



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
Düsseldorf 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.

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

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.

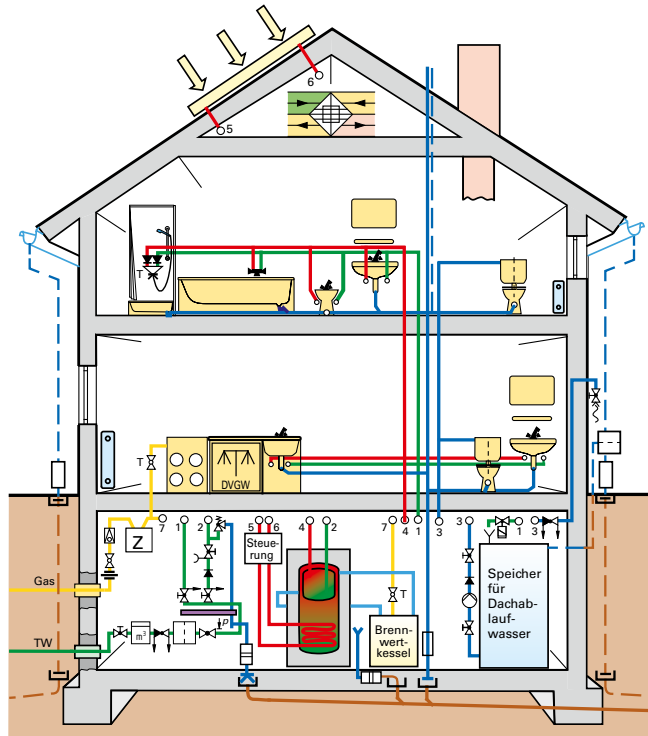
// Zielgruppen

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.

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

1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags	13
1.1.1 Lösung des Kundenauftrags	15
1.1.2 Blechbauteil Rinne	17
1.1.3 Rohrkonsole	19
1.2 Werkstofftechnik	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
1.3 Fertigungstechnik	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
1.4 Arbeitsplanung	72
1.4.1 Zeichnungsnormen	72
1.4.2 Projektionen und räumliche Darstellungen	80
1.5 Technische Berechnungen	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

2.1 Aufgaben zum Kundenauftrag	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
2.2 Lösung des Kundenauftrags	121
2.3 Lernsituationen	123
2.4 Bearbeiten von Kundenaufträgen	124
2.4.1 Betriebliches Leistungsangebot	124
2.4.2 Waren- und Dienstleistungsangebot	125
2.5 Auftragsbeschaffung	126
2.5.1 Betriebskultur	126
2.5.2 Betriebsdarstellung	128
2.6 Angebot	129
2.6.1 Kundenbedürfnisse	129
2.6.2 Kostenrechnen zur Angebotserstellung	131
2.6.3 Angebotserstellung	133
2.7 Auftragsplanung	134
2.7.1 Betriebliche Organisation	134
2.7.2 Auftragsbearbeitung	135
2.8 Ausführung und Übergabe	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
2.9 Lösung des Kundenauftrages	142

