungssystem	Wirkleistung: 100 kW Druckluft-Nennleistung: 2.000 kW 7.000 Bha = 8.400 t CO₂ Energiekosten: 2.100.000,- €	😊	🌳🌳🌳 646.000 Bäume**
Kompressor mit altem Leitungssystem*	Wirkleistung: 100 kW Druckluft-Nennleistung: 4.000 kW 7.000 Bha = 16.800 t CO₂ Energiekosten: 4.200.000,- €	😞	🌳🌳🌳🌳 1.292.000 Bäume**

* laut EU-Studie (Radgen/Blaustein: "Compressed Air Systems in the European Union", Stuttgart 2001) Standard in 80 von 100 Betrieben

** Ein normal gewachsener Baum bindet jährlich etwa 13 kg des Treibhausgases CO₂. Bei jährlich 13 t CO₂ müsste man 1.000 Bäume pflanzen.

2. Systemische Planungskriterien Drucklufttechnik

Nutzenergie Druckluft

Festlegung und Dokumentation des **Volumenstroms** unter Berücksichtigung des Luftverbrauchs, der Einschaltdauer, des Gleichzeitigkeitsfaktors, der Leckagen, der Reserven für älter werdende Werkzeuge unter Berücksichtigung von Reserven für Wachstum.

Volumenstrom (jetziger Verbrauch m³/h)

- plus Leckagen 10 - 35 % je nach Rohrsystem
- plus „**artificial demand**“ Mehrverbrauch der Werkzeuge durch zu hohen Betriebsdruck
- plus Reserven 35 % Zuwachs nach Angaben des Anwenders
- plus Mehrverbrauch 5 - 10 % für älter werdende Werkzeuge
- plus Mehrverbrauch 17 - 30 % Adsorptionstrockner (kalt regeneriert)

Kostspielige Bedarfsspitzen/Leerlaufzeiten bedeuten ca. 30 % Gesamtleistungsaufnahme, ohne Druckluft zu erzeugen. Oft sind Kompressoren nur zu 50 % ausgelastet, wogegen die maximale Luftmenge (100 % Vollauslastung) nur zu seltenen Spitzenzeiten benötigt wird.

Die **Druckluftqualität** wird gewählt nach DIN ISO 83751, Aufbereitung (nur so gut wie nötig): z. B. Werksluft 2/4/3 durch Kältetrockner.

Die Gestaltung der Aufbereitung (zentral oder dezentral) ergibt sich in Art und Umfang obligatorisch.

Die **Aufbereitung** sollte zentral erfolgen für die Standardqualität und dezentral für Sonderqualitäten.

Die **Verdichtung** sollte auf einen möglichst niedrigen Betriebsdruck (z. B. 6 bar oder weniger) abgestimmt werden:

Maximaldruck am Kompressor: maximal 1 bar höher als notwendiger Fließdruck am Verbraucher.

Dezentrale Höhverdichtungen erfolgen wirtschaftlich mittels Druckerhöhung aus dem normalen Netz.

Aufteilung der **Druckabfälle** wie folgt:

- Druck am Verbraucher: 6,0 bar
- Anschlusszubehör: ≤ 0,5 bar
- Rohrleitungsnetz: ≤ 0,1 bar
- Aufbereitung: ≤ 0,4 bar
- Druckband Kompressor: ≤ 0,5 bar

Rohrsystem

Dokumentation der Dimensionierung nach anerkannten Verfahren; korrosions- und oxydationsfestes Rohrmaterial; spaltlose, O-Ring-freie Rohrverbindungen ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s); erweiterungsfähige, vermaschbare Rohrführung; **Leckagen garantiert maximal 5 % über die gesamte Standzeit!**

Zur Vermeidung der Qualitätsbeeinträchtigung empfehlen sich völlig wartungsfreie, korrosions- und oxydationsfeste **Premium-Rohrsysteme (Systemlabelling)**.

Bei der zu dokumentierenden Dimensionierung und Konfiguration der Druckluftverteilung sollten die Querschnitte, obige Reserven, Leckagen etc. dokumentiert werden.

3. Druckluft-Effizienz im Netz gefangen

Wussten Sie schon, dass ...

- ✓ bei der Produktion von Druckluft nur 5 % mechanische Energie (Druckluft) und ca. 95 % Wärme entsteht?
- ✓ sich in 80 von 100 Betrieben dieser Wirkungsgrad von 5 % durch systemische Unzulänglichkeiten halbiert (EU-Studie*)?
- ✓ der Stromaufwand für Druckluft zwar in Branchen/Betrieben unterschiedlich ist, aber durchaus ergebnisrelevante Größen hat, z. B. im Maschinenbau beträgt er ca. 30 %?
- ✓ der Hauptschwachpunkt der Druckluftversorgung vergreiste, über Jahrzehnte „gewachsene“, schlecht geplante oder installierte Druckluftverteilungen sind?
- ✓ die Beseitigung von Schwachpunkten: z. B. teure Leckagen; druckerhöhende Flaschenhälse; aufbereitungsaufwändige, korrodierte/oxidierte Rohre weniger kosten als die oft innerhalb eines Jahres anfallenden hohen Energieverluste?



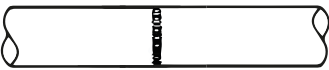


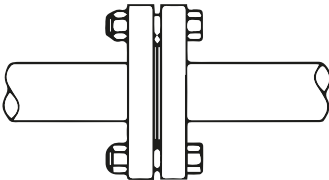











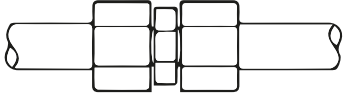



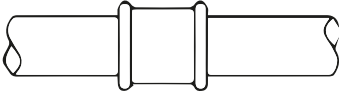



* Radgen/Blaustein: "Compressed Air Systems in the European Union", Stuttgart 2001

4. Moderne Druckluftverteilung für höchste Ansprüche

Effizienz durch Intelligenz – keep it simple ... sicher und leistungsstark

Mediengerechte, intelligente Profitechnik, auf der Basis konzentrierten, praxisnahen Bedarfsmonitorings und funktionsbasierter Entwicklung

- ✓ richtungsweisendes Premium-Rohrsystem mit hohem, nachhaltigen technologischen Standard hinsichtlich ökonomischer, energetischer und ökologischer Effizienz;
- ✓ **Systemlabelling** - durchgängig **materialhomogen** und ganzheitlich ausgerichtet hinsichtlich Werkstoffeigenschaften nach anerkannten Regeln (u.a. BetrSichV) für kompressible Medien;
- ✓ funktionsbasierte, auf das Wesentliche reduzierte Ausrichtung, auf einfache Planung, Montage und Inbetriebnahme sowie hohe Qualitätssicherheit;
- ✓ solide, dauerhaft dichte **Rohrverbindung** ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s), ohne Dichtelemente **spaltlos**, materialschlüssig durch einfache, dauerhaft dichte Kaltverschweißung – Vermeidung von spalthaltigen Schraub-, Quetsch- und O-Ring-Verbindungen ($Q_L < 10^{-6}$ mbar l/s);
- ✓ umweltfreundliches Systemmaterial aus duktilem, schwerentflammbarem Kunststoff (zu ca. 60 % aus heimischen Mineralien), garantiert lange Standzeiten

Rohrverbindung	Darstellung	lösbare Verbindung	zerstörungsfreie Wartung	Druckluft/ Vakuum
Schweißverbindung elektr./chem. Fügetechnik, Klebeverbindung			wartungsfrei	 $Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s *
Flanschverbindung				
Muffenverbindung				
Schraubverbindung				
Rohrverschraubung				
Pressverbindung				

* Spezifische Leckagerate Q_L :

