CD-10

Statische Berechnung (Vorbemessung)

Einfamilienhaus, EG + DG, Bayern (fiktives Demo-Grundstück)

Entwurf · DEMO · nicht zur Genehmigung/Ausführung

Dieser Bericht stellt die Vorbemessung der Tragwerksblätter CD-01 bis CD-09 mit allen Formeln, Eingangswerten und Ergebnissen zusammen. Er ist indikativ und keine Tragwerksplanung: Es gibt keinen Standsicherheitsnachweis, keine Prüfung und keine Unterschrift. Jede Formel wird beim Erzeugen des Berichts aus den gedruckten Eingaben neu gerechnet und mit dem Wert auf den Blättern verglichen.

Angabe	Wert
Blatt	CD-10 Statische Berechnung (Vorbemessung)
Projekt	Einfamilienhaus, Erdgeschoss und Dachgeschoss, Bayern (fiktives Demo-Grundstück)
Datum, Stand	2026-11-06 · Rev. A
Grundlage	Gebäudemodell des Projekts; Schnee- und Windzone folgen dem Entwurfsstandort, Lasten und Baugrund sind gekennzeichnete Annahmen
Umfang	Fundamente, Bodenplatte, Decke D1, Stürze, Dachtragwerk, Drempel mit Ringbalken, Wände, Aussteifung, Bewehrung, Mengen
Rechenweg	ein Rechenmodul für alle Blätter; einfache offene Formeln mit Teilsicherheitsbeiwerten, ohne Rechenprogramm

ZUSAMMENFASSUNG DER NACHWEISE (VORBEMESSUNG)

Bauteil	Maßgebender Nachweis	Wert	Grenze	Ergebnis
Stürze (17 Stück)	Sturz St1-W1.1, l_eff = 1,05 m, Biegung und Querkraft	0,98	1,00	eingehalten
Decke D1, Platte	A_s Feld 384 / 393, Stütze 530 / 565 mm²/m (erf. / vorh.)	0,98	1,00	eingehalten
Sparren, maßgebende Seite	σ_m,d = 6,5 (f_m,d 14,8), σ_c,0,d = 0,6 (f_c,0,d 12,9) N/mm²	0,49	1,00	eingehalten
Kehlbalken	M_Ed = 0,88 kNm mit Zug T_Ed = 1,9 kN	0,15	1,00	eingehalten
Drempel, Biegung	A_s,erf = 254 / vorh. 393 mm²/m	0,65	1,00	eingehalten
Außenwand S, Ziegel	N_Ed = 102,7 / N_Rd = 363,2 kN/m	0,28	1,00	eingehalten
Innenwand W1, KS 175 mm	N_Ed = 124,1 / N_Rd = 316,7 kN/m	0,39	1,00	eingehalten
Innenwand W2, KS 175 mm	N_Ed = 174,4 / N_Rd = 316,7 kN/m	0,55	1,00	eingehalten
Innenwand W3, KS 175 mm	N_Ed = 25,8 / N_Rd = 316,7 kN/m	0,08	1,00	eingehalten
Sohlpressung Streifenfundament	p_k = 77 / R_0 = 200 kN/m² (angenommener Baugrund)	0,39	1,00	eingehalten
Dämmung unter der Bodenplatte	w_k = 8,2 / zulässig 100 kN/m²	0,08	1,00	eingehalten
Aussteifung in y-Richtung	F_Ed = 94,1 / ΣV_Rd = 820,3 kN	0,11	1,00	eingehalten

Bauteil	Maßgebender Nachweis	Wert	Grenze	Ergebnis
Aussteifung in x-Richtung	F_Ed = 62,1 / ΣV_Rd = 406,8 kN	0,15	1,00	eingehalten
Kippen, maßgebende Richtung	M_Kipp = 349,0 / M_Stand = 4581,5 kNm	0,08	1,00	eingehalten

Alle Angaben sind indikativ (Vorbemessung am Modell). Tragwerksplanung und Standsicherheitsnachweis durch eine Tragwerksplanerin bzw. einen Tragwerksplaner sind nicht Bestandteil der Demo. Bauvorlageberechtigung: Rolle, nicht unterschrieben.

DEMO

INHALTSVERZEICHNIS

1	Grundlagen	4
2	Einwirkungen	6
3	Geschossdecke D1	7
4	Stürze	8
5	Dachtragwerk	9
6	Drempel und Ringbalken	11
7	Mauerwerkswände	12
8	Gründung und Bodenplatte	13
9	Aussteifung und Gesamtstabilität	14
10	Bewehrung und Stahlliste	16
11	Mengen	18
12	Offene Punkte und Rollen	19

DEMO

1 Grundlagen

Alle Nachweise sind Vorbemessungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit einfachen, offenen Formeln. Beton, Betonstahl, Mauerwerk und Holz sind mit den Teilsicherheitsbeiwerten der folgenden Tabellen angesetzt; die Kennwerte sind Annahmen und gelten, bis die Tragwerksplanung sie festlegt.