3 Baugruppen herstellen und montieren

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

4 Technische Systeme instand halten

4.1 Grundbegriffe der Instandhaltung	167
4.2 Inspektions- und Wartungsplan	168

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

6.2.2	Rohrwerkstoffe und Verbindungstechniken bei Abwasserleitungen	317	6.12	Lernsituationen	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			
6.3	Rückhalten schädlicher Stoffe	334	7	Wärmeverteileranlagen installieren	
6.3.1	Sand- und Schlammfänge	335	7.1	Energie – Wärme – Temperatur	375
6.3.2	Fettabscheider	335	7.2	Temperaturmessung	378
6.3.3	Leichtflüssigkeitsabscheider	336	7.3	Thermische Ausdehnung	379
6.3.4	Stärkeabscheider	337	7.3.1	Längenausdehnung	380
6.3.5	Neutralisationsanlagen	338	7.3.2	Volumenänderung	381
6.4	Schutz gegen Rückstau	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	7.4	Wärmemenge	383
6.4.3	Rückstaupumpenanlagen	343	7.4.1	Wärmemenge bei Temperatur- änderung	383
6.5	Darstellung von Entwässerungsanlagen	343	7.4.2	Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes	384
6.5.1	Sinnbilder, Leitungsarten	344	7.5	Wärmeleistung	385
6.5.2	Zeichnungsarten	345	7.6	Wärmeübertragung	386
6.6	Dachentwässerung, Dachrinnen	347	7.7	Wärmeverteilungssysteme	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
6.7	Regenfallrohre	352	7.7.6	Rohrarten	392
6.7.1	Regenfallrohre mit Teilfüllung	352	7.8	Heizungspumpen	394
6.7.2	Dachentwässerung mit Druckströmung	354	7.8.1	Pumpenwasserheizung	394
6.8	Nutzung von Dachablaufwasser	354	7.8.2	Pumpenbauart und Funktion	394
6.9	Verwahrungen	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	7.9	Heizflächen	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
6.10	Arbeitssicherheit	358	7.9.3	Flächenheizung	404
6.10.1	UVV bei Dacharbeiten	358	7.10	Heizungsarmaturen	409
6.10.2	UVV bei Arbeiten in Gräben	359	7.10.1	Absperr- und Regelarmaturen in Rohrleitungen	410
6.11	Berechnungen bei Entwässerungsanlagen	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	7.11	Montage der Heizungsanlage	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
			7.12	Darstellung von Wärmeverteilungsanlagen	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
7.13	Berechnungen zu		8.9.5	Badewannenanlagen	489
	Wärmeverteilungsanlagen	430	8.9.6	Duschanlagen	493
7.13.1	Wärmedurchgang	430	8.9.7	Spülbeckenanlagen	496
7.13.2	Wärmedurchgangskoeffizient.	431	8.10	Abnahme und Übergabe von	
7.13.3	Heizlastberechnung	433		Sanitärräumen	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
7.14	Lösung des Kundenauftrages	442	8.10.2	Übergabe des Sanitärraums an den	
7.14.1	Vorüberlegungen zum Auftrag	442		Kunden	501
7.14.2	Kundengespräch	442	8.11	Lösung des Kundenauftrags	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
7.15	Lernsituationen zu		8.11.4	Detailplanung	506
	Wärmeverteilungsanlagen	445	8.12	Lernsituationen, Beispiele	509
8	Sanitärräume ausstatten		9	Trinkwassererwärmungsanlagen	
	installieren				
8.1	Planungsgrundlagen für		9.1	Warmwasserbedarf	511
	Sanitärräume	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	9.2	Wärmegewinnung	513
8.1.3	Planungsgrundlagen für Bäder und		9.3	Wärmetauscher	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	
8.2	Erdung, elektrische			Trinkwassererwärmung	518
	Schutzbereiche und Schutzarten	454	9.4	Bauarten von	
8.3	Vorwandinstallation	455		Trinkwassererwärmern	519
8.4	Abdichtung von Flächen und		9.4.1	Funktionsprinzipien von	
	Fugen	459		Trinkwassererwärmern.	520
8.5	Fliesengerechte Installation	460	9.4.2	Elektrische Trinkwassererwärmer	525
8.6	Lüftung innenliegender		9.4.3	Gasbeheizte Trinkwassererwärmer	539
	Sanitärräume	462	9.4.4	Indirekt beheizte Trinkwasser-	
8.7	Werkstoffe für			erwärmer	547
	Sanitärgegenstände	464	9.4.5	Solarbeheizte Trinkwassererwärmer	548
8.7.1	Keramische Werkstoffe	464	9.4.6	Wärmepumpen.	557
8.7.2	Metallische Werkstoffe.	465	9.5	Leitungsanlagen für	
8.7.3	Kunststoffe	465		Trinkwassererwärmer	559
8.8	Sanitärarmaturen	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
8.9	Sanitäre Anlagen	478	9.5.4	Wärmedämmung	567
8.9.1	Waschbecken und		9.6	Darstellung von Trinkwasser-	
	Waschtischanlagen.	478		Erwärmungsanlagen	568
8.9.2	Sitzwaschbeckenanlagen.	481			

