



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Bautechnik

Bautechnik Fachmathematik

Lehr- und Übungsbuch

10. Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen

Lektorat: Dipl.-Ing. Hansjörg Frey

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

Europa-Nr.: 42012 mit Formelsammlung
Europa-Nr.: 42013 Programm-CD

Bearbeiter der **Fachmathematik Bautechnik**

Frey, Hansjörg	Dipl.-Ing.	Göppingen
Hellmuth, Michael	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Tauberbischofsheim
Herrmann, August	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat a.D.	Schwäbisch Gmünd
Kuhn, Volker	Dipl.-Ing., Architekt	Höpfingen
Massinger, Emil	Dr.-Ing., Studiendirektor a.D.	Pforzheim
Stemmler, Christian	Dipl.-Gwl. Studienrat	Wertheim-Dörlesberg
Waibel, Helmuth	Bauingenieur	Ummendorf

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Hansjörg Frey, Dipl.-Ing., Göppingen

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro Irene Lillich, Schwäbisch Gmünd

10. Auflage 2016

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-4210-1 mit Formelsammlung

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

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz und Druck: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, Salzweg

Vorwort zur 4. Auflage

Das Unterrichtswerk „**Bautechnik – Fachmathematik**“ mit „**Bautechnik – Formeln und Tabellen**“ gehört neben der „**Fachkunde Bau**“, der „**Bautechnik – Technisches Zeichnen**“ und dem „**Tabellenbuch Bautechnik**“ zu der bewährten EUROPA-Fachbuchreihe für Bauberufe.

Das vorliegende Buch vermittelt mathematische Grundkenntnisse im Berufsfeld Bautechnik und Fachkenntnisse für die Ausbildung zum **Hochbaufacharbeiter/zur Hochbaufacharbeiterin** sowie zu den Einzelberufen **Maurer/Maurerin, Beton- und Stahlbetonbauer/Beton- und Stahlbetonbauerin**. Es enthält wesentliche Ausbildungsinhalte für den Beruf **Bauzeichner/Bauzeichnerin**.

Nach dem „**Rahmenlehrplan für den Unterricht nach Lernfeldern**“ ist eine wichtige Aufgabe der beruflichen Bildung die Vermittlung von **Fach- und Handlungskompetenz**. Auf der Grundlage fachlichen Wissens und Könnens sollen die Auszubildenden lernen, berufsbezogene Aufgaben und Probleme sachgerecht und selbständig zu lösen. Deshalb sind in diesem Buch alle zur Lösung der fachbezogenen Aufgaben notwendigen Grundlagen griffbereit dargestellt und helfen damit die Handlungskompetenz des Auszubildenden zu stärken. Die den jeweiligen Abschnitten zugehörigen Rechenregeln und mathematischen Gesetzmäßigkeiten sind in **Merksätzen und Formeln** dargestellt. Ausführlich beschriebene Beispiele dienen als Muster für die Bearbeitung der Übungsaufgaben. Zahlreiche praxisnahe Zeichnungen sollen durch selbständiges Üben im Zeichnungslesen das schnelle und sichere Erfassen des Sachverhalts fördern. Als Besonderheit können im Kapitel „**Rechnen mit Tabellenkalkulation**“ mithilfe des Programms EXCEL Aufgaben aus den Bereichen Mauerwerksbau, Betonbau, Stahlbetonbau, Holzbau, Treppenbau und Wärmeschutz gelöst werden. Musterlösungen werden in den genannten Bereichen unter der Überschrift **Arbeitsmappen** aufgezeigt. Am Ende der Musterlösungen kennzeichnen Piktogramme die mit Tabellenkalkulation lösbaren Aufgaben und die ausdrucksbaren Arbeitsblätter.

Auf einer zum Buch lieferbaren **CD-ROM** sind die zur Lösung notwendigen Arbeitsblätter mit Auswahlmenues gespeichert. In dem Beiheft „**Bautechnik – Formeln und Tabellen**“ sind die im Buch enthaltenen Formeln und die zur Lösung der Übungsaufgaben erforderlichen Tabellen zusammengestellt. Dieses Beiheft enthält keine Musterlösungen und ist deshalb als Hilfsmittel bei Prüfungen zugelassen. Die „**Lösungen zur Fachmathematik Bautechnik**“ enthalten die vollständigen Rechengänge, ermöglichen das Überprüfen der Lösungen und stellen eine Erleichterung der Unterrichtsvorbereitung für den Lehrer dar.

Sommer 1999

Hansjörg Frey

Vorwort zur 10. Auflage

Im vorliegenden Buch „**Bautechnik – Fachmathematik**“ wurden durch die Einführung von Eurocode 2 und Eurocode 6 sowie der zugehörigen nationalen Normen die Bezeichnungen und Kurzzeichen den neuen Vorschriften angepasst. Beim Kapitel 11 „**Wärme in der Bautechnik**“ haben sich durch Einführung der EnEV 2014 Wärmedämmwerte geändert. Diese wurden ebenfalls geändert. Zur digitalen Berechnung der Aufgaben in diesem Kapitel empfehlen wir die kostenlosen Rechenprogramme der Anbieter von Wärmedämmstoffen zu nutzen, da diese bei Neuerungen von Vorschriften immer zeitnah auf den neuesten Stand gebracht werden. Auch das Tabellenheft „**Formeln und Tabellen**“ sowie die „**Lösungen**“ der Aufgaben wurden angepasst. Bei den Kosten im Hochbau mussten entsprechend der neuen Norm die Kostengruppen umbenannt werden. Sind in den Aufgaben Preisangaben genannt, können diese individuell auf das jeweilige Kostenniveau abgeändert werden.

Für weitere Anregungen und Verbesserungen sind Autoren und Verlag immer dankbar. Sie können dafür unsere Adresse lektorat@euroopa-lehrmittel.de nutzen.

Herbst 2015

Hansjörg Frey

Inhaltsverzeichnis

1 Rechnerische Grundlagen	6	3 Winkel; Steigung, Neigung, Gefälle	59
1.1 Grundrechenarten	6	3.1 Winkel	59
1.1.1 Punkt- und Strichrechnung	6	3.1.1 Winkelarten	59
1.1.2 Rechnen mit Klammern	7	3.1.2 Einheiten der Winkel	59
1.1.3 Dezimalzahlen	7	3.1.3 Umrechnen von Winkeln	59
1.1.4 Runden von Dezimalzahlen	7	3.2 Winkelfunktionen	60
1.1.5 Vorzeichenregeln	7	3.3 Steigung, Neigung, Gefälle	64
1.2 Brüche	8	3.3.1 Bestimmung der Steigung als Steigungsverhältnis	64
1.2.1 Umwandlung von Brüchen	9	3.3.2 Bestimmung der Steigung als Prozentsatz	65
1.2.2 Rechnen mit Brüchen	9	4 Pythagoras	67
1.3 Potenzen und Wurzeln	12	4.1 Lehrsatz des Pythagoras	67
1.3.1 Potenzieren	12	4.2 Verreihung	67
1.3.2 Wurzelziehen	14	5 Flächen	72
1.4 Gleichungen	16	5.1 Einheiten	72
1.5 Dreisatzrechnen	19	5.2 Geradlinig begrenzte Flächen	73
1.6 Prozentrechnen	21	5.3 Krummlinig begrenzte Flächen	80
1.7 Zinsrechnen	24	5.4 Zusammengesetzte Flächen	85
1.8 Koordinatensystem	25	6 Körper	90
1.9 Diagramme	27	6.1 Einheiten	90
1.10 Rechnen mit elektronischen Taschenrechnern	29	6.2 Würfel, Quader, Zylinder	91
1.10.1 Aufbau eines Taschenrechners	29	6.3 Pyramide, Kegel	95
1.10.2 Grundrechenarten	30	6.4 Pyramidenstumpf, Kegelstumpf	98
1.10.3 Klammern	30	6.5 Zusammengesetzte Körper	103
1.10.4 Quadratzahlen, Quadratwurzeln	31	7 Mengenermittlung und Baustoffbedarf	107
1.10.5 Winkelfunktionen	31	7.1 Masse, Dichte, Gewichtskraft	107
1.11 Rechnen mit Computern	33	7.2 Erdarbeiten	110
1.11.1 Aufbau eines Computersystems	33	7.2.1 Aushub des Bodens	110
1.11.2 Bedienung eines Computers	34	7.2.2 Verdichten des Bodens	110
1.11.3 Starten eines Computers	36	7.3 Mauerwerksbau	113
1.11.4 Computer als Rechner	37	7.3.1 Steinbedarf, Mörtelbedarf	113
1.11.5 Programmieren in BASIC	38	7.3.2 Mörtelzusammensetzung	115
1.11.6 Unverzweigtes Programm	38	7.3.3 Arbeitsmappe Mauerwerksbau	118
1.11.7 Verzweigtes Programm	40	7.4 Betonbau	121
1.12 Rechnen mit Tabellenkalkulation	43	7.4.1 Gesteinskörnung	121
1.12.1 Programmstart	44	7.4.2 Zugabewasser	129
1.12.2 Arbeitsmappen	45		
2 Längen	47		
2.1 Einheiten	47		
2.2 Maßstäbe	48		
2.3 Gerade Längen	49		
2.4 Gekrümmte Längen	51		
2.5 Längenteilung	52		
2.6 Mauermaße	53		
2.7 Zusammengesetzte Längen	56		

