

Kupferrohre in der Kälte- Klimatechnik, für technische und medizinische Gase



Deutsches
Kupferinstitut
Copper Alliance

Herausgeber:

Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e.V.

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf

Telefon 0211 47963-00
Telefax 0211 47963-10

info@kupferinstitut.de
www.kupferinstitut.de

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen
Nachdrucks und der photomechanischen
oder elektronischen Wiedergabe, vorbehalten.

Auflage 09/2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Werkstoff Kupfer	4
3. Kälte- und Klimatechnik	5
3.1 Bauteile für die Kälte- und Klimatechnik	
3.2 Verbindungstechnik	
3.3 Planungs- und Verlegehinweise	
3.4 Offene Wasser-Kühlkreisläufe	
4. Medizinische Gase und Vakuum	7
4.1 Bauteile für Medizinalgas- und Vakuumanlagen	
4.2 Verbindungstechnik	
4.3 Planungs- und Verlegehinweise	
4.4 Vakuumleitungen	
5. Druckluft	9
5.1 Bauteile in Druckluftanlagen	
5.2 Verbindungstechnik	
5.3 Planungs- und Verlegehinweise	
6. Industrie- und Laborgase	11
6.1 Verwendete Bauteile	
6.2 Reinst- und Laborgase	
6.3 Verbindungstechnik	
6.4 Planungs- und Verlegehinweise	
7. Allgemeine Hinweise	13
7.1 Druckbelastbarkeit von Bauteilen	
7.2 Druckgeräterichtlinie	
7.3 Prüfzeugnisse	
8. Tabellen und Diagramme	14
9. Normen, Regelwerke und Literatur	24
10. Adressen	26
11. Verlagsprogramm	26

1. Einleitung

Als Werkstoff für Rohrleitungen hat Kupfer in der Kälte- und Klimatechnik eine besondere Bedeutung durch Eigenschaften wie Tieftemperaturzähigkeit, eine überragende Wärmeleitfähigkeit und das Vorhandensein bewährter, zuverlässiger Verarbeitungstechniken erlangt. Diese und weitere Eigenschaften führen dazu, dass Kupferleitungen auch zunehmende Bedeutung für den Bereich der technischen und medizinischen Gase erlangen.

Mit der vorliegenden Druckschrift soll dem Planer und dem Fachinstallateur ein Überblick über die Einsatzmöglichkeiten von Rohren und Fittings aus Kupfer, über Besonderheiten in den spezifischen Einsatzbereichen und über die zu beachtenden Regelwerke verschafft werden.

Da eine Druckschrift wie diese unmöglich alle speziellen oder anlagenspezifischen Besonderheiten beschreiben kann, sei schon an dieser Stelle auf die im Anhang aufgeführten kostenlosen Beratungsangebote der verschiedenen Institutionen hingewiesen.

2. Werkstoff Kupfer

In unserem täglichen Leben ist Kupfer überall präsent. Wir finden es, um nur einige Beispiele zu nennen, als Draht in elektrischen Leitungen, als Rohr in haustechnischen Anlagen oder als Blech für Dachdeckungen. Auch alltägliche Dinge wie Wasserarmaturen und unser Münzgeld bestehen aus Kupferlegierungen.

Kupfer ist außerdem ein lebensnotwendiges Spurenelement für Pflanzen, Tiere und Menschen und ist in den meisten natürlichen Nahrungsmitteln in Spuren enthalten. Im menschlichen Körper wird es unter anderem für den Sauerstofftransport und für die Immunabwehr täglich aufs Neue benötigt.

Kupfer und die überwiegende Zahl seiner Legierungen sind – im Unterschied zu verschiedenen Stahlsorten – nicht warm aushärtbar. Bei Kupfer und seinen Legierungen wird eine Festigkeitssteigerung durch Kaltumformen des Werkstoffs (z. B. Ziehen von nahtlosen Rohren) erreicht. Diese Festigkeitssteigerung kann durch eine entsprechende Wärmebehandlung (Rekristallisationsglühen)

jederzeit wieder auf das Ausgangsniveau zurückgesetzt werden, so dass nahezu unbegrenzt viele Umformungsvorgänge erreichbar sind.

In allen Bereichen der Installationstechnik, also auch in den im Folgenden behandelten speziellen Einsatzbereichen, kommt ausschließlich sauerstofffreies phosphor-desoxidiertes Kupfer „Cu-DHP“ (Werkstoffnummer CW024A) zum Einsatz.

Es zeichnet sich durch eine sehr gute Löt- und Schweißbarkeit bei unverändert guter Kalt- und Warmumformbarkeit aus. Im Vergleich zu den in der Elektrotechnik verwendeten, sauerstoffhaltigen Kupfersorten ist die elektrische Leitfähigkeit von Cu-DHP geringfügig verringert.

Die in der Installationstechnik verwendeten Legierungen sind in der Regel Kupfer-Zink-(Messing) und Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen (Rotguss) sowie niedrig legierte Kupfer-Eisenwerkstoffe.



Kupferrohre. Bild: DKI

3. Kälte- und Klimatechnik

Die hervorragenden, vielfältigen Eigenschaften der Kupferwerkstoffe haben diese speziell für den Einsatz in der Kälte- und Klimatechnik prädestiniert. Ihre Verwendung ist dort bereits seit Jahrzehnten Stand der Technik und in den entsprechenden Regelwerken verankert. Zu beachten ist, dass nur Rohre entsprechend den Regelwerken der Kälte- und Klimatechnik (s. Tabellen in Kapitel 8) eingesetzt werden, um im Bedarfsfall technische und rechtliche Gewährleistungsanforderungen geltend machen zu können. Kupfer ist ein ausgesprochener Tieftemperaturwerkstoff und daher besonders für Bauteile in Kälteanlagen geeignet. Kupfer weist bei abnehmender Temperatur steigende Festigkeit und Dehnung auf. Dies unterscheidet Kupferwerkstoffe grundsätzlich und entscheidend von allen anderen technischen Werkstoffen; Erscheinungen wie Tieftemperaturversprödung gibt es bei Kupferwerkstoffen demnach nicht.

Der Werkstoff Cu-DHP ist daher nach den einschlägigen Regelwerken für Temperaturen von -269°C bis $+250^{\circ}\text{C}$ verwendbar. Kupfer ist gegenüber fast allen üblicherweise verwendeten Kältemitteln sowie den entsprechenden Mischungen beständig. Dies sind insbesondere alle Sicherheitskältemittel, Kohlendioxid und brennbare Kohlenwasserstoffkältemittel, sowie deren Mischungen (vgl. auch Tabelle 8.8).

Kupfer ist für die folgenden Kältemittel nur bedingt verwendbar:

- R-717 Ammoniak – Die Verwendung ist technisch möglich, aber derzeit nicht zugelassen.
- R-764 Schwefeldioxid – Nur in trockenem Zustand verwendbar.

Die Verwendungsmöglichkeit von Kupferwerkstoffen für das genormte wasserreduzierte Ammoniak-Kältemittel für Kleinkälteanlagen ist zwar nachgewiesen und somit Stand von

Wissenschaft und Technik (s. Literaturhinweis in Kapitel 9). Eine entsprechende Änderung in einschlägigen Regelwerken hat jedoch bisher nicht stattgefunden

Der Betrieb von Anlagen mit CO_2 als Kältemittel erfordert den Einsatz von Bauteilen mit höherer Druckbeständigkeit. Für diesen Einsatzbereich haben sich auch Bauteile aus Kupferlegierungen bewährt, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

3.1 Bauteile für die Kälte- und Klimatechnik

3.1.1 Rohre

Die bei der Montage vor Ort in Kältemittelkreisläufen zu installierenden Rohre müssen DIN EN 12735-1 (Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 1: Rohre für Leitungssysteme) entsprechen. Diese Norm beschreibt sowohl Rohre aus Reinkupfer Cu-DHP als auch Rohre aus niedriglegiertem Kupfer CuFe2P z. B. für Hochdruckanwendungen. Letztere werden vorwiegend in zölligen Abmessungen angeboten.

Die Anforderungen an die Beschaffenheit der Rohre beziehen sich insbesondere auf:

- Qualität der Innenoberflächen
- Verschlussene Rohrenden
- Rohrmarkierung
- Prüfung
- Druckbeständigkeit

Weitere Hinweise sind Kapitel 8 zu entnehmen. Für einzelne Abmessungen sind auch werkseitig vorummantelte Kupferrohre erhältlich. Das betrifft sowohl Massivummantelungen z. B. für Erdwärmekollektoren, als auch wärmedämmende, geschäumte Ummantelungen. Eignung und Verarbeitungshinweise für Kälte- und Klimatechniken sind beim jeweiligen Hersteller zu erfragen.



Pressfitting für den Einsatz in der Kältetechnik. Bild: IBP

3.1.2 Verbindungsteile

Für Rohrverbindungen in Kältemittelleitungen ist das Hartlöten unter Verwendung von Kapillarlötfittings die bislang übliche Verbindungstechnik. Nach DIN EN 378-2 sind auch das Schweißen und spezifische mechanische, hinreichend dichte Verbindungen gestattet. Für Hartlötverbindungen werden Kapillarlötfittings nach DIN EN 1254-1 (bis einschließlich 108 mm Nenn-durchmesser), für Schweißverbindungen Einschweißfittings aus Kupfer nach DIN 2607 verwendet. Seit kurzem sind außerdem neuartige Pressfittings für kältemittelführende Rohrleitungen erhältlich. Durch ihre spezielle Konstruktion sind diese hermetisch dicht (Nachweis nach DIN EN 16084 bzw. DIN EN ISO 14903) und die verwendeten Dichtringe sind gegenüber den heute üblichen Kältemitteln und -ölen beständig. Mit Pressfittings für die Kältetechnik können in der Regel gleichwertig hohe Betriebsdrücke und -temperaturen wie mit Kapillarlötfittings realisiert werden (s. Bild).