Teilsicherheitsbeiwerte

Symbol	Wert	Verwendung
γ_G	1,35	ständige Einwirkungen, ungünstig
γ_Q	1,50	veränderliche Einwirkungen
γ_G,stab	0,90	ständige Einwirkungen, günstig (Kippen)
γ_M	1,50	Mauerwerk
γ_M	1,30	Holz (Vollholz)
k_mod	0,80	Modifikationsbeiwert Holz, mittlere Lastdauer
γ_s	1,15	Betonstahl
γ_c	1,50	Beton

Baustoffe und Baugrund

Baustoff	Klasse	Kennwerte (Annahme)
Beton	C25/30	f_ck = 25 N/mm², f_cd = 16,7 N/mm², Betondeckung 40 mm (Wände, Decken), 30 mm (Fundamente)
Betonstahl	B500	f_yk = 500 N/mm², f_yd = 434,8 N/mm²
Ziegelmauerwerk	Hochlochziegel	t = 340 mm, f_k = 2,4 N/mm², f_d = 1,60 N/mm², f_vk0 = 0,20 N/mm²
Kalksandstein (Innenwände)	KS 12	t = 175 mm, f_k = 5,0 N/mm², f_d = 3,33 N/mm²
Bauholz	C24	f_m,d = 14,8, f_v,d = 2,46, f_c,0,d = 12,9, f_c,90,d = 1,54 N/mm² bei k_mod = 0,8
Baugrund	angenommen	Sohlwiderstand 200 kN/m² (angenommen); Baugrundgutachten vor Baubeginn zwingend
Dämmung unter Platte	XPS	zulässige Druckspannung 100 kN/m²

Regelwerke

Die Regelwerke werden nur auf Dokumentebene genannt, ohne Abschnittsnummern. Die Vorbemessung folgt ihrer Systematik, ersetzt aber nicht den Nachweis nach dem jeweiligen Regelwerk.

Regelwerk	Verwendung
DIN EN 1990 mit NA	Grundlagen der Tragwerksplanung, Teilsicherheitsbeiwerte
DIN EN 1991 mit NA	Einwirkungen: Eigenlast, Nutzlast, Schnee, Wind
DIN EN 1992 mit NA	Stahlbeton: Fundamente, Decke D1, Stürze, Ringanker
DIN EN 1995 mit NA	Holzbau: Sparren, Pfetten, Kehlbalken
DIN EN 1996 mit NA	Mauerwerk: Außen- und Innenwände, Aussteifung
DIN EN 1997 mit NA	Geotechnik: Gründung, Baugrundgutachten erforderlich

Geometrie aus dem Modell

Größe	Wert	Einheit
Gebäudebreite (West-Ost)	10,00	m
Gebäudetiefe (Süd-Nord)	8,50	m
Oberkante Dachgeschossboden	2,90	m
Traufhöhe	4,10	m
Firsthöhe	7,420	m

Größe	Wert	Einheit
Außenwand tragende Ziegelschale	340	mm
Achsabstand der tragenden Schale	0,195 … 9,805	m
Breite des Streifenfundaments	665	mm
Dicke der Decke D1	200	mm
Dachneigung	38	°

Höhen beziehen sich auf die Oberkante des fertigen Erdgeschossbodens als ±0,00. Maße der Bauteile stehen auf den Blättern CD-01 bis CD-07.

DEMO

2 Einwirkungen

Eigenlasten aus den Schichtaufbauten des Modells, Nutzlast, Schnee und Wind. Die Tabelle entspricht Blatt CD-09; darunter sind alle Werte aus ihren Eingaben hergeleitet.

Last	g_k [kN/m²]	q_k [kN/m²]
Außenwand Ziegel (je m² Wandfläche)	3,20	–
Innenwand Kalksandstein (je m² Wandfläche)	3,65	–
Decke D1 (Platte 5,00, Ausbau 1,96, Trennwände 0,82)	7,78	1,50
Bodenplatte EG mit Aufbau	6,71	1,50
Dach Nord (je m² Dachfläche)	1,06	–
Dach Süd mit Photovoltaik 0,15 (je m² Dachfläche)	1,21	–
Dach je m² Grundfläche (Nord / Süd)	1,34 / 1,53	–
Schnee: μ = 0,59, s_k = 1,6 kN/m²	–	0,94
Wind: c = 1,3, q_p = 0,65, Sog -0,78	–	0,845

