



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# Lösungsheft

# Technische Mathematik Installations- und Heizungstechnik

6. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger 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>	5	<b>4.3</b>	<b>Wassermischung</b>	56
<b>1.1</b>	<b>Lösungsweg technischer Berechnungen</b>	5	<b>4.4</b>	<b>Energie und Leistung</b>	60
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>	65
<b>1.2</b>	<b>Dreisatz- und Prozentrechnen</b>	9	<b>4.6</b>	<b>Zirkulationsanlagen</b>	67
<b>1.3</b>	<b>Längen</b>	10	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>	76
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>	13	4.7.3	Speicherauswahl nach der Bedarfskennzahl	77
1.4.1	Flächeneinheiten	13	<b>4.8</b>	<b>Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung</b>	78
1.4.2	Flächen mit geraden Linien	13	<b>4.9</b>	<b>Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung</b>	79
1.4.3	Flächen mit gebogenen Linien	15			
1.4.4	Zusammengesetzte Flächen	16			
<b>1.5</b>	<b>Volumenberechnung</b>	18			
<b>1.6</b>	<b>Masse und Dichte</b>	19	<b>5</b>	<b>Entwässerungsanlagen</b>	80
<b>1.7</b>	<b>Kraft und Gewichtskraft</b>	20	<b>5.1</b>	<b>Gefälle von Rohrleitungen</b>	80
<b>1.8</b>	<b>Hebel und Drehmoment</b>	20	<b>5.2</b>	<b>Bemessen von Abwasser- und Lüftungsleitungen</b>	82
<b>1.9</b>	<b>Geradlinige und kreisförmige Bewegung</b>	21	<b>5.3</b>	<b>Bemessen von Abwasserhebeanlagen</b>	91
<b>1.10</b>	<b>Mechanische Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad</b>	22	<b>5.4</b>	<b>Bemessen von Abscheide- und Neutralisationsanlagen</b>	92
<b>1.11</b>	<b>Aufgaben</b>	22	<b>5.5</b>	<b>Längenänderung durch Temperaturänderung</b>	94
			<b>5.6</b>	<b>Projekt</b>	94
<b>2</b>	<b>Rohrberechnungen</b>	24			
<b>2.1</b>	<b>Rohrabmessungen</b>	24	<b>6</b>	<b>Ableitung von Niederschlagswasser</b>	97
<b>2.2</b>	<b>Freier Querschnitt</b>	24	<b>6.1</b>	<b>Zuschritte</b>	97
<b>2.3</b>	<b>Querschnittsverminderung</b>	24	<b>6.2</b>	<b>Blechbedarf, Blechgewicht</b>	97
<b>2.4</b>	<b>Rohroberflächen</b>	25	<b>6.3</b>	<b>Bemessen von Dachrinnen und Regenwasserleitungen</b>	99
<b>2.5</b>	<b>Rohrmasse</b>	26	6.3.1	Entwässerung bei Teilfüllung	99
<b>2.6</b>	<b>Rohrinhalt</b>	27	6.3.2	Dachentwässerung mit Druckströmung	100
<b>2.7</b>	<b>Längen- und Volumenänderung</b>	29	<b>6.4</b>	<b>Bemessen von Anlagen zur Regenwassernutzung</b>	104
2.7.1	Längenänderung	29	6.5	Längenänderung durch Temperaturänderung	106
2.7.2	Dehnungsausgleich	29	<b>6.6</b>	<b>Projekt</b>	107
2.7.3	Volumenausdehnung	31			
<b>3</b>	<b>Rohrleitungsanlagen</b>	33			
<b>3.1</b>	<b>Druck in Flüssigkeiten</b>	33	<b>7</b>	<b>Gasanlagen</b>	110
3.1.1	Druckeinheiten	33	<b>7.1</b>	<b>Gasgesetze</b>	110
3.1.2	Hydrostatischer Druck	33	<b>7.2</b>	<b>Gasverbrauch beim Schweißen</b>	111
3.1.3	Auftrieb in Flüssigkeiten	35	<b>7.3</b>	<b>Gasverbrauch zur Stofferwärmung</b>	112
