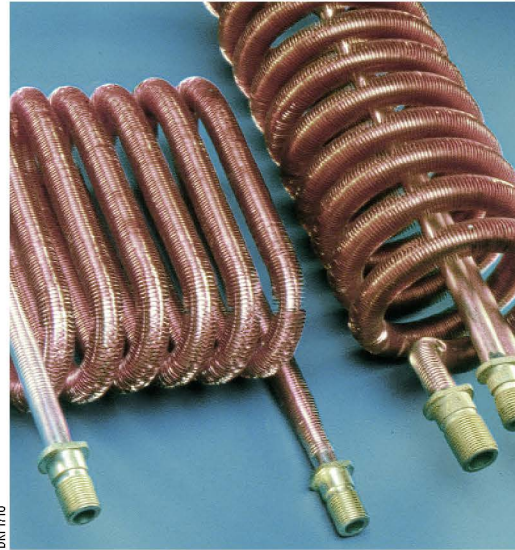
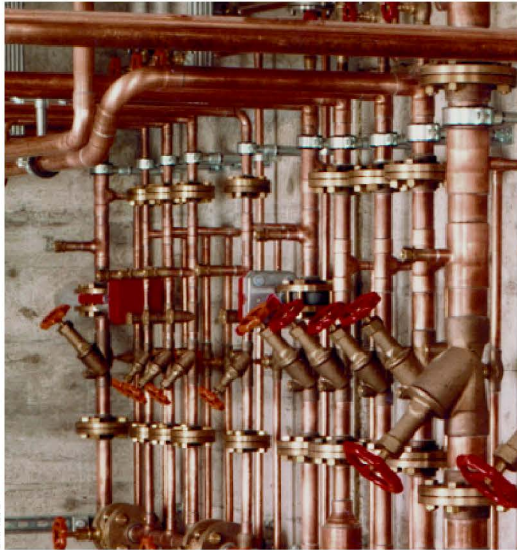


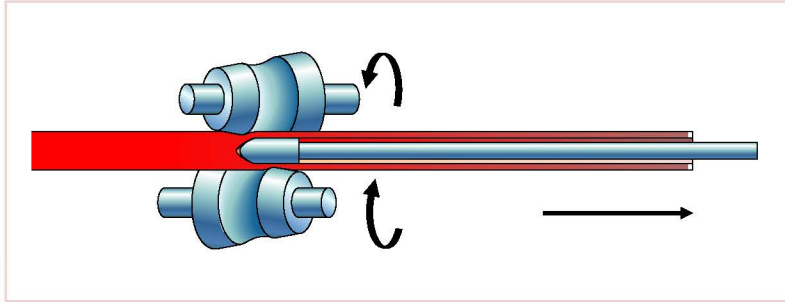
Eigenschaften von Kupfer



- Kupfer ist gut verformbar
- Kupfer ist ein guter Wärmeleiter
- Kupfer hat eine hohe Lebensdauer
- Kupfer ist hygienisch einwandfrei
- Kupfer kann ohne Qualitätsverlust recycelt werden

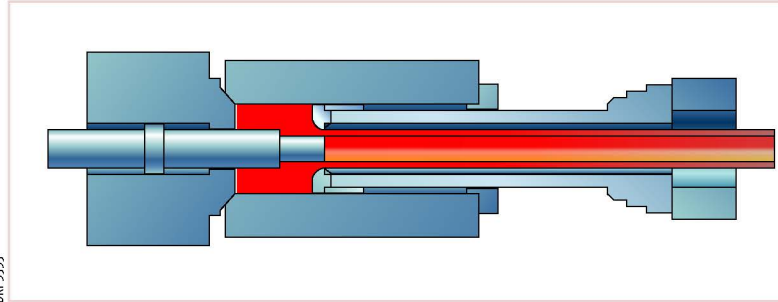


Herstellung von Kupferrohren



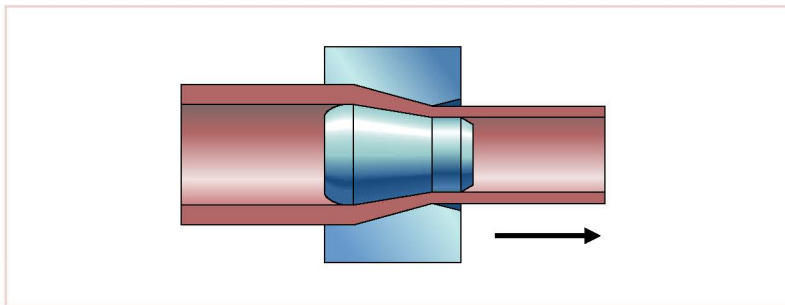
DKI 5352

Warmsträgwalzen



DKI 5353

Warmpressen



DKI 5354

Kaltziehen mit fliegendem Dorn






Erhöhung der Festigkeit durch Kaltverformung

Verminderung der Festigkeit durch Glühen

Festigkeitsstufen:

- weich (Ringe)
- halbhart (Stangen)
- hart (Stangen)

Kupferrohre – Vorteile und Anwendung

Rohrwerkstoffe	 Trinkwasser	 Gas- und Flüssiggas	 Heizöl	 Heizung	 Solartechnik	Betriebswasser aus Regenwassernutzung
Kupferrohr	•	•	•	•	•	•
Verzinkter Stahl	•	•	•			
Schwarzer Stahl		•	•	•	•	
Edelstahl	•	•*	•*	•	•	•
PE-X (VPE)	•			•		•
PVC	•					•
Verbundrohr	•			•		•

* für Pressverbinder besonderer Eignungsnachweis erforderlich

- Kupferrohre können in allen Gebieten der Installationstechnik angewendet werden
- Kupferrohre haben eine hohe Lebensdauer
- Kupferrohre halten sehr hohem Druck stand
- In Kupferrohren strömen Flüssigkeiten gut
- Wasserleitungen aus Kupfer inkrustieren nicht

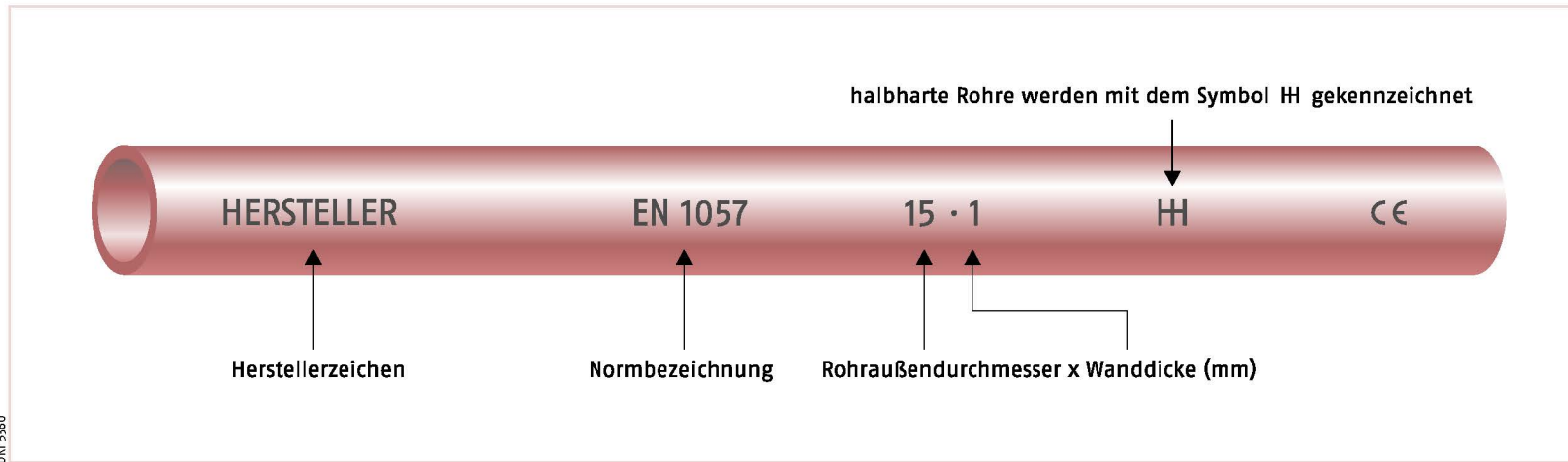
Lieferformen von Kupferrohr

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

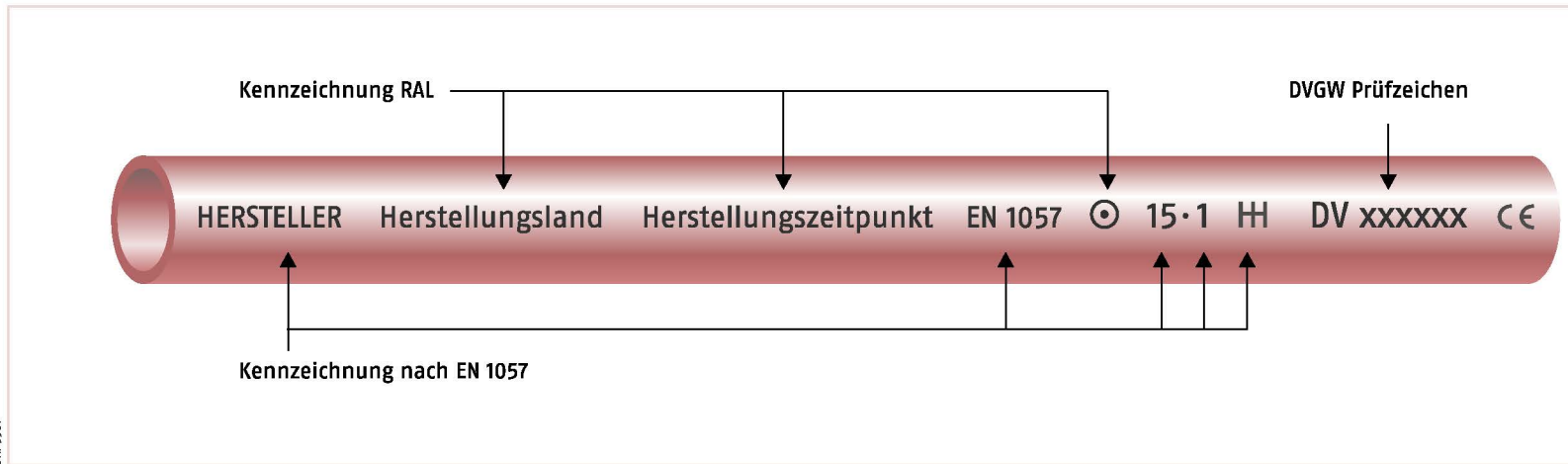
Lieferform / Außendurchmesser / Festigkeitszustand / Lieferlänge für Rohre nach DIN EN 1057

* Ringaußendurchmesser 500 bis 900 mm

DIN EN 1057



Rohrkennzeichnung nach DIN EN 1057, RAL und DVGW

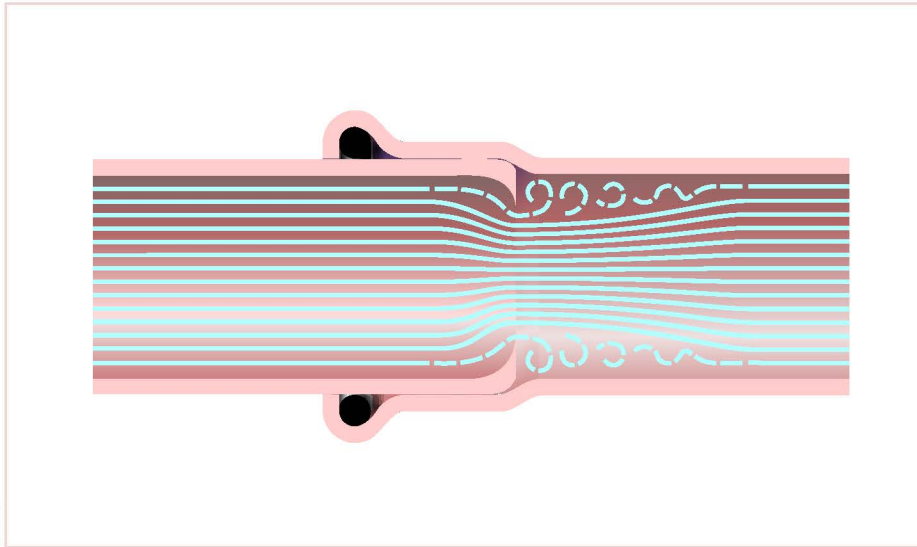


Das DVGW-Prüfzeichen ist erforderlich für:

- Trinkwasserleitungen
- Gasleitungen

Bei Flüssiggasleitungen genügt das Gütezeichen

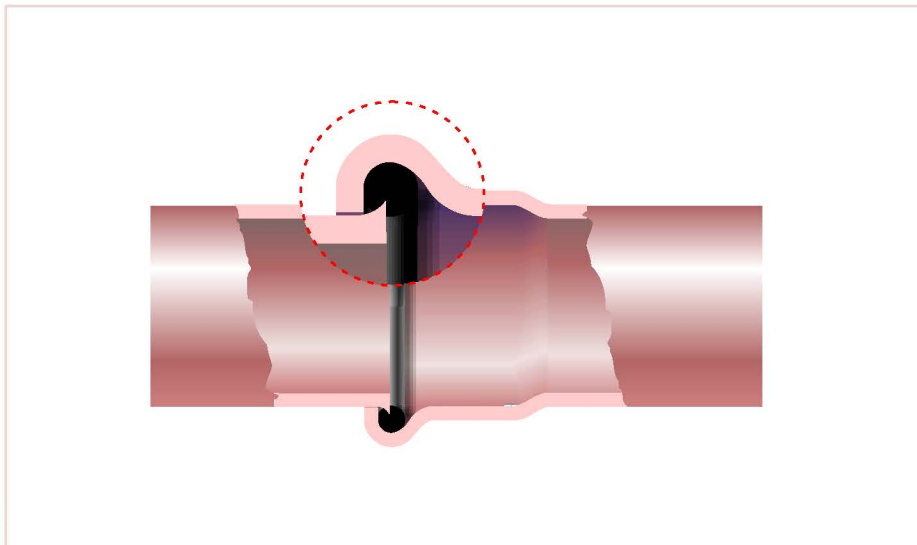
Verarbeitungsfehler beim Trennen



Innengrat:

- erhöhter Druckverlust
- Strömungsgeräusche
- Erosion
- Wirbel

DKI 5376



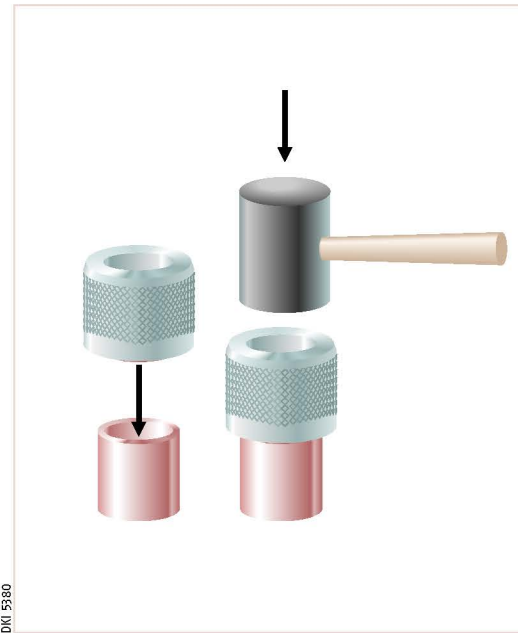
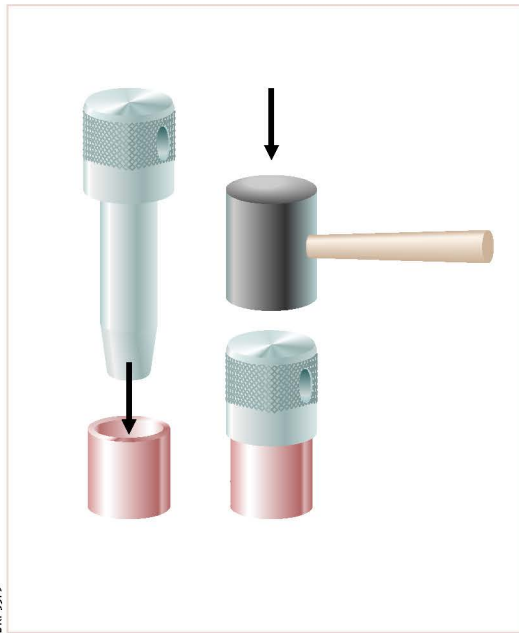
Außengrat:

