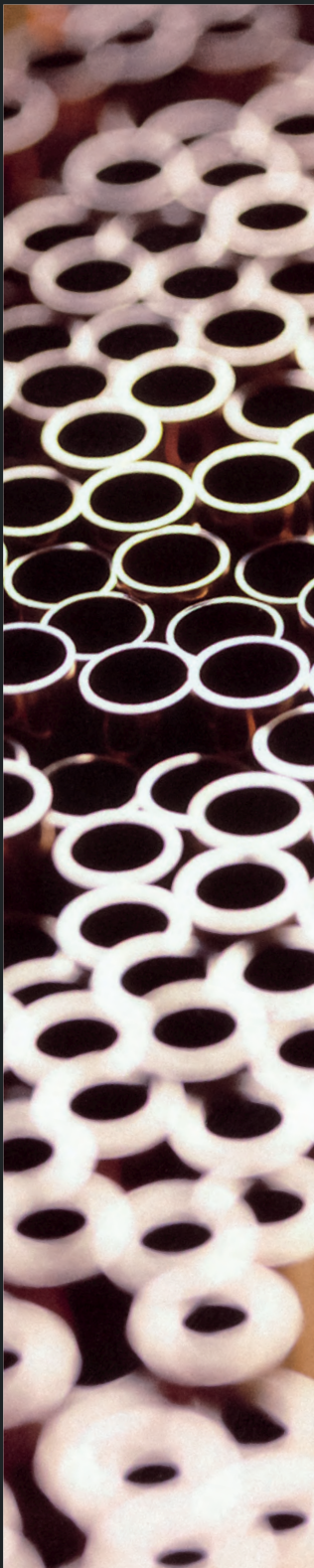


Lernprogramm

Die fachgerechte Kupferrohr-Installation



Herausgeber:

Kupferverband e.V.
Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V.

Emanuel-Leutze-Straße 11
40547 Düsseldorf

Tel. +49 211 239469-0
Fax: +49 211 239469-10

info@kupfer.de
www.kupfer.de

Überarbeitete Auflage: 05/2023

Bildnachweis:
Kupferverband e.V.
Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V.

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

Umschlaggestaltung:
dws Werbeagentur GmbH
Philosophenweg 31-33
47051 Duisburg
Tel.: +49 203 31800-0
Fax: +49 203 31800-27
www.dsw.de
mail@dsw.de

© 2023

Vorwort

Kupfer hat die Entwicklung der menschlichen Kultur maßgeblich beeinflusst. Schon vor über 10000 Jahren, in der Mittelsteinzeit, entdeckten die Nachfahren der Neandertaler, dass sich dieser seltsame Stein durch Hämmern formen und härten ließ, ohne zu splintern. So entstanden die ersten metallenen Werkzeuge, Waffen und Kultgegenstände. Kupfer blieb fast 5000 Jahre lang das einzige genutzte Metall. Erst etwa 3000 v. Chr. lernten die Menschen, Silber und Blei zu verwenden und Kupfer mit Zinn zu legieren. Die Bronzezeit begann. Für viele Jahrhunderte prägte Zinnbronze die Kulturgeschichte der Menschheit.

Bereits um 2500 v. Chr. ließen die ägyptischen Könige in ihren Palästen Wasserleitungen aus getriebenem Kupferblech in Steinrinnen verlegen. Ein Stück einer solchen Leitung ist heute im Staatlichen Museum Berlin zu betrachten. Seinen Namen erhielt das Kupfer jedoch erst einige Zeit später; die Römer nannten es „aes cyprium“, Erz aus Zypern, dann „cuprum“.

Seinen endgültigen Einzug in das Leben eines jeden einzelnen Menschen hielt das Kupfer schließlich in der Neuzeit, nach der Entdeckung seiner elektrischen Leitfähigkeit. Ohne Kupfer gäbe es kein elektrisches Licht, keine Industrie, kein Auto und keine Elektronik. Nur noch das viel teurere Edelmetall Silber verfügt über eine ähnlich hohe Leitfähigkeit. Kupfer ist in der Moderne zu einem alltäglichen Material geworden und im Gegensatz zu früheren Zeiten kein Privileg der Reichen und Mächtigen mehr.

Das Deutsche Kupferinstitut wurde 1927 in Berlin gegründet. Gegenstand und Anliegen seiner Beratungstätigkeit ist es, die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen zu fördern und zu unterstützen. Es geht um die Erhaltung bekannter sowie um die Erschließung neuer Anwendungsgebiete. Zu diesem Zweck sammelt und verbreitet das DKI alle zugänglichen Informationen aus Wissenschaft und Technologie, aus Theorie und Praxis. Es beantwortet sachverständig, neutral und kostenlos Anfragen aus allen Anwendungsgebieten, zum Beispiel aus dem Maschinenbau, dem Bau- und Transportwesen, aus der chemischen, der metallverarbeitenden und der Elektroindustrie.

Wenn Sie mehr über das Material Kupfer und seine Legierungen oder auch über den Kupferverband erfahren möchten, wenden Sie sich an uns:

Kupferverband e.V.
Emanuel-Leutze-Straße 11
40547 Düsseldorf

Besuchen Sie uns auch im Internet, unter
www.kupfer.de

Seit 1975 stellt das DKI Auszubildenden des Gas- und Wasserinstallateur-Handwerks und des Zentralheizungs- und Lüftungsbauer-Handwerks Ausbildungsunterlagen zur Verfügung.

Für die aktuelle Ausgabe des vorliegenden Lernprogrammes wurden alle Informationen auf den neuesten Stand gebracht und sämtliche neuen Verbindungstechniken, Normen und Regelwerke berücksichtigt. Alle wesentlichen Aspekte einer fachgerechten Kupferrohrinstallation werden einfach erklärt und übersichtlich dargestellt. Die Ausbildungsunterlagen sind in kurze, überschaubare Abschnitte unterteilt und es wurde bewusst Freiraum für persönliche Notizen gelassen. Wir empfehlen, dieses Lernprogramm und die dazugehörigen Unterlagen nach Abschluss Ihrer Ausbildung zu behalten, so dass sie Ihnen auch zukünftig bei der Ausübung Ihres Handwerks zum Nachschlagen zur Verfügung stehen.

Für die Ausbildung und Ihr Berufsleben wünschen wir Ihnen viel Erfolg.

Kupferverband e.V.



Entscheidende Merksätze sind mit diesem Symbol gekennzeichnet



Hintergrundwissen für diejenigen, die mehr wissen möchten. Das Hintergrundwissen wird nicht in den Aufgaben abgefragt.

Inhalt

1. Grundlagen

6

17

1.1	Eigenschaften von Kupfer	8
1.2	Herstellung von Kupferrohren	10
1.3	Vorteile von Kupferrohren.	11
1.4	Lieferformen von Kupferrohr.	12
1.5	DIN EN 1057	13
1.6	Gütezeichen	14
1.7	Form- und Verbindungsstücke	15
	Aufgaben	16

2. Trennen und Biegen

18

31

2.1	Trennen von Kupferrohr	20
2.2	Arbeitsschritte beim Trennen.	21
2.3	Kalibrieren	22
2.4	Biegen von Kupferrohr	23
2.5	Biegen von Hand	24
2.6	Biegen mit Werkzeug	25
2.7	Maßgerechtes Biegen	26
2.8	Warmbiegen und Weichglühen	27
	Aufgaben	29

3. Verbindungstechniken

32

61

3.1	Verbindungstechniken – Übersicht.	34
3.2	Kapillarlöten	35
3.3	Die Unterscheidung von Weich- und Hartlöten.	36
3.4	Kapillarlöt fittings	37
3.5	Lote und Flussmittel für das Weichlöten	38
3.6	Lote und Flussmittel für das Hartlöten.	40
3.7	Lötgeräte.	41
3.8	Die Arbeitsgänge beim Weich- und Hartlöten.	42
	Aufgaben	44
3.9	Löten ohne Fittings.	46
3.10	Handwerkliches Herstellen einer Muffe.	47
3.11	Handwerkliches Herstellen eines Abzweiges	48
3.12	Schweißen von Kupferrohr.	51
3.13	Die Pressverbindung.	52
3.14	Die Steckverbindung.	54
3.15	Die Klemmringverbindung.	56
3.16	Rohrverschraubungen	58
3.17	Flanschverbindungen	59
	Aufgaben	60

4. Verlegetechnik

62

85

4.1	Einführung	64
4.2	Die Z-Maß-Methode	65
4.3	Wärmedämmung von Rohrleitungen.	66
4.4	Tauwasserbildung bei Kaltwasserleitungen	67
4.5	Befestigung.	68
4.6	Wärmedehnung.	70
4.7	Ausgleich der Wärmedehnung	71
4.8	Fachgerechte Bemessung von Dehnungsausgleichern	74
4.9	Kombination von Kupfer und Stahl in Trinkwasserinstallationen	76
4.10	Zusammenbau von Kupfer und Stahl in Heizungsinstallationen	78
4.11	Einsatz von Kupferrohren in der Solartechnik.	79
	Aufgaben	80

Anhang

86

93

Nützliche Adressen	87
Technische Daten.	88
Abmessungsreihen von Kupferrohr	89
Lote und Flussmittel	90
Längendehnung von Kupferrohren	91
Schenkellänge A in Abhängigkeit von Rohrabmessung und Ausdehnung	92
Bemessung von Dehnungsbögen.	93
Verlagsprogramm Deutsches Kupferinstitut.	94



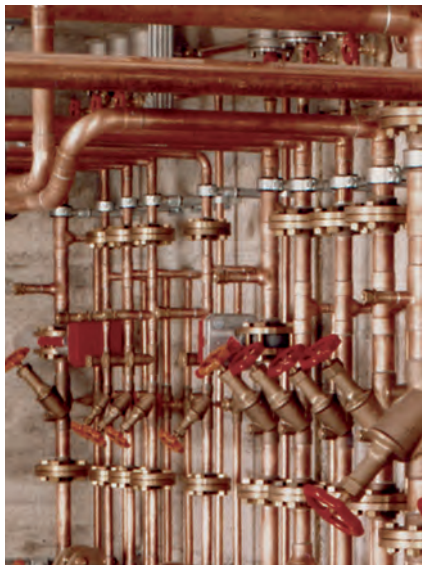
Grundlagen

1.1	Eigenschaften von Kupfer	8
1.2	Herstellung von Kupferrohren	10
1.3	Vorteile von Kupferrohren	11
1.4	Lieferformen von Kupferrohr	12
1.5	DIN EN 1057	13
1.6	Gütezeichen	14
1.7	Form- und Verbindungsstücke	15
	Aufgaben	16

1.1 Eigenschaften von Kupfer

Kupfer wird aufgrund seiner vielseitigen Vorzüge in nahezu allen Branchen und Lebensbereichen eingesetzt. Bekannt ist Kupfer aufgrund der hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit in elektrischen Leitungen, Elektromotoren und Generatoren. In Wärmetauschern spielt die gute Wärmeleitfähigkeit des Kupfers eine wichtige Rolle. Für Rohrleitungsinstallationen wiederum sind die glatte Oberfläche, hohe Festigkeit bei geringen Wanddicken, die gute Verarbeitung mit vielfältigen Verbindungstechniken, Gasdichtheit sowie Unempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen und Korrosionsbeständigkeit die entscheidenden Vorteile.

Für alle Anwendungsbereiche ist schließlich auch die hohe Lebensdauer des Kupfers von großer Bedeutung.



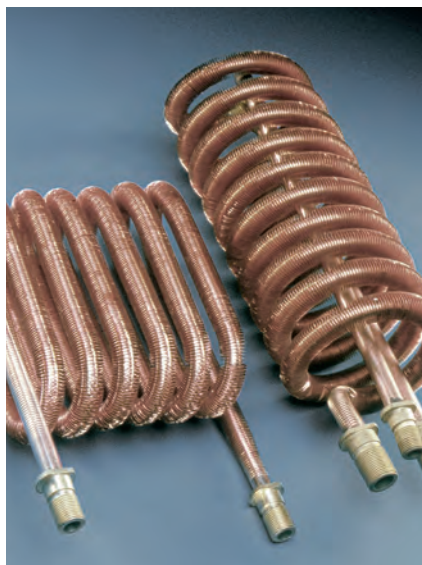
Kupferrohrinstallation mit Stangenrohr



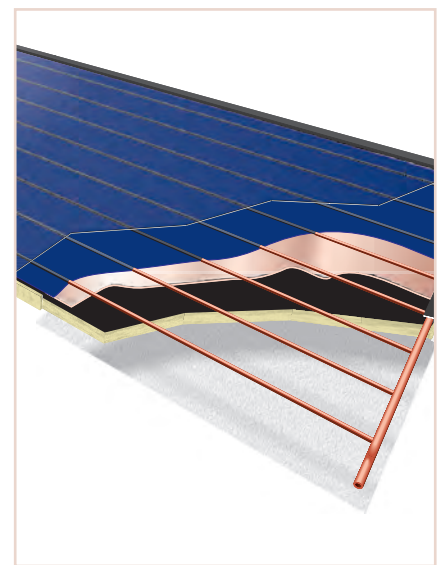
Verlegung einer Fußbodenheizung mit Kupferringrohr (kunststoffummantelt)

Obwohl Kupfer ein festes Metall ist, wird es im Handwerk unter anderem wegen seiner guten Verformbarkeit geschätzt. Die Festigkeitseigenschaften von Kupfer können durch Kaltverformung und Wärmebehandlung beeinflusst werden. So werden Kupferrohre in den drei Festigkeiten weich, halbhart und hart gefertigt. Weiche Kupferrohre werden in Ringen ausgeliefert und können ohne Werkzeug gebogen oder ausgerollt werden, z.B. für Fußbodenheizungen.

Neben der guten Verformbarkeit hat Kupfer auch eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit. Daraus resultieren wichtige Einsatzbereiche: Kondensatoren und Verdampfer von Wärmepumpen bestehen meist aus Kupfer. Hochwertige Kühlkörper für Computerprozessoren sind mit einem Kupferkern ausgerüstet. Auch für die Rohre und Lamellen von Wärmetauschern oder Absorbern in Solarkollektoren wird in der Regel Kupfer verwendet.



Wärmetauscher aus Kupfer



Sonnenkollektor mit Rohren und Absorbern aus Kupfer

Eigenschaften	Wert
Dichte	8,93 g/cm ³
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	293-364 W/(m · K)
Ausdehnungskoeffizient	0,017 mm/(m · K)
Schmelzpunkt	1083 °C

Werkstoffeigenschaften von Kupfer

Und noch eine Eigenschaft ist wichtig: Kupfer bringt die hygienischen Voraussetzungen mit, die an Werkstoffe im Trinkwasser- und Lebensmittelbereich gestellt werden, und wird somit für Trinkwasserleitungen eingesetzt.

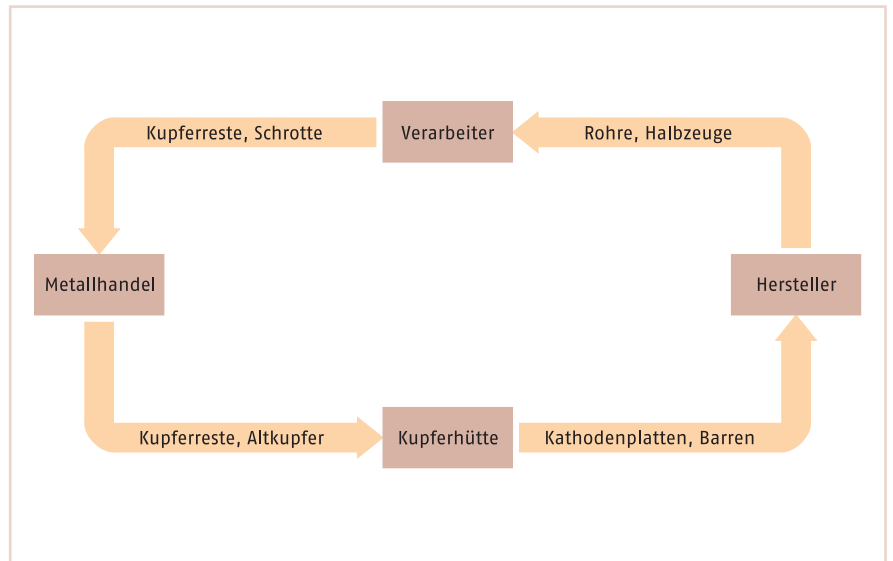


Kupferkessel in einer Brauerei

DKI 5280

Recycling

Kupfer ist ein wertvoller Werkstoff. Es lohnt sich daher nicht nur aus Gründen des Umweltschutzes, Kupferreste und Kupferschrott der Wiederverwertung zuzuführen. So wie in der kupferverarbeitenden Industrie sollten daher auch auf jeder Baustelle Kupferreste separat gesammelt und an Altmetallhändler verkauft werden. Heute werden in Deutschland bereits über 40 Prozent des Kupfers aus Recycling gewonnen. Der entscheidende Vorteil beim Recycling von Kupfer ist, dass eine Wiederverwertung ohne Qualitätsverlust erreicht wird. Auch ist keine besondere Infrastruktur notwendig, da Kupfer unabhängig vom jeweiligen Hersteller oder Fabrikat flächendeckend gesammelt wird.



Recyclingkreislauf

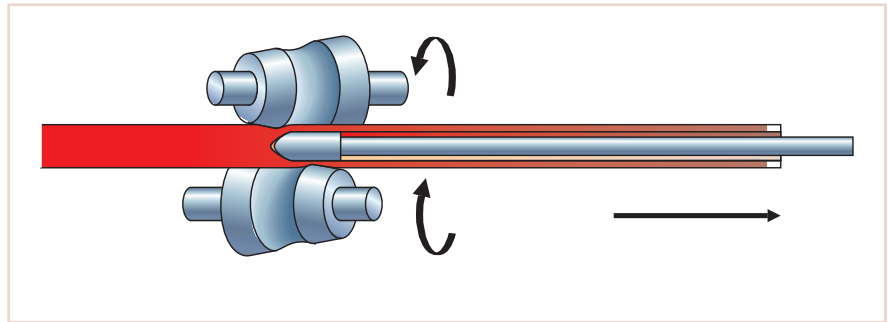
DKI 5351



Beim Recycling von Kupfer können Fremdstoffe einfach entfernt oder sogar abgetrennt und wiederverwertet werden. Üblicherweise werden Kupferschrotte eingeschmolzen und zu sogenannten Anodenplatten gegossen, die der Elektrolyse zugeführt werden. Hier wird das Kupfer aus den Platten herausgelöst und lagert sich als reines Kupfer an der Kathode ab. Fremdstoffe werden als Schlamm abgezogen und separat aufgearbeitet. Die Energieeinsparung beim Recycling von Kupfer gegenüber der Neugewinnung aus Erzen beträgt 80 bis 92 Prozent.

1.2 Herstellung von Kupferrohren

Die Kupferrohrproduktion beginnt mit dem Warmwalzen oder Warmpressen eines glühenden Rundbolzens aus Kupfer über einen feststehenden Dorn.

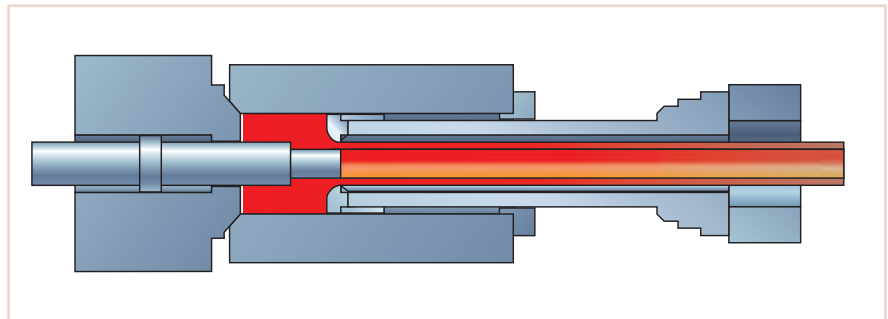


DKI 5352

Warmsträgwalzen

Die weiteren Arbeitsschritte zum Fertigrohr erfolgen in mehreren Stufen durch Kaltziehen in Ziehmaschinen unter Verwendung eines fliegenden Dorns. Auf diese Weise werden nahtlose Rundrohre hergestellt.

Die Festigkeit des Kupfers erhöht sich durch Kaltverformung und kann durch Glühen wieder vermindert werden. Zur Herstellung der weichen und halbharten Rohre wird daher die Festigkeit durch Zwischenglühen und anschließende Kaltverformung gezielt eingestellt.

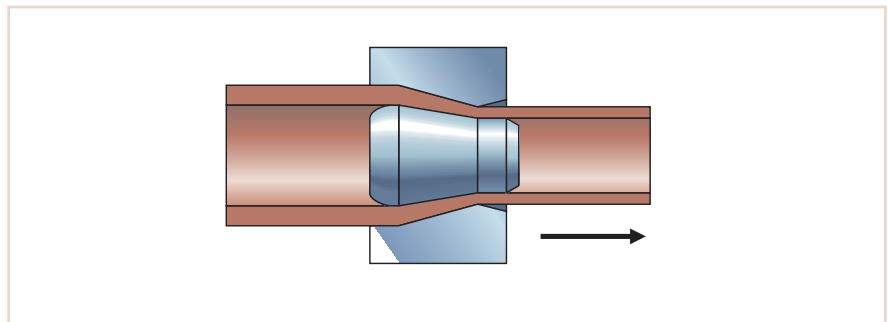


DKI 5353

Warmpressen

Kupferrohre werden in drei Festigkeitsstufen hergestellt:

- Weiche Kupferrohre (Ringe)
- Halbharte Kupferrohre (Stangen)
- Harte Kupferrohre (Stangen)



DKI 5354

Kaltziehen mit fliegendem Dorn



Der fliegende Dorn befindet sich innerhalb des Kupferrohres ohne Kontakt zur Matrize und sorgt durch seine Form für eine kontrollierte Verringerung der Wanddicke.

1.3 Vorteile von Kupferrohren

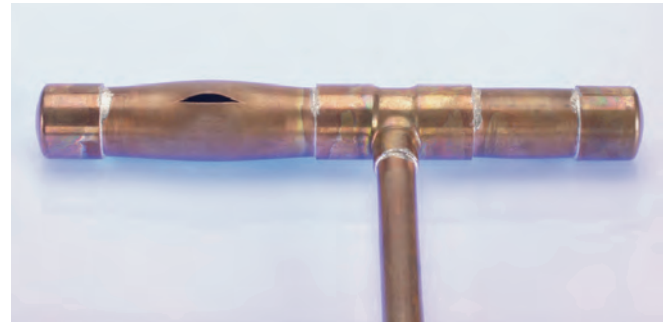
Da Kupfer beim Betrieb mit Trinkwasser Schutz- und Deckschichten ausbildet, hat es eine hohe Lebensdauer und es können Rohre mit relativ geringen Wanddicken eingesetzt werden.

Bei Kupferrohren gibt es kein Gewindeschneiden. Auch deshalb braucht man nur eine geringe Wanddicke. Trotz der dünnen Rohrwand halten Kupferrohre sehr hohem Druck stand.

Die Innenwandungen bleiben auch nach jahrelangem Betrieb glatt. Sie lassen Gas, Wasser und Öl leicht fließen. Aufgrund der glatten Wandungen gibt es nur einen geringen Strömungswiderstand. Auch Verbindungsstellen weisen keine Querschnittsverengungen auf, so dass auch hier nur geringe Strömungswiderstände auftreten. Wasserleitungen aus Kupferrohren inkrustieren nicht – auch nicht nach jahrzehntelangem Betrieb.

Im Gegensatz zu anderen Werkstoffen können Kupferrohre in allen Gebieten der Installationstechnik verwendet werden:

- *Trinkwasserinstallation (für kaltes und warmes Wasser)*
- *Heizungsinstallation*
- *Gas- und Flüssiggasinstallation*
- *Ölfeuerungsbau*
- *Solartechnik*
- *Regenwasserinstallation*
- *Druckluftanlagen*



Diese weichgelötete Kupferrohrkombination (Abmessung: 22 x 1 mm) widerstand sehr hohen Drücken bis zu einem Berstdruck von 280 bar.



Schutz- und Deckschichtbildung bei Kupferrohren in verschiedenen kalten Trinkwässern nach mehrjährigem Betrieb



Kupferrohre haben eine hohe Lebensdauer.

In Kupferrohren strömen Flüssigkeiten gut.

Wasserleitungen aus Kupfer inkrustieren nicht.

Kupferrohre können in allen Gebieten der Installationstechnik verwendet werden.

DKI 5355

DKI 1470

1.4 Lieferformen von Kupferrohr

Kupferrohr wird in folgenden Formen geliefert:

- In Ringen (bis zu 50 m Länge) als weiches Rohr bis zu Rohrdurchmessern von 22 mm zur Montage in Bereichen, in denen die gute Biegsbarkeit von Vorteil ist (z. B. bei Fußbodenheizungen und Unter-Putz-Verlegung).
- In Stangen von 5 m Länge als hartes oder halbhartes Rohr zur geradlinigen Auf- oder Unterputzverlegung. Bei Rohrdurchmessern über 22 mm gibt es nur noch Stangen.
- Ummantelt, um Tauwasser zu vermeiden und zum Schutz gegen besonders aggressive Umgebung (z.B. in Tierställen oder Galvanikbetrieben), sowie bei Erdverlegung. Auch für Warmwasser-Fußbodenheizungen.
- Werkseitig wärmedämmt, für warmwasserführende Leitungen nach den gesetzlichen Vorschriften über Wärmedämmung.

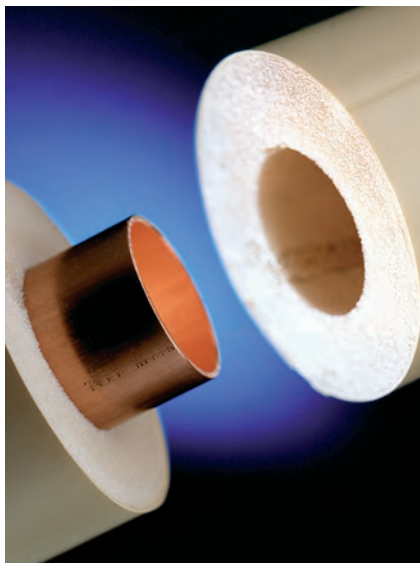
In Trinkwasser- und Gasinstallationen wird als kleinste Abmessung 12 x 1 mm verwendet



Kupferrohre blank in Ringen und Stangen



Ummantelte Kupferrohre in Ringen



Wärmedämmtes Kupferrohr

Lieferform	Außendurchmesser in mm	Festigkeit R_m MPa*	Lieferlänge
In Ringen**	6 bis 22	R 220 (weich)	25 m oder 50 m
In geraden Längen	6 bis 133	R 290 (hart)	5 m
	12 bis 28	R 250 (halbhart)	5 m
	159, 219, 267 mm	R 290 (hart)	5 m

Lieferform / Außendurchmesser / Festigkeitszustand / Lieferlänge für Rohre nach DIN EN 1057

* 1 MPa entspricht 1 N/mm²

** Ringaußendurchmesser 500 bis 900 mm

1.5 DIN EN 1057

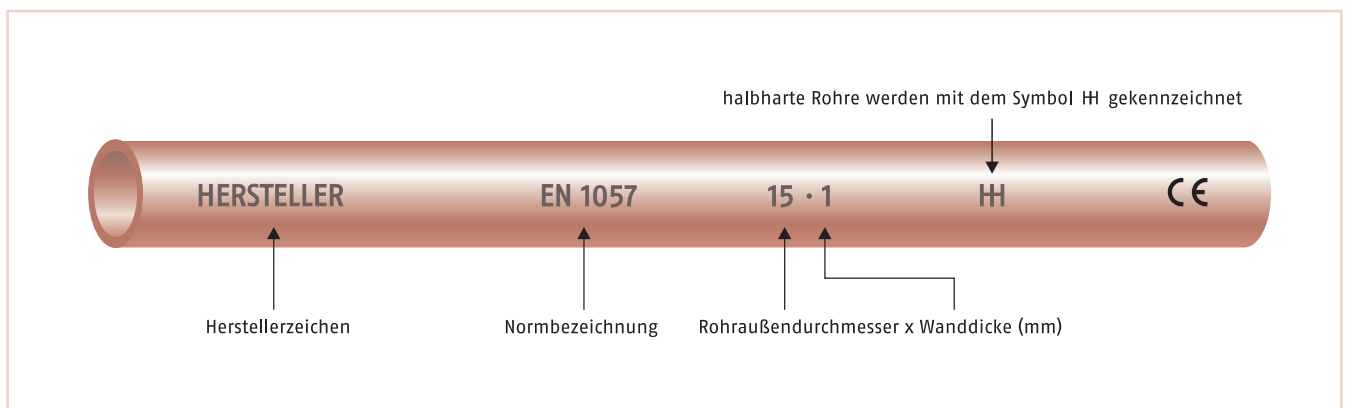
Zu einer fachgerechten Installation gehört auch die richtige Kupferrohrqualität.

In der Europäischen Norm DIN EN 1057 sind Anforderungen an die Qualität von Kupferrohren festgelegt. Diese Norm gilt für nahtlose Rundrohre aus Kupfer (auch ummantelt) mit einem Außendurchmesser von 6 bis 267 mm für:

- Kalt- und Warmwasser-Verteilungsnetze
- Warmwasser-Heizungssysteme einschließlich Fußbodenheizungssysteme
- Verteilung gasförmiger und flüssiger Hausbrennstoffe
- Abwasserentsorgung (z. B. Abwasserkleinhebeanlagen)

Die DIN EN 1057 hat den Status einer deutschen Norm und ist als anerkannte Regel der Technik zu betrachten; somit ergibt sich die Forderung, nur Rohre nach DIN EN 1057 zu verwenden.

Damit man bei Kupferrohren sofort erkennt, ob sie die Qualitätsmerkmale nach dieser Norm erfüllen, wird in DIN EN 1057 ausdrücklich vorgeschrieben, dass Rohre mit folgenden Angaben gekennzeichnet werden:



Rohrkennzeichnung nach DIN EN 1057



Die DIN EN 1057 schreibt für Leitungsrohre aus Kupfer **Cu-DHP** vor. Cu ist das chemische Zeichen für Kupfer (lateinisch: **Cuprum**). DHP bedeutet sauerstofffreies (desoxidiertes) Kupfer mit begrenzt hohem Restphosphorgehalt (englisch: **d**eoxidized **h**igh residual **p**hosphor). Phosphor wird in der Herstellung verwendet, um der Schmelze den Sauerstoff zu entziehen. Die Sauerstofffreiheit des Kupfers ist vor allem für das Hartlöten und Schweißen von großer Bedeutung, zudem fördert Phosphor die Lötbarkeit.

Weitere Anforderungen der DIN EN 1057 sind:

- Besonders enge Toleranzen von Außendurchmesser und Rundheit
- Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit
- Definierte mechanische Eigenschaften wie Zugfestigkeit und Bruchdehnung
- Biegeeigenschaften, Aufweit- und Bördelverhalten
- Prüfvorschriften für die genannten Eigenschaften

1.6 Gütezeichen

Gütezeichen RAL

Neben dem von der DIN EN 1057 verlangten Aufdruck sollten Kupferrohre immer das vereinfachte Gütezeichen RAL tragen.

Das Gütezeichen auf Kupferrohren und Löt fittings bedeutet, dass sich die Hersteller den vom „RAL Deutsches Institut für Gütesicherung“ anerkannten besonderen Gütebedingungen und Prüfbestimmungen unterworfen haben. Es gewährleistet damit zusätzlich zu den Qualitätsmerkmalen nach DIN EN 1057 verschärfte Anforderungen bezüglich der Reinheit der Innenoberflächen.

Zudem wird die Fertigung durch neutrale Prüfstellen überwacht. Aus diesem Grund sollten nur gütegeprüfte Bauteile eingesetzt werden.

Gütegeprüfte Kupferrohre werden wie folgt zusätzlich gekennzeichnet:

- Gütezeichen RAL
- Herstellungsland (Länderkürzel)
- Herstellungszeitpunkt (Jahr und Quartal oder Jahr und Monat)



DKI 0477

Gütezeichen RAL der Gütegemeinschaft Kupferrohr e. V., rechts das vereinfachte Gütezeichen RAL. Das Symbol Kreis mit Punkt wird auf Rohre und Fittings aufgebracht, es stellt das Gütezeichen für Kupferrohre und Fittings dar.

DVGW-Prüfzeichen

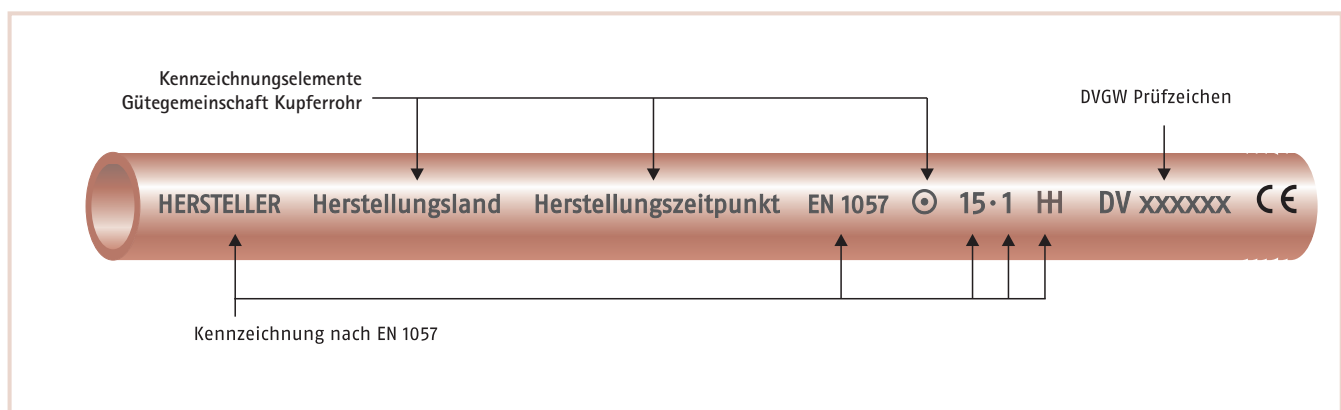
Für Gas und Wasserinstallationen müssen die Rohre auch das DVGW-Prüfzeichen aufweisen.

Die **D**eutsche **V**ereinigung des **G**as- und **W**asserfaches (**DVGW**) erarbeitet seit 1859 Regeln der Technik für Gas- und Wasserinstallationen und prüft zugehörige Apparate und Bauteile. Die Veröffentlichung dieser Regeln und Prüfbestimmungen erfolgt in Form von DVGW-Arbeitsblättern, die in der Gas- und Wasserinstallation eine wichtige Bedeutung haben.