9.7 Berechnungen bei Trinkwasser-Erwärmungsanlagen	570	10.5.3 Abgasrohre	624
9.7.1 Wassermischung	570	10.5.4 Schornsteine (Abgasleitungen)	625
9.7.2 Berechnung von Temperaturen	571	10.6 Brennstoffversorgungsanlage	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
9.8 Lösung des Kundenauftrags	579	10.6.4 Flüssiggasleitungen	639
9.9 Lernsituationen	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	10.7 Inbetriebnahme von Gasanlagen	643
9.9.5 Indirekt beheizten Trinkwassererwärmer anschließen	583	10.7.1 Information zur Inbetriebnahme	643
10 Wärmeerzeugungsanlagen für gasförmige Brennstoffe installieren		10.7.2 Einlassen von Gas	643
10.1 Unterscheidung der Wärmeerzeugungsanlagen	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	10.8 Darstellung von Wärmeezeugern	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
10.2 Aufstellungsrichtlinien für Wärmeerzeuger	593	10.9 Berechnungen bei Wärmeezeugern	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
10.3 Sicherheitstechnische Ausrüstung	612	10.9.5 Abgasvolumen und Verbindungsstücke	659
10.3.1 Bauart der Anlage	612	10.10 Lösung des Kundenauftrags	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
10.4 Verbrennung	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
10.5 Abgasanlage	621	10.10.6 Inbetriebnahme des Wärmeezeugers	665
10.5.1 Strömungssicherung	621	10.11 Lernsituation	666
10.5.2 Abgasklappen	623	11 Wärmeerzeugungsanlagen für flüssige und feste Brennstoffe installieren	
		11.1 Wärmeerzeugungsanlagen und ihre Unterscheidungen	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
		11.2 Aufstellungsrichtlinien für Wärmeezeuger	679
		11.2.1 Allgemeine Festlegungen für Aufstellräume	680

12 Ressourcenschonende Wärme- erzeugungsanlagen installieren

13.8 Berechnungen zu RLT-Anlagen	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
13.9 Kontrollierte Wohnraumlüftung	804
13.9.1 Abluftanlagen mit Abluftventilatoren	805
13.9.2 Zentrale Abluftanlagen ohne WRG	806
13.9.3 Wohnungs-Lüftungssysteme mit WRG	807
13.10 Lösung des Kundenauftrags	808
13.11 Lernsituationen	809

14 Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren

14.1 Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik	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
14.2 Regelung von Heizungsanlagen	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
14.3 Brennersteuerung	823
14.3.1 Feuerungsautomat	824
14.4 Temperaturregelung beim TWE	825
14.4.1 Speicher-Vorrangschaltung	825
14.4.2 Verminderung von Legionellenwachstum	825
14.4.3 Zirkulationspumpen-Steuerung	825
14.5 Darstellung von Heizungsregelungen	826
14.5.1 Funktionsablauf	826
14.5.2 Stromlaufplan	826
14.5.3 Verdrahtungspläne	827
14.5.4 Vernetzungspläne	827
14.6 Gebäudeleittechnik	828
14.6.1 BUS-Systeme	829
14.6.2 Funksystem	829
14.6.3 BUS- und Funksystem	831
14.6.4 Gebäudeüberwachung	831
14.7 Lösung des Kundenauftrags	833
14.7.1 Vorhandene Gebäudedaten	833

14.7.2 Vorüberlegungen	833
14.7.3 Kundengespräch	833
14.7.4 Kostenzusammenstellung	834
14.8 Lernsituationen	835
14.9 Gebäudeautomation	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

