



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# Fachkunde

# Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Bearbeitet von Lehrern an berufsbildenden Schulen und von Ingenieuren  
(siehe Rückseite)

8. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 1521X**

Autoren der „Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik“

Anderer, Ralf	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Borkum
Blickle, Siegfried	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Freudenstadt
Flegel, Robert	Wissenschaftlicher Lehrer	Stuttgart
Grevenstein, Hans-Werner	Dipl.-Ing. (FH)	Wurster Nordseeküste
Härterich, Manfred	M. A., Oberstudiendirektor	Ditzingen
Kruck, Robert	Dipl.-Ing., Energien Systemtechnik	Frankfurt
Uhr, Ulrich	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Rheinfelden

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

Bildbearbeitung:

Irene Lillich, Zeichenbüro, Schwäbisch Gmünd

Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

8. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke der selben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1487-6

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

Umschlagfotos: stock.adobe.com: Ronstik; nikkytok; rh2010; 4th Life Photography; IRINA

Druck: Printer Trento s.r.l., 38121 Trento – Italy

# Einführung

Die im Verlag Europa-Lehrmittel neu erschienene „Fachkunde Installations- und Heizungstechnik“ dient der Aus- und Weiterbildung im Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.

## // Inhalt

Der Inhalt des Buches ist auf die einschlägigen **Bildungspläne der Bundesländer** für Berufliche Schulen und auf die **Verordnung über die Berufsausbildung** zum/ zur Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik des Bundesministeriums abgestimmt. Er umfasst den gesamten Lehrstoff der Berufsschul- bzw. Ausbildungsjahre sowie des Berufskollegs. Die Inhalte entsprechen den für diesen Fachbereich geltenden **technischen Regeln** und den gesetzlichen Verordnungen sowie den **fachbezogenen Vorschriften**, insbesondere den **DIN EN-Normen** und DIN-Normen. Fragen des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit sind bei den jeweiligen Fachbereichen berücksichtigt.

## // Gliederung und Gestaltung

Das Fachbuch umfasst **16 Kapitel**. In den **Kapiteln eins bis fünfzehn** ist die **Installations- und Heizungstechnik** in **fünfzehn Lernfelder** sachlogisch aufgeteilt und dargestellt. Das **Kapitel K** enthält zwei lernfeldübergreifende Kundenaufträge mit Lösungen und weitere Kundenaufträge und Aufgaben. Bei der Gliederung des Buches wurde von einem **Leitprojekt** ausgegangen, das dem Inhaltsverzeichnis vorangestellt ist. Das Leitprojekt ist als Schnitt durch ein Wohngebäude dargestellt und enthält alle erforderlichen Bereiche der Installations- und Heizungstechnik. Die Lernfelder behandeln Teilbereiche und sind dem Leitprojekt entnommen. Jedem Kapitel ist ein **Piktogramm** zugeordnet, das jeweils am Außenrand der Seiten angeordnet ist und auf den Inhalt der Seiten hinweist. Dadurch ist ein schnelles und müheloses Zurechtfinden im Buch gewährleistet.

## // Methodische Konzeption

Jedem Lernfeld ist als Aufgabenstellung ein Kundenauftrag voran gestellt. Das Fachbuch untergliedert die jeweiligen Lernfelder in **technologische, mathematische, zeichnerische** und **arbeitsplanerische** Lerninhalte. Dadurch kann der Unterricht handlungsorientiert gestaltet werden. Merksätze und Formeln sowie **Fragen zur Lernzielkontrolle** sind farblich herausgehoben. Über tausend mehrfarbige Fotos und Zeichnungen, Tabellen und Diagramme ermöglichen es, die Lernfelder selbstständig zu erarbeiten. Die Lernfelder schließen mit der Lösung des Kundenauftrages ab. Zwei weitere Lernsituationen dienen der Vertiefung und Übung des Gelernten. Im letzten Kapitel des Buches wird ein Gesamtprojekt dargestellt, in dem Lerninhalte aus allen Lernfeldern zur Anwendung kommen.

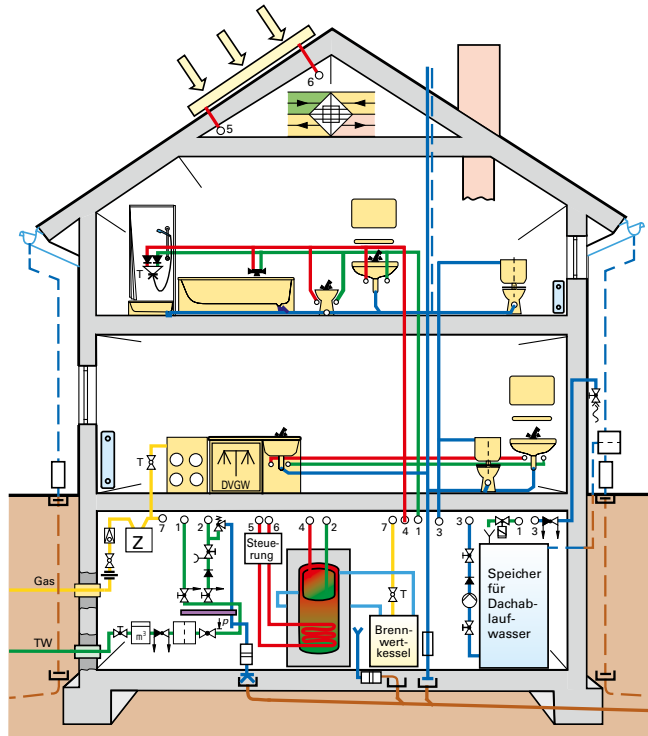
## // Zielgruppen

Die „Fachkunde Installations- und Heizungstechnik“ ist vorrangig als Lernmittel für Schüler, Schülerinnen und Auszubildende in der **Berufsschule**, in der **Berufsfachschule** und im **Berufskolleg** sowie in der **betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildung** konzipiert. Außerdem eignet es sich in der **Meisterschule, Technikerschule** und **Akademie für handwerkliche Berufe** zur Wiedergewinnung und Sicherung des Grundwissens. Daneben kann es in der Praxis als Informationsquelle und als Nachschlagewerk dienen. Das Fachbuch wird auch unter denjenigen Freunden finden, die sich auf ein Studium vorbereiten oder im Praktikum auf fachliche Fragen Antworten suchen.

In der **achten Auflage** sind die Normänderungen sowie der Rahmenlehrplan 2016 berücksichtigt. Einige Abbildungen wurden optimiert und Textstellen aufgrund von Leserhinweisen geändert. Autoren und Verlag danken für die zahlreichen Hinweise zur 1. bis 7. Auflage und freuen sich auf weitere konstruktive Verbesserungsvorschläge an: [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

# Lernfelder

## Leitprojekt



**1 Bauelemente mit handgeführten Werkzeugen fertigen**



**2 Bauelemente mit Maschinen fertigen**



**3 Baugruppen herstellen und montieren**



**4 Technische Systeme instand halten**



**5 Trinkwasseranlagen installieren**



**6 Entwässerungsanlagen installieren**



**7 Wärmeverteileranlagen installieren**



**8 Sanitärräume ausstatten**



**9 Trinkwassererwärmungsanlagen installieren**



**10 Wärmeerzeugungsanlagen für gasförmige Brennstoffe installieren**



**11 Wärmeerzeugungsanlagen für flüssige und feste Brennstoffe installieren**



**12 Ressourcenschonende Wärmeerzeugungsanlagen installieren**



**13 Raumlufttechnische Anlagen installieren**



**14 Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren**



**15 Versorgungstechnische Anlagen instand halten**



**K Kundenaufträge und Aufgaben**



# Inhaltsverzeichnis

## 1 Bauelemente mit handgeführten Werkzeugen fertigen

<b>1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags</b>	13
1.1.1 Lösung des Kundenauftrags	15
1.1.2 Blechbauteil Rinne	17
1.1.3 Rohrkonsole	19
<b>1.2 Werkstofftechnik</b>	21
1.2.1 Einteilung der Werkstoffe	21
1.2.2 Werkstoffeigenschaften	22
1.2.3 Innerer Aufbau der Metalle, Eigenschaften	26
1.2.4 Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	27
1.2.5 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	31
1.2.6 Eisen-Gusswerkstoffe	33
1.2.7 Handelsformen der Stähle	34
1.2.8 Bausteine	36
1.2.9 Kunststoffe	37
<b>1.3 Fertigungstechnik</b>	40
1.3.1 Prüfen	40
1.3.2 Trennen	44
1.3.3 Umformen	48
1.3.4 Fügen	53
1.3.5 Arbeitssicherheit	68
<b>1.4 Arbeitsplanung</b>	72
1.4.1 Zeichnungsnormen	72
1.4.2 Projektionen und räumliche Darstellungen	80
<b>1.5 Technische Berechnungen</b>	86
1.5.1 Lösungsweg technischer Berechnungen	86
1.5.2 Dreisatz- und Prozentrechnen	90
1.5.3 Längen	92
1.5.4 Flächen	97
1.5.5 Volumenberechnung	102
1.5.6 Masse und Dichte	105
1.5.7 Kraft und Gewichtskraft	106
1.5.8 Hebel und Drehmoment	107
1.5.9 Geradlinige und kreisförmige Bewegung	108
1.5.10 Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad	109