Das DVGW-Prüfzeichen besteht aus der Bezeichnung „DV xxxxxx“, mit „xxxxxx“ als Kennnummer für einen bestimmten Hersteller.



Das DVGW-Prüfzeichen ist für Trinkwasser-, Gas- und Flüssiggasrohrleitungen erforderlich.



DKI 5361

Rohrkennzeichnung nach DIN EN 1057, Gütegemeinschaft Kupferrohr und DVGW



Das Gütezeichen RAL wird durch die 1968 gegründete „Gütegemeinschaft Kupferrohr e. V.“ gemäß den Richtlinien des „RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.“ erteilt. Das Deutsche Institut für Gütesicherung vergibt z. B. auch das bekannte Symbol „Blauer Engel“. **RAL** ist die Abkürzung für die frühere Bezeichnung: „**R**eichs-**A**usschuß für **L**ieferbedingungen und Gütesicherung im Deutschen Normenausschuß“.

1.7 Form- und Verbindungsstücke

Für das Verbinden von Kupferrohren sind heute eine Vielzahl von Techniken mit jeweils einer großen Auswahl an Form- und Verbindungsstücken verfügbar. Form- und Verbindungsstücke werden als Fittings bezeichnet.

Traditionell werden die Rohrenden in handelsübliche Form- und Verbindungsstücke eingelötet. Weitere wichtige Verbindungstechniken für Kupferrohre sind das Pressen, Klemmen, Stecken und Schweißen.

Wenn Kupferrohre mit Geräten oder Armaturen mit Gewindeanschluss verbunden werden müssen, sind Übergänge nötig. Übergangsstücke mit Gewinde bestehen üblicherweise aus Rotguss oder Messing.

Für Form- und Verbindungsstücke gibt es ebenfalls Qualitätsanforderungen sowie Güte- und Prüfzeichen, auf welche in den jeweiligen Abschnitten des Kapitels 3 „Verbindungstechnik“ eingegangen wird.



Übersicht Form- und Verbindungsstücke

DKU 5362



Für die Verbindung von Rohren gibt es verschiedene Verbindungstechniken und entsprechende Fittings.

Für Gewindeanschlüsse werden Übergangsstücke eingesetzt.

Als Material werden Kupfer, Rotguss und Messing verwendet.

Für Form- und Verbindungsstücke gibt es Qualitätsanforderungen und Prüf- und Gütezeichen.



Rotguss ist eine Legierung, die im Wesentlichen aus den Elementen Kupfer, Zinn und Zink besteht, während es sich bei Messing um eine Legierung aus Kupfer und Zink handelt. Sowohl bei Messing als auch bei Rotguss gibt es unterschiedliche Varianten mit unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften.

Aufgaben

1. Kreuzen Sie die drei Haupteigenschaften des Kupfers an, die für die Installation wichtig sind:

- Kupfer ist ein guter elektrischer Leiter
- Kupfer ist ein festes, aber gut formbares Metall
- Kupfer ist ein Metall mit einer hohen Lebensdauer
- Kupfer ist gut recycelbar
- Kupfer ist biegsam

2. Warum ist Kupfer unter dem Aspekt des Recyclings ein sehr guter Werkstoff?

- Kupfer lässt sich aufgrund seiner geringen Masse leicht transportieren
- Kupferschrotte werden flächendeckend gesammelt
- Wiederverwertetes Kupfer hat dieselbe Qualität wie aus Erz gewonnenes Kupfer

3. Nennen Sie die drei Festigkeitsstufen von Kupferrohren:

.....

4. Kann die Festigkeit des Werkstoffes Kupfer beeinflusst werden?

- Ja, durch Kaltverformung
- Ja, durch Weichglühen
- Nein, die Festigkeit von Kupfer kann nur während der Herstellung beeinflusst werden

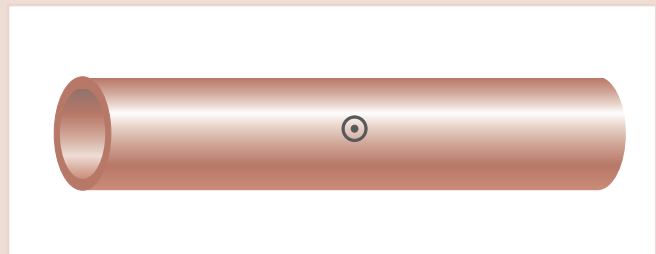
5. Kreuzen Sie die Einsatzgebiete des Kupferrohrs in der Installation an:

- Elektroinstallation
- Gas- und Flüssiggasinstallation
- Rohrpostinstallation
- Regenwasserinstallation
- Trinkwasserinstallation, kalt
- Heizungsinstallation
- Solartechnik
- Heizölinstallation
- Trinkwasserinstallation, warm
- Druckluftanlagen

6. Nennen Sie Lieferformen und -längen von Kupferrohr:

Weiches Rohr:
 Halbhartes Rohr:
 Hartes Rohr:

7. Welche Antwort würden Sie geben, wenn der Kunde nach der abgebildeten Kennzeichnung fragt?



- Das Rohr hat eine verringerte Wanddicke
- Das Rohr erfüllt bestimmte Gütebedingungen und wurde besonderen Prüfbestimmungen unterworfen
- Es handelt sich um die Kennzeichnung eines bestimmten Herstellers
- Es handelt sich um ein hartes Kupferrohr

8. Was bedeutet der Aufdruck „15 x 1“?

- Herstellungstag: 15. Januar
- Rohraußendurchmesser und Wanddicke in mm
- Rohrinne Durchmesser und Wanddicke in mm
- Herstellernummer und Qualitätsstufe

9. Können Sie in der Praxis folgendes Rohr für eine Gasleitung einsetzen?



- Ja, denn es besitzt die Kennzeichnung nach DIN EN 1057
- Nein, das Gütezeichen RAL fehlt
- Nein, denn es weist kein DVGW-Zeichen auf
- Ja, alle Kupferrohre können für Gasleitungen eingesetzt werden

10. Wählen Sie das korrekte Symbol für halbharte Rohre aus:

- Ⓞ
- HH
- @

11. Wie heißen die abgebildeten Verbindungsstücke?



.....

12. Was bedeutet die Abkürzung DVGW?

- DIN für Gas- und Wasserinstallation
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches
- Deutscher Verein für Gewährleistung

13. Wie groß ist der Innendurchmesser folgender Rohre?

- 15 x 1 mm
- 28 x 1,5 mm
- 54 x 2,0 mm
- 108 x 2,5 mm
- 133 x 3,0 mm

DKI 5365

DKI 5364



Trennen und Biegen

2.1	Trennen von Kupferrohr	20
2.2	Arbeitsschritte beim Trennen	21
2.3	Kalibrieren	22
2.4	Biegen von Kupferrohr	23
2.5	Biegen von Hand	24
2.6	Biegen mit Werkzeug	25
2.7	Maßgerechtes Biegen	26
2.8	Warmbiegen und Weichglühen	27
	Aufgaben	29

2.1 Trennen von Kupferrohr

Grundlagen und Werkzeuge

Man unterscheidet das spanlose und spanende Trennen. Beide Verfahren werden beim Trennen von Kupferrohr angewendet. Beim spanenden Trennen muss darauf geachtet werden, dass die Späne aus dem Rohr entfernt werden. Für das Trennen von Kupferrohr werden folgende Werkzeuge verwendet:

Bügelsäge

Spanendes Trennen, für fachmännische Arbeit auf rechtwinkligen Schnitt achten.



DKI 5366

Rohrabschneider

Spanloses Trennen, gibt immer rechtwinkligen, glatten Schnitt, aber starke Gratbildung, der Grat muss unbedingt entfernt werden. Bei weichen Kupferrohren sollte der Rohrabschneider nicht verwendet werden.



DKI 5367

Elektrische Säge

Spanendes Trennen, ermöglicht schnelles Arbeiten, auf rechtwinkligen Schnitt achten.



DKI 5368

Kreissäge

Spanendes Trennen, für das rechtwinklige Trennen von Stangenrohren. Nur bei Serienfertigung rentabel. Einsatz nur in der Werkstatt und auf Großbaustellen.



DKI 5369

Planetensäge

Spanendes Trennen, für das rechtwinklige, annähernd gratfreie Trennen von Stangenrohren. Einsatz nur in der Werkstatt und auf Großbaustellen.



DKI 5370



Funktion der Planetensäge:

Die Planetensäge ermöglicht das weitgehend gratfreie Trennen eines Rohres. Bei dieser Sägenkonstruktion wird das sich drehende Sägeblatt um das Rohr herumgeführt wie ein Planet um die Sonne. Dadurch wird erreicht, dass während des gesamten Schnittvorgangs eine gleichmäßige Schneidgeometrie beibehalten wird. Hierdurch können die Schnittbedingungen hinsichtlich des Werkzeugs (Geometrie, Schnittgeschwindigkeit) und des zu trennenden Rohrwerkstoffs optimal gewählt werden.

2.2 Arbeitsschritte beim Trennen

Markieren

Markierungen auf Kupferrohr sollten möglichst kerbfrei vorgenommen werden; in der Praxis haben sich wasserfeste Filzschreiber bewährt.



Trennen

a) Metallbügelsäge ansetzen und rechtwinkligen Schnitt führen, Späne aus dem Rohr entfernen.



b) Rohrabschneider ansetzen, Rohrabschneider drehen und nachstellen (je nach Wanddicke 5–7 Umdrehungen)
Wichtig: Rohrabschneider nicht zuviel auf einmal nachstellen. Gefahr für Material und Werkzeug (verstärkte Innengrattbildung und verringerte Standzeit des Schneidrades). Besser: Öfter drehen, öfter nachstellen!



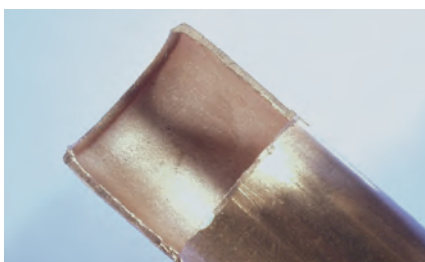
Entgraten

Nach dem Trennen muss das Rohrende innen und außen entgratet werden. Der durch den Rohrabschneider entstehende Innengrat stört die Strömung und kann einen erheblichen Druckverlust verursachen.

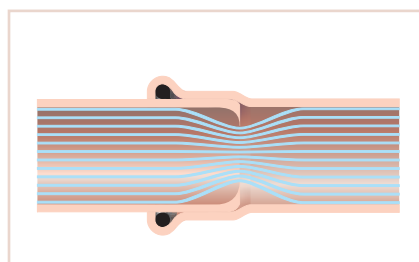
Durch die Säge entsteht neben dem Innengrat ein Außengrat. Wird nicht entgratet, kann die Montage von Lötfittings behindert und das Dichtungselement von Pressfittings und Steckfittings beschädigt werden.



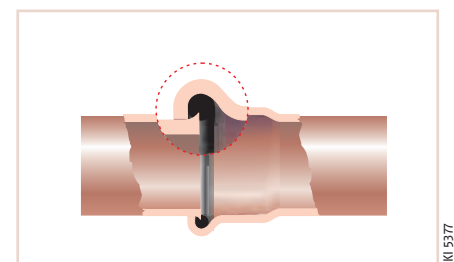
Innengrat bei Verwendung des Rohrabschneiders



Erhöhter Druckverlust und Beeinträchtigung der Strömung durch nicht entgratetes Rohr



Beschädigung des Dichtelementes eines Pressfittings durch nicht entfernten Außengrat



2.3 Kalibrieren

Bei weichen Kupferrohren muss das Rohrende **nach dem Entgraten** kalibriert werden. Kalibrieren heißt, die Maßhaltigkeit des Rohres wiederherzustellen. Weiche Rohre können einen unrunder Querschnitt aufweisen oder beim Trennen deformiert werden. Man muss sie deshalb kalibrieren. Für jeden Rohrdurchmesser gibt es einen passenden Kalibriersatz.

Als weitere Werkzeuge stehen Kalibrierzangen zur Verfügung, die für verschiedene Abmessungen zum Innenkalibrieren eingesetzt werden können.

Auch halbharte Rohre müssen kalibriert werden, wenn sie unrunder sind.



DKI 3520

*Kalibrierring für den Außendurchmesser
Kalibrierdorn für den Innendurchmesser*



DKI 5378

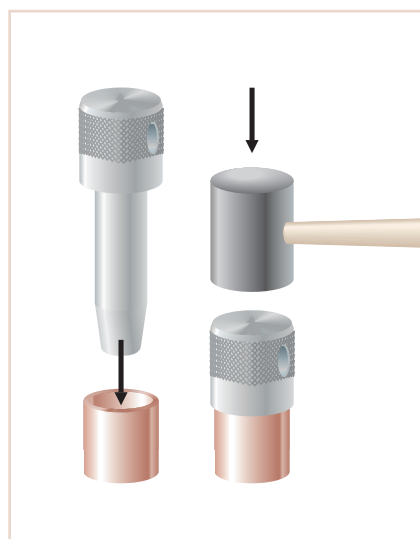
Kalibrierzange

Nach dem Entgraten wird ein weiches Kupferrohr in drei Arbeitsgängen kalibriert. Dazu braucht man folgendes Werkzeug: Dorn, Ring, Hammer.

1. Kalibrierdorn in das Rohrende treiben.
2. Den Dorn entfernen.
3. Den Kalibrierring auf das Rohrende treiben.

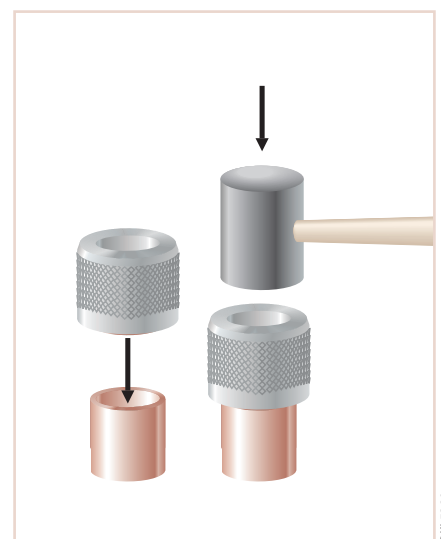


Niemals den Dorn in den aufgesetzten Ring einschlagen! Das Werkzeug könnte sich verklemmen. Rohr oder Werkzeug werden beschädigt.



DKI 5379

Kalibrierdorn in das Rohrende treiben



DKI 5380

Kalibrierring auf das Rohrende treiben

2.4 Biegen von Kupferrohr

Im Bereich kleiner bis mittlerer Durchmesser können Kupferrohre kalt gebogen werden, was für viele Anwendungen eine Verlegung ohne Form- und Verbindungsstücke ermöglicht.

Das Kaltbiegen kann bei allen weichen Rohren sowie bei halbharten Rohren bis 28 mm durchgeführt werden (siehe Tabelle).

Das Biegen kann von Hand (nur weiche Rohre) oder mit Biegewerkzeugen durchgeführt werden.

Bei harten Kupferrohren mit Rohrdurchmessern größer als 28 mm kann darüber hinaus das Warmbiegen oder das Weichglühen mit nachfolgendem Kaltbiegen angewendet werden, was aufgrund des Arbeitsaufwandes jedoch heute nur noch selten praktiziert wird.

Je nach Biegemethode und Rohrdurchmesser gibt es einen kleinstmöglichen Biegeradius. Der Biegeradius bezieht sich immer auf die Mittellinie des Rohres, die sogenannte „neutrale Faser“.

Das Biegen ist immer sehr sorgfältig durchzuführen, damit es nicht zu Faltenbildung oder Querschnittsverengungen kommt. Wenn der Biegeradius zu klein gewählt wird, besteht die Gefahr, dass das Rohr überzogen wird – dadurch wird die außen laufende Rohrwand zu dünn. An der innen laufenden Rohrwand können sich Falten bilden.

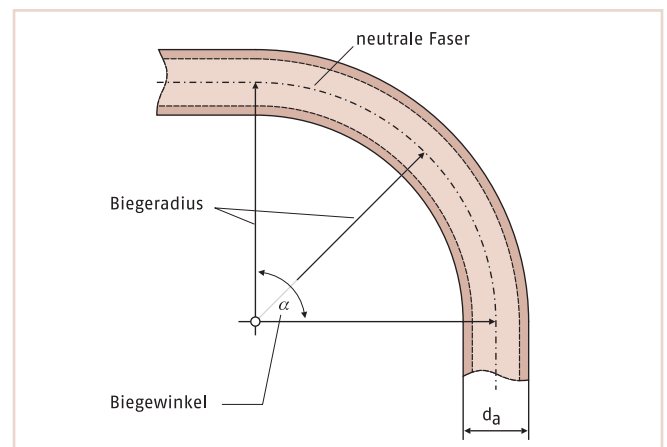
Kaltbiegen	Von Hand	Mit Biegewerkzeug
Weiche Rohre (R 220)	bis 22 mm	bis 22 mm
Halbharte Rohre (R 250)	-	bis 28 mm

Abmessungsbereiche für das Biegen im kalten Zustand



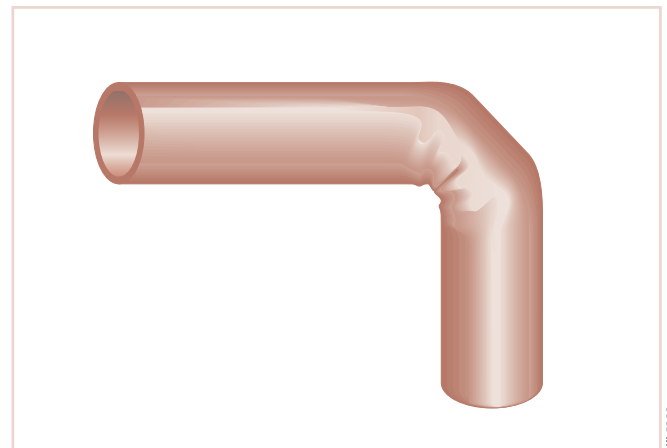
DKI 5381

Biegen eines Rohres mit Rohrbiegezange



DKI 5382

Biegeradius



DKI 5383

Fehler beim Biegen

2.5 Biegen von Hand

Weiche Kupferrohre können ohne Werkzeug von Hand gebogen werden. Ein wichtiger Anwendungsbereich ist z. B. die Verlegung von Fußbodenheizungen oder von Rohrleitungen auf Rohbetondecken, die nachfolgend von einem Estrich überdeckt werden.

Der Vorteil beim Biegen von Hand ist die schnelle Verlegung und die Möglichkeit des Nachrichtens. Man kann jedoch den Biegeradius nur schätzen und es sind nur vergleichsweise große Biegeradien möglich.



Beim Biegen von Hand soll als kleinster Biegeradius das 6fache des Rohraußendurchmessers nicht unterschritten werden.



Biegen von weichem Kupferrohr

Wenn der Biegeradius r kleiner werden soll als der 6fache Außendurchmesser d_a des Rohres, darf man nicht mehr von Hand biegen. Das Rohr könnte sonst einknicken. Dies gilt auch für ummantelte Ringrohre, wobei hier besondere Sorgfalt notwendig ist, da Knicke und Faltenbildung nicht immer zu erkennen sind.

Als Hilfswerkzeug für das Biegen von Hand können Biegefedern verwendet werden. Es gibt Innen- und Außenbiegefedern. Beide stützen das Rohr und bewirken so einen Schutz vor Querschnittsveränderungen.



Außenbiegefedern



Innenbiegefeder

2.6 Biegen mit Werkzeug

Für das Biegen mit Werkzeug gibt es sowohl Handbiegegeräte als auch motorunterstützte Biegemaschinen. Für jeden Rohrdurchmesser ist ein passendes Biegesegment auszuwählen. Bei älteren Biegewerkzeugen sollte geprüft werden, ob die Biegesegmente den in der Tabelle aufgeführten Werten entsprechen.

Zur Unterstützung des Biegevorgangs kann Biegespray verwendet werden.

Weiche Kupferrohre

Für engere Bogen als $r = 6 \cdot d_a$ verwendet man Biegegeräte. Natürlich kann man auch mit einem Biegegerät nicht beliebig kleine Bogen herstellen.

Für weiche Kupferrohre gilt:

- Der kleinstmögliche Biegeradius ist der 3fache Außendurchmesser d_a des Rohres.
- Für das Biegen von weichen Rohren mit Kunststoffstegmantel ist das nächstgrößere Biegesegment zu wählen.

Halbharte Kupferrohre

Ein wichtiger Vorteil von halbharten Rohren gegenüber harten Rohren sind die verbesserten Biegeeigenschaften. Halbharte Rohre können bis 28 mm Außendurchmesser gebogen werden. Das Biegen wird immer mit Werkzeug durchgeführt. Die kleinstmöglichen Biegeradien sind in der Tabelle dargestellt.



Handbiegegerät



Rohrbiegezange (nur für weiche Ringrohre)



Biegesegmente



Biegemaschine

Außendurchmesser	Weich	Halbhart
12	36	45
15	45	55
18	54	70
22	66	77
28	-	114

Kleinste Biegeradien (in mm) weicher und halbharter Rohre beim Biegen mit Werkzeug



Rohrbiegezangen sind befestigungsfreie Zangen, d. h. Werkzeuge, die ohne Schraubstock und Werkbank für weiche Rohre bis $d_a = 22$ mm eingesetzt werden können.

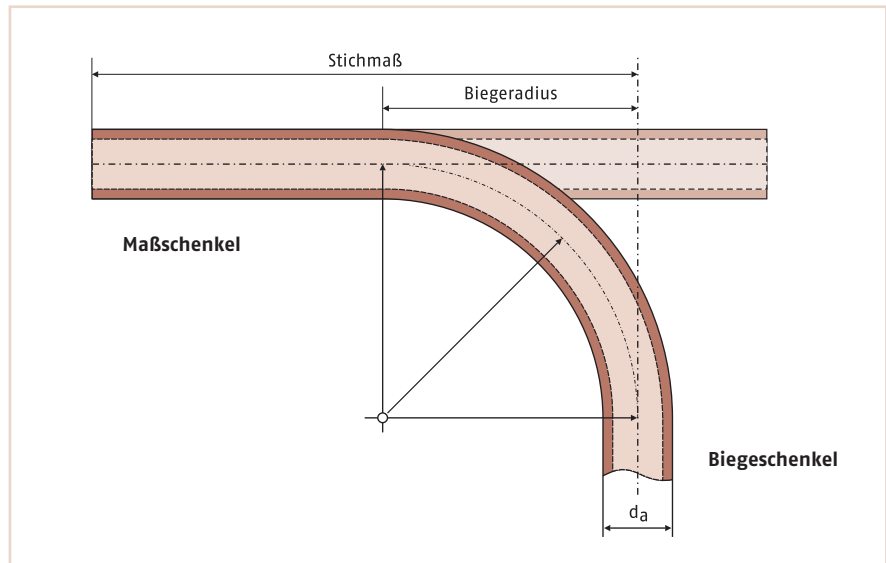
Handbiegegeräte sind handbetriebene Geräte mit auswechselbaren Werkzeugteilen zum Einspannen in Schraubstöcke bzw. Befestigen auf der Werkbank.

Biegemaschinen sind maschinell betriebene Geräte mit auswechselbaren Werkzeugteilen zur separaten Aufstellung unabhängig von der Werkbank. Sie werden hauptsächlich bei der Serienfertigung eingesetzt.

2.7 Maßgerechtes Biegen

Für maßgerechtes Biegen muss man wissen, wie weit der Bogen vom Rohranfang entfernt sein soll. Das wird durch das Stichmaß festgelegt. Der durch das Stichmaß gekennzeichnete Rohrabschnitt wird als Maßschenkel bezeichnet, der andere Rohrabschnitt als Biegeschenkel.

Für die meisten Biegewerkzeuge muss der Beginn des Bogens auf dem Rohr markiert werden. Es gibt dann eine Markierung auf dem Werkzeug, die mit der Markierung auf dem Rohr übereingebracht werden muss. Nach dem Biegevorgang liegt die Rohrmitte genau auf dem Stichmaß.

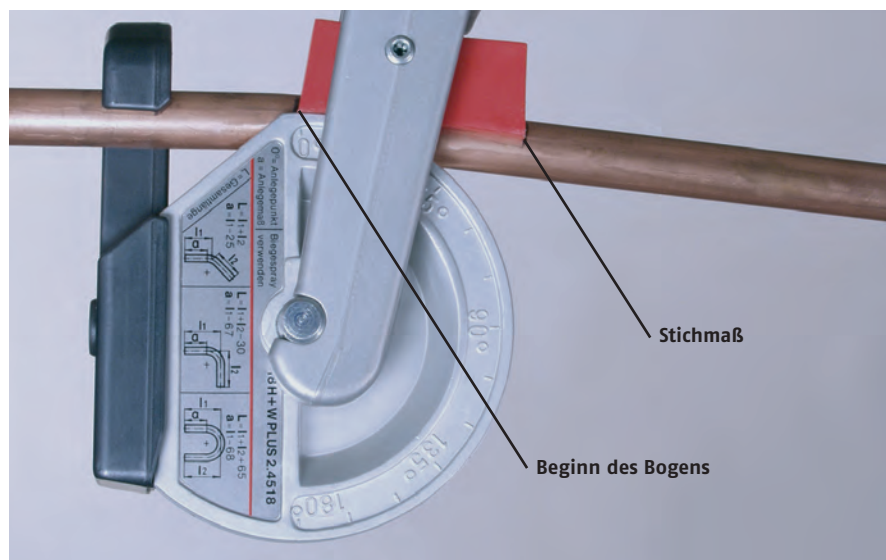


Stichmaß

DKI 15391

Arbeitsgang:

1. Stichmaß auf dem geraden Kupferrohr markieren.
2. Beginn des Bogens auf dem Rohr markieren (Stichmaß – Biegeradius).
3. Biegesegment dem Rohrdurchmesser entsprechend auswählen.
4. Biegen.



Biegen von Kupferrohr mit einem Handbiegegerät. (Bei dem hier dargestellten Werkzeug fällt das Stichmaß mit dem Ende des Gleitschuhs zusammen.)

DKI 15392

2.8 Warmbiegen und Weichglühen

Harte Kupferrohre können auch nach folgenden Verfahren gebogen werden:

1. Weichglühen, kalt werden lassen, mit einem Bieegerät biegen.
2. Warmbiegen von Hand mit Sandfüllung.

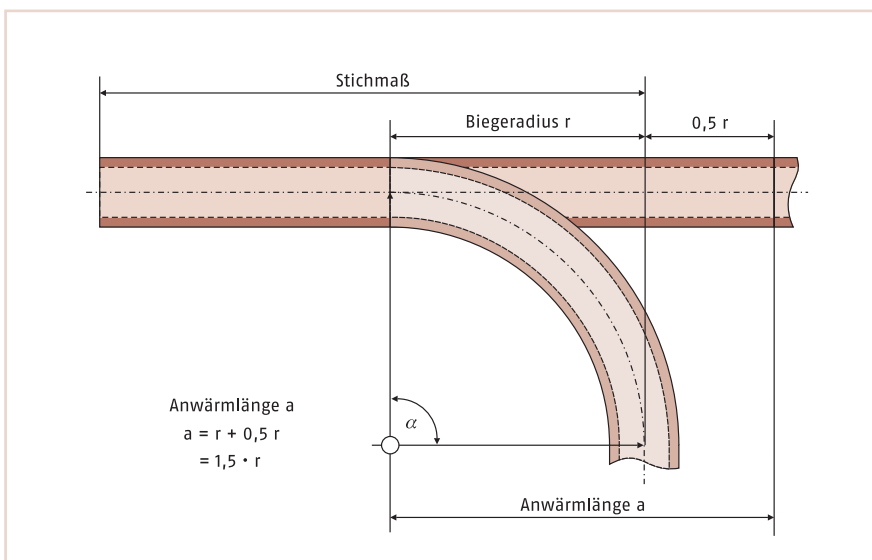
Das Warmbiegen und Weichglühen wird heute nur noch selten angewendet. Für beide Verfahren wird der Rohrabschnitt, welcher später den Bogen bildet, rotwarm gegläht. Die Länge dieses Bogens wird als **Anwärm länge** bezeichnet. Für 90°-Bögen wird die Anwärm länge so angezeichnet wie unten ersichtlich.

Für die kleinstmöglichen Biegeradien beim Warmbiegen und Weichglühen gelten dieselben Regeln wie für weiche Rohre:

Warmbiegen von Hand: $r = 6 \cdot d_a$
 Biegen mit Bieegerät: $r = 3 \cdot d_a$



In Trinkwasserleitungen ist das Weichglühen und Warmbiegen von Kupferrohren bis einschließlich 28 x 1,5 mm grundsätzlich nicht zulässig (siehe auch Kapitel 3.3).



Anwärm länge mit Faustformel für 90°-Bogen



Für andere Biegewinkel als 90°-Bögen wird die Anwärm länge nach folgender Formel berechnet:

$$a = 2\pi r \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Diese Formel wird auch für Biege-Maßarbeiten benötigt, denn sie beschreibt die gestreckte Länge des Bogens.

So kann die Länge des benötigten Rohrstückes vor dem Biegen genau bestimmt werden.

Warmbiegen mit Sandfüllung

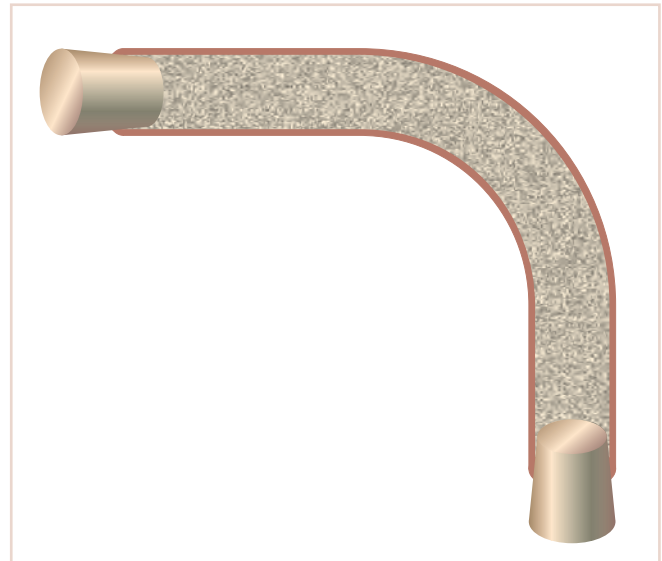
Wenn man harte Kupferrohre glüht, kann man sie in rotwarmem Zustand von Hand biegen. Warmbiegen von Hand wird man nur, wenn man keine Biegegeräte für die entsprechenden Durchmesser hat.

Das Rohr wird dazu mit Sand gefüllt, denn ohne Sandfüllung verändert sich die Form des Querschnitts. Auf der Innenseite des gebogenen Rohres entstehen beispielsweise Falten.

Deshalb: Beim Warmbiegen ist eine Sandfüllung notwendig. Sie hält den Querschnitt konstant.



Für Trinkwasserrohrleitungen darf das Warmbiegen mit Sandfüllung nicht angewendet werden.



Sandfüllung

DN 15394

Warmbiegen mit Sandfüllung

1. Markieren

- Das Stichmaß auf dem Rohr markieren
- Die Anwärm länge berechnen und auf dem Rohr markieren

2. Sandfüllung

- Nur völlig trockenen, feinkörnigen Sand (Quarzsand) verwenden! Feuchter Sand entwickelt beim Erwärmen Dampfdruck, der die Füllung und den Rohrverschluss explosionsartig austreiben kann – Unfallgefahr!
- Rohrende mit einem Holzpflöck verschließen
- Sand einfüllen, dabei an das Rohr klopfen, damit keine Hohlräume entstehen
- Das andere Rohrende mit Holzpflöck verschließen

3. Weichglühen

- Weiche neutrale Flamme einstellen, Kupfer nicht örtlich überhitzen
- Gleichmäßig erwärmen! Mit der Flamme über die ganze Anwärm länge ständig hin- und herpendeln
- Bei Dunkelrotglut Stop! Überhitzung schadet dem Werkstoff

4. Biegen und Kontrolle

- Langsam und stetig von Hand biegen
- Winkel anlegen, kontrollieren, korrigieren
- Rohr abkühlen lassen
- Sand sorgfältig entfernen

Weichglühen und Kaltbiegen

1. Markieren

- Das Stichmaß auf dem Rohr markieren
- Die Anwärm länge berechnen und auf dem Rohr markieren

2. Weichglühen

- Weiche neutrale Flamme einstellen, Kupfer nicht örtlich überhitzen
- Gleichmäßig erwärmen! Mit der Flamme über die ganze Anwärm länge ständig hin- und herpendeln
- Bei Dunkelrotglut Stop! Überhitzung schadet dem Werkstoff!

3. Kaltbiegen mit Biegegerät

- Rohr abkühlen lassen
- Biegesegmente dem Rohrdurchmesser entsprechend auswählen
- Anfang der Anwärm länge an die Markierung des Biegesegments ansetzen
- Biegen

Für das Weichglühen braucht man Temperaturen oberhalb von 650 °C. Deshalb verwendet man Wärmequellen, wie sie für das Hartlöten eingesetzt werden (siehe Kapitel 3.7).