15.1 Inspektions- und Wartungspläne	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
15.2 Protokolle zu Inbetriebnahme-, Übergabe- und Instandhaltungsarbeiten	856
15.2.1 Erstellung von Protokollen	857
15.3 Wartungsverträge	857
15.3.1 Abfassen von Wartungs- oder Instandhaltungsverträgen	857
15.4 Herstellerunterlagen	858
15.5 Lösung des Kundenauftrags	859
15.6 Lernsituationen	859

K Kundenaufträge und Aufgaben

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

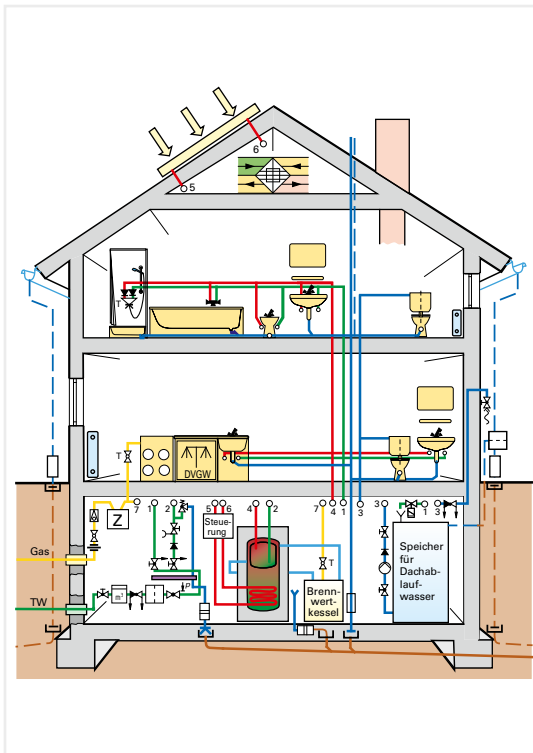


01

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