Die oben genannten Fittings werden ab Werk mit einer Beschaffenheit der Innenoberfläche geliefert, die den Anforderungen an Kältemittelkreisläufe entsprechen. Dies gilt allerdings nur für den Fall, dass die Fittings in der

Originalverpackung verbleiben. Nach Öffnen der Originalverpackung liegt die Verantwortlichkeit für die erforderliche Reinheit der Innenoberflächen naturgemäß beim Verarbeiter.

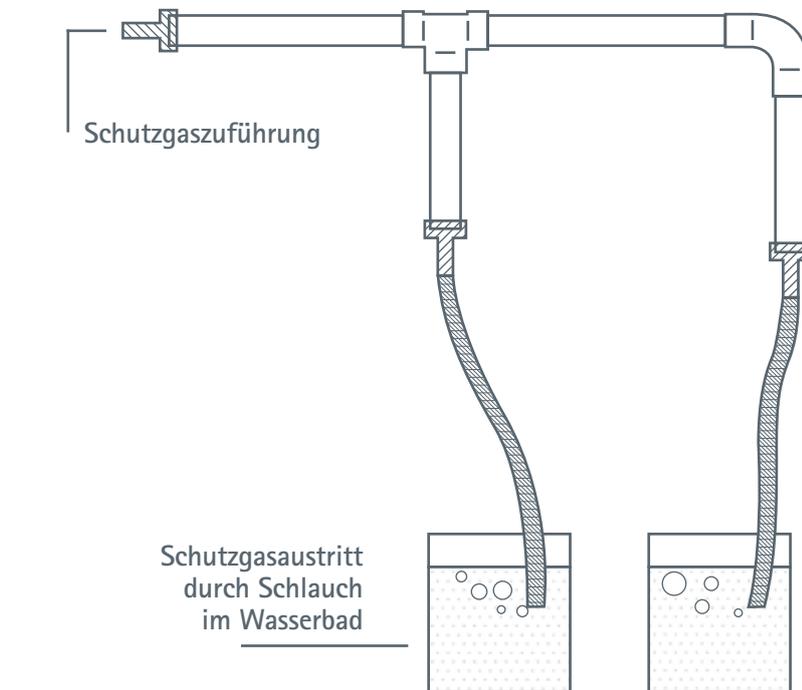
3.2 Verbindungstechnik

Generell ist zu beachten, dass kältemittelführende Rohrleitungen auch aus rechtlichen Gründen ausschließlich durch geschulte Fachkräfte des Kälteanlagenbauerhandwerks zu erstellen sind. Nur so kann die sachgerechte Montage sowie der vorgeschriebene Umgang mit Kältemitteln gewährleistet werden.

Das Hartlöten als die empfohlene Verbindungstechnik erfolgt unter Verwendung von Hartloten nach DIN EN ISO 17672. Gegebenenfalls sind Flussmittel nach DIN EN 1045 anzuwenden. Vor und während des Verbindungsvorgangs durch Hartlöten oder Schweißen sind die Rohrleitungen zur Vermeidung von Zunderbildung auf den Innenoberflächen mit einem trockenen Schutzgas zu spülen (s. Bild). Schutzgase sind z. B. Inertgase (Edelgase, Stickstoff und deren Mischungen) oder Formiergase wie beispielsweise handelsübliche Schutzgasmischungen (z. B. Stickstoff-Wasserstoff, Stickstoff-Argon, etc.). Der Wasserstoffanteil darf aus Sicherheitsgründen einen Maximalwert von 4 Vol.-% nicht überschreiten.

Bei Anwendung der Presstechnik entfällt der Arbeitsschritt des Formierens naturgemäß, da bei dieser kalten Verbindungstechnik keine Zunderbildung auftritt. Weitere Hinweise können ebenfalls Kapitel 8 entnommen werden.

Moderne Kältemittel führen in der Regel zu höheren Betriebstemperaturen und/oder Betriebsdrücken als bei früher verwendeten. Beim Einsatz von Fittings jeder Art ist der jeweilige Hersteller zu den möglichen



Lötung unter Schutzgas (DKI 6027).

Einsatzbereichen, insbesondere zu den maximal zulässigen Betriebsdrücken, zu befragen.

3.3 Planungs- und Verlegehinweise

Rohrleitungen in Kälte- und Klimaanlage sind gegen Einwirkung durch Wärmequellen zu schützen. Eine fachgerechte Wärmedämmung der Rohrleitungen ist also vorzusehen. Ergänzend sind Brandschutzanforderungen und der Schutz vor Kondensatbildung zu beachten. Frei verlegte Kupferrohre benötigen in der Regel keinen zusätzlichen Korrosionsschutz. In besonderen Fällen können jedoch Schutzmaßnahmen erforderlich sein. Im Zweifelsfall sind hierzu die im Abschnitt 10 aufgeführten Institutionen oder die Hersteller zu befragen.

Ebenso sind temperaturbedingte Längenänderungen bei der Leitungsplanung und -verlegung selbstverständlich zu berücksichtigen. Weitere Hinweise zur fachgerechten Verlegung von Kältemittelleitungen sind der DIN EN 378-2 zu entnehmen. Zum Beispiel sind nach dieser Norm Rohre mit unterschied-

lichen Durchmessern nur mit fabrikmäßig hergestellten Übergangsstücken zu verbinden und mögliche Schwingungseinflüsse zu berücksichtigen.

3.4 Offene Wasser-Kühlkreisläufe

Bei dem seltenen Anwendungsfall „offener Kühlkreislauf mit sauerstoffhaltigen Wässern“ (z. B. Brunnenwässer) ist zu beachten, dass in diesen Systemen aus korrosionstechnischen Gründen Kupfer-Installationsrohre nach DIN EN 1057 und DVGW-Arbeitsblatt GW 392 verwendet werden müssen. Derartige Rohre weisen für diesen Einsatzbereich geeignete Innenoberflächen auf, die sich von Rohren für Kältemittelleitungen nach DIN EN 12735-1 unterscheiden.

Für Rohrverbindungen sind in diesem Fall die üblicherweise in der Trinkwasser-Installation verwendeten Bauteile und Verbindungstechniken nach DVGW-Arbeitsblatt GW 2 anzuwenden. Hierzu sind Hinweise im Informationsdruck „i.158 – Die fachgerechte Kupferrohr-Installation“ des Deutschen Kupferinstituts enthalten.

4. Medizinische Gase und Vakuum

Die Verwendung von Kupferleitungen in zentralen medizinischen und technischen Gasversorgungsanlagen in Krankenhäusern oder Kliniken ist die Regel. Kupfer erfüllt in besonderem Maße die hohen Ansprüche, die an Werkstoffe in diesem Einsatzbereich gestellt werden. Die antimikrobiellen Eigenschaften des Kupfers in Verbindung mit der rationellen und bewährten Installationstechnik begründen den bevorzugten Einsatz. Die Anforderungen an Rohrleitungen für medizinische Gase werden in DIN EN ISO 7396-1 (Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 1: Rohrleitungen für medizinische Druckgase und Vakuum) beschrieben. Die Verwendung von Kupferrohren in medizinischen Versorgungseinheiten wird in DIN EN ISO 9170-2:2009-9 (Entnahmestellen für Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 2: Entnahmestellen für Anästhesiegas-Fortleitungssysteme) und DIN EN ISO 11197 (Medizinische Versorgungseinheiten) dringend empfohlen.

4.1 Bauteile für Medizinalgas- und Vakuumanlagen

In Anlagen zur Verteilung von Gasen für medizinische Zwecke, zur Verteilung von Druckluft zum Antrieb von chirurgischen Instrumenten und für Vakuumleitungen sind Kupferrohre nach DIN EN 13348 einzusetzen. Die Betriebsdrücke bewegen sich hier in Bereichen von bis zu 2 MPa (20 bar). Als Fittings sind in diesen Anlagen KapillarlötfitTINGS nach DIN EN 1254-1, -4 und -5 zu verwenden. Fittings dieser Normen werden ab Werk mit einer Beschaffenheit der Innenoberfläche geliefert, die den Anforderungen an medizinische Gasversorgungsanlagen und Vakuumleitungen entsprechen. Dies gilt allerdings nur für den Fall, dass die Fittings in der Originalverpackung verbleiben. Nach Öffnung des Originalverschlussbeutels liegt die Verantwortung für die erforderliche Reinheit der Innenoberflächen beim Verarbeiter.

4.2 Verbindungstechnik

Für Rohrleitungen aus Kupfer in medizinischen Gasversorgungsanlagen und für Vakuumleitungen in medizinischen Anlagen sind nach DIN EN ISO 7396-1 als Verbindungstechniken derzeit nur das Hartlöten oder Schweißen unter Schutzgas aufgeführt.

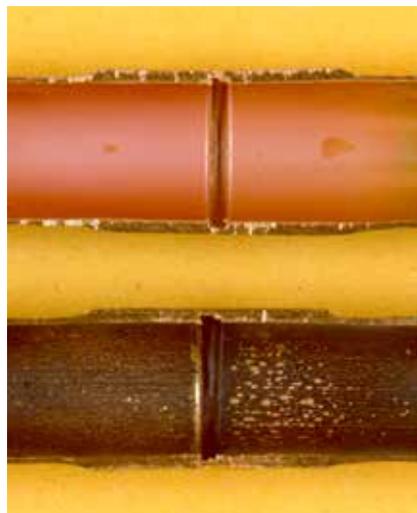
Durch Verbinden unter Schutzgas wird eine Zunderbildung auf der Innenoberfläche der Rohrverbindung verhindert. Ansonsten könnten Zunderpartikel zu Störungen in den angeschlossenen Armaturen und Geräten führen.