<b>3.2</b>	<b>Strömung in Rohrleitungen</b>	35	<b>7.4</b>	<b>Geräteleistung und Wirkungsgrad</b>	112
3.2.1	Volumenstrom, Fließgeschwindigkeit, Nennweite	35	<b>7.5</b>	<b>Anschluss- und Einstellwerte</b>	114
3.2.2	Druckarten in Rohrleitungen	—	<b>7.6</b>	<b>Kostenermittlung für Gasverbrauch</b>	115
3.2.3	Druckverluste in Rohrleitungen	37	<b>7.7</b>	<b>Raum- und Verbrennungsluft-Verbund</b>	116
<b>3.3</b>	<b>Pumpenberechnungen</b>	38	<b>7.8</b>	<b>Dimensionierung von Niederdruckgasleitungen</b>	116
3.3.1	Förderstrom und Förderdruck	—	7.8.1	Diagrammverfahren	116
3.3.2	Pumpenleistung	—	7.8.2	Tabellenverfahren	117
3.3.3	Pumpenauswahl	—	7.8.3	Berechnungen von Flüssiggasleitungen	122
3.3.4	Druckerhöhungsanlagen DEA	40	<b>7.9</b>	<b>Projekte</b>	124
<b>3.4</b>	<b>Rohrdimensionierung</b>	40			
<b>4</b>	<b>Trinkwasser-Erwärmungsanlagen</b>	53			
<b>4.1</b>	<b>Temperatur</b>	53	<b>8</b>	<b>Heizungsanlagen</b>	130
<b>4.2</b>	<b>Wärmemenge</b>	53	<b>8.1</b>	<b>Wärmeübertragung</b>	130
4.2.1	Wärmemenge bei Temperaturänderung	53	<b>8.2</b>	<b>Berechnung der Normheizlast</b>	132
4.2.2	Wärmemenge zur Änderung des Aggregatzustandes	55	8.2.1	Norm-Außentemperatur	—
			8.2.2	Norm-Innentemperatur	—

8.2.3	Norm-Wärmedurchgangskoeffizient . . . . .	-	10.3	<b>Berechnungen an Luftkanälen</b> . . . . .	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-Transmissionswärmeverlust . . . . .	-	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 Ventilator- auswahl</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 <b>vereinfachtes Verfahren</b> . . . . .	-	10.5.3	Luftkühlung und Entfeuchtung . . . . .	199
8.2.13	Norm-Gebäudewärmeverlust . . . . .	-	10.5.4	Luftbefeuchtung . . . . .	200
<b>8.3</b>	<b>Heizflächen und Kesselgrößen bei Zweirohrheizungen</b> . . . . .	144	10.5.5	Luftmischung . . . . .	200
<b>8.4</b>	<b>Rohrnetzberechnung und Pumpenauswahl</b> . . . . .	147	<b>10.6</b>	<b>Wärmeleistung, Kühlleistung von Klimageräten</b> . . . . .	201
8.4.1	Massenstrom . . . . .	-	10.6.1	Äußere Wärmequellen . . . . .	-
8.4.2	Druckverluste bei Zweirohrheizungen . . . . .	-	10.6.2	Innere Wärmequellen . . . . .	-
8.4.3	Einzelwiderstände . . . . .	-	10.6.3	Kühllast im Sommer . . . . .	202
8.4.4	Druckverluste in Teilstrecken . . . . .	-	10.6.4	Heizlast im Winterbetrieb . . . . .	203
8.4.5	Druckverluste in Thermostatventilen und Mischern . . . . .	-	<b>10.7</b>	<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung</b> . . . . .	203
8.4.6	Rohrnetzauslegung und Pumpendruck . . . . .	147	<b>10.8</b>	<b>Projekt</b> . . . . .	204
8.4.7	Pumpenauswahl und Rohrnetzkennlinien . . . . .	148			
<b>8.5</b>	<b>Einrohrheizungen</b> . . . . .	153	<b>11</b>	<b>Elektroanschlüsse bei SHK-Anlagen</b> . . . . .	207
8.5.1	Massenstrom im Heizkreis . . . . .	-	11.1	<b>Ohmsches Gesetz</b> . . . . .	207
8.5.2	Gleiche Temperaturdifferenzen . . . . .	-	11.2	<b>Leiterwiderstand</b> . . . . .	207
8.5.3	Gleiche Massenströme . . . . .	-	11.3	<b>Elektrische Leistung</b> . . . . .	209