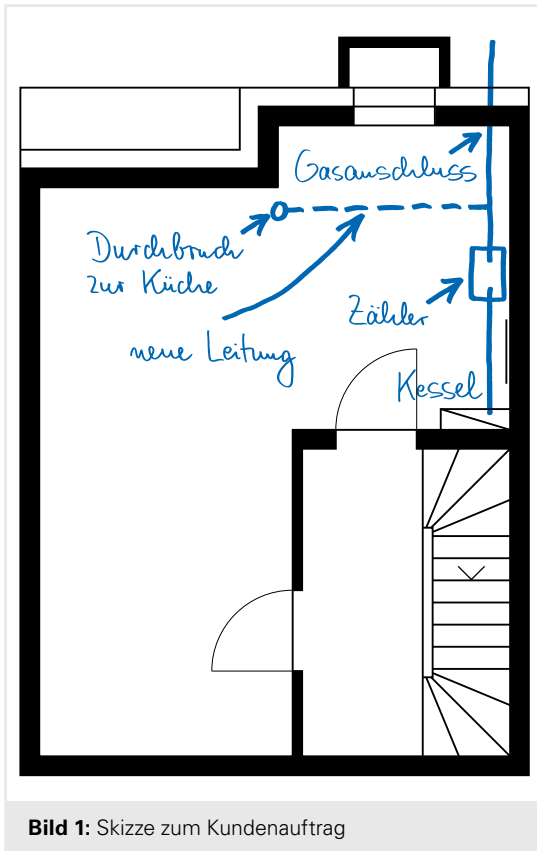


Bild 1: Skizze zum Kundenauftrag

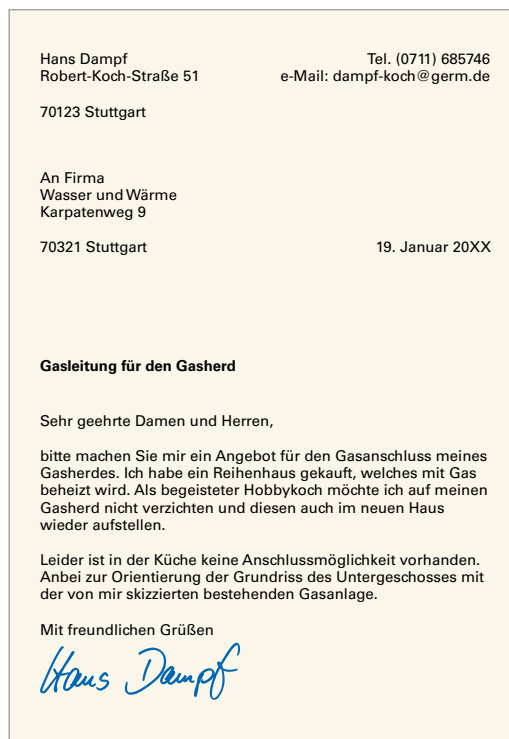


Bild 2: Anfrage eines Kunden

1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags

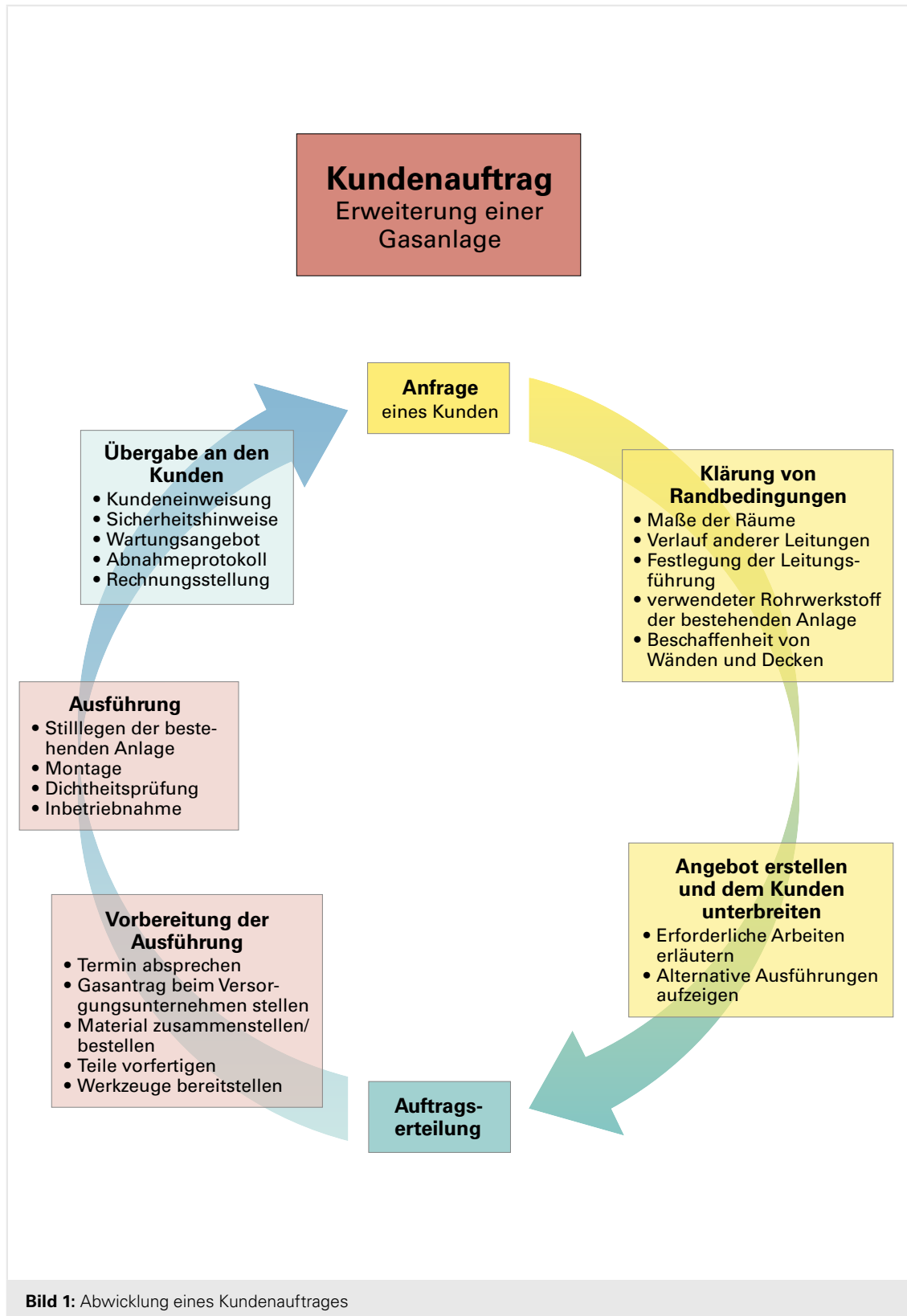
Jeder Auftrag erfordert eine Vielzahl von Tätigkeiten, welche von den verschiedenen Mitarbeitern des ausführenden Betriebes zu erledigen sind. Für den Auszubildenden nehmen Umfang und Schwierigkeitsgrad der Arbeiten bis zur Gesellenprüfung zu. Vom Gesellen wird die selbstständige Ausführung des technischen 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