Üblicherweise werden die phosphorhaltigen Lote CuP 279 (alte Bezeichnungen: CP105, L-Ag 2P) oder CuP 179 (alte Bezeichnungen: CP203, L-CuP6) nach DIN EN ISO 17672 zum Hartlöten ohne Flussmittel verwendet. Wenn der Einsatz von Flussmitteln für den Lötvorgang nicht vermeidbar ist – z. B. wenn Fittings aus Messing oder Rotguss gelötet oder wenn hoch silberhaltige Lote verarbeitet werden –

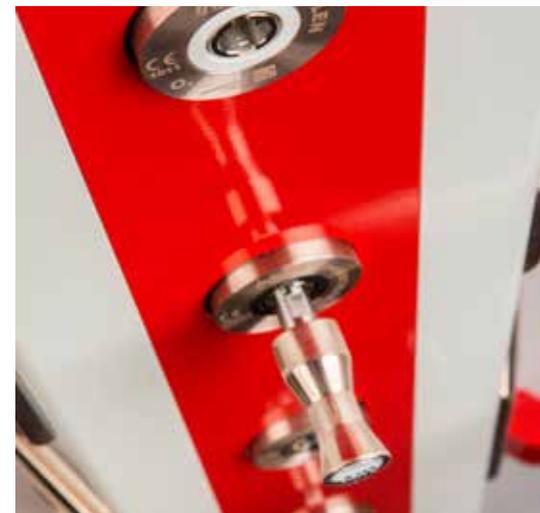
dann ist dafür Sorge zu tragen, dass kein Flussmittel in das Rohrinnere gelangt. Für den vorab skizzierten notwendigen Einsatz sind Flussmittel nach DIN EN 1045 vom Typ FH10 einzusetzen.

4.3 Planungs- und Verlegehinweise

Bei der Montage der Rohrleitungen ist stets dafür zu sorgen, dass kein Partikeleintrag stattfindet. Vor der Montage der Entnahmearmaturen müssen die Leitungen dann in jedem Fall mit medizinischer Druckluft (Definition ISO 7396) ausgeblasen werden. Ebenso geeignet ist Stickstoff aus Druckflaschen. Es empfiehlt sich, das Ausblasen mit der notwendigen Gasartenkontrolle zu verbinden. Mit dieser Kontrolle wird geprüft, ob an der Entnahmestelle das vorgesehene Gas in der vorgeschriebenen Reinheit austritt. Durch den Gasartentest wird zudem sichergestellt, dass an jeder einzelnen Gasentnahmestelle das jeweils spezifische Gas austritt, also keine falschen Rohrverbindungen vorliegen.



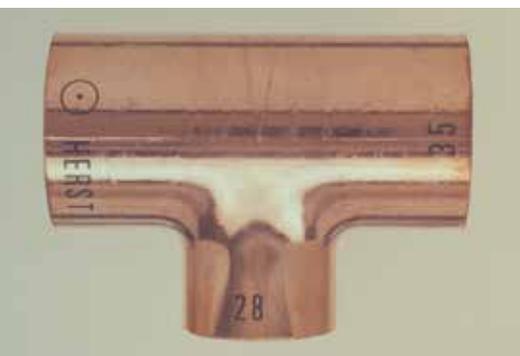
Vergleich der Rohrinnenoberflächen nach dem Hartlöten. Oben: unter Schutzgas gelötet. Unten: Hartlötung ohne Schutzgas. (DKI 4983)



Krankenhaus-Panel für medizinische Gase. Bild: ECI

Bei sorgfältig verlegten und unter Schutzgas verbundenen Kupferrohren ist eine Reinigung der fertigen Rohrleitung mit Flüssigkeiten weder erforderlich noch zu empfehlen. Reinigungsflüssigkeiten hinterlassen Rückstände, welche dann erneut die Reinheit der Rohrinnenoberflächen in Frage stellen können.

Ein Verfahren, um nachträglich Kupferrohre entfetten zu können, ist auf der Baustelle unter Einhaltung der einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften nicht praktikabel (Chemikalieneinsatz!). Vielmehr erscheint es sinnvoll, sich bei Rohr- und Fittingherstellern über die verfügbaren Qualitäten zu erkundigen. Die Erfahrung zeigt immer wieder, dass eine ungeprüfte Auswahl aufgrund bestehender Gewohnheit und Ungenauigkeiten bei der Bestellung sich nur mit sehr hohem Aufwand nachträglich korrigieren lassen. Daher spielt der Bestellvorgang in solchen Fällen eine zentrale Rolle. Idealerweise wird bereits bei der Bestellung der Verwendungszweck (Rohre für Medizingase) angegeben. Es sind weiterhin nur solche Kapillarlötfittings einzusetzen, bei denen das RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V. dauerhaft aufgebracht ist (s. Bild).



Kapillarlötfitting mit vereinfachtem RAL-Gütezeichen (Kreis mit zentriertem Punkt) (DKI 3502).

Für die Reinheit des aus der Entnahmestelle austretenden Gases bestehen unterschiedliche Forderungen. In diesem Zusammenhang seien beispielhaft die DIN EN ISO 7396 (Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 1: Rohrleitungen für medizinische Druckgase und Vakuum) und das Arzneimittelgesetz genannt. Die Gase Sauerstoff und Lachgas sind per Definition des Gesetzes Arzneimittel und unterliegen damit in der Bundesrepublik Deutschland besonderen Anforderungen. In DIN EN ISO 7396 wird an jeder Entnahmestelle eine Prüfung auf die mit dem Gasstrom austretenden sichtbaren Partikel gefordert. Die im Lieferzustand metallisch blanken Rohrleitungen müssen nach der Installation in medizinischen Gasversorgungsanlagen dauerhaft mit der Bezeichnung der Gasart und/oder dem zugehörigen Symbol beschriftet werden. Die Kennzeichnungen können aus Metallschildern oder Aufklebern bestehen oder dürfen gestanzt oder gestempelt sein. Weitere Details zur Kennzeichnung können der Norm DIN EN ISO 7396 entnommen werden.

Oberirdische Leitungen sollten an gut zugänglichen Stellen verlegt sein. Bei Parallelführungen und Kreuzungen muss der Rohrabstand so gewählt werden, dass Reparatur- und Wartungsarbeiten ohne Gefährdung der Leitungen möglich sind. Alle Leitungen müssen in jedem Stockwerk gefahrlos absperrbar sein.

Die Gas führenden Rohre müssen über Wasser führenden Rohren, Rohre für leichtere Gase sollten über denen für schwerere Gase angeordnet werden.

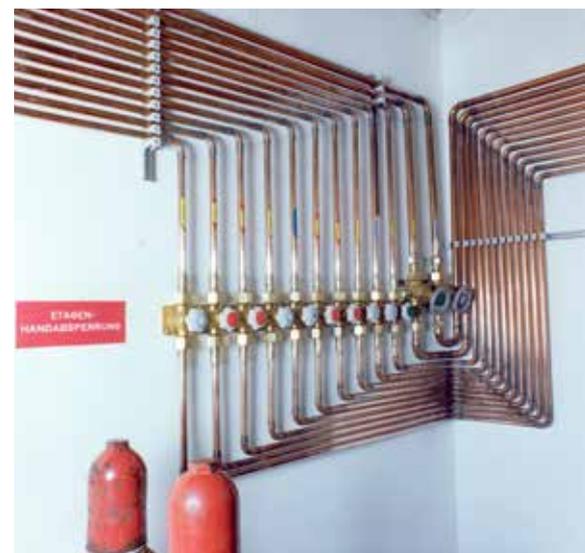
Sie müssen nach DIN EN ISO 7396 in sicherer Entfernung zu elektrischen Kabeln mit mindestens 50 mm Abstand verlegt sein und dürfen nicht zum Erden elektrischer Anlagen benutzt werden. Selbstverständlich müssen

die Rohrleitungen jedoch in den Schutzpotenzialausgleich nach VDE-Regelwerk eingebunden werden.

Je nach Rohrdurchmesser sind in DIN EN ISO 7396 Befestigungsabstände für medizinische Gasversorgungsanlagen festgelegt (s. Tabelle in Kapitel 8).

4.4 Vakuumleitungen

Vakuumleitungen werden teilweise ohne Absperrung, aber stets mit Gefälle zur Vakuumpumpe verlegt. Um Druckverluste gering zu halten, sollte der Umfang des gesamten Vakuumrohrnetzes möglichst gering gehalten werden. Verbindungen und Abzweige sind auch hier mit Fittings nach DIN EN 1254-1, -4 oder -5 herzustellen.



Medizinische Gasversorgungsanlage mit Kennzeichnung der Rohre (Bild Drägerwerke).

5. Druckluft

Kupfer hat sich als Leitungsmaterial zur Verteilung von technischer Druckluft im industriellen und handwerklichen Bereich – z. B. zum Antrieb von Maschinen und Geräten – aber auch als Drucksteuerleitungen in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik – besonders bewährt. Die gute Korrosionsbeständigkeit, dauerhaft dichte Verbindungstechniken und ein kostengünstiger Betrieb (strömungsgünstige Fittings) ermöglichen es, mit Kupfer vorteilhafte Druckluftinstallationen zu erstellen.

Hinsichtlich der Anforderungen an Druckluft und der damit verbundenen Anforderungen an Bauteile gibt es jedoch Unterschiede:

a) Sogenannte „betriebliche Druckluft“, z. B. zur Versorgung von druckluftbetriebenen Werkzeugen, kann beispielsweise einen bestimmten Drucktaupunkt erreichen oder muss einen vorgeschriebenen maximalen Ölgehalt einhalten. Darüber hinaus werden an betriebliche Druckluft in der Regel keine weitergehenden Anforderungen gestellt. Weiterhin werden für betriebliche Druckluft in der Regel keine Filter eingesetzt, da die Anforderungen an die Reinheit meist gering sind und Filter aufgrund der hohen Druckverluste nur dort eingesetzt werden sollten, wo die dadurch erzeugte hohe Druckluftqualität auch tatsächlich benötigt wird.

b) Im Gegensatz zu betrieblicher Druckluft müssen für Steuer- oder Prozessluftleitungen und im Lebensmittelbereich je nach Einsatz zusätzlich zu weiteren Rahmenbedingungen z. B. Partikelfilter, Aktivkohlefilter, Aktivkohleabsorber oder Sterilfilter eingesetzt werden, um hier die notwendige Druckluftqualität zu garantieren.

