



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# **Lösungsheft**

# **Technische Mathematik**

# **Installations- und**

# **Heizungstechnik**

**6. Auflage**

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

**Europa-Nr.: 18219**

Autoren der „Technischen Mathematik Installations- und Heizungstechnik“

Blickle, Siegfried	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Freudenstadt
Flegel, Robert	Wissenschaftlicher Lehrer	Stuttgart
Härterich, Manfred	M. A., Oberstudiendirektor	Ditzingen
Jungmann, Friedrich	Oberstudienrat	Heidelberg
Küpper, Elmar	Dipl. Ing. (FH), Oberstudienrat	Wehr-Öflingen
Merkle, Helmut	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Forst
Uhr, Ulrich	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Rheinfelden

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Manfred Härterich, M. A., Oberstudiendirektor, Ditzingen

Bildbearbeitung:

rktypo, 42799 Leichlingen

Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, Ostfildern

6. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1826-7

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)

Umschlaggestaltung: G. Kuhl, mediacreativ, 40724 Hilden

Druck: Totem, 88-100 Inowroclaw, Polen

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>	<b>4.3</b>	<b>Wassermischung</b>	<b>56</b>
<b>1.1</b>	<b>Lösungsweg technischer Berechnungen</b>	<b>5</b>	<b>4.4</b>	<b>Energie und Leistung</b>	<b>60</b>
1.1.1	Größen, Zahlenwert und Einheit	5	4.4.1	Wärmeleistung und Erwärmzeit	60
1.1.2	Gleichungen	5	4.4.2	Wirkungsgrad	60
1.1.3	Rechnen mit dem Taschenrechner	6	4.4.3	Energiekosten	61
1.1.4	Schaubilder, Diagramme und Tabellen	7	<b>4.5</b>	<b>Volumenänderung bei Wasser</b>	<b>65</b>
<b>1.2</b>	<b>Dreisatz- und Prozentrechnen</b>	<b>9</b>	<b>4.6</b>	<b>Zirkulationsanlagen</b>	<b>67</b>
<b>1.3</b>	<b>Längen</b>	<b>10</b>	4.6.1	Kurzverfahren	67
1.3.1	Längeneinheiten, Maßstäbe	10	4.6.2	Vereinfachtes Verfahren	68
1.3.2	Teilungen	11	<b>4.7</b>	<b>Speichergrößen</b>	<b>76</b>
1.3.3	Gebogene und gestreckte Längen	12	4.7.1	Speicher für Einzel- und Gruppenversorgung	76
1.3.4	Pythagoras	12	4.7.2	Speicher für Nachtaufheizung	76
<b>1.4</b>	<b>Flächen</b>	<b>13</b>	4.7.3	Speicherauswahl nach der Bedarfskennzahl	77
1.4.1	Flächeneinheiten	13	<b>4.8</b>	<b>Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung</b>	<b>78</b>
1.4.2	Flächen mit geraden Linien	13	<b>4.9</b>	<b>Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung</b>	<b>79</b>
1.4.3	Flächen mit gebogenen Linien	15			
1.4.4	Zusammengesetzte Flächen	16	<b>5</b>	<b>Entwässerungsanlagen</b>	<b>80</b>
<b>1.5</b>	<b>Volumenberechnung</b>	<b>18</b>	<b>5.1</b>	<b>Gefälle von Rohrleitungen</b>	<b>80</b>
<b>1.6</b>	<b>Masse und Dichte</b>	<b>19</b>	<b>5.2</b>	<b>Bemessen von Abwasser- und Lüftungsleitungen</b>	<b>82</b>
<b>1.7</b>	<b>Kraft und Gewichtskraft</b>	<b>20</b>	<b>5.3</b>	<b>Bemessen von Abwasserhebeanlagen</b>	<b>91</b>
<b>1.8</b>	<b>Hebel und Drehmoment</b>	<b>20</b>	<b>5.4</b>	<b>Bemessen von Abscheide- und Neutralisationsanlagen</b>	<b>92</b>