- Beschädigung des Dichtelementes
(Press- und Steckfittings)

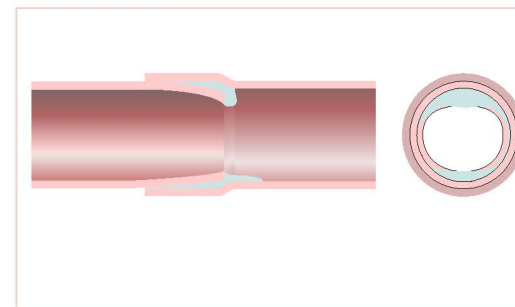
DKI 5377

Kalibrieren

Wiederherstellen der Maßhaltigkeit (Rundheit)
des Rohrdurchmesseres – nach dem Entgraten
bei Ringrohren



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



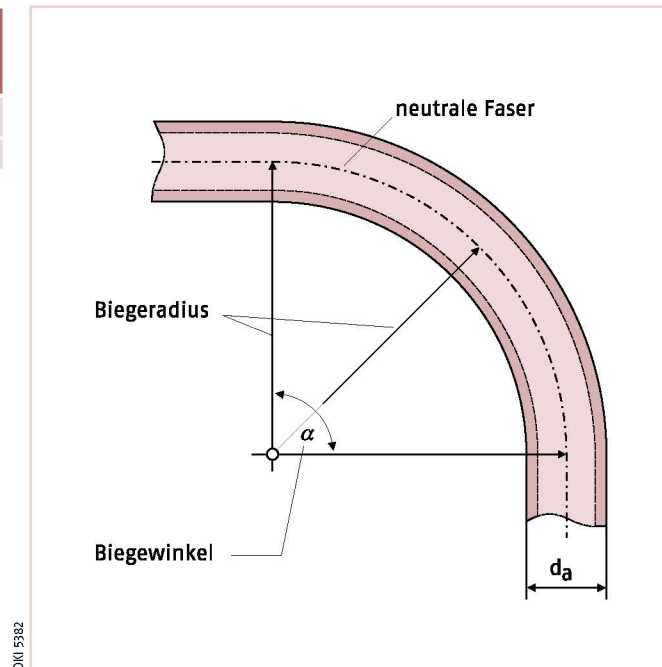
nicht kalibriert:
z. B. kein vorschrifts-
mäßiger Kapillarspalt

Kaltbiegen von Kupferrohr

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

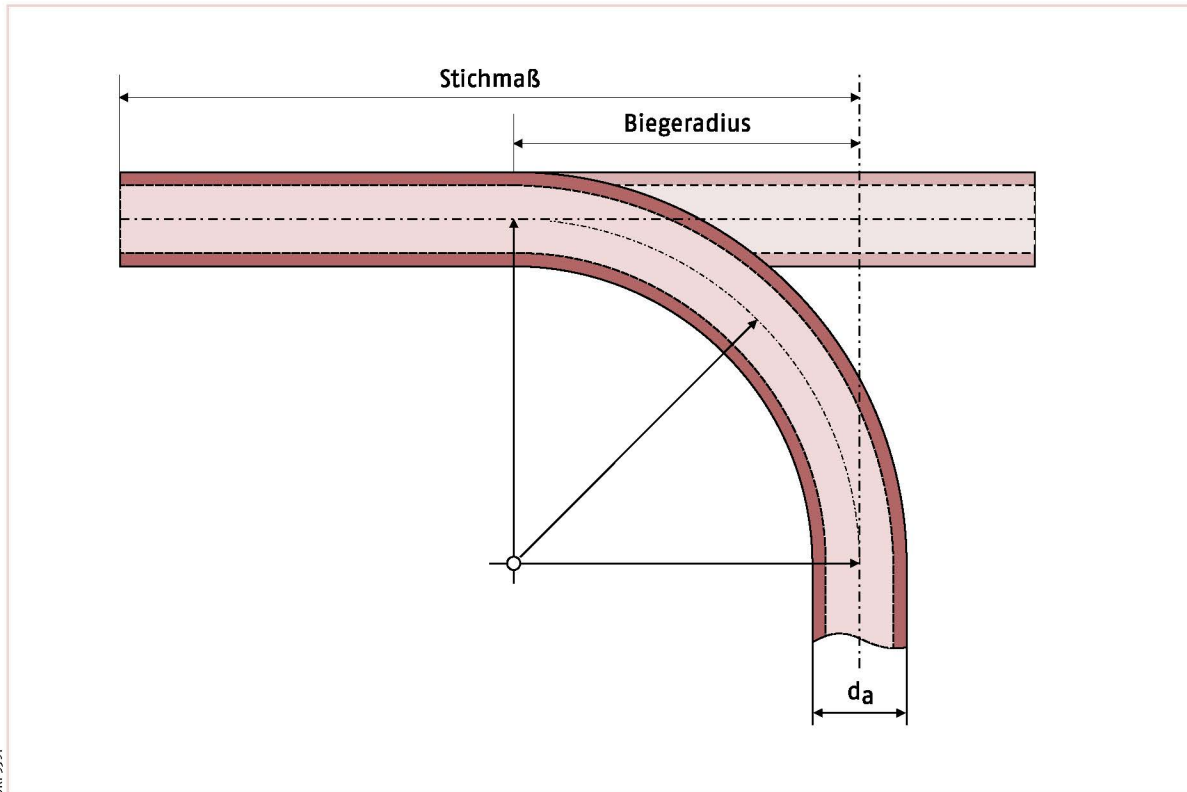
Biegeradien:

- Biegen von Hand:
empfohlener Biegeradius $6 \cdot d_a$
- Biegen mit Werkzeug:



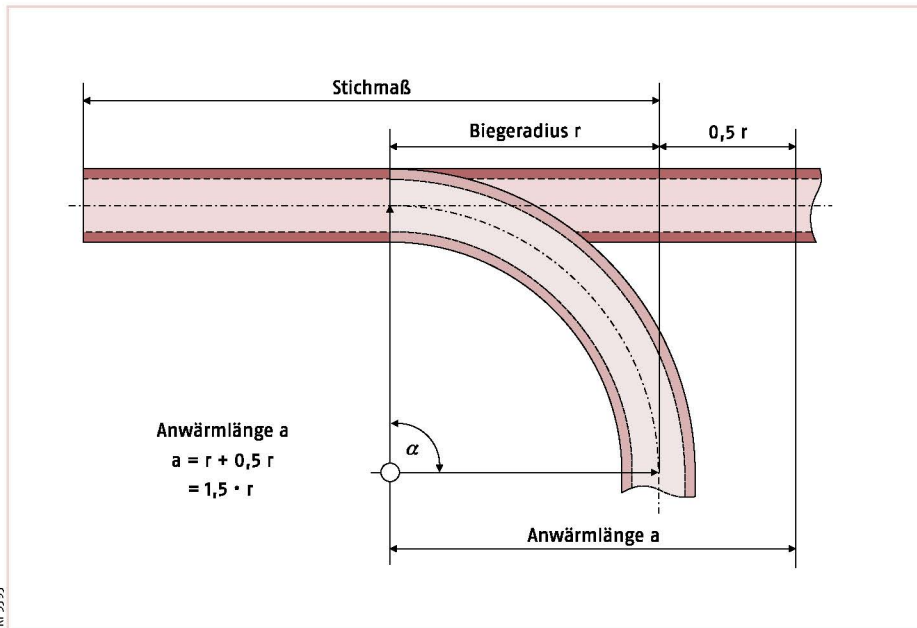
Außendurchmesser	Weich	Halbhart
12	36	45
15	45	55
18	54	70
22	66	77
28	-	114

Maßgerechtes Biegen



1. Stichmaß markieren
2. Beginn des Bogens markieren
3. Biegesegment auswählen
4. Biegen

Warmbiegen und Weichglühen



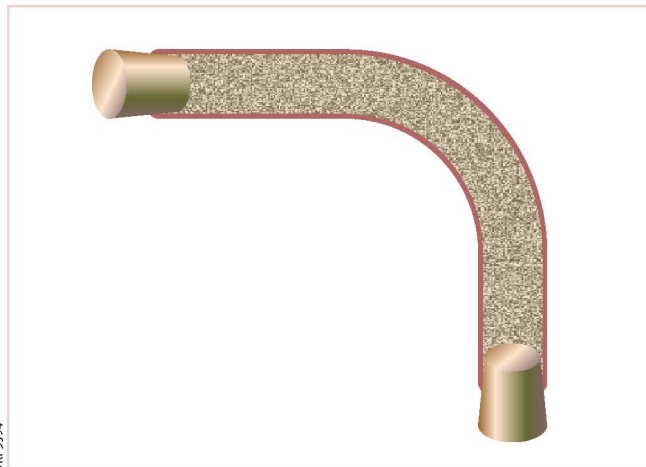
Warmbiegen von Hand:

$$r = 6 d_a^*$$

Weichglühen und Kaltbiegen
mit geeignetem Biegegerät:

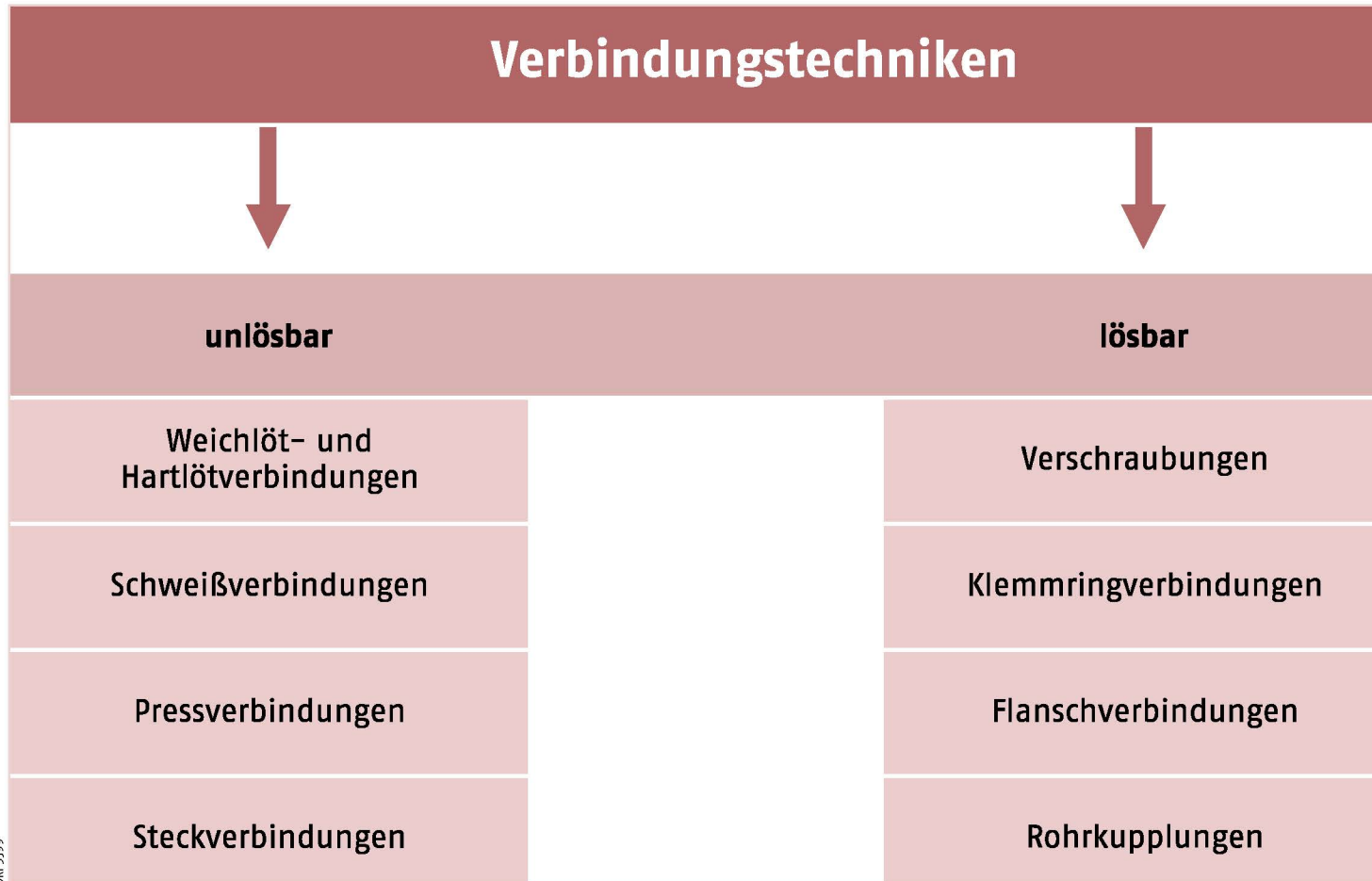
$$r = 3 d_a$$

Das Warmbiegen und Weichglühen ist in Trinkwasser-
leitungen bis einschließlich 28 mm nicht zulässig.



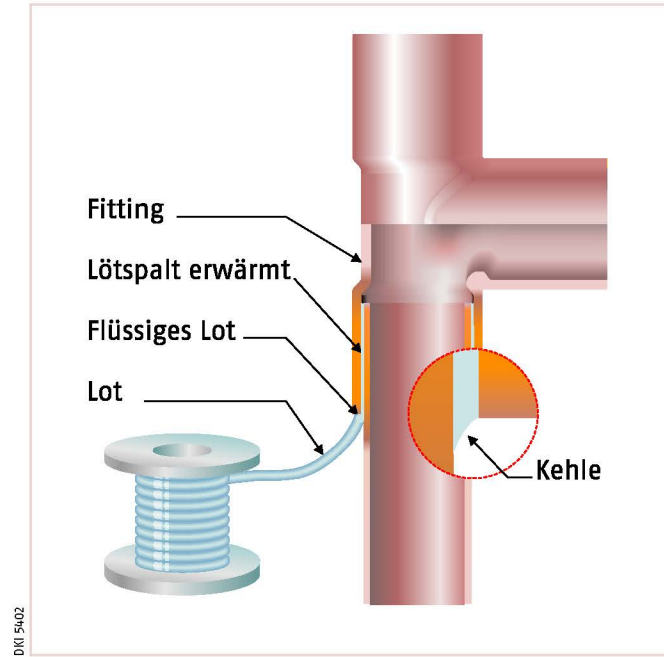
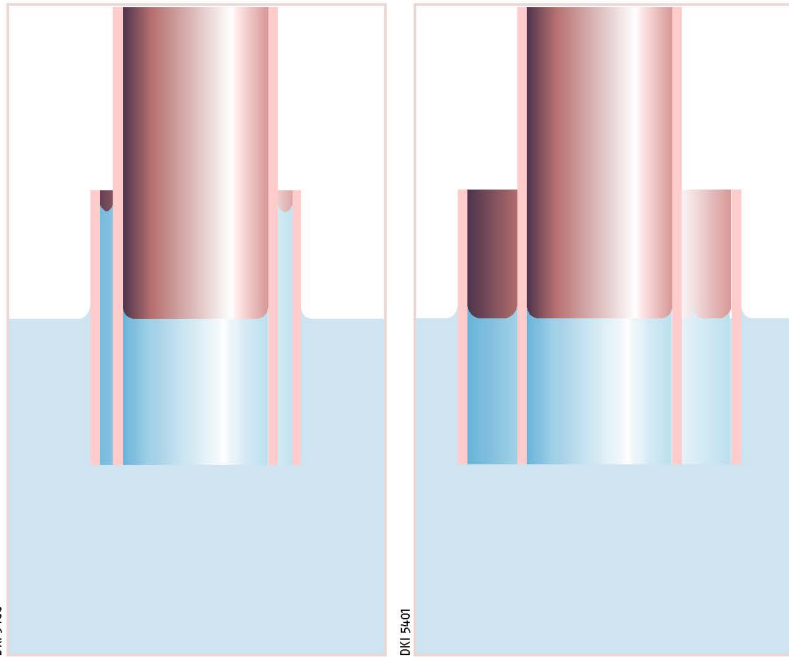
* kleinere Biegeradien je nach
Geschick des Anwenders möglich