7.4.3	Wasserzementwert und Zementgehalt	130
7.4.4	Standardbeton	132
7.4.5	Stoffraumrechnung	134
7.4.6	Betonmischung nach Masseteilen	136
7.4.7	Mischerfüllung	136
7.4.8	Arbeitsmappe Betonbau	138
7.5	Stahlbetonbau	145
7.5.1	Einzelstabbewehrung	145
7.5.2	Bewehrung mit Betonstahlmatten	149
7.5.3	Arbeitsmappe Stahlbetonbau	156
7.6	Putz und Estrich	158
7.7	Holzbau	158
7.7.1	Brettarbeiten	160
7.7.2	Abundarbeiten	160
7.7.3	Arbeitsmappe Holzbau	164

8 Bautechnische Mechanik 165

8.1	Kräfte	165
8.1.1	Bezeichnungen, Einheiten, Darstellung	165
8.1.2	Zusammensetzen von Kräften	165
8.1.3	Zerlegen von Kräften	167
8.1.4	Gleichgewicht bei Kräften	167
8.2	Hebel, Rolle, Schiefe Ebene	169
8.2.1	Hebel, Drehmoment	169
8.2.2	Rollen und Flaschenzüge	171
8.2.3	Schiefe Ebene	173
8.3	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	173
8.3.1	Arbeit	173
8.3.2	Leistung	174
8.3.3	Wirkungsgrad	175
8.4	Einwirkungen auf Bauwerke	175
8.5	Auflagerkräfte am Träger	177
8.5.1	Arten von Trägern und Auflagern	177
8.5.2	Gleichgewichtsbedingungen am Träger	177
8.5.3	Berechnung von Auflagerkräften am Träger	179
8.6	Spannung	185
8.6.1	Zug	185
8.6.2	Druck	186

9 Mauerbögen 191

9.1	Berechnung eines Rundbogens	191
9.2	Berechnung eines Segmentbogens	193
9.3	Arbeitsmappe Mauerbögen	196

10 Treppen 198

10.1	Berechnung von geraden Treppen	198
10.2	Berechnung von gewendelten Treppen	202
10.3	Arbeitsmappe Treppen	206

11 Wärme in der Bautechnik 208

11.1	Längenänderung infolge von Temperatureinflüssen	208
11.2	Wärmeschutz	209
11.2.1	Wärmedurchlaßwiderstand, Wärmedurchgangskoeffizient	209
11.2.2	Anforderungen an den Wärmeschutz	213
11.3	Arbeitsmappe Wärme	230

12 Berechnung für Baueingaben 235

12.1	Flächen des Baugrundstückes (DIN 277)	235
12.2	Bebaute Flächen	237
12.3	Art und Maß der baulichen Nutzung von Baugrundstücken	239
12.4	Berechnung der Grundflächen nach DIN 277	240
12.5	Berechnung der Rauminhalte nach DIN 277	244
12.6	Kosten im Hochbau nach DIN 276	246
12.6.1	Kostengliederung	246
12.6.2	Kostenermittlung	246

13 Abrechnung von Bauleistungen ... 250

13.1	Aufmaß und Abrechnung nach VOB	250
13.1.1	Abrechnungsregeln bei Erdarbeiten	250
13.1.2	Abrechnungsregeln bei Mauerarbeiten	251
13.1.3	Abrechnungsregeln bei Betonarbeiten	252
13.2	Preisermittlung	257
13.2.1	Lohnkosten	257
13.2.2	Baustoffkosten	258
13.2.3	Sonstige Kosten	259
13.2.4	Gemeinkosten	260
13.2.5	Wagnis und Gewinn	260
13.2.6	Berechnung von Einheitspreisen	260
13.3	Kostenvergleiche	261
Sachwortverzeichnis		264

1 Rechnerische Grundlagen

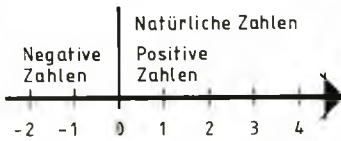


Bild 6/1: Zahlenstrahl

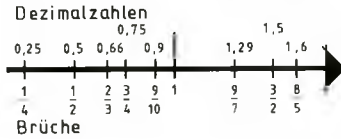


Bild 6/2: Rationale Zahlen

Tabelle 6/1: Mathematische Zeichen		
Zeichen	Bezeichnung	Rechenbeispiel
+	plus	$5 + 3 = 8$
-	minus	$9 - 5 = 4$
·	multipliziert	$3 \cdot 6 = 18$
:	dividiert	$21 : 7 = 3$
=	gleich	$6 + 4 = 10$
≠	ungleich	$8 \neq 13$
≐	entspricht	$1 \text{ kg} \equiv 10 \text{ N}$
≈	nahezu gleich	$\frac{1}{3} \approx 0,33$
<	kleiner als	$5 < 8$
>	größer als	$7 > 2$

In der Bautechnik sind häufig Berechnungen erforderlich, z. B. zur Ermittlung des Baustoffbedarfs, zur Herstellung von Mörtel- und Betonmischungen und zum Nachweis der Standsicherheit von Bauteilen. Zum Rechnen benötigt man Zahlen und Zeichen.

Zahlen können auf dem Zahlenstrahl dargestellt werden (Bild 6/1).

Natürliche Zahlen sind alle ganzen und positiven Zahlen. Auf dem Zahlenstrahl werden sie von Null aus nach rechts im gleichen Abstand abgetragen.

Positive Zahlen werden vor der Zahl mit einem Pluszeichen gekennzeichnet, z. B. +8. Fehlt das Pluszeichen, gilt diese Zahl als positiv, z. B. 8.

Negative Zahlen werden immer mit einem Minuszeichen vor der Ziffer geschrieben. Auf dem Zahlenstrahl liegen die negativen Zahlen links der Null.

Rationale Zahlen sind Brüche oder Dezimalzahlen, die auf dem Zahlenstrahl den Abstand zwischen den ganzen positiven und den ganzen negativen Zahlen verkleinern, z. B. $\frac{1}{2}$ oder $0,5$, $\frac{2}{3}$ oder $0,666\dots$, $\frac{8}{5}$ oder $1,6$. Auch ganze positive und negative Zahlen sind rationale Zahlen (Bild 6/2).

Mathematische Zeichen geben an, welche Rechenvorgänge vorzunehmen sind oder welche mathematischen Beziehungen zwischen Zahlen bestehen (Tabellen 6/1 und A3/2).

1.1 Grundrechenarten

Addition und Subtraktion, Multiplikation und Division gehören zu den Grundrechenarten. Für das Rechnen ist die Kenntnis von Rechenregeln notwendig (Tabellen 6/2 und A3/1).

Tabelle 6/2: Grundrechenarten						
Rechenart		Rechenzeichen	Rechenvorgang mit Beispiel			
Strichrechnung	Addition	+	Summand 3	plus +	Summand 6	gleich Summe = 9
	Subtraktion	-	Minuend 8	minus -	Subtrahend 3	gleich Differenz = 5
Punktrechnung	Multiplikation	·	Faktor 7	mal ·	Faktor 4	gleich Produkt = 28
	Division	:	Dividend 15	geteilt durch ÷	Divisor 3	gleich Quotient = 5

1.1.1 Punkt- und Strichrechnung

Kommen in einer Aufgabe sowohl Punkt- als auch Strichrechnungen vor, so müssen die **Punktrechnungen vor den Strichrechnungen** durchgeführt werden.

Beispiel: $9 \cdot 3 + 6 \cdot 5 + 3 \cdot 4 - 4 \cdot 6 : 2 - 12 : 3$

Lösung: $27 + 30 + 12 - 12 - 4 = 53$

1.1.2 Rechnen mit Klammern

Zusammengehörende Rechenvorgänge werden in Klammern gesetzt. Der Wert innerhalb der Klammern ist zuerst auszurechnen. Bei mehreren Klammern beginnt man mit dem Rechnen bei der innersten Klammer.

Beispiele: $(2 + 3) - (4 - 2)$

$(3 + 8) - (9 - (4 - 2))$

Lösungen: $5 - 2 = 3$

$11 - (9 - 2) = 4$

1.1.3 Dezimalzahlen

Dezimalzahlen, auch Dezimalbrüche genannt, bestehen aus Ziffernfolgen vor und hinter dem Komma. Die Stellen vor dem Komma, vom Komma aus beginnend, nennt man Einer (E), Zehner (Z), Hunderter (H) und Tausender (T). Die Stellen nach dem Komma heißen Zehntel (z), Hundertstel (h) und Tausendstel (t) und werden als Dezimalstellen bezeichnet.

Beispiel: 3415,927 ist eine Dezimalzahl mit 3 Dezimalstellen

Beispiele: $0,4 + 0,3 = 0,7$

Ziffer	3	4	1	5	,	9	2	7
Stelle	T	H	Z	E	,	z	h	t

$12,113 - 0,08 = 12,033$

$61,25 \cdot 0,5 = 30,625$

$43,75 : 12,5 = 3,5$

Die Grundrechenarten gelten auch für Dezimalzahlen.