## 2 Bauelemente mit Maschinen fertigen

<b>2.1 Aufgaben zum Kundenauftrag</b>	113
2.1.1 Rohrwerkstoffe und Verbindungstechniken	114
2.1.2 Stahlrohre	115

2.1.3 Kupferrohre	118
2.1.4 Kunststoffrohre	119
2.1.5 Metallverbundrohre	119
2.1.6 Informationsmaterial	120
<b>2.2 Lösung des Kundenauftrags</b>	121
<b>2.3 Lernsituationen</b>	123
<b>2.4 Bearbeiten von Kundenaufträgen</b>	124
2.4.1 Betriebliches Leistungsangebot	124
2.4.2 Waren- und Dienstleistungsangebot	125
<b>2.5 Auftragsbeschaffung</b>	126
2.5.1 Betriebskultur	126
2.5.2 Betriebsdarstellung	128
<b>2.6 Angebot</b>	129
2.6.1 Kundenbedürfnisse	129
2.6.2 Kostenrechnen zur Angebotserstellung	131
2.6.3 Angebotserstellung	133
<b>2.7 Auftragsplanung</b>	134
2.7.1 Betriebliche Organisation	134
2.7.2 Auftragsbearbeitung	135
<b>2.8 Ausführung und Übergabe</b>	135
2.8.1 Qualität der Handwerkerleistung	135
2.8.2 Auftragsausführung	137
2.8.3 Abnahme und Übergabe	137
2.8.4 Abrechnung und Nachkalkulation	138
2.8.5 Kundenservice und Kundenbetreuung	139
<b>2.9 Lösung des Kundenauftrages</b>	142

## 3 Baugruppen herstellen und montieren

<b>3.1 Abwicklung des Kundenauftrages</b>	146
<b>3.2 Aufgaben zum Kundenauftrag</b>	147
<b>3.3 Informationsmaterial</b>	147
3.3.1 Installationssysteme	147
3.3.2 Beispiel eines Vorwandsystems	148
3.3.3 Urinalsteuerungen	150
<b>3.4 Lösung des Kundenauftrags</b>	151
<b>3.5 Lernsituation 1</b>	154
<b>3.6 Lernsituation 2</b>	154
<b>3.7 Bauzeichnungen</b>	155
<b>3.8 Darstellung von SHK-Bauteilen und SHK-Anlagen</b>	158
3.8.1 Schemazeichnungen	158
3.8.2 Montageskizzen	161

## 4 Technische Systeme instand halten

<b>4.1 Grundbegriffe der Instandhaltung</b>	167
<b>4.2 Inspektions- und Wartungsplan</b>	168

<b>6.1</b>	<b>Abwasserentsorgung</b>	313
6.1.1	Öffentliche Abwasserentsorgung	314
6.1.2	Private Abwasserentsorgung	315
6.1.3	Gesetzliche Grundlagen der Abwasserentsorgung	316
<b>6.2</b>	<b>Entwässerungsanlagen</b>	316
6.2.1	Leitungsabschnitte	317

6.2.2	Rohrwerkstoffe und Verbindungstechniken bei Abwasserleitungen . . . . .	317	6.12	<b>Lernsituationen</b> . . . . .	368
6.2.3	Verlegen von Abwasserleitungen . . . . .	323	6.12.1	Bearbeitung des Kundenauftrages . . . . .	368
6.2.4	Befestigung von Abwasserleitungen . . . . .	332	6.12.2	Lernsituationen, Beispiele . . . . .	373
6.2.5	Ablaufstellen . . . . .	333			
<b>6.3</b>	<b>Rückhalten schädlicher Stoffe</b> . . . . .	334	<b>7</b>	<b>Wärmeverteileranlagen installieren</b>	
6.3.1	Sand- und Schlammfänge . . . . .	335	<b>7.1</b>	<b>Energie – Wärme – Temperatur</b> . . . . .	375
6.3.2	Fettabscheider . . . . .	335	<b>7.2</b>	<b>Temperaturmessung</b> . . . . .	378
6.3.3	Leichtflüssigkeitsabscheider . . . . .	336	<b>7.3</b>	<b>Thermische Ausdehnung</b> . . . . .	379
6.3.4	Stärkeabscheider . . . . .	337	7.3.1	Längenausdehnung . . . . .	380
6.3.5	Neutralisationsanlagen . . . . .	338	7.3.2	Volumenänderung . . . . .	381
<b>6.4</b>	<b>Schutz gegen Rückstau</b> . . . . .	339	7.3.3	Volumenänderung bei Wasser . . . . .	382
6.4.1	Hebeanlagen . . . . .	339	7.3.4	Volumenänderung bei Gasen . . . . .	383
6.4.2	Rückstauverschlüsse . . . . .	340	<b>7.4</b>	<b>Wärmemenge</b> . . . . .	383
6.4.3	Rückstaupumpenanlagen . . . . .	343	7.4.1	Wärmemenge bei Temperaturänderung . . . . .	383
<b>6.5</b>	<b>Darstellung von Entwässerungsanlagen</b> . . . . .	343	7.4.2	Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes . . . . .	384
6.5.1	Sinnbilder, Leitungsarten . . . . .	344	<b>7.5</b>	<b>Wärmeleistung</b> . . . . .	385
6.5.2	Zeichnungsarten . . . . .	345	<b>7.6</b>	<b>Wärmeübertragung</b> . . . . .	386
<b>6.6</b>	<b>Dachentwässerung, Dachrinnen</b> . . . . .	347	<b>7.7</b>	<b>Wärmeverteilungssysteme</b> . . . . .	389
6.6.1	Ablaufverhalten des Regenwassers . . . . .	347	7.7.1	Obere Verteilung . . . . .	390
6.6.2	Dacharten . . . . .	347	7.7.2	Untere Verteilung . . . . .	390
6.6.3	Bezeichnung der Dachteile . . . . .	348	7.7.3	Zweirohrheizung . . . . .	390
6.6.4	Werkstoffe zur Ableitung des Niederschlagwassers . . . . .	348	7.7.4	Einrohrheizung . . . . .	391
6.6.5	Dachrinnen . . . . .	350	7.7.5	Stockwerks- und Etagenheizungen . . . . .	392
<b>6.7</b>	<b>Regenfallrohre</b> . . . . .	352	7.7.6	Rohrarten . . . . .	392
6.7.1	Regenfallrohre mit Teilfüllung . . . . .	352	<b>7.8</b>	<b>Heizungspumpen</b> . . . . .	394
6.7.2	Dachentwässerung mit Druckströmung . . . . .	354	7.8.1	Pumpenwasserheizung . . . . .	394
<b>6.8</b>	<b>Nutzung von Dachablaufwasser</b> . . . . .	354	7.8.2	Pumpenbauart und Funktion . . . . .	394
<b>6.9</b>	<b>Verwahrungen</b> . . . . .	356	7.8.3	Montage der Heizungspumpe . . . . .	395
6.9.1	Kehlbleche . . . . .	356	7.8.4	Pumpenauswahl . . . . .	396
6.9.2	Mauer- und Gesimsabdeckungen . . . . .	357	7.8.5	Regelbare Heizungspumpen . . . . .	397
6.9.3	Ortgangbleche, Dachrandabschlüsse . . . . .	357	<b>7.9</b>	<b>Heizflächen</b> . . . . .	399
6.9.4	Maueranschlüsse . . . . .	357	7.9.1	Heizkörperanordnung . . . . .	399
6.9.5	Einfassen von Schornsteinen und Gauben . . . . .	358	7.9.2	Heizkörperarten . . . . .	400
<b>6.10</b>	<b>Arbeitssicherheit</b> . . . . .	358	7.9.3	Flächenheizung . . . . .	404
6.10.1	UVV bei Dacharbeiten . . . . .	358	<b>7.10</b>	<b>Heizungsarmaturen</b> . . . . .	409
6.10.2	UVV bei Arbeiten in Gräben . . . . .	359	7.10.1	Absperr- und Regelarmaturen in Rohrleitungen . . . . .	410
<b>6.11</b>	<b>Berechnungen bei Entwässerungsanlagen</b> . . . . .	360	7.10.2	Armaturen an Heizkörpern . . . . .	413
6.11.1	Gefälle . . . . .	360	7.10.3	Heizungsverteiler und Sammler . . . . .	415
6.11.2	Schmutzwasserabfluss . . . . .	361	<b>7.11</b>	<b>Montage der Heizungsanlage</b> . . . . .	417
6.11.3	Längenänderung durch Temperaturänderung . . . . .	364	7.11.1	Montage der Rohrleitungen . . . . .	417
6.11.4	Bemessung von Dachrinnen und Regenfallrohren . . . . .	365	7.11.2	Montage der Heizkörper . . . . .	420
			7.11.3	Montage der Fußbodenheizung . . . . .	421
			7.11.4	Füllen, Entlüften und Entleeren . . . . .	422
			7.11.5	Hydraulischer Abgleich . . . . .	423
			7.11.6	Wärmedämmung der Heizungsrohre . . . . .	424
			7.11.7	Korrosionsschutz in Heizungsanlagen . . . . .	425
			<b>7.12</b>	<b>Darstellung von Wärmeverteilungsanlagen</b> . . . . .	425