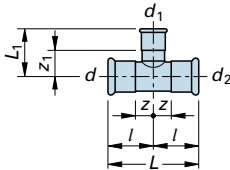
Nach der Besichtigung beim Kunden erstellt der Auszubildende eine Maßskizze des Untergeschosses. Der Deckenabstand der bestehenden Leitung beträgt 10 cm. Den Deckendurchbruch hat der Auftraggeber bereits hergestellt. Die Leitung für den Gasherd kann erst nach dem Zähler von der bestehenden Leitung zum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

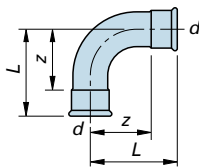
Die z-Maße der benötigten Formstücke sind Firmenunterlagen zu entnehmen (**Bild 4**).

T-Stück, 90°, reduziert



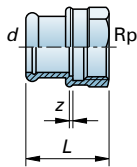
d ₁	d=d ₂	L	L ₁	z	z ₁	Preis
in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in €
15	18	68	42	14	22	5,60
15	22	74	44	16	24	6,70
18	22	74	44	16	24	8,30
15	28	84	47	19	27	16,80
18	28	84	47	19	27	21,80
22	28	84	48	19	27	15,80

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

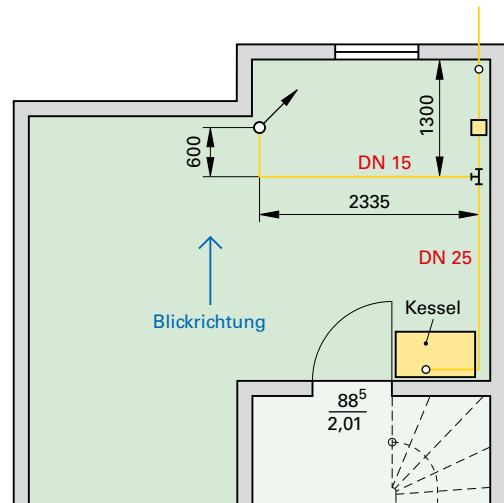


Bild 1: Gasleitung im UG, Maßstab 1: 100

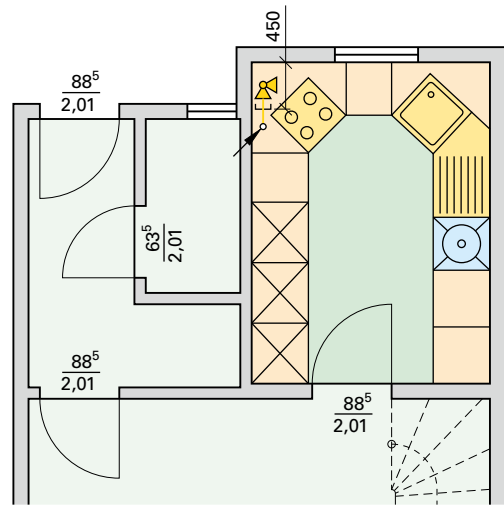


Bild 2: Gasleitung im EG, Maßstab 1: 100

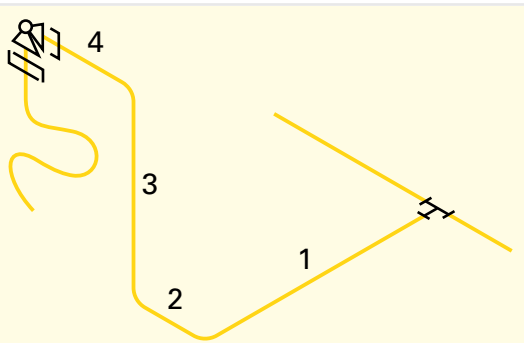


Bild 3: Raumschema der Gasleitung

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 ₁ in mm	z ₂ 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