Für diese Anwendungsbereiche können bestimmte Reinheitsklassen nach ISO 8573-1 (Druckluft; Teil 1: Verunreinigungen und Reinheitsklassen; 2001-02 / Klassen 1 bis 7)



Verteilstation (Bild Drägerwerke).

definiert werden. Derartige Druckluftqualitäten sind nur durch die Kombination von Filtern und Trocknern zu erreichen. Auch hinsichtlich der Verbindungstechnik und der einzusetzenden Komponenten sind bei Druckluft mit Reinheitsanforderungen Besonderheiten zu beachten. Daher kann je nach Verwendungszweck in gewöhnliche betriebliche Druckluft und in Druckluft mit speziellen Reinheitsanforderungen unterschieden werden.

5.1 Bauteile in Druckluftanlagen

In Anlagen zur Verteilung von betrieblicher Druckluft kommen vorwiegend Kupfer-Installationsrohre nach DIN EN 1057 in Verbindung mit Kapillarlötfittingen nach DIN EN 1254-1, -4 und -5 zum Einsatz. Des Weiteren sind als Verbinder Klemmringverschraubungen nach DIN EN 1254-2 und Pressfittingen nach DIN 2459 und den DVGW-Arbeitsblättern W 534 oder G 5614 sowie nach besonderen Herstellerspezifikationen einsetzbar.

Für letztere ist eine Freigabe des Herstellers hinsichtlich der Eignung bzw. Beständigkeit des Dichtelements für die jeweilige Druckluftbeschaffenheit anzufordern.

In Anlagen zur Verteilung von Druckluft mit speziellen Reinheitsanforderungen nach ISO 8573-1 (Klassen 1 bis 7) kommen in der Regel Kupferrohre nach DIN EN 12735-1 oder auch DIN EN 13348 zum Einsatz.

Bei der Verbindung durch Hartlöten sind Besonderheiten zu beachten (s. a. Kapitel 3.2). Hinsichtlich des Einsatzes von Klemmringverschraubungen und Pressfittingen gelten die unter betrieblicher Druckluft angeführten Aussagen.

Im Bereich medizinischer Druckluft, z. B. zum Antrieb von chirurgischen Instrumenten, kommen ausschließlich Kupferrohre nach DIN EN 13348 zum Einsatz. Hinsichtlich der Verbindungstechnik Hartlöten sind auch hier Besonderheiten zu beachten (s. 3.2). Für weitere Verbindungstechniken wie Klemmringverschraubungen und Pressverbindungen sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.

5.2 Verbindungstechnik

In Druckluftanlagen sind die durch die Druckluftherzeugung mittels Kompressoren erzeugten Schwingungen in der Regel kaum vermeidbar. Eine Übertragung auf das

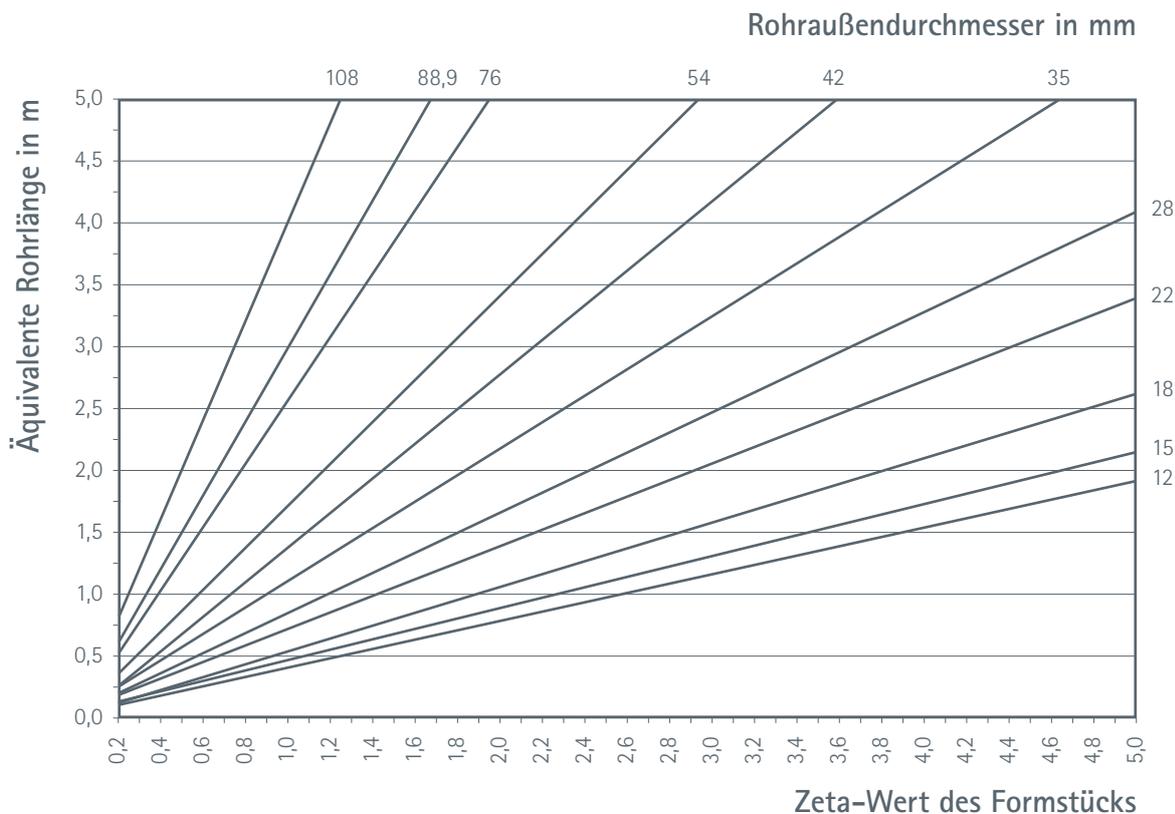


Diagramm 1: Äquivalente Rohrlänge von Formstücken, trockene Druckluft 8 bar (DKI 6054).

nachgeschaltete Rohrnetz kann nicht ausgeschlossen werden, jedoch kann durch den Einsatz von Kompensatoren in der Regel eine Dämpfung erreicht werden. Aufgrund der höheren Beständigkeit gegenüber Schwingungsbeanspruchung sind die Verbindungstechniken Pressen und Hartlöten gegenüber dem Weichlöten in Druckluftanlagen vorzuziehen. Für betriebliche Druckluft können Verbindungen in üblicher Weise ausgeführt werden. Für Druckluft mit speziellen Reinheitsanforderungen und für medizinische Druckluft sind bei der Hartlötung besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Zunderbildung vorzusehen. Dies bedeutet, dass Hartlötstellen in solchen Anlagen unter Schutzgas auszuführen sind. Gleiches gilt für Schweißverbindungen (s. 3.2).

5.3 Planungs- und Verlegehinweise

Generell ist zu beachten, dass Druckluftinstallationen großzügig zu dimensionieren sind.

Leistungsreserven von 50 % und mehr sind die Regel in Betrieben, in denen mit einer späteren Erweiterung des Druckluftnetzes zu rechnen ist. Die Erzeugung von Druckluft kann energie- und damit kostenintensiv sein. Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist daher die Verwendung von strömungsgünstigen Bauteilen sinnvoll und unumgänglich (siehe auch ZVSHK-Fachinformation „Druckluftversorgungsleitungen“). In Bezug auf Rohrleitungen bedeutet dies, dass Verbindungsstellen möglichst ohne Querschnittsverengungen auszuführen sind. Bei Verwendung von Kupferpress- und Löt fittings ist dieser Umstand gegeben, da bei Kupferverbindern die Dichtfläche außerhalb des Rohrquerschnittes liegt („außen dichtende“ Verbindungselemente). Technisch zeigt sich dies in sehr geringen Strömungswiderstandsbeiwerten (Zeta-Wert), so dass Rohrdimensionierungsschläge bei Kupferleitungen geringer ausfallen können als bei Systemen mit querschnittsverengenden Fittings. Die erhebliche Auswirkung

einer strömungsgünstigen Formgebung für Rohrverbinder kann Diagramm 1 entnommen werden.

Ausgehend vom tabellarischen Zeta-Wert eines Fittings kann je nach Innendurchmesser der Rohrleitung der Strömungswiderstand des Fittings in Form der äquivalenten Rohrlänge abgelesen werden. Für Rohrleitungen mit anderen Innendurchmessern sind Zwischenwerte entsprechend zu interpolieren. Aufgrund der hohen Beständigkeit von Kupfer gegenüber den meisten Ölen, der hohen Beständigkeit gegenüber Druckstößen und aufgrund des kostengünstigen Betriebes (strömungsgünstige Fittings) lassen sich mit Kupferleitungen vorteilhafte Druckluftinstallationen erstellen und betreiben. Spätere Erweiterungen lassen sich sehr einfach z. B. durch Aushalsen bestehender Leitungen durchführen.

6. Industrie- und Laborgase

Rohrleitungen für die hier behandelten technischen Gase dürfen nur aus metallenen Werkstoffen bestehen. Gleichzeitig bestehen die unterschiedlichsten Anforderungen hinsichtlich der Gasarten, deren Verwendung oder deren Reinheit. Da keine eigenständige Norm für Kupferrohre für Industrie- oder Laborgase existiert und eine Erstellung in absehbarer Zeit auch nicht geplant ist, werden hier die Normen verwandter Einsatzgebiete angewendet, um Bestell- und Lieferanforderungen festzulegen. Diese Vorgehensweise hat sich seit mehr als einem Jahrzehnt bewährt.

Sofern die verwendeten Laborgase z. B. als Transportmittel für dampf- oder gasförmige Proben in hochgenauen Analyse-Messgeräten zum Einsatz kommen, muss die Eignung der verwendeten Rohre durch den Hersteller gesondert bestätigt werden. Eine solche Situation ist aber nur in den seltensten Fällen gegeben.