7.12.1	Erstellen von Zeichnungen . . . . .	425	8.9.3	Klosettanlagen . . . . .	483
7.12.2	Erstellen von Materiallisten. . . . .	428	8.9.4	Urinalanlagen . . . . .	487
<b>7.13</b>	<b>Berechnungen zu</b>		8.9.5	Badewannenanlagen . . . . .	489
	<b>Wärmeverteilungsanlagen</b> . . . . .	430	8.9.6	Duschanlagen . . . . .	493
7.13.1	Wärmedurchgang . . . . .	430	8.9.7	Spülbeckenanlagen . . . . .	496
7.13.2	Wärmedurchgangskoeffizient. . . . .	431	<b>8.10</b>	<b>Abnahme und Übergabe von</b>	
7.13.3	Heizlastberechnung . . . . .	433		<b>Sanitärräumen</b> . . . . .	499
7.13.4	Auslegung von Heizflächen . . . . .	435	8.10.1	Pflegehinweise der sanitären	
7.13.5	Dimensionierung des Rohrnetzes . . . . .	437		Einrichtungen in Bade- und	
7.13.6	Auswahl von Umwälzpumpen . . . . .	440		WC-Räumen. . . . .	499
<b>7.14</b>	<b>Lösung des Kundenauftrages</b> . . . . .	442	8.10.2	Übergabe des Sanitärraums an den	
7.14.1	Vorüberlegungen zum Auftrag . . . . .	442		Kunden . . . . .	501
7.14.2	Kundengespräch . . . . .	442	<b>8.11</b>	<b>Lösung des Kundenauftrags</b> . . . . .	503
7.14.3	Vorschlag zur Raumbeheizung . . . . .	443	8.11.1	Bauplan und Bauausführung. . . . .	503
7.14.4	Berechnungen zur Raumheizung . . . . .	443	8.11.2	Einrichtungsvorschläge. . . . .	503
7.14.5	Kostenvoranschlag . . . . .	444	8.11.3	3D-Darstellung der	
7.14.6	Arbeitsablauf. . . . .	444		Planungsvorschläge . . . . .	505
<b>7.15</b>	<b>Lernsituationen zu</b>		8.11.4	Detailplanung . . . . .	506
	<b>Wärmeverteilungsanlagen</b> . . . . .	445	<b>8.12</b>	<b>Lernsituationen, Beispiele</b> . . . . .	509
<b>8</b>	<b>Sanitärräume ausstatten</b>		<b>9</b>	<b>Trinkwassererwärmungsanlagen</b>	
	<b>installieren</b>				
<b>8.1</b>	<b>Planungsgrundlagen für</b>		<b>9.1</b>	<b>Warmwasserbedarf</b> . . . . .	511
	<b>Sanitärräume</b> . . . . .	447	9.1.1	Warmwasserbedarf im	
8.1.1	Ausstattung von Sanitärräumen. . . . .	448		Wohnungsbau. . . . .	512
8.1.2	Stellflächen, seitliche Abstände und		9.1.2	Warmwasserbedarf im Gewerbe. . . . .	513
	Bewegungsflächen. . . . .	448	<b>9.2</b>	<b>Wärmegewinnung</b> . . . . .	513
8.1.3	Planungsgrundlagen für Bäder und		<b>9.3</b>	<b>Wärmetauscher</b> . . . . .	515
	WC-Räume . . . . .	449	9.3.1	Wärmetauscher für Abgase . . . . .	515
8.1.4	Barrierefreie Sanitärräume . . . . .	450	9.3.2	Wärmetauscher für Flüssigkeiten. . . . .	516
8.1.5	Planungsgrundlagen für Küchen. . . . .	451	9.3.3	Wärmetauscher bei elektrischer	
<b>8.2</b>	<b>Erdung, elektrische</b>			Trinkwassererwärmung . . . . .	518
	<b>Schutzbereiche und Schutzarten</b> . . . . .	454	<b>9.4</b>	<b>Bauarten von</b>	
<b>8.3</b>	<b>Vorwandinstallation</b> . . . . .	455		<b>Trinkwassererwärmern</b> . . . . .	519
<b>8.4</b>	<b>Abdichtung von Flächen und</b>		9.4.1	Funktionsprinzipien von	
	<b>Fugen</b> . . . . .	459		Trinkwassererwärmern. . . . .	520
<b>8.5</b>	<b>Fliesengerechte Installation</b> . . . . .	460	9.4.2	Elektrische Trinkwassererwärmer . . . . .	525
<b>8.6</b>	<b>Lüftung innenliegender</b>		9.4.3	Gasbeheizte Trinkwassererwärmer . . . . .	539
	<b>Sanitärräume</b> . . . . .	462	9.4.4	Indirekt beheizte Trinkwasser-	
<b>8.7</b>	<b>Werkstoffe für</b>			erwärmer . . . . .	547
	<b>Sanitärgegenstände</b> . . . . .	464	9.4.5	Solarbeheizte Trinkwassererwärmer . . . . .	548
8.7.1	Keramische Werkstoffe . . . . .	464	9.4.6	Wärmepumpen. . . . .	557
8.7.2	Metallische Werkstoffe. . . . .	465	<b>9.5</b>	<b>Leitungsanlagen für</b>	
8.7.3	Kunststoffe . . . . .	465		<b>Trinkwassererwärmer</b> . . . . .	559
<b>8.8</b>	<b>Sanitärarmaturen</b> . . . . .	467	9.5.1	Trinkwasseranschlüsse von	
8.8.1	Absperrarmaturen. . . . .	467		Wassererwärmern . . . . .	559
8.8.2	Auslaufarmaturen . . . . .	468	9.5.2	Verteilssysteme für Warmwasser . . . . .	561
8.8.3	Ablaufarmaturen, Spülkästen . . . . .	474	9.5.3	Begleitheizung. . . . .	566
<b>8.9</b>	<b>Sanitäre Anlagen</b> . . . . .	478	9.5.4	Wärmedämmung . . . . .	567
8.9.1	Waschbecken und		<b>9.6</b>	<b>Darstellung von Trinkwasser-</b>	
	Waschtischanlagen. . . . .	478		<b>Erwärmungsanlagen</b> . . . . .	568
8.9.2	Sitzwaschbeckenanlagen. . . . .	481			



<b>9.7 Berechnungen bei Trinkwasser-Erwärmungsanlagen</b> . . . . .	570	10.5.3 Abgasrohre . . . . .	624
9.7.1 Wassermischung . . . . .	570	10.5.4 Schornsteine (Abgasleitungen) . . . . .	625
9.7.2 Berechnung von Temperaturen . . . . .	571	<b>10.6 Brennstoffversorgungsanlage</b> . . . . .	631
9.7.3 Berechnung von Wassermengen . . . . .	571	10.6.1 Öffentliche Gasversorgung . . . . .	631
9.7.4 Energie und Leistung . . . . .	574	10.6.2 Lagerung von Flüssiggas . . . . .	632
9.7.5 Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung . . . . .	578	10.6.3 Erdgasleitungen . . . . .	636
<b>9.8 Lösung des Kundenauftrags</b> . . . . .	579	10.6.4 Flüssiggasleitungen . . . . .	639
<b>9.9 Lernsituationen</b> . . . . .	581	10.6.5 Prüfen von Gasleitungen . . . . .	639
9.9.1 Erweiterung in einer Waschküche . . . . .	581	10.6.6 Inbetriebnahme von Gasleitungen . . . . .	640
9.9.2 Änderung einer zentralen Trinkwassererwärmungsanlage . . . . .	582	10.6.7 Arbeiten an gasführenden Leitungen . . . . .	641
9.9.3 Solaranlage . . . . .	582	10.6.8 Prüfen von Flüssiggasanlagen . . . . .	643
9.9.4 Auswirkungen des Austausches eines Kessels auf die Trinkwassererwärmung . . . . .	583	<b>10.7 Inbetriebnahme von Gasanlagen</b> . . . . .	643
9.9.5 Indirekt beheizten Trinkwassererwärmer anschließen . . . . .	583	10.7.1 Information zur Inbetriebnahme . . . . .	643
<b>10 Wärmeerzeugungsanlagen für gasförmige Brennstoffe installieren</b>		10.7.2 Einlassen von Gas . . . . .	643
<b>10.1 Unterscheidung der Wärmeerzeugungsanlagen</b> . . . . .	587	10.7.3 Einstellen von Gaswärmeezeugern . . . . .	644
10.1.1 Wärmeträger- oder Heizmedium . . . . .	587	10.7.4 Funktionsprüfung der Abgasanlage . . . . .	645
10.1.2 Art und Entstehung von gasförmigen Brennstoffen . . . . .	588	10.7.5 Unterrichtung des Betreibers . . . . .	647
10.1.3 Bauarten der Wärmeerzeuger . . . . .	589	<b>10.8 Darstellung von Wärmeezeugern</b> . . . . .	649
10.1.4 Brennraumkonstruktion . . . . .	590	10.8.1 Erstellen von Zeichnungen . . . . .	649
10.1.5 Gasbrenner . . . . .	591	10.8.2 Erstellung von Materiallisten . . . . .	650
<b>10.2 Aufstellungsrichtlinien für Wärmeerzeuger</b> . . . . .	593	<b>10.9 Berechnungen bei Wärmeezeugern</b> . . . . .	651
10.2.1 Allgemeine Festlegungen für Aufstellräume . . . . .	594	10.9.1 Energiebedarf zur Stofferwärmung . . . . .	651
10.2.2 Zusätzliche Festlegungen für Aufstellräume . . . . .	594	10.9.2 Geräteleistung und Wirkungsgrad . . . . .	653
10.2.3 Unterscheidungsmerkmale der Gasgeräte . . . . .	594	10.9.3 Anschluss- und Einstellwerte . . . . .	655
10.2.4 Funktion von Gas-Wärmeezeugern . . . . .	604	10.9.4 Abgasverluste und Wirkungsgrade . . . . .	656
<b>10.3 Sicherheitstechnische Ausrüstung</b> . . . . .	612	10.9.5 Abgasvolumen und Verbindungsstücke . . . . .	659
10.3.1 Bauart der Anlage . . . . .	612	<b>10.10 Lösung des Kundenauftrags</b> . . . . .	661
10.3.2 Vorlauftemperatur und Brennstoffart . . . . .	613	10.10.1 Vorüberlegung und Vorgehensweise . . . . .	661
10.3.3 Funktion der Sicherheitseinrichtungen . . . . .	615	10.10.2 Kundengespräch . . . . .	661
<b>10.4 Verbrennung</b> . . . . .	618	10.10.3 Berechnungen zum Wärmeezeuger . . . . .	662
10.4.1 Verbrennungsvorgang . . . . .	618	10.10.4 Materialzusammenstellung . . . . .	663
10.4.2 Verbrennungsprodukt . . . . .	620	10.10.5 Montage des Wärmeezeugers . . . . .	664
<b>10.5 Abgasanlage</b> . . . . .	621	10.10.6 Inbetriebnahme des Wärmeezeugers . . . . .	665
10.5.1 Strömungssicherung . . . . .	621	<b>10.11 Lernsituation</b> . . . . .	666
10.5.2 Abgasklappen . . . . .	623	<b>11 Wärmeerzeugungsanlagen für flüssige und feste Brennstoffe installieren</b>	
		<b>11.1 Wärmeerzeugungsanlagen und ihre Unterscheidungen</b> . . . . .	669
		11.1.1 Wärmeträger- oder Heizmedium . . . . .	670
		11.1.2 Art der Brennstoffe . . . . .	670
		11.1.3 Bauart . . . . .	672
		11.1.4 Brennraumkonstruktion . . . . .	673
		11.1.5 Brenner . . . . .	674
		<b>11.2 Aufstellungsrichtlinien für Wärmeezeuger</b> . . . . .	679
		11.2.1 Allgemeine Festlegungen für Aufstellräume . . . . .	680