Herleitung der Einwirkungen

g_Wand = 7,5·0,340 + 0,25 + 0,40 = 3,20 kN/m²
g_KS = 0,175·18,0 + 2·0,25 = 3,65 kN/m²
g_Platte = 0,20·25 = 5,00 kN/m²
g_Ausbau = 0,07·22 + 0,12 + 0,05 + 0,25 = 1,96 kN/m²
g_Trenn = Σ(l·2,5·(t·9,0 + 0,4)) / A(EG) = 0,82 kN/m²
g_D1 = 5,00 + 1,96 + 0,82 = 7,78 kN/m²
g_BP = 0,20·25 + 0,07·22 + 0,12 + 0,05 = 6,71 kN/m²
g_Sparren = 80·240 mm·5,0 kN/m³ / 0,70 m = 0,137 kN/m²
g_Dach = 0,92 + 0,137 = 1,057 kN/m²
g_Dach,S = 1,057 + 0,15 (Photovoltaik) = 1,207 kN/m²
g_Dach,N,Gr = 1,057 / cos 38° = 1,34 kN/m²
g_Dach,S,Gr = 1,207 / cos 38° = 1,53 kN/m²
μ = 0,8·(60 − 38) / 30 = 0,587
s = 0,587·1,6 = 0,94 kN/m²
w_netto = 0,65·1,3 = 0,845 kN/m²
w_Sog = 0,65·(-1,2) = -0,78 kN/m²
q_Ed,D1 = 1,35·7,78 + 1,50·1,50 = 12,75 kN/m²
q_Ed,Dach,S = 1,35·1,53 + 1,50·0,94 = 3,48 kN/m²
q_Ed,Dach,N = 1,35·1,34 + 1,50·0,94 = 3,22 kN/m²

Gleichzeitig wirkende veränderliche Einwirkungen werden nicht abgemindert; Schnee und Wind sind getrennt angesetzt. Schnee- und Windzone gelten für den Entwurfsstandort und sind am Grundstück zu prüfen.

3 Geschossdecke D1

Die Decke D1 ist eine einachsig gespannte Stahlbetonplatte, die in West-Ost-Richtung über die Wände W1 oder W2 läuft. Berechnet werden die Durchlaufträger der Fälle A, B und V (Treppenöffnung) mit dem Dreimomentenverfahren; maßgebend ist die ungünstigste Hüllkurve.

Eingaben

d = 200 − 30 = 170 mm
h = 200 mm, d = 170 mm, f_cd = 25 / 1,50 = 16,67 N/mm² (C25/30)
Lage der Wände W1 / W2 / W3: x = 5,287 / 5,088 / 8,547 m
q_Ed = 1,35·7,78 + 1,50·1,50 = 12,75 kN/m²
A_s,min = max(0,26·2,6/500; 0,0013)·1000·170 = 230 mm²/m

Schnittgrößen der Fälle

Fall	System	Stützweiten [m]	M_F1	M_F2	M_St	R_d [kN/m]	ΣF
A	Zweifeldplatte über der Wand W1	5,092 / 4,518	24,83	16,59	37,20	25,2 / 76,8 / 20,6	122,6
B	Zweifeldplatte über der Wand W2	4,893 / 4,717	21,96	19,44	36,84	23,7 / 76,6 / 22,3	122,6
V	Zweifeldplatte W1 bis Treppenwand W3	5,092 / 3,260	26,96	4,77	31,82	26,2 / 69,3 / 11,0	106,5

ΣF ist die Summe der Last q_Ed·Σl je Meter; die Summe der Auflagerkräfte R_d jedes Falls muss ihr entsprechen und wird beim Erzeugen geprüft. Die Treppenöffnung ist im Fall V durch die Stützweite bis zur Wand W3 berücksichtigt.

Biegebewehrung

M_Ed,Feld = 26,96 kNm/m, M_Ed,Stütze = 37,20 kNm/m (maßgebend aus den Fällen A, B, V)
A_s,erf,Feld = max(M/(z·f_yd); A_s,min) = max(384; 230) = 384 mm²/m
A_s,erf,Stütze = max(530; 230) = 530 mm²/m
A_s,Netz unten = π·10²/4·1000/200 = 393 mm²/m (Ø10/200 beidseitig) eingehalten
A_s,Stütze oben = π·12²/4·1000/200 = 565 mm²/m (Ø12/200, Länge 3,26 m) eingehalten

Querkraft und Verformung

V_Ed = max(0,6·R_Mitte; R_Rand) über A, B, V = 46,09 kN/m
k = min(1 + √(200/d); 2) = 2,000, ρ = A_s/(b·d) = 0,0023
V_Rd,c = max(0,12·k·(100·ρ·f_ck)^(1/3); 0,035·k^1,5·√f_ck)·b·d = 84,15 kN/m
V_Ed / V_Rd,c = 0,55 eingehalten
l/d = 5092 / 170 = 30,0 ≤ 30 eingehalten

Geometrie und Volumen

A_Decke = 9,270·7,770 = 72,03 m²
A_netto = 72,03 − 3,51 (Treppenöffnung) = 68,52 m²
V_D1 = 68,52·0,20 = 13,70 m³

Die Querkraft ist ohne Bügel aufnehmbar. Die Randeinfassung der Treppenöffnung und die Eckbewehrung stehen in der Stahlliste (Kapitel 10) und auf Blatt CD-04.