Aufgaben

1. Sie müssen ein Ringrohr 22 x 1 mm trennen. Welches Werkzeug wählen Sie?

- Den Rohrabschneider, weil dann nicht entgratet werden muss
- Die Metallbügelsäge, weil dann nur ein schwacher Grat entsteht, der sich ohne Mühe entfernen lässt

2. Warum ist ein Außengrat zu entfernen?

- Damit man sich nicht an dem Grat verletzt
- Weil mit einem Außengrat kein korrektes Verbinden mit Fittings möglich ist
- Der Außengrat muss nur bei Pressfittings entfernt werden

3. Warum ist ein Innengrat zu entfernen?

- Weil der Innengrat die Strömung behindert
- Weil mit einem Innengrat kein korrekter Verbindungsvorgang möglich ist
- Weil der Innengrat einen erheblichen Druckverlust verursachen kann

4. Was bedeutet das Kalibrieren eines Rohres?

- Das Wiederherstellen der Maßhaltigkeit des Rohrdurchmessers
- Das Beseitigen von Spänen aus dem Rohrrinnen
- Das Beseitigen des Innengrates

5. In welcher Reihenfolge ist zu kalibrieren?

- Man kalibriert zuerst mit dem Dorn, dann mit dem Ring
- Die Reihenfolge beim Kalibrieren ist beliebig
- Man kalibriert zuerst mit dem Ring, dann mit dem Dorn

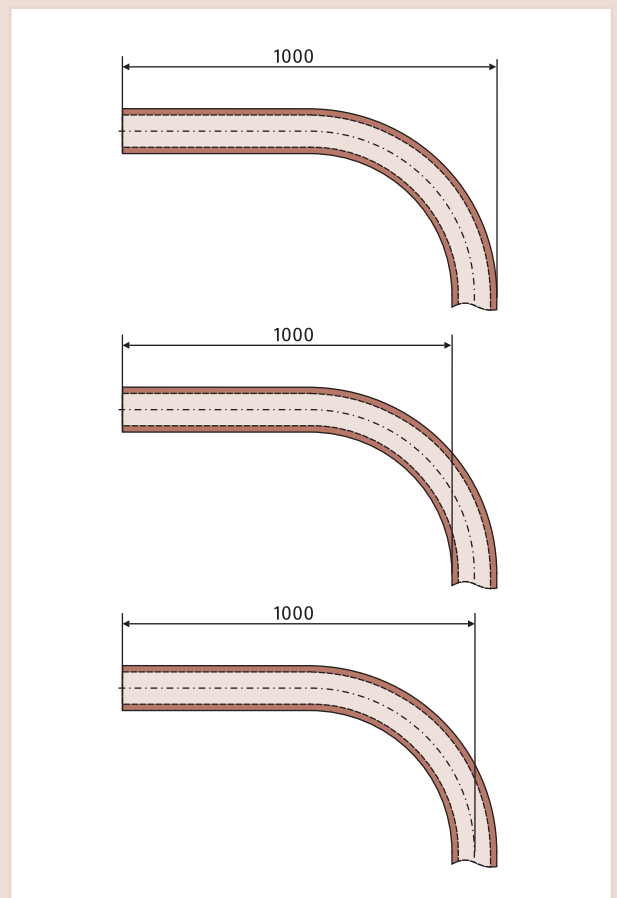
6. Wovon hängt der kleinste Biegeradius beim Biegen von Kupferrohren ab?

- Von der Festigkeit des Rohres
- Vom Fabrikat des Biegewerkzeugs
- Vom Außendurchmesser

7. Welche Folgen hat die Wahl eines zu kleinen Biegeradius?

- An der innen laufenden Rohrwand können sich Falten bilden
- Die außen laufende Rohrwand wird zu dünn

8. Worauf bezieht sich das Stichmaß?



DN 5395

Aufgaben

9. Kann man ein Kupferrohr 15 x 1 mm mit einem Biegeradius von 60 mm von Hand biegen?

- Ja
- Nein

10. Kann ein weiches Kupferrohr 18 x 1 mm mit einem Radius von $r = 40$ mm gebogen werden?

- Ja, von Hand
- Ja, mit Werkzeug
- Nein

11. Ein halbhartes Kupferrohr 18 x 1 mm soll mit dem kleinsten Biegeradius ein Stichmaß von 1200 mm einhalten. Bestimmen Sie ...

a) den Biegeradius

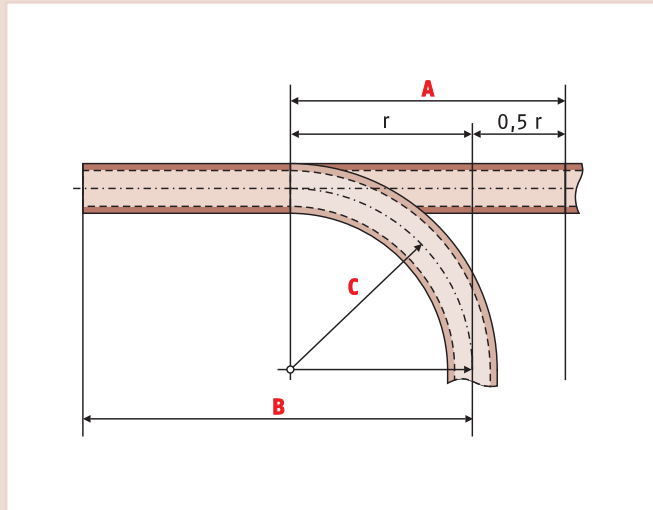
..... mm

b) die Länge des Rohrstücks vor dem Bogen

..... mm

12. Wie lauten die korrekten Bezeichnungen:

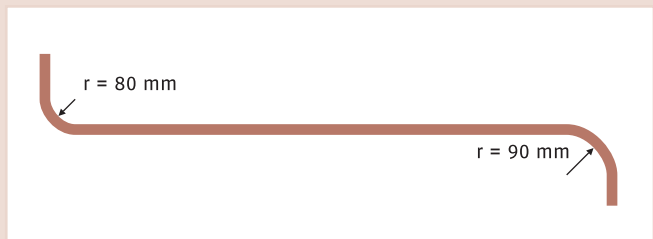
- A
- B
- C



DKI 5396

13. Ein weiches Kupferrohr 12 x 1 mm soll wie folgt gebogen werden. Braucht man ein Biegerät?

- Ja
- Nein



DKI 5397

14. Wie lautet die Formel für den kleinsten Biegeradius beim Biegen von Hand weicher Kupferrohre?

$r =$

15. Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Halbharte Kupferrohre kann man von Hand biegen
- Ein halbhartes Rohr 15 x 1 mm kann man mit dem Biegeradius $r = 45$ mm biegen
- Wenn man harte Kupferrohre weichglüht, kann man sie genauso biegen wie weiche Rohre
- Halbharte Rohre kann man bis 28 x 1,5 mm biegen

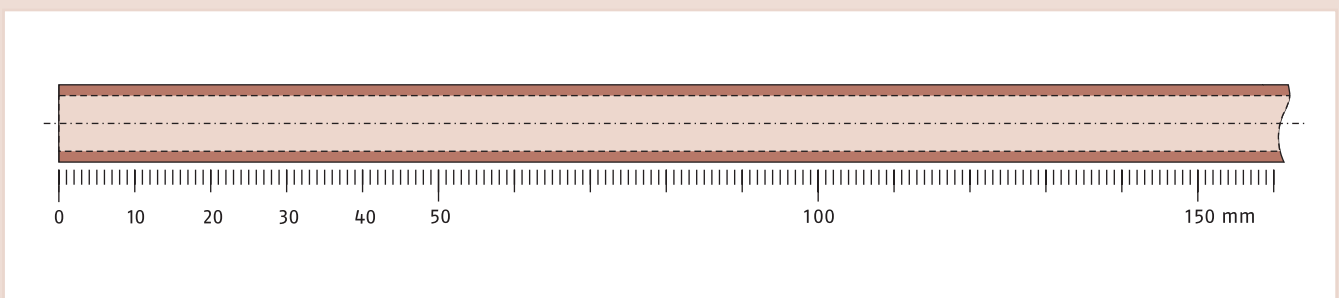
16. Welche Aufgabe hat die Sandfüllung beim Warmbiegen?

- Sie sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Wärme beim Weichglühen
- Sie hält beim Biegen den Rohrquerschnitt konstant
- Sie verhindert das Eindringen von Sauerstoff

17. Welche Biegeverfahren gibt es für harte Kupferrohre?

- A
- B

18. Zeichnen Sie die Anwärm länge für ein Stichmaß $S = 100$ mm und $r = 40$ mm auf dem Rohrabschnitt ein.



19. Wann ist das Weichglühen und Warmbiegen nicht zulässig?

- In Gasleitungen
- In Heizungsleitungen
- In Trinkwasserleitungen bis 28 x 1,5 mm
- In Trinkwasserleitungen bis 18 x 1 mm

20. Welche Arbeitsgänge gehören zum Weichglühen und anschließendem Kaltbiegen harter Kupferrohre?

- Sand einfüllen
- Maße auf dem Rohr markieren
- Glühen
- Warmhalten
- Kalt werden lassen
- Biegen

Verbindungstechniken

3.1	Verbindungstechniken – Übersicht.	34
3.2	Kapillarlöten	35
3.3	Die Unterscheidung von Weich- und Hartlöten.	36
3.4	Kapillarlöt fittings	37
3.5	Lote und Flussmittel für das Weichlöten	38
3.6	Lote und Flussmittel für das Hartlöten.	40
3.7	Lötgeräte	41
3.8	Die Arbeitsgänge beim Weich- und Hartlöten.	42
	Aufgaben.	44
3.9	Löten ohne Fittings	46
3.10	Handwerkliches Herstellen einer Muffe.	47
3.11	Handwerkliches Herstellen eines Abzweiges.	48
3.12	Schweißen von Kupferrohr	51
3.13	Die Pressverbindung	52
3.14	Die Steckverbindung	54
3.15	Die Klemmringverbindung	56
3.16	Rohrverschraubungen	58
3.17	Flanschverbindungen	59
	Aufgaben.	60

3.1 Verbindungstechniken – Übersicht

Zunächst wird unterschieden zwischen lösbaren und unlösbaren Verbindungen.

Bei lösbaren Verbindungen können die einzelnen Bauteile ohne Zerstörung gelöst und wieder zusammengefügt werden. Sie werden eingesetzt, wenn zu einem späteren Zeitpunkt die Verbindung wieder gelöst werden soll, wie z. B. bei Pumpen, Armaturen oder Wärmetauschern zu Wartungs- oder Reparaturzwecken. Die unlösbaren Verbindungen werden eingesetzt, wenn ein späteres Lösen nicht vorgesehen ist.

Verbindungstechniken	
unlösbar	lösbar
Weichlöt- und Hartlötverbindungen	Verschraubungen
Schweißverbindungen	Klemmringverbindungen
Pressverbindungen	Flanschverbindungen
Steckverbindungen	Rohrkupplungen

Verbindungstechniken – Übersicht

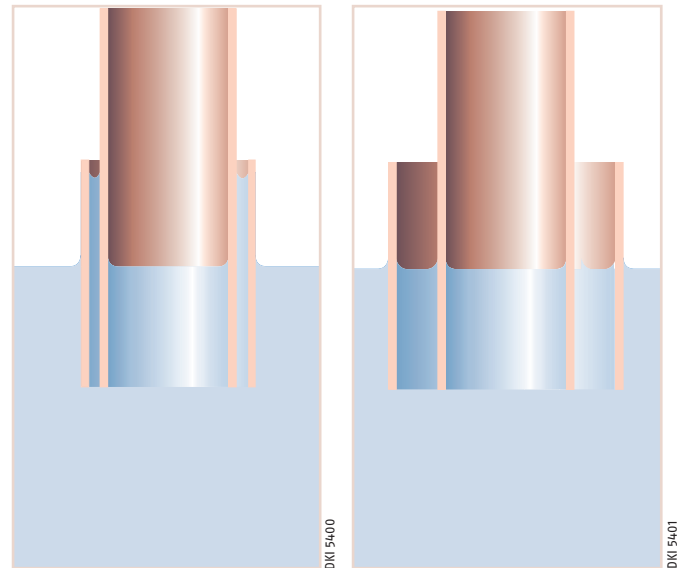
DKI 5399



Eine Zusammenstellung von Bestimmungen und gültigen technischen Regeln für das Verbinden von Kupferrohren in Gas- und Wasserinstallationen hat der DVGW im Arbeitsblatt GW2 herausgegeben („Verbinden von Kupferrohren für Gas- und Trinkwasser-Installationen innerhalb von Grundstücken und Gebäuden“).

3.2 Kapillarlöten

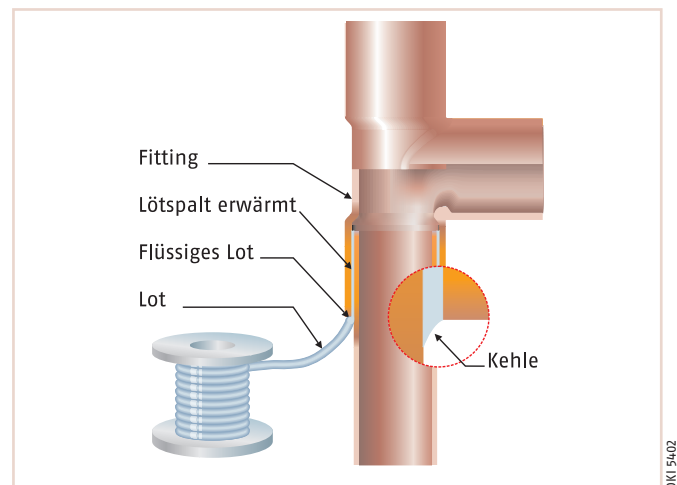
Ein Rohr und eine dazu passende Lötstufe ergeben ineinander gesteckt einen sehr engen Spalt (Kapillarspalt). Taucht man sie zusammen in eine Flüssigkeit, so wird diese **entgegen der Schwerkraft** nach oben in den Spalt gesogen. Diese Wirkung nennt man **Kapillarwirkung**. Sie tritt nur auf, wenn der Spalt sehr eng ist. Ist der Spalt zu breit, wird keine Flüssigkeit nach oben gesogen.



Kapillarwirkung

Kupferrohre und Kapillarlöt fittings sind maßlich so aufeinander abgestimmt, dass immer ein haarfeiner Lötspalt gewährleistet ist. Die Durchmesserunterschied zwischen Innen- und Außenlötende beträgt minimal 0,02 mm und maximal 0,3 mm bis zu einem Außendurchmesser von 54 mm, bei darüberliegenden Abmessungen maximal 0,4 mm. Eine Stecknadel würde in diesen Spalt nicht hineinpassen. Durch die Kapillarwirkung wird das flüssige Lot in den Lötspalt gesaugt. Auch wird durch die Kapillarwirkung verhindert, dass das Lot ins Rohrinne hineinfließt, da hier kein Kapillarspalt mehr vorhanden ist.

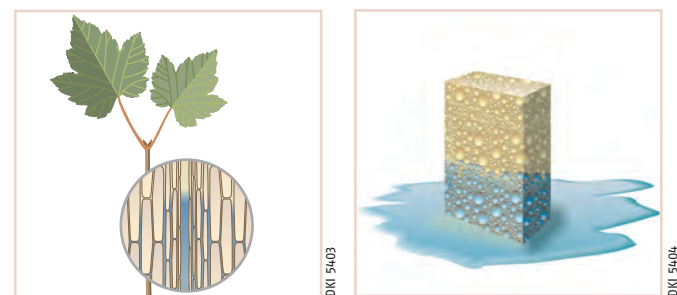
Das sichtbare Zeichen für einen gefüllten Lötspalt ist die Ausbildung einer Kehle zwischen Rohr und Fitting.



Lötspalt

Die Kapillarwirkung tritt auch in der Natur oft auf:

- *Das Wasser steigt durch die Kapillarwirkung in der Pflanze auf.*
- *Ein Schwamm saugt die Flüssigkeit auf – wegen der Kapillarwirkung.*



Beispiele für das Auftreten der Kapillarwirkung in unserer Umgebung

3.3 Die Unterscheidung von Weich- und Hartlötten

Kupferrohre können mit zwei verschiedenen Verfahren gelötet werden:

- Weichlötten
- Hartlötten

Die Unterscheidung zwischen dem Hart- und dem Weichlöten wird anhand der Arbeitstemperatur vorgenommen. Die Arbeitstemperatur ist die Temperatur, bei der das verwendete Lot fließt, benetzt und bindet.

Da es sich bei den verwendeten Lötungen um Legierungen (Gemische) aus verschiedenen Elementen handelt, haben Lote einen Schmelzbereich und keinen Schmelzpunkt wie bei reinen Elementen.

Die Arbeitstemperatur liegt in der Nähe des oberen Schmelzpunktes eines Lotes. Beim Hartlöten liegt die Arbeitstemperatur über 450°C und beim Weichlöten unter 450°C.

Mit den unterschiedlichen Arbeitstemperaturen ergeben sich auch unterschiedliche mechanische Eigenschaften der Lötverbindungen. So haben hartgelötete Verbindungen eine höhere Scherfestigkeit und ermöglichen höhere Betriebstemperaturen als weichgelötete Verbindungen. Allerdings verlieren harte und halbharte Kupferrohre beim Hartlöten ihre Festigkeit, da sie durch die hohen Arbeitstemperaturen weichgeglüht werden.



Wenn als Verbindungstechnik das Lötten gewählt wird, müssen ...

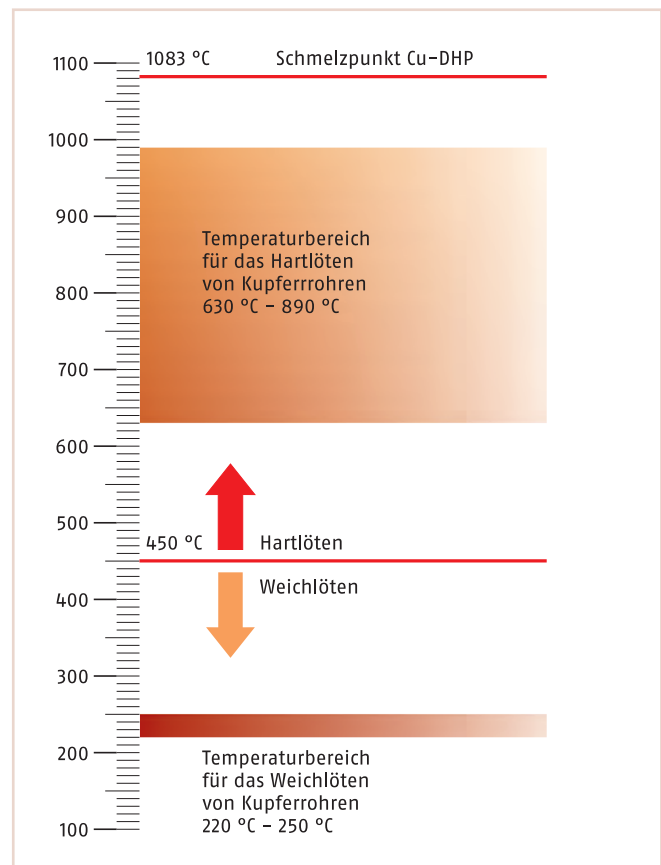
hartgelötet werden:

- Gas-, Flüssiggas- und Ölinstallationen
- Leitungen mit Betriebstemperaturen über 110°C (z. B. Solar- oder Heißwasserheizungsanlagen)
- Im Estrich verlegte Fußbodenheizungsrohre

weichgelötet werden:

- Rohrleitungen für Trinkwasser-Installationen bis einschließlich 28 mm Außendurchmesser

In allen anderen Fällen kann man sowohl hart- als auch weichlöten.



Temperaturbereiche des Weich- und Hartlötens




Löten ist ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen von Werkstoffen, wobei eine flüssige Phase durch Schmelzen eines Lotes entsteht. Die Schmelztemperatur der Grundwerkstoffe (hier: Kupfer, Rotguss oder Messing) wird dabei nicht erreicht. Sobald sich das flüssige Lot im Lötspalt befindet, setzt ein Austausch der Atome des Lotes und des Kupfers ein (Diffusion). In dem Übergangsbereich der zu verbindenden Kupferflächen bildet sich so eine Legierungsschicht, deren Festigkeit höher als die des Lotes ist.

3.4 Kapillarlöt fittings

Kapillarlöt fittings für das Weich- und Hartlöten sind in DIN EN 1254 genormt und sollen das Gütezeichen haben.

In DIN EN 1254 sind die Mindestanforderungen für Fittings festgelegt. Hersteller, die ihre Fittings nach den Merkmalen der Norm fertigen, kennzeichnen ihre Produkte mit dem Herstellerzeichen.

In den Gütebedingungen der Gütegemeinschaften Kupferrohr e. V. sind erhöhte Qualitätsanforderungen an Fittings festgelegt. Deshalb sollten nur Fittings mit dem Zeichen  verwendet werden.

Die richtige Kennzeichnung lautet:

- *Abmessung (dazugehöriger Rohr-Außendurchmesser)*
- *Herstellerzeichen*
- *Vereinfachtes Gütezeichen*



In Trinkwasser-, Gas- und Flüssiggasinstallationen ist für Kapillarlöt fittings das DVGW-Prüfzeichen erforderlich. Dieses befindet sich aus Platzgründen auf der Verpackung.

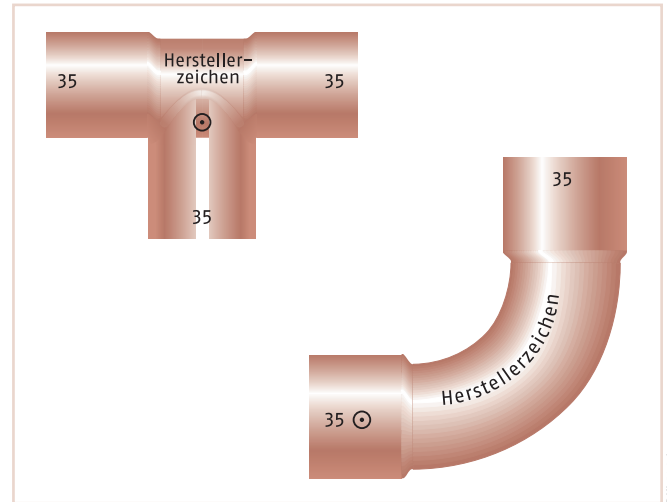
Fittings nach DIN EN 1254 werden aus sauerstofffreiem Kupfer (Cu-DHP), Rotguss oder Messing hergestellt und sind für Kupferrohrabmessungen von 6 bis 108 mm und Gewindeanschlussgrößen von 1/8 „ bis 4 „ lieferbar.

Beim Weich- und Hartlöten von Kupferrohren mit Fittings wird die Kapillarlöttechnik angewandt. Der Lötspalt muss gleichmäßig und so eng sein, dass eine Kapillarwirkung möglich ist und das Lot – auch gegen die Schwerkraft – in den Spalt eindringt.

Dies ist bei Verwendung von Kupferrohren nach DIN EN 1057 in Verbindung mit Löt fittings nach DIN EN 1254 infolge der abgestimmten Maßtoleranzen gegeben.

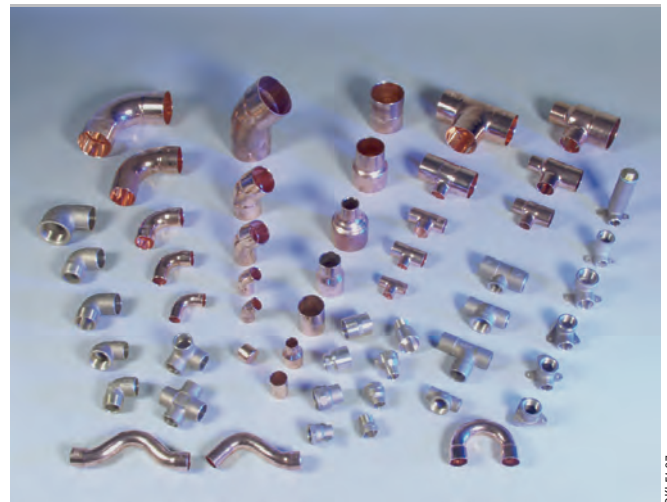
Wichtig für eine einwandfreie Lötverbindung ist das Kalibrieren (weiche Rohre) und das Entgraten der Rohrenden, da ansonsten kein gleichmäßiger Lötspalt vorhanden wäre.

Neben den gebräuchlichen Fittings für das Weich- und Hartlöten gibt es nach DIN EN 1254 auch Kapillarlöt fittings mit geringer Einstecktiefe, die nur zum Hartlöten eingesetzt werden dürfen. Es ist darauf zu achten, dass diese Fittings nicht beim Weichlöten verwendet werden.



Kennzeichnung von Kapillarlöt fittings

DKI 15406



Auswahl von Kapillarlöt fittings

DKI 15407



Kapillarlöt fitting nach DIN EN 1254 mit geringer Einstecktiefe, nur zum Hartlöten

DKI 15408

3.5 Lote und Flussmittel für das Weichlöten

Lote zum Weichlöten

Für die Kupferrohrinstallation gibt es zwei Weichlote. Diese sind nach DIN EN ISO 9453 genormt. Die Bezeichnungen der Lote geben an, aus welchen Elementen sie bestehen.

Alle Weichlote für die Rohrinstallation enthalten Zinn als Hauptbestandteil. Dies erkennt man daran, dass Zinn jeweils als erstes Metall genannt wird (z. B. Sn97Cu3). Die Zahlen hinter den chemischen Zeichen geben den ungefähren Anteil des jeweiligen Metalls in Gewichtsprozent an.

Um sicher zu gehen, dass man nur einwandfreie Lote verwendet, sollen Weichlote die folgenden Kennzeichnungen tragen:

- Hersteller- oder Lieferanten-Kennzeichen
- DIN EN ISO 9453
- Kurzbezeichnung des Lotes
- Gütezeichen RAL

Lote nach DIN EN ISO 9453	Sn97Cu3 (402)	Sn97Ag3 (702)
Schmelzbereich (°C)	227–310	221–224
Cu*	2,5–3,5	–
Ag*	–	2,8–3,2
Sn*	Rest	Rest

Weichlote für die Kupferrohrinstallation (* Angaben in Gewichtsprozent)



Weichlot mit vollständiger Kennzeichnung



Es gibt noch weitere Weichlote, die mitunter Blei enthalten. Diese dürfen nicht in der Trinkwasser- oder Heizungsinstallation verwendet werden. In Heizungsinstallationen dürfen andere bleifreie Lote (z. B. antimonhaltige Lote) verwendet werden. Um Verwechslungen zu vermeiden und aus Gründen der Vereinfachung sollten jedoch grundsätzlich nur die beiden oben genannten Weichlote verwendet werden.

Metall	Chemisches Symbol	Lateinische Bezeichnung
Zinn	Sn	Stannum
Silber	Ag	Argentum
Kupfer	Cu	Cuprum
Zink	Zn	Zincum

Bezeichnung und chemische Symbole für Metalle

Flussmittel zum Weichlöten

Das Flussmittel dient dazu, dass oxidfreie Lötflächen erreicht und für die Dauer des Lötvorganges erhalten bleiben. Dadurch kann das Lot bei der Arbeitstemperatur die Lötflächen benetzen, fließen und sich mit dem Werkstoff verbinden. Um ein inniges Benetzen auf den Kupferoberflächen zu erreichen, müssen die Lötflächen metallisch blank gereinigt sein. Mechanisches Reinigen ist immer erforderlich, aber es genügt nicht, da sich Oxidschichten auch während des Lötprozesses durch den Luftsauerstoff neu bilden würden. Aus diesem Grund werden Flussmittel verwendet.

Flussmittel haben einen Wirkungsbereich. Ist die Löttemperatur zu hoch, verbrennt das Flussmittel und wird unwirksam. Auf die Einhaltung der Arbeitstemperatur ist daher zu achten.

Für das Weichlöten sind drei Flussmitteltypen nach DIN EN ISO 9454-1 zulässig, die folgende Flussmitteltyp-Kurzzeichen aufweisen:

- 3.1.1
- 3.1.2
- 2.1.2

Ebenso wie bei Loten ist auch bei Flussmitteln auf die richtige Kennzeichnung zu achten:

- Hersteller- oder Lieferantenzeichen
- DIN EN ISO 9454
- Flussmitteltyp-Kurzzeichen
- Gütezeichen RAL
- DVGW-Zeichen

Anstelle von Flussmittel können auch **Weichlotpasten** eingesetzt werden. Weichlotpasten bestehen aus pulverförmigem Weichlot und Flussmittel. Vorteil: Man erkennt die Arbeitstemperatur am Aufschmelzen der Lotpaste (silberfarben).

Zusätzlich zu den Angaben bei Flussmitteln müssen Weichlotpasten mit dem Kurzzeichen DIN EN ISO 9453 und der Angabe des Metallgehaltes gekennzeichnet sein.

Flussmittel nach DIN EN ISO 9454	Wirkbereich (°C)
3.1.1	150-400
3.1.2	
2.1.2	

Flussmittel für das Weichlöten. Die erste Zahl bezeichnet den Typ (z. B. 3 = anorganisch), die zweite Zahl die Basis (z. B. 1 = wasserlöslich) und die dritte Zahl den Aktivator, der bei Erwärmung die chemische Reaktion auslöst.



Flussmittel mit Kennzeichnung



Weichlotpaste mit Kennzeichnung. (Das in der Paste enthaltene Lot reicht allein nicht zum Füllen des Lötspaltes aus).

DKI 5410

DKI 5411



Flussmittel für die Trinkwasserinstallation müssen immer das DVGW-Zeichen tragen



Weichlote, Weichlötflussmittel und Weichlotpasten RAL-GZ 641/5

RAL-Gütezeichen für Weichlote, Flussmittel und Weichlotpasten



Für die Trinkwasserinstallation müssen die Rückstände der Weichlötflussmittel kaltwasserlöslich sein. Das DVGW-Zeichen auf dem Flussmittelbehälter bestätigt, dass diese Anforderung erfüllt ist.

3.6 Lote und Flussmittel für das Hartlöten

Lote zum Hartlöten

Als Hartlote werden am häufigsten das Kupfer-Silber-Phosphorlot CP 105 (L-Ag2P) und das Kupfer-Phosphor-Lot CP 203 (L-CuP6) verwendet.

Neben den phosphorhaltigen Hartloten gibt es noch Kupfer-Silber-Hartlote mit und ohne Zinnanteil. Insgesamt sind für das Hartlöten von Kupferrohren fünf Hartlote nach DIN EN 1044 zugelassen (Tabelle).

Hartlote nach DIN EN 1044	Schmelzbereiche (°C)	Flussmittel DIN EN 1045	Wirkbereich (°C)
CP 203 (L-CuP6)	710-890	FH 10	550-800
CP 105 (L-Ag2P)	645-825		
AG 106 (L-Ag34Sn)	630-730		
AG 104 (L-Ag45Sn)	640-680		
AG 203 (L-Ag44)	675-735		

Lote und Flussmittel zum Hartlöten

Hartlote sollen folgende Kennzeichnung aufweisen:

- Hersteller oder Lieferantenzeichen
- DIN EN 1044
- Kurzbezeichnung des Lotes
- Gütezeichen RAL

Flussmittel zum Hartlöten

Aus demselben Grund wie beim Weichlöten wird auch beim Hartlöten Flussmittel verwendet. Als Flussmittel wird beim Hartlöten der Typ FH 10 entsprechend DIN EN 1045 eingesetzt.

Es gibt nur eine Ausnahme, bei der auch ohne Flussmittel hartgelötet werden kann:

Bei der Werkstoffpaarung Kupfer-Kupfer braucht man beim Hartlöten mit den phosphorhaltigen Loten CP 203 und CP 105 kein Flussmittel, da der Phosphoranteil als Flussmittel wirkt.

Flussmittel zum Hartlöten sollen folgende Kennzeichnung aufweisen:

- Hersteller- oder Lieferantenzeichen
- DIN EN 1045
- Flussmitteltyp-Kurzzeichen
- Gütezeichen RAL
- DVGW-Zeichen



Für die Trinkwasserinstallation müssen die Rückstände der Hartlötflussmittel kaltwasserlöslich sein. Das DVGW-Zeichen auf dem Flussmittelbehälter bestätigt, dass diese Anforderung erfüllt ist.



Hartlotstangen mit vollständiger Kennzeichnung



Flussmittel mit vollständiger Kennzeichnung

3.7 Lötgeräte

Weichlöten

Um örtliche Überhitzungen zu vermeiden, sollten für das Weichlöten nur die folgenden Wärmequellen benutzt werden:

Beim Weichlöten mit einem elektrischen Widerstandslötgerät besteht bei Arbeiten in bewohnten Räumen keine Gefahr der Beschädigung durch Anbrennen von Tapeten o. ä., da keine offene Flamme verwendet wird.



Propan-Luft-Brenner



Elektrisches Widerstandslötgerät



Weichlöten mit elektrischem Widerstandslötgerät

Hartlöten

Wegen der höheren Arbeitstemperaturen benutzt man beim Hartlöten andere Wärmequellen als beim Weichlöten:



Acetylen-Sauerstoff-Brenner



Propan-Sauerstoff-Brenner

3.8 Die Arbeitsgänge beim Weich- und Hartlöten

Rohrende innen und außen **entgraten** und bei weichen Kupferrohren **kalibrieren**: Voraussetzung für Kapillarlötspalt!

Werden weiche Rohre nicht kalibriert, passt das Rohr nicht in den Fitting. Wenn mit Gewalt versucht wird, Rohr und Fitting zusammenzuschieben, ist der Lötspalt kein Kapillarspalt und die Kapillarwirkung tritt nicht auf oder ist zu schwach.



Entgraten (hier Außenentgraten)

Rohrende außen und **Fitting innen** metallisch blank machen.

Für das Reinigen sind metallfreie Reinigungsvliese, feine Stahlwolle, Schmirgelleinen (Körnung 240 oder feiner) oder Ring- und Rundbürsten mit Drahtborsten geeignet. Werden Rohrende und Fitting nicht blank gemacht, benetzt und bindet das Lot nicht einwandfrei.



Rohrende blank machen



Fitting blank machen

Nur das **Rohrende** mit Flussmittel bestreichen. Dadurch gelangt kein Flussmittel in das Rohrinne.

Für eine optisch saubere Lötstelle empfiehlt es sich, nach dem Zusammenfügen von Rohr und Fitting überschüssiges Flussmittel bzw. Lotpaste außen zu entfernen.

Beim Hartlöten von Kupfer-Kupfer-Verbindungen mit phosphorhaltigem Lot (CP 203 oder CP 105) ist kein Flussmittel erforderlich.



Flussmittel bzw. Lotpaste auftragen

Einstellung der Brennerflamme

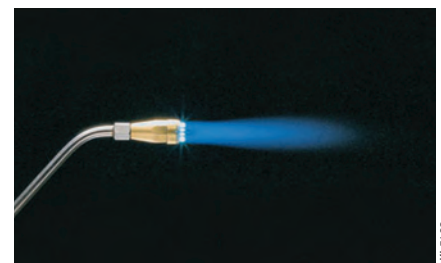
Für das **Weichlöten** wird die Intensität der Flamme dem Rohrdurchmesser angepasst.

Beim **Hartlöten** gibt es unterschiedlich große Brennereinsätze, die entsprechend dem Rohrdurchmesser ausgewählt werden.

Zum Hartlöten verwendet man wegen der besseren Wärmeverteilung Mehrloch- bzw. Büschelbrenner (keine Schweißdüsen). Es wird mit neutral eingestellter Flamme gelötet.

Beim Entzünden der Flamme dürfen sich keine leichtentflammaren Gegenstände in der Nähe befinden und der Raum sollte belüftet sein.

Die Brennerflamme wird nicht mit handelsüblichen Feuerzeugen, sondern mit dem Feuersteinanzünder entzündet.



Neutral eingestellte Flamme eines Büschelbrenners (Hartlöten)

Weichlöten

Rohrende bis zum Anschlag in das Fitting schieben und in der Streuflamme **gleichmäßig** erwärmen. Bei zu hoher Erwärmung verbrennt das Flussmittel und das Lot kann nicht benetzen, sondern tropft ab.