<b>1.9</b>	<b>Geradlinige und kreisförmige Bewegung</b>	<b>21</b>	<b>5.5</b>	<b>Längenänderung durch Temperatur- änderung</b>	<b>94</b>
<b>1.10</b>	<b>Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad</b>	<b>22</b>	<b>5.6</b>	<b>Projekt</b>	<b>94</b>
<b>1.11</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>22</b>			
<b>2</b>	<b>Rohrberechnungen</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>Ableitung von Niederschlagswasser</b>	<b>97</b>
<b>2.1</b>	<b>Rohrabbmessungen</b>	<b>24</b>	<b>6.1</b>	<b>Zuschnitte</b>	<b>97</b>
<b>2.2</b>	<b>Freier Querschnitt</b>	<b>24</b>	<b>6.2</b>	<b>Blechbedarf, Blechgewicht</b>	<b>97</b>
<b>2.3</b>	<b>Querschnittsverminderung</b>	<b>24</b>	<b>6.3</b>	<b>Bemessen von Dachrinnen und Regenwasserleitungen</b>	<b>99</b>
<b>2.4</b>	<b>Rohroberflächen</b>	<b>25</b>	6.3.1	Entwässerung bei Teilfüllung	99
<b>2.5</b>	<b>Rohrmasse</b>	<b>26</b>	6.3.2	Dachentwässerung mit Druckströmung	100
<b>2.6</b>	<b>Rohrinhalt</b>	<b>27</b>	<b>6.4</b>	<b>Bemessen von Anlagen zur Regen- wassernutzung</b>	<b>104</b>
<b>2.7</b>	<b>Längen- und Volumenänderung</b>	<b>29</b>	<b>6.5</b>	<b>Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	<b>106</b>
2.7.1	Längenänderung	29	<b>6.6</b>	<b>Projekt</b>	<b>107</b>
2.7.2	Dehnungsausgleich	29			
2.7.3	Volumenausdehnung	31	<b>7</b>	<b>Gasanlagen</b>	<b>110</b>
<b>3</b>	<b>Rohrleitungsanlagen</b>	<b>33</b>	<b>7.1</b>	<b>Gasgesetze</b>	<b>110</b>
<b>3.1</b>	<b>Druck in Flüssigkeiten</b>	<b>33</b>	<b>7.2</b>	<b>Gasverbrauch beim Schweißen</b>	<b>111</b>
3.1.1	Druckeinheiten	33	<b>7.3</b>	<b>Gasverbrauch zur Stofferwärmung</b>	<b>112</b>
3.1.2	Hydrostatischer Druck	33	<b>7.4</b>	<b>Geräteleistung und Wirkungsgrad</b>	<b>112</b>
3.1.3	Auftrieb in Flüssigkeiten	35	<b>7.5</b>	<b>Anschluss- und Einstellwerte</b>	<b>114</b>
<b>3.2</b>	<b>Strömung in Rohrleitungen</b>	<b>35</b>	<b>7.6</b>	<b>Kostenermittlung für Gasverbrauch</b>	<b>115</b>
3.2.1	Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite	35	<b>7.7</b>	<b>Raum- und Verbrennungsluft-Verbund</b>	<b>116</b>
3.2.2	Druckarten in Rohrleitungen	–	<b>7.8</b>	<b>Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen</b>	<b>116</b>
3.2.3	Druckverluste in Rohrleitungen	37	7.8.1	Diagrammverfahren	116
<b>3.3</b>	<b>Pumpenberechnungen</b>	<b>38</b>	7.8.2	Tabellenverfahren	117
3.3.1	Förderstrom und Förderdruck	–	7.8.3	Berechnungen von Flüssiggasleitungen	122
3.3.2	Pumpenleistung	–	<b>7.9</b>	<b>Projekte</b>	<b>124</b>
3.3.3	Pumpenauswahl	–			
3.3.4	Druckerhöhungsanlagen DEA	40	<b>8</b>	<b>Heizungsanlagen</b>	<b>130</b>
<b>3.4</b>	<b>Rohrdimensionierung</b>	<b>40</b>	<b>8.1</b>	<b>Wärmeübertragung</b>	<b>130</b>
<b>4</b>	<b>Trinkwasser-Erwärmungsanlagen</b>	<b>53</b>	<b>8.2</b>	<b>Berechnung der Normheizlast</b>	<b>132</b>
<b>4.1</b>	<b>Temperatur</b>	<b>53</b>	8.2.1	Norm-Außentemperatur	–
<b>4.2</b>	<b>Wärmemenge</b>	<b>53</b>	8.2.2	Norm-Innentemperatur	–
4.2.1	Wärmemenge bei Temperaturänderung	53			
4.2.2	Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes	55			