Verbindungstechniken – Übersicht

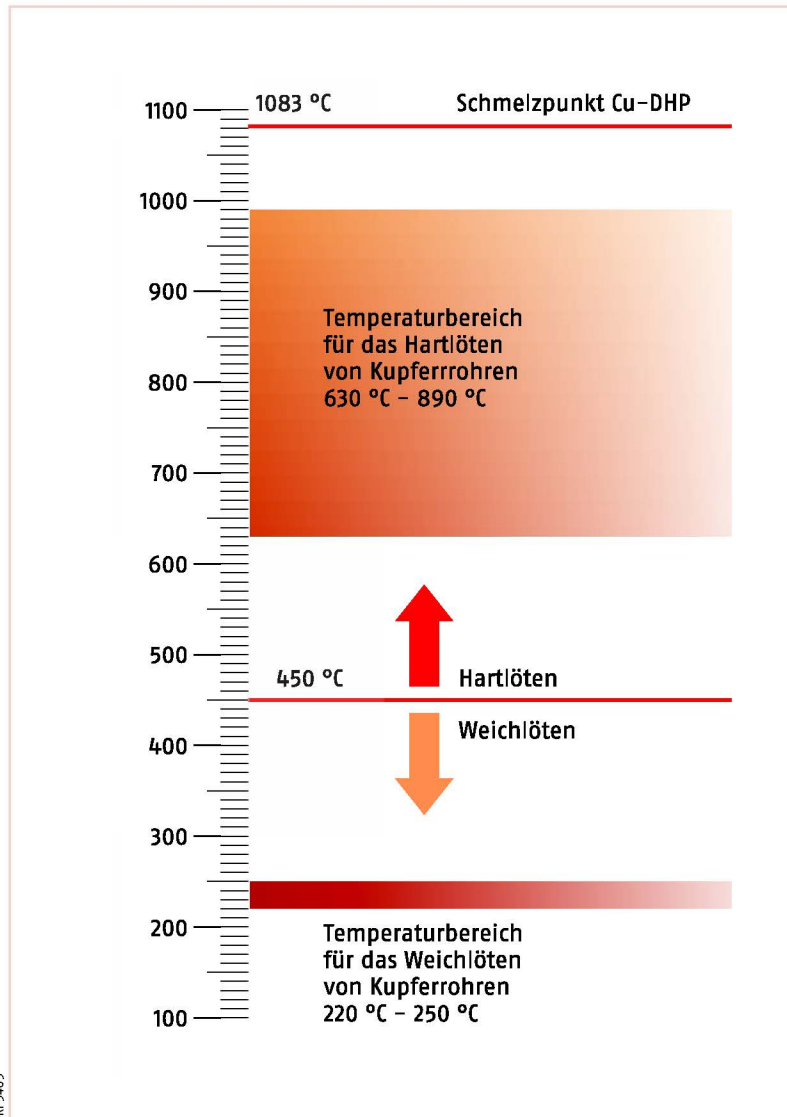


DKI 15399

Kapillarlöten



Weichlöten – Hartlöten



Vorschriften beim Löten:

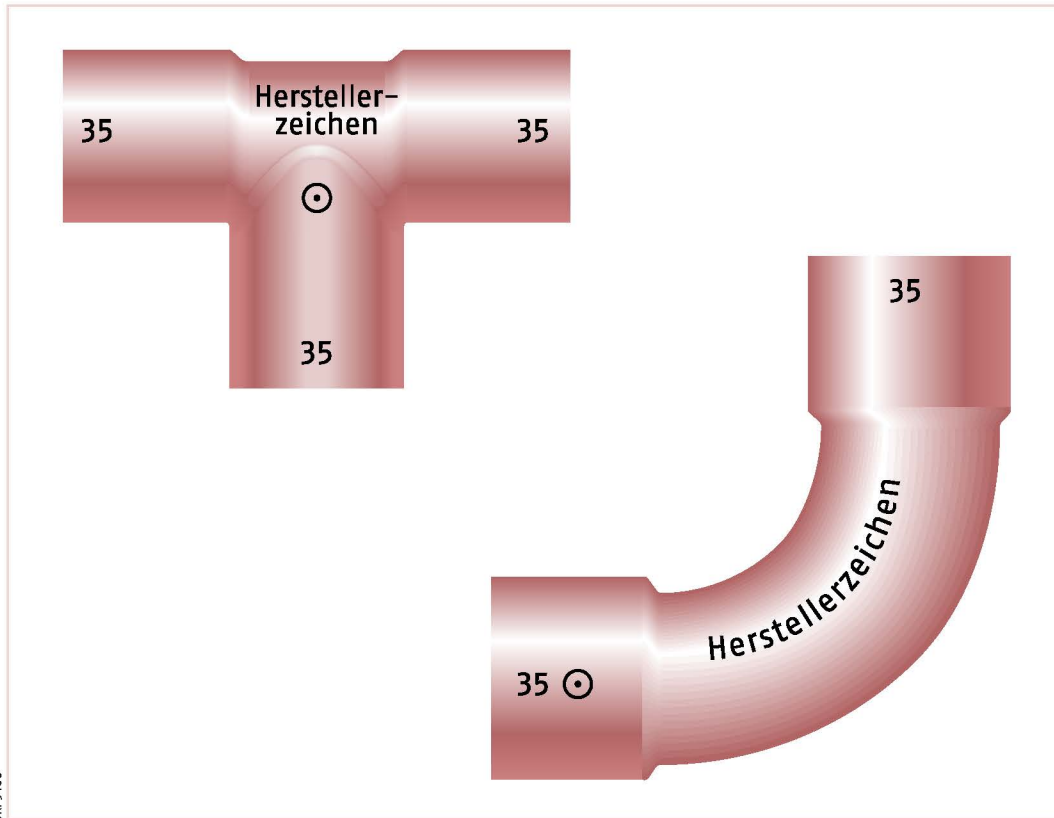
Weichlöten (Hartlötverbot)

- Trinkwasserinstallation bis einschl. 28 mm

Hartlöten (Weichlötverbot)

- Gas- und Flüssiggasinstallation
- Leitungen mit Betriebstemperaturen über 110 °C
- Im Estrich verlegte Fußbodenheizungsrohre

Kapillarlöt fittings



Kennzeichnung EN 1254:

- Herstellerzeichen
- Abmessung

Kennzeichnung RAL:

- vereinfachtes Gütezeichen

DVGW-Prüfzeichen erforderlich für:

- Trinkwasserinstallationen
- Gas- und Flüssiggasinstallationen

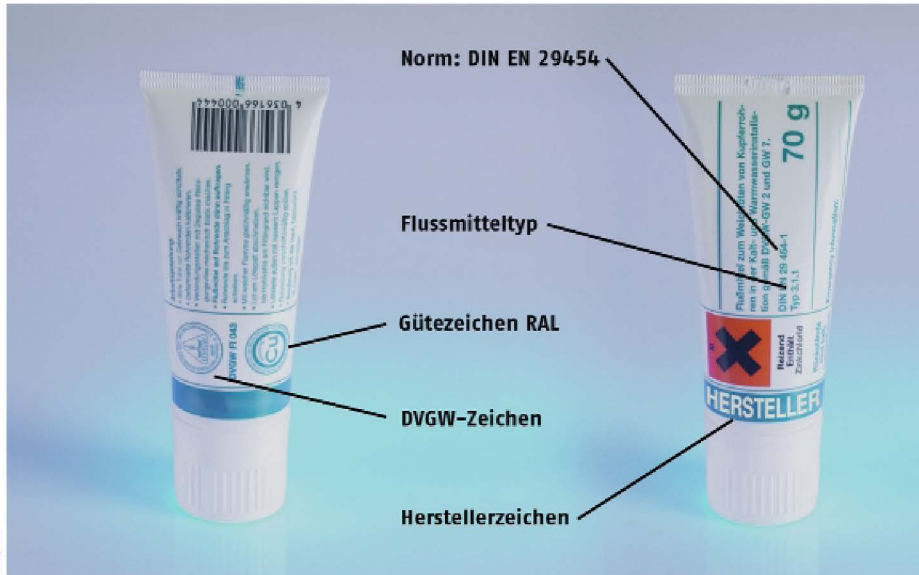
Weichlote



DKI 5409

Lote nach DIN EN ISO 9453	402 Sn97Cu3	702 Sn97Ag3
Schmelzbereich (°C)	230–250	221–230
Cu*	2,5–3,5	–
Ag*	–	3,0–3,5
Sn*	Rest	Rest

Flussmittel zum Weichlöten



Flussmittel nach DIN EN 29454	Wirkbereich (°C)
3.1.1	150-400
3.1.2	
2.1.2	

DVGW-Prüfzeichen für Flussmittel erforderlich in:

- Trinkwasserinstallationen

Lote zum Hartlöten



DKI 5472

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		

Flussmittel zum Hartlöten



Kein Flussmittel erforderlich beim
Löten von Kupfer-Kupfer Verbindungen
mit phosphorhaltigem Lot (CP 105, CP 203).

Lötgeräte zum Weichlöten

Propan-Luft-Brenner



Elektrisches Widerstandslötgerät



Lötgeräte zum Hartlöten

Acetylen-Sauerstoff-Brenner

Propan-Sauerstoff-Brenner

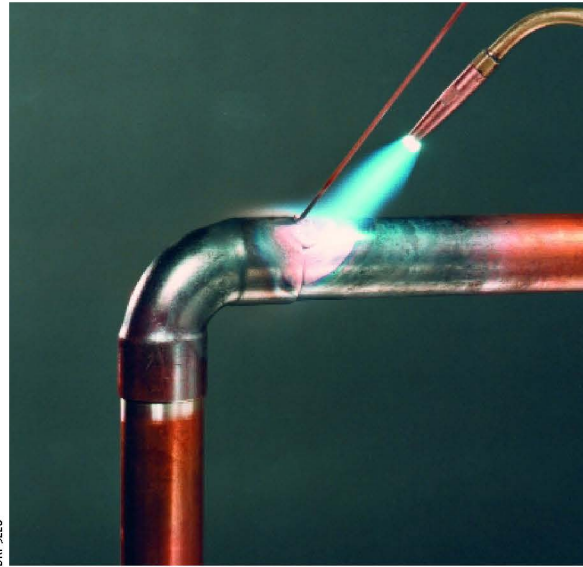


Die Arbeitsgänge beim Weichlöten



- Entgraten (weiche Rohre kalibrieren)
- Blank machen
- Flussmittel/Lotpaste auftragen
- Weichlöten
- Flussmittelreste entfernen

Die Arbeitgänge beim Hartlöten



- Entgraten (weiche Rohre kalibrieren)
- Blank machen
- Flussmittel auftragen (falls erforderlich)
- Hartlöten
- Flussmittelreste entfernen

Mögliche Fehler beim Löten

- **Rohrende innen und außen nicht entgratet**
• **Weiches Rohr nicht kalibriert**

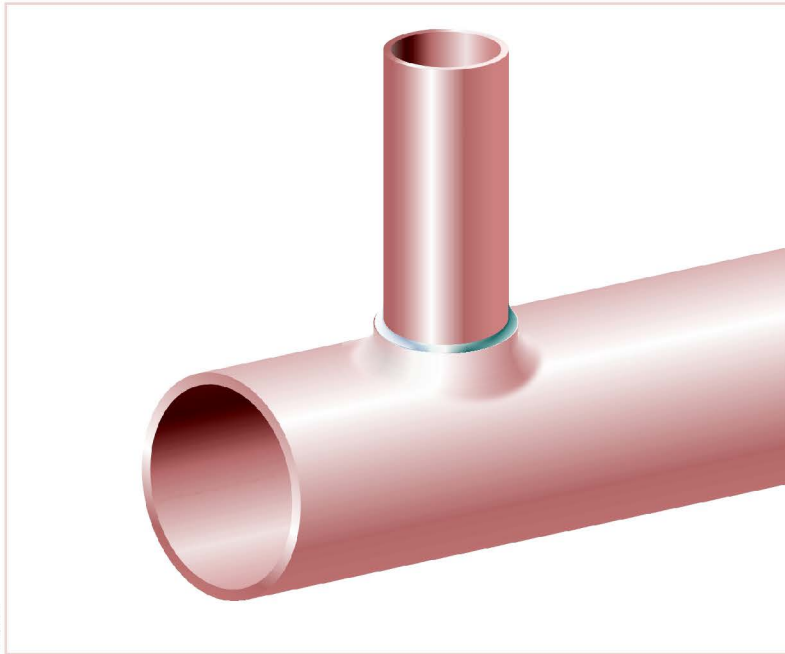
Das Rohr passt nicht in den Fitting. Der Lötspalt ist kein Kapillarspalt und die Kapillarkwirkung tritt nicht auf oder ist zu schwach
- **Rohrende außen und Fitting innen wurden nicht blank gemacht**

Das Lot benetzt nicht und bindet nicht
- **Zu hohe Erwärmung**

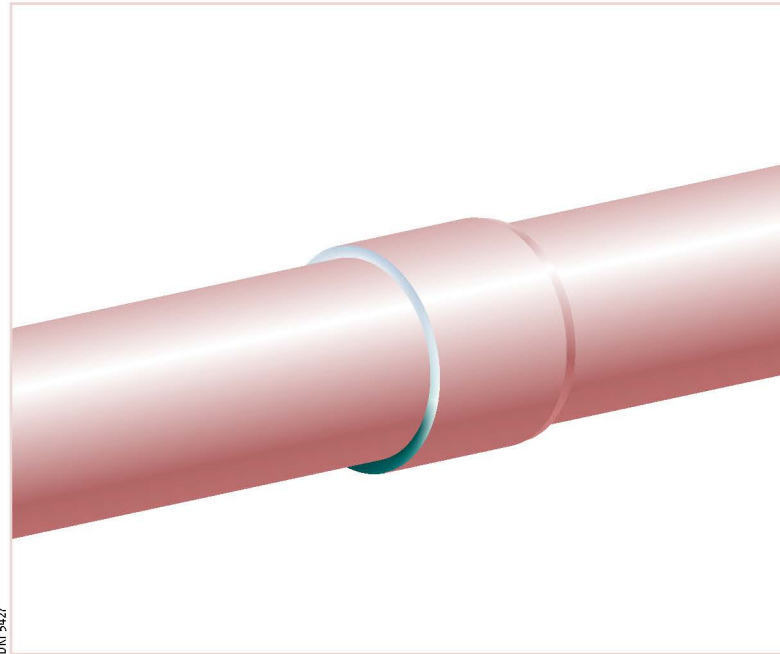
Das Flussmittel verbrennt. Das Lot kann nicht benetzen und tropft ab
- **Ungenügende oder ungleichmäßige Erwärmung**

Lot fließt und bindet nicht im gesamten Kapillarspalt

Löten ohne Fittings



DKI 5426



DKI 5427

Handwerklich hergestellte Abzweige:

- nicht zulässig in Gas-, Flüssiggas- oder Heizölinstallationen
- dürfen nicht weichgelötet werden

Handwerklich hergestellte Muffen:

- nicht zulässig in Flüssiggas- oder Heizölinstallationen

Handwerkliches Herstellen einer Muffe



DKI 5429



DKI 5428

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

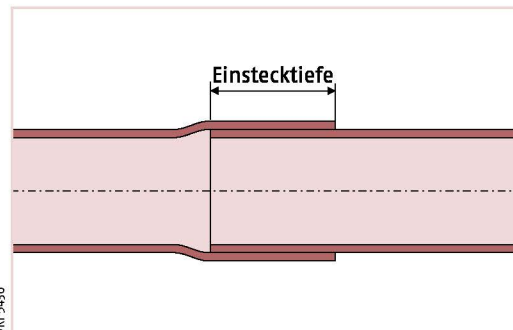
In Trinkwasserinstallationen ist das Weichglühen bis einschließlich 28 mm nicht zulässig!