Gesamt-Materialpreis				228,84
1	2 Std.	Auszubildender	22,00	44,00
2	2 Std.	Geselle	48,00	96,00
Arbeitszeit				140,00
Gesamtbetrag				368,84
Mehrwertsteuer 19%				70,08
Angebotspreis				438,92

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 × 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.

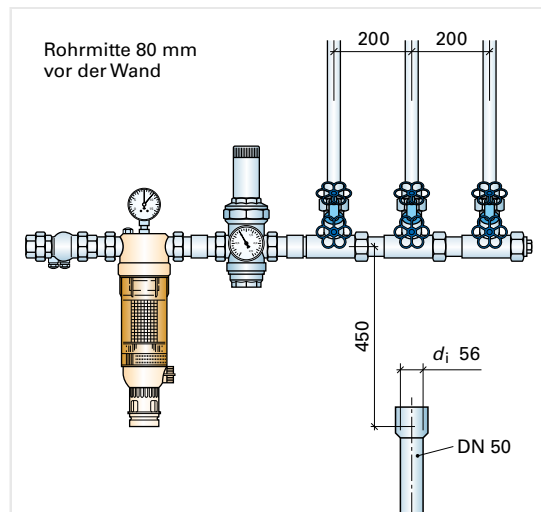


Bild 1: Verteiler



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 mm² 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/m²

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.



Lernzielkontrolle

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

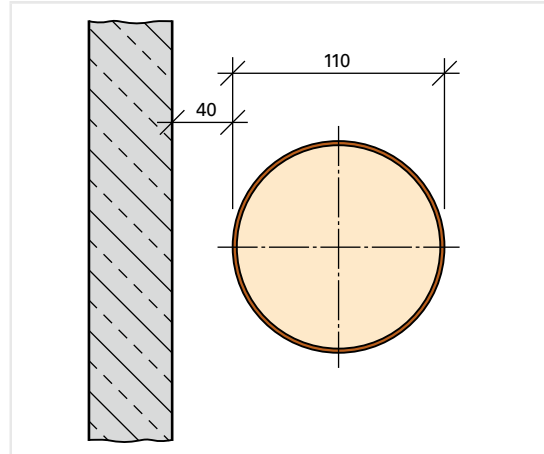
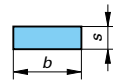


Bild 1: Maße zur Rohrbohrung

Flachstahl, warm gewalzt

DIN EN 10058



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

Dicke s in mm

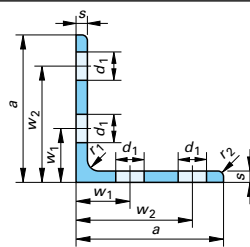
5	6	8	10	12	15	20
---	---	---	----	----	----	----

Breite b in mm

(Vorzugsbreiten)						
30	35	40	45	50	60	70

Gleichschenkliger Winkelstahl, gewalzt

DIN EN 10056-1



s Schenkelbreite
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 ²	m' kg/m	w1 mm	w2 mm	d1 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