1.1.4 Runden von Dezimalzahlen

Die Anzahl der Dezimalstellen kann durch Runden herabgesetzt werden, wobei die letzte gewünschte Ziffer die Rundstelle ist. Steht rechts neben der Rundstelle eine der Ziffern von 0 bis 4, wird abgerundet. Alle Ziffern rechts neben der Rundstelle entfallen. Steht rechts neben der Rundstelle eine der Ziffern von 5 bis 9, wird aufgerundet. Die Rundstelle wird um 1 erhöht.

In der Bautechnik sind Größen mit Dezimalzahlen in der Regel auf 2 oder 3 Stellen zu runden. Auf 2 Stellen werden z. B. Längen, Flächen und Kosten gerundet, auf 3 Stellen z. B. Volumen, Massen und Kräfte.

Beispiele: Runden auf 2 Stellen

Runden auf 3 Stellen

19,6792 m ergibt **19,68 m**

53,14159 m³ ergibt **53,142 m³**

28,5442 m² ergibt **28,54 m²**

71,41426 kg ergibt **71,414 kg**

65,2138 € ergibt **65,21 €**

36,78492 N ergibt **36,785 N**

1.1.5 Vorzeichenregeln

Bei der Addition und Subtraktion von positiven und negativen Zahlen gelten folgende Regeln:

Bei der **Addition einer negativen Zahl** wird die negative Zahl subtrahiert.

Bei der **Subtraktion einer negativen Zahl** wird die negative Zahl addiert.

Beispiele:

$5 + (-4) = 1$ $5 - (-4) = 9$ $18 + 5 + (-12) + (-3) = 8$ $22 - 3 - (-16) - (-7) = 42$
 $5 - 4 = 1$ $5 + 4 = 9$ $18 + 5 - 12 - 3 = 8$ $22 - 3 + 16 + 7 = 42$

Bei der Multiplikation und Division von positiven und negativen Zahlen gelten folgende Regeln:

Bei der **Multiplikation und Division von Zahlen mit gleichen Vorzeichen** wird das Ergebnis positiv.

$(+1) \cdot (+1) = (+1)$ **Beispiele:** $(+8) \cdot (+5) = (+40)$ $(+12) : (+4) = (+3)$ $6 \cdot 2 = 12$
 $(-1) \cdot (-1) = (+1)$ $(-8) \cdot (-5) = (+40)$ $(-12) : (-4) = (+3)$ $(-9) : (-3) = 3$

Bei der **Multiplikation und Division von Zahlen mit ungleichen Vorzeichen** wird das Ergebnis negativ.

$(+1) \cdot (-1) = (-1)$ **Beispiele:** $(+3) \cdot (-9) = (-27)$ $(+45) : (-5) = (-9)$ $8 : (-4) = -2$
 $(-1) \cdot (+1) = (-1)$ $(-7) \cdot (+2) = (-14)$ $(-18) : (+6) = (-3)$ $(-24) : 4 = -6$

Lösung:

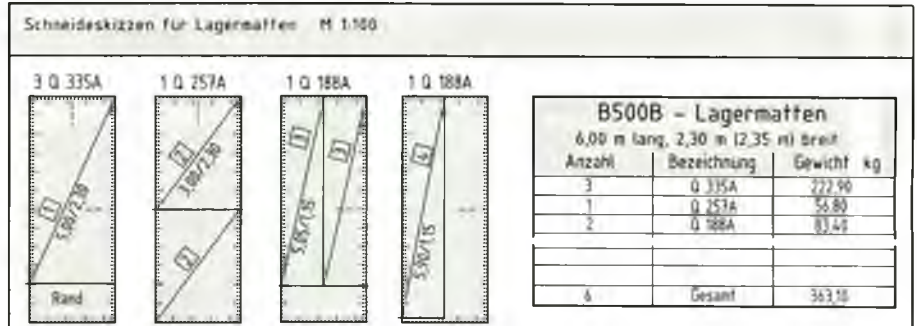


Bild 150/1: Schneideskizzen und Betonstahl-Gewichtsliste

Aufgaben zu 7.5 Stahlbeton

- Die Bewehrung eines quadratischen Einzelfundamentes ist auszuführen (**Bild 150/2**). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.
- Im Untergeschoß eines Geschäftshauses ist eine Stahlbetonstütze auf quadratischem Fundament zu bewehren (**Bild 150/3**). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

Montagebügel

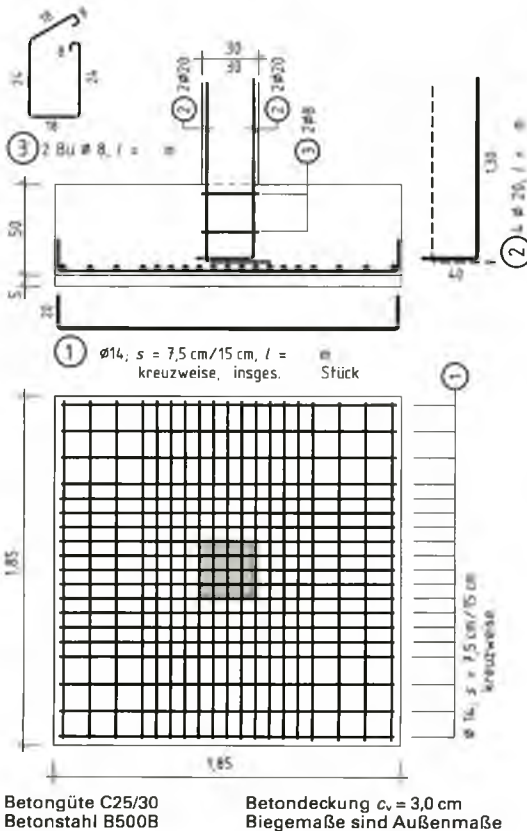


Bild 150/2: Quadratisches Einzelfundament

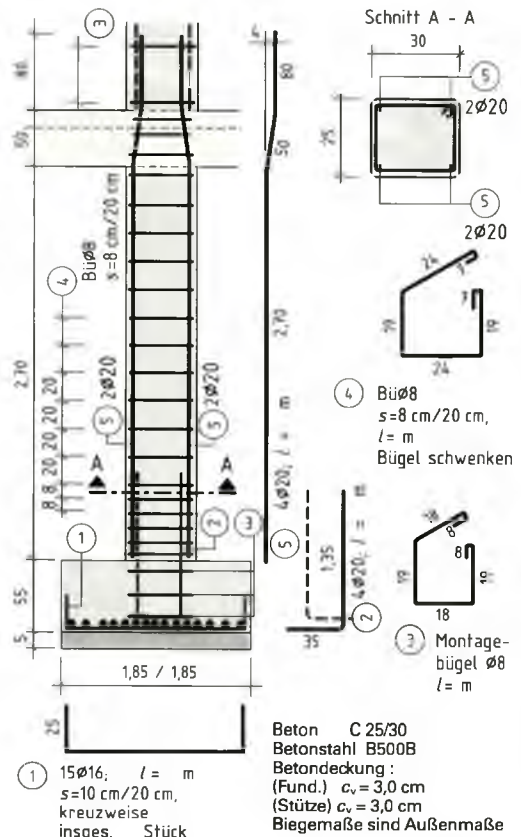


Bild 150/3: Stahlbetonstütze mit Fundament

3 Die Bewehrung einer Ausgleichstreppe ist auszuführen (Bild 151/1). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

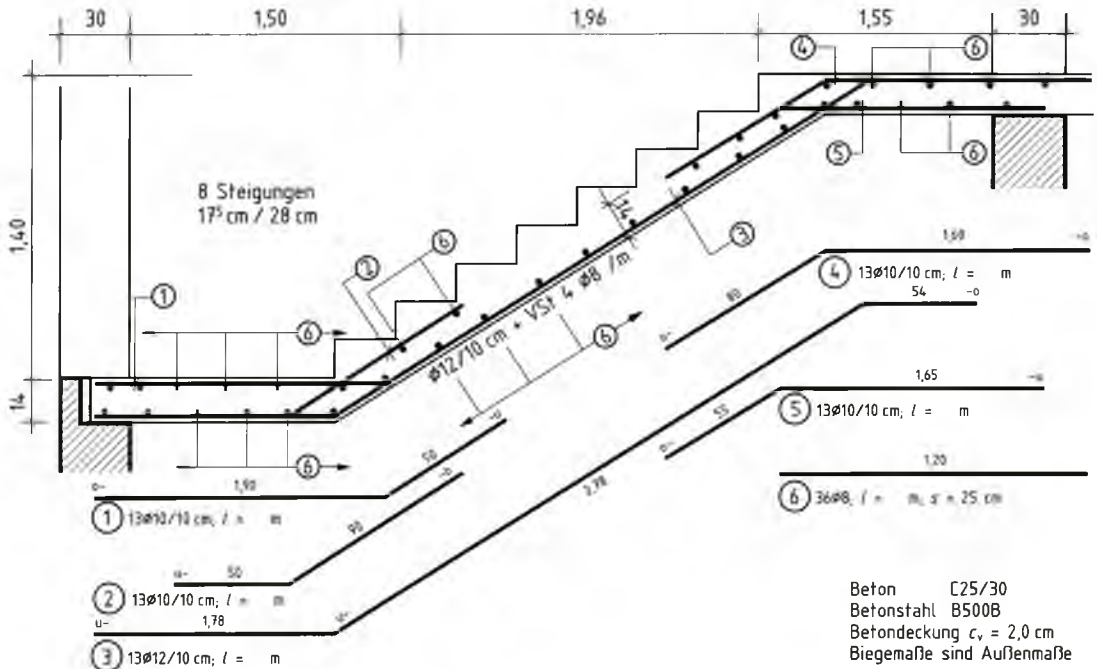


Bild 151/1: Ausgleichstreppe (Bewehrungsplan)