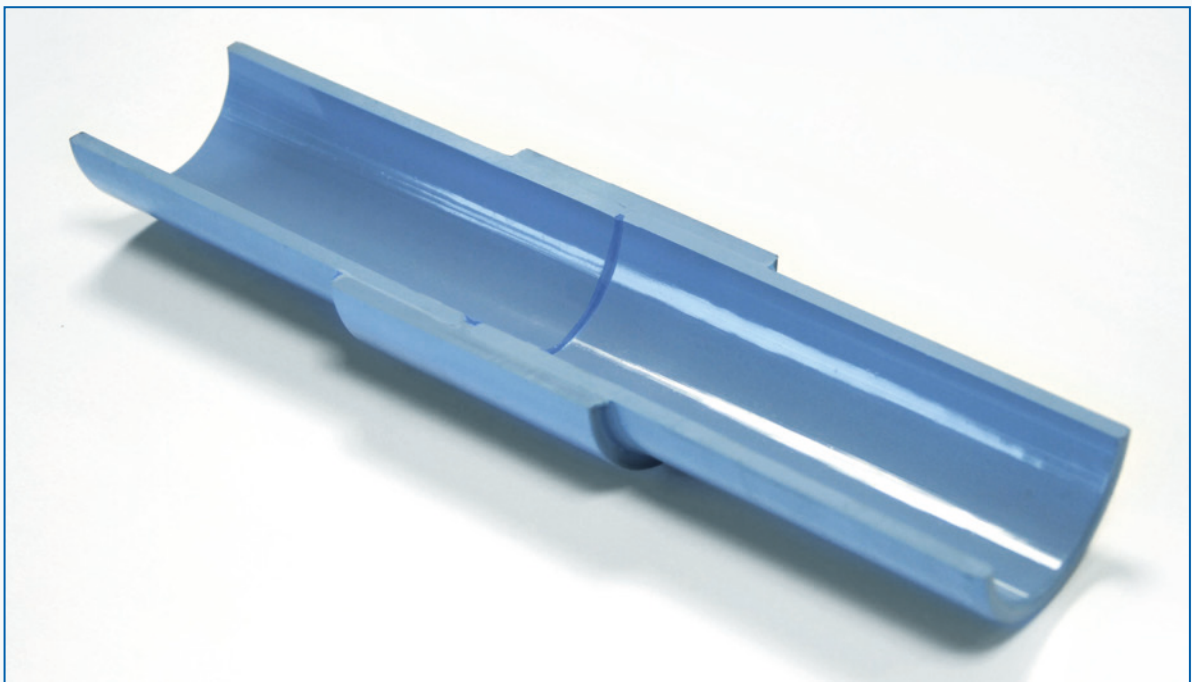
- wasserdicht ($Q_L < 10^{-2}$ mbar l/s)
- dampfdicht ($Q_L < 10^{-3}$ mbar l/s)
- öldicht ($Q_L < 10^{-5}$ mbar l/s)
- gasdicht ($Q_L < 10^{-7}$ mbar l/s)
- **absolut dicht** ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s)

5. Druckluftverteilung – Top oder Flop

Sie sollten wissen, dass ...

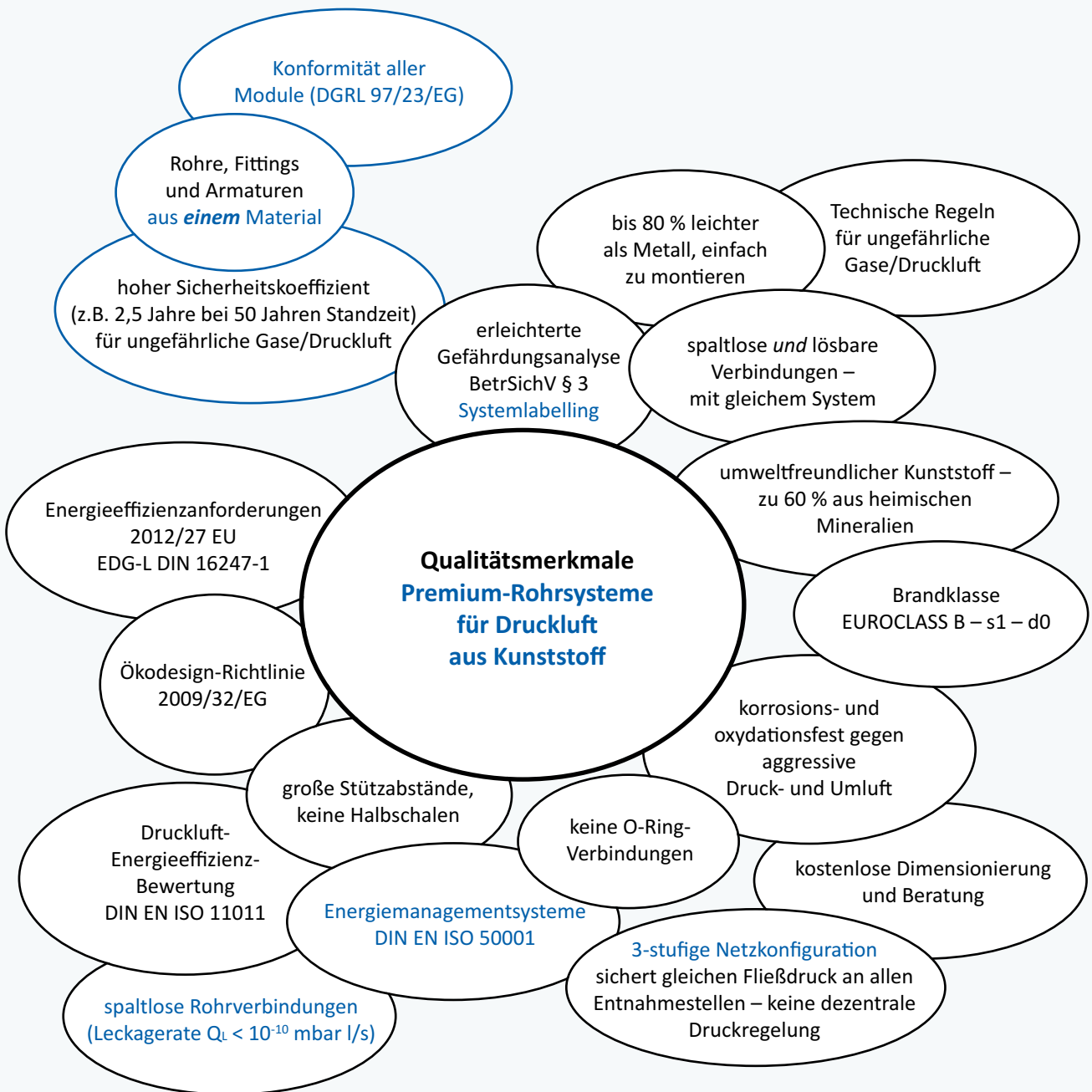
- ✓ für kompressible Medien wie ungefährliche Gase/Druckluft spezifische Normen, Regelwerke, Richtlinien gelten, die die Verwendung von „Vielweckrohren“ einschränken oder gar verbieten;
- ✓ Druckluftrohre wegen des Gefährdungspotenzials den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG und der Konformitätsbewertung (Baumuster/CE-Kennzeichnung) unterliegen;
- ✓ neben den zu dokumentierenden Prüfpflichten und -fristen des Betreibers beim Betrieb bzw. bei der Installation eine Gefährdungsanalyse gemäß BetrSichV bzw. Arbeitsschutzgesetz zu erstellen ist;
- ✓ Druckluft jedes Loch mit Überschallgeschwindigkeit, expandierend verlässt und die Fließgeschwindigkeit im Netz ≤ 6 m/s betragen sollte;
- ✓ nur spaltfreie Rohrverbindungen (Löten, Schweißen, Kleben), d. h. O-Ring-frei, über die gesamte Standzeit Dichtigkeit ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s) und Wartungsfreiheit garantieren;
- ✓ fehlende Dokumentation von Rohrführungen, Dimensionen, Fließgeschwindigkeiten, Druck-/Temperaturdaten, technische Merkmale, Anzugsmomente etc. die Ursache dafür sind, dass in 80 von 100 Betrieben 50 % und mehr der Energie vergeudet wird (EU-Studie*);
- ✓ wer nur auf die Investitionskosten schaut, dabei übersieht, dass diese nur zu 20 % in die Rechnung eingehen, dafür aber über 80 % Energiekosten übersehen werden.