Beim Weichlöten erkennt man die Arbeitstemperatur am Aufschmelzen der Weichlotpaste (silberfarben).

Das Lot wird **ohne direkte Flammeneinwirkung** so lange am Lötspalt abgeschmolzen, bis eine Lotkehle am äußeren Fittingrand sichtbar wird.

Im Moment des Abkühlens darf die Verbindungsstelle nicht erschüttert werden, da sich das Lot nicht schlagartig verfestigt, sondern innerhalb seines Schmelzbereichs.



Weichlöten

Hartlöten

Rohrende bis zum Anschlag in das Fitting schieben und in der Streuflamme **gleichmäßig** erwärmen. Bei zu hoher Erwärmung verbrennt das Flussmittel und das Lot kann nicht benetzen, sondern tropft ab.

Beim Hartlöten ist die richtige Arbeitstemperatur bei Dunkelrotglut erreicht.

Das Lot wird **in der Streuflamme** angesetzt und abgeschmolzen, bis der Lötspalt gefüllt ist.

Beim Hartlöten von großen Rohrdurchmessern wird die Lötnaht umlaufend gezogen und das Lot in Zonen abgeschmolzen.



Hartlöten

Abschließend wird die Verbindungsstelle mit einem feuchten Lappen gesäubert, um **Flussmittelreste zu entfernen**. Hartlötflussmittelrückstände können auch mit der Drahtbürste entfernt werden.

In Trinkwasserinstallationen werden Flussmittelreste auf der Rohrrinnenseite durch Spülen des gesamten Leitungssystems entfernt. Aus diesem Grund müssen Flussmittel für Trinkwasserinstallationen wasserlöslich sein.



Flussmittelreste entfernen

Aufgaben

1. Nennen Sie zwei lösbare und zwei unlösbare Verbindungen:

Lösbar:

.....

Unlösbar:

.....

2. Bitte ankreuzen: Die Kapillarwirkung tritt auf ...

- beim Hochsteigen der Quecksilbersäule im Thermometer
- in der Petroleumlampe beim Hochsteigen des Petroleums im Docht
- in der Zentralheizung beim Hochsteigen des Heizwassers in höhere Stockwerke
- beim Hochsteigen des Wassers im Baum von den Wurzeln bis zu den Blättern

3. Zwei der folgenden Sätze sind richtig. Kreuzen Sie diese an!

- Beim Weichlöten ist die Arbeitstemperatur niedriger als die Schmelztemperatur
- Beim Weichlöten ist die Arbeitstemperatur niedriger als beim Hartlöten
- Beim Hartlöten liegt der Schmelzbereich des Lotes unter 450°C
- Beim Hartlöten liegt die Arbeitstemperatur über 450°C

4. Beurteilen Sie, ob in den folgenden Fällen hartgelötet werden muss:

- Gaszuleitung zur Gastherme
- Warmwasserleitung vom Trinkwasserspeicher zur Dusche
- Heizungsleitung einer fernwärmeversorgten Zentralheizung (Vorlauftemperatur über 110°C)
- Zuleitung zum Ölbrenner
- Flüssiggasleitung vom Tank zum Brenner
- Kaltwasserleitung zur Dusche

5. Bis zu welchem Rohrdurchmesser müssen Trinkwasserinstallationen weichgelötet werden?

bis zu mm

6. Welche Kennzeichnungen sollten Kapillarlötfittings aufweisen?

.....

.....

.....

7. Kreuzen Sie an, ob es sich bei den folgenden Loten um ein Weichlot oder um ein Hartlot handelt:

	Weichlot	Hartlot
AG 104	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CP 105	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AG 106	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
S-Sn97Cu3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Welche Aussagen sind richtig?

- Weichlote für Kupferrohre haben einen Schmelzbereich unter 250°C
- S-Sn97Ag3 eignet sich für die Warmwasserinstallation
- S-Sn97Cu3 wird bevorzugt für das Löten von Gasleitungen verwendet

9. Welche Elemente können die Lote für die Kupferrohrinstallation enthalten?

	Weichlot	Hartlot
Kupfer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Silber	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zinn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zink	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Kreuzen Sie an, welche Wirkung das Flussmittel hat:

- Das Metall kann schnell gereinigt werden
- Das Flussmittel hält die Lötflächen für den Lötvorgang oxidfrei
- Das gereinigte Metall oxidiert und bildet eine Schutzschicht
- Das Lot kann das reine Metall benetzen, in den Lötspalt fließen und binden

11. Welche Flussmittel können beim Weichlöten mit Kapillarlötfittingen verwendet werden?

.....
.....
.....

12. Kreuzen Sie bitte die richtigen Sätze an: Weichlötlösungsmittel für die Trinkwasserinstallation ...

- kann man sich aus Zink und Salzsäure selber herstellen
- müssen das DVGW-Zeichen haben
- müssen kaltwasserlöslich sein

13. Welche Bezeichnung hat das Flussmittel, welches zum Hartlöten verwendet wird?

.....

14. Welche Lötgeräte verwendet man beim Weichlöten?

.....
.....

15. Welche Lötgeräte verwendet man beim Hartlöten?

.....
.....

16. Schreiben Sie folgende Arbeitsgänge beim Weichlöten eines Ringrohres in der richtigen Reihenfolge auf:

- A Lötstelle mit einem Lappen säubern
- B Rohrende und Fitting blank machen
- C Rohrende kalibrieren
- D Nur Rohrende mit Flussmittel bestreichen
- E Lot ohne direkte Flammeneinwirkung abschmelzen
- F Rohr in Fitting einschieben und erwärmen
- G Rohr innen und außen entgraten

.....

17. Welche Werkstoffpaarung kann ohne Flussmittel hartgelötet werden?

- Kupfer-Rotguss in Verbindung mit silberhaltigem Lot
- Kupfer-Kupfer in Verbindung mit phosphorhaltigem Lot
- Kupfer-Rotguss in Verbindung mit phosphorhaltigem Lot
- Kupfer-Kupfer in Verbindung mit silberhaltigem Lot

18. Welche Aussage kennzeichnet den wesentlichen Unterschied im Arbeitsgang zwischen Hartlöten und Weichlöten?

- Weiche Kupferrohre müssen beim Hartlöten nicht kalibriert werden
- Beim Hartlöten wird das Lot an die erwärmte Verbindungsstelle angesetzt und im Flammenschleier abgeschmolzen
- Rohrende und Fitting brauchen zum Hartlöten nicht blank gemacht zu werden
- Beim Hartlöten wird das Lot an die erwärmte Verbindungsstelle angesetzt und bei abgewandeter Flamme abgeschmolzen

3.9 Löten ohne Fittings

Neben dem Löten mit Fittings gibt es auch zwei Fälle, in denen ohne Fittings gelötet werden kann:

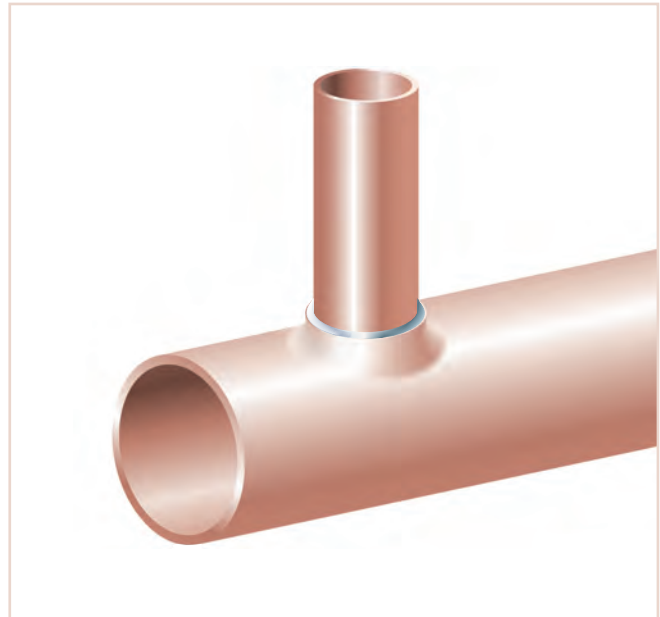
- *Handwerklich hergestellte Muffen und*
- *Abzweige (T- und Schrägabgänge)*

können ohne Fittings hergestellt werden.

Bei handwerklich hergestellten Muffen wird ein Rohrende mit einem Spezialwerkzeug geweitet und so eine Muffe hergestellt. Handwerklich hergestellte Muffen können weich- oder hartgelötet werden.

Bei handwerklich hergestellten Abzweigen wird im Durchgangsrohr zunächst ein Loch gebohrt und dieses dann entweder mit Spezial- oder Hilfswerkzeugen ausgehalst. In diese Aushalsung wird das Abgangsrohr eingelötet (nur Hartlöten).

Der Querschnitt des Abgangsrohres muss bei einem handwerklich hergestellten Abzweig immer kleiner sein als der des Durchgangsrohres.



Handwerklich hergestellter Abzweig

DN 5426

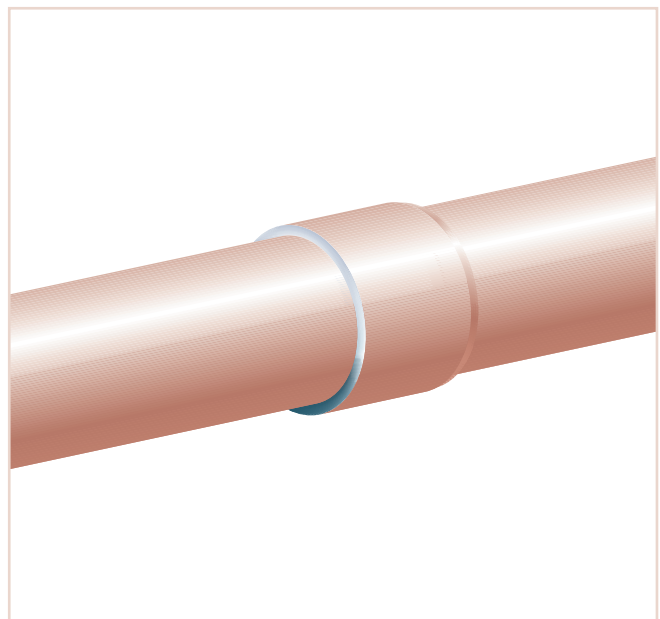


Handwerklich hergestellte Muffen und Abzweige sind jedoch nicht in allen Installationen zulässig:

Handwerklich hergestellte Abzweige dürfen nicht weichgelötet werden

In Flüssiggas- und Heizölinstallationen sind handwerklich hergestellte Muffen oder Abzweige nicht zugelassen

In Gasleitungen sind keine handwerklich hergestellten Abzweige erlaubt



Handwerklich hergestellte Muffe

DN 5427

Wie bei Lötverbindungen mit Fittings gilt auch für handwerklich hergestellte Muffen und Abzweige:

- *Bei Trinkwasserinstallationen ist das Hartlöten nur bei Rohren größer 28 mm erlaubt (s. Kapitel 3.3). Dies bedeutet für handwerklich hergestellte Abzweige, dass auch der kleinste Abgang größer als 28 mm sein muss.*
- *Solaranlagen und Heizungsanlagen über 110°C werden nicht weichgelötet (s. Kapitel 3.3).*

Bei beiden Arbeitstechniken muss sehr präzise gearbeitet werden, um eine Lötspaltbreite zu erreichen, die eine Kapillarwirkung und somit das Kapillarlöten ermöglicht.

3.10 Handwerkliches Herstellen einer Muffe

Herstellen einer Muffe

Um eine Muffe herzustellen, kann man eine Muffenzange (Expander) benutzen. Bei der Muffenzange gibt es für jeden Rohrdurchmesser einen passenden Aufsatz.

Die erforderliche Einstecktiefe hängt vom Außendurchmesser des Rohres ab.

Bei Hartlötungen beträgt die Mindesteinstecktiefe das dreifache der Wanddicke, mindestens aber 5 mm.

Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass die optimale Überlappungslänge 7 mm bis zu Durchmessern einschließlich 42 mm und darüber hinaus 10 mm beträgt.

Für das Weichlöten sind die Mindesteinstecktiefen in der Tabelle angegeben.



DKI 5428



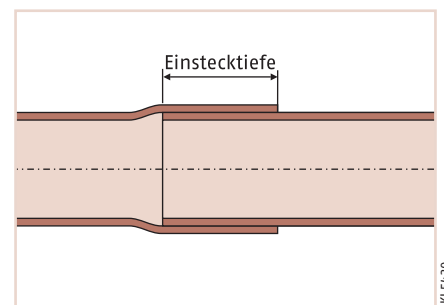
DKI 5429

Muffenzange und Aufsätze



In Trinkwasserinstallationen ist das Weichglühen von Rohren zum Aufmuffen bis einschließlich 28 mm Außendurchmesser nicht zulässig

Durchmesser	Einstecktiefe in mm
12	10
15	12
18	14
22	17
28	20
35	25
42	29
54	34

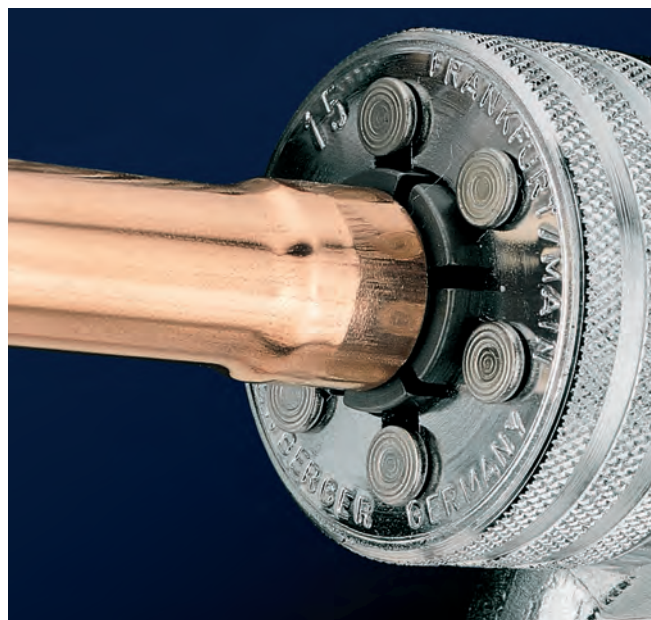


DKI 5430

Mindesteinstecktiefe beim Weichlöten handwerklich hergestellter Muffen

Arbeitsablauf beim Herstellen einer Muffe:

1. Stangenrohre vor dem Aufmuffen weichglühen
2. Rohrende weiten (Mindesteinstecktiefe beachten)
3. Verbindungsstelle löten



DKI 5431

3.11 Handwerkliches Herstellen eines Abzweiges

Für das Herstellen eines Rohrabzweiges ohne Fittings gibt es zwei Arbeitstechniken:

- Einsatz von Spezialwerkzeugen
- Handwerkliche Ausführung mit Hilfswerkzeugen

Mit Spezialwerkzeugen lassen sich engere Lötspaltbreiten als bei der handwerklichen Arbeitstechnik rationell herstellen.



Bei beiden Techniken ist zu beachten:

Handwerklich gefertigte Abzweige dürfen nicht weichgelötet werden.

Das Abgangsrohr muss mindestens eine Nennweite kleiner sein, als das Durchgangsrohr.

In Gas-, Flüssiggas- und Ölleitungen sind handwerklich hergestellte Abzweige nicht zulässig.

Die Überlappungslänge von Aushalsung und Abgangsrohr muss mindestens das Dreifache der Wandstärke des Abgangsrohres betragen.

Diese Einstecktiefe muss vor dem Hartlöten auf dem Abgangsrohr markiert werden, damit keine Querschnittsverengung durch ein zu tief eingestecktes Abgangsrohr entsteht.

Die phosphorhaltigen Hartlote CP 105 und CP 203 eignen sich wegen ihrer spaltüberbrückenden Eigenschaften besonders für das fittinglose Hartlöten.



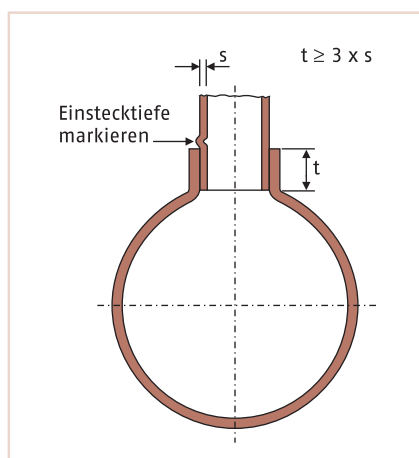
Spezialwerkzeuge: Bohrvorsatz, Aushalser und Ratsche



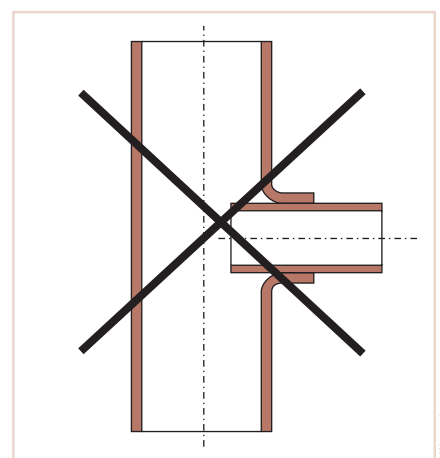
Hilfswerkzeuge: Kelchzange, Hammer und Bördeldorn



Nockenzange für das Markieren der Einstecktiefe



Mindesteinstecktiefe bei fittinglos hergestellten T-Abgängen



Querschnittsverengung durch zu tief eingestecktes Abgangsrohr

Herstellen der Aushalsung mit Spezialwerkzeugen

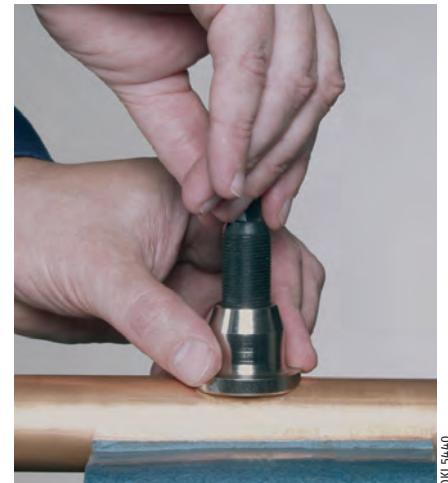
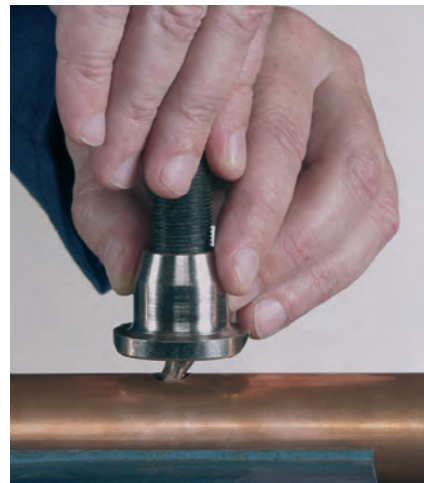
Mit dem Aushalser sind folgende Arbeitsgänge nötig:

Mit einem geeigneten Bohrvorsatz ein passendes Loch für den Aushalser herstellen.

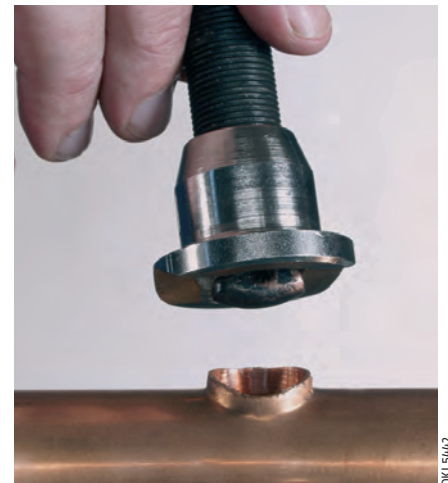
Um das Werkzeug zu schonen und um bessere Arbeitsergebnisse zu erzielen, wird von den Werkzeugherstellern häufig die Anwendung eines Gleitmittels empfohlen. Wird ein solches Gleitmittel benutzt, darf dieses nicht fetthaltig sein.



Den Aushalser ins Bohrloch einhängen und die Glocke gegen das Bohrloch drehen.



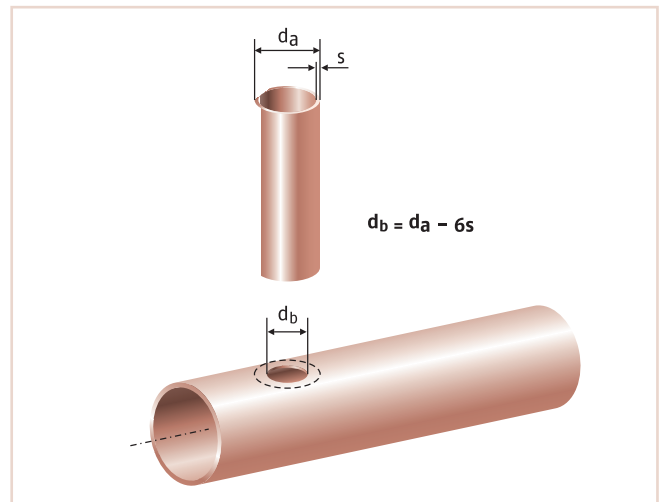
Mit einer Ratsche den Aushalser nach links drehen. In der letzten Phase etwas Druck in Richtung Rohr ausüben.



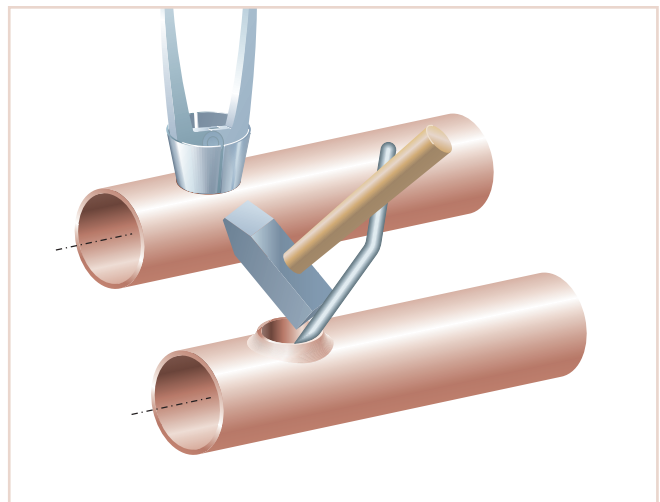
Handwerkliches Herstellen der Aushalsung

Sofern keine Spezialwerkzeuge vorhanden sind, kann man die Aushalsung auch handwerklich herstellen. Dies erfordert viel Übung.

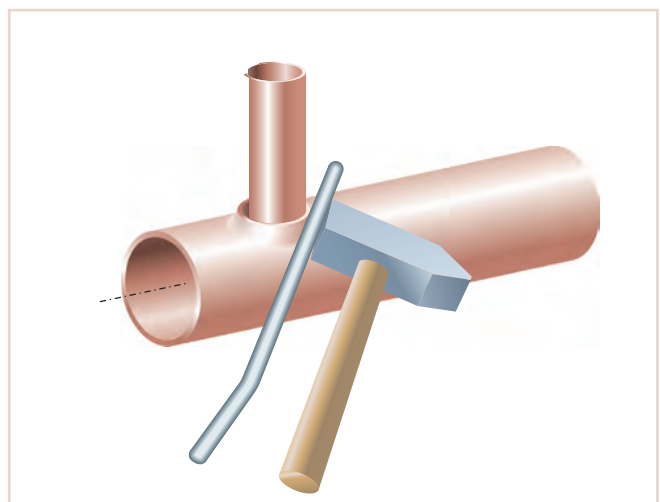
Im Durchgangsrohr ein Loch herstellen und den Lochrand harter und halbharter Kupferrohre weichglühen (Dunkelrotglut). Die Höhe des aufzubördelnden Randes muss mindestens dreimal die Wanddicke des Abzweigrohres sein. Das Loch ist also mindestens $2 \times 3 s = 6 \times s$ kleiner herzustellen als der Durchmesser des Abgangsrohres.



Das Durchgangsrohr aushalsen.
Mit der Kelchzange aufweiten und mit Hammer und Bördeldorn aushalsen.



Das Abgangsrohr einpassen.
Die Aushalsung entweder mit der Muffenzange kalibrieren oder ein Passstück (Stahldorn oder Abfall-Rohrende) in die Aushalsung stecken und diese mit Bördeldorn an das Passstück anschlagen. Passstück entfernen.



3.12 Schweißen von Kupferrohr

Kupferrohre können auch durch Schweißen verbunden werden.

Für das Schweißen wird eine **Nennwanddicke von mindestens 1,5 mm** empfohlen. Es wird allerdings hauptsächlich bei großen Durchmessern angewendet. Da ab 108 mm keine Kapillarlöt fittings mehr verfügbar sind, werden Rohre mit einem größeren Durchmesser vorzugsweise durch Schweißen miteinander verbunden.

Das Schweißen von Kupfer ist dem Schweißvorgang bei Stahl ähnlich, aber es ist schwieriger, da Kupfer die Wärme besser leitet als Stahl und weil Kupfer einen Schmelzpunkt und keinen Schmelzbereich hat.

Um die Arbeitstemperatur an der Schweißstelle zu erreichen und zu halten, ist eine höhere Wärmezufuhr als bei Stahl erforderlich. Bei zu geringer Wärmezufuhr wird die erforderliche Arbeitstemperatur nicht erreicht; bei zu großer Wärmezufuhr wird die Schweißstelle wegschmelzen.

Das Schweißen von Kupfer verlangt daher einige Übung und Erfahrung. Man erlernt das Schweißen zunächst an Stahl. Dann hat man die Voraussetzungen, um die Besonderheiten des Schweißens von Kupfer zu berücksichtigen. Das Kupferschweißen wird meistens nach der Ausbildung in einem besonderen Lehrgang erlernt.

Für das Schweißen von Kupfer kommen im wesentlichen zwei Verfahren in Frage:

- Gasschmelzschweißen
- Schutzgasschweißen (MIG- oder WIG-Schweißen)

Beim Gasschmelzschweißen mit einem Acetylen-Sauerstoff-Brenner wird das Schweißgut durch die Streuflamme gegen den Luftsauerstoff abgeschirmt. Beim Schutzgasschweißen mit elektrischem Lichtbogen erfolgt

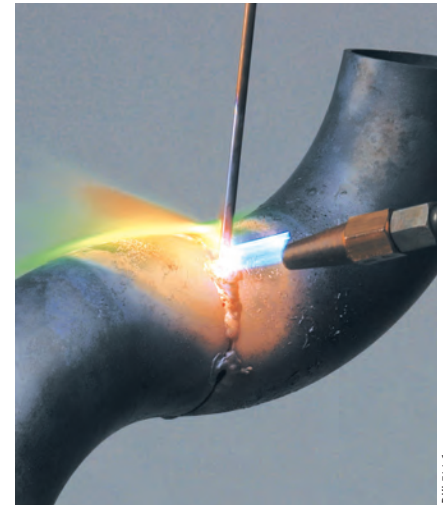
diese Abschirmung durch ein ausströmendes Schutzgas (Inertgas). Hierbei kann man entweder das WIG-Schweißen (Wolf-ram-Inertgas) oder das MIG-Schweißen (Metall-Inertgas) angewendet werden. Beim MIG-Schweißen brennt der Lichtbogen zwischen einer abschmelzenden Drahtelektrode und dem Werkstück, während beim WIG-Schweißen die Wolframelektrode nicht abschmilzt, sondern der Schweißzusatz von Hand in die Schmelzzone geführt wird.

Als Zusatzwerkstoff für das Gasschmelz- und WIG-Schweißen ist der Werkstoff SG-CuAg (99% Kupfer, 1% Silber) nach DIN 1733 besonders geeignet.

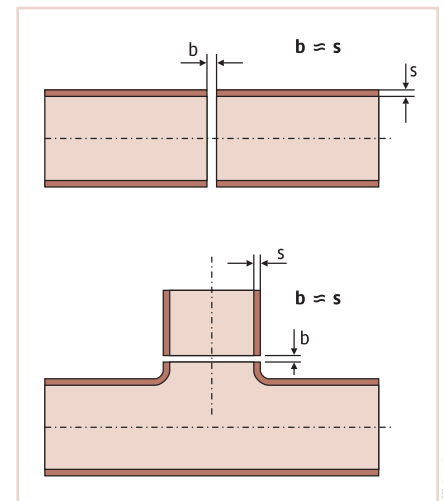
Für das MIG-Schweißen eignet sich der Zusatzwerkstoff SG-CuSn (99% Kupfer, 1% Zinn) nach DIN 1733 besonders gut. Flussmittel sind beim Schweißen nicht erforderlich, es können jedoch Flussmittel auf der Grundlage von Borverbindungen verwendet werden (FH 21 oder FH 30).

Bei der Schweißverbindung wird der Stumpfstoß (I-Naht) als Nahtform gewählt. Für Bögen stehen Fittings zur Verfügung (Schweißbögen), T- und Schrägabgänge sind durch Aushalsungen herzustellen.

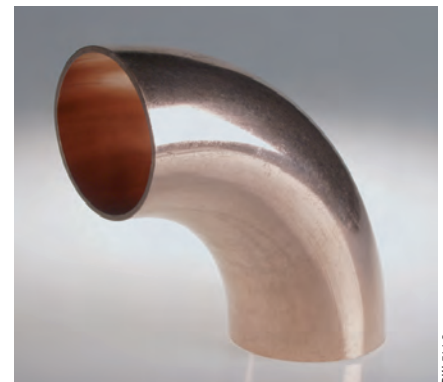
Schweißverbindungen können für alle Installationen ab einer Rohrwanddicke von 1,5 mm eingesetzt werden. Das Schweißen von Gasleitungen und von Hochdruckleitungen darf nur durch einen geprüften Schweißer (Schweißprüfung nach DIN EN ISO 9606-3) ausgeführt werden.



Schweißen von Kupferrohr



Stumpfnähte (I-Naht)



Schweißbogen aus Kupfer

DKI 5446

DKI 5447

DKI 5448

3.13 Die Pressverbindung

Die Pressverbindung kann für weiche, halbharte und harte Kupferrohre eingesetzt werden. Es steht ein komplettes Fittingsprogramm zum Verbinden von Kupferrohren mit Außendurchmessern von 12 bis 108 mm zur Verfügung. Pressfittings bestehen aus Kupfer oder Rotguss; für Übergänge werden Pressfittings mit Gewindeanschluss angeboten.

Auf dem Markt werden verschiedene Pressfittingsysteme angeboten, die sich durch die Form der Kontur unterscheiden. Für Trinkwasser- und Gasinstallationen müssen Pressfittings ein DVGW-Prüfzeichen besitzen.



Auswahl von Pressfittings

DKI 5449



Beim Pressen ist von besonderer Wichtigkeit, dass stets die Montageanweisung des jeweiligen Herstellers beachtet wird und nur Presswerkzeuge eingesetzt werden, die vom Hersteller zugelassen sind. Presswerkzeuge müssen regelmäßig auf Funktion und Verschleiß kontrolliert werden. Stützhülsen sind bei Pressverbindungen nicht erforderlich, auch nicht für weiches dünnwandiges Kupferrohr (z.Bsp 12x0,7 mm)

Eigenschaften:

- Temperaturbeständig
- Alterungsbeständig
- Widerstandsfähig gegen mechanische Belastung
- Dauerbelastbar bis 110°/16 bar

Einsatzbereiche:

- Trinkwasser (kalt und erwärmt)
- Heizung bis 110°C
- Betriebswasser aus Regenwassernutzungsanlagen
- Druckluft bis 16 bar, ölfrei

Für weitere Einsatzbereiche (Öl- und Gasinstallation sowie Heizungs- und Solaranlagen mit Vorlauftemperaturen über 110°C) sind Pressverbinder mit speziellem Dichtelement verfügbar. Diese Pressfittings sind besonders gekennzeichnet. Auch hier sind immer die Herstellerhinweise zu beachten.



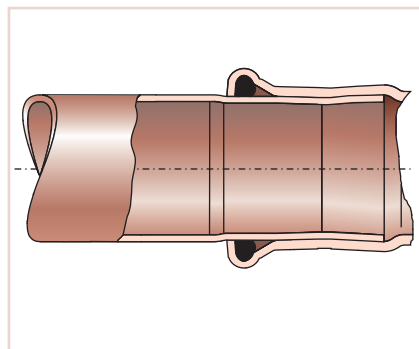
System A

DKI 5450



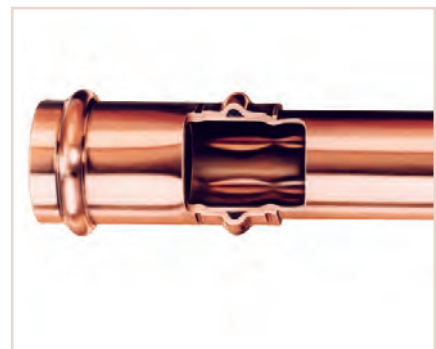
System B

DKI 5451



Verpresste Verbindungsstelle System A

DKI 5452



Verpresste Verbindungsstelle System B

DKI 5123

Die Arbeitsgänge beim Pressen

Kupferrohr rechtwinklig ablängen, innen und außen entgraten. Das Entgraten ist besonders wichtig, um eine Beschädigung des Dichtelementes zu verhindern.



Einstecktiefe markieren, damit man sofort erkennt, ob das Rohr während der Montage aus dem Fitting herausgerutscht ist.



Korrekten Sitz des Dichtelements prüfen – kein Öl und Fett verwenden.



Fitting bzw. Rohr unter leichtem Drehen auf- bzw. einschieben.



Pressbacke auswählen, öffnen, winklig auf die Sicke des Pressfittings aufsetzen und Pressvorgang auslösen. Beim Pressen wirken sehr hohe Kräfte von mehreren Tonnen – Vorsicht beim Arbeiten! Nur zugelassene Presswerkzeuge verwenden.



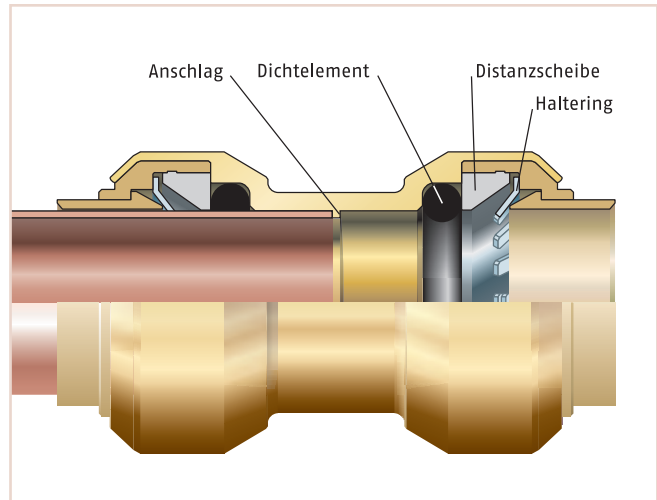
Verpresste Verbindungen kennzeichnen. Auf diese Weise kann sofort und eindeutig kontrolliert werden, ob eine Verbindung bereits verpresst ist.