4 Eine Winkelstützwand entlang einer Ortsstraße ist auszuführen (Bild 151/2). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln und für den Wandausschnitt von 5 m Länge die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

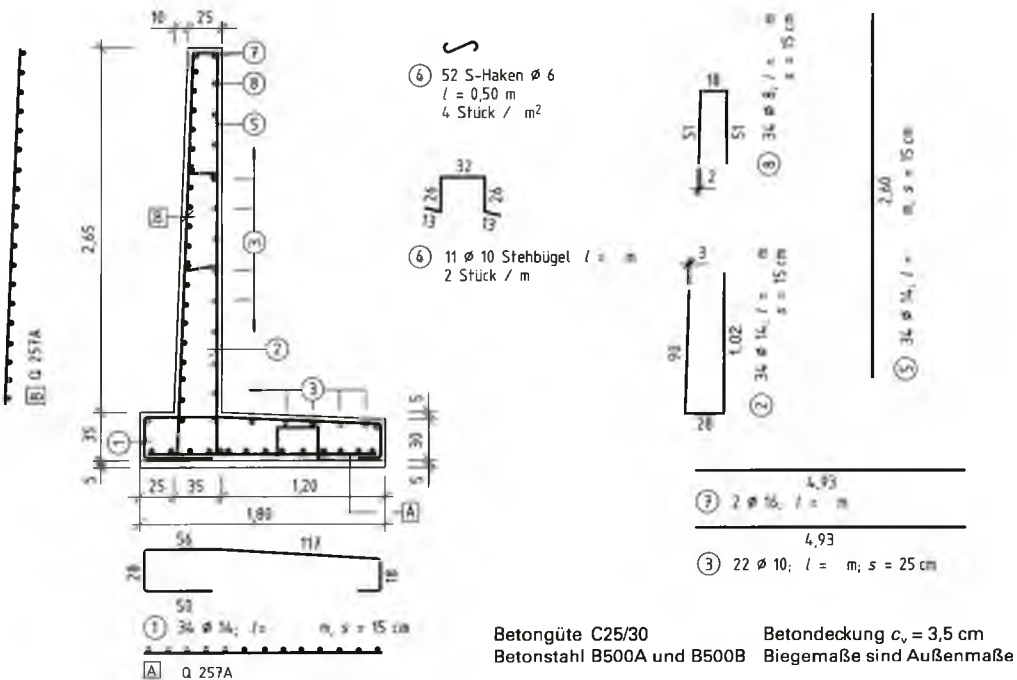
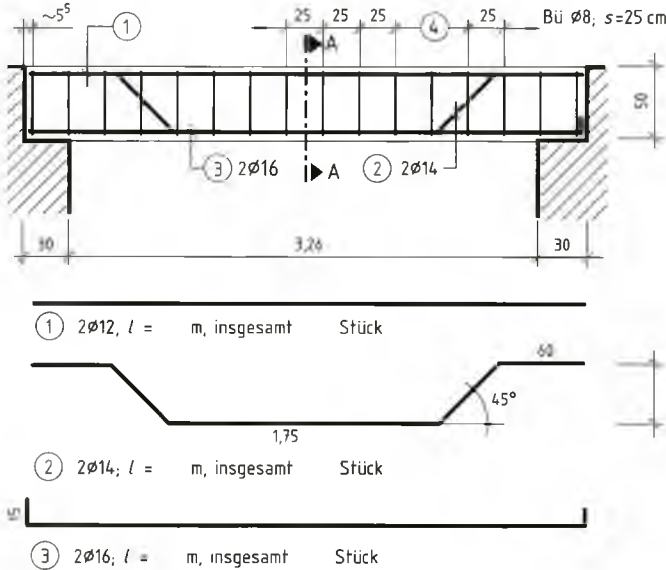


Bild 151/2: Winkelstützwand

5 Ein Stahlbetonsturz im UG eines Geschäftshauses ist dreimal auszuführen (Bild 152/1). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

Stahlbetonsturz im UG $b/h = 30\text{ cm}/50\text{ cm}$
Längsschnitt
3 x ausführen



Schnitt A-A

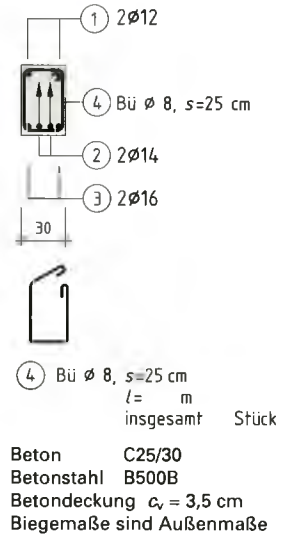
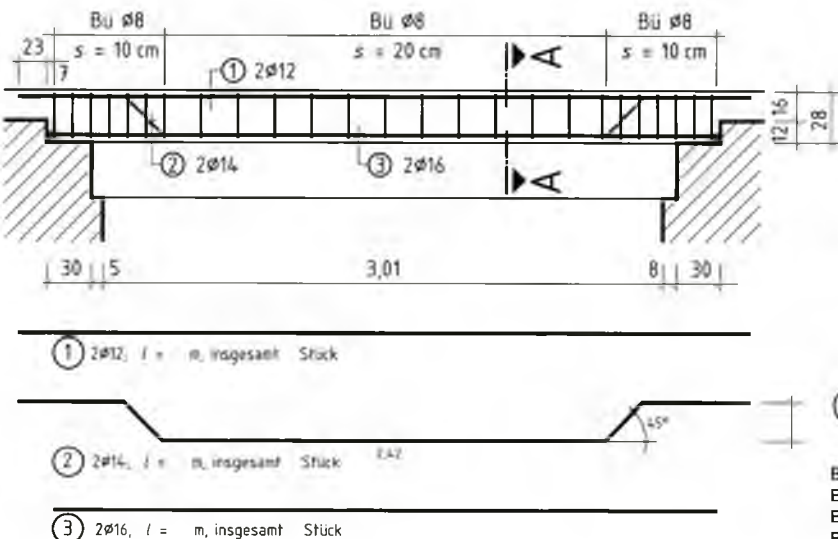


Bild 152/1: Bewehrungsplan (Stahlbetonsturz)

6 Ein Fenstersturz im EG eines Wohnhauses ist zweimal auszuführen (Bild 152/2). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

Fenstersturz im EG $b_w/h = 25\text{ cm}/28\text{ cm}$
Längsschnitt
2 x ausführen



Schnitt A-A

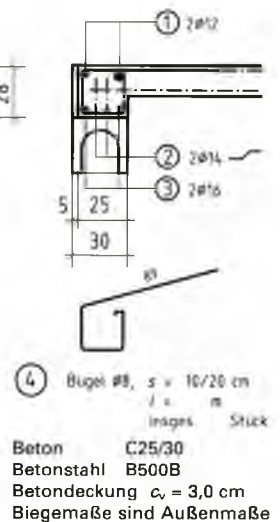
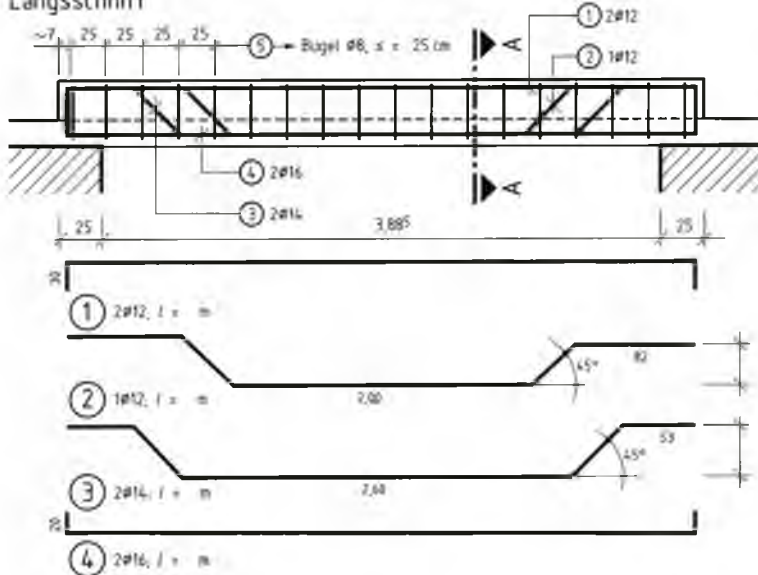


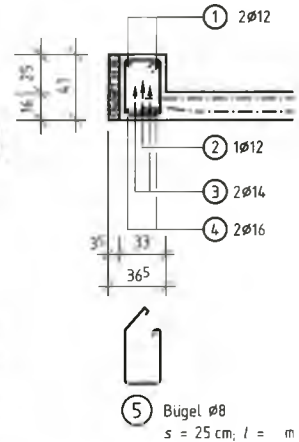
Bild 152/2: Bewehrung eines Fenstersturzes