8.5.4	Bestimmung der Heizflächen . . . . .	153	11.3.1	Elektrische Leistung bei Wechselspannung . . . . .	209
8.5.5	Druckverluste und Pumpenauslegung . . . . .	155	11.3.2	Elektrische Leistung bei Dreiphasenwechselspannung . . . . .	210
<b>8.6</b>	<b>Fußbodenheizung</b> . . . . .	158	11.3.3	Phasenverschiebung . . . . .	213
8.6.1	Wärmeleistung . . . . .	-	11.4	<b>Anschlussleistung und Absicherung</b> . . . . .	215
8.6.2	Wärmestromdichte . . . . .	-	11.5	<b>Elektrische Energie</b> . . . . .	216
8.6.3	Fußboden-Oberflächentemperatur . . . . .	158	11.6	<b>Energiekosten</b> . . . . .	218
8.6.4	Rohrabstand und Heizwassertemperatur . . . . .	-	11.7	<b>Erwärmzeit und Massenstrom elektrischer Wassererwärmer</b> . . . . .	220
8.6.5	Druckverlust und Pumpenauslegung . . . . .	158	11.7.1	Erwärmzeit . . . . .	220
<b>8.7</b>	<b>Membran-Druckausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil</b> . . . . .	161	11.7.2	Massenstrom . . . . .	221
<b>8.8</b>	<b>Öldurchsatz und Auswahl von Brennerdüsen</b> . . . . .	163	<b>11.8</b>	<b>Projekt</b> . . . . .	223
<b>8.9</b>	<b>Brennstoffbedarf und Brennstoffkosten</b> . . . . .	163			
<b>8.10</b>	<b>Energiekostenvergleich</b> . . . . .	164			
<b>8.11</b>	<b>Projekte</b> . . . . .	165			
<b>9</b>	<b>Abgasanlagen</b> . . . . .	183	<b>12</b>	<b>Kostenrechnung</b> . . . . .	228
9.1	Luftbedarf bei der Verbrennung . . . . .	-	12.1	<b>Kostenarten</b> . . . . .	228
9.2	Abgasverluste und Wirkungsgrade . . . . .	183	12.2	<b>Zuschlagskalkulation</b> . . . . .	228
9.3	Abgasvolumen und Verbindungsstücke . . . . .	186	12.3	<b>Angebotsbearbeitung</b> . . . . .	231
9.4	Schornsteine, Abgasleitungen . . . . .	186	12.4	<b>Gerätekosten als Sonderkosten</b> . . . . .	238
<b>10</b>	<b>Raumluftechnische Anlagen</b> . . . . .	188	12.4.1	Maschinenkosten . . . . .	238
10.1	Behaglichkeitskriterien . . . . .	188	12.4.2	Kraftfahrzeugkosten . . . . .	239
10.2	Grundlagen zur Berechnung von raumluftechnischen Anlagen . . . . .	188	12.4.3	Schweißkosten . . . . .	241
10.2.1	Einteilung nach DIN 1946 . . . . .	-			
10.2.2	Außenluft . . . . .	-			
10.2.3	Außenluft nach dem Mindestaußenluftstrom . . . . .	-			
10.2.4	Außenluftbedarf nach der maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) . . . . .	189			
10.2.5	Außenluftbedarf nach der Luftwechselzahl . . . . .	189			
10.2.6	Luftumwälzung . . . . .	190			
<b>13</b>	<b>Projekte und Aufgaben</b> . . . . .	242			
13.1	<b>Projekte und Aufgaben im Handlungsfeld Wasser-technik</b> . . . . .	242			
13.1.1	Projekt 1: Einfamilienhaus . . . . .	242			
13.1.2	Projekt 2: Mehrfamilienhaus . . . . .	245			
13.1.3	Aufgaben . . . . .	246			
13.2	<b>Projekte und Aufgaben für die Handlungsfelder Wärme- und Lufttechnik</b> . . . . .	250			
13.2.1	Projekt 1: Marbacher Weg . . . . .	250			
13.2.2	Projekt 2: Etagenwohnung – Ulm . . . . .	253			
13.2.3	Projekt 3: Tennishalle . . . . .	256			
13.2.4	Aufgaben . . . . .	258			