6.1 Verwendete Bauteile

In Anlagen zur Durchleitung und Verteilung von Industrie- und Laborgasen kommen

ebenfalls Kupferrohre für die Kältetechnik nach DIN EN 12735-1 zum Einsatz, alternativ sind auch Kupferrohre für medizinische Gase und Vakuum nach DIN EN 13348 geeignet. Als Rohrverbinder werden meist Kapillarlötfittings nach DIN EN 1254-1, -4 und -5 verwendet. Des Weiteren können Klemmringverschraubungen nach DIN EN 1254-2 eingesetzt werden. Der Einsatz von Pressfittings ist dann zulässig, wenn die Eignung bzw. Beständigkeit des Dichtelements gegenüber der jeweiligen Gasart gegeben ist. Klärung kann hier durch Rückfrage beim jeweiligen Hersteller oder durch Beachtung der zum Fitting zugehörigen technischen Dokumentation geschaffen werden.

6.2 Reinst- und Laborgase

Bei Reinst- und Laborgasen wird auch in Ausschreibungstexten vielfach auf die Stoffreinheit des durchzuleitenden Gases Bezug genommen. Die Stoffreinheit wird durch Zahlenwerte ausgedrückt, wobei die erste Ziffer die Anzahl der ‚Neuner‘, die zweite die tatsächlich letzte Stelle hinter dem ‚Komma‘ bezeichnet.

Beispiele:

- 'Sauerstoff 6.0'
Reinheit 99,99990 Vol.-%
- 'Sauerstoff 3.5'
Reinheit 99,95 Vol.-%

Mit Blick auf die hohe Reinheitsqualität der durchzuleitenden Gase wird gelegentlich nach sogenannten „Rohren und Verbindungselementen für Reinstgase und/oder besondere Laboranwendungen“ gefragt. Genormte Bauteile speziell für diesen Anwendungszweck sind derzeit nicht verfügbar. Dies ist neben dem geringen Bedarf für derartige spezielle Bauteile vor allem dadurch verursacht, dass die Anforderungen an diese Bauteile sehr unterschiedlich sind und vorab immer eine Einzelfallprüfung erfordern. Klärung muss also unbedingt bereits in der Planungsphase des Projekts erfolgen. Nur dann kann in speziellen Fällen eine sachgerechte Projektausführung für Reinstgasanlagen gewährleistet werden.

6.3 Verbindungstechnik

Rohrleitungen aus Kupfer für Industrie- oder Laborgase sind in der Regel durch Hartlöten oder Schweißen zu verbinden. Alternativ ist der Einsatz von Pressfittings dann möglich, wenn der Hersteller für den jeweiligen Anwendungsfall die Freigabe erteilt. Bei besonderen Anforderungen an die Gasreinheit ist beim Hartlöten stets das Löten unter Schutzgas anzuwenden (s. vorherige Kapitel). Auch hier werden die phosphorhaltigen Lote CuP 279 (alte Bezeichnungen: CP105, L-Ag 2P) oder CuP 179 (alte Bezeichnungen: CP203, L-CuP6) nach DIN EN ISO 17672 zum Hartlöten ohne Flussmittel verwendet. Wenn der Einsatz von Flussmitteln für den Lötvorgang nicht vermeidbar ist – z. B. wenn Fittings aus Messing oder Rotguss gelötet werden oder wenn hoch silberhaltige Lote verarbeitet werden – dann ist dafür Sorge zu tragen, dass kein Flussmittel in das Rohrinnere gelangt.



Verteilanlage für technische Gase, erstellt mit Pressfittings (DKI 6025).

Für den vorab skizzierten, notwendigen Einsatz sind Flussmittel nach DIN EN 1045 vom Typ FH10 einzusetzen.

6.4 Planungs- und Verlegehinweise

Oberirdische Leitungen sollten an gut zugänglichen Stellen verlegt sein. Bei Parallelführungen und Kreuzungen muss der Rohrabstand so gewählt werden, dass Reparatur- und Wartungsarbeiten ohne Gefährdung der Leitungen möglich sind. Die Leitungsanlagen sind vor Erschütterungen und Verlagerung zu schützen. Gas führende Rohre müssen über Wasser führenden Rohren, Rohre für leichtere Gase sollen über denen für schwerere Gase angeordnet werden. Nachfolgend sind zusätzlich einige Kurzinformationen über die in diesem Einsatzfeld am häufigsten verwendeten Gase aufgeführt. Weitere Hinweise sind auch Kapitel 8 zu entnehmen.

Sauerstoff

Alle mit Sauerstoff in Berührung kommende Teile müssen aufgrund der Explosionsgefahr

frei von Öl, Fett, Glycerin oder anderen kohlenstoffhaltigen Schmiermitteln sein. Als Werkstoff für Sauerstoffleitungen ist Kupfer aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften besonders gut geeignet.

Edelgase (Helium, Argon, Krypton, Xenon, Radon) und Stickstoff

Edelgase, Stickstoff und deren Gemische sind unbrennbar, farb- und geruchlos und reagieren chemisch nicht oder nur sehr träge mit ihrer Umgebung, d. h. sie verhalten sich inert („Inertgase“). Auch hier sind Kupferrohre seit langer Zeit der bewährte Standard.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses, brennbares Gas. Ebenso wie für andere Brenngase können für Wasserstoffleitungen problemlos Kupferrohre aus desoxidiertem Kupfer, z. B. Cu-DHP, eingesetzt werden. Die Druckprobe in Wasserstoffleitungen hat aufgrund der geringen Dichte des Wasserstoffs mit Wasserstoff selbst oder mit Helium zu erfolgen.

Flüssiggase, Erdgase

Zu Flüssiggasen und Erdgasen werden u.a. auch Propan und Butan und deren Gemische gezählt. Bei Verwendung dieser Gase ist genau auf den Anwendungszweck zu achten:

Werden sie als Brenngase (z. B. als Hausbrennstoffe) eingesetzt, dann sind für Installationsarbeiten die entsprechenden Regelwerke wie die TRF zu beachten. Als Komponenten werden in diesem Fall Rohre nach DIN EN 1057 eingesetzt. Nähere Hinweise sind dem einschlägigen Regelwerk und dem Informationsdruck „i.158 – Die fachgerechte Kupferrohr-Installation“ des Deutschen Kupferinstituts zu entnehmen.

Werden die Gase hingegen als Kältemittel eingesetzt, dann sind Rohre nach DIN EN 12735-1 zu wählen. Dieser Unterschied ist begründet in verschiedenen rechtlichen und technischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung.

Kohlendioxid

Kohlendioxid ist ein farb- und geruchloses, nicht brennbares Gas. Als trockenes Gas reagiert es nicht mit den für Rohrleitungen verwendeten Werkstoffen. Es muss allerdings sichergestellt sein, dass technisch trockenes Kohlendioxid vorliegt und ein Zutritt von Feuchtigkeit zum Leitungssystem verhindert wird. Als Rohrleitungen kommen insbesondere kältebeständige Werkstoffe wie Kupfer und CuFe2P zum Einsatz.

Acetylen

Für Acetylenleitungen ist die Verwendung von Kupfer verboten! Bei der Reaktion von Acetylen mit Kupfer kann sich das hoch explosible Kupferacetylid bilden. Armaturen aus Kupferlegierungen können nur dann verwendet werden, wenn der Werkstoff maximal 70% Kupfer enthält.



Bild 9: Rohrleitungen für Laborgase, hart gelötet (Bild Drägerwerke)

7. Allgemeine Hinweise

7.1 Druckbelastbarkeit von Bauteilen

Die Werte des max. zulässigen Betriebsdruckes von Kupferleitungen werden durch die Rohrhersteller bereitgestellt. Die Tabellen im Kapitel 8 zeigen hierzu eine Übersicht. Die Berechnung erfolgt nach anerkannten Formeln. Die Festigkeitsstufen der Rohre (weich/halbhart/hart) haben keinen Einfluss auf die max. zulässige Druckbelastbarkeit, da aus Sicherheitsgründen alle Berechnungen auf den weichen Werkstoffzustand bezogen werden müssen. Die zu erwartende Verringerung der Festigkeit durch Wärmebehandlungen (Löten, Schweißen) wird damit im Voraus berücksichtigt und bleibt so ergebnisneutral. Der max. zulässige Betriebsdruck für Fittings kann der Tabelle in Kapitel 8 entnommen werden. Die Verwendung von Fittings bei höheren Drücken und Temperaturen erfordert stets die Freigabe durch den Fittinghersteller.

7.2 Druckgeräterichtlinie

Die Druckgeräterichtlinie bestimmt die Anforderungen an die Beschaffenheit der Druckgeräte und deren Bauteile. Beim Betrieb und in Verkehr bringen von Druckgeräten sind weitere Vorschriften wie z. B. die Druckgeräteverordnung und die Betriebssicherheitsverordnung zu beachten. Durch die DGRL entstehen zunächst keine Forderungen, die auf eine CE-Kennzeichnungspflicht der hier besprochenen Bauteile wie Kupferfittings und/oder – Installationsrohre für Druckgase oder Kältemittel hinauslaufen – ganz im Gegenteil, die Druckgeräterichtlinie verbietet die CE-Kennzeichnung einzelner Komponenten explizit. Eine Entscheidung über die Anbringung des CE-Kennzeichens an fertig installierten Rohrsystemen ist in der Planungsphase oder spätestens in der Vorbereitung der Systemabnahme zu treffen. Es besteht allerdings eine ausdrückliche Pflicht zur Rückverfolgbarkeit und Identifikationsfä-

higkeit der im Rohrleitungssystem verwendeten Bauteile wie z. B. Rohre und Fittings. Dementsprechend sind diese Bauteile mit einer Prägestempelung des Herstellers versehen. Die Kupferrohre und -fittings der einschlägigen Hersteller tragen eine unverlierbar eingeprägte Herstellerkennzeichnung. Nicht gekennzeichnete Produkte erfordern einen deutlich erhöhten Klärungsaufwand zur Absicherung der Rückverfolgbarkeit. Weitere Informationen zum Thema Druckgeräterichtlinie werden dem Interessenten in den Internetseiten der europäischen Kommission angeboten.