Ein schlecht geplantes Druckluftnetz kostet vielleicht nur 25 % der Gesamtinvestition, kann aber die Energiekosten, bezogen auf die Investitionskosten, schon im ersten Jahr verdoppeln.



* Radgen/Blaustein: "Compressed Air Systems in the European Union", Stuttgart 2001

6. Effizienz durch Intelligenz – keep it simple ... sicher und leistungsstark
 Mediengerechte, intelligente Profitechnik auf der Basis konzentrierten, praxisnahen Bedarfsmonitorings und funktionsbasierter Entwicklung umfasst:



You will get what you pay for - manches ist geschenkt zu teuer!

7. Objektblatt / Netznavigator

1. Medium (Druckluft/Vakuum/Kälteträger)

2. Netzkonfiguration

Stichleitung
 Ringleitung
 3-stufige Gesamtkonfiguration

3. Druck

3.1 Betriebsdruck (Kompressor) bar

3.2 Fließdruck (Verbraucher) bar

4. Volumenstrom

- Hauptleitung (HL) l/s
- Verteilungsleitung (VL) l/s
- Anschlussleitung (AL) l/s

5. Druckabfall¹

5.1 Rohrleitungsnetz

- Hauptleitung (HL) bar
- Verteilungsleitung (VL) bar
- Anschlussleitung (AL) bar

= bar

5.2 Zubehör/Aufbereitung bar

= bar

6. Fließgeschwindigkeit

6.1 Kompressorstation m/s

6.2 Rohrleitungsnetz

- Hauptleitung (HL) m/s
- Verteilungsleitung (VL) m/s
- Anschlussleitung (AL) m/s

7. Energieverluste

7.1 Dichtheit (Leckagerate Q_L)

wasserdicht ($Q_L < 10^{-2}$ mbar l/s)
 dampfdicht ($Q_L < 10^{-3}$ mbar l/s)
 öldicht ($Q_L < 10^{-5}$ mbar l/s)
 gasdicht ($Q_L < 10^{-7}$ mbar l/s)
 absolut dicht ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s)

7.2 anzustrebende Leckagen max. %

7.3 artificial demand²:
 Volumenmehrverbrauch %
 durch Überverdichtung um bar

Beispiel:

Druckluft

Stichleitung
 Ringleitung
 3-stufige Gesamtkonfiguration

6,5 - 7 bar

6 bar

l/s

l/s

l/s

0,03 bar

0,03 bar

0,04 bar

= 0,1 bar

max. 0,9 bar

= max. 1,0 bar

ca. 2 m/s

max. 6 m/s

max. 6 m/s

max. 6 m/s

wasserdicht
 dampfdicht
 öldicht
 gasdicht
 absolut dicht ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s)

max. 1 %

10 %

+ 1 bar

¹ Bitte Dimensionsverfahren angeben oder Berechnung beilegen!

² Volumenmehrverbrauch durch Überverdichtung, z. B. 9 bar Fließdruck statt 6 bar, dadurch Verkürzung der Lebensdauer. Durch höhere Verdichtung, z. B. um 3 bar, werden 30 % mehr Energie verbraucht, d. h. die unnötig hohe Verdichtung kostet u. U. 20-30 % mehr, und zusätzlich erhöht sich der Verbrauch um 10-30 %.

8. Befestigung/Verlegung

8.1 Verlegeart

Kabelkanal
 Abhängung
 Rohrträger
 Erdverlegung mit Schutzrohr
 Erdverlegung ohne Schutzrohr

8.2 Montagehöhe von bis m

8.3 Stützabstände von bis m

9. Verbindungsart

wartungsfrei
 spaltlos
 lösbar³
 werkstoffschlüssig

10. UV-Beständigkeit

ja
 nein

11. Temperaturen

11.1 Medientemperatur von bis °C

11.2 Umgebungstemperatur von bis °C

11.3 Wärmeleitfähigkeit des Netzmoduls⁴ λ W/m·K

12. Brandklassifizierung (EUROCLASS)

ja:
 nein

13. Luftanwendung

(z.B. Lackieranlagen/silikonfrei)

Antreiben
 Bewegen
 Steuern

14. Systemlabelling⁵

ja
 nein

15. Sicherheitsfaktor

bei Standzeit Jahre

16. Berechnungsformeln

16.1 Rohrgröße
$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1.6 * 10^3 * \dot{V}^{1.85} * L}{10^{10} * \Delta p * p_{max}}}$$

16.2 Volumenstrom
$$\dot{V} = \left(\frac{d_i^5 * 10^7 * \Delta p * p_{max}}{1.6 * L} \right)^{20/37}$$

16.3 Druckabfall
$$\Delta p = \frac{1.6 * \dot{V}^{1.85} * L}{10^7 * p_{max} * d_i^5}$$

Beispiel:

Kabelkanal
 Abhängung
 Rohrträger
 Erdverlegung mit Schutzrohr
 Erdverlegung ohne Schutzrohr

von bis m

von bis m

wartungsfrei
 spaltlos
 lösbar³
 werkstoffschlüssig

ja
 nein

von -20 bis +40 °C

von -25 bis +50 °C

λ 0,17 W/m·K

ja: B – s1 – d0
 nein

Antreiben
 Bewegen
 Steuern

ja
 nein

2,5 bei Standzeit 50 Jahre

Legende:

d_i Innendurchmesser
 \dot{V} Volumenstrom
 Δp ... Druckabfall
 p_{max} .. maximaler Betriebsdruck
 L Nennlänge

³ nur bei Schraubverbindungen / Zertifizierung DIN EN 1591-4

⁴ Bei großen Unterschieden zwischen der Temperatur des Mediums und der Umgebung, z. B. beim Transport von Druckluft durch ein Kühlhaus o. ä., kann eine Isolierung der Rohrleitung notwendig werden.