1.1 Abwicklung eines Kundenauftrags

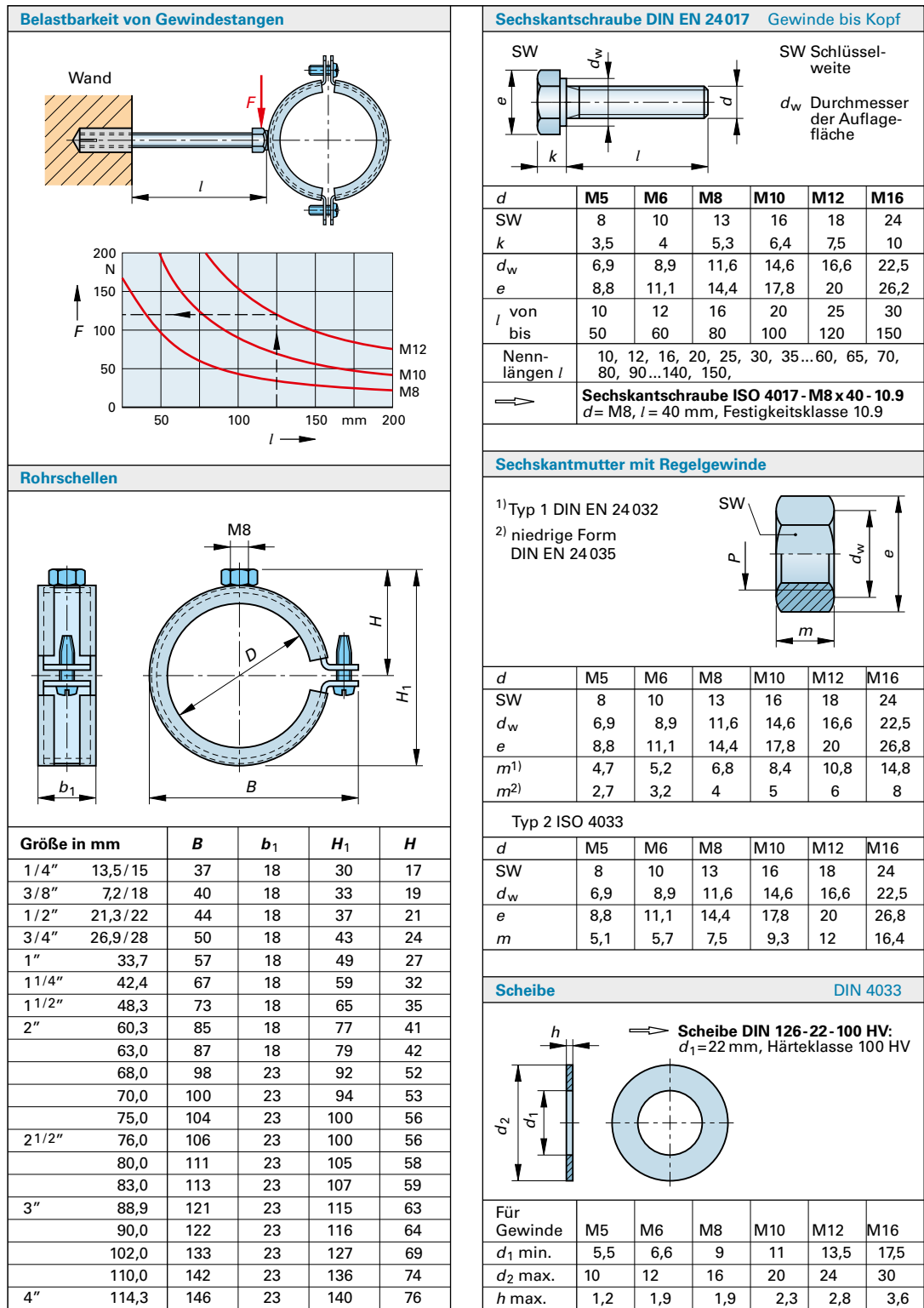


Bild 1: Rohrshellen und Normteile