3.14 Die Steckverbindung

Die Steckverbindung ist der Gruppe der unlösbaren Verbindungen zugeordnet; sie kann allerdings mit speziellen Werkzeugen gemäß Herstellerangabe mehrfach gelöst und wiederverwendet werden.

Auf dem Markt haben sich verschiedene Systeme etabliert, die jedoch denselben prinzipiellen Aufbau haben: Die Dichtigkeit der Verbindung wird durch ein Dichtelement bewirkt und ein Haltering aus Edelstahl sichert eine zugfeste Verbindung. Die weiteren Komponenten der Steckverbindung bilden Führungs- und Positionierungsringe.



Beispiel für den Aufbau einer Steckverbindung

Steckfittings werden für das Verbinden von Kupferrohren der Abmessungen 12 mm bis 54 mm Außendurchmesser angeboten. Sie können für weiche, halbhart und harte Kupferrohre verwendet werden.

Der Einsatz von Stützhülsen für weiche Kupferrohre ist systemabhängig. Im Einzelfall sind hierfür die Herstellerunterlagen verbindlich. Bei Steckverbindungen ist ein rundes kalibriertes Rohrende von entscheidender Bedeutung.



Auswahl von Steckfittings

Die Einsatzbereiche sind:

- Trinkwasser (kalt und erwärmt)
- Heizung bis 110°C
- Regenwassernutzung

Für Trinkwasserinstallationen dürfen nur DVGW-geprüfte Steckfittings verwendet werden.



Auswahl von Steckfittings

Montageablauf

Kupferrohr rechtwinklig ablängen, innen und außen entgraten, weiche Kupferrohre kalibrieren. Das Entgraten ist besonders wichtig, um eine Beschädigung des Dichtelementes zu verhindern.



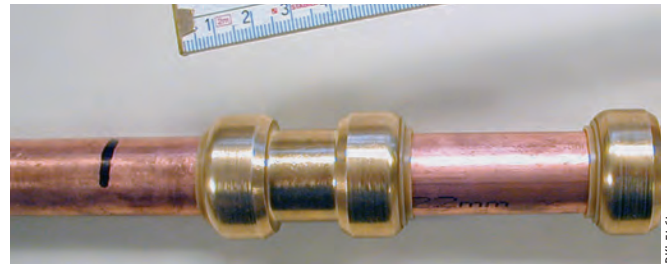
DKI 5374

Fitting innen auf Sauberkeit prüfen, korrekten Sitz des Dichtelementes überprüfen (Sichtprüfung!)



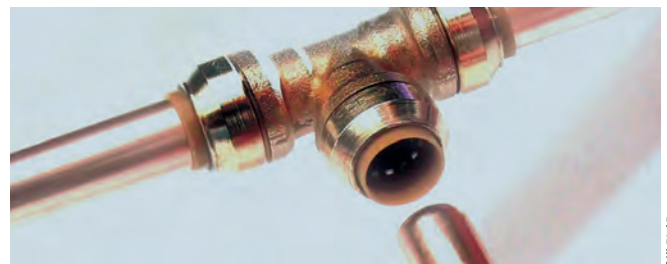
DKI 5463

Einstecktiefe markieren; so wird sichergestellt, dass das Rohr bis zum Tiefenanschlag eingesteckt ist.



DKI 5464

Fitting bzw. Rohr unter leichtem Drehen auf- bzw. einschieben – kein Öl oder Gleitmittel verwenden.



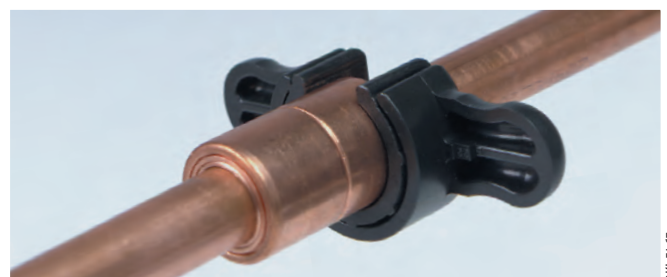
DKI 5465

Das nachträgliche Lösen ist mit speziellen Werkzeugen möglich, die vom jeweiligen Hersteller zu beziehen sind.



DKI 5466

Beispiel für das nachträgliche Lösen einer Steckverbindung



DKI 5467

Beispiel für das nachträgliche Lösen einer Steckverbindung

3.15 Die Klemmringverbindung

Klemmringverbinder bestehen aus einem Fittingskörper, einem metallischen Klemmring und einer Überwurfmutter.

Die zu verbindenden Rohre werden bis zum Anschlag in den Fittingskörper eingeschoben und die Überwurfmutter zunächst von Hand und dann mit handelsüblichen Werkzeugen angezogen. Dabei verformt sich der Klemmring und bildet die metallisch dichtende Verbindung zwischen Rohr und Fitting.

Eigenschaften

- *Metallisch dichtend*
- *Hochtemperaturbeständig, da komplett aus Metall*
- *Alterungsbeständig*
- *Belastbar*
- *Lösbar*
- *Wiederverwendbar*
(Klemmring muss ausgetauscht werden)

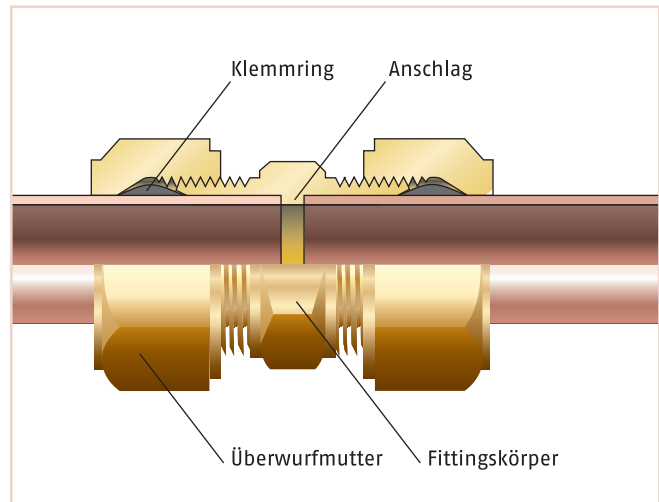
Klemmringverbindungen können in allen Anwendungsbereichen der Installationstechnik eingesetzt werden:

- *Trinkwasser (Kalt- und Warmwasser)*
- *Regenwassernutzungsanlagen*
- *Heizung*
- *Gas- und Flüssiggasinstallationen*
- *Heizölinstallationen*
- *Druckluft*
- *Solartechnik*

Für Trinkwasser- und Gasinstallationen müssen Klemmringverbindungen ein DVGW-Prüfzeichen besitzen.

Bei weichen Kupferrohren müssen Stützhülsen verwendet werden.

Es gibt darüber hinaus auch weitere Fälle, in denen Stützhülsen vorgeschrieben sind; daher sind **immer** die Herstellerangaben zu beachten.



Klemmringverschraubung Schnittdarstellung

DKI 5468

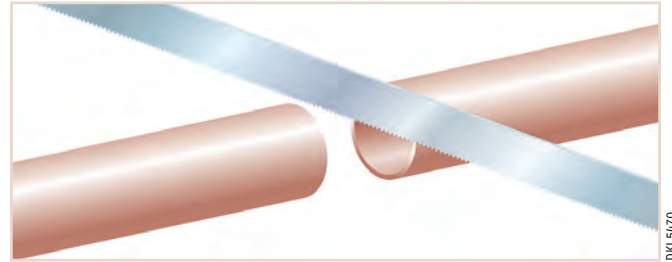


Auswahl von Klemmringverschraubungen

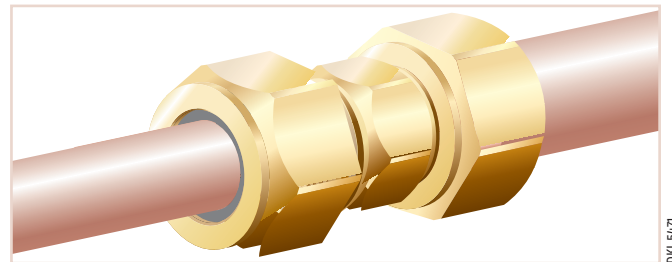
DKI 5469

Die Arbeitsgänge bei der Klemmringverbindung

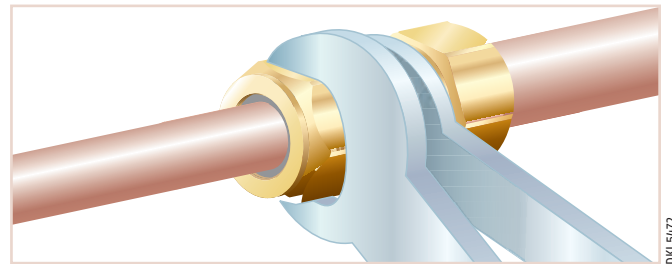
Das Rohr mit dem Rohrabschneider oder einer Säge rechtwinklig ablängen. Grate und Späne innen und außen sorgfältig entfernen.



Das Rohr bis zum Anschlag in die vormontierte Klemmverbindung einschieben. Die Überwurfmutter von Hand anziehen.

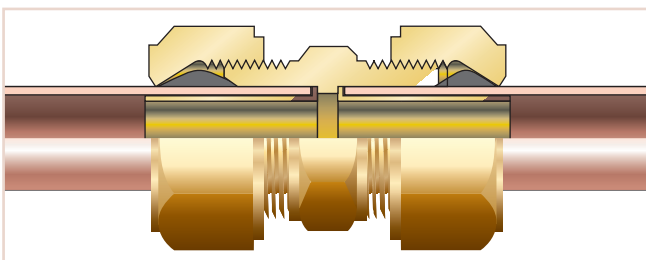


Mit dem Gabelschlüssel die Überwurfmutter gemäß den Herstellerangaben festziehen.



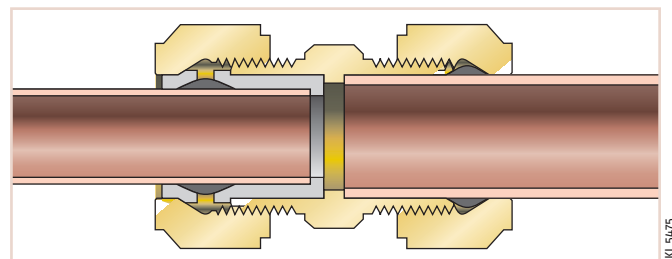
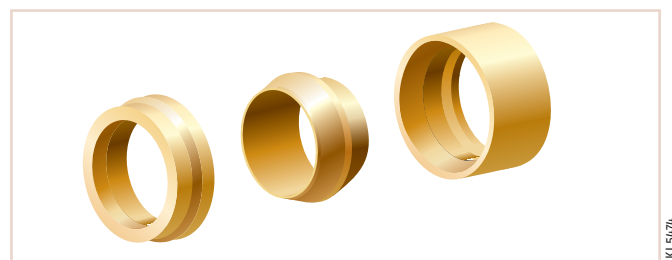
Montage mit Stützhülse

Die Stützhülse in das Rohr einschieben und die Klemmringverbindung wie zuvor beschrieben anziehen.



Montage mit Reduzerring

Teile lagerichtig zusammenfügen. Klemmringverbindung wie zuvor beschrieben anziehen.



3.16 Rohrverschraubungen

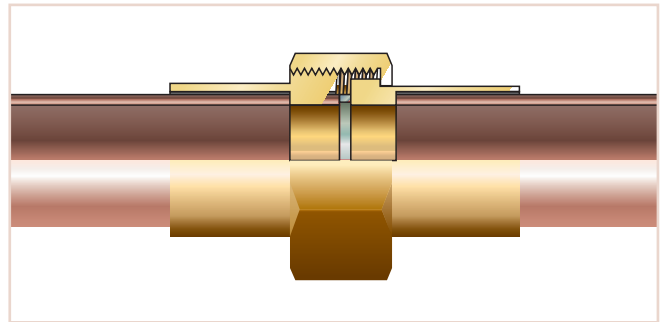
Rohrverschraubungen werden meistens für die Verbindung mit Armaturen und Apparaten gebraucht.

Es gibt zwei Arten von Verschraubungen:

- *flachdichtende Verschraubungen*
- *konisch dichtende Verschraubungen*

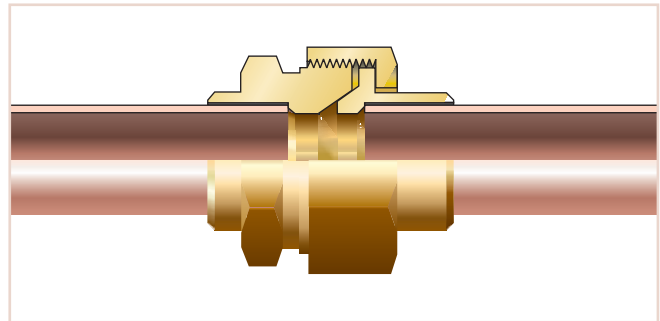
Bei flachdichtenden Verschraubungen wird ein Dichtungsring benötigt; konisch dichtende Verschraubungen dichten metallisch.

Für Rohrverschraubungen gilt:
Verschraubungen für Gasinstallationen müssen ein DVGW-Prüfzeichen tragen.



Flach dichtende Verschraubung

DKI 5476



Konisch dichtende Verschraubung

DKI 5477



Auswahl von Verschraubungen: im Vordergrund links eine konisch dichtende und in der Mitte eine flachdichtende Rohrverschraubung

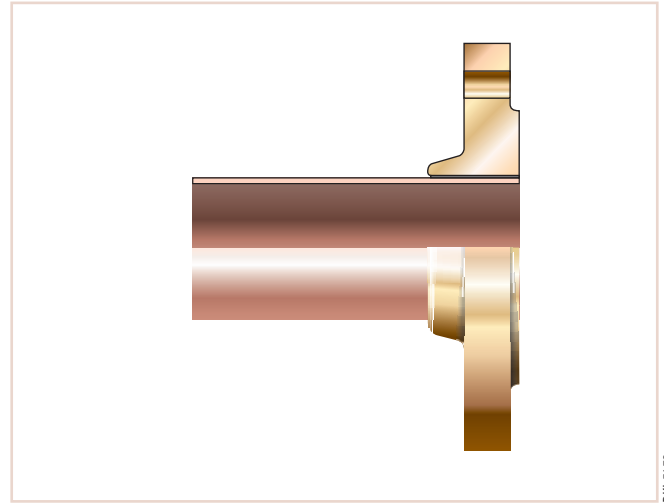
DKI 5478

3.17 Flanschverbindungen

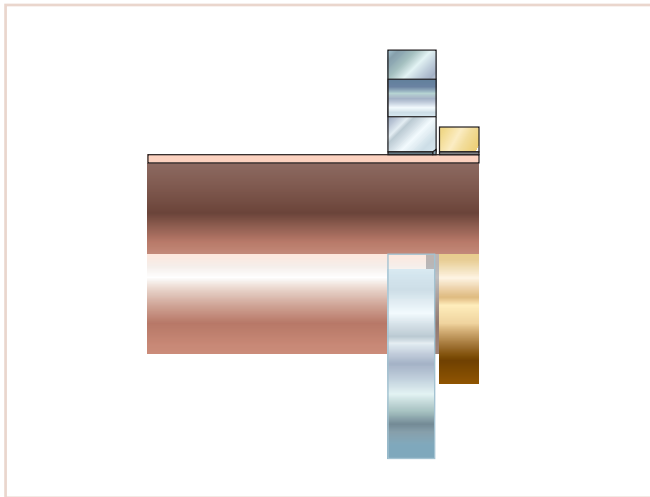
Flanschverbindungen kommen insbesondere bei größeren Rohrdurchmessern zum Einsatz. Viele Armaturen, Pumpen und Kessel haben Flanschanschlüsse.

Man unterscheidet drei unterschiedliche Flanschverbindungen:

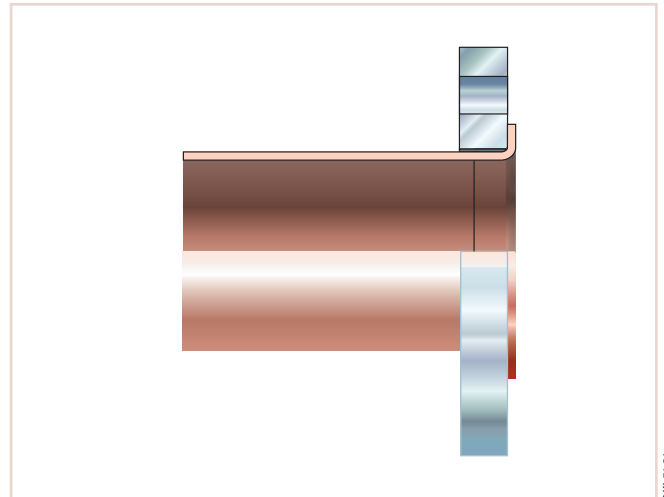
- *Flanschverbindung mit Lötflansch aus Rotguss*
- *Flanschverbindung mit Vorschweiß- oder Lötbördel aus Kupfer und loseem Flansch*
- *Flanschverbindung mit glattem Lötband aus Rotguss und loseem Flansch*



Flanschverbindung mit Lötflansch aus Rotguss



Flanschverbindung mit glattem Lötband aus Rotguss und loseem Flansch



Flanschverbindung mit Vorschweißbördel aus Kupfer und loseem Flansch

Aufgaben

19. Welcher der folgenden Sätze ist richtig?

- Man kann mit und ohne Fittings hartlöten
- Man kann mit und ohne Fittings wechlöten
- Man kann nur mit Fittings hartlöten

20. Sie installieren eine Heizungsanlage (Vorlauftemperatur unter 110°C) mit halbhartem Kupferrohr. Leider sind Ihnen die Fittings ausgegangen. Welche Verbindungen können Sie auch ohne Fittings durch Wechlöten herstellen?

- Keine
- Muffenverbindungen
- Abzweige

21. Welche der folgenden Sätze sind richtig?

- Bei Gasinstallationen müssen Abzweige handwerklich hergestellt werden
- Abzweige müssen bei Gasinstallationen mit Fittings hergestellt werden

22. Welches Wort kennzeichnet die Arbeitsweise der Muffenzange?

- Gewindeschneiden
- Aufweiten
- Verengen

23. Von einem Rohr mit dem Außendurchmesser 28 mm soll ein Abzweig ohne Fittings mit dem Aushalser hergestellt werden. Welchen Durchmesser kann das Abgangsrohr haben?

- 28 mm
- 22 mm
- 18 mm
- 35 mm

24. Wie hoch muss beim Herstellen eines Abzweiges der aufzubördelnde Rand mindestens werden?

- 2 mm
- Mindestens 5 mm
- 2 x 5 mm
- 3 x Wanddicke des Abgangsrohres

25. Beim handwerklichen Herstellen eines Abzweigs ohne Fittings muss ...

- das Abgangsrohr einen kleineren Querschnitt als das Hauptrohr besitzen
- im Abgangsrohr ein Loch hergestellt werden
- das Abgangsrohr möglichst tief eingesteckt werden
- die Einstecktiefe markiert werden

26. Von einem Kupferrohr 42 x 1,5 mm ist ein handwerklicher Abzweig für ein Rohr 22 x 1 mm herzustellen. Mit welchem Durchmesser darf das Loch im Hauptrohr höchstens gebohrt werden?

- 22 mm
- 16 mm
- 12 mm

27. Welche Werkzeuge werden für die Herstellung einer Aushalung verwendet?

- Aushalser
- Kalibrierdorn
- Rohrzange
- Bördeldorn und Hammer
- Kelchzange
- Propan-Luft-Brenner
- Acetylen-Sauerstoffbrenner
- Ratsche

28. Ab welcher Wanddicke können Kupferrohre geschweißt werden?

ab mm

29. Für das Schweißen von Kupfer werden das Gas-schmelz- oder das Schutzgasschweißen angewendet. Welche Funktion hat dabei das Schutzgas?

- Schutzgas wird aus Brandschutzgründen verwendet
- Schutz der Schweißstelle vor dem Eindringen von Luftsauerstoff

30. Welches sind die Besonderheiten beim Schweißen von Kupfer im Vergleich zu Stahl?

- Die höhere Wärmeleitfähigkeit des Kupfers erfordert eine höhere Wärmezufuhr
- Kupfer hat keinen Schmelzbereich, sondern einen Schmelzpunkt; daher erfordert das Halten der Schmelztemperatur viel Übung

31. Welche Kennzeichnung muss ein Pressfitting für die Gas- oder Wasserinstallation aufweisen?

- TÜV-Zeichen
- DVGW-Zeichen
- DIN-Zeichen

32. Eine Heizungsinstallation mit Vorlauftemperaturen über 110°C soll mit Pressfittings ausgeführt werden. Worauf müssen Sie achten?

- Die Pressfittings müssen das GS-Zeichen aufweisen
- Die Pressfittings müssen für diesen Temperaturbereich vom Hersteller freigegeben sein
- Die Herstellerangaben sind zu beachten

33. Warum wird bei Pressverbindungen die Einstecktiefe vor dem Pressen markiert?

.....
.....

34. Welches sind die Einsatzbereiche für Steckverbindungen?

- Trinkwasser (kalt)
- Gas- und Flüssiggas
- Heizung bis 110°
- Trinkwasser (erwärmt)
- Heizöl
- Regenwassernutzung

35. Welche Begriffe kennzeichnen Klemmringverbindungen als Verbinder in Rohrleitungen?

- Unlösbare Verbindung
- Metallisch dichtend
- Lösbare Verbindung
- Dichtung aus Spezialkunststoff

36. Welche beiden Dichtungsformen unterscheidet man bei Rohrverschraubungen?

.....
.....



Verlegetechnik

4.1	Einführung	64
4.2	Die Z-Maß-Methode	65
4.3	Wärmedämmung von Rohrleitungen	66
4.4	Tauwasserbildung bei Kaltwasserleitungen	67
4.5	Befestigung	68
4.6	Wärmedehnung	70
4.7	Ausgleich der Wärmedehnung	71
4.8	Fachgerechte Bemessung von Dehnungsausgleichern	74
4.9	Kombination von Kupfer und Stahl in Trinkwasserinstallationen	76
4.10	Zusammenbau von Kupfer und Stahl in Heizungsinstallationen	78
4.11	Einsatz von Kupferrohren in der Solartechnik.	79
	Aufgaben	80

4.1 Einführung

In den bisherigen Abschnitten haben Sie gelernt, dass Kupferrohre sehr vielseitige Einsatzbereiche haben. Kupferrohre haben in der Installationstechnik eine lange Tradition und bei fachgerechter Installation eine sehr hohe Lebensdauer. Die fachgerechte Installation basiert auf wenigen Grundsätzen:

- *Verwendung von qualitativ einwandfreiem Material*
- *Fachkenntnis*
- *Sorgfältige Ausführung*

Bei der Verbindungstechnik wurde dargestellt, dass es für die verschiedenen Einsatzbereiche besondere Bestimmungen gibt. So darf z. B. in Trinkwasserinstallationen bis einschließlich 28 mm nicht hartgelötet werden. Für die gesamte Installationstechnik gelten eine Vielzahl von Vorschriften und Gesetzen, die Sie in der Grundausbildung nicht alle kennen müssen, sondern mit denen Sie sich im Laufe Ihres Berufslebens vertraut machen werden. Einige wichtige Regelwerke sind in der Tabelle aufgeführt.

Bezeichnung von Leitungsabschnitten

Man unterscheidet folgende Leitungsabschnitte:

- *Verteilungsleitungen*
- *Steigleitungen*
- *Stockwerksleitungen*
- *Einzelanschlussleitungen*

Verlegearten

Bei der Verlegung von Rohrleitungen unterscheidet man die Verlegearten:

- *Auf-Putz-Verlegung*
- *Unter-Putz-Verlegung in Wänden*
- *Vorwandinstallation*
- *Verlegung im Fußboden*
- *Erdverlegung*

Die Auf-Putz-Verlegung von Kupferrohr ist dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrleitungen nach Abschluss der Arbeiten sichtbar bleiben.

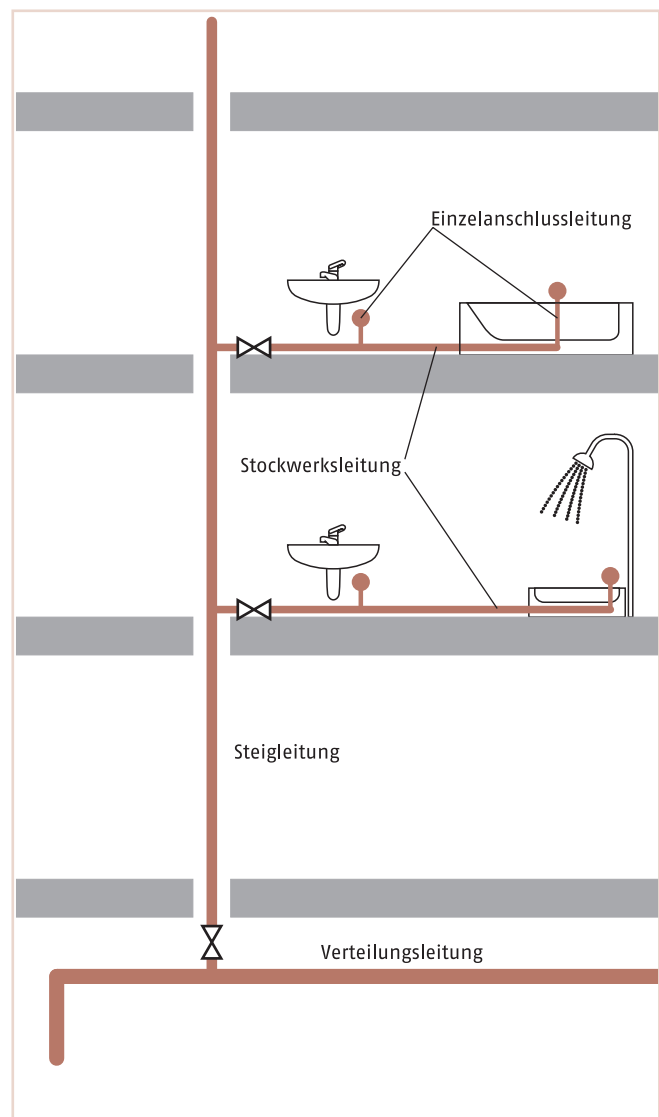
Die Unter-Putz-Verlegung in Wänden, bei der die Rohrleitungen fest eingeputzt werden, kommt nur noch selten vor. Heute wird überwiegend die Vorwandinstallation gewählt, bei der die Leitungen hinter einer Wandkonstruktion, z. B. aus Gipskartonplatten, verlegt werden.

Bei der Verlegung im Fußboden unterscheidet man die Verlegung im Estrich (bei Fußbodenheizungen) und die Verlegung unter dem Estrich, d. h. in der unter dem Estrich befindlichen Wärme- oder Trittschalldämmschicht (bei Trinkwasser- oder Heizungsleitungen).

Die Erdverlegung kann z. B. bei Gas- oder Flüssiggasleitungen innerhalb eines Grundstückes gewählt werden.

Anwendungsbereich	Norm	Normbezeichnung
Trinkwasserinstallation	DIN 1988	Technische Regeln für Trinkwasserinstallation
Gasinstallation	TRGI	Technische Regeln für Gasinstallation
Ölinstallation	TRBF	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
Flüssiggasinstallation	TRF	Technische Regeln für Flüssiggasinstallation

Wichtige Regelwerke für die Installationstechnik



Bezeichnung von Leitungsabschnitten

DIG 5482

4.2 Die Z-Maß-Methode

Auf der Baustelle wie auch bei der Vorfertigung von Rohrleitungen ist häufig der Abstand von Rohrmittellinien vorgegeben (z. B. auf Plänen oder als Anriss auf dem Rohbau). Für das maßgerechte Zuschneiden eines Rohrstückes müssen jedoch die Baulänge der Fittings und die Einstecktiefe berücksichtigt werden.

Hierfür hat sich die Z-Maß-Methode als einfacher Weg bewährt. Vom Abstand der Mittellinien zieht man die sogenannten Z-Maße der Fittings ab und erhält so die Zuschnittslänge. Die Z-Maße sind in den technischen Unterlagen der jeweiligen Fittingshersteller aufgeführt.

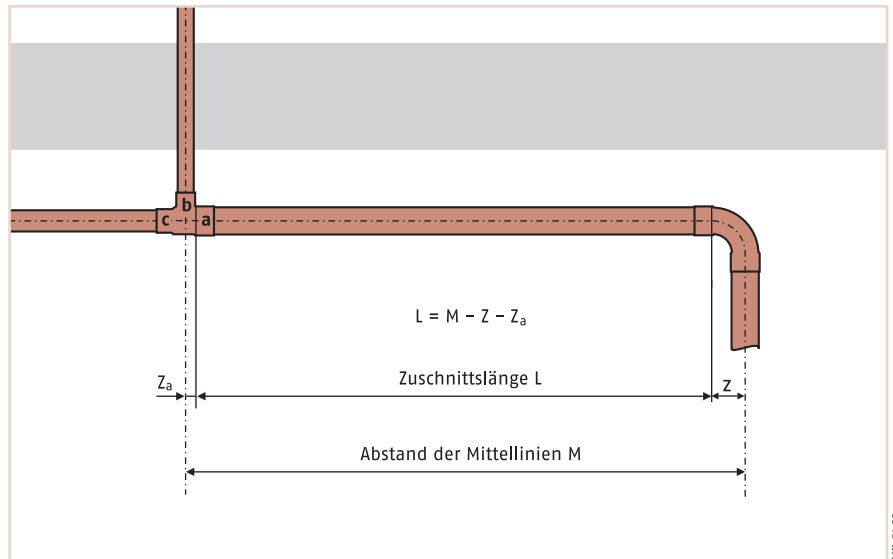
Beispiel

Bei der im Bild dargestellten Installation sei ein Abstand der Mittellinien von $M = 3,75 \text{ m}$ vorgegeben.

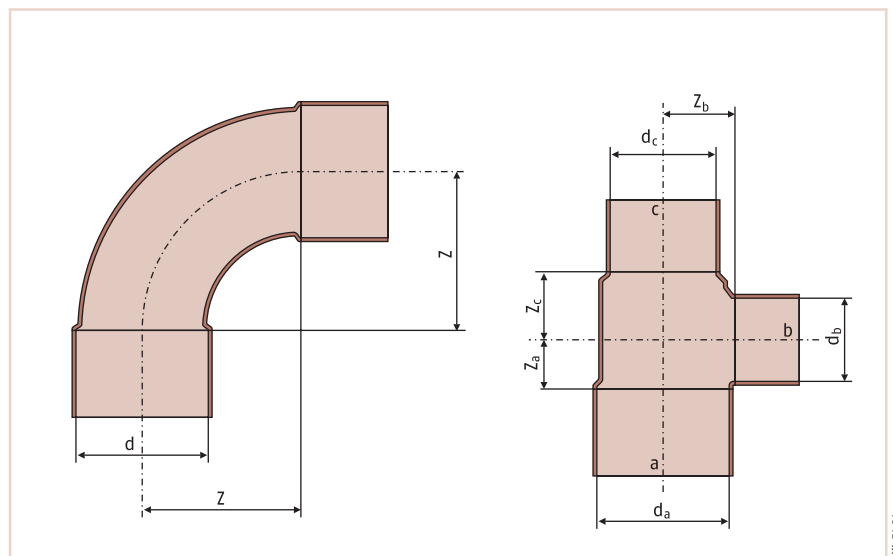
Die Z-Maße für die beiden Fittings werden der Tabelle entnommen:
 Bogen: $Z = 42 \text{ mm}$
 T-Stück: $Z_a = 13 \text{ mm}$

Berechnung der Zuschnittslänge L:
 $L = M - Z - Z_a$
 $= 3750 - 42 - 13$
 $= 3695 \text{ mm}$

Die Zuschnittslänge des Rohres beträgt 3695 mm.



Z-Maß-Methode



Z-Maße am Beispiel Bogen und T-Stück (reduziert)

Z-Maße (mm)	Bogen	T-Stück (reduziert)
Z	42	-
Z _a	-	13
Z _b	-	19
Z _c	-	18

Z-Maße (Beispiel)

DKI 5483

DKI 5484

4.3 Wärmedämmung von Rohrleitungen

Energiesparen ist vernünftig und Vorschrift!

Wärmeenergie ist ein knappes Gut, und der Preis dafür ist in den letzten Jahren immer wieder gestiegen. Es ist deswegen vernünftig, warmwasserführende Rohre mit einer Wärmedämmung zu versehen und dadurch den Energieverlust so gering wie möglich zu halten.

Aber auch derjenige, der sich Energieverschwendung leisten zu können glaubt, wird durch Gesetz und Verordnung gezwungen, warmwasserführende Rohre zu dämmen. Die erforderlichen Dämmstärken für Heizungsleitungen, Leitungen für erwärmtes Trinkwasser und Zirkulationsleitungen sind in den Verordnungen genau festgelegt.

Wenn warmwasserführende Leitungen gegen Wärmeverlust gedämmt werden müssen, kann der Handwerker zwei Methoden anwenden.

1. *Handwerkliches Dämmen (Kenntnis der Vorschriften und Eigenschaften des Dämmmaterials sind notwendig). Die Verantwortung trägt der Handwerker.*
2. *Verwendung von werkseitig wärmegeädmmtem Rohr. Die Verantwortung für die richtige Dämmstärke trägt der Hersteller.*

Für Verbindungsstellen (Bögen, Abzweige usw.) gibt es einfach zu montierende Formteile. Auch Armaturen werden mit speziellen Armaturendämmschalen wärmegeädmmt. Besonders wichtig ist auch die sorgfältige Wärmedämmung bei Wanddurchführungen. Wenn hier die Wärmedämmung fehlt und es zur direkten Berührung von Kupferrohr und Wand oder Decke kommt, entsteht eine sogenannte Wärmebrücke mit einem hohen Energieverlust.