## 12 Ressourcenschonende Wärme- erzeugungsanlagen installieren

<b>13.8 Berechnungen zu RLT-Anlagen</b>	800
13.8.1 Außenluftströme	800
13.8.2 Zu- und Abluftmengen	800
13.8.3 Dimensionierung von Lüftungskanälen	801
13.8.4 Zustandsänderungen der Luft	802
13.8.5 Luftmischung	803
13.8.6 Lufterwärmung	804
<b>13.9 Kontrollierte Wohnraumlüftung</b>	804
13.9.1 Abluftanlagen mit Abluftventilatoren	805
13.9.2 Zentrale Abluftanlagen ohne WRG	806
13.9.3 Wohnungs-Lüftungssysteme mit WRG	807
<b>13.10 Lösung des Kundenauftrags</b>	808
<b>13.11 Lernsituationen</b>	809

#### 14 Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren

<b>14.1 Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik</b>	811
14.1.1 Aufbau und Wirkungsweise einer Steuerung	811
14.1.2 Arten der Steuerungen	814
14.1.3 Aufbau und Wirkungsweise einer Regelung	815
<b>14.2 Regelung von Heizungsanlagen</b>	817
14.2.1 Regelung der Kesselwassertemperatur	818
14.2.2 Regelung der Vorlauftemperatur	819
14.2.3 Regelung der Raumtemperatur	820
14.2.4 Beimischregelung	822
<b>14.3 Brennersteuerung</b>	823
14.3.1 Feuerungsautomat	824
<b>14.4 Temperaturregelung beim TWE</b>	825
14.4.1 Speicher-Vorrangschaltung	825
14.4.2 Verminderung von Legionellenwachstum	825
14.4.3 Zirkulationspumpen-Steuerung	825
<b>14.5 Darstellung von Heizungsregelungen</b>	826
14.5.1 Funktionsablauf	826
14.5.2 Stromlaufplan	826
14.5.3 Verdrahtungspläne	827
14.5.4 Vernetzungspläne	827
<b>14.6 Gebäudeleittechnik</b>	828
14.6.1 BUS-Systeme	829
14.6.2 Funksystem	829
14.6.3 BUS- und Funksystem	831
14.6.4 Gebäudeüberwachung	831
<b>14.7 Lösung des Kundenauftrags</b>	833
14.7.1 Vorhandene Gebäudedaten	833

14.7.2 Vorüberlegungen	833
14.7.3 Kundengespräch	833
14.7.4 Kostenzusammenstellung	834
<b>14.8 Lernsituationen</b>	835
<b>14.9 Gebäudeautomation</b>	836
14.9.1 Anlagen mit Gebäudeleittechnik	836
14.9.2 Anlagen mit Gebäudesystemtechnik	837
14.9.3 Struktur einer Anlage mit Gebäudesystemtechnik	838
14.9.4 Programmierung der Busteilnehmer	839
14.9.5 EIB-Anwendung	841

#### 15 Versorgungstechnische Anlagen instand halten

<b>15.1 Inspektions- und Wartungspläne</b>	845
15.1.1 Instandhaltung	845
15.1.2 Instandhaltung von Trinkwasseranlagen und Trinkwasser-Erwärmungsanlagen	846
15.1.3 Instandhaltung von Entwässerungsanlagen	848
15.1.4 Instandhaltung von Regenwassernutzungsanlagen	849
15.1.5 Instandhaltung von Heizungsanlagen	849
15.1.6 Instandhaltung RLT-Anlagen	853
15.1.7 Instandhaltung von Solaranlagen	856
<b>15.2 Protokolle zu Inbetriebnahme-, Übergabe- und Instandhaltungsarbeiten</b>	856
15.2.1 Erstellung von Protokollen	857
<b>15.3 Wartungsverträge</b>	857
15.3.1 Abfassen von Wartungs- oder Instandhaltungsverträgen	857
<b>15.4 Herstellerunterlagen</b>	858
<b>15.5 Lösung des Kundenauftrags</b>	859
<b>15.6 Lernsituationen</b>	859

#### K Kundenaufträge und Aufgaben

<b>K1 Kundenauftrag zur Wasser- und Umwelttechnik</b>	861
<b>K2 Kundenauftrag zur Wärme- und Lufttechnik</b>	870
<b>K3 Aufgaben zur Wassertechnik</b>	878
<b>K4 Aufgaben zur Wärmetechnik</b>	879
<b>K5 Aufgaben zu Lufttechnik</b>	880
<b>K6 Aufgaben zur Umwelttechnik</b>	881
<b>Sachwortverzeichnis</b>	882
<b>Bildquellenverzeichnis</b>	898

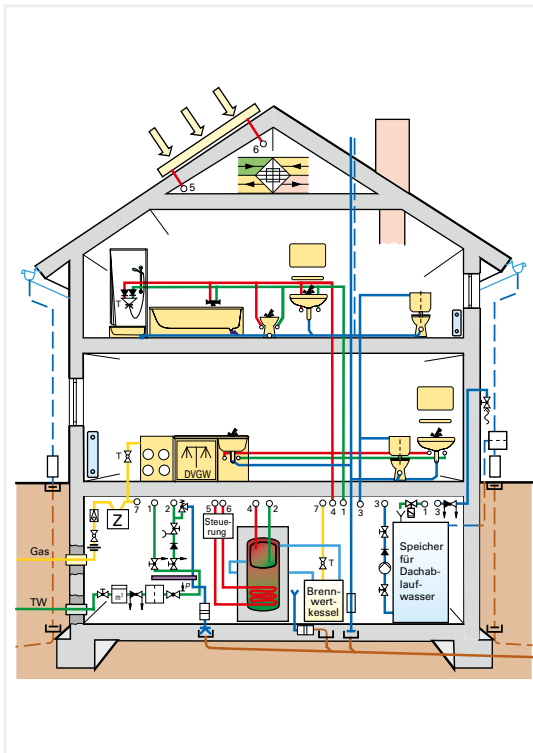


# 01

## Bauelemente mit handgeführten Werkzeugen fertigen

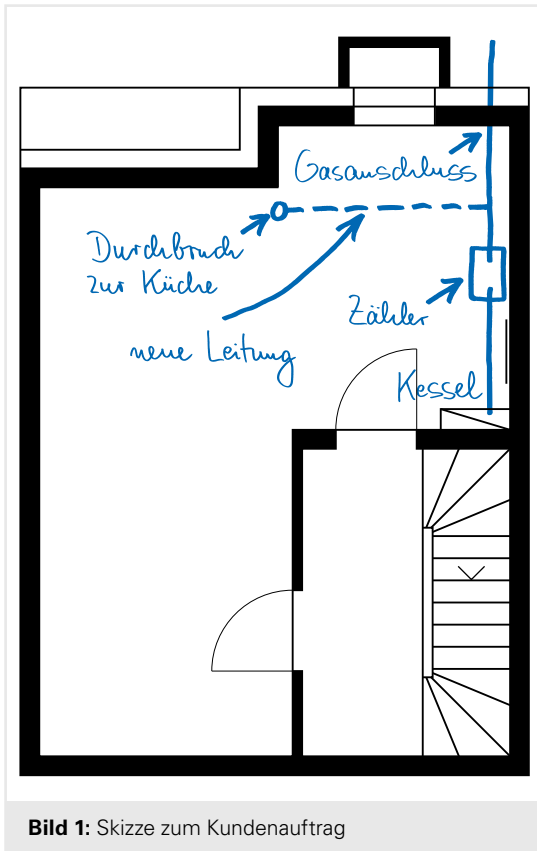
*Processing and finishing of system components with handheld tools*