7 Ein Stahlbetonsturz wird als Überzug ausgeführt (**Bild 153/1**). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

Stahlbetonsturz als Überzug $b_w/h = 33\text{ cm}/41\text{ cm}$
Längsschnitt



Schnitt A-A

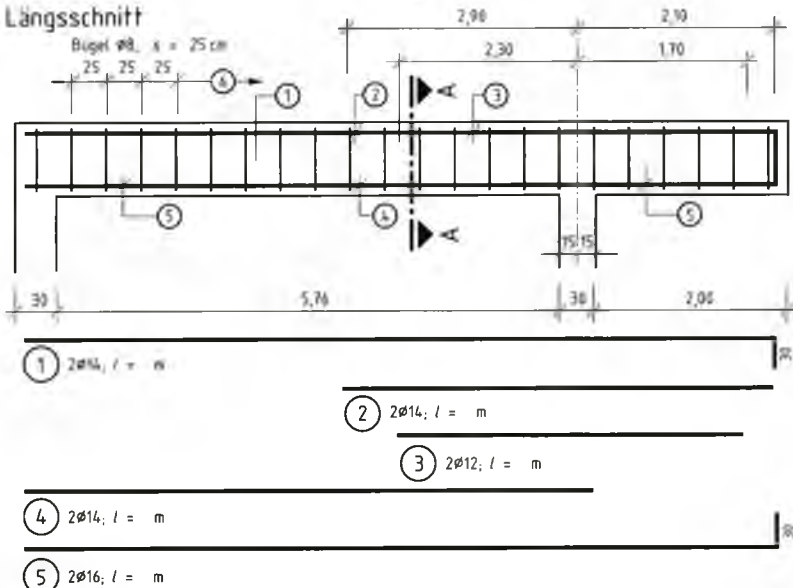


Beton C25/30
 Betonstahl B500B
 Betondeckung $c_v = 3,5\text{ cm}$
 Biege Maße sind Außenmaße

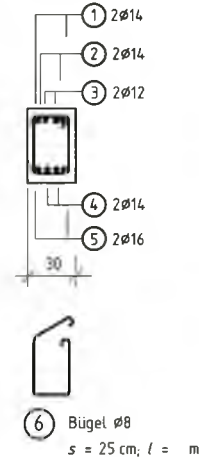
Bild 153/1: Bewehrungsplan (Stahlbetonsturz als Überzug)

8 Ein rechteckiger Stahlbetonbalken mit Kragarm ist einmal auszuführen (**Bild 153/2**). Die fehlenden Maße sind zu ermitteln, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und das Gesamtgewicht an Betonstahl zu berechnen.

Stahlbetonbalken mit Kragarm $b/h = 30\text{ cm}/50\text{ cm}$
Längsschnitt



Schnitt A-A

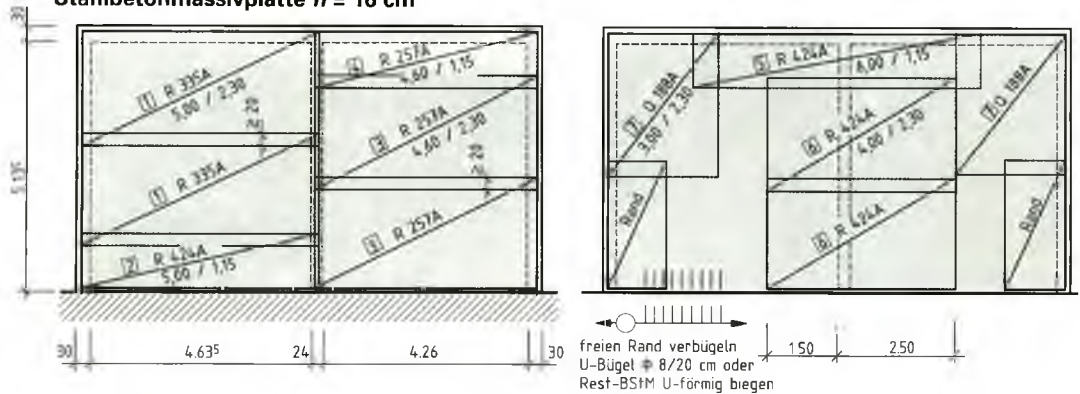


Beton C25/30
 Betonstahl B500B
 Betondeckung $c_v = 3,5\text{ cm}$
 Biege Maße sind Außenmaße

Bild 153/2: Bewehrung eines Stahlbetonbalkens mit Kragarm

- 9 Die Decke für den Anbau an ein Wohnhaus ist mit Lagermatten zu bewehren (**Bild 154/1**). Nach vorliegendem Mattenverlegeplan sind die Schneideskizzen zu fertigen, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und auszuwerten.

Stahlbetonmassivplatte $h = 16$ cm



untere Bewehrung

obere Bewehrung

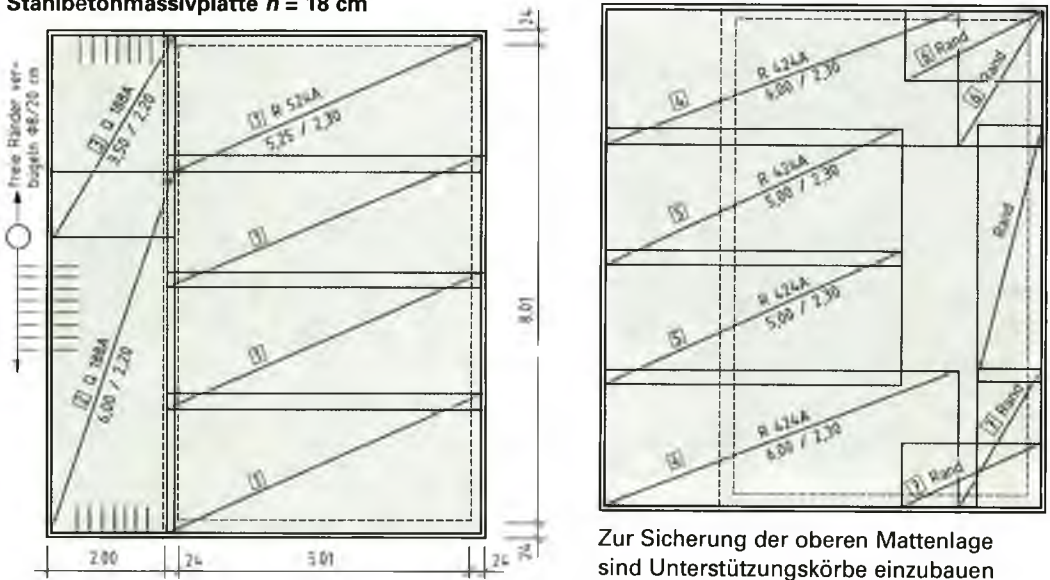
Zur Sicherung der oberen Mattenlage sind Unterstützungskörbe einzubauen

- Beton C25/30
- Betonstahl B500B und B500A
- Betondeckung $c_v = 1,5$ cm

Bild 154/1: Decke über Anbau, Mattenverlegeplan

- 10 Für die Decke über einem Wärmerhäuschen ist die Bewehrung mit Lagermatten herzustellen (**Bild 154/2**). Nach vorliegendem Mattenverlegeplan sind die Schneideskizzen zu fertigen sowie die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und auszuwerten.

Stahlbetonmassivplatte $h = 18$ cm



untere Bewehrung

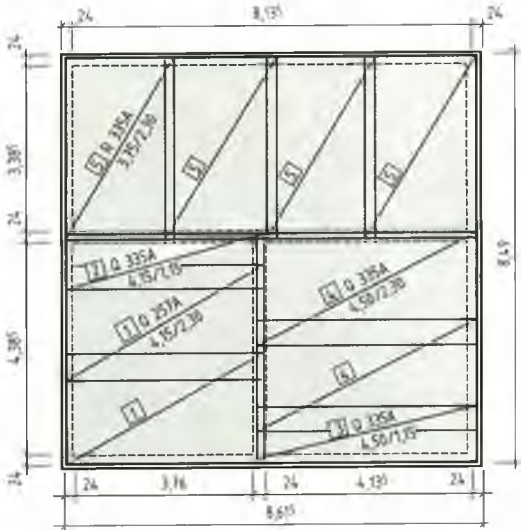
obere Bewehrung

- Beton C25/30
- Betonstahl B500B und B500A
- Betondeckung (im Innern) $c_v = 1,5$ cm
- Betondeckung (im Freien) $c_v = 2,0$ cm

Bild 154/2: Decke über Wärmerhäuschen, Mattenverlegeplan

- 11 Eine Stahlbetondeckenplatte $h = 18\text{ cm}$ ist mit Lagermatten zu bewehren (Bild 155/1). Nach vorliegendem Mattenverlegeplan sind die Schneideskizzen zu fertigen sowie die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und auszuwerten.