Folgendes Beispiel zeigt die Bedeutung der Wärmedämmung von warmgehenden Rohrleitungen:

In einem Gebäude sei eine Leitung für erwärmtes Trinkwasser 22 x 1 mm und eine Zirkulationsleitung 15 x 1 mm installiert. Die Wassertemperatur in den Rohrleitungen wird so auf ca. 55°C gehalten. Die beiden Leitungen verlaufen vom Trinkwassererwärmer jeweils 5 m im Keller und 5 m im Installationsschacht. Für die Umgebungstemperatur wird mit 15 °C gerechnet.

Wenn anstelle von wärmegeädmmten Rohren mit den gesetzlich vorgeschriebenen Dämmeigenschaften ungeädmmte Rohre eingesetzt würden, müssten jährlich ca. 500 Liter Heizöl mehr verfeuert werden, nur um die Wärmeverluste der Rohrleitungen auszugleichen.

Werkseitig wärmegeädmmte Rohre weisen als weiteren Vorteil einen geringeren Platzbedarf auf: Dies ergibt sich durch die geringere Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials der vorgedämmten Rohre gegenüber handelsüblichen Dämmstoffen, die von Hand auf das blanke Kupferrohr aufgebracht werden.



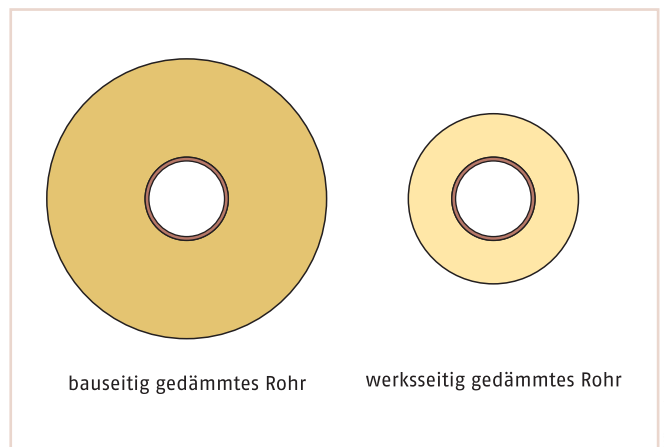
Warmgehende Rohrleitungen werden wärmegeädmmt. Wärmedämmung ist gesetzlich vorgeschrieben und sinnvoll.



Wärmegeädmmte Kupferrohre



Zuschneiden und Aufbringen eines Formteils



Diese beiden Rohre haben die gleichen Wärmedämmeigenschaften. Wegen der besseren Materialeigenschaften wird dies bei einem werkseitig gedämmten Rohr mit einer geringeren Dämmschichtdicke erreicht.

4.4 Tauwasserbildung bei Kaltwasserleitungen

Auch für Kaltwasserleitungen werden Kupferrohre verwendet, die mit einem Kunststoffstegmantel umgeben sind. Das geschieht jedoch nicht zur Wärmedämmung, sondern aus den folgenden Gründen:

1. Zur Vermeidung von Tauwasserbildung
2. Bei Auf-Putz-Installation, wenn die Leitung in einer aggressiven Umgebung (z. B. in Batterieräumen oder in Tierställen o. ä.) verlegt wird
3. Bei Verlegung im Erdreich, um die Rohrleitung gegen Korrosion und mechanische Beschädigung zu schützen

Die Tauwasserbildung an nichtummantelten Kaltwasserleitungen tritt dann auf, wenn die Kaltwasserleitung eine geringere Temperatur als die Umgebungsluft (mit hoher Luftfeuchtigkeit) aufweist.

Der in der Luft enthaltene Wasserdampf verflüssigt sich an der kalten Rohroberfläche und das herabtropfende Wasser kann zu Bauwerksschäden führen.

Oftmals wird die Tauwasserbildung auch als „Schwitzwasserbildung“ bezeichnet.

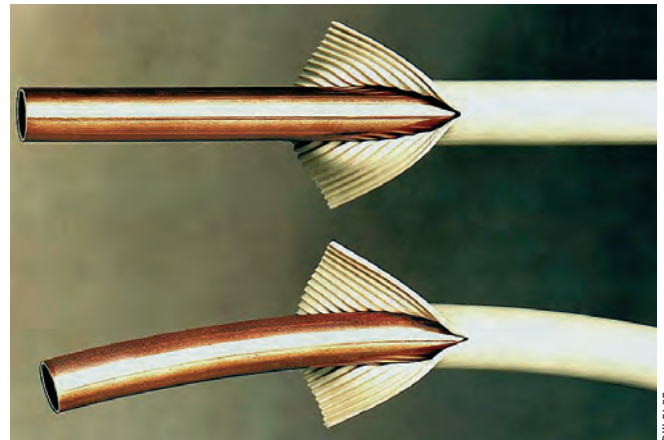
Schutz des Trinkwassers vor Erwärmung

Die Dämmung von Rohren für Kaltwasserleitungen dient nicht nur dem Schutz vor Tauwasserbildung, sondern auch dem Schutz des Trinkwassers vor Erwärmung, d. h. um zu verhindern, dass kein „lauwarmes“ Wasser (Bakterienvermehrung!) aus der Kaltwasserleitung kommt.

Die wichtigste Maßnahme zum Schutz des kalten Trinkwassers vor Erwärmung ist jedoch die Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu Wärmequellen (z. B. Schornsteine, Heizungsanlagen oder warmgehende Rohrleitungen).



Eine traditionelle Installationsregel besagt, dass wasserführende Leitungen nicht oberhalb von Gasleitungen verlegt werden sollen. Hintergrund dieser Regel ist ebenfalls die Tauwasserbildung. Hier ist es denkbar, dass heruntertropfendes Kondenswasser bei der Gasleitung aus schwarzem oder verzinktem Stahl im Laufe der Jahre zu Korrosion führen könnte. Um bei Gasleitungen jegliche denkbare Gefährdung auszuschließen, hat diese Regel auch heute weiterhin Gültigkeit, obwohl dieser Fall bei einer fachgerechten Ausführung praktisch auszuschließen ist.



Ummantelte Kupferrohre

DKI 19487

4.5 Befestigung

Rohrleitungen werden mit Rohrschellen befestigt. Es werden Rohrschellen aus zwei verschiedenen Werkstoffen verwendet.

Stahlschellen mit Dämmeinlage

Heute werden fast ausschließlich Stahlschellen mit Schallschutz-Dämmeinlage für die Befestigung verwendet. Diese können sowohl für blanke als auch für ummantelte und wärme gedämmte Kupferrohre verwendet werden.

Kunststoffbefestigungen

Aus Kunststoff gibt es Rohrclips, in die die Kupferrohre nur eingeklemmt zu werden brauchen. Diese werden z. B. für die Aufputzmontage im Sichtbereich verwendet. Sie können aber nur verwendet werden, wenn keine besonderen Anforderungen an den Schallschutz bestehen.

Schallschutz

An jedem Befestigungspunkt ist besonders auf den Schallschutz zu achten:

Festkörper, also auch Rohrleitungen, leiten Schallschwingungen über weite Strecken nahezu ungedämpft weiter. Dies kann man allerdings nicht hören. Der hörbare Schall tritt erst dann auf, wenn der Schall auf Wände oder Decken übertragen wird.

Somit muss eine direkte Berührung der blanken Rohrleitung mit dem Baukörper unbedingt vermieden werden.

Ansonsten würde der Schall ungehindert von den Rohrleitungen an die Wände oder Decken übertragen und sich dann z. B. in die Nachbarzimmer oder -wohnungen fortpflanzen.

Zur Entkoppelung dieser Schallübertragung werden weich federnde Dämmstoffe verwendet. Auch Armaturen werden schalldämmend befestigt.



An allen Befestigungspunkten müssen Rohrleitungen mittels Schalldämmeinlagen vom Baukörper entkoppelt werden.

Der direkte Kontakt von Rohrleitung und Baukörper muss aus Schallschutzgünden unbedingt vermieden werden. Bei Trassenführung mit Leitungen unterschiedlicher Durchmesser ist es üblich, gleiche Abstände, unabhängig vom einzelnen Durchmesser, zu wählen.

Gas- und Wasserleitungen dürfen weder an anderen Leitungen befestigt, noch als Träger für andere Leitungen oder Lasten verwendet werden.

Für wasserführende Rohrleitungen gelten die in der rechten Tabelle aufgeführten Befestigungsabstände.



Befestigung von Kupferrohren: deutlich zu erkennen sind die Befestigungsschellen mit Schalldämmeinlage

Außendurchmesser in mm	Befestigungsabstand in m
12,0	1,25
15,0	1,25
18,0	1,50
22,0	2,0
28,0	2,25
35,0	2,75
42,0	3,0
54,0	3,50
64,0	4,0
76,1	4,25
88,9	4,75
108,0	5,0
133,0	5,0
159,0	5,0

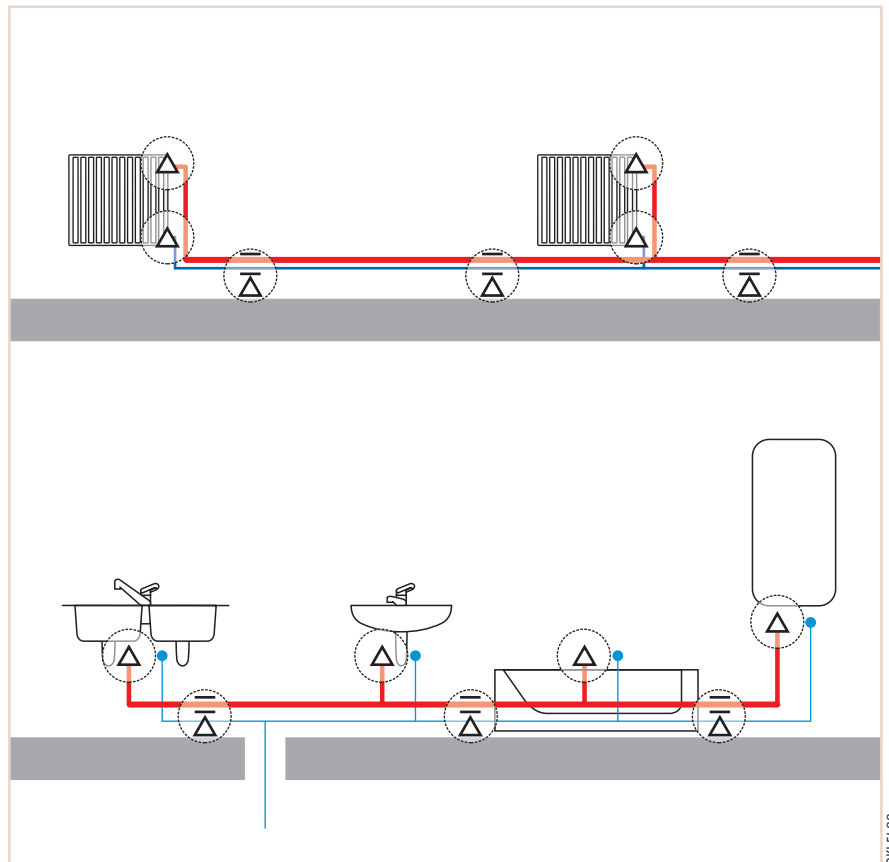
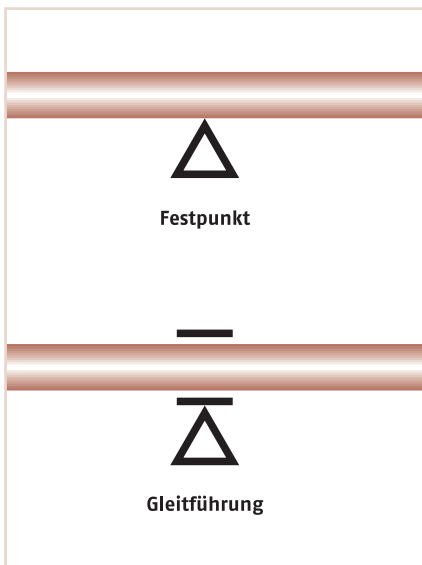
Bewährte Richtwerte für Befestigungsabstände wasserführender Kupferrohrleitungen

Festpunkte und Gleitführungen

Wenn ein Rohr an einer Stelle starr befestigt ist und sich nicht verschieben kann, spricht man von einem Festpunkt (oder Fixpunkt). Hierfür werden besondere Festpunktschellen verwendet. Neben Festpunktschellen wirken auch an der Wand befestigte Armaturen, Heizkörper und Boiler wie Festpunkte.

Wenn sich das Rohr entlang seiner Achse verschieben kann, spricht man von einer Gleitführung.

Für die Darstellung von Festpunkten und Gleitführungen werden folgende Symbole verwendet.



An der Wand befestigte Armaturen, Heizkörper und Boiler wirken wie Festpunkte



Wand- und Deckendurchführungen werden in der Praxis nicht immer korrekt ausgeführt, obwohl es einfache, fachgerechte Lösungen gibt. Hier sind mehrere Aspekte zu beachten: Grundsätzlich ist immer der Schallschutz von Bedeutung. Zur Verhinderung von Schallbrücken muss eine direkte Berührung von blanker Rohrleitung und Baukörper ausgeschlossen werden. Bei warmgehenden Leitungen müssen darüber hinaus Wärmebrücken verhindert werden.

Die Rohrleitungen sind daher in jedem Fall mit einem Dämmstoff zu umgeben. Beachten Sie bei der Ausführung, dass Wand- und Deckendurchführungen üblicherweise nachträglich verputzt werden. Die Ummantelung muss also so ausgeführt sein, dass auch durch das Verputzen keine Schall- oder Wärmebrücken entstehen können. Aus diesem Grund werden Wand- und Deckendurchführungen häufig mit Schutzhülsen ausgeführt.

Besondere Sorgfalt ist erforderlich, wenn bei der Wand- oder Deckendurchführung Brandschutzanforderungen einzuhalten sind. Diese Durchführungen werden besonders abgeschottet. Auch kleine Spalte oder Fugen dürfen nicht offen bleiben, um die im Brandfall besonders gefährliche Rauchübertragung zu verhindern.

4.6 Wärmedehnung

Wie alle Werkstoffe dehnt sich auch Kupfer bei Erwärmung aus.

Bei der fachgerechten Verlegung von warmwasserführenden Leitungen (erwärmtes Trinkwasser, Heizungs- und Zirkulationsleitungen) muss folglich die Wärmedehnung der Rohrleitung beachtet werden.

Die Längenänderung durch Wärmedehnung hängt von der Rohrlänge und dem Temperaturunterschied ab, nicht aber vom Rohrdurchmesser!

Ein Meter Kupferrohr dehnt sich bei einer Temperaturerhöhung von 100 Grad um 1,7 mm aus, bei 50 Grad um die Hälfte (0,85 mm) usw. Die Längenänderung wird durch den Ausdehnungskoeffizienten α beschrieben: α (Kupfer) = 0,017 mm / (m · K). Die Längenänderungen entnimmt man Tabellen oder Diagrammen.

Beispiel:

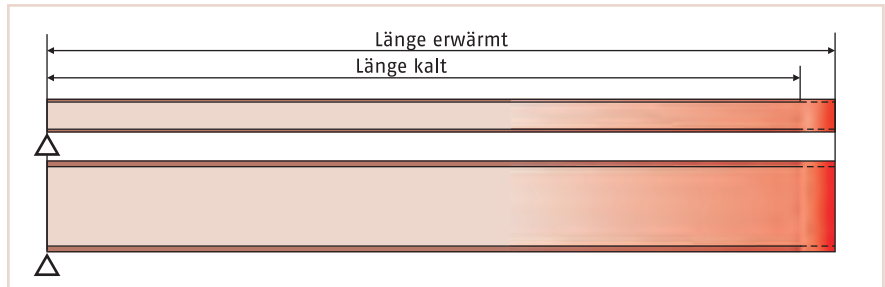
Eine Trinkwasserleitung soll vom Keller bis in das 4. Stockwerk verlaufen. Die Leitungslänge beträgt 12 m. Die Trinkwassertemperatur ist auf maximal 60°C begrenzt. Bei Inbetriebnahme erwärmt sich die Leitung von 20°C (Umgebungstemperatur während der Montage) auf 60 °C, also um 40 Kelvin. Im Diagramm geht man von der Rohrlänge (hier 12 m) zur Linie Temperaturdifferenz $\Delta T = 40$ K und liest links die Längenänderung (Δl) ab: 8 mm.

Wie man in einer fachgerechten Installation diese Ausdehnung ausgleicht, wird nachfolgend beschrieben.

In der Tabelle sind die Ausdehnungskoeffizienten für verschiedene Werkstoffe dargestellt. Je größer der Ausdehnungskoeffizient, desto größer ist die Wärmedehnung. Es zeigt sich, dass Kunststoffe eine wesentlich höhere Wärmedehnung aufweisen als Metalle.



Besonders kritisch ist die Wärmedehnung bei Verbundwerkstoffen zu betrachten, da sich hier die Materialien unterschiedlich stark ausdehnen, was zu Spannungen im Werkstoffverbund führt.



Die Längenänderung durch Wärmedehnung ist unabhängig vom Rohrdurchmesser

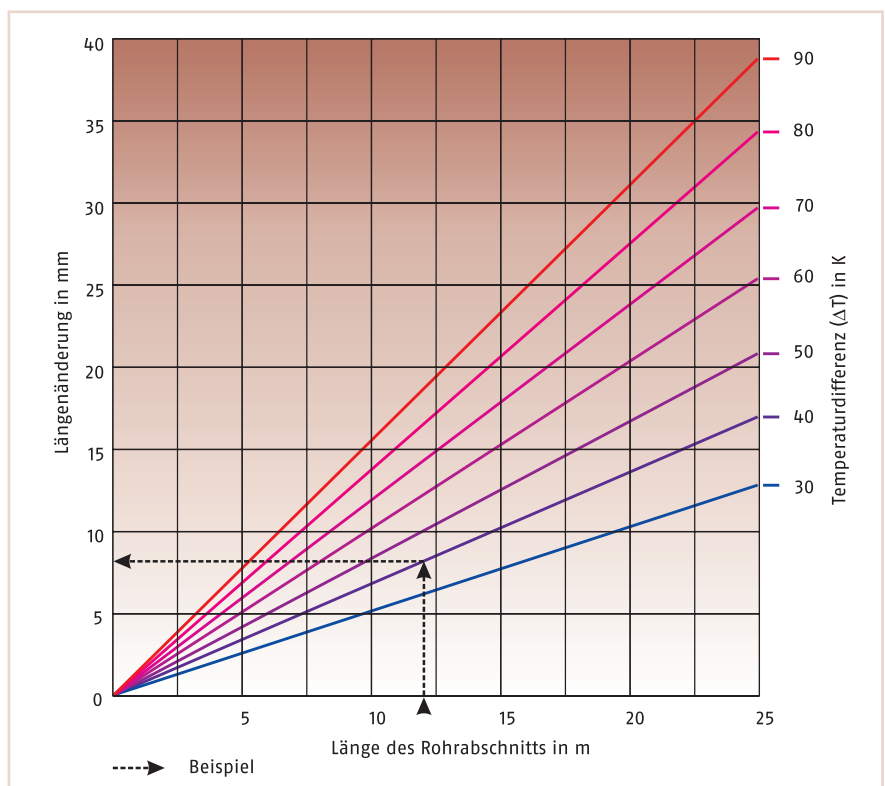


Diagramm zur Ermittlung der Längenänderung von Kupferrohren. Die Temperaturerhöhung (Temperaturdifferenz) ist immer die maximale Betriebstemperatur minus der Umgebungstemperatur während der Montage

Werkstoff	Ausdehnungskoeffizient mm/(m · 100 K)
Kupfer	1,7
Stahl	1,5
Aluminium	2,38
Polyethylen (PE-HD und PE-LD)	20,0
Polyethylen vernetzt (PE-X)	18,0
Polyvinylchlorid (PVC)	8–10

Vergleich der Ausdehnungskoeffizienten für verschiedene Werkstoffe



Bei warmgehenden Rohrleitungen muss die Wärmedehnung der Rohrleitungen berücksichtigt werden. Die Wärmedehnung ist unabhängig vom Rohrdurchmesser. Sie hängt nur von der Rohrlänge und der Temperaturdifferenz ab

4.7 Ausgleich der Wärmedehnung

In einer fachgerechten Installation erfolgt die Wärmedehnung nicht beliebig, sondern sie wird kontrolliert in bestimmte Richtungen geleitet. Wird den Rohren keine Dehnungsmöglichkeit gegeben, so kann es durch die auftretenden Spannungen zu Rissbildungen im Rohr, im Fitting oder in der Verbindungsstelle kommen. Um die Wärmedehnung zu kontrollieren, werden gezielt Festpunkte und Gleitführungen eingesetzt.

Für den Ausgleich der Wärmedehnung gilt folgender Grundsatz:

- Zwischen zwei Festpunkten, die ein Kupferrohr starr festhalten, muss immer für eine Dehnungsmöglichkeit gesorgt werden.

Die wichtigste Maßnahme zur Kontrolle der Wärmedehnung ist eine geschickte Rohrführung. Hierbei benutzt man die Dehnungsaufnahme von Umlenkungen und Abzweigen.

Bei kürzeren Leitungsabschnitten (z. B. Stockwerksleitungen) kann die erforderliche Dehnungsmöglichkeit meist allein durch eine sinnvolle Rohrführung und richtige Anordnung der Rohrschellen geschaffen werden.

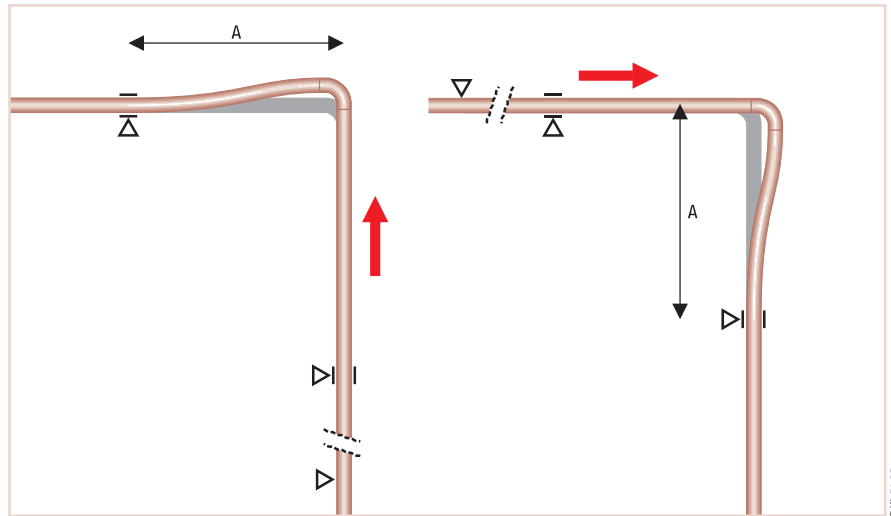
Bei langen geraden Leitungsabschnitten (z. B. Steigleitungen) werden häufig besondere Dehnungselemente (Dehnungsbogen oder Kompensatoren) eingesetzt.

Umlenkung

Die Wärmedehnung kann von Umlenkungen aufgenommen werden. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Befestigungen einen ausreichenden Abstand vom Bogen haben. Der notwendige Abstand der Befestigungen bei einer Umlenkung oder einem Abzweig kann berechnet werden. Dies wird im nachfolgenden Kapitel gezeigt.

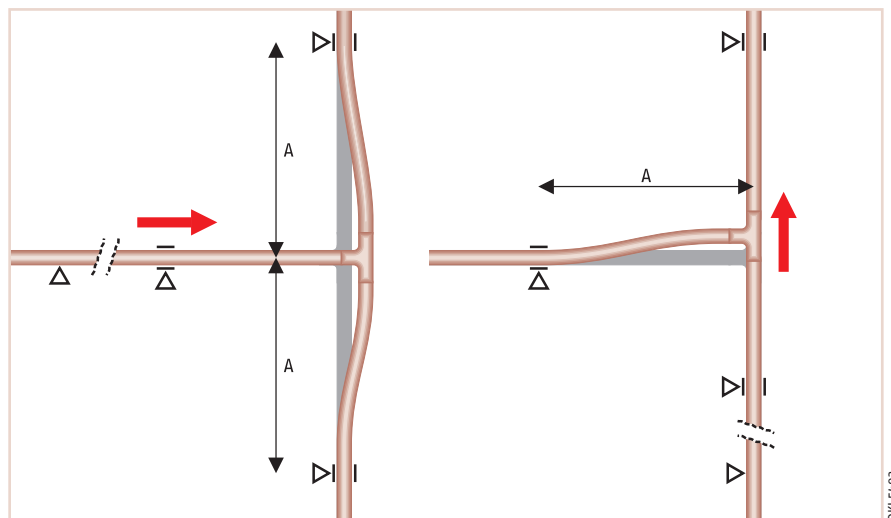
Abzweig

Die Dehnungsmöglichkeiten bei Abzweigen sind im Bild dargestellt. Hier ist ebenfalls auf einen ausreichenden Abstand der Befestigungen zu achten.



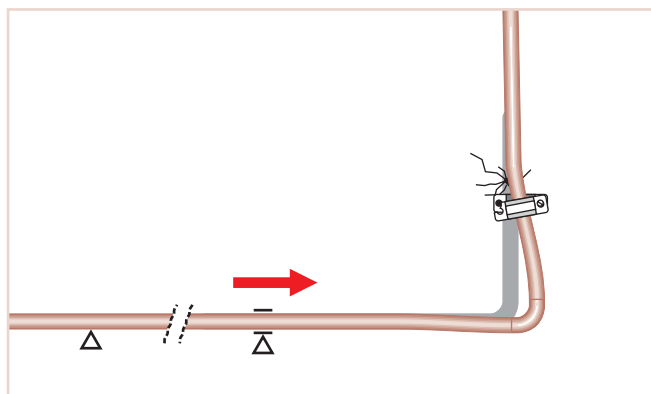
Dehnungsmöglichkeit einer Umlenkung (auf ausreichenden Schellenabstand A achten). In der Praxis treten die beiden Dehnungsmöglichkeiten gemeinsam auf.

DKI 5492



Dehnungsmöglichkeit eines Abzweiges (auf ausreichenden Schellenabstand A achten). In der Praxis treten die beiden Dehnungsmöglichkeiten gemeinsam auf.

DKI 5493

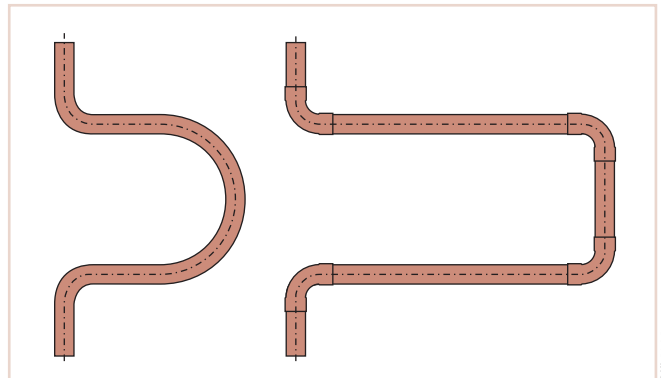


Hier ist die falsch gesetzte Schelle infolge der Wärmedehnung aus der Wand gerissen. Auch Lötstellen können sich lösen oder das Rohr bzw. das Fitting kann reißen.

DKI 5494

Dehnungsbögen

Dehnungsbögen werden bei langen, geraden Leitungsabschnitten eingesetzt, wenn größere Längenänderungen ausgeglichen werden müssen (z. B. Steigleitungen oder Leitungen in abgehängten Decken). Es gibt vorgefertigte Dehnungsbögen, man kann sie aber auch selbst herstellen. Dehnungsbögen müssen besonders berechnet werden; dies wird im nachfolgenden Kapitel gezeigt.



Dehnungsbogen: links ein vorgefertigter und rechts ein selbst hergestellter Dehnungsbogen

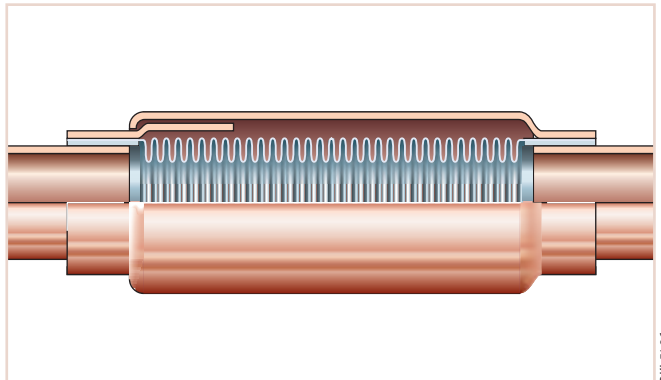
Kompensatoren

Die Dehnung bei langen, geraden Rohren von Steigleitungen oder Heizungsanlagen kann auch durch platzsparende Kompensatoren aufgenommen werden (Kompensator = Ausgleich).

Es gibt verschiedene Bauformen wie z. B. Metallbalg- oder Stopfbuchsenkompensatoren.

Wieviel Dehnung ein Kompensator aufnehmen kann, ist den Herstellerunterlagen zu entnehmen. Zusätzlich sind die Einbauvorschriften des Herstellers zu beachten.

Kompensatoren können einem Verschleiß unterliegen und müssen deshalb zugänglich bleiben, dürfen also nicht überbaut werden.

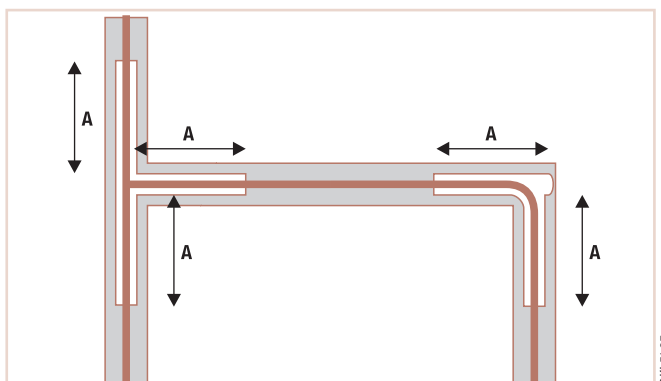


Metallbalgkompensator (auch Wellrohrkompensator genannt)

Dehnungsaufnahme bei Unter-Putz-Installation

Bei Unter-Putz-Installationen ist darauf zu achten, dass die Dehnungsstellen nicht fest eingeputzet werden. Unter-Putz sind Dehnungsmöglichkeiten durch Auspolstern mit elastischen Materialien zu schaffen.

Das Prinzip der Umpolsterung wird auch bei der Wärmedehnung von im Estrich verlegten Leitungen genutzt. Hier kann die Kunststoff-Ummantelung der Rohre eine gewisse Dehnung aufnehmen. Bei längeren, geraden Rohrleitungsstrecken – größer 5 m – werden die Bögen außen mit einem Polsterband versehen.



Umpolsterung von Unter-Putz-verlegten, warmgehenden Rohrleitungen. Die Länge der Umpolsterung A richtet sich nach der aufzunehmenden Dehnung.

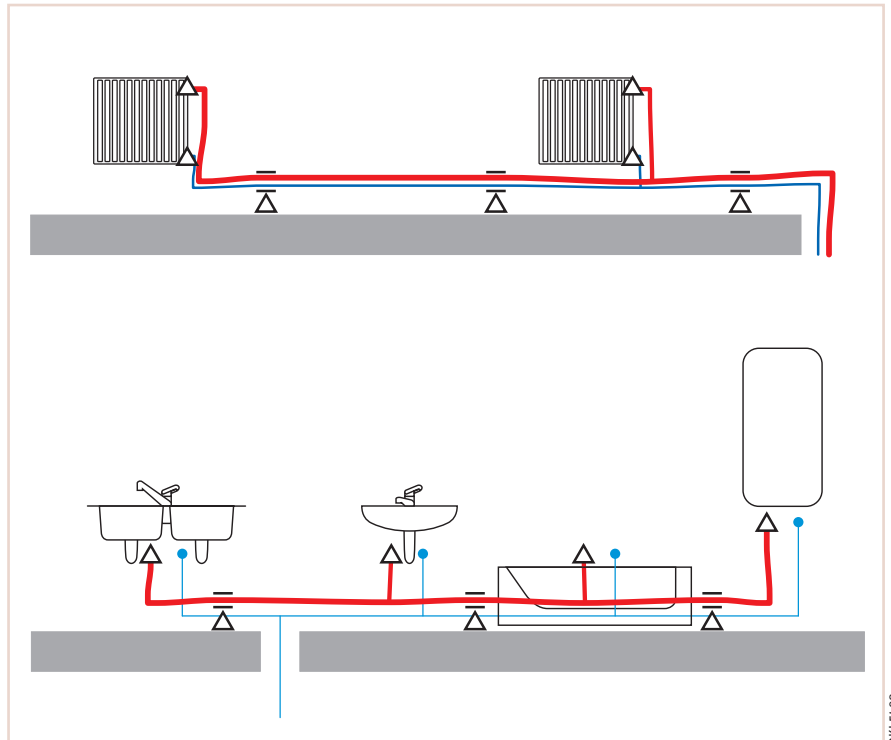


Bei den Stockwerksleitungen liegen im Rohrverlauf häufig Umlenkungen und Abzweige. Sie nehmen die Dehnungen der Rohrstücke, die dazwischen liegen, auf.

Bei langen geraden Rohrleitungsabschnitten (z. B. Steigleitungen) werden Dehnungsbögen oder Kompensatoren zur Aufnahme der Wärmedehnung eingesetzt.

Bei der Anordnung der Befestigungen muss immer auf einen ausreichenden Abstand von der Umlenkung bzw. vom Abzweig geachtet werden.

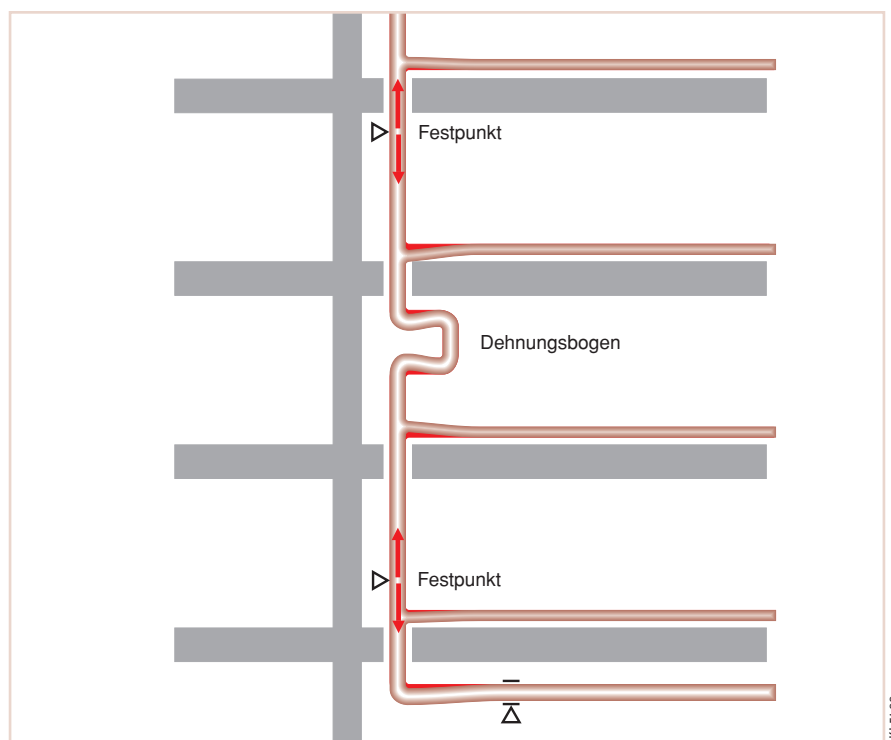
Die Abbildung oben zeigt, wie die Wärmedehnung bei Stockwerksleitungen aufgenommen wird.