### Leitprojekt

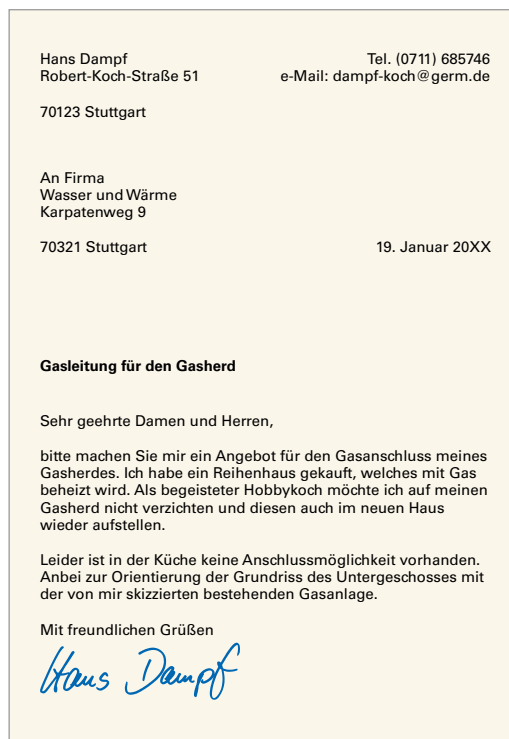


- 1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags**  
*Execution of a customer order*
- 1.2 Werkstofftechnik**  
*Materials technology*
- 1.3 Fertigungstechnik**  
*Manufacturing technology*
- 1.4 Arbeitsplanung**  
*Work planning*
- 1.5 Technische Berechnungen**  
*Technical calculations*

### Kundenauftrag



**Bild 1:** Skizze zum Kundenauftrag



**Bild 2:** Anfrage eines Kunden

## 1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags

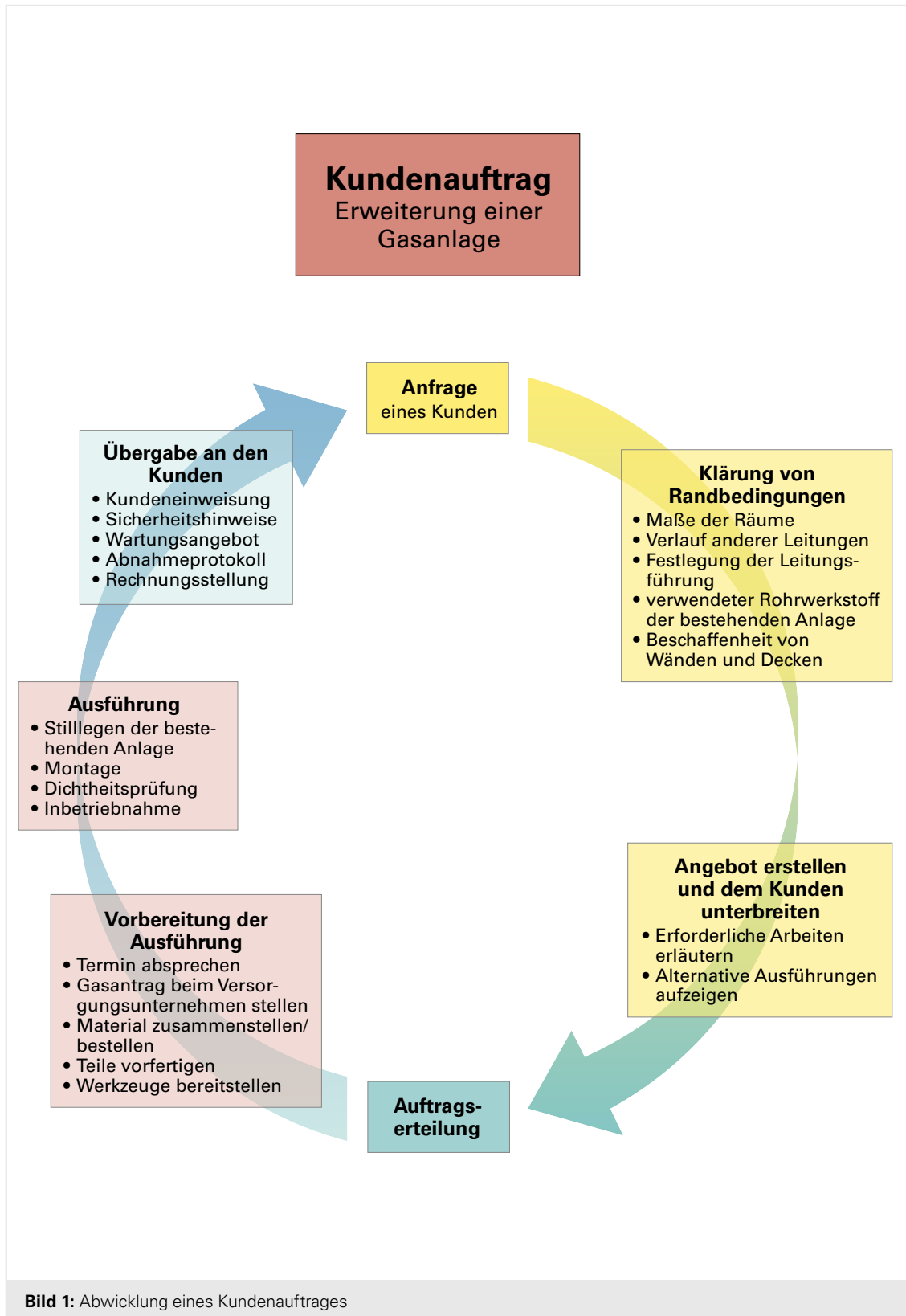
Jeder Auftrag erfordert eine Vielzahl von Tätigkeiten, welche von den verschiedenen Mitarbeitern des ausführenden Betriebes zu erledigen sind. Für den Auszubildenden nehmen Umfang und Schwierigkeitsgrad der Arbeiten bis zur Gesellenprüfung zu. Vom Gesellen wird die selbstständige Ausführung des technischen Anteils der Aufträge erwartet (**Bild 1, Seite 14**).

Bei diesem ersten Kundenauftrag werden die Tätigkeiten des Auszubildenden vom Gesellen oder Meister kontrolliert und beschränken sich auf:

- Anfertigen von Maßskizzen der bestehenden und der geplanten Leitungen,
- Zusammenstellen des benötigten Materials für die Rohrleitung und deren Befestigung,
- Vergleichen der Material- und Arbeitszeitkosten für die Ausführung mit Winkeln und dem Biegen des Rohres,
- Begründen der günstigeren Ausführung bezüglich Preis und technischen Vorteilen,
- Zusammenstellen der benötigten Materialien und Werkzeuge und
- Montage der Leitungen.

Dem Gesellen und Meister bleiben alle übrigen der in Bild 1 (Seite 14) dargestellten Aufgaben. Der Auszubildende sollte von Anfang an versuchen, eine Vorstellung über das Zusammenwirken aller im Betrieb tätigen Personen zu entwickeln, um seine eigene Rolle realistisch einzuschätzen und aktiv auszufüllen.

Ein Einblick in den Umfang der späteren Tätigkeiten als Geselle wird in Kapitel 2.4 gegeben.



## 1.1.1 Lösung des Kundenauftrags

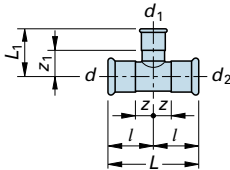
Nach der Besichtigung beim Kunden erstellt der Auszubildende eine Maßskizze des Untergeschosses. Der Deckenabstand der bestehenden Leitung beträgt 10 cm. Den Deckendurchbruch hat der Auftraggeber bereits hergestellt. Die Leitung für den Gasherd kann erst nach dem Zähler von der bestehenden Leitung zum Kessel abzweigen (**Bild 1**).

In der Küche soll der Gasherd über Eck eingebaut werden. Die Leitung endet an einer Gassteckdose mit thermischer Absperreinrichtung 75 cm über dem Fertigfußboden. Die Decke ist 20 cm dick, der Fußbodenaufbau beträgt 12 cm. In der Arbeitsplatte ist eine Lüftungsöffnung bereits vorgesehen. Die Küche hat das für die Aufstellung eines Gasherd erforderliche Raumvolumen und ein Fenster ins Freie, das geöffnet werden kann (**Bild 2**).

Der räumliche Verlauf der Leitung ist unmaßstäblich in einem Raumschema dargestellt (**Bild 3**).

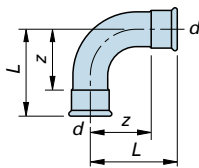
Die z-Maße der benötigten Formstücke sind Firmenunterlagen zu entnehmen (**Bild 4**).