7.3 Prüfzeugnisse

Für die einzelnen Bauteile einer Rohrleitung ist durch den Errichter unter Umständen ein Nachweis über Materialkennwerte zu führen. Diese Kennwerte werden durch Abnahmeprüfzeugnisse des Herstellers dokumentiert und mitgeteilt. Abnahmeprüfzeugnisse vom Typ 2.2 nach DIN EN 10204 werden von den Herstellern überwiegend ohne Kostenberechnung für den Kunden bereitgestellt.

Bei Anwendungen im Bereich Kältetechnik und für Industrie- und Laborgase ist dieser Typ des Prüfzeugnisses völlig ausreichend. Auch bei Anwendungen im Bereich Medizinalgase und Vakuum wird dieser Typ des Prüfzeugnisses wegen seiner einfachen Beschaffbarkeit zunehmend angewendet. Gemäß gängiger Praxis entstehen jedoch für das Ausstellen eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 wegen des damit verbundenen erheblichen Mehraufwandes zusätzliche Kosten. Die Bereitstellung eines Prüfzeugnisses 3.1 ist nur möglich, wenn dies bereits bei der Auftragserteilung für die Bauteilherstellung vereinbart wurde. Ursache hierfür ist der Umstand, dass bei einem Prüfzeugnis 3.1 die Werkstoffeigenschaften auch abmessungsbezogen und mit direkter Zuordnung zu einem dem Besteller mitgeteilten Fertigungslos erfasst werden.

Die Notwendigkeit der Vorlage eines solchen Prüfzeugnisses vom Typ 3.1 bleibt aber überwiegend auf Sonderfälle beschränkt.

7.4 Rohrabmessungen außerhalb der Norm

Die in den oben genannten Normen aufgeführten Rohrabmessungen sind Empfehlungen im Sinne einer Abmessungsstandardisierung. Über diese Maßangaben hinausgehend enthaltene Anforderungen an Rohre gelten auch für alle anderen, dort nicht aufgeführten Abmessungen. Bezugsquellen für derartige Rohre können beim Deutschen Kupferinstitut (siehe auch Kapitel 10) erfragt werden. Im Bestelltext muss hierzu die Abmessung und die zugehörige Normspezifikation (z. B. „nach DIN EN 12735-1“) genannt werden. Begriffe wie die häufig verwendete Formulierung „in Anlehnung an EN ...“ sind unzureichend.

8. Tabellen und Diagramme

8.1 Physikalische Eigenschaften von Kupfer "Cu -DHP"

Schmelzpunkt	1083 °C
Dichte	8,9 kg/dm ³
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	> 330 W/mK
Wärmedehnung bei Erwärmung von 100°C	1,7 mm/m

8.2 Kupferrohre nach DIN EN 1057 und DVGW-Arbeitsblatt GW 392 mit RAL-Gütezeichen

Abmessungen in Ringen, Lieferlänge 25 oder 50 m

Abmessung	Nominalgewicht	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	kg/m	bar	R _m (Mpa)
12 x 1	0,31	89	weich (R220)
15 x 1	0,39	70	weich (R220)
18 x 1	0,48	57	weich (R220)
22 x 1	0,59	46	weich (R220)

Abmessungen in geraden Längen, Lieferlänge 5 m

Abmessung	Nominalgewicht	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	kg/m	bar	R _m (Mpa)
12 x 1	0,31	89	halbhart (R250)
15 x 1	0,39	70	halbhart (R250)
18 x 1	0,48	57	halbhart (R250)
22 x 1	0,59	46	halbhart (R250)
28 x 1	0,75	36	halbhart (R250)
35 x 1,2	1,13	34	hart (R290)
42 x 1,2	1,37	28	hart (R290)
54 x 1,5	2,20	28	hart (R290)
64 x 2	3,47	31	hart (R290)
76,1 x 2	4,14	26	hart (R290)
88,9 x 2	4,86	22	hart (R290)
108 x 2	7,37	23	hart (R290)
133 x 2,5	10,90	22	hart (R290)
159 x 3	13,09	19	hart (R290)
219 x 3	18,12	13	hart (R290)
267 x 3	22,14	11	hart (R290)

Die Werte des maximal zulässigen Betriebsdrucks beziehen sich immer auf den Werkstoffzustand R200 (ausgeglüht) und die jeweilige Abmessung, berechnet mit 3,5-facher Sicherheit nach AD2000-Merkblatt B0/B1. Werte gültig bis 100 °C Betriebstemperatur. Bei Betriebstemperaturen > 100 °C bis 250°C ist der zulässige Betriebsdruck temperaturabhängig neu zu berechnen.

8.3a Kupferrohre für die Kältetechnik nach DIN EN 12735-1

Abmessungen in Ringen, Lieferlänge 25 oder 35 m

Abmessung	Nominalgewicht	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	kg/m	bar	R _m (Mpa)
4 x 1	0,08	318	weich (R220)
6 x 1	0,14	194	weich (R220)
8 x 1	0,20	139	weich (R220)
10 x 1	0,25	109	weich (R220)
12 x 1	0,31	89	weich (R220)
15 x 1	0,39	70	weich (R220)
16 x 1	0,42	66	weich (R220)
18 x 1	0,48	57	weich (R220)
22 x 1	0,59	46	weich (R220)
Weitere Abmessungen auf Anfrage beim Hersteller oder Händler			

Die Werte des maximal zulässigen Betriebsdrucks beziehen sich immer auf den Werkstoffzustand R200 (ausgeglüht) und die jeweilige Abmessung, berechnet mit 3,5-facher Sicherheit nach AD2000-Merkblatt B0/B1. Werte gültig bis 100 °C Betriebstemperatur. Bei Betriebstemperaturen > 100 °C bis 250°C ist der zulässige Betriebsdruck temperaturabhängig neu zu berechnen.

Abmessungen in geraden Längen, Lieferlänge 5 m

Abmessung	Nominalgewicht	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	kg/m	bar	R _m (Mpa)
6 x 1	0,14	194	hart (R290)
8 x 1	0,20	139	hart (R290)
10 x 1	0,25	109	hart (R290)
12 x 1	0,31	89	hart (R290)
15 x 1	0,39	70	hart (R290)
16 x 1	0,42	66	hart (R290)
18 x 1	0,48	57	hart (R290)
22 x 1	0,59	46	hart (R290)
28 x 1	0,75	36	hart (R290)
28 x 1,5	1,11	55	hart (R290)
35 x 1,5	1,40	43	hart (R290)
42 x 1,5	1,70	36	hart (R290)
54 x 1,5	2,20	28	hart (R290)
64 x 2	3,47	31	hart (R290)
76,1 x 2	4,14	26	hart (R290)
88,9 x 2	4,86	22	hart (R290)
108 x 2,5	7,37	23	hart (R290)
133 x 3	10,90	22	hart (R290)
Weitere Abmessungen auf Anfrage beim Hersteller oder Händler			

Die Werte des maximal zulässigen Betriebsdrucks beziehen sich immer auf den Werkstoffzustand R200 (ausgeglüht) und die jeweilige Abmessung, berechnet mit 3,5-facher Sicherheit nach AD2000-Merkblatt B0/B1. Werte gültig bis 100 °C Betriebstemperatur. Bei Betriebstemperaturen > 100 °C bis 250°C ist der zulässige Betriebsdruck temperaturabhängig neu zu berechnen.

8.3b Kupferrohre aus CuFe2P für Hochdruckanlagen nach DIN EN 12735-1

Abmessungen in geraden Längen, Lieferlänge 5 m

Abmessung	Abmessung	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	Inch	bar	R _m (Mpa)
9,52	3/8"	Der zulässige Betriebsdruck ist abhängig von den Betriebstemperaturen auszulegen und ist den Herstellerangaben zu entnehmen. Für transkritische CO ₂ -Anlagen werden üblicherweise 150°C als Auslegungstemperatur angenommen.	hart (R420)
12,70	1/2"		hart (R420)
15,87	5/8"		weich (R300)
19,05	3/4"		weich (R300)
22,23	7/8"		weich (R300)
28,57	1 1/8"		weich (R300)
34,92	1 3/8"		weich (R300)
41,27	1 5/8"		weich (R300)
53,97	2 1/8"		weich (R300)
Weitere Abmessungen auf Anfrage beim Hersteller oder Händler			

Die Werte des zulässigen Betriebsdrucks beziehen sich den technischen Regeln entsprechend immer auf den Werkstoffzustand R300 (weichgeglüht) und die jeweilige Abmessung – berechnet nach AD2000-Merkblatt B0/B1 – sowie auf die Vorgaben der herstellereigenen Zulassungen.

8.4 Kupferrohre für medizinische Gase und Vakuum nach DIN EN 13348

Abmessungen in geraden Längen, Lieferlänge 5 m

Abmessung	Nominalgewicht	Zul. Betriebsdruck	Lieferzustand
mm	kg/m	bar	R _m (Mpa)
6 x 1	0,14	194	hart (R290)
8 x 1	0,20	139	hart (R290)
10 x 1	0,25	109	hart (R290)
12 x 1	0,31	89	hart (R290)
15 x 1	0,39	70	hart (R290)
16 x 1	0,42	66	hart (R290)
18 x 1	0,48	57	hart (R290)
22 x 1	0,59	46	hart (R290)
28 x 1	0,75	36	hart (R290)
28 x 1,5	1,11	55	hart (R290)
35 x 1,5	1,40	43	hart (R290)
42 x 1,5	1,70	36	hart (R290)
54 x 2	2,91	37	hart (R290)
64 x 2	3,47	31	hart (R290)
76,1 x 2	4,14	26	hart (R290)
88,9 x 2	4,86	22	hart (R290)
108 x 2,5	7,37	23	hart (R290)
Weitere Abmessungen auf Anfrage beim Hersteller oder Händler			

Die Werte des maximal zulässigen Betriebsdrucks beziehen sich immer auf den Werkstoffzustand R200 (ausgeglüht) und die jeweilige Abmessung, berechnet mit 3,5-facher Sicherheit nach AD2000-Merkblatt B0/B1. Werte gültig bis 100 °C Betriebstemperatur. Bei Betriebstemperaturen > 100 °C bis 250°C ist der zulässige Betriebsdruck temperaturabhängig neu zu berechnen.