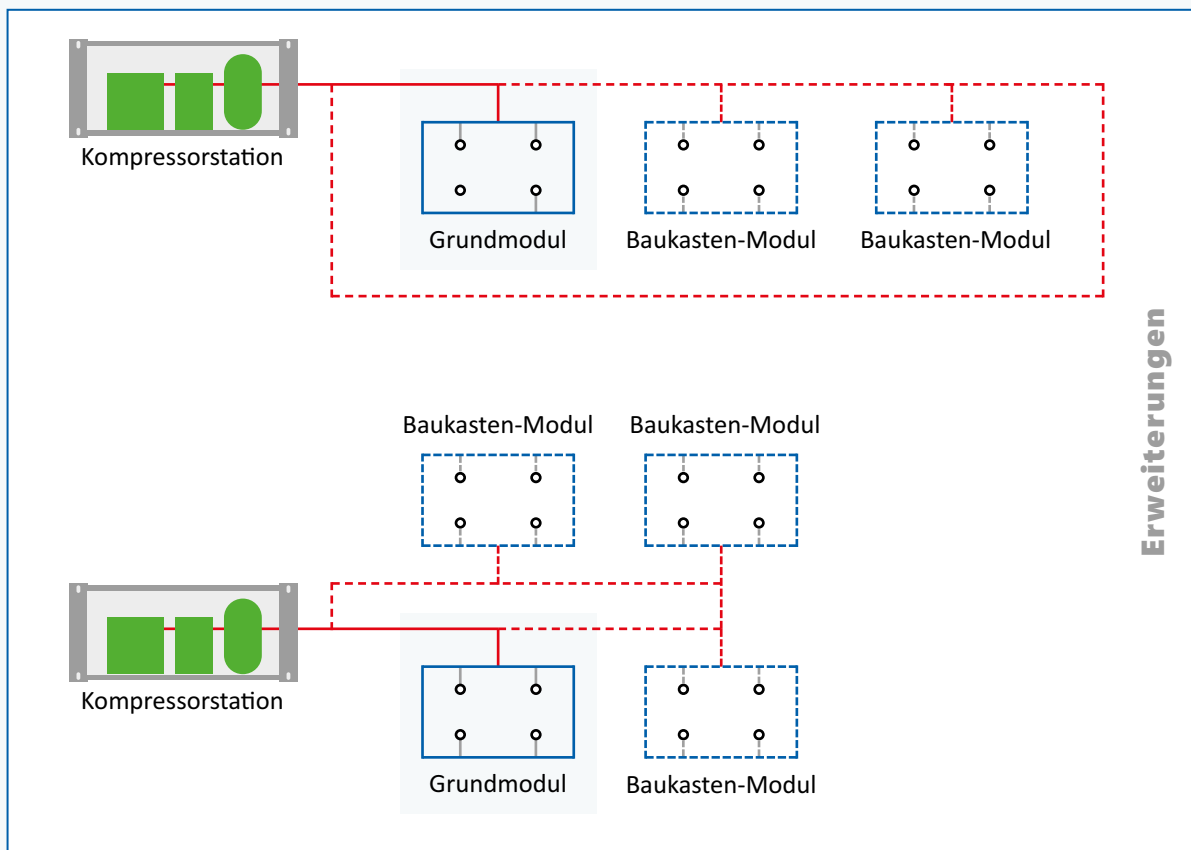
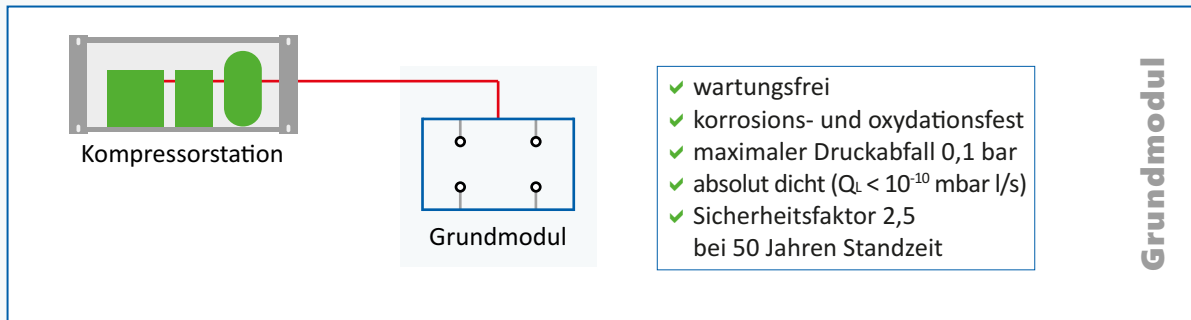
⁵ Rohre, Formteile und Armaturen mit gleichen Werkstoffkennlinien, Standzeiten, Sicherheit (BetrSichV), Kennzeichnung (CE)

Druckluftverteilung als Modulbaukasten

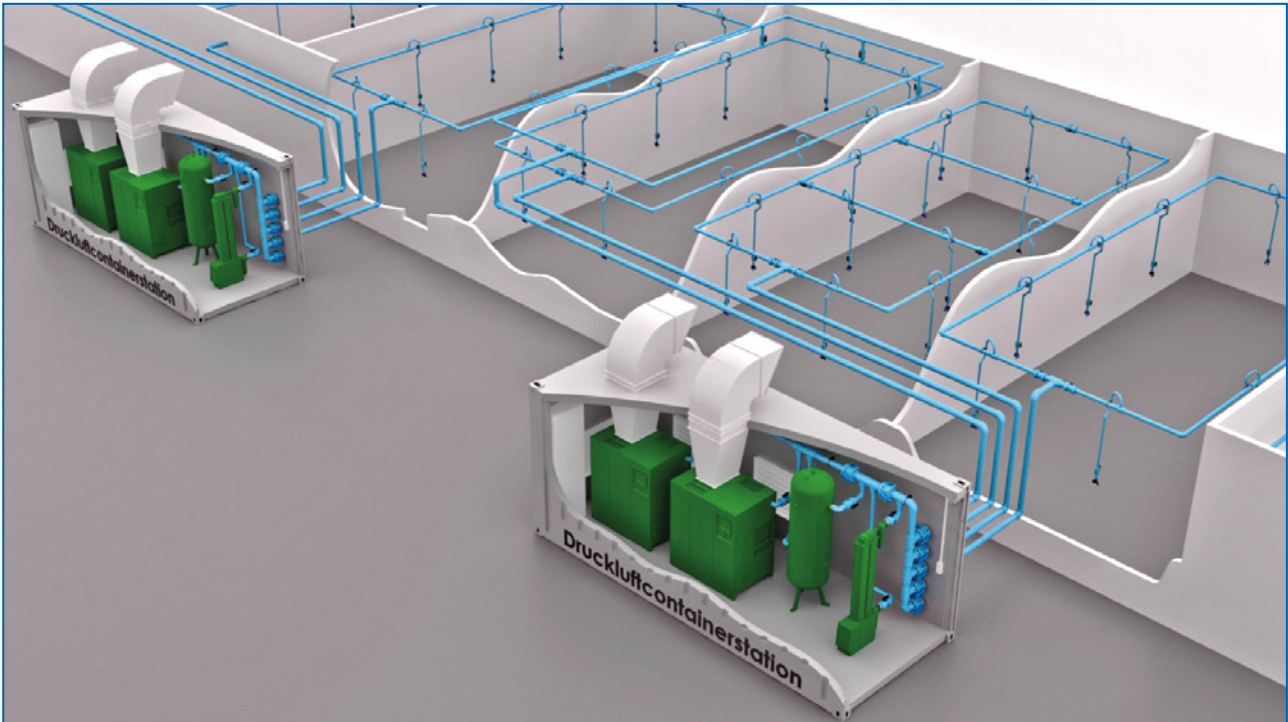
für intelligent konfigurierte, erweiterbare 3-stufige Druckluftnetze

Dimensionierung und Standardisierungsbeispiele

Rohrgrößen 90/63/32 mm, PN10
 für Volumenströme bis 400 m³/h
 gleiche Fließdrücke an jeder Entnahmestelle



	Hauptleitung	Verteilungsleitung	Anschlussleitung
Rohrgröße DN	90 mm	63 mm	32 mm
Nennlänge NL	max. 400 m	max. 300 m	max. 30 m
Volumenstrom \dot{V}			
bei 6 bar	350 m ³ /h	360 m ³ /h	70 m ³ /h
bei 7 bar	400 m ³ /h	400 m ³ /h	75 m ³ /h
bei 8 bar	420 m ³ /h	415 m ³ /h	80 m ³ /h
bei 10 bar	480 m ³ /h	460 m ³ /h	90 m ³ /h
Druckverlust Δp	max. 0,03 bar	max. 0,03 bar	max. 0,04 bar



Moderne, dreistufige Premium-Rohrsysteme (Druckluft/Vakuum), computergestützt dimensioniert, maximaler Druckabfall 0,1 bar, absolut dicht ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s) durch spaltlose Rohrverbindungen, korrosions- und oxydationsfest, optimieren hervorragend Insellösungen zur systemischen Effizienz mit niedrigstem Stromverbrauch.