Mindesteinstecktiefe Weichlöten:

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

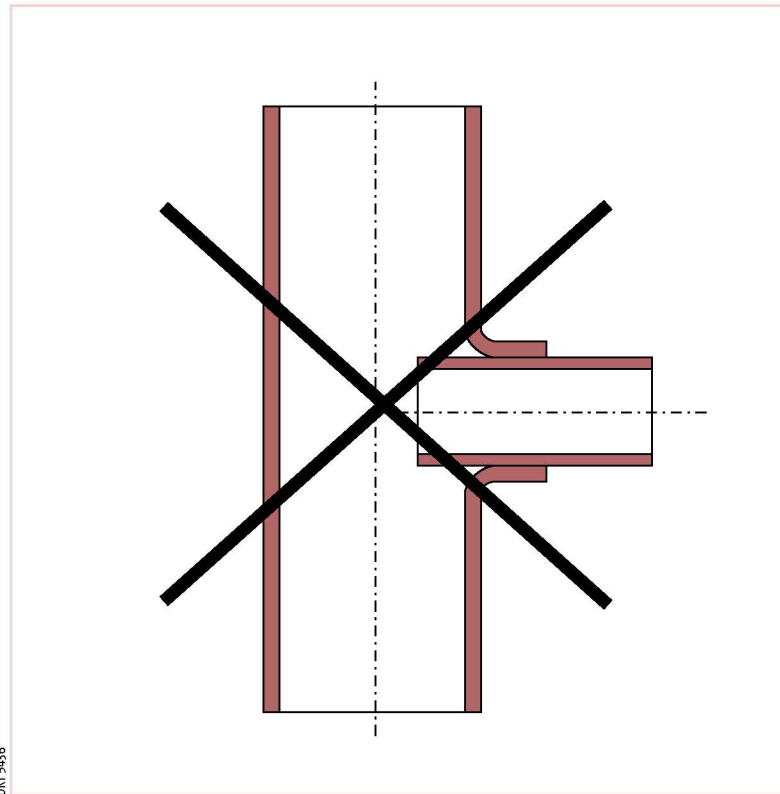
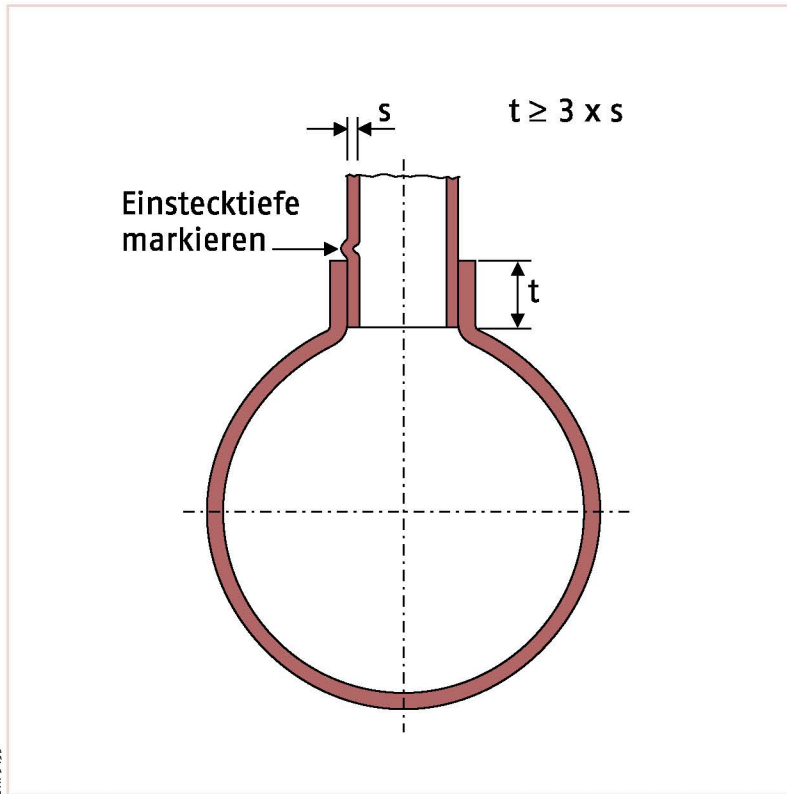
Mindesteinstecktiefe Hartlöten:

3 x Wanddicke, mindestens 5 mm
empfohlen: 7 – 10 mm



DKI 5430

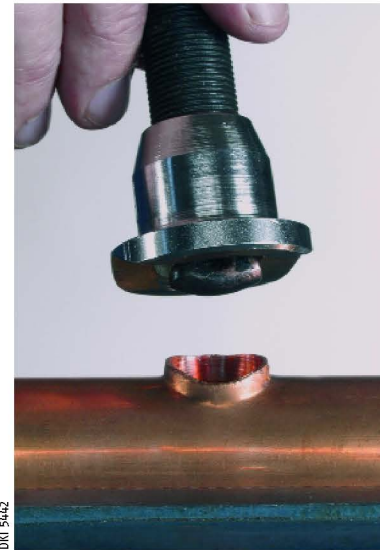
Handwerkliches Herstellen eines Abzweiges



- Handwerklich hergestellte Abzweige nicht wechlöten
- Das Abgangsrohr muß mindestens eine Nennweite kleiner sein als das Durchgangsrohr

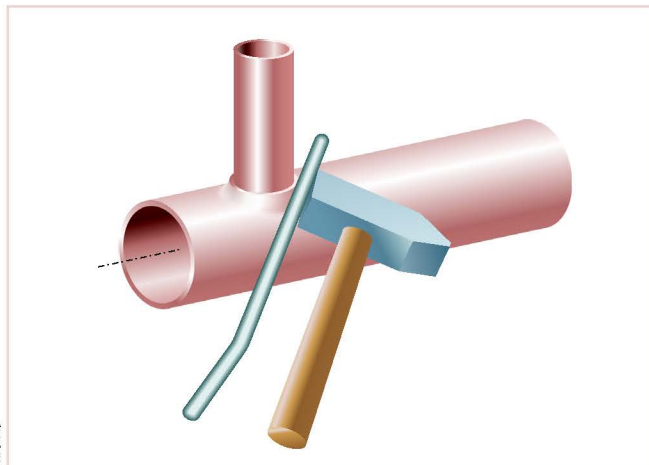
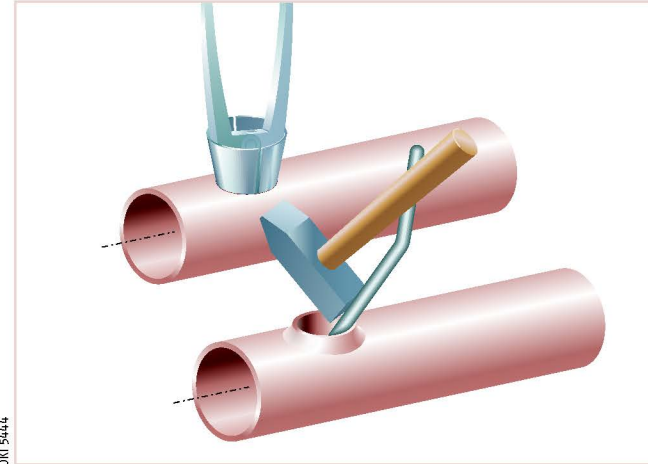
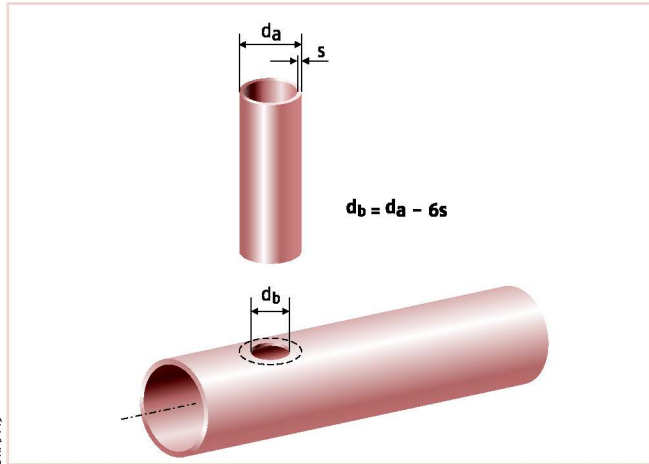
- In Trinkwasserinstallationen muß auch der kleinste Abzweig größer 28 mm sein (Hartlötverbot)
- In Gas-, Flüssiggas- und Ölleitungen nicht zulässig

Handwerkliches Herstellen der Aushalsung mit Spezialwerkzeugen



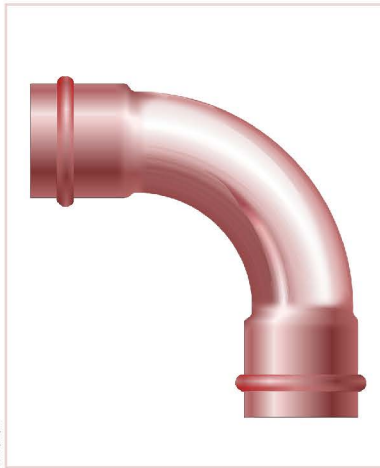
1. Mit dem Bohrvorsatz ein Passendes Loch für den Aushalser herstellen
2. Aushalser einhängen und Glocke gegen das Bohrloch drehen
3. Mit der Ratsche den Aushalser nach links drehen.
In der letzten Phase etwas Druck Richtung Rohr ausüben

Handwerkliches Herstellen der Aushalsung mit Hilfswerkzeugen



1. Loch herstellen:
 $d_b = d_a - 6s$
2. Lochrand weichglühen
3. Mit Kelchzange aufweiten und mit Hammer und Bördeldorn aushalsen
4. Abgangsrohr einpassen (mit Muffenzange oder Passtück kalibrieren)

Die Pressverbindung

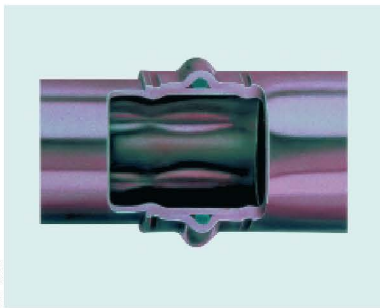
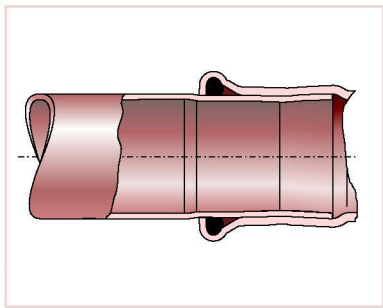


DVGW-Prüfzeichen erforderlich für:

- Trinkwasserinstallation
- Gas- und Flüssiggasinstallation

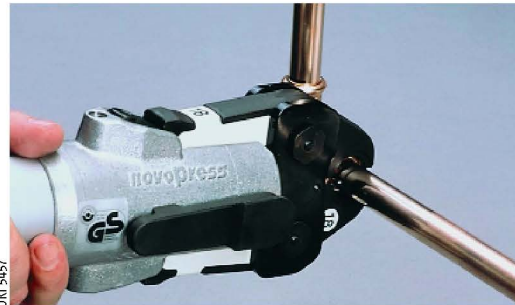
Einsatzbereiche:

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



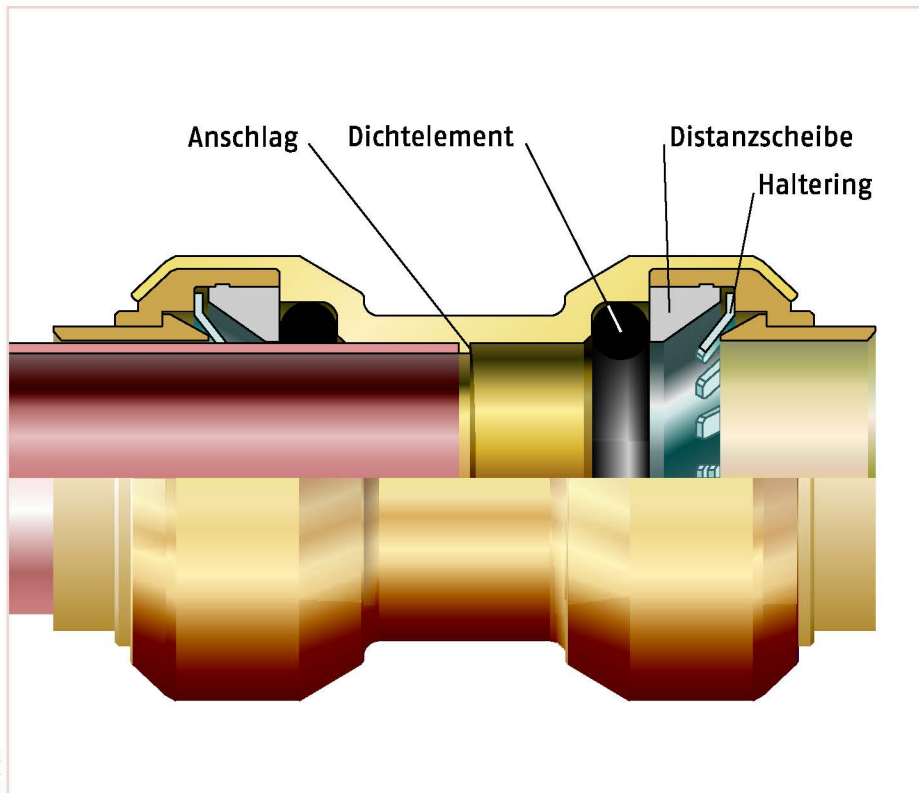
Für weitere Einsatzbereiche (z.B. Gas-
installation) Pressfittings mit speziellen
Dichtelementen verwenden

Die Arbeitgänge beim Pressen



1. Entgraten, weiche Rohre kalibrieren
2. Einstecktiefe markieren
3. Sitz des Dichtelementes prüfen
4. Fitting bzw. Rohr unter leichtem Drehen auf- bzw. einschieben
5. Pressbacke auswählen, aufsetzen und Pressvorgang auslösen
6. Verpresste Verbindungen kennzeichnen

Die Steckverbindung



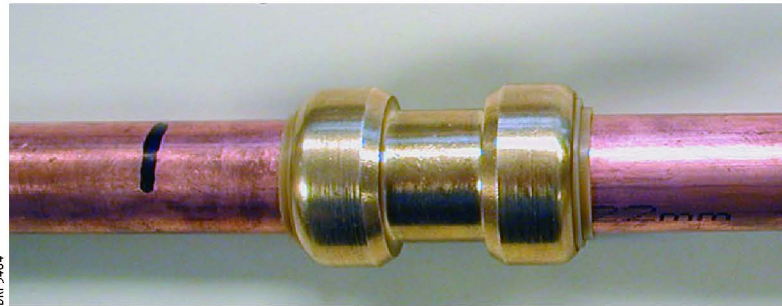
DVGW-Prüfzeichen erforderlich für:

- Trinkwasserinstallationen

Einsatzbereiche:

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

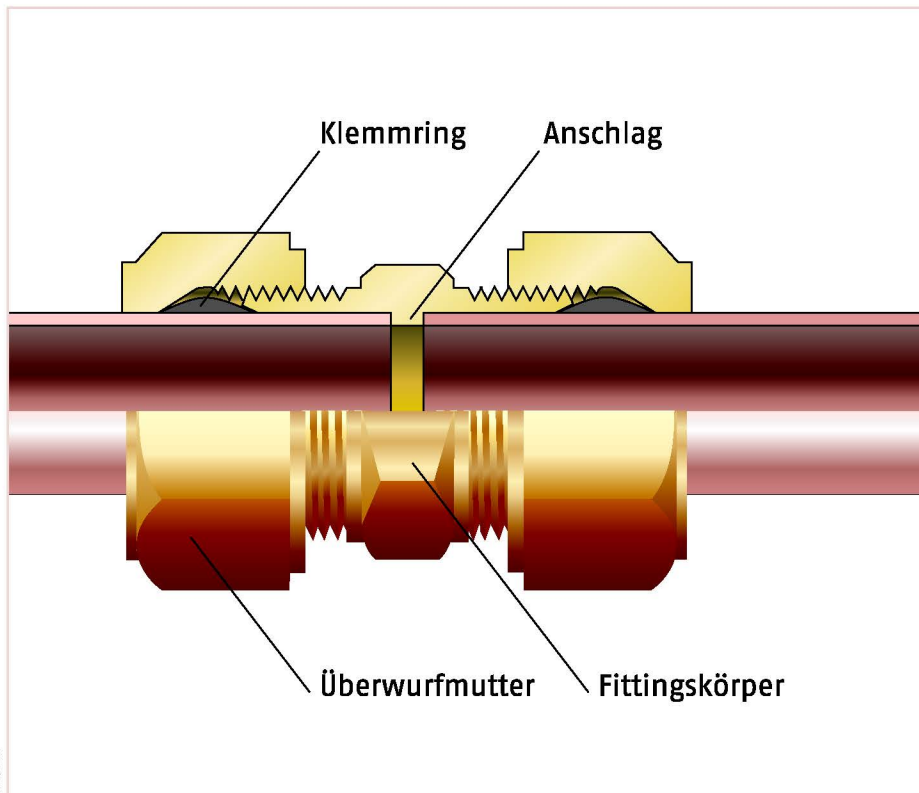
Steckverbindung – Montageablauf



1. Entgraten, weiche Rohre kalibrieren
2. Fitting innen auf Sauberkeit und Sitz des Dichtelementes prüfen

3. Einstecktiefe markieren
4. Fitting bzw. Rohr unter leichtem Drehen auf- bzw. einschieben

Die Klemmringverbindung – metallisch dichtend



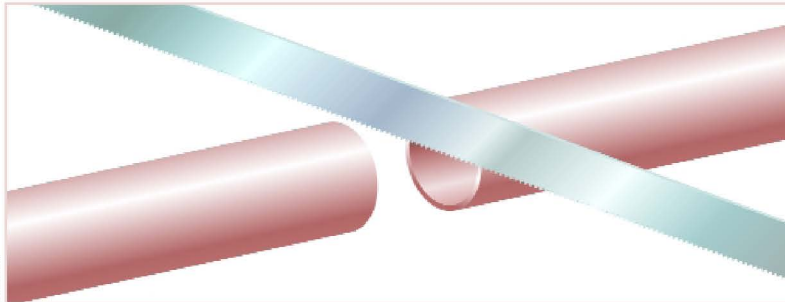
DVGW-Prüfzeichen erforderlich für:

- Trinkwasserinstallation
- Gasinstallation

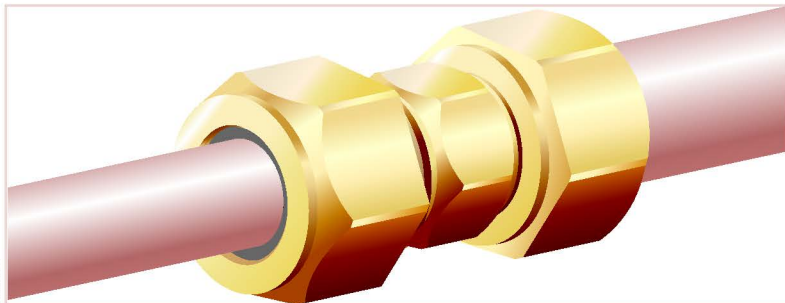
Einsatzbereiche:

- Trinkwasser (kalt und erwärmt)
- Heizung
- Gas- und Flüssiggasinstallation
- Heizölinstallation
- Druckluft
- Regenwasser
- Solartechnik

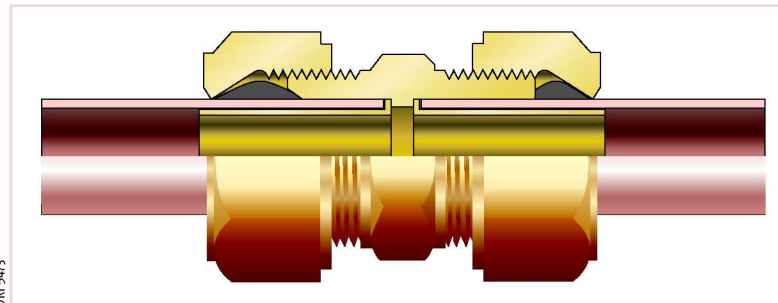
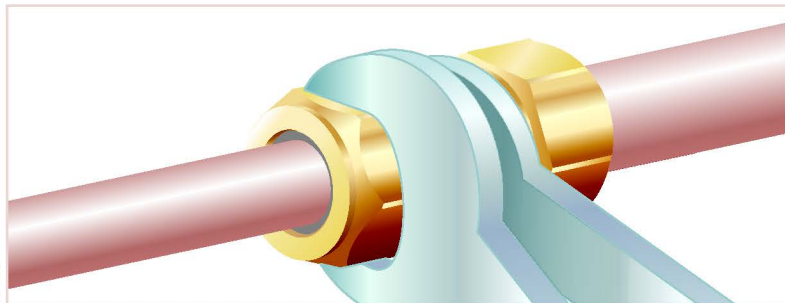
Klemmringverbindung – Montageablauf



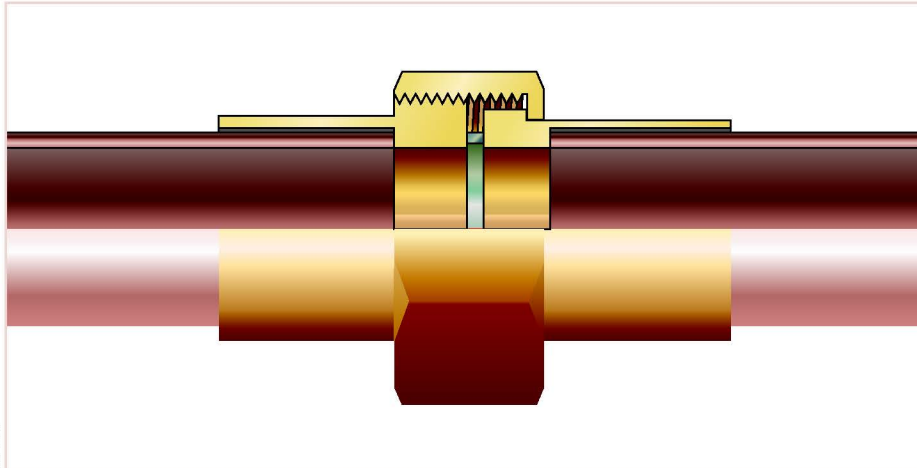
1. Rohr rechtwinklig ablängen und entgraten, weiche Rohre kalibrieren
2. Rohr bis zum Anschlag einschieben, Überwurfmutter von Hand anziehen
3. Mit dem Gabelschlüssel die Überwurfmutter festziehen (Herstellerangaben beachten)



Bei weichen Rohren müssen Stützhülsen verwendet werden

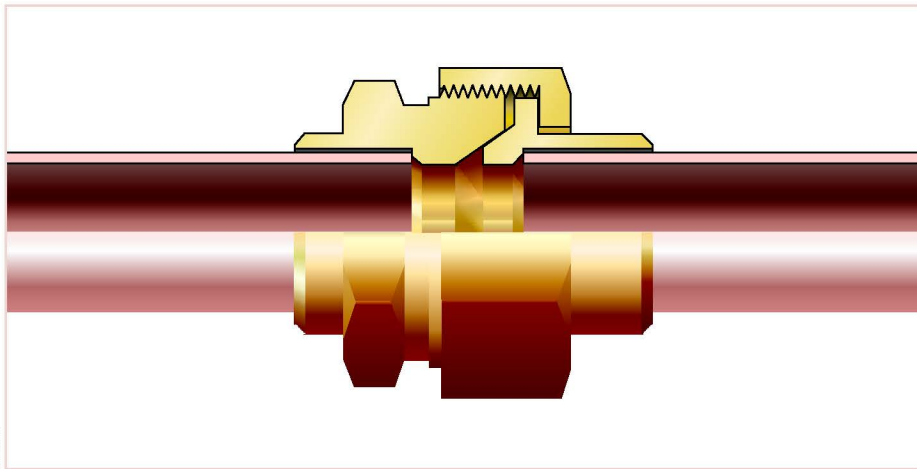


Rohrverschraubungen



DKI 546

flachdichtend (weich dichtend)

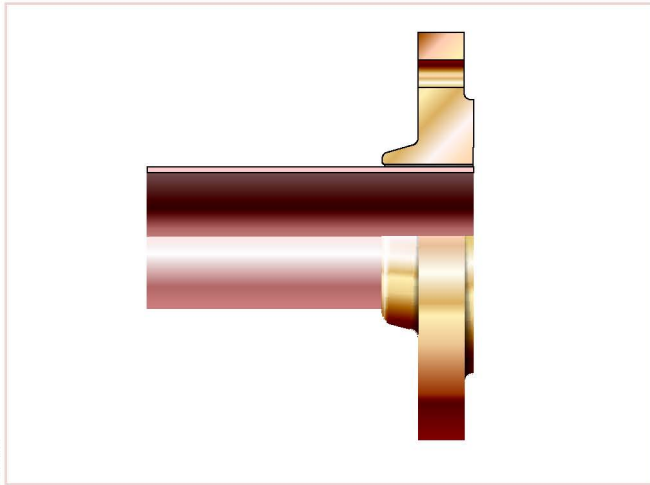


DKI 547

konisch dichtend (metallisch dichtend)

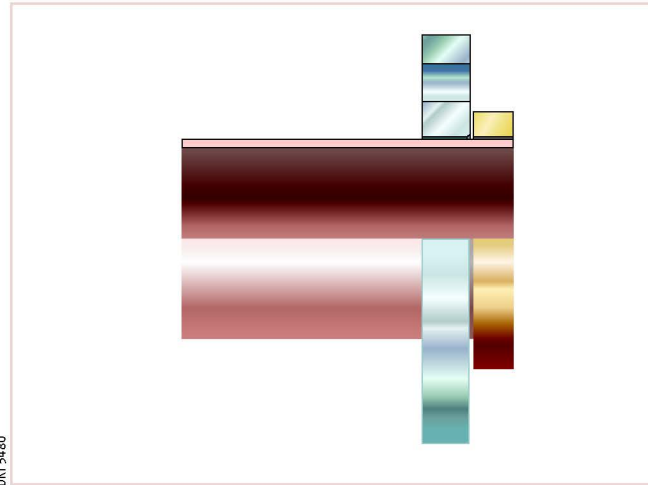
DVGW-Prüfzeichen erforderlich für:
• Gas- und Flüssiggasinstallation

Flanschverbindungen



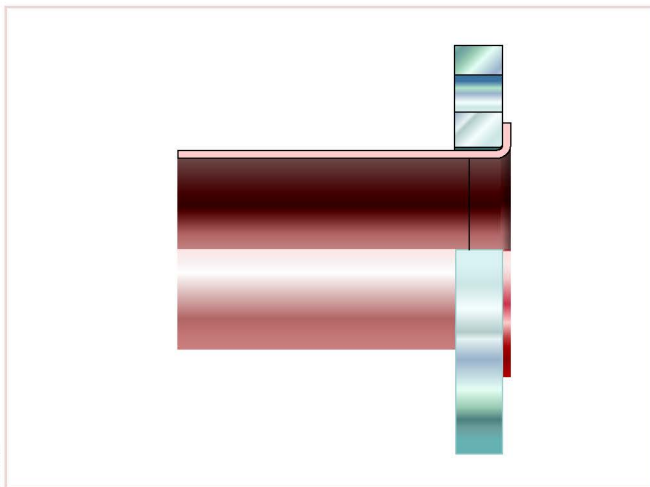
DKI 5479

mit Lötflansch aus Rotguss



DKI 5480

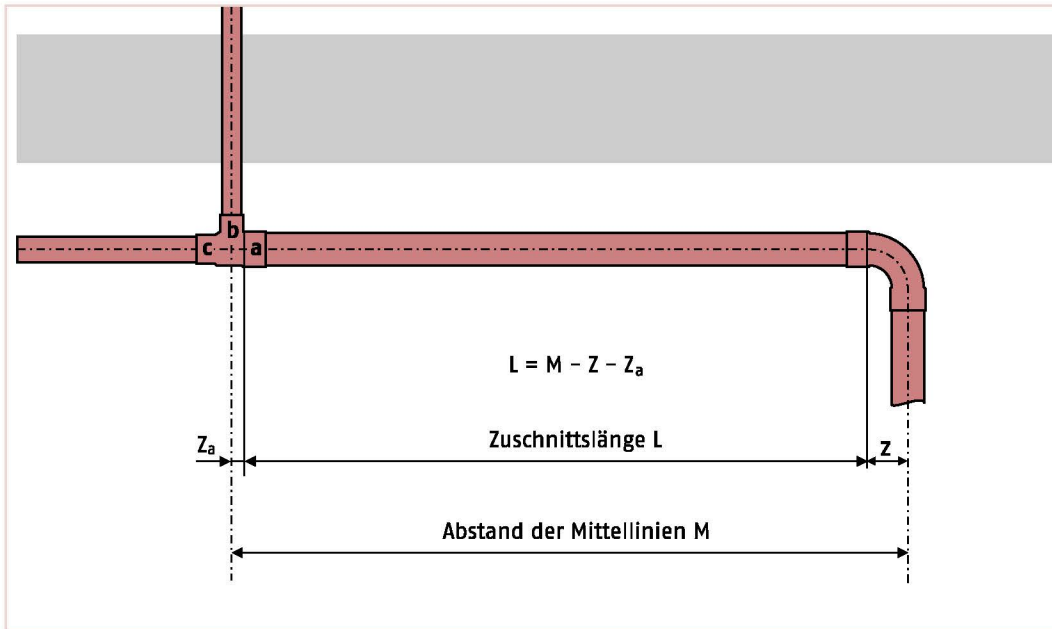
mit glattem Lötband aus Rotguss und loseem Flansch