Ausgleich der Wärmedehnung bei Stockwerksleitungen

DKI 15498

Die Abbildung unten zeigt ein Beispiel für die richtige Befestigung bei warmwasserführenden Steigleitungen. Bei höheren Häusern baut man in der Praxis für je 4-5 Etagen eine Dehnungsmöglichkeit ein.



Ausgleich der Wärmedehnung bei Steigleitungen

DKI 15499

4.8 Fachgerechte Bemessung von Dehnungsausgleichern

Der Mindestabstand A, den eine Befestigung von einer Umlenkung haben muss, richtet sich nach der **Längenänderung** des Rohres **und dem Rohrdurchmesser**.
Dicke Rohre brauchen größere Abstände als dünne.

Beispiel

Im Bild ist eine Heizungsleitung (Außendurchmesser 22 mm) dargestellt. Die Rohrlänge l sei 5 m.
Die maximale Betriebstemperatur ist 75°C, die Umgebungstemperatur während der Montage beträgt 15°C.

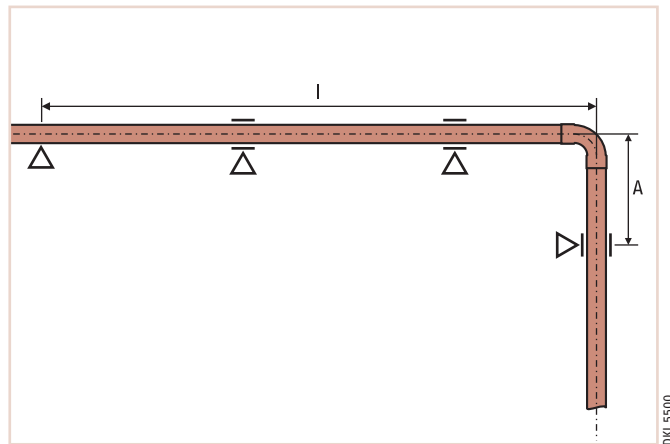
1. Ermittlung der Längenänderung:

Im Diagramm auf Seite 70 lesen wir für eine Länge von 5 m und einer Temperaturdifferenz $75^\circ - 15^\circ = 60\text{ K}$ eine Längenänderung von 6,5 mm ab.

2. Ermittlung des Abstandes A:

Jetzt gehen wir in die Tabelle rechts („Schenkellänge A“) in die Zeile für den Außendurchmesser 22 mm. Da die Längenänderung mehr als 5 mm beträgt, müssen wir in der Spalte bis 10 mm ablesen: Die Mindestschenkellänge A beträgt 910 mm.

Die Befestigung muss also einen Abstand vom Bogen von 910 mm haben.



Beispiel für die Ermittlung des Rohrschellenabstandes A

Die Bemessung eines Dehnungsboges richtet sich ebenfalls nach der **Längenänderung** des Rohres **und dem Rohrdurchmesser**.

Selbst hergestellte Dehnungsbogen werden – wie im Bild auf der rechten Seite dargestellt – mit dem Bestimmungsmaß R konstruiert.

Beispiel

Im Bild ist eine Steigleitung für erwärmtes Trinkwasser (Außendurchmesser 35 mm) über 4 Etagen dargestellt. Der Abstand der Festpunkte beträgt 10 m.
Die maximale Betriebstemperatur ist 60°C, die Umgebungstemperatur während der Montage beträgt 20°C.

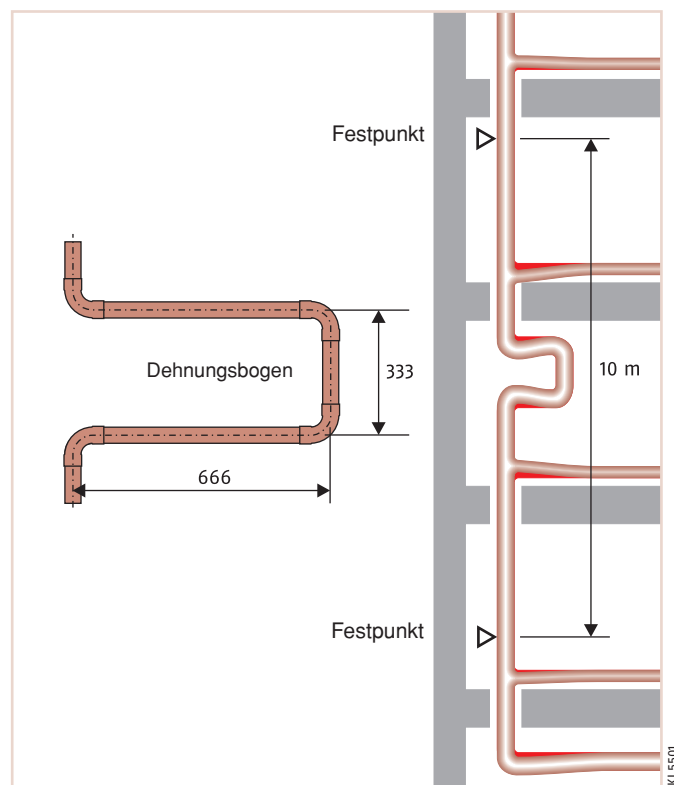
1. Ermittlung der Längenänderung:

Im Diagramm auf Seite 70 lesen wir für eine Länge von 10 m und einer Temperaturdifferenz $60^\circ - 20^\circ = 40\text{ K}$ eine Längenänderung von 7 mm ab.

2. Bemessung des Dehnungsbogens :

Jetzt gehen wir in die Tabelle rechts („Bestimmungsmaß R“) in die Zeile für den Außendurchmesser 35 mm und lesen für eine Längenänderung bis 12 mm den Wert für $R = 333\text{ mm}$ ab.

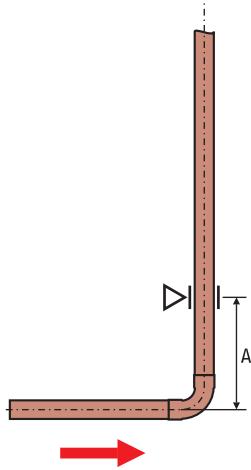
Der zu konstruierende Dehnungsbogen ist im Bild rechts dargestellt.



Beispiel für die Berechnung eines Dehnungsbogens

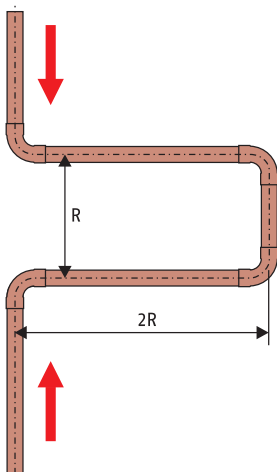
DKI 5502

Schenkellänge A in Abhängigkeit von Rohr- abmessung und Ausdehnung	Rohraußendurch- messer d_a in mm	Thermisch bedingte Rohrausdehnung Δl von ...			
		5 mm	10 mm	15 mm	20 mm
		Kompensierbar durch Mindestschenkellänge A (mm)			
	12	475	670	820	950
	15	530	750	920	1060
	18	580	820	1000	1160
	22	640	910	1110	1280
	28	725	1025	1250	1450
	35	810	1145	1400	1620
	42	890	1250	1540	1780
	54	1010	1420	1740	2010
	64	1095	1549	1897	2191
	76,1	1195	1689	2069	2389
	88,9	1291	1826	2236	2582
	108	1423	2012	2465	2846
	133	1579	2233	2735	3158
	159	1727	2442	2991	3453
	219	2026	2866	3510	4053
	267	2237	3164	3875	4475



DKI 5503

Bestimmungsmaß R von Dehnungsausgleichern in Abhängigkeit von Rohr- abmessung und Ausdehnung	Rohraußendurch- messer d_a in mm	Ermittelte Dehnungsaufnahme Δl (mm)							
		12	25	38	50	75	100	125	150
		Bestimmungsmaß R in mm							
	12	195	281	347	398	488	562	627	691
	15	218	315	387	445	548	649	709	772
	18	240	350	430	495	600	700	785	850
	22	263	382	468	540	660	764	850	930
	28	299	431	522	609	746	869	960	1056
	35	333	479	593	681	832	960	1072	1185
	42	366	528	647	744	912	1055	1178	1287
	54	414	599	736	845	1037	1194	1333	1463
	64	450	650	801	919	1126	1300	1453	1592
	76,1	491	709	874	1002	1228	1418	1585	1736
	88,9	531	766	944	1083	1327	1532	1713	1877
	108	585	844	1041	1194	1463	1689	1888	2068
	133	649	937	1155	1325	1623	1874	2095	2295
	159	710	1025	1263	1449	1775	2049	2291	2510
	219	833	1202	1482	1700	2083	2405	2689	2945
	267	920	1328	1637	1878	2300	2655	2969	3252



4.9 Kombination von Kupfer und Stahl in Trinkwasserinstallationen

Es kommt vor, dass Kupfer mit verzinkten Stahlrohren oder Trinkwassererwärmern aus Stahl zusammengebaut wird. Dabei muss eine besondere Vorsichtsmaßnahme ergriffen werden, damit der Stahl nicht zerstört wird.

Hier muss nach der folgenden Fließregel verlegt werden:



Kupfer in Fließrichtung des Wassers nach Stahl.

Es ist für den Installateur äußerst wichtig, die Fließregel einzuhalten. Wird die Fließregel nicht eingehalten und es entsteht ein Schaden an den stählernen Bauteilen, bleibt zunächst der Installationsbetrieb verantwortlich, selbst wenn der Schaden aus anderen Gründen entstand. Er muss das Vorliegen anderer Gründe beweisen, was nachträglich äußerst schwierig und kostspielig ist. In jedem Fall hat er Ärger mit Kunden, Gerichten und Versicherungen.

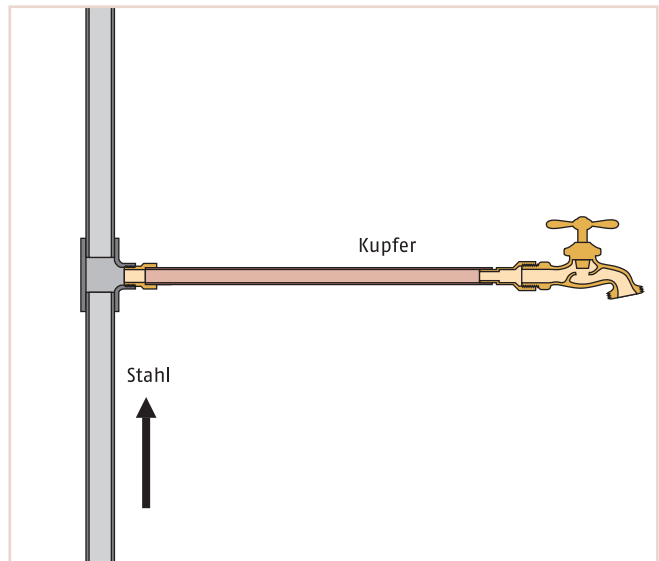
Trinkwasserrohrleitungen aus verzinktem Stahl sind vor allem bei Altbaumodernisierungen vorzufinden. Hier muss bei Reparaturen, Erweiterungen oder Teilsanierungen besonders auf die Einhaltung der Fließregel geachtet werden. Bei Neubauten tritt diese Situation normalerweise nicht auf, da zweckmäßigerweise das gesamte Leitungssystem aus Kupferrohr gebaut wird.

Kombination Kupfer-Edelstahl

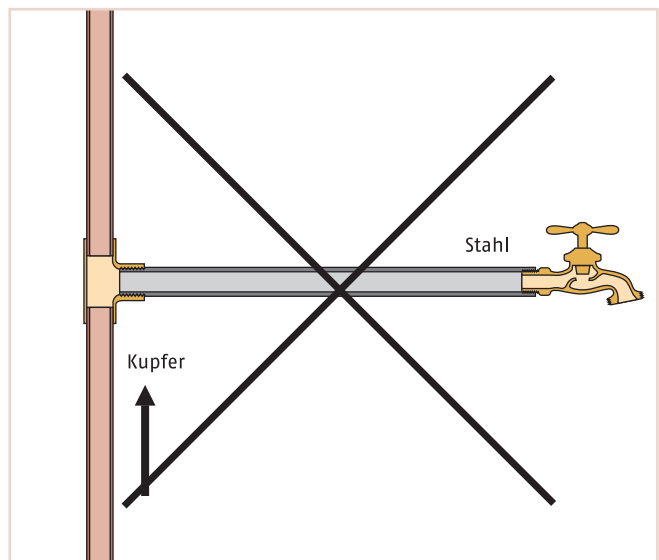
Die Kombination von Kupfer und Edelstahl ist ohne jegliche Einhaltung einer Fließregel möglich.



Wenn in Trinkwasserinstallationen Stahl und Kupfer in der falschen Reihenfolge kombiniert werden, nützt auch der Einbau eines Trennstückes (z. B. aus Kunststoff oder Rotguss) nichts. Die Fließregel muss immer eingehalten werden.



Richtig: Kupfer in Fließrichtung nach Stahl



Falsch: Stahl in Fließrichtung nach Kupfer

Trinkwassererwärmer und Trinkwasserspeicher aus Stahl werden in sehr vielen Installationen eingesetzt und können bei fachgerechter Installation problemlos mit Rohrnetzen aus Kupferrohr kombiniert werden.

Hierbei sind folgende Fälle zu betrachten:

Es wird zwischen Systemen ohne Zirkulationsleitung und Systemen mit Zirkulationsleitung unterschieden. (In einer Zirkulationsleitung wird durch eine Pumpe das erwärmte Wasser umgewälzt, damit die Nutzer beim Zapfen direkt warmes Wasser erhalten.)

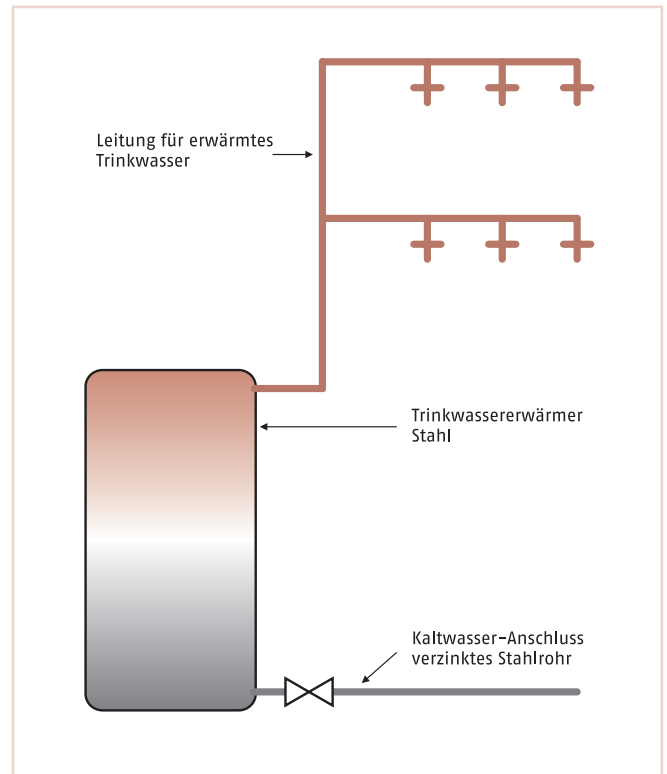
In Systemen ohne Zirkulationsleitung kann die Fließregel einfach eingehalten werden, wenn die Zuleitung zum Speicher in Stahl ausgeführt ist. Andernfalls muss der Speicher besonders geschützt werden (siehe unten).

In Systemen mit Zirkulationsleitung kann die Fließregel nicht eingehalten werden. Hier muss der Trinkwassererwärmer aus Stahl besonders geschützt werden. Trinkwassererwärmer aus Stahl sind fabrikmäßig auf verschiedene Weise geschützt:

Durch schützende Schichten, z. B. Emaillierung oder Kunststoffbeschichtungen. Zusätzlich oft durch sogenannte Opferanoden. Ein unedleres Metall als Stahl (z. B. Magnesium) wird im Trinkwassererwärmer befestigt. Dieses Metall opfert sich für den Stahl, d. h. es wird an seiner Stelle zerstört. Opferanoden müssen regelmäßig gewartet und am Ende ihrer Lebensdauer ausgetauscht werden.

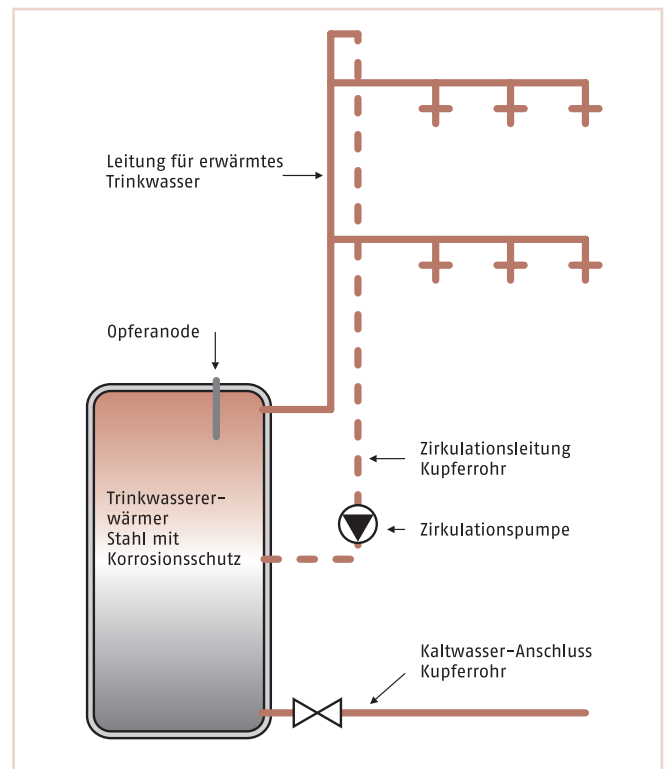
Bei derart geschützten Trinkwassererwärmern aus Stahl kann auch die Zuleitung aus Kupferrohr bestehen.

Trinkwassererwärmer aus korrosionsbeständigen Werkstoffen (z. B. Edelstahl) benötigen für den Zusammenbau mit Kupferrohr keinen besonderen Schutz.



Berücksichtigung der Fließregel bei der Anbindung von Trinkwassererwärmern (ohne Zirkulationsleitung)

DKI 15506



Berücksichtigung der Fließregel bei der Anbindung von Trinkwassererwärmern (mit Zirkulationsleitung)

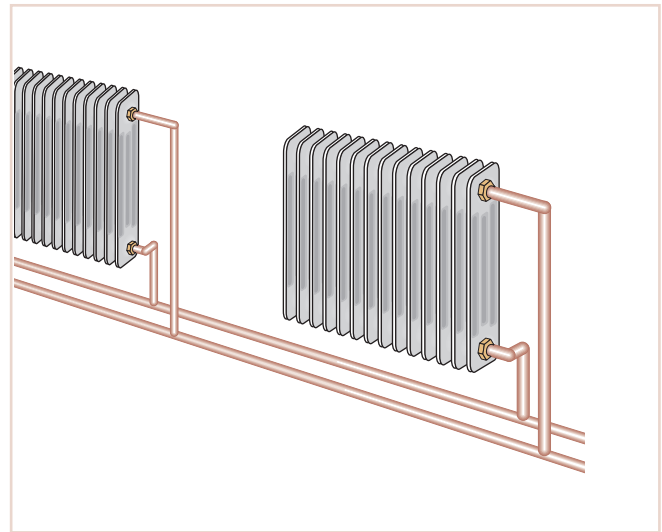
DKI 15507

4.10 Zusammenbau von Kupfer und Stahl in Heizungsinstallationen

Warmwasserheizungsanlagen werden heute nahezu ausschließlich als geschlossene Anlagen ausgeführt: In der Heizungsanlage wird ständig dasselbe Wasser umgewälzt und die Anlage ist gegen das Eindringen von Luft geschützt. Anfänglich vorhandener Sauerstoff im Wasser wird bei der Inbetriebnahme durch die Wärme ausgetrieben. Chemische Reaktionen, die zur Zerstörung eines Werkstoffes führen können, treten aber nur in Anwesenheit von Sauerstoff auf. Deshalb braucht bei Warmwasserheizungen die Fließregel nicht beachtet zu werden. Kupferrohre und Heizkörper aus Stahl können problemlos kombiniert werden.



Bei geschlossenen Heizungsanlagen braucht die Fließregel nicht befolgt zu werden.



Kupferrohre und Stahlheizkörper können in geschlossenen Heizungsanlagen problemlos kombiniert werden

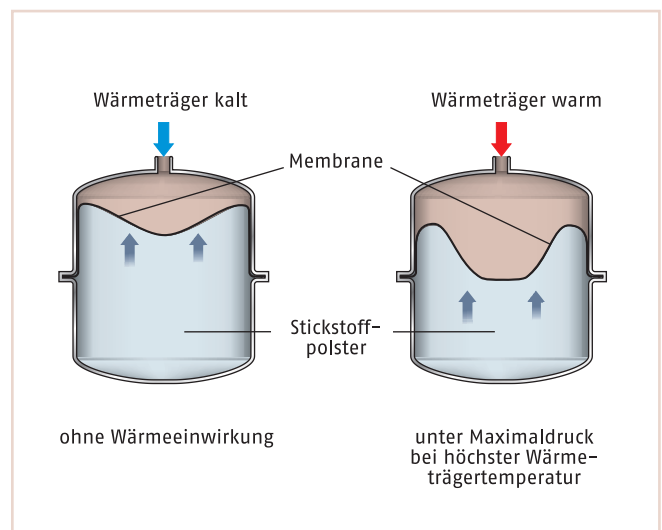
DKI 15508

Wasser dehnt sich bei Erwärmung aus und zieht sich bei Abkühlung wieder zusammen. Um diese Änderungen aufzunehmen, werden in Heizungsanlagen Ausdehnungsgefäße eingebaut.

Damit in das Heizwasser kein neuer Sauerstoff aus der Luft eindringen kann, wird es auch im Ausdehnungsgefäß gegen die Luft abgeschirmt. Als Ausdehnungsgefäße werden bei den meisten Heizungsanlagen geschlossene Membranausdehnungsgefäße eingesetzt. Diese sind in der Regel mit einer Füllung aus Stickstoff versehen. Der Luftsauerstoff kann nicht ins Heizwasser gelangen.



Membranausdehnungsgefäße müssen immer genügend groß ausgelegt werden.



Funktionsweise eines Membranausdehnungsgefäßes

DKI 15509



Für mit Heizwasser beaufschlagte Bauteile aus Aluminium (Heizkörper etc.) ist die gleichzeitige Anwesenheit von Kupfer und Kupferwerkstoffen nur dann unkritisch, wenn praktisch kein Sauerstoffzutritt ins Heizwasser erfolgen kann.

Nicht nur bezogen auf diesen Fall ist der Einsatz von Kunststoffen im Heizungsbau eher kritisch zu bewerten, da Sauerstoff durch Kunststoffe hindurch diffundieren und ins Heizwasser gelangen kann. So führt ständig anwesender Sauerstoff im Heizwasser unter anderem zu Flächenkorrosion an Stahlbauteilen. Hierdurch kommt es zu vermehrter Freisetzung von Korrosionsprodukten und in der Folge beispielsweise zur Verschlammung von Apparaten oder Rohrleitungen von Fußbodenheizungen.

Bei großen älteren Anlagen sind gelegentlich offene Ausdehnungsgefäße vorzufinden. Es handelt sich um nach oben offene Stahlbehälter mit einer Rohrleitungsverbindung an das Heizungsnetz, in denen sich der Wasserpegel je nach Temperatur des Heizungswassers ändert. Diese Ausdehnungsgefäße müssen sich am höchsten Punkt der Anlage befinden. Das Gefäß wird dabei stehend angeordnet, damit die Berührungsfläche des Wassers mit der Luft klein bleibt. So dringt kaum neuer Sauerstoff ins Heizwasser ein.

Bei offenen Ausdehnungsgefäßen muss die Heizungspumpe sehr genau eingestellt werden. Wenn der Druck der Heizungspumpe zu hoch ist, kann es zum ständigen Durchströmen des Ausdehnungsgefäßes und damit zu kontinuierlicher Sauerstoffaufnahme aus der Luft kommen.

4.11 Einsatz von Kupferrohren in der Solartechnik

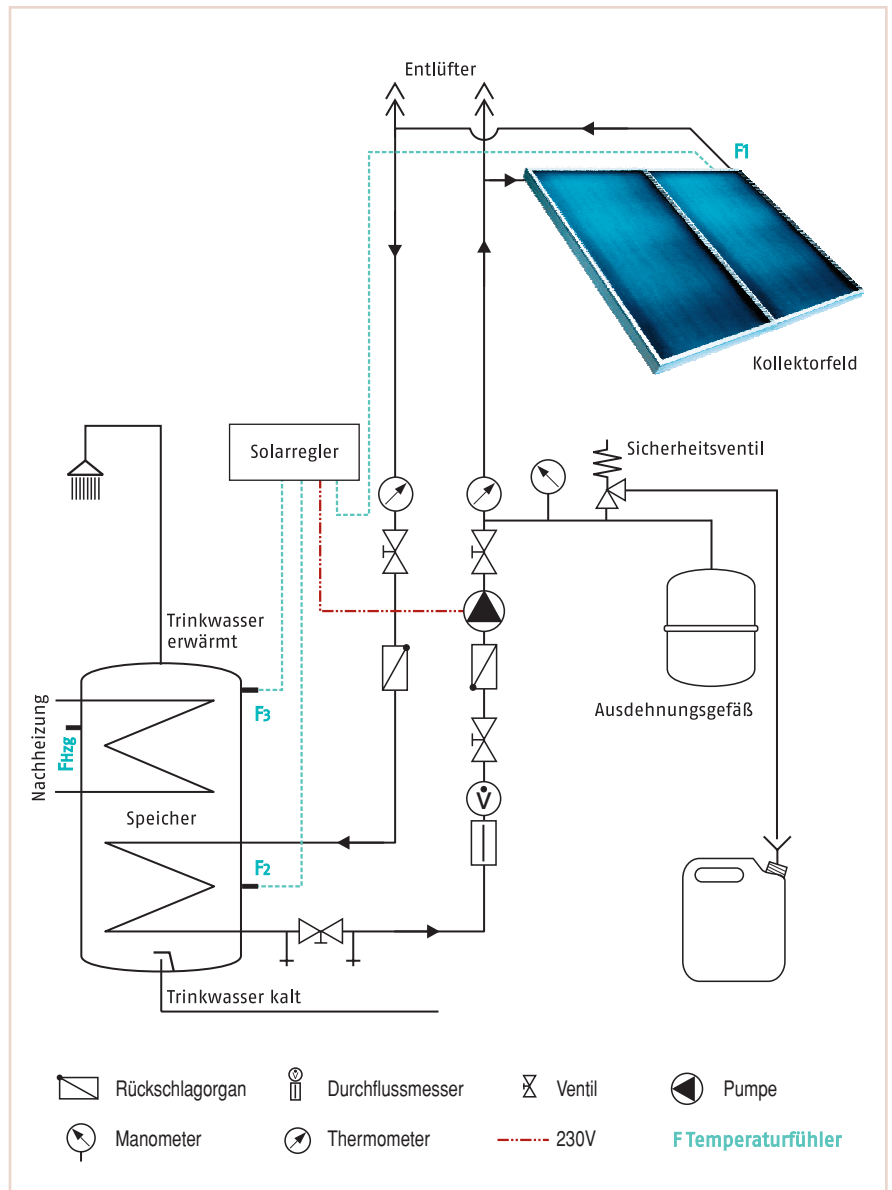
Für die Verrohrung von Solarkollektoren wird heute entweder Kupfer oder Edelstahlwellrohr eingesetzt. Für die Installation muss folgendes berücksichtigt werden: Solarkollektoren erreichen Stillstandstemperaturen von bis zu 200°C (Flachkollektoren) bzw. bis zu 300°C (Vakuumröhrenkollektoren). Ein Stillstand ist bei Solaranlagen ein zwar seltener, doch „normaler“ Betriebszustand, z. B. wenn an einem heißen Sommertag der Speicher bereits mittags auf Maximaltemperatur aufgewärmt ist.

Die hohen Temperaturen bei Solaranlagen müssen auch im Zusammenhang mit der Wärmedehnung der Rohrleitungen beachtet werden. Die Rohrleitungen werden in derselben Dämmstärke wie Heizungsleitungen wärme- gedämmt; die Dämmstoffe müssen dabei für die auftretenden Temperaturen geeignet sein.

Aufgrund der Einsatztemperaturen oberhalb von 110°C werden diese Rohrleitungen nicht weichgelötet. Als Verbindungstechnik wird somit in der Regel das Hartlöten gewählt (empfohlen werden die phosphorhaltigen Lote CP 105 oder CP 203). Weiterhin können Klemmringverbindungen oder spezielle Pressfittings mit hochtemperaturbeständigen Dichtelementen verwendet werden.

Wegen des im Winter notwendigen Frostschutzes wird der Solarkreislauf mit einem Gemisch aus Wasser und Glykol betrieben.

Wie bei Heizungsanlagen wird auch bei Solaranlagen ein Membranausdehnungsgefäß zur Aufnahme der temperaturbedingten Ausdehnung des Wasser-Glykol-Gemisches eingesetzt. Es muss nicht nur die Ausdehnung des Wärmeträgermediums aufnehmen, sondern auch für den Fall der Dampfbildung bei Stillstandstemperatur ausgelegt sein. Der Dampf kann sich bei fortwährender Sonneneinstrahlung nicht nur im Kollektor, sondern auch entlang der Rohrleitungen ausbreiten. Bei einem zu klein dimensionierten Ausdehnungsgefäß würde sich das Sicherheitsventil öffnen und die Anlage müsste neu befüllt werden. Deshalb: Das Ausdehnungsgefäß darf nicht zu klein gewählt werden.



Schaltbild einer typischen Solaranlage (z. B. für ein Einfamilienhaus). Der Regler setzt die Pumpe in Betrieb, wenn die Temperatur am Fühler 1 um ca. 8 Grad höher ist als am Fühler 2, und schaltet die Pumpe aus, wenn dieser Temperaturunterschied auf ca. 4 Grad absinkt. Durch den Fühler F 3 kann die Maximaltemperatur des Speichers begrenzt werden. Über den Fühler F_{HZG} erkennt die konventionelle Heizung, dass nachgeheizt werden muss.



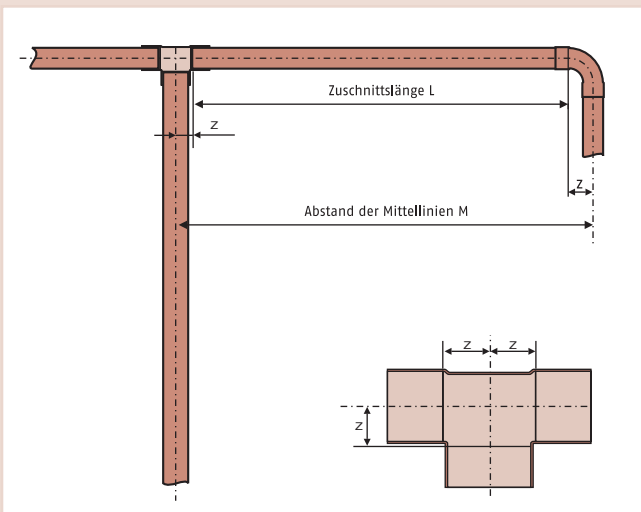
Solarkollektoren und Rohrleitungen aus Kupfer haben eine sehr hohe Lebensdauer von vielen Jahrzehnten. Erforderlich ist neben einer fachgerechten Installation jedoch immer eine korrekte Dimensionierung der Größe von Kollektorfeld und Speicher sowie ein zuverlässiger und richtig eingestellter Regler. Führen Sie die Installation von Solaranlagen immer besonders gewissenhaft aus und machen Sie sich fachkundig. Da bei vielen Solaranlagen die Nachheizung des Wassers automatisch durch den Heizkessel erfolgt, werden Fehlfunktionen der Solaranlage vom Nutzer später oftmals nicht bemerkt.

Aufgaben

1. Berechnen Sie für folgende Installation die Zuschnittslänge L nach der Z-Maß Methode. Der Abstand der Mittellinien beträgt 2500 mm.

L =

Z-Maße: Bogen: $Z = 26,4 \text{ mm}$
T-Stück: $Z = 15,0 \text{ mm}$



DKI 5511

2. Warum werden warmgehende Rohrleitungen wärmegeklämt?

- Zur Vermeidung von Tauwasserbildung
- Weil dies gesetzlich vorgeschrieben ist
- Zur Verringerung von Energieverlusten und somit zur Energieeinsparung

3. Wann kommt es bei Rohrleitungen zur Tauwasserbildung?

- Im Winter
- Bei kalter Rohroberfläche, warmer Umgebungsluft und hoher Luftfeuchtigkeit
- Bei warmer Rohroberfläche, kalter Umgebungsluft und hoher Luftfeuchtigkeit

4. Warum müssen Befestigungsschellen immer eine Dämmeinlage haben?

- Zur Schallentkopplung
- Wegen der Wärmedehnung

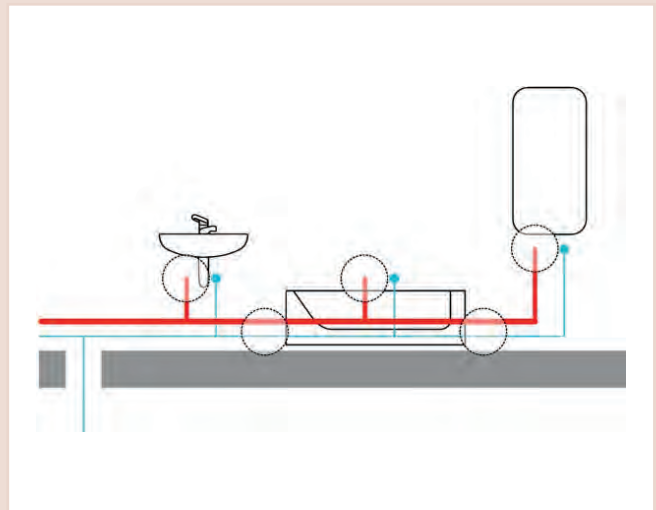
5. Bezeichnen Sie die Symbole mit den richtigen Begriffen Festpunkt bzw. Gleitführung!