### T-Stück, 90°, reduziert



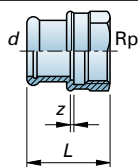
d <sub>1</sub>	d=d <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	z	z <sub>1</sub>	Preis
in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in €
15	18	68	42	14	22	5,60
15	22	74	44	16	24	6,70
18	22	74	44	16	24	8,30
15	28	84	47	19	27	16,80
18	28	84	47	19	27	21,80
22	28	84	48	19	27	15,80

### Bogen, 90°



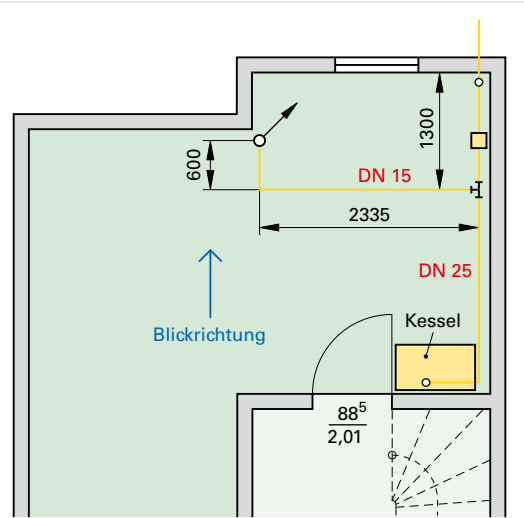
d	L	z	Preis
in mm	in mm	in mm	in €
15	38	18	2,90
18	42	22	3,70
22	47	26	4,70
28	57	34	9,30
35	65	39	19,60
42	76	46	39,40

### Übergang mit Innengewinde

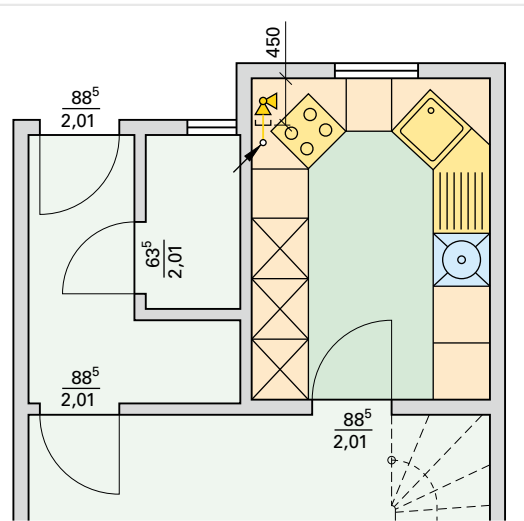


d	Rp	L	z	Preis
in mm	in "	in mm	in mm	in €
15	1/2	38	5	3,90
15	3/4	39	4	8,40
18	1/2	37	4	5,20
18	3/4	39	4	10,00
22	1/2	36	2	6,20
22	3/4	39	3	6,20

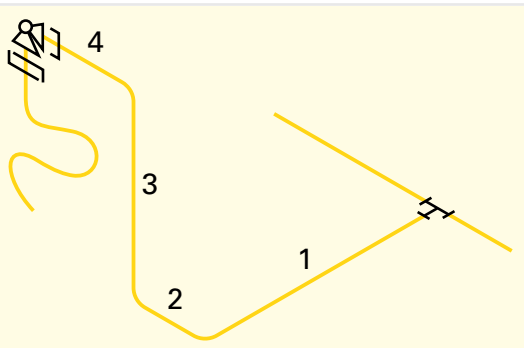
**Bild 4:** z-Maße für Kupferpressverbindungen



**Bild 1:** Gasleitung im UG, Maßstab 1: 100



**Bild 2:** Gasleitung im EG, Maßstab 1: 100



**Bild 3:** Raumschema der Gasleitung





## 1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags

Die Rohrlänge der vier benötigten Teilstücke beträgt 4,192 m (**Tabelle 1**).

Die Alternative zum Pressen mit 90°-Bogen besteht im Biegen mit einem Biegegerät. Der Biegeradius für Kupferrohre beträgt laut Hersteller 55 mm. Damit ergibt sich je 90°-Bogen eine Länge von

$$l = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R \quad l = 1,57 \cdot 55 \text{ mm} \quad l = 86 \text{ mm}$$

Dafür entfällt zweimal der Biegeradius, also  $2 \cdot 55 \text{ mm}$ . Von den Rohrlängen Mitte – Mitte müssen für jeden Bogen 110 mm abgezogen und 86 mm dazugezählt werden. Die benötigte Rohrlänge beim Biegen beträgt somit

$$L = (2335 + 600 + 1170 + 250 - 3 \cdot (110 - 86) - 27 - 4) \text{ mm}$$

$$L = 4252 \text{ mm} \quad \mathbf{L = 4,25 \text{ m}}$$

Dabei wird unwesentlich mehr Kupferrohr benötigt, dafür aber drei Pressfittings eingespart. Der Preis für die drei Fittings beträgt 11,10 €. Das andere Material wird unverändert benötigt (**Tabelle 2**).

Beim Biegen gibt es weniger Verbindungen und damit weniger mögliche Undichtheiten. Der Nachteil des Biegens besteht darin, dass eventuell ein falsch gebogenes Rohr nicht mehr zurückgebogen werden kann. Die Arbeitszeit ist bei beiden Ausführungen mit etwa zwei Stunden gleich. Aufgrund der beiden Vorschläge wünscht der Kunde die Ausführung mit gebogenem Rohr. Die vom Gesellen auszuführenden Arbeiten werden ebenfalls mit zwei Stunden angenommen. Dem Kunden wird die Durchführung des Auftrages für 438,92 € angeboten (**Tabelle 3**).

Die Firma Wasser und Wärme erhält den Auftrag. Als Termin für die Durchführung wird die 9. Woche 20xx vereinbart.

Am Tag vor der Montage versichert sich der Meister beim Kunden, ob die Ausführung wie vereinbart möglich ist. Der Auszubildende richtet das Material und die benötigten Werkzeuge vor. Bereits im Fahrzeug befinden sich Gabelschlüssel, Metallsäge, Rohrabschneider, Entgrat- und Kalibrierwerkzeug sowie ein Koffer mit der Ausrüstung zur Dichtheitsprüfung von Gasleitungen. Zusätzlich wird ein Presswerkzeug, eine Schlagbohrmaschine, ein Kabelroller mit RCD-Schutzeinrichtung und Spezialwerkzeug zum Lösen manipulationssicherer Verschraubungen von Gasleitungen benötigt.

**Tabelle 1: Rohrlängen von Gasleitungen**

Ausführung von Pressfittings (90°-Bogen)					
Pos.	M in mm	z-Maße		Länge in mm	DN
		z <sub>1</sub> in mm	z <sub>2</sub> in mm		
1	2335	27	22	2286	15
2	600	22	22	556	15
3	1170	22	22	1126	15
4	250	22	4	224	15

**Tabelle 2: Materialauszüge**

Pos.	Menge	Bezeichnung	Größe/DN
Ausführung mit Pressfittings			
1	4,2 m	Kupferrohr DIN EN 1057	15
2	1	T-Stück	25 × 15
3	3	Bogen 90°	15
4	1	Übergang, Innengewinde	15 × ½
5	1	Gassteckdose	½
6	5	Rohrschellen mit Metalldübeln	15
7	1	Sicherheits-Gasschlauch	15
Ausführung mit Biegegerät (R = 55 mm)			
1	4,3 m	Kupferrohr DIN EN 1057	15
2	1	T-Stück	25 × 15
3	1	Übergang, Innengewinde	15 × ½
4	1	Gassteckdose	½
5	5	Rohrschellen mit Metalldübeln	15
6	1	Sicherheits-Gasschlauch	15

**Tabelle 3: Angebot**

Pos.	Menge	Bezeichnung	Einh.-Preis in €	Ges.-Preis in €
1	4,3 m	Kupferrohr DIN EN 1057	7,01	30,14
2	1 Stück	T-Stück	21,80	21,80
3	1 Stück	Übergang, Innengewinde	5,20	5,20
4	1 Stück	Gassteckdose	106,00	106,00
5	5 Stück	Rohrschellen mit Metalldübeln	3,16	15,80
6	1 Stück	Sicherheits-Gasschlauch	49,90	49,90
<b>Gesamt-Materialpreis</b>				<b>228,84</b>
1	2 Std.	Auszubildender	22,00	44,00
2	2 Std.	Geselle	48,00	96,00
<b>Arbeitszeit</b>				<b>140,00</b>
<b>Gesamtbetrag</b>				<b>368,84</b>
<b>Mehrwertsteuer 19%</b>				<b>70,08</b>
<b>Angebotspreis</b>				<b>438,92</b>



Zur Vorbereitung der Montage muss die Gasleitung abgesperrt und entleert werden. Vor dem Lösen der Verschraubung nach dem Gaszähler wird die Trennstelle elektrisch überbrückt.

Nun wird die Leitung im Abstand von 1319 mm, gemessen von der Wand mit der Hauseinführung, abgesägt und das dem Gaszähler zugewandte Rohr um die z-Maße des Fittings ( $2 \times 19$  mm) gekürzt. Beide Rohrenden werden entgratet und kalibriert. Die beiden ersten 90°-Bogen des mitgebrachten Kupferrohres DN 15 werden auf Maß gebogen. Danach wird das Rohr probeweise durch den Deckendurchbruch geführt und die Position der Rohrschellen an der Kellerdecke angezeichnet und gebohrt. Zwei Schellen werden in der Küche gesetzt. Nach Einsetzen der Metaldübel und Anbringen der Rohrschellen wird das Rohr lose befestigt und mit dem Pressfitting zusammengesteckt. Die Einstecktiefe wird angezeichnet und durch nochmaliges Herausziehen des Rohres aus dem Fitting kontrolliert. Nach dem Einstecken wird der Fitting verpresst.