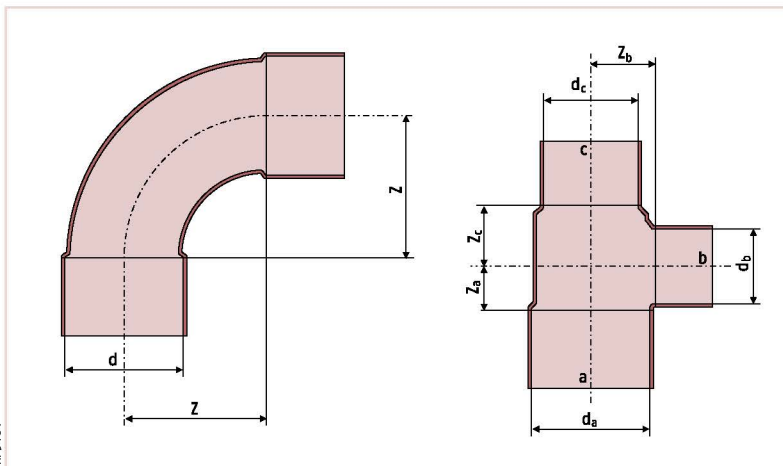
DKI 5481

mit Vorschweißbördel aus Kupfer und loseem Flansch

Die Z-Maß-Methode



DKI 5483



DKI 5484

Wärmedämmung von Rohrleitungen

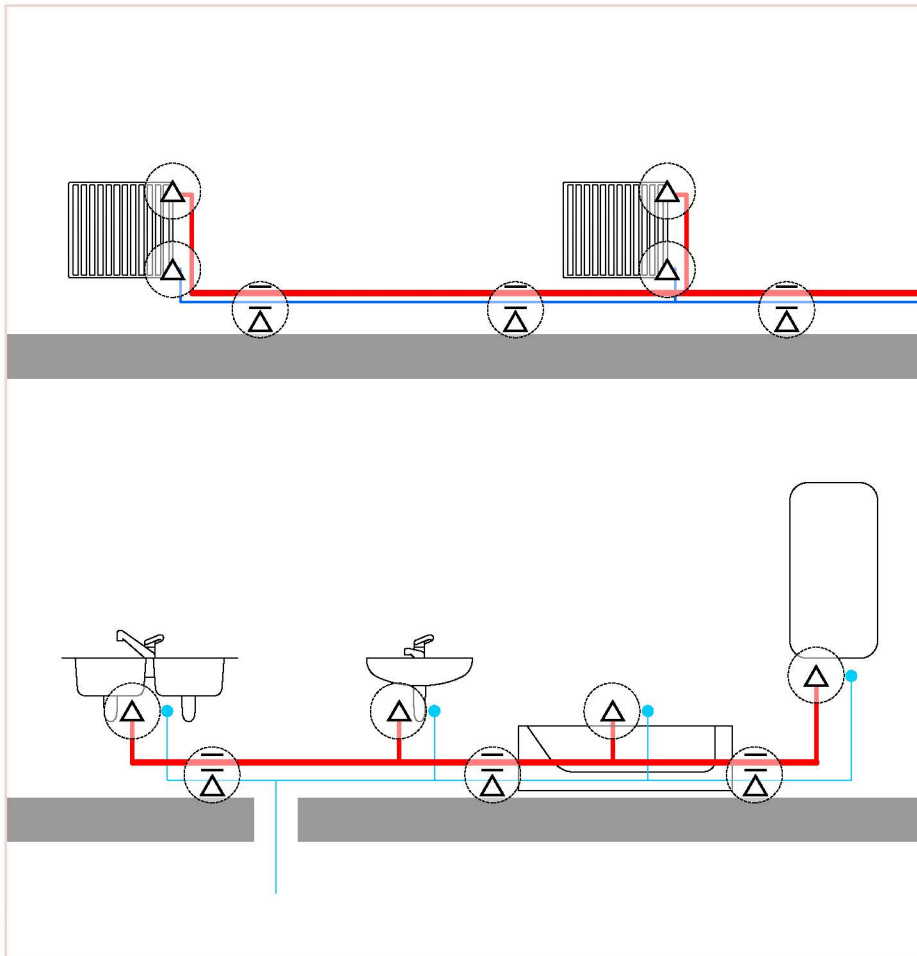


- gleiche Wärmedämmung
- verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe:

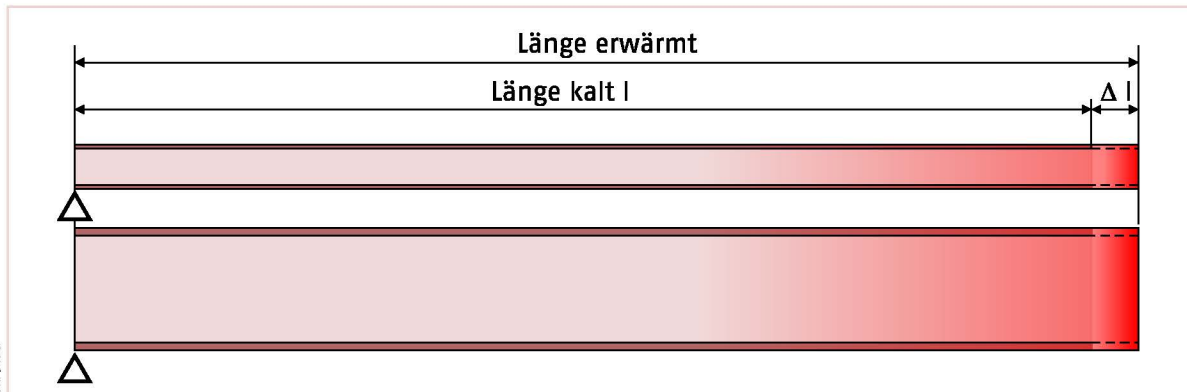
links $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

rechts $\lambda = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Festpunkte und Gleitführungen



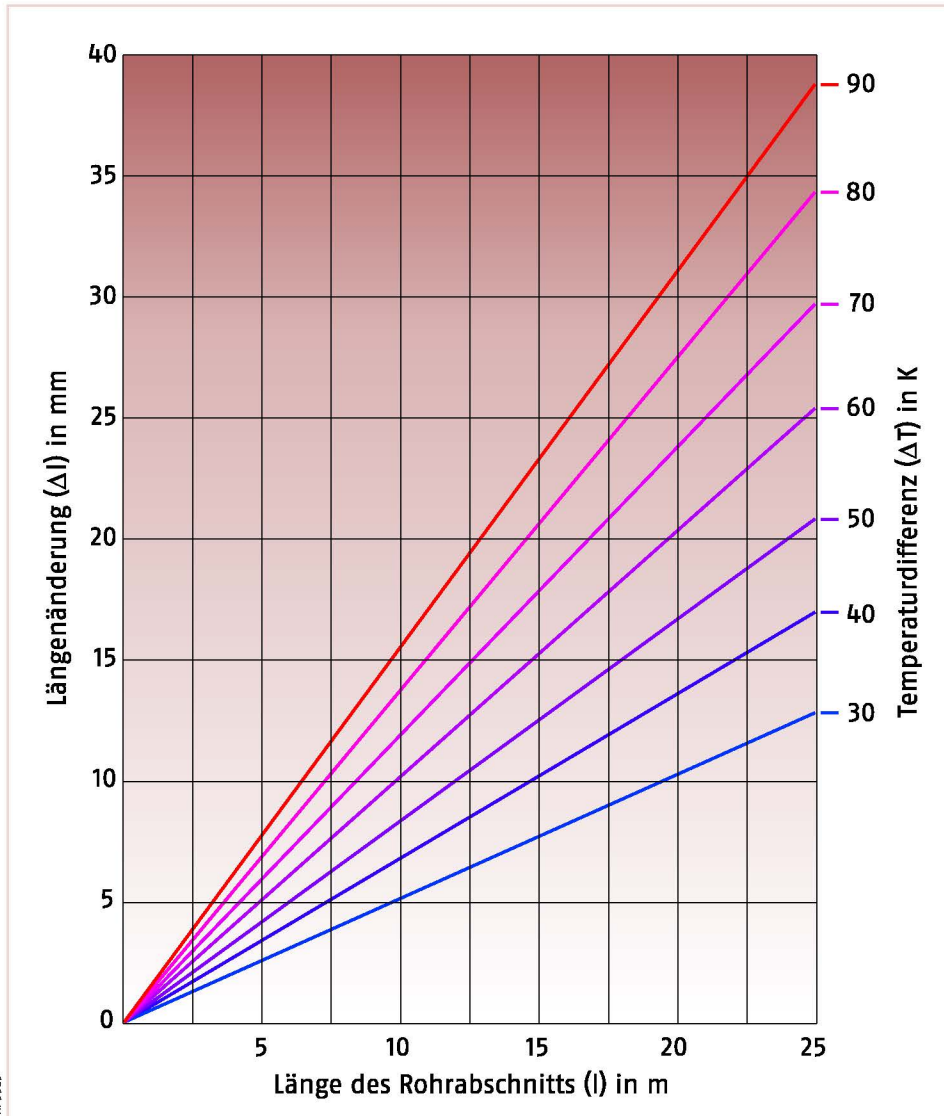
Wärmedehnung – Grundlagen



Längenänderung:
 $\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T$

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

Längendeung von Kupferrohren durch Temperaturerhöhung



$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

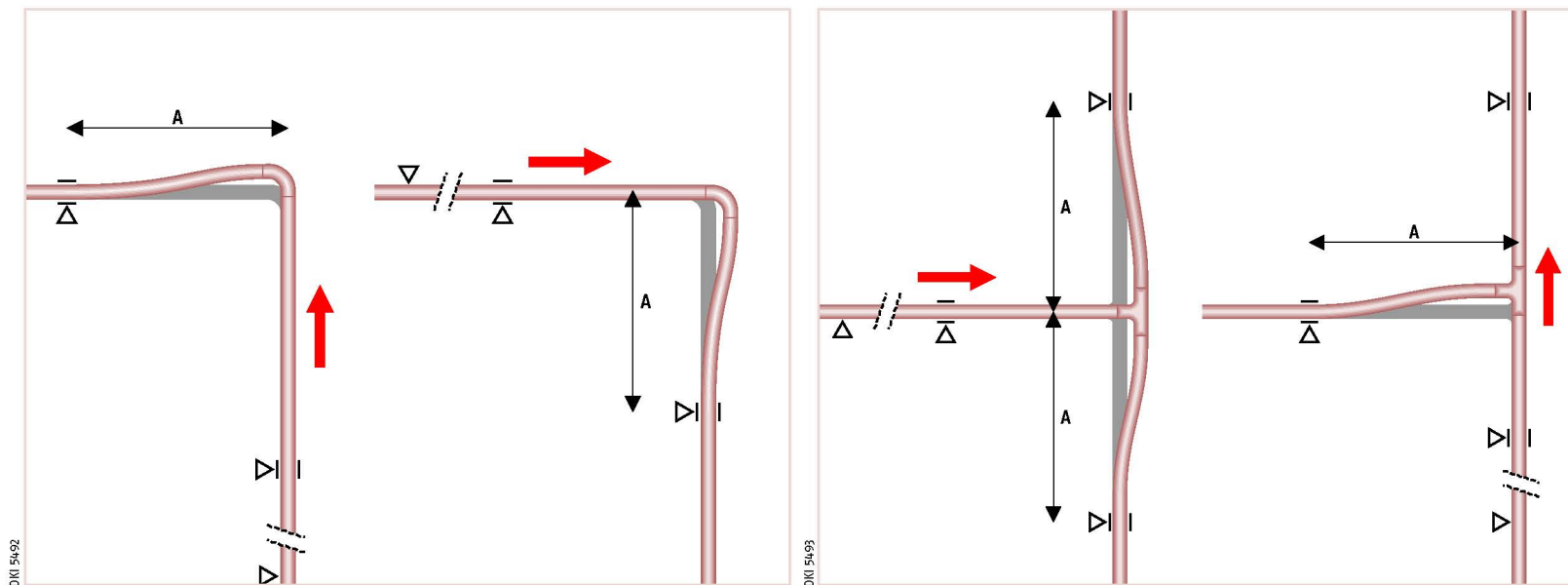
Δl : Längenänderung in mm

l : Länge des Rohrabschnitts in m

α : 0,017(mm/(m·K))