8.5 Berechnung von Betriebsdrücken und Wanddicken

Die Berechnung von Betriebsdrücken und Wanddicken erfolgt nach dem AD 2000–Merkblättern B0 „Berechnung von Druckbehältern“ und B1 „Zylinder und Kugelschalen unter innerem Überdruck“

Der zulässige Betriebsdruck eines Rohres berechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$p_B = \frac{20 \times R_m \times t}{(d_a - t) \times S}$$

Entsprechend umgeformt berechnet sich die Wanddicke:

$$t = \frac{d_a \times p_B}{\left(20 \times \frac{R_m}{S}\right) + p_B}$$

Erläuterung der Formelzeichen:

- p_B zulässiger Betriebsdruck in bar, physikalisch auf eine ganze Zahl gerundet
- d_a Außendurchmesser in mm
- R_m Zugfestigkeit/Werkstoffzustand des Rohres in MPa (entspricht N/mm²).
Rohre aus Cu-DHP nach EN 12735-1 und EN 13348 zur Erstellung von Anlagen vor Ort werden aufgrund unterschiedlicher Auswirkungen der Festigkeitszustände von geraden Längen und Ringen im Auslieferungszustand sowie aufgrund der unter Baustellenbedingungen durchzuführenden Hartlötungen mit einer Zugfestigkeit von $R_m = 200$ MPa für den ausgeglühten Zustand berechnet. Rohre aus Cu-DHP nach EN 12735-2 im Auslieferungszustand R220 oder Y040, die unter industriellen Bedingungen wärmebehandelt oder hartgelötet werden, werden mit einer Zugfestigkeit von $R_m = 220$ MPa berechnet.
- t Wanddicke in mm. Hierfür ist gemäß aktueller Fassung von AD2000 B0 die minimale Wanddicke einzusetzen, die sich aus den Rohrspezifikationen unter Beachtung der betragsmäßig größtmöglichen Toleranz auf die Wanddicke ergibt. (Anmerkung: Im Sinne AD2000 B1 ist t definiert als $t = s - c1$, sodass sich die nominale Wanddicke s mit $s = t + c1$ berechnet.)
- 20 Berechnungskonstante mit der Einheit (bar/MPa, entspricht (bar x mm²)/N)
- S Sicherheitsbeiwert. Bei unbehandelten Teilen, geschweißten Nähten und hartgelöteten Rundnähten (z. B. Kombination Rohr/Lötfitting) ist nach AD 2000–Merkblatt B0 bei nahtlosen Kupferrohren unter Innendruckbeanspruchung mit einem Sicherheitsbeiwert $S=3,5$ zu rechnen (einheitliche Definition der Verwendung von Sicherheitsbeiwerten gemäß VdTÜV AK AD2000 W 6/2 Kupferwerkstoffe vom 08.06.2016). Für längsnahtgelötete Behälter aus Cu-DHP bzw. weitere andere Ausführungen ist ein Sicherheitsbeiwert von $S=4$ anzusetzen.

8.6 Lote und Flussmittel mit RAL-Gütezeichen

Rohrleitungssysteme für die Kälte- und Klimatechnik, für Industrie-, Labor- und Medizingase werden üblicherweise hartgelötet. Flussmittel bzw. Flussmittelreste können – soweit sie auch nur in geringen Mengen in das Rohrinne gelangen – korrosionsfördernd wirken, weshalb sauber erstellte Lötverbindungen ohne Verwendung von Flussmitteln als Optimum anzusehen sind. Soweit dies nicht umsetzbar ist, sollte so gearbeitet werden, dass ein Eindringen von Flussmitteln in das Rohrinne bzw. in das durchfließende Medium beim späteren Betrieb der Rohrleitung nicht erfolgt.

Hartlote für die Kupferrohr-Installation nach DIN EN 1044 und ihre Eigenschaften (Elementangaben in Gewichts-Prozent)

Hartlot	alte Bezeichnungen	Cu	Ag	Zn	Sn	P	Schmelzbereich °C
CuP 179	CP 203 , L-CuP6	Rest	–	–	–	5,9-6,5	710-890
CuP 279	CP 105, L-Ag2P	Rest	1,5-2,5	–	–	5,9-6,7	645-825
Ag 134	AG 106, L-Ag34Sn	35–37	33–35	25,5-29,5	2,0-3,0	–	630–730
Ag 145	AG 104, L-Ag45Sn	26–28	44–46	23,5-27,5	2,0-3,0	–	640–680
Ag 244	AG 203, L-Ag44	29–31	43–45	24,0-28,0	–	–	675–735

Flussmittel für alle Lote: FH 10 (DIN EN 1045)

Hinweise:

- Bei der Verwendung von Kupfer-Phosphor-Loten („CP“) sind für Verbindungen Kupfer-Kupfer keine Flussmittel erforderlich.
- Verbindungen Kupfer-Messing oder Kupfer-Rotguss sind immer unter Verwendung eines Flussmittels (FH 10) herzustellen.

Weichlote für die Kupferrohr-Installation nach ISO 9453 und ihre Eigenschaften (Elementangaben in Gewichts-Prozent)

Weichlot	Sn	Cu	Ag	Schmelzbereich °C
402 (S-Sn97Cu3)	Rest	2,5-3,5	–	227-310
702 (S-Sn97Ag3)	Rest	–	2,8-3,2	221-224

Flussmittel für alle Lote: 3.1.1, 3.1.2 oder 2.1.2 (DIN EN 29454–1)

8.7 Zulässige Betriebsdrücke für Kapillarlöt fittings nach DIN EN 1254

Angaben aus DIN EN 1254

Die Verwendbarkeit von Löt fittings bei höheren Innendrücken und/oder Temperaturen muss unter Angabe des durchfließenden Mediums, der Min./Max.-Temperatur und des Druckes erfragt und vom jeweiligen Fittinghersteller freigegeben werden

Lötverbindung	Betriebstemperatur maximal °C	Betriebsdruck in bar für zugehörigen Rohraußendurchmesser (mm)		
		6 bis 28	35 bis 54	64 bis 108
Weichlöten / Hartlöten	30	25	25	16
	65	25	16	16
	110	16	10	10

Zusätzlich zu DIN EN 1254 gilt: Bei höheren Drücken und Temperaturen: Freigabe durch den Fittinghersteller einholen

Hinweise:

- In Kältemittelleitungen und in Gas führenden Rohrleitungen ist nur das Hartlöten anzuwenden.
- Weichlötungen sind nur bis zu einer maximalen Betriebstemperatur von 110 °C zugelassen (z. B. Wasser-Kühlkreisläufe).

8.8 Auswahl des zu verwendenden Rohrtyps nach Einsatzbereich und Medium für typische Anwendungen

Anwendung und Medium	Zeichen	Kupferrohrnorm
Kälte- und Klimatechnik		
Sicherheitskältemittel		DIN EN 12735-1
H-FCKW (s. Hinweis Kap. 3)		
H-FKW		
Brennbare Kältemittel	$C_n H_n$	
Andere		Kupfer nicht gestattet!
Kohlendioxid*	CO_2	
Ammoniak	NH_3	
Industrie- und Laborgase		
Edelgase		DIN EN 12735-1 oder DIN EN 13348
Helium	He	
Neon	Ne	
Argon	Ar	
Krypton	Kr	
Xenon	Xe	
Radon	Rn	
Inertgase		
Stickstoff	N_2	
Kohlendioxid*	CO_2	
Schwefelhexafluorid	SF_6	
Luft		
Druckluft		
Vakuum		
Brenngase		
Wasserstoff	H_2	
Methan	CH_4	
Flüssiggase	$C_n H_n$	
Kokereigas		
Acetylen**	$C_2 H_2$	Kupfer nicht gestattet!

Anwendung und Medium	Zeichen	Kupferrohrnorm
Medizintechnik		
Sauerstoff	O ₂	DIN EN 13348
Stickstoff	N ₂	
Kohlendioxid*	CO ₂	
Lachgas	N ₂ O	
Argon	Ar	
Helium	He	
Xenon	Xe	
Med. Druckluft		
Vakuum		
Brennstoffversorgung		
Erdgas	(CH ₄)	DIN EN 1057
Flüssiggase	C _n H _n	
Stadtgas		
Betriebliche Druckluft		
ohne bes. Reinheitsanforderung		DIN EN 1057
Sondergase		
Ammoniak	NH ₃	Alle: Verwendung von Kupfer nicht gestattet!
Chlorgas	Cl ₂	
Chlorwasserstoff	HCl	
Phosgen	COCl ₂	
Schwefeldioxid	SO ₂	
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	

* Das Gas muss in absolut trockenem Zustand vorliegen, was z. B. bei Entnahme aus Druckgasflaschen der Fall ist.

** Bildung des hochexplosiblen Kupferacetylid möglich!

Zu beachtende Vorschriften:

"Betriebssicherheitsverordnung" (BetrSichV) und "Technische Regeln für Acetylenanlagen und Kalziumkarbidlager" (TRAC).