Stickstoffherstellung

8. Optimale Druckluftverteilung, Technische Regeln

Kommentar zu den Kriterien der Auswahl von Kunststoff-Druckluftrohren auf der Basis der [Technischen Regeln im Rohrleitungsbau](#)

8.1. Einsatzbereich

Die Eignung für das Medium Druckluft ist eine Frage der Zulassungsangaben bzw. der Prüfbedingungen - [Druckgeräterichtlinie 97/23/EG](#).

Im Gegensatz zu „Wasserrohren“ gilt als Basis nicht „Wasser bzw. ungefährliche Durchflusstoffe“ (bei 20 °C) etc.

Druckluft und ungefährliche Gase stellen ungleich höhere Anforderungen als die Zulassungsvoraussetzungen für Wasser oder ähnliche flüssige Medien - [Maschinenrichtlinie 2006/42/EG](#).

Die [aktuellen Technischen Regeln im Rohrleitungsbau](#) gelten hinsichtlich der Ausführungen über ungefährliche Gase auch für das Medium Druckluft.

8.1.1 Bruchcharakteristik

Eine zähe Bruchcharakteristik (Duktilität) muss Splitterbrüche aufgrund von Beschädigungen verhindern.

8.1.2 Chemische Beständigkeit

Druckluft kann sehr aggressiv sein durch Bestandteile der Ansaugluft, durch Konzentration der Schadstoffe bei Verdichtung; es kann aggressive Einflüsse durch die Vercrackung der Kompressorenöle geben; Kompressorenöle auf Eignung prüfen.

8.1.3 Mechanische Festigkeit

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, gibt es bei Druckluft ein **hohes Gefährdungspotenzial (BetrSichV!)** gegenüber Wasser durch den kompressiblen Zustand.

Druckprüfungen können mit Druckluft unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten bei ungeeigneten Rohrsystemen bedenklich sein.

Der folgende Vergleich soll den Unterschied zwischen Wasser und Luft/Gas als Prüfmedium aufzeigen:

- Wasser ist ein nicht-kompressibles Medium, d. h. wird z. B. ein 1 m langes Kunststoffrohr \varnothing 160 mm einem Prüfdruck von 3 bar ausgesetzt, so entspricht das einer Energie von 1 Joule. [Prüfdruck Wasser](#) von 3 bar = **ca. 1 Joule** (bei Versagen fliegt das Rohr **0,02 m weit**)
- Luft/Gase sind dagegen kompressible Medien; das gleiche Rohr hat bei 3 bar Prüfdruck bereits 5.000 Joule Energie gespeichert. [Prüfdruck Druckluft](#) von 3 bar = **ca. 5.000 Joule** (bei Versagen fliegt das Rohr **110 m weit**)

Exkurs zum Verständnis von Sicherheitsabschlägen:

- Stahlrohre DIN 2440/2441:
Nenndruck 25 bar für Flüssigkeiten,
Nenndruck 10 bar für Luft und ungefährliche Gase
- PE-Leitungen:
Mindestsicherheitsfaktor 1,2 (ungefährliche flüssige Medien) nach ISO 12162: bei „**Gasverteilung**“ Sicherheitsfaktor 2 (max. 10 bar [gemäß G 472 DVGW-Regelwerk](#)). Die Rohrreihe sollte darüber hinaus nach spezifischen Druckanforderungen gewählt werden, d. h. größere Wandstärke (= kleiner Innendurchmesser), z. B. SDR 7,25 NW 100 (110 x 15,2).

8.1.4 Systemanforderung

Nur bei **Premium**-Rohrsystemen ist ohne einzelne Prüfung sichergestellt, dass die technischen Werte im Detail für Rohre, Formteile und Armaturen hinsichtlich aller Kriterien (Medium, Anwendung, Lebensdauer, Sicherheit etc.), insbesondere im Hinblick auf die Druck-/Temperaturfunktion in Relation zur Standzeit (z. B. 50 Jahre) gleiche Werkstoffkennlinien haben und vom Hersteller dokumentiert sind – **Systemlabelling**.

Die nicht systemkonforme Materialkombination von Rohrwerkstoffen unterschiedlicher Qualität ist nicht erlaubt bzw. muss in einer Gefährdungsanalyse (**BetrSichV § 3**) dokumentiert werden.

8.1.5 Innen-/Außeneinsatz

Zu empfehlen sind Rohrsysteme, die für Innen- und Außeneinsatz und Verlegung im Erdreich geeignet sind, da sonst unterschiedliche Rohrsysteme zum Einsatz kämen!

In Mitteleuropa gilt ein **Temperaturbereich an der Rohrwand** von minus 10 °C (Druckbehälter!) bis plus ca. 40 - 50 °C, in Abhängigkeit von der Temperatur des Mediums (Aufbereitung / Wärmeleitfähigkeit) und der Umgebung.

Für **Außeneinsatz** ist die UV-Beständigkeit erforderlich, wobei die Verlegung im Freien kritisch sein kann wegen der Vereisung bei „stehender“ Druckluft. Dabei ist es aber günstig, dass Kunststoffrohre eine geringere Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 0,17 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) haben als metallische Rohre und die fließende Druckluft normalerweise immer eine Plus-Temperatur hat.

Bei **Inneneinsatz** könnte unter Umständen auf UV-Schutz verzichtet werden; tiefe Umgebungstemperaturen sind aber auch hier möglich, z. B. bei Verlegung im Außenbereich mit einer Temperatur von $\leq 10 \text{ °C}$ kann eine normal isolierte Hallenwand trotz einer Hallentemperatur von 20 °C auf der Innenseite auf -10 °C abkühlen. Es gelten dann aber die Ausführungen wie bei Außeneinsatz.

Wir sehen, dass untere Einsatztemperaturgrenzen von $\leq 0 \text{ °C}$, z. B. für typische Heißwasserrohre aus Kunststoff dafür nicht ausreichen.

Dokumentierte Herstellernachweise aller Details in Form eines **Systemlabellings** (benötigt jeder Rohrverleger für das CE-Zeichen) sollten sicherheitshalber vorliegen – **CE-Kennzeichnung nach EU-Verordnung 765/2005**.

Wichtig: Druckgeräterichtlinie 97/23/EG! Der zulässige Betriebsdruck richtet sich nach dem schwächsten Bauteil (Rohr, Formteil, Armatur), egal ob bei -10 °C oder +50 °C, bei gleichlanger Lebensdauer und gleichem Sicherheitskoeffizienten.

Das Risiko steigt jeweils bei materialverschiedenen Zusammenstellungen und Produkten verschiedener Hersteller (z. B. PE und PP) sowie Rohrverbindungen, selbst wenn die Werkstoffe augenscheinlich ähnlich sein sollten.

8.2. Druck/Temperatur

Druckluftwerkzeuge benötigen in der Regel 6 bar, so dass für die Auswahl der Rohre auch bei größeren Druckabfällen z. B. hier maximal 7 bar als Betriebsdruck (40° C) reichen.