8.2.3	Norm-Wärmedurchgangskoeffizient	–	10.3	Berechnungen an Luftkanälen	190
8.2.4	Gesamt-Norm-Wärmeverlust	–	10.3.1	Volumenstrom	190
	<b>ausführliches Verfahren</b>	–	10.3.2	Kontinuitätsgesetz	191
8.2.5	Norm-Transmissionswärmebedarf	–	10.3.3	Gleichung von Bernoulli	192
8.2.6	Norm-Lüftungswärmeverluste	–	10.3.4	Hydraulischer Durchmesser	194
8.2.7	Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung	–	10.3.5	Druckverlustberechnung in Luftkanälen	194
8.2.8	Lüftungswärmeverluste bei maschineller Lüftung	–	10.4	<b>Ventilatorleistung und Ventilatorauswahl</b>	196
8.2.9	Räume mit unterbrochenem Heizbetrieb	–	10.5	<b>Zustandsänderungen der Luft</b>	196
8.2.10	Netto- und Norm-Heizlast eines Raumes	132	10.5.1	Mollier-Diagramm für feuchte Luft	198
8.2.11	Norm-Heizlast eines Gebäudes	–	10.5.2	Lufterwärmung	198
8.2.12	Norm-Heizlastberechnung	–	10.5.3	Luftkühlung und Entfeuchtung	199
	<b>vereinfachtes Verfahren</b>	–	10.5.4	Luftbefeuchtung	200
8.2.13	Norm-Gebäudewärmebedarf	–	10.5.5	Luftmischung	200
8.3	<b>Heizflächen und Kesselgrößen bei Zweirohrheizungen</b>	144	10.6	<b>Wärmeleistung, Kühlleistung von Klimageräten</b>	201
8.4	<b>Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl</b>	147	10.6.1	Äußere Wärmequellen	–
8.4.1	Massenstrom	–	10.6.2	Innere Wärmequellen	–
8.4.2	Druckverluste bei Zweirohrheizungen	–	10.6.3	Kühllast im Sommer	202
8.4.3	Einzelwiderstände	–	10.6.4	Heizlast im Winterbetrieb	203
8.4.4	Druckverluste in Teilstrecken	–	10.7	<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung</b>	203
8.4.5	Druckverluste in Thermostatventilen und Mischern	–	10.8	<b>Projekt</b>	204
8.4.6	Rohrnetzauslegung und Pumpendruck	147			
8.4.7	Pumpenauswahl und Rohrnetz Kennlinien	148	<b>11</b>	<b>Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen</b>	207
8.5	<b>Einrohrheizungen</b>	153	11.1	<b>Ohmsches Gesetz</b>	207
8.5.1	Massenstrom im Heizkreis	–	11.2	<b>Leiterwiderstand</b>	207
8.5.2	Gleiche Temperaturdifferenzen	–	11.3	<b>Elektrische Leistung</b>	209
8.5.3	Gleiche Massenströme	–	11.3.1	Elektrische Leistung bei Wechselspannung	209
8.5.4	Bestimmung der Heizflächen	153	11.3.2	Elektrische Leistung bei Dreiphasenwechselspannung	210
8.5.5	Druckverluste und Pumpenauslegung	155	11.3.3	Phasenverschiebung	213
8.6	<b>Fußbodenheizung</b>	158	11.4	<b>Anschlussleistung und Absicherung</b>	215
8.6.1	Wärmeleistung	–	11.5	<b>Elektrische Energie</b>	216
8.6.2	Wärmestromdichte	–	11.6	<b>Energiekosten</b>	218
8.6.3	Fußboden-Oberflächentemperatur	158	11.7	<b>Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer</b>	220
8.6.4	Rohrabstand und Heizwassertemperatur	–	11.7.1	Erwärmzeit	220
8.6.5	Druckverlust und Pumpenauslegung	158	11.7.2	Massenstrom	221
8.7	<b>Membran-Druckausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil</b>	161	11.8	<b>Projekt</b>	223
8.8	<b>Öldurchsatz und Auswahl von Brennerdüsen</b>	163			
8.9	<b>Brennstoffbedarf und Brennstoffkosten</b>	163	<b>12</b>	<b>Kostenrechnung</b>	228
8.10	<b>Energiekostenvergleich</b>	164	12.1	<b>Kostenarten</b>	228
8.11	<b>Projekte</b>	165	12.2	<b>Zuschlagskalkulation</b>	228
			12.3	<b>Angebotsbearbeitung</b>	231
<b>9</b>	<b>Abgasanlagen</b>	183	12.4	<b>Gerätekosten als Sonderkosten</b>	238
9.1	Luftbedarf bei der Verbrennung	–	12.4.1	Maschinenkosten	238
9.2	Abgasverluste und Wirkungsgrade	183	12.4.2	Kraftfahrzeugkosten	239
9.3	Abgasvolumen und Verbindungsstücke	186	12.4.3	Schweißkosten	241
9.4	Schornsteine, Abgasleitungen	186			
			<b>13</b>	<b>Projekte und Aufgaben</b>	242
<b>10</b>	<b>Raumlufttechnische Anlagen</b>	188	13.1	<b>Projekte und Aufgaben im Handlungsfeld Wassertechnik</b>	242
10.1	<b>Behaglichkeitskriterien</b>	188	13.1.1	Projekt 1: Einfamilienhaus	242
10.2	<b>Grundlagen zur Berechnung von raumlufttechnischen Anlagen</b>	188	13.1.2	Projekt 2: Mehrfamilienhaus	245
10.2.1	Einteilung nach DIN 1946	–	13.1.3	Aufgaben	246
10.2.2	Außenluft	–	13.2	<b>Projekte und Aufgaben für die Handlungsfelder Wärme- und Lufttechnik</b>	250
10.2.3	Außenluft nach dem Mindestaußenluftstrom	–	13.2.1	Projekt 1: Marbacher Weg	250
10.2.4	Außenluftbedarf nach der maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK)	189	13.2.2	Projekt 2: Etagenwohnung – Ulm	253
10.2.5	Außenluftbedarf nach der Luftwechselzahl	189	13.2.3	Projekt 3: Tennishalle	256
10.2.6	Luftumwälzung	190	13.2.4	Aufgaben	258