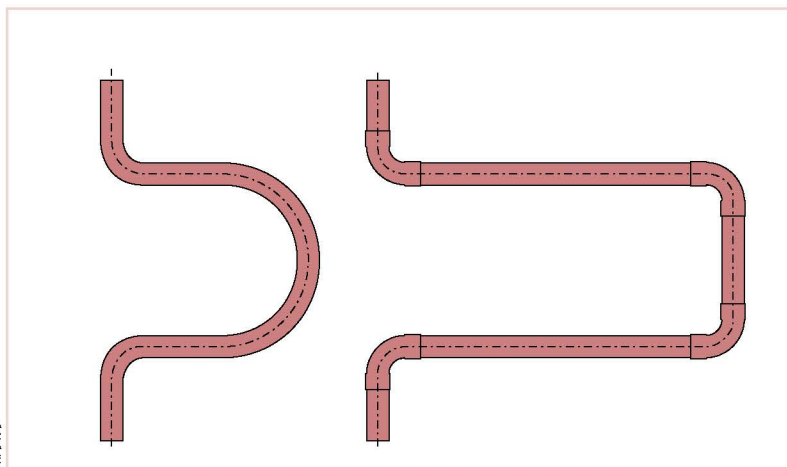
ΔT : Temperaturdifferenz in K

Ausgleich der Wärmedehnung 1



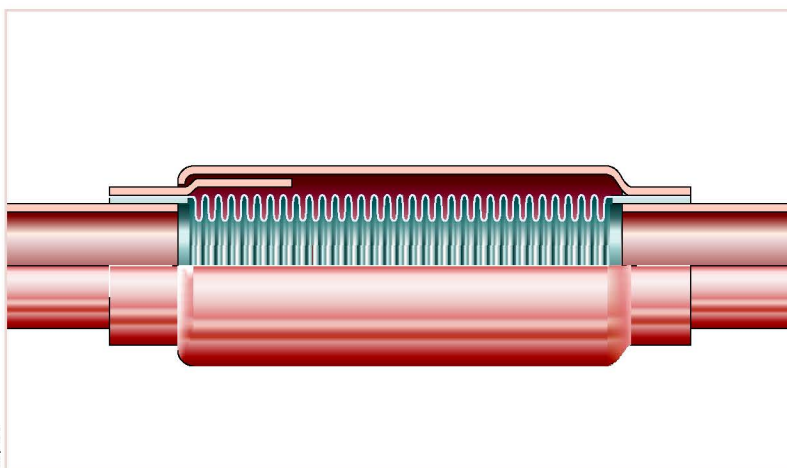
Ausgleich der Wärmedehnung 2

Dehnungsbogen



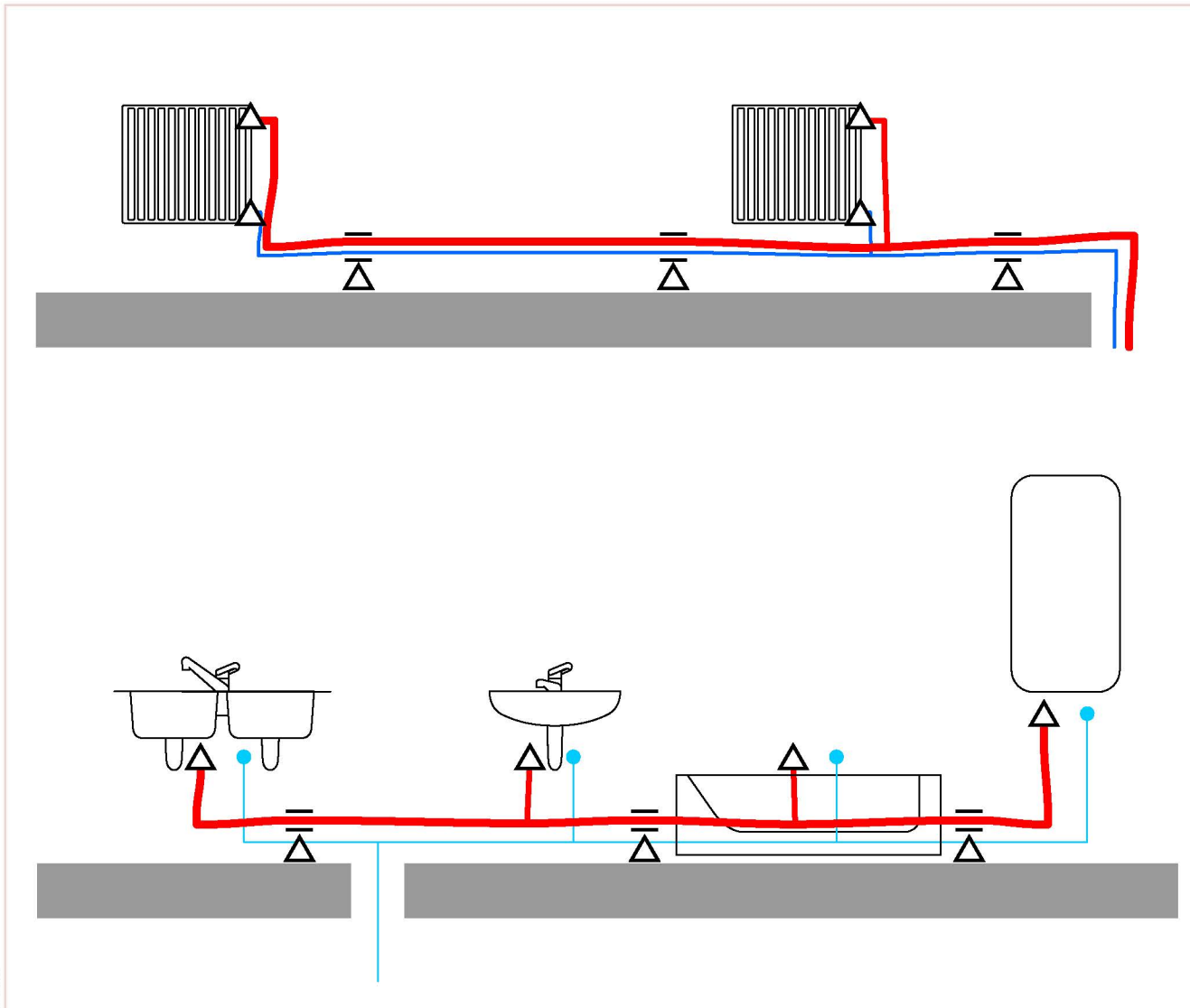
DKI 5495

Kompensator

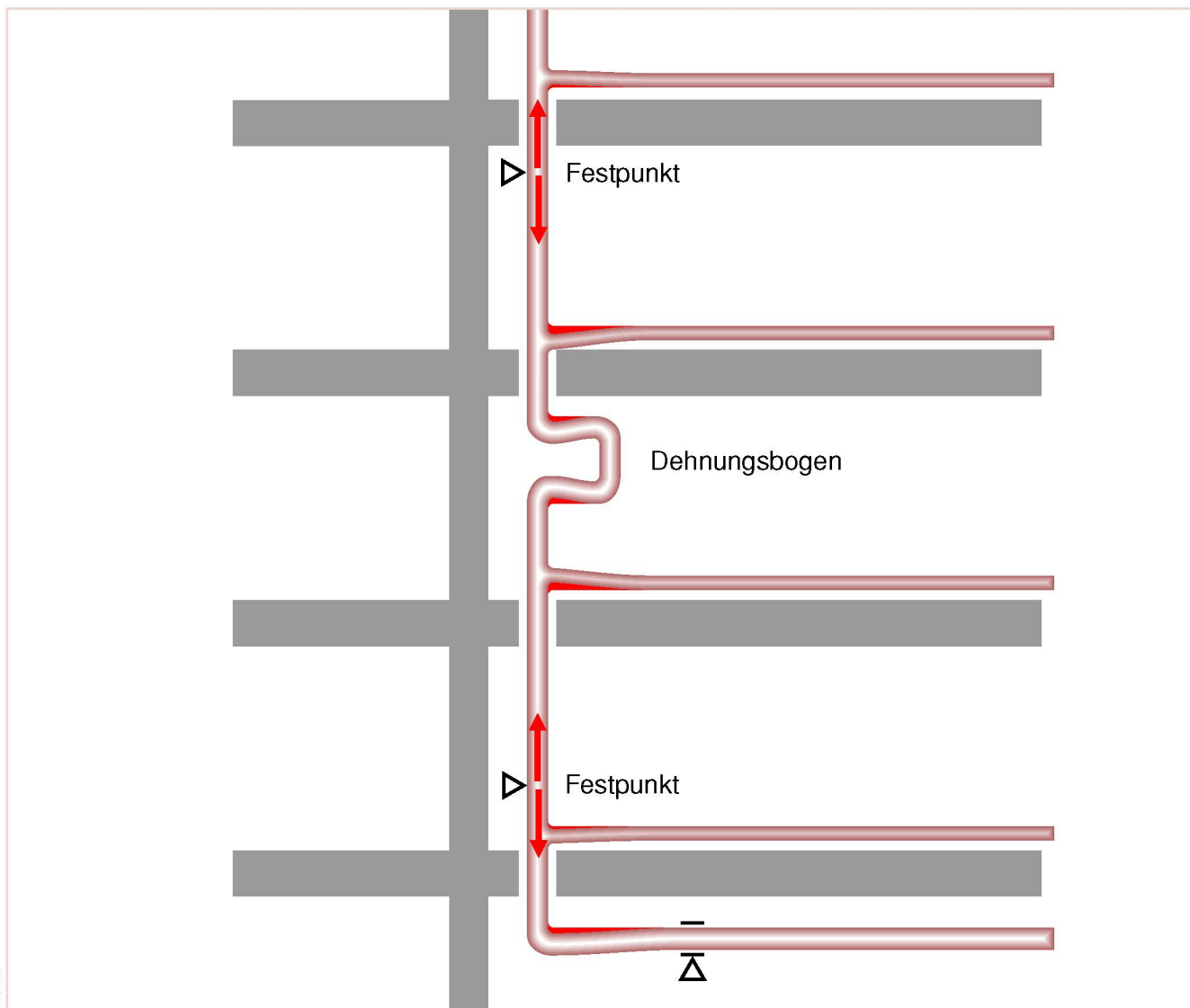


DKI 5496

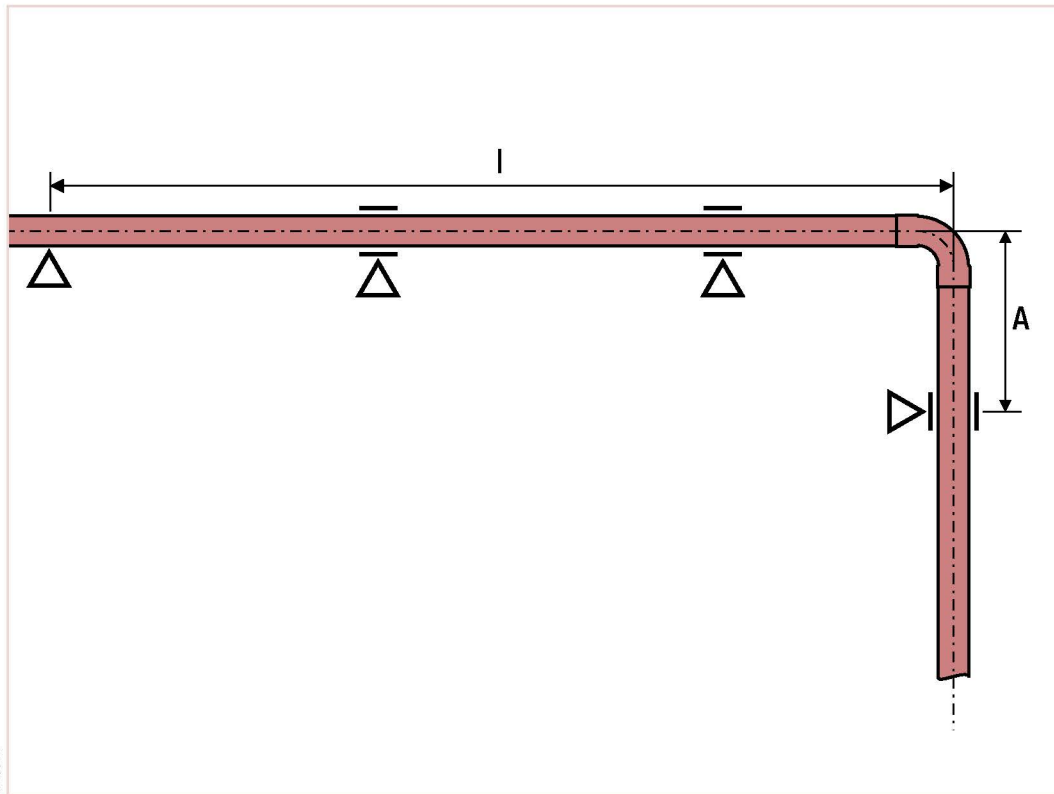
Ausgleich der Wärmedehnung bei Stockwerksleitungen



Ausgleich der Wärmedehnung bei Steigleitungen



Ermittlung des Rohrschellenabstandes A



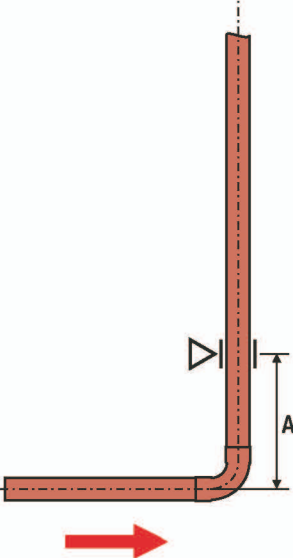
1. Ermittlung der Längenänderung Δl
abhängig von:

- Rohrlänge l
- Temperaturdifferenz ΔT

2. Ermittlung des Abstandes A
abhängig von:

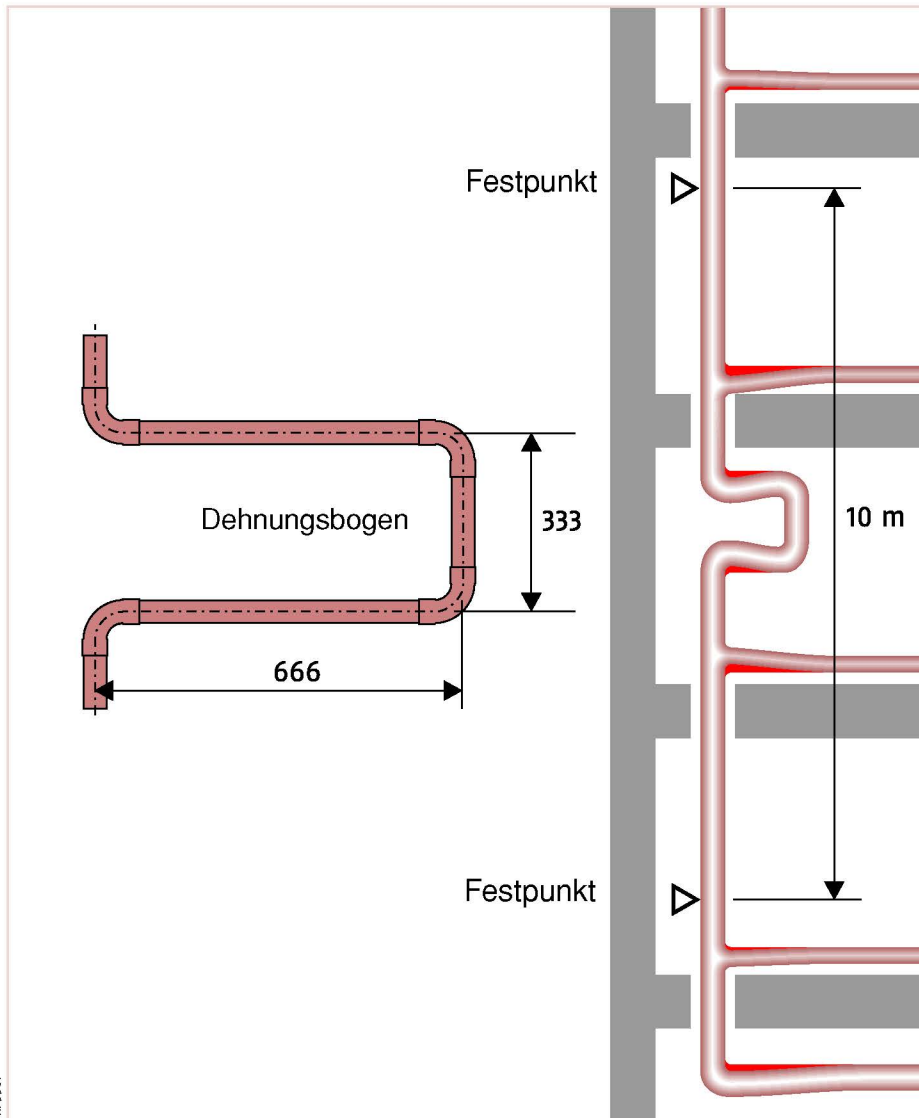
- Längenänderung Δl
- Rohrdurchmesser

Schenkellänge A in Abhängigkeit von Rohrabmessung und Ausdehnung

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	

Zwischenwerte können linear interpoliert werden

Berechnung eines Dehnungsbogens



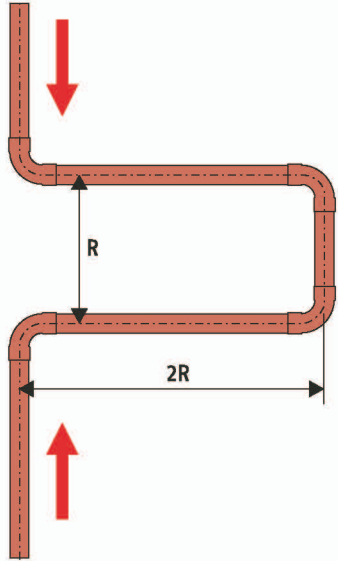
1. Ermittlung der Längenänderung Δl
abhängig von:

- Rohrlänge l
- Temperaturdifferenz ΔT

2. Ermittlung des Bestimmungsmaßes R
abhängig von:

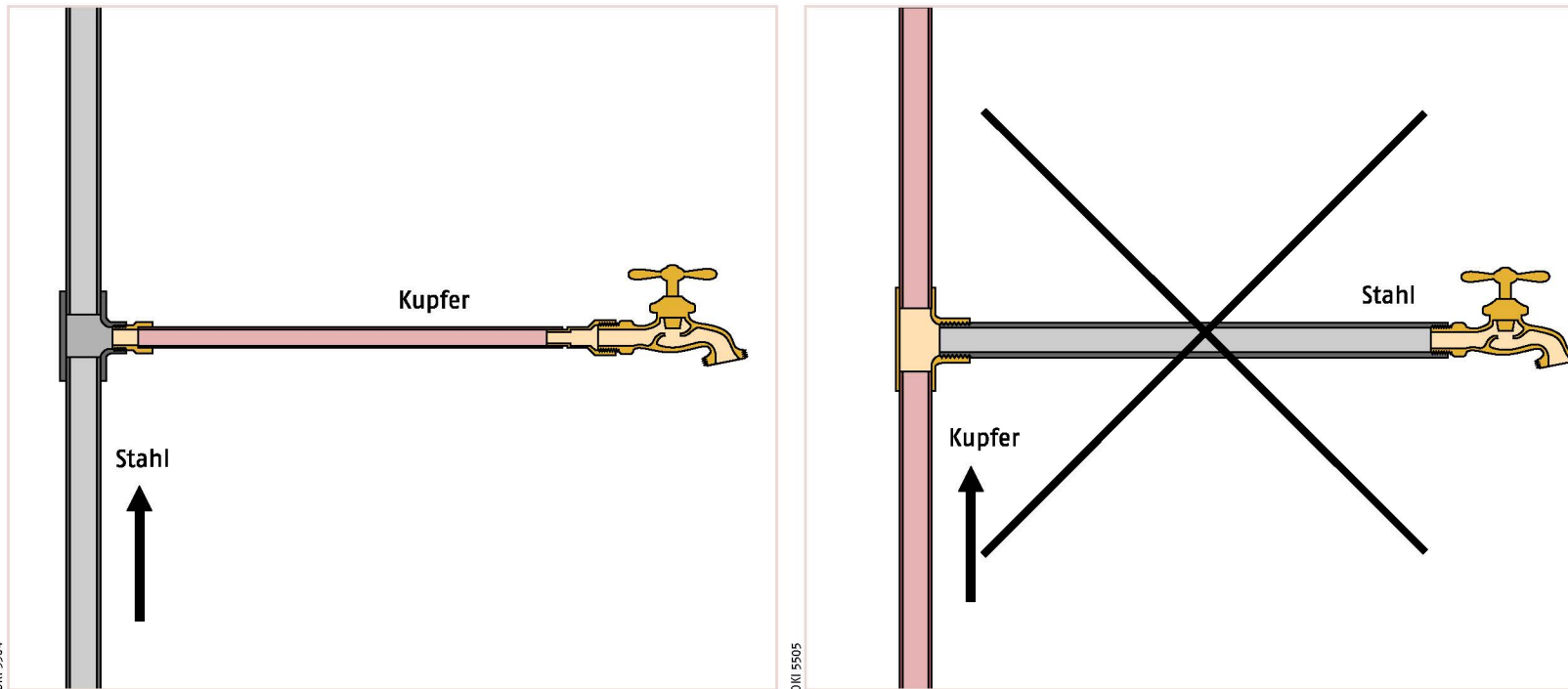
- Längenänderung Δl
- Rohrdurchmesser

Bestimmungsmaß R von Dehnungsausgleichern

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

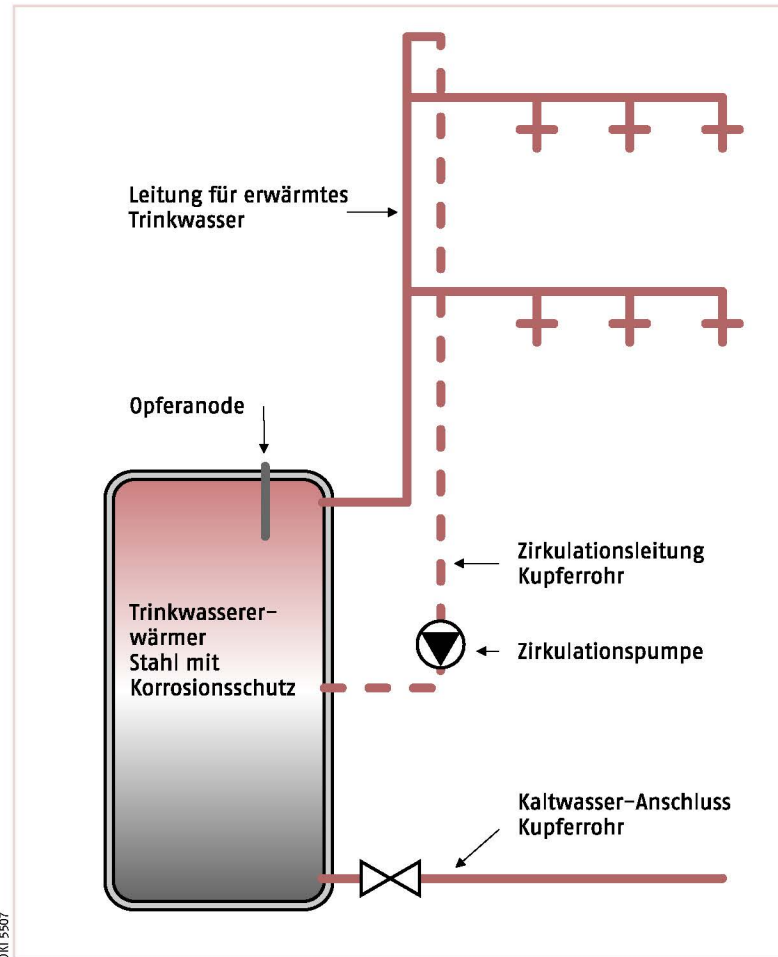
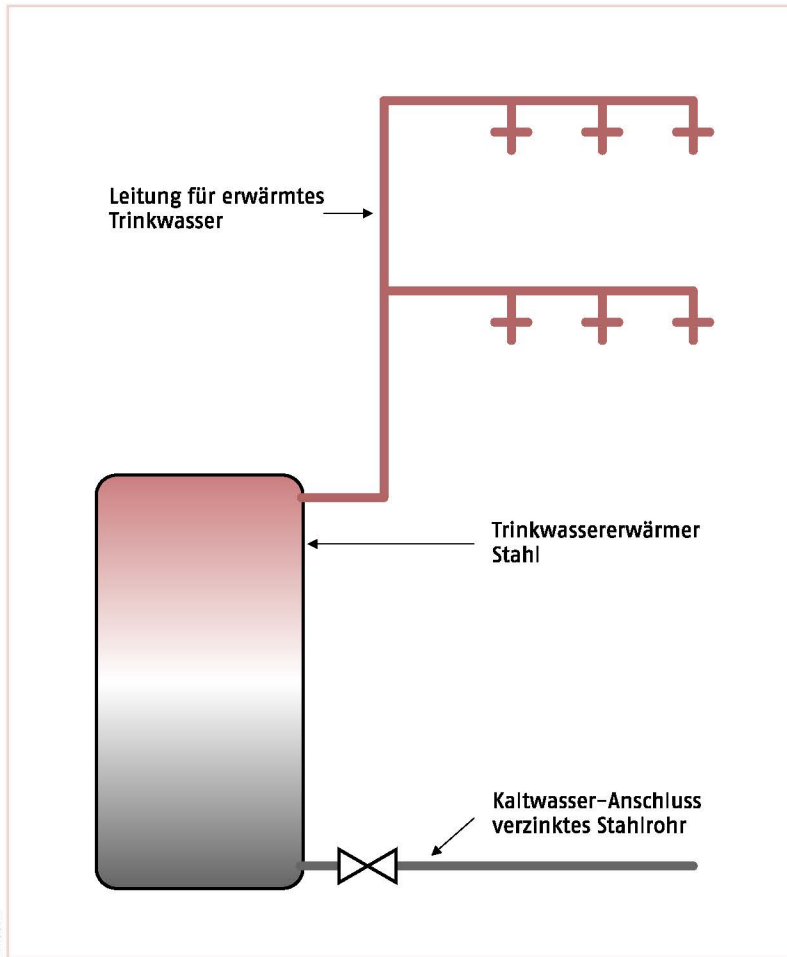
Zwischenwerte können linear interpoliert werden

Fließregel in der Trinkwasserinstallation

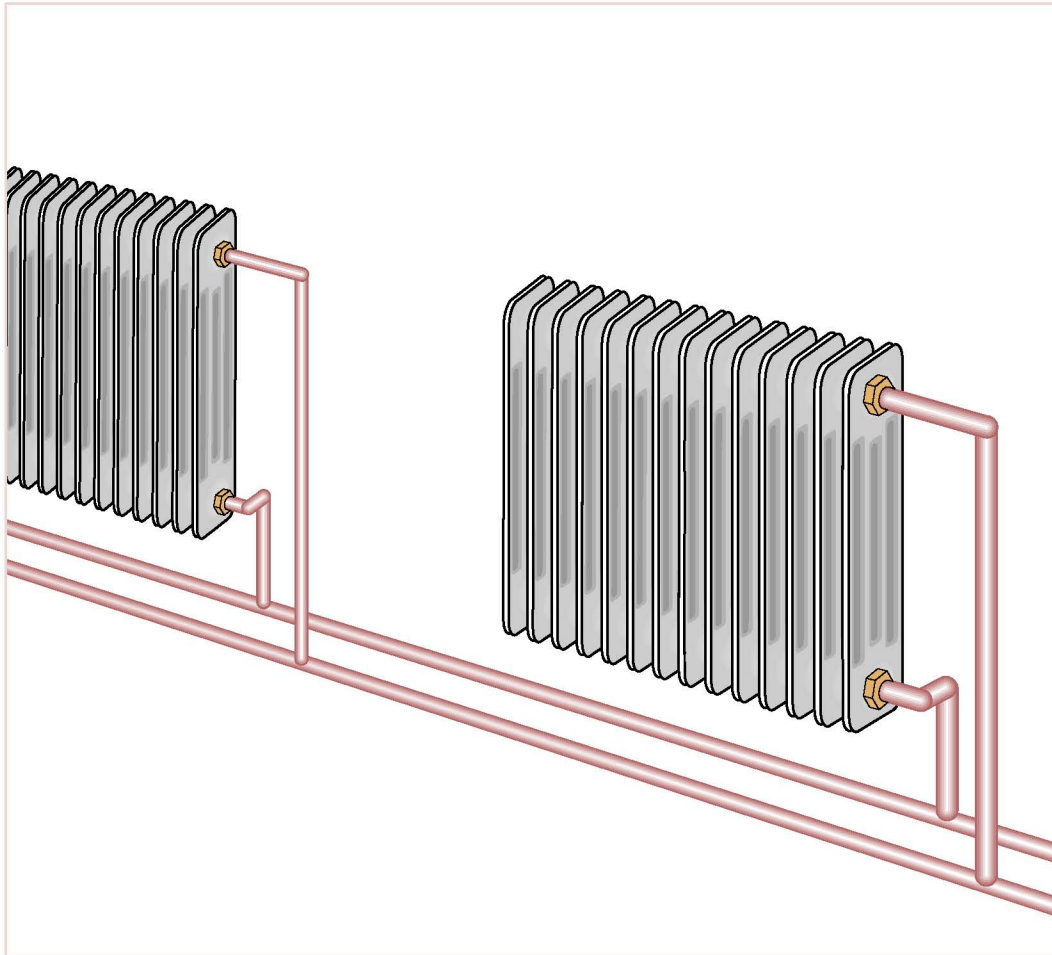


Kupfer in Fließrichtung des Wassers nach Stahl.

Einhaltung der Fließregel bei der Anbindung von Trinkwassererwärmern



Kupfer und Stahl in Heizungsinstallationen

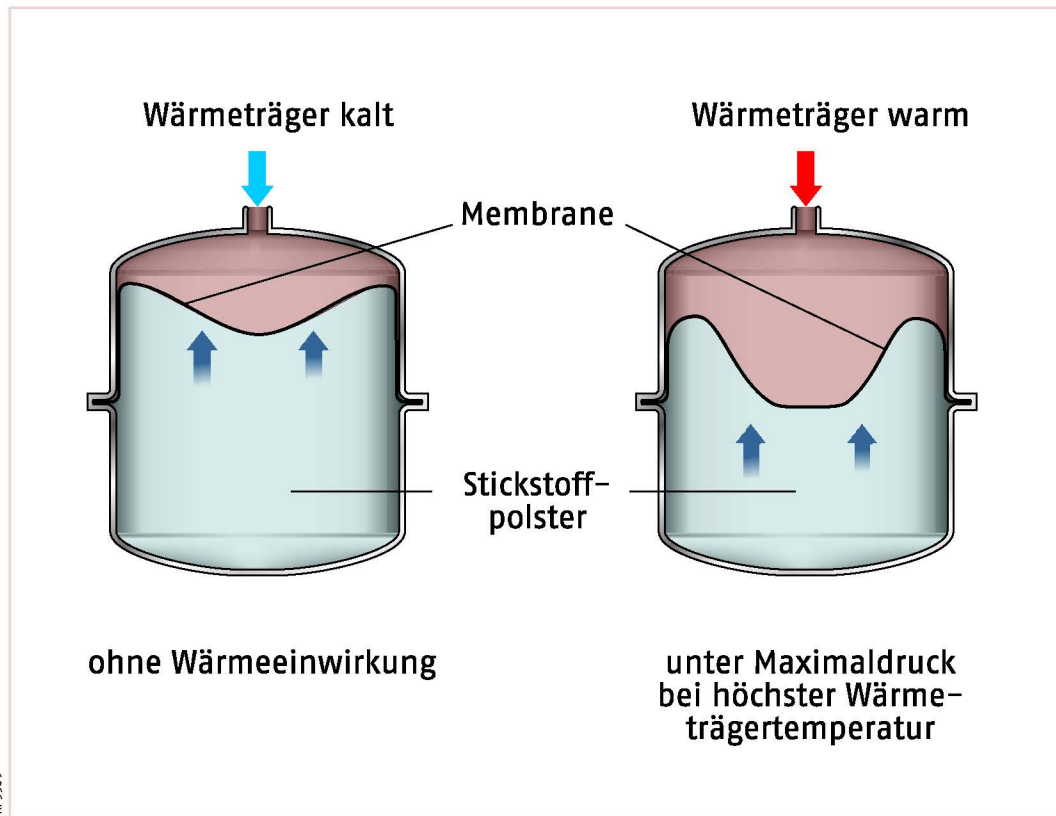


In geschlossenen Heizungsanlagen können Kupferrohre und Stahlheizkörper problemlos kombiniert werden –

die Fließregel braucht nicht befolgt zu werden

(praktisch kein Sauerstoff im Heizwasser)

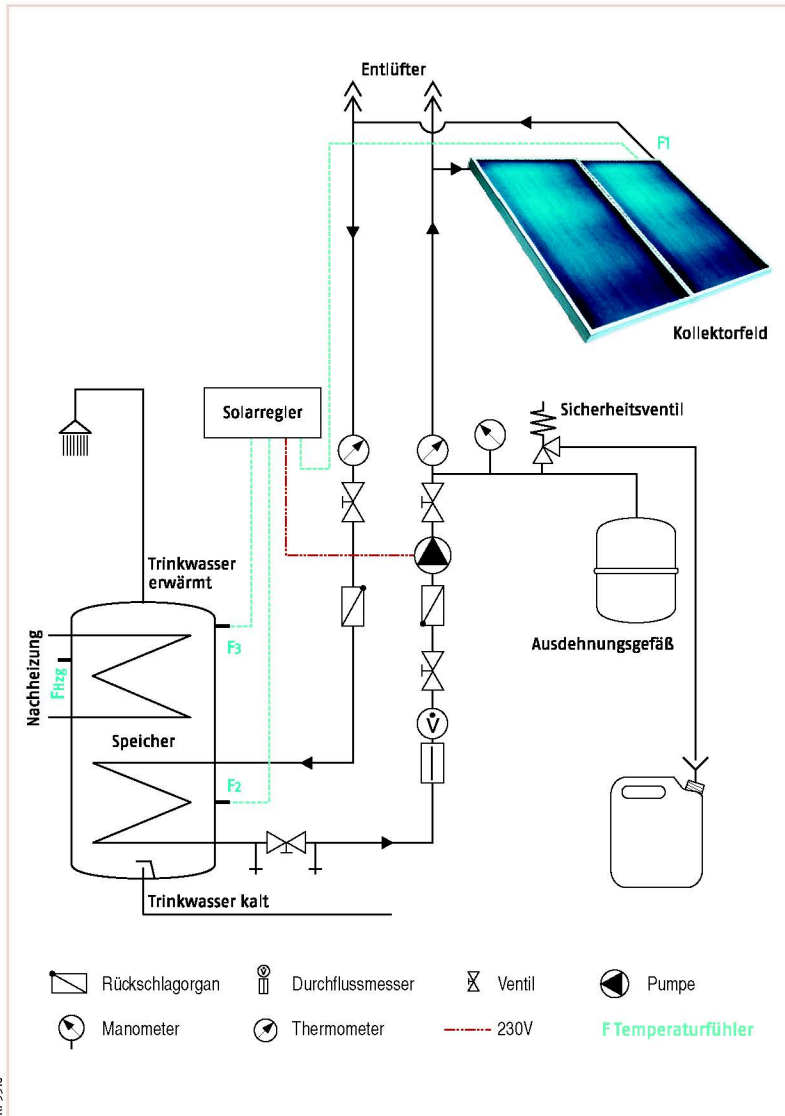
Funktionsweise eines Membranausdehnungsgefäßes



- Aufnahme der Wärmeausdehnung des Heizwassers
- Verhinderung des Eintritts von Luftsauerstoff

Membranausdehnungsgefäße müssen immer genügend groß ausgelegt werden

Einsatz von Kupferrohren in der Solartechnik



Verbindungstechnik:

- Hartlöten
- Klemmringverbindung
- Pressfittings mit speziellem Dichtelement

Membranausdehnungsgefäße müssen immer genügend groß ausgelegt werden