untere Bewehrung



obere Bewehrung

Zur Sicherung der oberen Mattenlage sind Unterstützungskörbe einzubauen

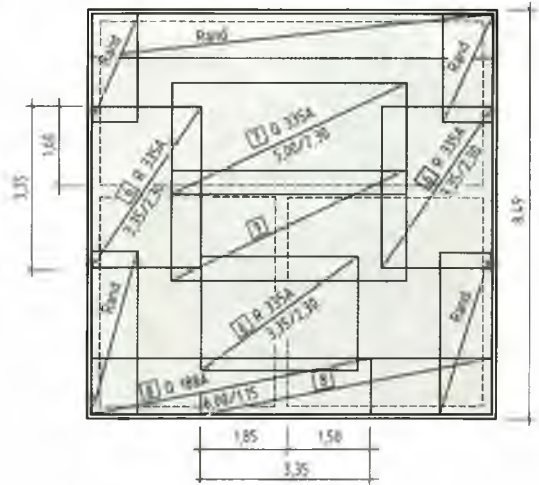
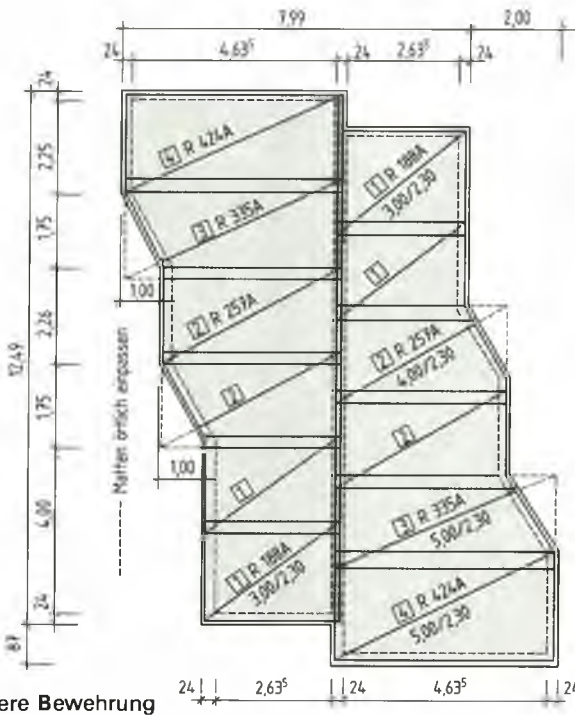
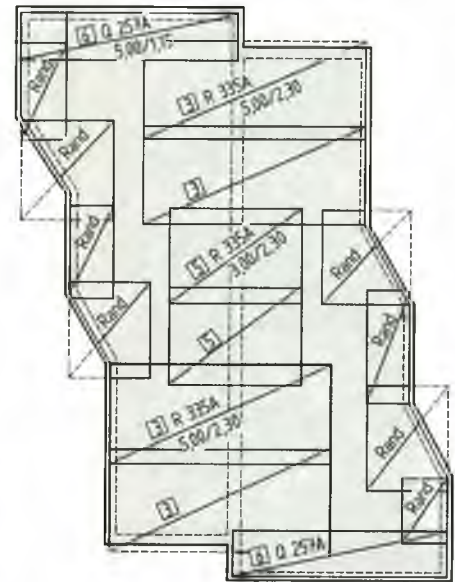


Bild 155/1: Verlegeplan für Betonstahlmatten

- 12 Die Stahlbetondecke über einem Ausstellungspavillon ist mit Lagermatten zu bewehren (Bild 155/2). Nach vorliegendem Mattenverlegeplan sind die Schneideskizzen zu fertigen, die Betonstahl-Gewichtsliste aufzustellen und auszuwerten.



Zur Sicherung der oberen Mattenlage sind Unterstützungskörbe einzubauen



untere Bewehrung

obere Bewehrung

Bild 155/2: Decke über Ausstellungspavillon, Mattenverlegeplan

8.3.3 Wirkungsgrad

Beim Betrieb einer Maschine treten Verluste auf, z. B. durch Reibung oder Wärme. Daher muss einer Maschine stets mehr Leistung zugeführt werden, als sie abgeben kann. Das Verhältnis von abgegebener Leistung P_{ab} zu zugeführter Leistung P_{zu} wird als **Wirkungsgrad η** (gesprochen: Eta) bezeichnet. Der Wirkungsgrad wird als Dezimalzahl, z. B. 0,852, oder als Prozentwert, z. B. 85%, angegeben. Er dient zur Beurteilung des Leistungsvermögens von Maschinen.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$P_{ab} = \eta \cdot P_{zu}$$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

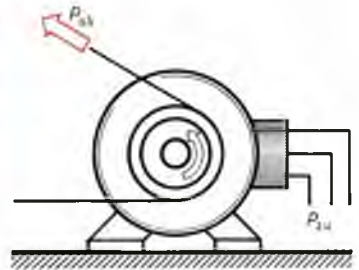


Bild 175/1: Elektromotor

Beispiel: Ein Elektromotor nimmt eine Leistung von 4,0 kW auf und gibt 3,2 kW ab (Bild 175/1). Welchen Wirkungsgrad hat der Motor?

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{3,2 \text{ kW}}{4,0 \text{ kW}}$$

$$\eta = 0,8 \text{ oder } 80\%$$

Aufgaben zu 8.3.3 Wirkungsgrad

- 1 Damit ein Aufzug 7,2 kW leisten kann, müssen 8 kW zugeführt werden. Wie groß ist der Wirkungsgrad η ?
- 2 Auf dem Typenschild eines Motors wird der Wirkungsgrad η von 0,9 (0,85) und die Leistungsaufnahme P_{zu} mit 6 kW angegeben. Welche Leistung P_{ab} kann der Motor abgeben?
- 3 Der Schwenkmotor eines Kranes erbringt eine Leistung P_{ab} von 3,5 kW (4,2 kW). Welche Leistung P_{zu} nimmt er bei einem Wirkungsgrad η von 90% auf?
- 4 Der Antriebsmotor einer Seilwinde zieht Betonstahl mit einer Masse m von 5,6 t hoch. Die Hubhöhe h beträgt 4,50m, die Hubzeit 8 Sekunden und der Wirkungsgrad η 0,75. Wie groß ist die Leistungsaufnahme P_{zu} des Motors?
- 5 Das Getriebe einer Baumaschine gibt eine Leistung P_{ab} von 58 kW an die Antriebswelle ab. Wie groß ist die zugeführte Leistung P_{zu} bei einem Wirkungsgrad von 70% (75%)?

8.4 Einwirkungen auf Bauwerke

Zur Planung von Bauwerken gehört die Ermittlung der zu erwartenden Einwirkungen (Lasten) auf das Bauwerk. Dabei wird zwischen den **ständigen Einwirkungen g** (den ständigen Lasten) und den **veränderlichen oder beweglichen Einwirkungen p** (den Nutzlasten) unterschieden. Unter den ständigen Einwirkungen versteht man z. B. die Eigenlasten der Bauteile. Die Nutzlasten ergeben sich aus der Summe der Einwirkungen auf das Bauwerk oder auf die Bauteile, die z. B. durch Personen, Einrichtunggegenstände und Lagerstoffe (Verkehrslasten) entstehen sowie den Wind- und Schneelasten (Bild 175/2). Die gesamten Einwirkungen q sind die ständige Last g und die Nutzlast p eines Bauwerks.

- ständige Lasten
- Nutzlasten
- Windlasten
- Schneelasten

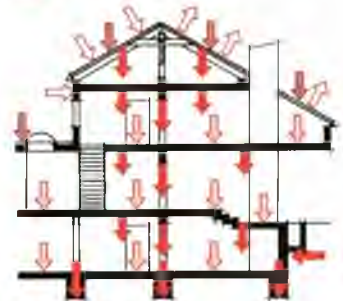


Bild 175/2: Einwirkungen auf Bauwerke

$$\text{gesamte Einwirkungen} = \text{ständige Einwirkungen} + \text{veränderliche Einwirkungen}$$

$$q = g + p$$

Für die am Bau vorkommenden Einwirkungen sind bestimmte Werte anzunehmen. Diese Werte sind in der Regel auf m^2 oder m^3 bezogen (Tabellen A 31/1, A 32/1 und A 33/2 bis A 33/5).

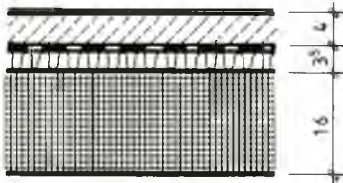


Bild 176/1: Wohnraumdecke

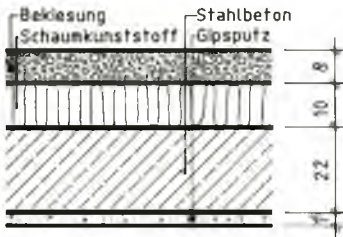


Bild 176/2: Umkehrdach

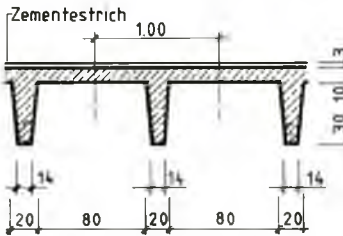


Bild 176/3: Geschoßdecke

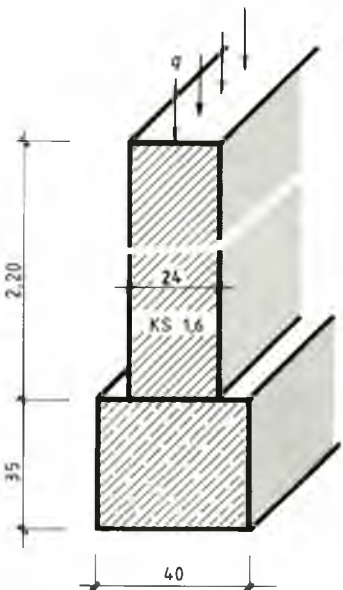


Bild 176/4: Streifenfundament

Beispiel: Die Geschoßdecke in einem Wohngebäude hat folgenden Aufbau: Stahlbetonplatte $h = 16$ cm, Mineralfaserplatte $d = 3$ cm, Zementestrich $d = 4$ cm und Kunststoff-Fußbodenbelag $d = 0,6$ cm. Welche Gesamtbelastung q ist für die Decke anzunehmen?