In der Küche wird der letzte Bogen hergestellt und der Übergangs-Fitting angebracht und verpresst. Die Gassteckdose wird eingeschraubt und die Rohrschellen werden angezogen. Nach der Dichtheitsprüfung durch den Gesellen wird die Leitung am Zähler angebracht sowie die elektrische Überbrückung entfernt.

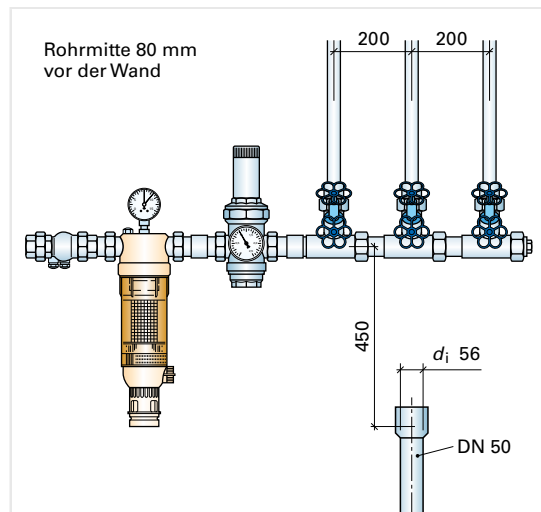
Die Gasleitung wird entlüftet, die Verschraubungen zur Kontrolle der Dichtheit abgesprüht und der Kessel wird eingeschaltet. Pünktlich kommt der Meister zur Übergabe an den Kunden. Nachdem er sich nach der Dichtheitsprüfung erkundigt hat und die Leitung besichtigt hat, übergibt er sie Herrn Dampf.

### 1.1.2 Blechbauteil Rinne

Für einen Trinkwasser-Verteiler soll eine Entleerrinne angefertigt werden (**Bild 1**). Es werden folgende Anforderungen gestellt. Die Rinne soll

- jeweils 10 cm nach vorn und nach beiden Seiten über die Rohrmittle hinausreichen,
- 10 Liter Wasser aufnehmen können, ohne überzulaufen,
- an der Vorderseite die tiefste Oberkante haben, damit bei einer Verstopfung des Ablaufes das Wasser nicht an der Wand herunterlaufen kann und
- an eine Abwasserleitung DN 50 angeschlossen werden.

Die erforderlichen Maße können Bild 1 entnommen werden.



**Bild 1:** Verteiler



#### Lernzielkontrolle

1. Entscheiden Sie, welche Form und Größe die Rinne haben soll.
2. Berechnen Sie den Inhalt der geplanten Rinne.
3. Wie soll der Anschluss an den Ablauf ausgeführt werden?
4. Legen Sie fest, wie die Befestigung an der Wand erfolgen soll.
5. Erstellen Sie eine Zeichnung der Rinne in Vorder- und Seitenansicht im Maßstab 1:5.
6. Begründen Sie, welcher Werkstoff für die Rinne gewählt wird.
7. Wählen Sie die Blechdicke für die Rinne entsprechend der für Dachrinnen üblichen Dicken. Informieren Sie sich dafür in Lernfeld 6 (Abschnitt 6.6).
8. Durch welche Verbindungstechniken kann die Dichtheit der Rinne sichergestellt werden?
9. Erstellen Sie die Abwicklungen aller für die Rinne benötigten Blechbauteile im Maßstab 1:5.
10. Stellen Sie eine Materialliste zusammen.
11. Stellen Sie eine Liste der Werkzeuge auf, welche Sie zur Herstellung und Montage der Rinne benötigen.
12. Erstellen Sie einen Plan für die Reihenfolge der Arbeitsschritte.
13. Berechnen Sie die Masse von Rinne und Stützen und wiegen Sie die gefertigten Bauteile. Begründen Sie die Abweichung!

### // Blechwerkstoffe

Blech wird in 1000 mm × 2000 mm großen Tafeln angeboten. Bei hohem Bedarf wird das Blech in gewünschter Breite aufgerollt zu einem Coil als Band geliefert. Die Blechdicken sind fein abgestuft erhältlich (**Tabelle 1**). Die flächenbezogene Masse gibt an, wie viel Kilogramm ein Quadratmeter Blech des entsprechenden Werkstoffes bei der jeweiligen Blechdicke hat.

Zur Auswahl des geeigneten Werkstoffes sind die Eigenschaften zu berücksichtigen (**Tabelle 2**).

Die **Zugfestigkeit** beschreibt, welche Kraft der Werkstoff je mm<sup>2</sup> Querschnitt aushalten kann, ohne zerstört zu werden. Je höher die Festigkeit ist, umso dünner kann das Blech gewählt werden. In Abschnitt 6.6 sind die Blechdicken für Dachrinnen einiger Werkstoffe in Abhängigkeit von der Rinnengröße angegeben. Bei der Verwendung von Edelstahl kann 0,6 mm dickes Blech verwendet werden. Bei geringer Festigkeit kann der Werkstoff mit wenig Kraftaufwand geschnitten und umgeformt werden.

Die **Bruchdehnung** gibt an, wie stark sich ein Werkstoff dehnen oder stauchen lässt, ohne zu brechen. Diese Eigenschaft ist für das Biegen und Falzen von Blechen wichtig. Eine hohe Bruchdehnung ermöglicht kleine Biegeradien und problemloses Falzen. Bei einer geringen Bruchdehnung reißt der Werkstoff.

**Tabelle 1: Flächenbezogene Masse  $m''$  von Blechen in kg/m<sup>2</sup>**

Blech- dicken in mm	D-Znbd	SF-CuF22 SF-CuF25	Pb 99,94 (Cu)	AlMnF12 AlMnF14	Stahl- blech DIN 17162
0,6	4,32	5,34	6,84	1,62	4,710
0,65	4,68	5,78	–	1,76	–
0,70	5,04	6,23	7,98	1,89	5,495
0,75	5,40	6,67	8,60	2,03	–
0,8	5,76	7,12	9,12	2,16	6,280
0,9	6,48	8,01	10,26	2,43	7,065
1,0	7,20	8,90	11,40	2,70	7,850

**Tabelle 2: Übersicht zu Blechwerkstoffen**

Werkstoff	Eigenschaften	Verarbeitung	Verwendung	Vorteile	Nachteile
Kupfer	hohe Bruchdehnung, geringe Zugfestigkeit, hohe Wärmeleitfähigkeit, korrosionsbeständig	gut umformbar, leicht schneidbar, gut schweißbar (SF-Kupfer), über 5 mm Dicke gut vorwärmen	Regenrinnen, Regenfallrohre, Einfassungen, Abdeckungen, Dacheindeckungen	gut hart- und wechlötbar, sehr gut einfach und doppelt falzbar	vorwärmen fürs Schweißen, dunkle Farbe nicht überall erwünscht, (Abhilfe: verzinnte Oberfläche)
Edelstahl, rostfrei	mittlere Bruchdehnung, mittlere bis hohe Zugfestigkeit, geringe Wärmeleitfähigkeit, sehr korrosionsbeständig	mit größerem Kraftaufwand gut umformbar, Oberfläche glatt, sauber und fettfrei halten, schweißbar mit WIG- oder MAG-Verfahren	Fassaden, Dacheindeckungen, Regenrinnen, Kamineinzugrohre, vandalsichere Sanitäreinrichtungen	gute Korrosionsbeständigkeit durch Passivierung der Oberfläche, geringe Wärmedehnung	hoher Preis, nur mit glatter Oberfläche korrosionsbeständig, Korrekturen nach dem Umformen sind kaum noch möglich
Aluminium	mittlere bis hohe Bruchdehnung, geringe Zugfestigkeit, geringe Wärmeleitfähigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit	sehr gute Verformbarkeit, leicht schneidbar, Kontakt mit anderen Metallen vermeiden, schweißbar mit WIG- oder MAG-Verfahren	Fassaden, Dacheindeckungen, Dachrinnen, Regenfallrohre	hohe Wärmestrahlung, günstiger Preis, Oberflächenbeschichtung in vielen Farbvarianten möglich	hohe Wärmedehnung, Nachbearbeitung beim Gasschweißen erforderlich, beim Lötens keine korrosionsbeständigen Nähte
feuer- verzinkter Stahl	mittlere Bruchdehnung, mittlere Zugfestigkeit, korrosionsbeständig	gut umformbar, weich lötbar	Fassaden, Regenrinnen, Regenfallrohre Dacheindeckungen mit Trapez- oder Wellblech	günstiger Preis, Anstrich in allen Farben möglich	bei beschädigter Oberfläche nicht korrosionsbeständig, nach dem Schweißen muss die Oberfläche nachverzinkt werden
Titanzink	hohe Bruchdehnung, mittlere Zugfestigkeit, korrosionsbeständig	über 5 °C gut umformbar, Biegeradius R > 2 mm, wechlötbar	Regenrinnen, Regenfallrohre, Fassaden, Dacheindeckungen > 15° Neigung	günstiger Preis, bei günstigen Umweltbedingungen und Hinterlüftung bildet sich eine korrosionsbeständige Patina	muss bei Temperaturen unter 5 °C vor dem Umformen vorgewärmt werden, saurer Regen zerstört die Patina

## 1.1.3 Rohrkonsole

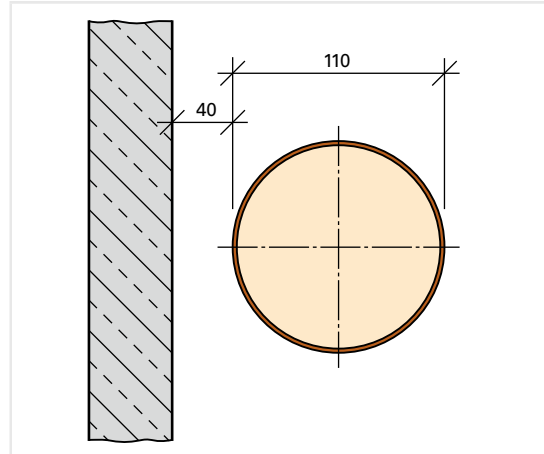
Eine Sammelleitung für Regenwasser muss im Untergeschoss in einer Höhe von 1,3 m über dem Fußboden durch ein Gebäude geführt werden (**Bild 1**).