Denken Sie bei höheren Verdichtungen daran, dass jedes nicht benötigte „Bar“ 10 % an zusätzlicher Energie kostet: **Verdichtung 10 bar statt 7 bar = 30 % mehr Energie.**

Unnötig hohe Verdichtung führt bei gleichbleibender Leistung der Werkzeuge zu einem mengenmäßig größeren Verbrauch (**artificial demand**), zu höheren Leckagen ohne Leistungssteigerung der Verbraucher und zu kürzerer Lebensdauer sowie zu höheren Wartungskosten.

Die Belastbarkeit von Rohren, wenn temperatursensibel, z. B. Kunststoffrohre, sollten den nötigen Betriebsdruck im Bereich von -20 °C bis +40 °C **an der Rohrwand** aushalten.

Ein Fachmann wird aus der Mediumtemperatur, der Wärmeleitfähigkeit und der Umgebungstemperatur die Temperatur an der Rohrwand errechnen können.

Für Rohre, Formteile und Armaturen sollte nachweislich der gleiche Druck-, Temperatur- und Lebensdauer- verlauf dokumentiert sein – **Systemlabelling**.

8.3. Durchmesser

In der Industrie sollte aus wirtschaftlichen Gründen die kleinste Nennweite 25 bis 32 mm betragen. In Anbetracht einer **3-stufigen Netzanordnung** (z. B. 32/63/90) als Voraussetzung eines gleichen Fließdrucks an jeder Entnahmestelle ist eine maximale Nennweite bis 100 mm als Standard in 90 % aller Bedarfsfälle ausreichend.

Bei größeren Nennweiten als 4“ empfehlen wir Änderungen der Netzkonfiguration bzw. dezentrale Einspeisung (mobile Kompressorencontainer).

Optimal sind Druckluftnetze mit drei Nennweiten, z. B. 90/63/32 für Haupt-, Verteilungs- und Anschlussleitungen. Bei einer großen Anzahl von Nennweiten ist die Gefahr groß, dass Druckunterschiede beim Fließdruck durch den Flaschenhals-Effekt entstehen.

8.4. Abmessungen

Rohre, Formteile und Armaturen sollten nennweitenmäßig (NW) und in der Art der Verbindung zueinander passen (DIN 2401/2402).

Die für die Rohrführung (3-stufig) im Planungszustand ermittelte Dimensionierung sollte Wachstum und Vermaschung erlauben.

8.5. Brandschutz

Bei durchgängig metallhaltigen Rohrsystemen kein Problem (**Systemlabelling**); bei Kunststoffrohren oder Metallrohren mit Kunststoffittings (PA): möglichst schwer oder nicht entflammbar; Zertifizierung nach **EUROCLASS B – s1 – d0 / Directive 98/106/CEE** ist zu empfehlen.

8.6. Lebensdauer

Kompressoren stehen heute ≥ 20 Jahre, Rohrleitungen sind in der industriellen Praxis länger im Einsatz, ein Standard von 50 Jahren dient der Ressourcenschonung. Voraussetzung ist neben der Materialauswahl eine intelligente Netzkonfiguration mit Erweiterungsmöglichkeiten.

8.7. Sicherheitsfaktor

Der hohe systemische Sicherheitsfaktor muss bei kompressiblen Medien grundsätzlich höher als bei ungefährlichen Durchflusstoffen (z. B. Wasser, siehe Ziffer 8.1) sein.

8.8. Werkstoff

Rohre, Fittings und Armaturen möglichst aus einem Material (**Systemlabelling**), sonst leicht Gefahr unterschiedlicher Wertigkeit; der Schwachpunkt bestimmt die Einstufung der kompletten Druckluftanlage (vom Kompressor bis zum Verbraucher) für CE-Zeichen bzw. Gefährdungsanalyse (**BetrSichV**), die der Rohrverleger dokumentieren muss – **CE-Kennzeichnung / EU-Verordnung 765/2005**.

8.9. Ausdehnungskoeffizient

So klein wie möglich, bedeutet unabhängig von Materialien grundsätzliche Bewegungsmöglichkeiten in den Halterungen.

8.10. Rohrverbindung

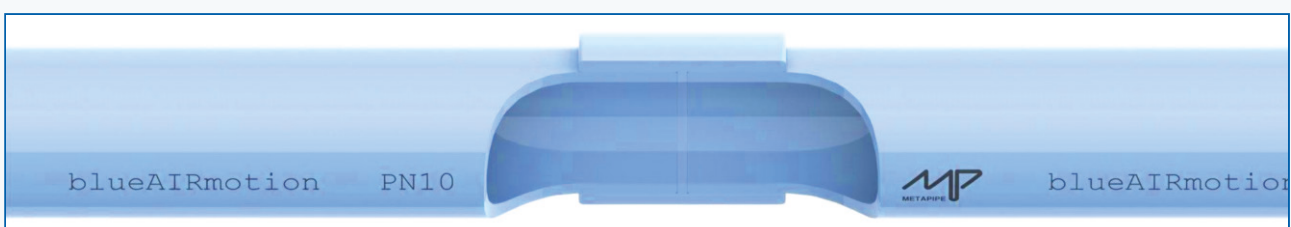
Bei Druckluft **möglichst spaltlos** und **materialschlüssig** (Löten, Schweißen, Kleben) zur Vermeidung späterer Leckagen ($Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s) bei kilometerlangen Netzen, die nicht wirtschaftlich gewartet werden können. Risiken/Wartungskosten besser gleich ausschließen.

Lösbare, spalthaltige Verbindungen neigen auf Dauer zu größeren Leckagen ($Q_L < 10^{-5}$ mbar l/s) und erfordern oft wegen der Dichtungen ölfreie Luft, z. B. ist eine Wasserleitung bei einer Leckagerate von $Q_L < 10^{-2}$ mbar l/s dicht, eine Ölleitung bei einer Leckagerate von $Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s, eine Gasleitung bei $Q_L < 10^{-7}$ mbar l/s.

Flanschverbindungen unterliegen zur Begrenzung von Emissionen aus industriellen Anlagen besonderen Regeln (**TA Luft / VDI 2440**) und bedürfen eines Hochwertigkeitsnachweises und dürfen nur verwendet werden, wenn sie verfahrenstechnisch, sicherheitstechnisch oder für die Instandhaltung notwendig sind.

Zur Erstellung und Überwachung solcher Schraubverbindungen in druckbeaufschlagten Systemen ist neuerdings eine Zertifizierung vorgeschrieben (**DIN CEN/TS 1591/1-4**).

Besonders bei Erdverlegung der kilometerlangen Netze in 8 bis 10 m Höhe sind Wartungen zur Beseitigung von Leckagen völlig unmöglich. Sie können leicht pro Jahr die Investitionskosten für ein wartungsfreies Netz übersteigen.



8.11. Spezialwerkzeug für Rohrverbindung

Schraubverbindungen sind wegen des Montageaufwandes und der Gefahr von Leckagen ($Q_L < 10^{-5}$ mbar l/s) möglichst nicht zu empfehlen. Für solche Verbindungen wird zunehmend eine Zertifizierung der Monteure gefordert nach [DIN EN 1591-4](#).

Sonstige Verbindungen, bei denen nicht die Garantie der Dichtigkeit über die gesamte Standzeit, z. B. 50 Jahre, gegeben werden kann, sind faktisch nur mit dem Risiko von Undichtigkeiten einsetzbar.

Für spalthaltige Verbindungen gibt es über die lange Lebenszeit praktisch keine Garantie für Dichtigkeit (z. B. 50 Jahre) nicht zu verwechseln mit Garantien von z. B. über 10 Jahren bei Fertigungsmängeln von Steck- und Schraubverbindungen.

8.12. Stützweiten

Kunststoffrohrsysteme bedingen wegen des geringen Gewichtes der Rohre und des Mediums einfachste und billige Haltekonstruktionen.