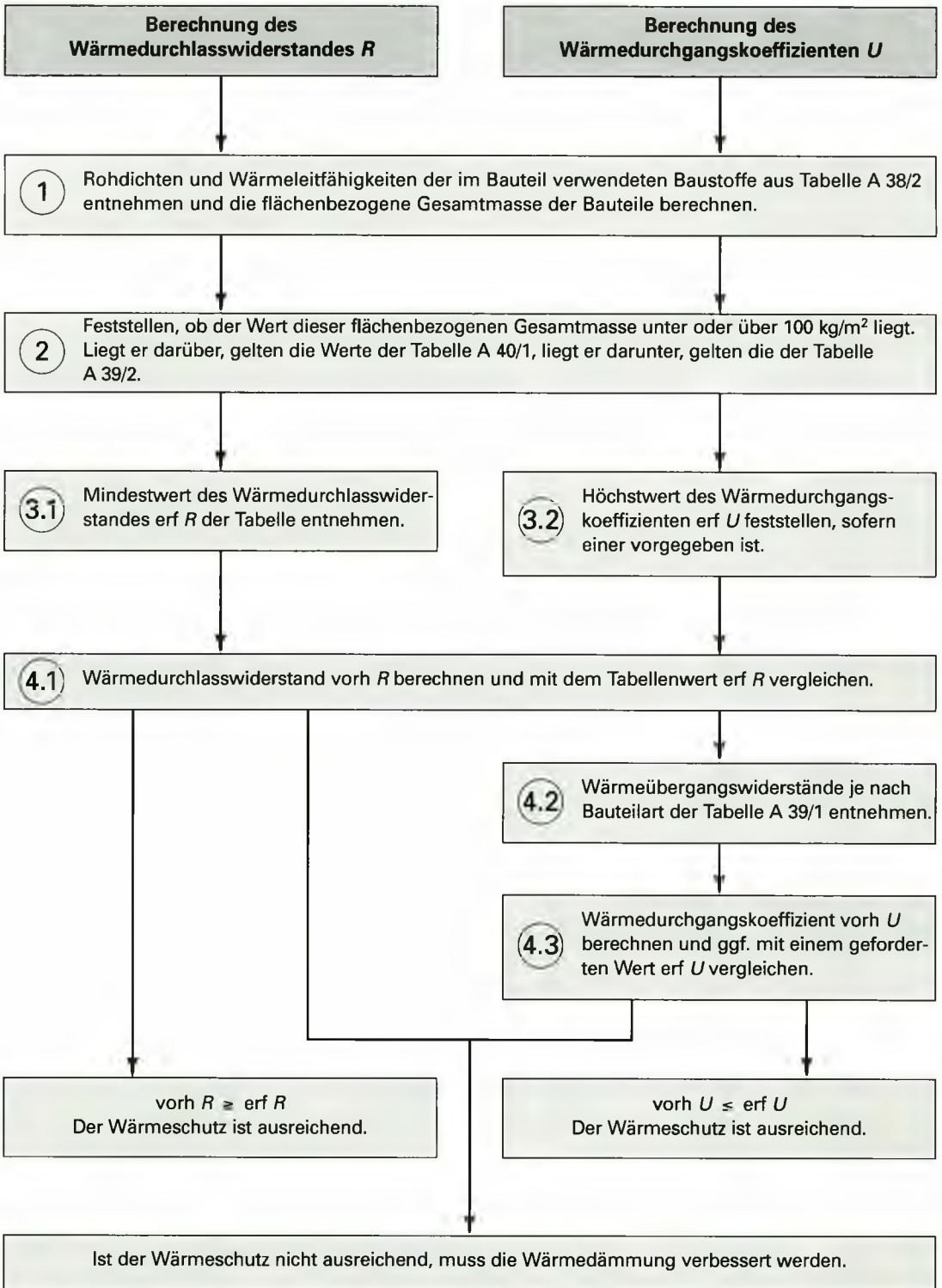
Lösung:

Stahlbetondecke	$16 \text{ cm} \cdot 0,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2 \cdot \text{cm}} = 4,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Mineralfaserplatte	$3 \text{ cm} \cdot 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2 \cdot \text{cm}} = 0,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Zementestrich	$4 \text{ cm} \cdot 0,22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2 \cdot \text{cm}} = 0,88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Kunststoff-Fußbodenbelag	$0,6 \text{ cm} \cdot 0,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2 \cdot \text{cm}} = 0,09 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ständige Last	$g = 5,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Verkehrslast	$p = 1,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Gesamtbelastung	$q = 6,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Aufgaben zu 8.4 Lasten am Bau

- 1 Welche ständige Last g ist für eine 18 cm dicke Stahlbetonplatte anzunehmen?
- 2 Die Decke über einem Wohnraum besteht aus einer 16 cm dicken Platte aus Porenbeton (Rechenwert $9,5 \text{ kN/m}^3$), aus 3,5 cm dicken Faserplatten, 4 cm dickem Zementestrich und 8 mm dickem Teppichboden (Bild 176/1). Welche Gesamtbelastung q ist für die Decke bei einer Verkehrslast von 2 kN/m^2 anzunehmen?
- 3 Das Flachdach eines Wohnhauses ist als Umkehrdach vorgesehen (Bild 176/2).
 - a) Wie groß ist die ständige Last g der Dachdecke?
 - b) Welches ist die Gesamtbelastung q des Daches, wenn als Schneelast $1,25 \text{ kN/m}^2$ angenommen wird?
- 4 Die Geschosdecke eines Gebäudes ist zu berechnen (Bild 176/3). Wie groß ist die ständige Last g der Decke je m^2 ?
- 5 In einem Raum wird nachträglich eine 11,5 cm dicke und 2,50 m hohe Trennwand aus PB 2-0,5 eingezogen (der Dünnbettmörtel bleibt unberücksichtigt). Die Wand ist beidseitig mit einem Kalkputz von 20 mm Dicke versehen. Welche Belastung ist zusätzlich für die darunterliegende Decke je m anzunehmen?
- 6 Die Kellerwand eines Gebäudes wird durch eine Streckenlast von 35 kN/m belastet (Bild 176/4). Wie groß ist die auf den Baugrund wirkende Last je m?
- 7 Auf einer Decke wird eine Palette Mauerziegel HLz 12-0,8-16 DF gelagert. Die Palette umfasst 40 Steine und hat eine Aufstandsfläche von $0,75 \text{ m}^2$. Welche Belastung ist dafür je m^2 Deckenfläche anzunehmen.

Ablaufplan für die Lösungen der Aufgaben über Anforderungen an den Wärmeschutz



Beispiel: Außenwand, nicht hinterlüftet

- a) Eine 24 cm dicke Außenwand aus Hochlochziegeln ($\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$) ist außen mit einem 2 cm dicken Kalkputz, innen mit einem 1,5 cm dicken Gipsputz versehen (**Bild 215/1**). Wird der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 erreicht (R)? Wie groß ist der Wärmedurchgangskoeffizient U ?

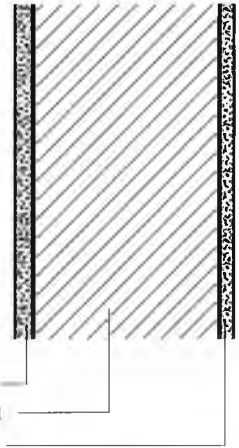


Bild 215/1: Verputzte Wand

- Lösung a) ① Ermittlung von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und flächenbezogener Masse:

Bauteilschichten	Rohdichte	Wärmeleitfähigkeit	flächenbezogene Masse
Kalkputz	1800 kg/m^3	$1,00 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	36 kg/m^2
Lochziegel	1200 kg/m^3	$0,50 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	288 kg/m^2
Gipsputz	1200 kg/m^3	$0,51 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	18 kg/m^2

$$= 342 \text{ kg/m}^2$$

- ② Feststellen der maßgebenden Tabelle:

Die flächenbezogene Masse von 342 kg/m^2 liegt über 100 kg/m^2 . Somit gelten die Dämmwerte der **Tabelle A 40/1**.

- ③.1) Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes: erf $R = 1,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

- ③.2) Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten: kein Höchstwert gefordert nach DIN 4108

- ④.1) Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes vorh R :

$$\text{vorh } R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}$$

$$\text{vorh } R = \frac{0,02 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{1,0 \text{ W}} + \frac{0,24 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,50 \text{ W}} + \frac{0,015 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,51 \text{ W}}$$

$$\text{vorh } R = 0,529 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{vorh } R = 0,529 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} < \text{erf } R = 1,20 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Der Mindestwärmeschutz ist nicht erreicht.