Als Rohrwerkstoff ist Gusseisen vorgesehen. Für die Befestigung an der Wand sind Rohrschellen ungeeignet, weil sie das Gewicht der gefüllten Leitung nicht halten können, ohne sich stark zu verformen. Je Meter hat das mit Wasser gefüllte Rohr eine Masse von 16,7 kg. Die Befestigung soll alle 2,5 m erfolgen. Geeignete Rohrkonsoles können mit Zubehör für die Befestigung auch fertig gekauft werden.

Zu Ausbildungszwecken wird bei diesem Auftrag eine Eigenkonstruktion angefertigt. Die Befestigung soll von Auszubildenden der Firma entworfen und hergestellt werden.

Als Material stehen Flachstahl, Stahlblech und verschiedene Stahlprofile zur Verfügung (**Bild 2**). Darüber hinaus können Normteile verwendet werden (**Bild 1, Seite 20**).

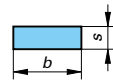
Bei der Herstellung der Konsolen soll nicht geschweißt werden. Zur Herstellung von Bohrungen kann eine Ständerbohrmaschine eingesetzt werden. Alle anderen Bearbeitungen sind von Hand vorzunehmen.



**Bild 1:** Maße zur Rohrbefestigung

### Flachstahl, warm gewalzt

DIN EN 10058



s Dicke  
b Breite  
Bezeichnung:  
 $b \times s$   
z.B.  $6 \times 70$

#### Dicke s in mm

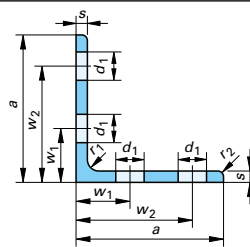
5	6	8	10	12	15	20
---	---	---	----	----	----	----

#### Breite b in mm

(Vorzugsbreiten)						
30	35	40	45	50	60	70

### Gleichschenkliger Winkelstahl, gewalzt

DIN EN 10056-1



s Schenkeldicke  
a Schenkelbreite  
w Bohrungsabstand  
d1 Bohrungsdurchmesser

$$r_1 \approx s$$

$$r_2 \approx \frac{s}{2}$$

Kurzzeichen L	Abmessungen				Anreißmaße nach DIN 997			
	a mm	s mm	S cm <sup>2</sup>	m' kg/m	w <sub>1</sub> mm	w <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm	
20 x 3	20	3	1,12	0,88	12	–	4,3	
25 x 3	25	3	1,42	1,12	15	–	6,4	
30 x 3	30	3	1,74	1,36	17	–	8,4	
35 x 4	35	4	2,67	2,10	18	–	11	
40 x 4	40	4	3,08	2,42	22	–	11	
45 x 5	45	5	4,30	3,38	25	–	13	
50 x 5	50	5	4,80	3,77	30	–	13	
60 x 6	60	6	6,91	5,42	35	–	17	
70 x 7	70	7	9,40	7,38	40	–	21	
80 x 8	80	8	12,3	9,60	45	–	23	
90 x 9	90	9	15,5	12,2	50	–	25	
100 x 10	100	10	19,2	15,1	55	–	25	
110 x 10	110	10	21,2	16,6	45	70	25	
120 x 12	120	12	27,5	21,6	50	80	25	
150 x 15	150	15	43,0	33,8	60	105	28	
180 x 18	180	18	61,9	48,6	60	135	28	
200 x 20	200	20	76,3	59,9	65	150	28	

**Bild 2:** Flachstähle und Stahlprofile



### Lernzielkontrolle

- Entwerfen Sie Konzepte zur Befestigung der Leitung.
- Fertigen Sie Modelle aus Papier oder Karton und untersuchen Sie deren Belastbarkeit.
- Informieren Sie sich anhand von Herstellerunterlagen über angebotene Befestigungssysteme.
- Entscheiden Sie, welches der Modelle am besten geeignet ist, und begründen Sie die Wahl.
- Entscheiden Sie, wie die Befestigung an der Wand erfolgen soll.
- Wählen Sie Halbbeuge aus, die Sie verwenden werden und begründen Sie die gewählte Form und Abmessung.
- Zeichnen Sie die geplante Konsole in Vorder- und Seitenansicht im Maßstab 1:1.
- Erstellen Sie eine Liste der benötigten Normteile.
- Stellen Sie eine Liste der Werkzeuge auf, welche Sie zur Herstellung der Konsole benötigen.
- Erstellen Sie einen Plan für die Reihenfolge der Arbeitsschritte.



## 1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags

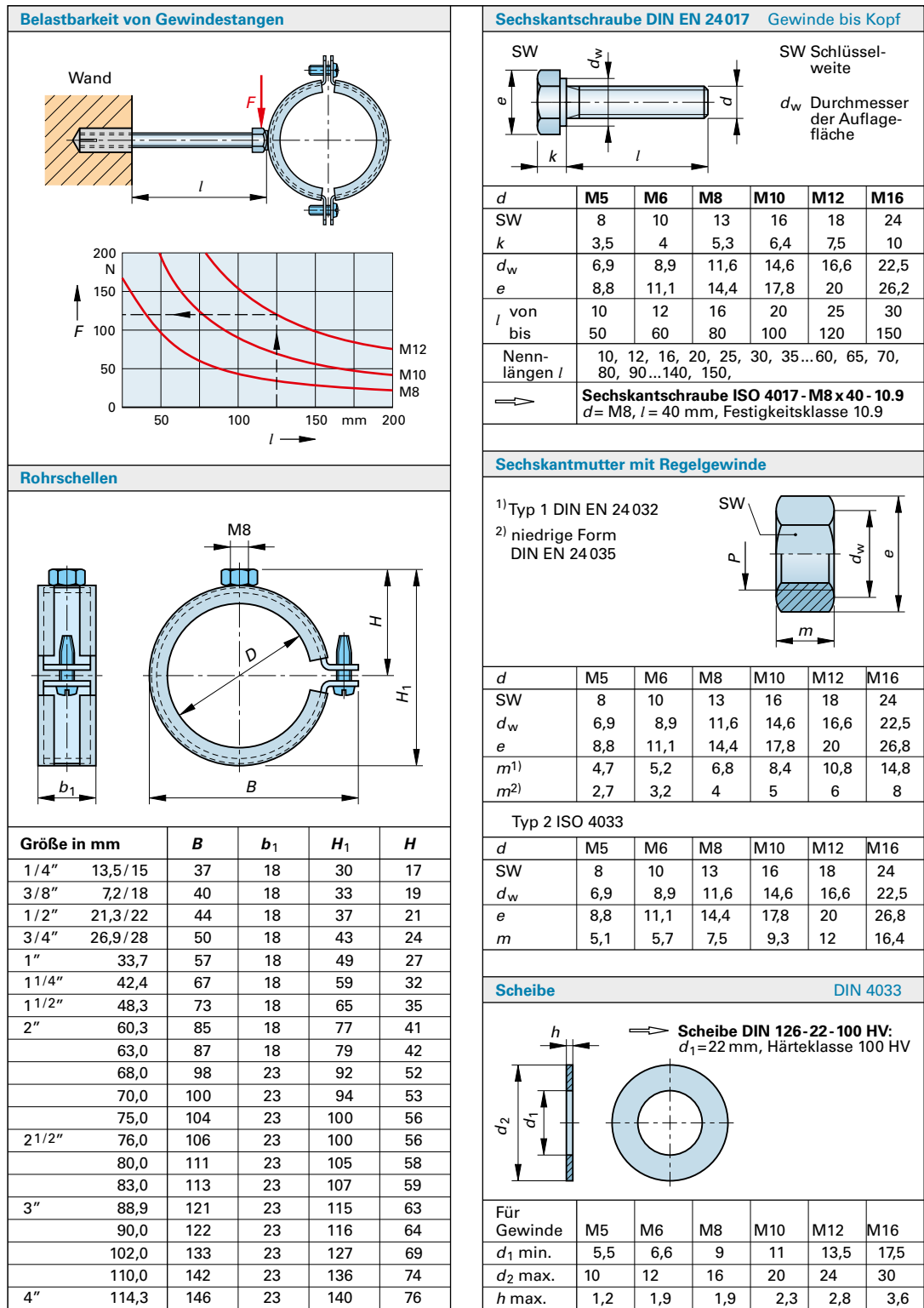


Bild 1: Rohrshellen und Normteile