.....

.....

DKI 5512

6. Kreuzen Sie die Kästchen an, die für die Warmwasserleitung einen Festpunkt darstellen!



DKI 5513 B

7. Wovon hängt das Ausmaß der Wärmedehnung einer Rohrleitung ab?

- Vom Werkstoff (Ausdehnungskoeffizient)
- Vom Durchmesser der Rohrleitung
- Von der Länge der Rohrleitung
- Von der Temperaturdifferenz (maximale – minimale Betriebstemperatur)

8. Eine Heizungsverteilung (Kupferrohr, 42 x 1,5 mm) verläuft im Keller über 20 m. Die maximale Betriebstemperatur ist 75°C, die Temperatur bei der Montage beträgt 15°C. (Benutzen Sie zur Beantwortung das Diagramm auf S. 70).

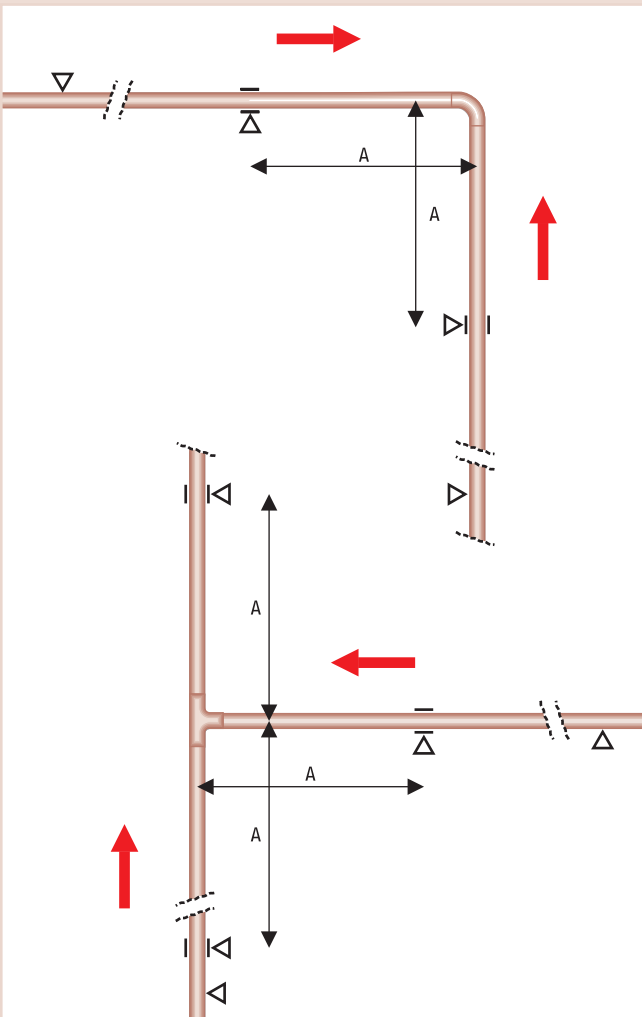
Wie hoch ist die Temperaturdifferenz?

.....

Wieviel mm beträgt die Längenänderung?

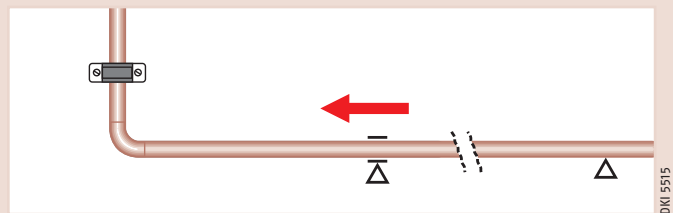
.....

9. Zeichnen Sie durch eine gestrichelte Linie ein, wie die dargestellte Umlenkung und der Abzweig die Wärmedehnung aufnehmen:



10. Welche Gefahren bestehen bei der hier gezeigten Installation, wenn sich die Rohrleitung in Pfeilrichtung ausdehnt?

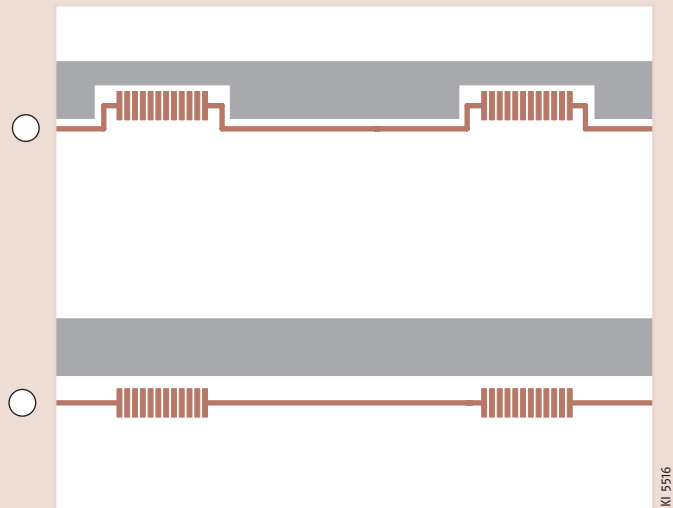
- Es besteht keine Gefahr, die Umlenkung nimmt die Dehnung auf
- Die Schelle kann ausreißen
- Es kann zur Rissbildung im Rohr oder Fitting kommen



11. Welcher Satz ist richtig?

- Zwei Festpunkte dürfen aufeinander folgen
- Nach einem Festpunkt muss immer eine Dehnungsmöglichkeit kommen

12. Bei welcher der beiden Heizungsinstallationen fehlen die Dehnungsmöglichkeiten?



Aufgaben

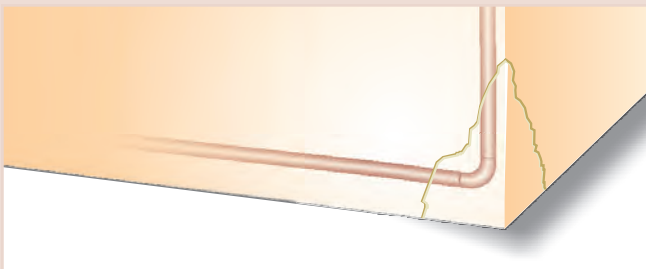
13. Welche Maßnahmen werden bei Stockwerksleitungen genutzt, um die Wärmedehnung aufzunehmen?

- Nutzung von Heizkörpern, Boilern und Armaturen als Festpunkte
- Ausreichender Abstand der Befestigungen von Umlenkungen und Abzweigen, so dass die Wärmedehnung keinen Schaden anrichtet.

14. Welche Maßnahmen werden bei langen, geraden Rohrleitungen genutzt, um die Wärmedehnung aufzunehmen?

- Einsatz von Dehnungsbögen oder Kompensatoren
- Anordnung von Festpunkten in jeder Etage

15. Ein Kunde bemängelt den im Bild dargestellten Schaden: Was kann die Ursache sein?



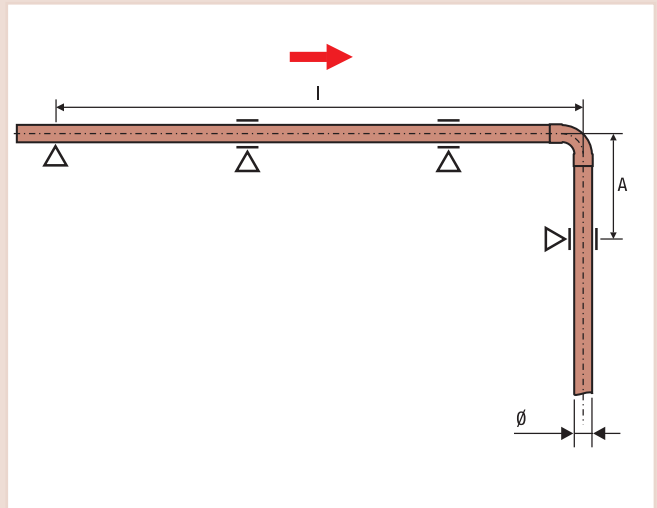
- Die Wand wurde zu warm
- Eine unter Putz verlegte warmgehende Rohrleitung wurde nicht ausreichend umpolstert

16. Welcher Werkstoff dehnt sich bei Erwärmung am stärksten aus?

- Kupfer
- Stahl
- Kunststoff

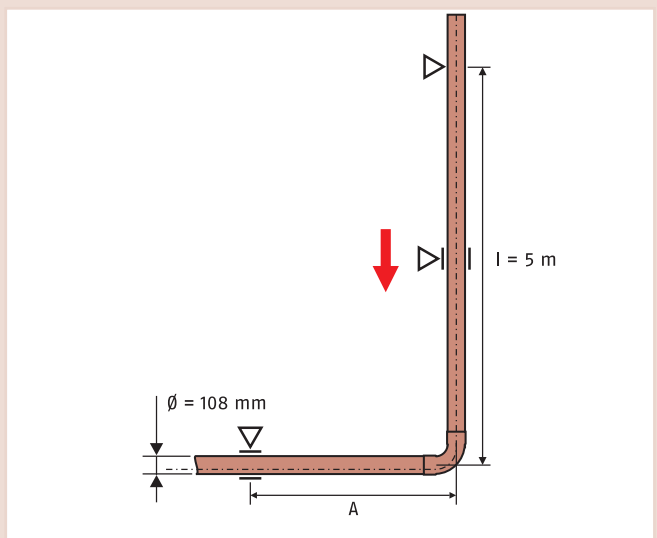
17. Bestimmen Sie aus der Tabelle auf S. 75 die Schenkellänge A für folgende Fälle :

∅ 15 mm, Ausdehnung bis 5 mm	A =
∅ 18 mm, Ausdehnung bis 10 mm	A =
∅ 28 mm, Ausdehnung bis 5 mm	A =
∅ 54 mm, Ausdehnung bis 10 mm	A =
∅ 108 mm, Ausdehnung bis 15 mm	A =



18. Bestimmen Sie den richtigen Abstand A für folgende Installation (Die Temperaturdifferenz beträgt 60 Grad):

A = mm

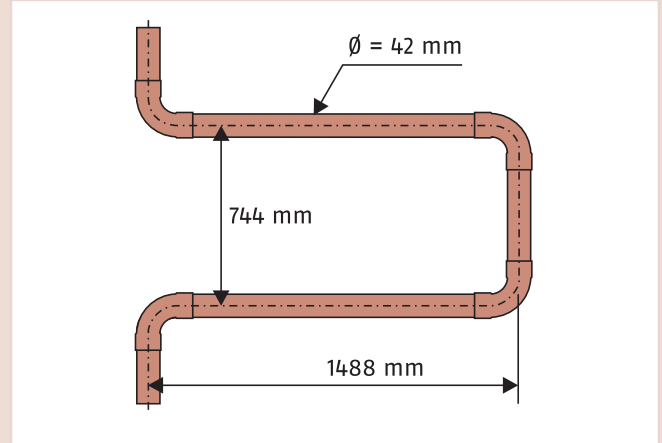


19. Welche Längenänderung kann der rechts dargestellte Dehnungsbogen aufnehmen?
(Benutzen Sie die Tabelle auf S. 75)

Ermittelte Dehnungsaufnahme Δl : mm

20. Welches Bauteil kann eingesetzt werden, um die Längenänderung bei Steigleitungen auszugleichen, wenn kein Dehnungsbogen verwendet werden soll?

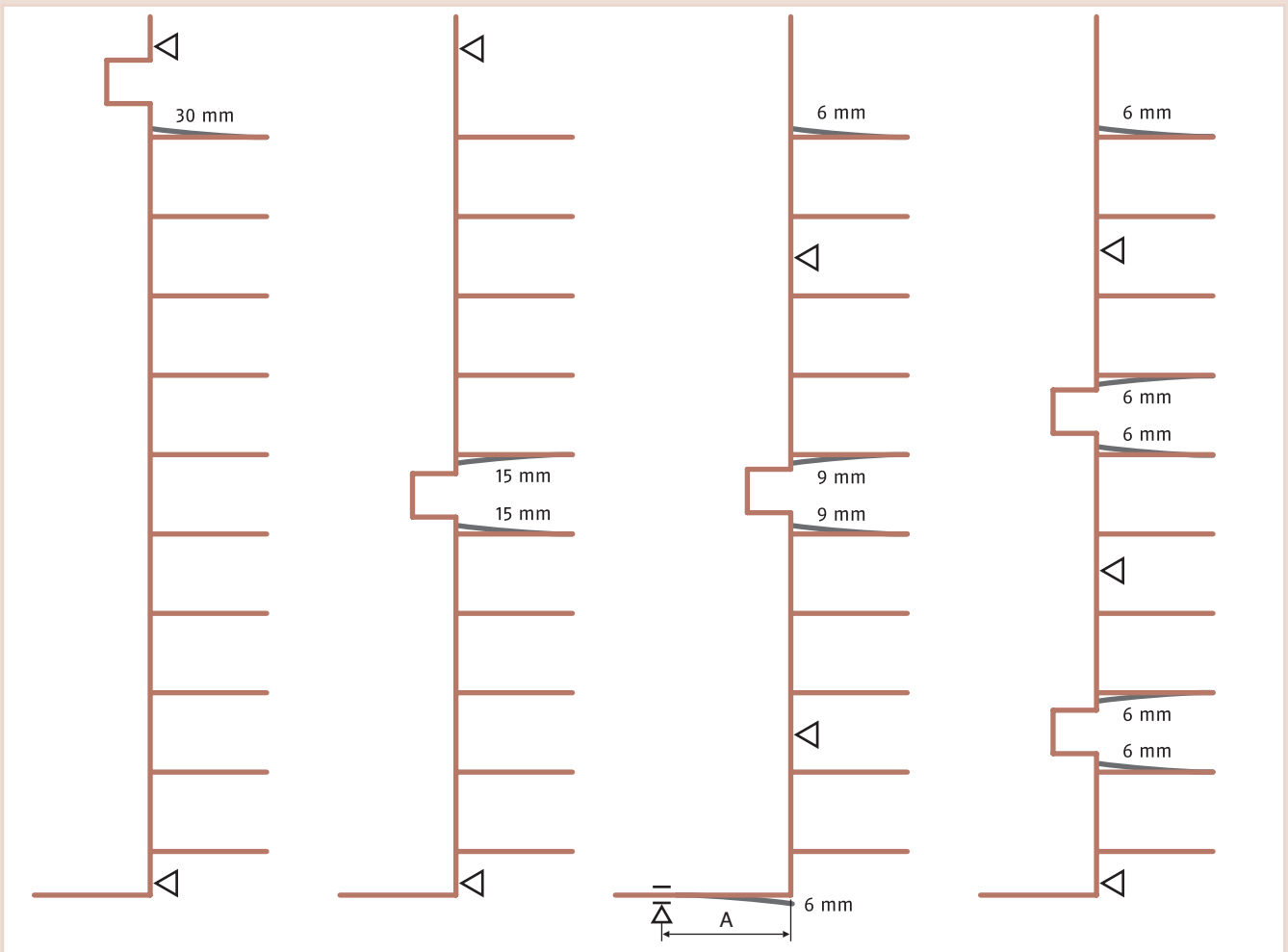
.....



DKI 5520

21. Kennzeichnen Sie die beiden Skizzen mit einem Kreuz, bei denen Festpunkte und Dehnungsmöglichkeiten am besten verteilt sind:

-



DKI 5521

Aufgaben

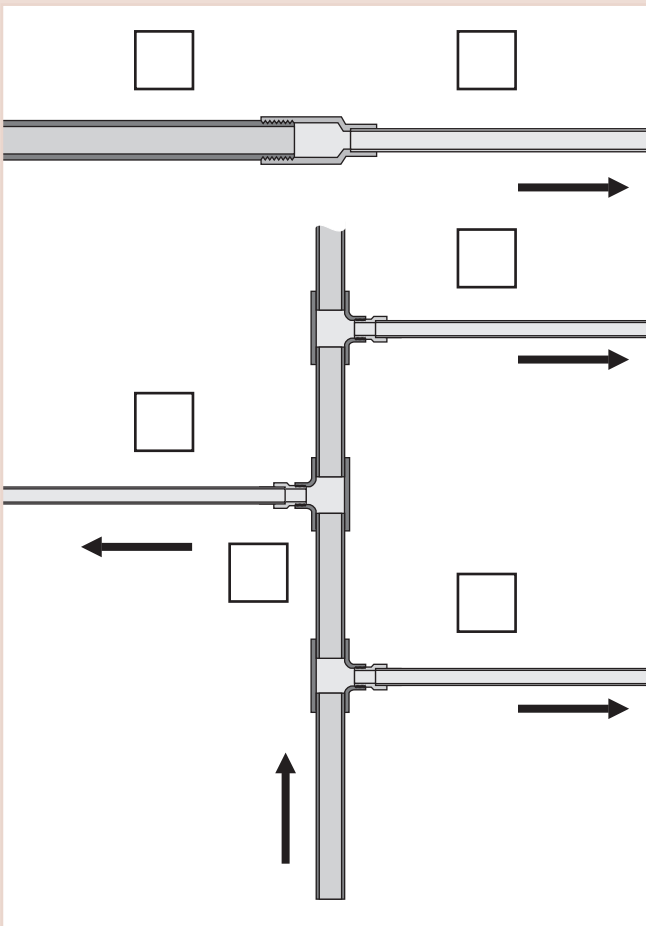
22. Wie lautet die Fließregel?

.....

23. In welchen Fällen muss nach der Fließregel verlegt werden?

- Warmwasserzentralheizung
- Trinkwasserleitung, kalt
- Gasinstallation
- Leitung für erwärmtes Trinkwasser

24. Kennzeichnen Sie die Rohrteile mit Cu (Kupfer) bzw. St (Stahl), wenn Sie annehmen, dass hier nach der Fließregel verlegt wurde (Die Pfeile geben die Fließrichtung an).



DKI 15522

25. Weshalb muss ein Trinkwassererwärmer aus Stahl, an den sich eine Zirkulationsleitung aus Kupfer anschliesst, geschützt werden?

- Damit das Kupferrohr nicht zerstört wird
- Damit der Trinkwassererwärmer aus Stahl nicht zerstört wird
- Damit die Fließregel eingehalten wird

26. Welche Funktion hat ein Magnesiumstab in einem Trinkwassererwärmer?

- Desinfektion
- Erhöhung der Trinkwasserqualität durch Anreicherung mit Mineralien
- Opferanode

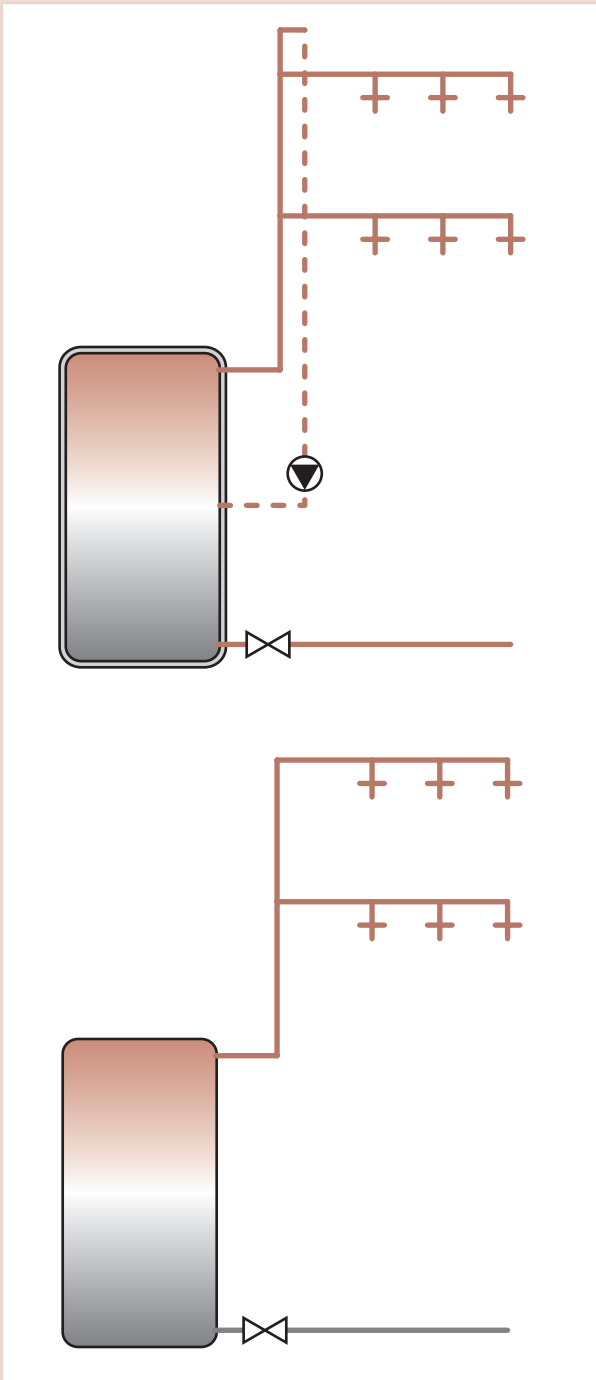
27. Nennen Sie zwei Beispiele für schützende Beschichtungen eines Trinkwasserspeichers:

.....

28. Nennen Sie einen Werkstoff, aus dem ein Trinkwassererwärmer bestehen kann, damit Schutzmaßnahmen auch dann nicht notwendig sind, wenn die Fließregel nicht eingehalten wird:

.....

29. In welcher der folgenden Installationen (jeweils mit Trinkwassererwärmer aus Stahl) wird die Fließregel eingehalten?



30. Warum können in geschlossenen Heizungsanlagen Stahlheizkörper und Kupferrohre problemlos kombiniert werden?

- Weil die Fließregel eingehalten wird
- Weil kein neuer Sauerstoff ins Heizungswasser gelangt

31. Welche Funktion hat ein Membranausdehnungsgefäß?

- Die Membran verhindert, dass Sauerstoff ins Heizungswasser gelangt
- Das Membranausdehnungsgefäß nimmt die Ausdehnung des Wassers bei Erwärmung auf
- Das Membranausdehnungsgefäß verhindert, dass Stickstoff ins Heizungswasser gelangt

32. Beschreiben Sie, was passiert, wenn das Ausdehnungsgefäß einer Heizungs- oder Solaranlage zu klein gewählt wurde:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anhang

Nützliche Adressen

- **Deutsches Kupferinstitut**
Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen
Kostenlose Beratung
zu allen Fragen rund um Kupfer

Heinrichstraße 24
D 40239 Düsseldorf
Telefon: 0211 239469-0
Telefax: 0211 239469-10
info@kupferinstitut.de
www.kupferinstitut.de

- **Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches**
(DVGW)
Josef-Wirmer-Str. 1-3
D 53123 Bonn
Telefon: (02 28) 91 88 5
Telefax: (02 28) 91 88 990
info@dvgw.de
www.dvgw.de

- **Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK)**
Dachverband für das
 - *Installateur- und Heizungsbauerhandwerk*
 - *Klempnerhandwerk*
 - *Behälter- und Apparatebauhandwerk*
 - *Ofen- und Lüftungsbauerhandwerk*Rathausallee 6
D 53757 St. Augustin
Telefon: (0 22 41) 9 29 90
Telefax: (0 22 41) 2 13 51
info@zentralverband-shk.de
www.zvshk.de

- **Bundesindustrieverband**
Technische Gebäudeausrüstung e.V. (BTGA)
Dachverband anlagenerstellender Unternehmen,
Groß- und mittelständische Betriebe
Hinter Hoben 149
D 53129 Bonn
Telefon: (02 28) 9 49 17-0
Telefax: (02 28) 9 49 17-17
info@btga.de
www.btga.de

Technische Daten

Eigenschaften	Wert
Dichte	8,93 g/cm ³
Wärmeleitfähigkeit bei 20°C	293–364 W/(m · K)
Ausdehnungskoeffizient	0,017 mm/(m · K)
Schmelzpunkt	1083°C
elektrische Leitfähigkeit bei 20°C	41 – 52 m/Ω · mm ²

Werkstoffeigenschaften von sauerstofffreiem Kupfer (Cu-DHP)

Lötverfahren	Betriebstemperatur °C	Betriebsüberdruck in bar für Rohraußendurchmesser ² (mm)		
		6 bis 28	35 bis 54	64 bis 108
Weichlöten/Hartlöten	30	25	25	16
	65	25	16	16
	110	16	10	10

Zulässige Betriebsdrücke für Kupferrohrleitungen in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur bei Verwendung von Fittings nach DIN EN 1254-1

Die Wahl des Lötverfahrens ist abhängig vom Anwendungsbereich und den geltenden Vorschriften. Die Verwendbarkeit von Löt fittings bei höheren Innendrücken und/oder Temperaturen ist ggf. möglich und kann unter Angabe der genauen Betriebsbedingungen beim jeweiligen Hersteller erfragt werden.

Abmessungsreihen von Kupferrohr

Gas- und Trinkwasser-Installation mit DVGW-Prüfzeichen nach Arbeitsblatt GW 392				Andere Anwendungen (z. B. Heizung)
Stangen			Ringe	Ringe
Durchmesser x Wanddicke in mm				
12 x 1	42 x 1,2	133 x 3	12 x 1	12 x 0,7
15 x 1	54 x 1,5	159 x 3	15 x 1	14 x 0,8
18 x 1	64 x 2	219 x 3	18 x 1	
22 x 1	76,1 x 2	267 x 3	22 x 1	
28 x 1	88,9 x 2			
35 x 1,2	108 x 2,5			

Wesentliche Abmessungen von Kupferrohren nach DIN EN L-Gütezeichen für die Gas- und Trinkwasser-Installation und für andere Anwendungen (z. B. Heizung)

**Rohre vom Ring sind jeweils blank, vorummantelt oder wärme-
gedämmt erhältlich
Stangenrohre 12 - 54 mm sind außerdem mit Wärmedämmung
100% EnEV erhältlich**

Lote und Flussmittel

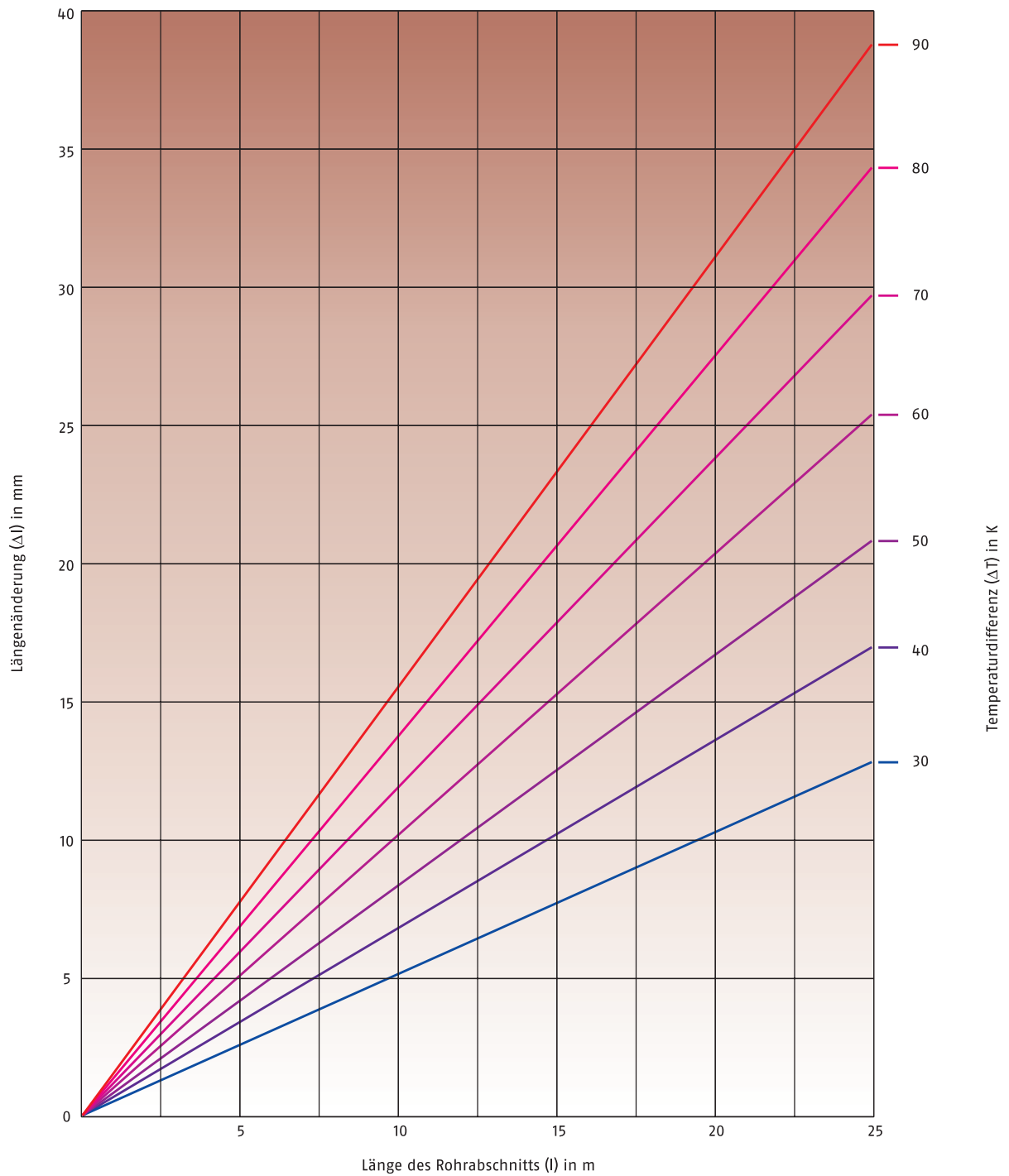
Kurzbezeichnung des Lotes	Frühere Bezeichnung	Schmelzbereich (°C)	Flussmitteltyp	Frühere Bezeichnung	Wirkbereich
402	S-Sn97Cu3	221-230	3.1.1	F-SW21	150-400°C
702	S-Sn97Ag3	230-250	3.1.2	F-SW22	
			2.1.2	F-SW25	

Weichlote (nach DIN EN ISO 9453) und Flussmittel (nach DIN EN ISO 9454)

Kurzbezeichnung des Lotes	Frühere Bezeichnung	Schmelzbereich (°C)	Flussmitteltyp	Frühere Bezeichnung	Wirkbereich
CP 203	L-CuP6	710-890	FH 10	F-SH1	500-800°C
CP 105	L-Ag2P	645-825			
AG 106	L-Ag34Sn	630-730			
AG 104	L-Ag45Sn	640-680			
AG 203	L-Ag44	675-735			

Hartlote (nach DIN EN 1044) und Flussmittel nach (DIN EN 1045)

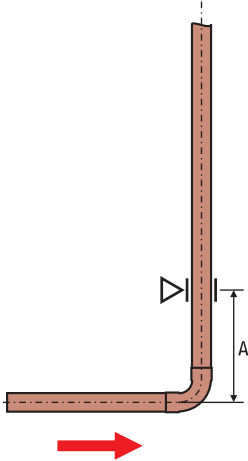
Längendehnung von Kupferrohren durch Temperaturerhöhung



$$\Delta l = a \cdot \Delta T \cdot l$$

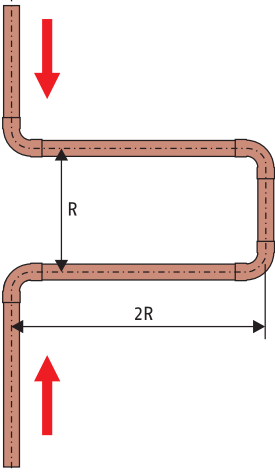
$$\Delta l = 0,017 \text{ (mm/(m} \cdot \text{K))} \cdot \Delta T \cdot l$$

Schenkellänge A in Abhängigkeit von Rohrabmessung und Ausdehnung

Schenkellänge A in Abhängigkeit von Rohrabmessung und Ausdehnung	Rohraußendurchmesser d_a in mm	Thermisch bedingte Rohrausdehnung Δl von ...			
		5 mm	10 mm	15 mm	20 mm
		Kompensierbar durch Mindestschenkellänge A (mm)			
	12	475	670	820	950
	15	530	750	920	1060
	18	580	820	1000	1160
	22	640	910	1110	1280
	28	725	1025	1250	1450
	35	810	1145	1400	1620
	42	890	1250	1540	1780
	54	1010	1420	1740	2010
	64	1095	1549	1897	2191
	76,1	1195	1689	2069	2389
	88,9	1291	1826	2236	2582
	108	1423	2012	2465	2846
	133	1579	2233	2735	3158
	159	1727	2442	2991	3453
	219	2026	2866	3510	4053
	267	2237	3164	3875	4475

DKI 5525

Bemessung von Dehnungsbogen

Bestimmungsmaß R von Dehnungsausgleichern in Abhängigkeit von Rohr-abmessung und Ausdehnung	Rohraußendurchmesser d_a in mm	Ermittelte Dehnungsaufnahme Δl (mm)							
		12	25	38	50	75	100	125	150
		Bestimmungsmaß R in mm							
	12	195	281	347	398	488	562	627	691
	15	218	315	387	445	548	649	709	772
	18	240	350	430	495	600	700	785	850
	22	263	382	468	540	660	764	850	930
	28	299	431	522	609	746	869	960	1056
	35	333	479	593	681	832	960	1072	1185
	42	366	528	647	744	912	1055	1178	1287
	54	414	599	736	845	1037	1194	1333	1463
	64	450	650	801	919	1126	1300	1453	1592
	76,1	491	709	874	1002	1228	1418	1585	1736
	88,9	531	766	944	1083	1327	1532	1713	1877
	108	585	844	1041	1194	1463	1689	1888	2068
	133	649	937	1155	1325	1623	1874	2095	2295
	159	710	1025	1263	1449	1775	2049	2291	2510
	219	833	1202	1482	1700	2083	2405	2689	2945
	267	920	1328	1637	1878	2300	2655	2969	3252

DKI/5526

Platz für Ihre Notizen

kupfer_



Gütegemeinschaft
Kupferrohr e.V.

Herausgeber:
Kupferverband e.V.
Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V.

Emanuel-Leutze-Straße 11
40547 Düsseldorf

Tel. +49 211 239469-0
Fax: +49 211 239469-10

info@kupfer.de
www.kupfer.de