8.9 Empfohlene Rohralterungsabstände für Kupferrohre in medizinischen Gasversorgungsanlagen

Angaben nach DIN EN ISO 7396

Rohraußendurchmesser mm	Maximaler Befestigungsabstand m
bis 15	1,5
22 bis 28	2,0
35 bis 54	2,5
> 54	3,0

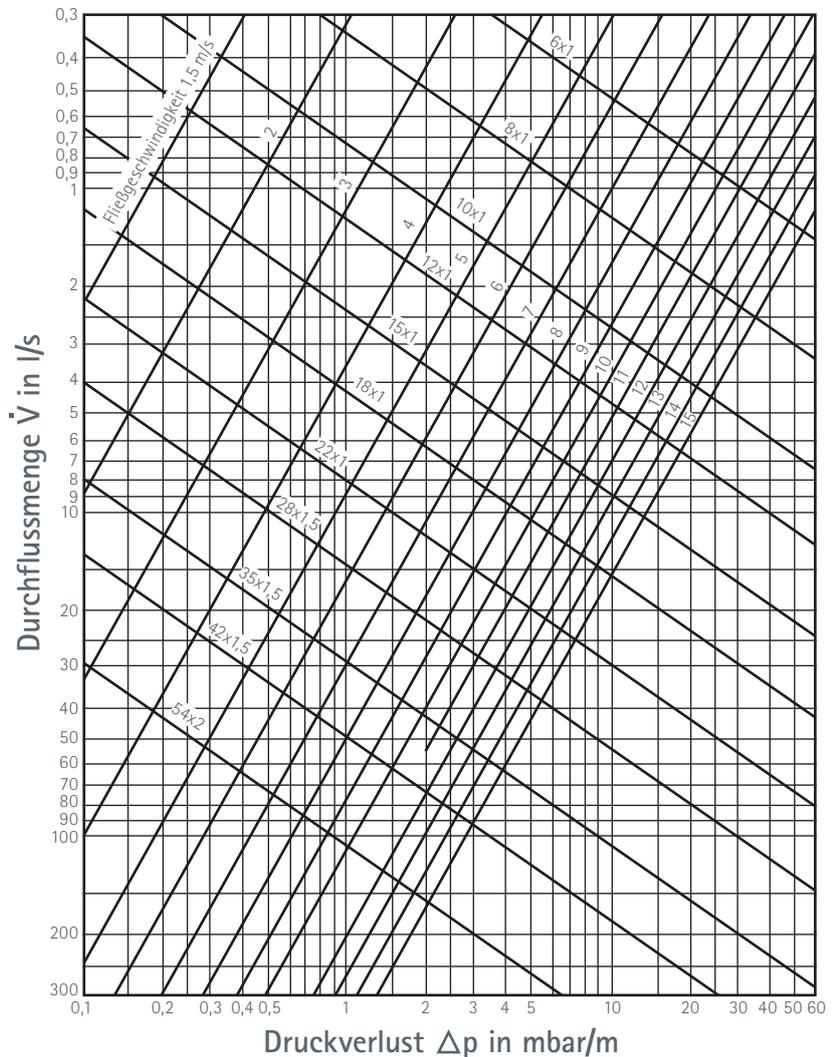
8.10 Druckverluste – Kupferrohre für technische und medizinische Gase

Der Druckverlust in Rohrleitungen für technische und medizinische Gase inklusive der Druckverluste durch Einzelwiderstände wird mit maximal $0,1 \times p_b$ (Betriebsdruck) angenommen. Dabei ist ein Anteil von ca. 20% für Druckverluste durch Einzelwiderstände technisch vertretbar. Eine gesonderte Berechnung der Druckverluste durch Einzelwiderstände zur Ermittlung der Rohrabmessungen mittels unten aufgeführtem Diagramm ist also nicht notwendig.

$$\text{Verfügbare Druckverlust} = \frac{\text{Betriebsdruck} \times 0,1}{\text{Gesamtlänge der Teilstrecken}}$$

Das Nomogramm liefert für die Gase Sauerstoff, Lachgas, Kohlendioxid Stickstoff, Wasserstoff und Druckluft trotz unterschiedlicher Stoffwerte in der Regel ausreichend genaue Druckverluste. Weitere Informationen sind auf Anfrage gegebenenfalls bei den Herstellern und beim Deutschen Kupferinstitut erhältlich.

Gas-Zustand: Betriebsdruck 5 bar, Temperatur 20 °C (DKI 4809)



9. Normen, Regelwerke und Literatur

DIN 2607

Rohrbogen – Aus Kupfer zum Einschweißen; 2002-05

DIN EN 378-1

Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Definitionen, Klassifikationen und Auswahlkriterien; 2017-03

DIN EN 378-2

Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation; 2017-03

DIN EN 1045

Hartlöten, Flussmittel zum Hartlöten, Einteilung und technische Lieferbedingungen; 1997-08

DIN EN 1057

Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für Wasser- und Gasleitungen für Sanitärinstallationen und Heizungsanlagen; 2010-06

DIN EN 1254-1

Kupfer und Kupferlegierungen, Fittings, Kapillarlötfitings für Kupferrohre (Weich- und Hartlöten); 1998-03

DIN EN 1254-2

Kupfer und Kupferlegierungen, Fittings, Klemmverbindungen für Kupferrohre; 1998-03

DIN EN 1254-4

Kupfer und Kupferlegierungen, Fittings, Fittings zum Verbinden anderer Ausführungen von Rohrenden mit Kapillarlötverbindungen oder Klemmverbindungen; 1998-03

DIN EN 1254-5

Kupfer und Kupferlegierungen, Fittings, Fittings mit geringer Einstecktiefe zum Verbinden mit Kupferrohren durch Kapillarlötlöten; 1998-03

prEN 1254-7

Kupfer und Kupferlegierungen, Fittings, Pressfittings für metallische Rohre; Entwurf 2004-05

DIN 2607

Rohrbogen – Aus Kupfer zum Einschweißen; 2002-05

DIN EN ISO 7396-1

Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 1: Rohrleitungen für medizinische Druckgase und Vakuum; 2016-09

ISO 8573-1

Druckluft – Teil 1: Verunreinigungen und Reinheitsklassen; 2010-04

DIN EN ISO 9170-1

Entnahmestellen für Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 1: Entnahmestellen für medizinische Druckgase und Vakuum; 2008-10

DIN EN ISO 9170-2

Entnahmestellen für Rohrleitungssysteme für medizinische Gase – Teil 2: Entnahmestellen für Anästhesiegas-Fortleitungssysteme; 2009-09

DIN EN ISO 9453

Weichlote – Chemische Zusammensetzung und Lieferformen (ISO 9453:2014); 2014-12

DIN EN ISO 9454-1

Flussmittel zum Weichlöten – Einteilung und Anforderungen – Teil 1: Einteilung, Kennzeichnung und Verpackung; 2016-07

DIN EN 10204

Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen; 2005-01

DIN EN ISO 11197 (VDE 0750-211)

Medizinische Versorgungseinheiten; 2016-08

DIN EN 12735-1

Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre für die Kälte- und Klimatechnik – Teil 1: Rohre für Leitungssysteme; 2016-11

DIN EN 13348

Kupfer und Kupferlegierungen, Nahtlose Rundrohre aus Kupfer für medizinische Gase oder Vakuum; 2016-11

DIN EN ISO 17672

Hartlöten – Lote; 2017-01

prEN DIN EN 14276-1

Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen – Teil 1: Behälter – Allgemeine Anforderungen; 2017-03

prEN 14276-2

Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen – Teil 2: Rohrleitungen – Allgemeine Anforderungen; 2017-03

AD 2000-Merkblatt B 0

Berechnung von Druckbehältern; 2014-11

AD 2000-Merkblatt B 1

Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck; 2000-10

AD 2000-Merkblatt W 6/2

Werkstoffe für Druckbehälter, Kupfer und Kupferknetlegierungen; 2009-03

RAL-RG 641/1

Güte- und Prüfbestimmungen für das Gütezeichen „Kupferrohr/RAL“ der Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V.; 2009-08

RAL-RG 641/4

Gütesicherung Kupferrohr; Erweiterung auf Kapillarlöt fittings aus Kupferrohren; Güte- und Prüfbestimmungen; 2001-04

DVGW GW 2

Verbinden von Kupferrohren für die Gas- und Wasserinstallation innerhalb von Grundstücken und Gebäuden; 2012-05

DVGW GW 392

Nahtlosgezogene Rohre aus Kupfer für Gas- und Trinkwasser-Installationen und nahtlosgezogene, innenverzinnete Rohre aus Kupfer für Trinkwasser- Installationen; Anforderungen und Prüfungen; 2009-07

DVGW W 534

Rohrverbinder und Rohrverbindungen; 2015-07

DVGW Prüfgrundlage G 5614

Unlösbare Rohrverbindungen für metallene Gasleitungen; Pressverbinder; 2013-12

i.158 – Die fachgerechte**Kupferrohr-Installation**

Informationsdruck, Deutsches Kupferinstitut

s.210 – Ammoniakanlagen und**Kupferwerkstoffe**

Sonderdruck, Deutsches Kupferinstitut

s.211 – Kupferwerkstoffe in**Ammoniakkälteanlagen**

Sonderdruck, Deutsches Kupferinstitut

Fachinformation**„Druckluftversorgungsleitungen“**

ZVSHK Zentralverband

Sanitär – Heizung – Klima

Druckgeräteverordnung

Vierzehnte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (14. GPSGV)

Betriebssicherheitsverordnung

(BetrSichV)

Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager

(TRAC)

Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU

10. Adressen 11. Verlagsprogramm

„BTGA“

Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.

Hinter Hoben 149
53129 Bonn
Telefon: +49 228 94917-0
Telefax: +49 228 94917-17
E-Mail: info@btga.de
www.btag.de

Weitere Broschüren und Informationsdrucke
rund um Kupfer finden Sie auf der Webseite
www.kupferinstitut.de.

„BIV Kälte“

Bundesinnungsverband des Deutschen
Kälteanlagenbauerhandwerks – BIV

Bahnhofstraße 27
53721 Siegburg
Tel.: 02241 97420-0
Fax: 02241 97420-20
E-mail: info@biv-kaelte.de
www.biv-kaelte.de

„VDKF“

Verband deutscher Kälte-Klima-
Fachbetriebe e.V.
Kaiser-Friedrich-Straße 7
D-53113 Bonn
Telefon: +49 (0)228 24989-0
Telefax: +49 (0)228 24989-40
Email: info@vdkf.org
Internet: www.vdkf.de

Aktuelle Liefernachweise mit Angaben
zu den Herstellern der hier beschriebenen
Bauteile können beim Deutschen Kupferinsti-
tut kostenlos telefonisch, schriftlich oder
per Email angefordert werden.



**Deutsches
Kupferinstitut**
Copper Alliance

**Deutsches Kupferinstitut
Berufsverband e.V.**
Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Deutschland

Telefon 0211 47963-00
Telefax 0211 47963-10

info@kupferinstitut.de
www.kupferinstitut.de