8.13. Korrosion / Oxydation

Bedeutet negative Beeinflussung der Luftqualität und Wartungskosten, z. B. aufwändige dezentrale Aufbereitung bei Rost oder Zinkgeriesel; Ansprüche an Luftqualität steigen immer unter Umweltschutzgesichtspunkten wegen des gefährlichen Feinstaubes;

Wartungsfreie oxydations- und korrosionsfeste Rohrsysteme kosten nicht mehr als konventionelle Systeme.

8.14. Abbindezeit / Erkaltungszeit

Bei modernen Verbindungsmethoden wie Lötten, Heiß- und Kaltverschweißen sind heute die Verbindungszeiten ziemlich kurz und eigentlich nur bei Reparaturen relevant.

8.15. Fachkenntnisse zur Montage

Moderne Rohrsysteme sollten heute meistens ohne Spezialwerkzeug montierbar sein, [benötigen](#) aber [fachkundige Planung](#) und mit Anleitung, bezogen auf die speziellen Anforderungen des Mediums (wenig Formteile, 180°-Bögen, Absperrventile, Verlegung mit Neigung, Kondensatabläufe etc.).

8.16. Zertifizierung ([Systemlabelling](#))

Zu empfehlen sind Premium-Rohrsysteme, alles aus einer Hand, sonst hat der Planer/Verleger aufwändig alle Einzelnachweise zusammenzustellen und zu prüfen, um eine CE-Bestätigung auszustellen.

Es besteht die Gefahr der Haftung bei Stilllegung aufgrund ungeeigneter Rohrwerkstoffe oder notwendiger Druckreduzierung auf unter 6 bar bei Verwendung von Bauteilen mit ungeeigneten Druckstufen bzw. fehlender Kompatibilität.

8.17. Referenzen

Neben allen „amtlichen“ Zertifikaten, z. B. nach der Druckgeräterichtlinie, ist es auch sinnvoll, mit Referenzanwendern Kontakt aufzunehmen.

Sicherheit gibt es auch durch Hinweise, bei welchen spektakulären Einsätzen sich ein Rohrsystem bewährt hat, z. B. in der Raumfahrt ([Preisspiegel Druckluftrohrsysteme 2017](#)).

8.18. Kosten

Die Investitionskosten für optimale, vergleichbare Rohrsysteme haben eine große Spreizung.

Nicht die niedrigen Investitionskosten sind entscheidend als vielmehr die Folgekosten durch fehlendes Know-how, zusätzliche Aufbereitung, Flaschenhalse und Leckagen durch nicht garantiert dichte Rohrverbindungen etc. im Rahmen der Life-Cycle-Cost (LCC).

Die Konzentration nur auf niedrige Investitionskosten verhindert wirtschaftlichere Systeme und kann zu einer Verdoppelung der Energiekosten führen, d.h. wer 50.000 € bei den Investitionskosten spart, kann bei den Energiekosten leicht 500.000 € p.a. mehr zahlen.

You will get what you pay for – manches ist geschenkt zu teuer!

8.19. Life-Cycle-Cost (LCC) - Vergabekriterien

- Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG
- Energiemanagementsysteme DIN EN 50001
- Energie-Effizienzrichtlinie 2006/32/EG
- EnEG-Energieeinsparungsgesetz (Verteilungsnetze)

	Metapipe	Bewertung nach Punkten
Leckagerate $Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s korrosions-/oxydationsfest	✓	20
Fließdruck an allen Entnahmestellen gleich	✓	20
maximaler Druckabfall 0,1 bar	✓	20
Standzeit 50 Jahre	✓	30
Investitionskosten	✓	20

**Energieeffizienz als Vergabekriterium:
Investitionskosten § 4 „Vergabe von Liefer- und Dienstleistungen“
bzw. § 6 „Vergabe von Bauleistungen“
gemäß Vergabeordnung (20.08.2011)**

Angaben ohne Gewähr

9. CE-Zertifizierung nach Bauprodukterichtlinie CPD (hier z. B. Verrohrungen)

- ✓ **CE-Kennzeichnung** soll als Qualitätskennzeichnung der Gesundheit, Sicherheit und der Umwelt dienen und den Herstellern erlauben, Produkte im europäischen Wirtschaftsraum (EEA) auf den Markt zu bringen.
- ✓ **Interpretierende Dokumente** sind:
 - Mechanical resistance and stability
 - Safety in case of fire
 - Hygiene, health and the environment
 - Safety in use
 - Protection against noise
 - Energy, economy and heat retention
- ✓ **Guidance Papers:**

The designation of Approved Bodies • The definition of Factory Production Control • The treatment of kits and systems • CE Marking under the Construction Products Directive • Levels and classes in the CPD • Durability and the Construction Products Directive • The European classification for the reaction to fire • Harmonised Approach relating to dangerous substances • The application of Article 4 (4) • Transitional Arrangements • The Attestation of Conformity Systems • Application and use of Eurocodes • Conformity Assessment
- ✓ Für das Erstellen von Druckluftverteilungen ist unter Beachtung einschlägiger Normen, Regelwerke für Rohrleitungen für ungefährliche Gase/Druckluft deren Einsatzkriterien (Durchsatz, Nennweite, Geschwindigkeit, Betriebsdrücke und Temperaturen etc.) für Rohre, Formteile, Armaturen mittels Herstellernachweises die Eignung zu dokumentieren und ggf. eine Gefährdungsanalyse gemäß [BetRSichV](#) zu erstellen.

10. Preisspiegel* Druckluftrohrsysteme (03/2017)

Anbieter**	Produkt	Rohrgrößen in mm			Anmerkungen					
		32	63	90	1	2	3	4	5	6
METAPIPE	blueAIRmotion	7,65 €	25,20 €	68,81 €	1	2		4	5	6
METAPIPE	GIRAIR	10,67 €	33,84 €	84,38 €	1	2		4	5	6
Prevost	PVR	11,21 €	34,21 €	84,45 €		2		4	5	
Rehau	Raupex SDR 11	18,33 €	41,22 €	76,43 €		2				
<i>Großhändler</i>	Kupferrohr	13,50 €	46,43 €	117,74 €	1		3	4	5	
<i>Großhändler</i>	Edelstahlrohr	21,60 €	49,70 €	154,00 €	1		3	4		
Prevost	ALR	22,02 €	78,77 €	112,88 €			3	4		
Atlas Copco	AIRnet	28,18 €	91,18 €	125,15 €			3	4		
GF	Instaflex	29,82 €	81,47 €	184,24 €		2			5	

* nach zugänglichen Preislisten, pro Meter + eine Rohrverbindung

** Fachanbieter/Sanitärhändler

- 1) durchgängig materialhomogen (Rohre, Fittings, Armaturen) – **System Labelling**
- 2) spaltlose Rohrverbindung – **absolut dicht über Standzeit** (25/50 Jahre)
- 3) spalthaltige Verbindung (Schraub-, Quetsch- oder O-Ring-Verbindung)
- 4) schwer entflammbar
- 5) gleiche Werkstoffkennlinien – **Additive Manufacturing**
- 6) **TOP RUNNER** – Eco-Design

Anhang A

Glossar

Abwärme

umfasst den von festen Oberflächen einer Anlage über Konvektion und Leitung abgegebenen Wärmestrom

Amortisationszeit

rechnerische Zeitdauer, bis die aus einer Maßnahme resultierenden kumulierten Einnahmen wieder die dazu erforderlichen Investitionskosten übersteigen

Endenergie

Dem Endverbraucher zur Verfügung stehende Energie, z. B. Strom über Steckdose. Sie wird vom Verbraucher mit Hilfe von Aggregaten, Maschinen etc. in Nutzenergie umgewandelt

Endenergieträger

die dem Nutzer zur Verfügung stehen: Heizöl, Gas, Elektrizität

Fortwärme

Sammelbegriff für die an die Umgebung abgegebene Wärme

Lastmanagement

Absenken der Spitzenlast, Verlagerung von Spitzenlast zu Schwachlast, Auffüllen von Lasttälern

Nutzenergie

Energieformen aus Sekundärenergie gewonnen für verschiedene Bedarfszwecke, z. B. Wärme Druckluft

Nutzungsgrad

Verhältnis des energetischen Nutzens zum energetischen Aufwand, z. B. entsteht bei einem mit elektrischer Energie betriebenen Verdichter als energetischer Nutzen die Nutzenergie Druckluft mit 5 % (und 95 % Wärme)

Pneumatik

technisches Teilgebiet, das sich mit dem Einsatz von Gasen (speziell Druckluft) als Energieträger für Arbeits- und Steuerungsprozesse befasst

Primärenergie

Anfang der Energieumwandlungskette, z. B. Sonnenenergie, Kohle, Erdöl, Erdgas, Wasserstoff etc.