- ④.2) Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

- ④.3) Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten vorh U :

$$\text{vorh } U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

$$\text{vorh } U = \frac{1}{0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,529 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}}$$

$$\text{vorh } U = 1,43 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

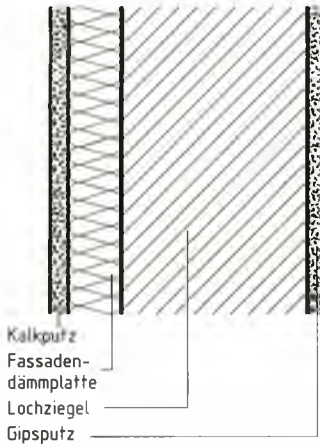


Bild 216/1: Wand mit Wärme-dämmschicht

b) Wie dick muss eine zusätzliche Wärmedämmschicht als Fassadendämmplatte ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) sein, wenn bei einer Erneuerung der Wand der Mindestwärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung 2014 von $U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden soll (Bild 216/1)?

Lösung b): erf $R = \frac{1}{U} - (R_{\text{si}} + R_{\text{se}})$

$$\text{erf } R = \frac{1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}}{0,24 \text{ W}} - \left(0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$\text{erf } R = 4,00 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Wärmedurchlasswiderstand erf $R = 4,00 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

Wärmedurchlasswiderstand der Wand bei a) vorh $R = 0,529 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

Fehlender Wärme-durchlasswiderstand $R = 3,471 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$

Dicke der Dämmschicht:

$$d = R \cdot \lambda$$

$$d = 3,471 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \cdot 0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$d = 0,139 \text{ m}$$

$$d = 14 \text{ cm}$$

Beispiel: Zweischaliges Mauerwerk

Ein zweischaliges Mauerwerk ist von innen nach außen wie folgt aufgebaut (Bild 216/2):

Kalkgipsputz 1,5 cm, Vollziegel 24 cm, Mineralfaserplatte 6 cm (WLS 040), schwach belüftete Luftschicht 4 cm, Vormauer-Kalksand-Vollsteine 11,5 cm. Ist der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 gegeben (R)?

Wie groß ist der Wärmedurchgangskoeffizient U ?

Ist $U_{\text{max}} = 0,24$ nach EnEV 2014 eingehalten?

Lösung: ① Ermittlung von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und flächenbezogener Masse:

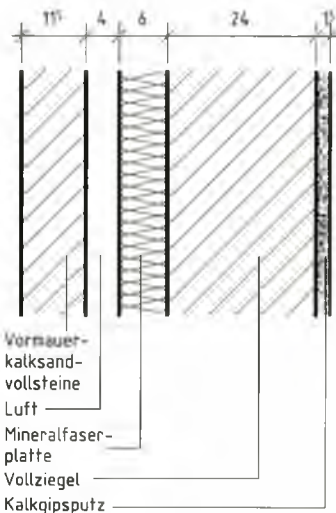


Bild 216/2: Zweischaliges Mauerwerk mit Wärme-dämmschicht

Bauteil-schichten	Rohdichte	Wärmeleit-fähigkeit	flächen-bezogene Masse
Gips-kalkputz	1400 kg/m ³	0,70 W/(m · K)	21,0 kg/m ²
Vollziegel	1200 kg/m ³	0,50 W/(m · K)	288,0 kg/m ²
Dämm-schicht	70 kg/m ³	0,04 W/(m · K)	4,2 kg/m ²
Luft-schicht	$R_g = \frac{0,18}{2} = 0,09 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (s. Seite 211)		–
VKS-Vollstein	1800 kg/m ³	0,99 W/(m · K)	207 kg/m ²

520,2 kg/m²

② Feststellen der maßgebenden Tabelle:

Die flächenbezogene Masse von $520,2 \text{ kg/m}^2$ liegt über 100 kg/m^2 . Somit gelten die Mindestwerte der **Tabelle A 40/1**.

③.1) Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes: erf $R = 1,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

③.2) Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten: – keine Anforderung nach DIN 4108
– $U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ nach EnEV 2014

③.3) Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes vorh R :

$$\text{vorh } R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{\text{a}} + \frac{d_5}{\lambda_5}$$

$$\text{vorh } R = \frac{0,015 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,70 \text{ W}} + \frac{0,24 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,50 \text{ W}} + \frac{0,06 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,04 \text{ W}} + \frac{0,09 \text{ m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,115 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,99 \text{ W}}$$

$$\text{vorh } R = 2,207 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{vorh } R = 2,207 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} > \text{erf } R = 1,20 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Der Wärmeschutz ist nach DIN 4108 ausreichend.

④.1) Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände: $R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, $R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

④.2) Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten vorh U :

$$\text{vorh } U = \frac{1}{R_{\text{si}} + R + R_{\text{se}}}$$

$$\text{vorh } U = \frac{1}{0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 2,207 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}}$$

$$\text{vorh } U = 0,42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} > U_{\text{max}} = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Der Wärmeschutz ist nach EnEV nicht ausreichend.

Beispiel: Fachwerkwand

Die Außenwand eines Fachwerkhouses hat von außen nach innen folgenden Aufbau (**Bild 217/1**).

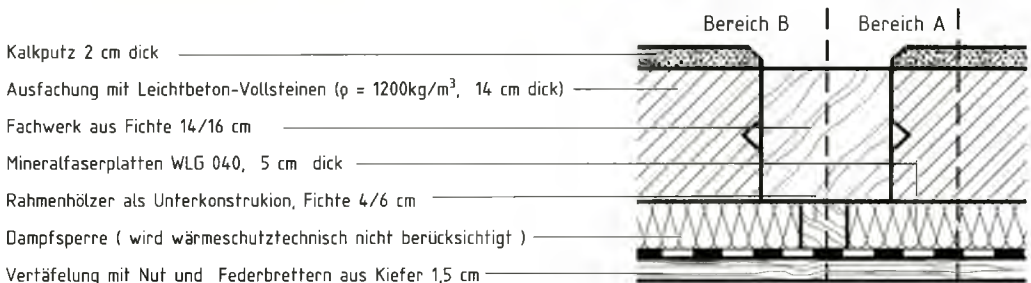


Bild 217/1: Schnitt durch eine Fachwerkwand

Ist der geforderte Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 erreicht

- a) im Gefachbereich (Bereich A),
- b) im Bereich der ungünstigen Stelle (Bereich B)?

Wie hoch ist jeweils der Wärmedurchlasskoeffizient U ?

Lösung a) Berechnung für den Gefachbereich (Bereich A)

① Ermittlung von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und flächenbezogener Masse:

Bauteilschichten	Rohdichte	Wärmeleitfähigkeit	flächenbezogene Masse
Holzvertäfelung	500 kg/m ³	0,13 W/(m · K)	7,5 kg/m ²
Mineralfaserplatte	70 kg/m ³	0,04 W/(m · K)	3,5 kg/m ²
Leichtbeton-Vollsteine	1200 kg/m ³	0,54 W/(m · K)	168,0 kg/m ²
Kalkputz	1800 kg/m ³	1,00 W/(m · K)	36,0 kg/m ²
			215,0 kg/m ²

② Feststellen der maßgebenden Tabelle:

Die flächenbezogene Masse von 215,0 kg/m² liegt über 100 kg/m². Somit gelten nach DIN 4108 die Mindestwerte der **Tabelle A 40/1**.

3.1) Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes: erf $R = 1,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

3.2) Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten: keine Anforderung nach DIN 4108

4.1) Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes vorh R :

$$\text{vorh } R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4}$$

$$\text{vorh } R = \frac{0,015 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,13 \text{ W}} + \frac{0,05 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,04 \text{ W}} + \frac{0,14 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,54 \text{ W}} + \frac{0,02 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{1,00 \text{ W}}$$

$$\text{vorh } R = 1,644 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{vorh } R = 1,644 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} > \text{erf } R = 1,20 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Der Wärmeschutz ist nach DIN 4108 ausreichend.

4.2) Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

4.3) Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten vorh U_A :

$$\text{vorh } U_A = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

$$\text{vorh } U_A = \frac{1}{0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 1,644 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}}$$

$$\text{vorh } U_A = 0,55 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

b) Berechnung für die ungünstige Stelle (Bereich B)

① Ermittlung von Wärmeleitfähigkeit und Schichtdicke:

Bauteilschichten	Wärmeleitfähigkeit	Schichtdicke
Holzvertäfelung (Kiefer)	0,13 W/(m · K)	$d = 0,015$ m
Unterkonstruktion (Fichte)	0,13 W/(m · K)	$d = 0,06$ m
Fachwerk (Fichte)	0,13 W/(m · K)	$d = 0,14$ m
		$d_{\text{ges}} = 0,215$ m

② Feststellen der maßgebenden Tabelle:

Für ungünstige Stellen (Wärmebrücken) im Fachwerk sind ebenfalls die Anforderungen der **Tabelle A 39/2** maßgebend, ohne Rücksicht auf die flächenbezogene Masse des Bauteils.

③.1

Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes: erf $R = 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

③.2

Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten: keine Anforderung nach DIN 4108

④.1

Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes vorh R :

$$\text{vorh } R = \frac{d}{\lambda}$$

$$\text{vorh } R = \frac{0,215 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}{0,13 \text{ W}}$$

$$\text{vorh } R = 1,654 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{vorh } R = 1,654 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} < \text{erf } R = 1,75 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Der Wärmeschutz ist nach DIN 4108 nicht ausreichend.

Nachweis des Wärmeschutzes bei Fachwerk mit U_m Seite 226.

④.2

Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

④.3

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten vorh U :

$$\text{vorh } U = \frac{1}{R_{\text{si}} + R + R_{\text{se}}}$$

$$\text{vorh } U = \frac{1}{0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 1,654 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}}$$

$$\text{vorh } U = 0,548 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$