Sekundärenergie

Energie durch Umwandlung, z. B. Fernwärme, Strom

Wärmerückgewinnung

Maßnahme zur Nutzung des Energieinhaltes eines Luftstromes

Anhang B

Glossar-Richtlinien

EnMS - ISO 50001

Zertifikation **Energiebilanz/CO₂-Ausstoß**

Voraussetzung für Fördermaßnahmen, EEG-Härtefallverordnung/Spitzenausgleich und Fördermöglichkeiten (BaFa)

UMS Umweltmanagementsysteme

Bereiche Umwelt, Gesundheit, Cleaner Production, z. B. EMAS, ISO 14001

EMAS Eco-Management and **Audit Scheme**

bekannt als EU-Öko-Audit. In Deutschland, umgesetzt durch UAG (Umweltauditschutzgesetz) bzw. **Umweltmanagementsystem** DIN ISO 14001

EnEG Energieeinsparungsgesetz

in Gebäuden (Heizung, Raumlufttechnik, Wasserversorgung, Kühlbetriebe, **Verteilungsnetze**, Wärmerückgewinnung) bis 2009 bzw. 2012

EnEV Energieeinsparungsverordnungen

basieren auf EnEG: Standardanforderungen bezüglich Anlagentechnik, Energiebilanzen Erzeugung, **Verteilung**; Speicherung und Übergabe von Wärme;
Hauptanforderungsgrößen: Jahresprimärenergiebedarf, Transmissionsverluste

ErP Richtlinie 2009/125/EC Energy related products

auch Ökodesignrichtlinie, Ersatz für EuP Rahmenrichtlinie 2006/32/EC;
energieeffiziente Produktgestaltung von energierelevanten Produkten, z. B. Motoren, Heizkessel, Wasser und Umweltpumpen

Druckgeräterichtlinie (DGRL) 97/23/EG

löste Ende 2011 Produktsicherheitsgesetz (Prod SG) ab, verbindlich für die gesamte EU;
Anforderungen für das Inverkehrbringen von **Rohrleitungen**, druckhaltenden Teilen, Betriebsvorschriften von druckführenden Anlagen gemäß BetrSichV und den Technischen Regeln Betriebssicherheit (TRBS) Eingruppierung der Druckgeräte nach Druckhöhe und Volumen (bei Rohrteilen NW) aufgrund der Fluidgruppe und des Aggregatzustandes

Endenergieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU

Ziel: bis 2020 Steigerung der Energieeffizienz um 20 %. Umsetzung durch nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (EEAP) der Bundesrepublik Deutschland. Kontrolliert mittels Energieaudits nach DIN 16247-1 (EDL-G).

CE-Kennzeichnung EU-Verordnung 765/2005

Bestätigung des Herstellers der Übereinstimmung der produktspezifischen Entsprechung mit den EU-Richtlinien, z. B. Druckgeräterichtlinie 97/23/EG oder Ökodesignrichtlinie 2009/125/EG

Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

gilt seit 29.12.2009, regelt einheitliches Schutzniveau zur Unfallverhütung (Maschinen) in Deutschland, regelt Produktionssicherheitsgesetz (Prod SG und Pro SV)

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

über Sicherheit und Gesundheitsschutz, z. B. Druckbehälter; **Rohrleitung**, Aufzüge mittels **Gefährdungsbeurteilung**, Unterrichtung und Unterweisung, Überwachung, Prüfung

Energieeffizienz ist Vergabekriterium

und als Zuschlagskriterium angemessen (Wirtschaftlichkeitsanalyse) zu berücksichtigen. Dies sieht die am 20.08.2011 in Kraft getretene Vergabeordnung vor und betrifft § 4 „Vergabe von Liefer- und Dienstleistungen“ bzw. § 6 „Vergabe von Bauleistungen“.

TOP RUNNER*

Premium Druckluftnetze (3-stufig) PN 12,5 und PN 10**

saubere Luft • absolut dicht • wartungsfrei • sicher und kostengünstig •
gleicher Fließdruck an allen Entnahmestellen • maximaler Druckabfall 0,1 bar

- ✓ leichter, duktiler High-Tech-Werkstoff – geringes Gewicht
- ✓ zukunftsorientierte Profitechnik (Legobaukasten), einfachst zu installieren
- ✓ durchgängig gleicher Werkstoff (Rohre, Fittings, Armaturen)
- ✓ Leichtbauweise – sehr geringes Gewicht
- ✓ einfache, stoff- und materialschlüssige Rohrverbindung –
keine Leckagen, Leckagerate $Q_L < 10^{-10}$ mbar l/s (absolut dicht)
- ✓ moderne, aber einfache chemische Fügetechnik wie im Flugzeug- und Automobilbau ohne Spezialwerkzeuge und Fachkenntnisse durch **chemische Verschweißung**
- ✓ simple Identifikation – einfache Lagerhaltung
- ✓ höchster Sicherheitsfaktor (2,5) bei 50-jähriger Standzeit
- ✓ korrosions- und oxydationsfest – **keinerlei Wartungsarbeiten**
- ✓ spiegelglatte Innenflächen – keine Neigung zu Inkrustationen
- ✓ saubere Luft, Reduktion/Entfall von dezentralem Aufbereitungsaufwand
- ✓ **keine** rohr- oder montagebedingten **Verunreinigungen** durch Ölkohle, Zinkgeriesel, Gleitfette, Rost etc.
- ✓ ausgezeichnete Brandschutzeigenschaften, schwer entflammbar, selbstverlöschend (EUROCLASS B-s1-d0)
- ✓ UV-beständig*** für Innen- und Außeneinsatz durch CO-Extrusion
- ✓ gleiche Werkstoffkennlinien durch **Additive Manufacturing****** – vereinfachte Sicherheitsdokumentation
- ✓ Kostenlose Planungsberatung, computergestützte Netzkonfiguration (Modulbaukasten)



- * Eco-Design
- ** großer Durchsatz und 20 % günstigerer Preis
- *** nur Rohrsystem PN 12,5
- **** Industrie 4.0

Partner:



METAPIPE

Rohrsystem- und Vertriebs GmbH
Hamburger Straße 130
44135 Dortmund

Telefon: 02 31 / 52 79 95
Telefax: 02 31 / 52 79 96
Email: druckluft@metapipe.de
Internet: <http://www.metapipe.de>

Geschäftsführer: K.-H. Feldmann
HRB 17195 Dortmund
USt-IdNr.: DE 124791927

**Wir passen Rohrsysteme punktgenau den Kundenanforderungen an.
Die Optimierung von Technik, Kostenvorteilen und Ressourcenschonung
sind unsere Parameter.**