4 Stürze

Alle Stürze über den Öffnungen der Außenwände und der tragenden Innenwände sind als einfache Balken mit der Belastung aus der Wand darüber, dem Dach beziehungsweise dem Auflager der Decke vorbemessen. Die Tabelle zeigt die Ergebnisse je Sturz.

Kz.	Seite	l [m]	b×h [mm]	w_d [kN/m]	M_Ed [kNm]	V_Ed [kN]	A_s,erf [mm²]	Längsstäbe	Bügel	Ausn.
St1-1	S	2,65	240×430	33,7	29,6	44,6	186	2Ø12	Ø6/150	0,82
St1-2	S	1,15	240×430	33,7	5,6	19,4	35	2Ø10	Ø6/200	0,45
St1-3	S	2,75	240×430	33,7	31,8	46,3	200	2Ø12	Ø6/150	0,88
St1-4	N	1,85	240×430	32,4	13,9	30,0	87	2Ø10	Ø6/200	0,70
St1-5	N	1,05	240×430	32,4	4,5	17,0	28	2Ø10	Ø6/200	0,40
St1-6	N	1,25	240×430	32,4	6,3	20,3	40	2Ø10	Ø6/200	0,48
St1-7	N	1,15	240×430	32,4	5,4	18,7	34	2Ø10	Ø6/200	0,44
St1-8	W	1,45	240×430	44,4	11,7	32,2	73	2Ø10	Ø6/200	0,76
St1-9	W	1,25	240×430	44,4	8,7	27,8	55	2Ø10	Ø6/200	0,65
St1-10	W	1,45	240×430	44,4	11,7	32,2	73	2Ø10	Ø6/200	0,76
St1-11	E	1,35	240×430	40,4	9,2	27,2	58	2Ø10	Ø6/200	0,64
St2-1	W	2,45	240×250	5,8	4,4	7,2	52	2Ø10	Ø6/200	0,33
St2-2	W	1,80	240×250	4,8	1,9	4,3	23	2Ø10	Ø6/200	0,18
St2-3	E	1,05	240×250	3,8	0,5	2,0	6	2Ø10	Ø6/200	0,08
St2-4	E	1,05	240×250	3,7	0,5	1,9	6	2Ø10	Ø6/200	0,08
St1-W1.1	W1	1,05	175×430	79,2	10,9	41,6	69	2Ø10	Ø6/200	0,98
St1-W2.1	W2	2,45	175×430	79,4	59,5	97,2	384	3Ø14	Ø8/150	0,96

Rechenbeispiel: maßgebender Sturz St1-W1.1

l_eff = 0,80 + 0,50 − 0,25 = 1,05 m
M_Ed = 79,16·1,05²/8 = 10,91 kNm
V_Ed = 79,16·1,05/2 = 41,56 kN
d = 430 − 45 = 385 mm
k = M_Ed/(b·d²·f_cd) = 10908923/(175·385²·16,67) = 0,025
A_s,erf = M_Ed/(z·f_yd), z = d·(0,5 + √(0,25 − k/2)) ≤ 0,95·d = 69 mm²
Gewählt 2Ø10: A_s = 157 mm²; V_Rd,c = 26,6 kN, V_Rd,s = 42,6 kN; Bügel Ø6/200
l/d = 2,7; Auflager je Seite mindestens 125 mm

Alle 17 Stürze wurden einzeln gerechnet; die Auflagerlänge ist 125 mm je Seite. Die Bewehrung steht in der Stahlliste (Kapitel 10) und auf Blatt CD-05.

5 Dachtragwerk

Sparrendach mit Kehlbalken und Fußpfetten auf dem Drempel. Die Sparren sind am First gelenkig, die Füße sind horizontal gehalten; der Horizontalschub wird vom Ringbalken aufgenommen. Die Südseite trägt zusätzlich die Photovoltaik.

Sparren

Querschnitt 80×240 mm, Abstand a = 700 mm, Spannweite im Grundriss l = 4,055 m, Länge in der Dachfläche 5,146 m, Dachüberstand c = 0,695 m
W = b·h²/6 = 768000 mm³, I = b·h³/12 = 92160000 mm⁴, f_m,d = 14,77, f_v,d = 2,46, f_c,0,d = 12,92 N/mm²

Sparren Südseite (mit Photovoltaik)

q_Ed = 1,35·1,53 + 1,50·0,94 = 3,48 kN/m²
M_Ed = 3,48·0,70·4,055²/8 = 5,00 kNm
σ_m,d = 5001213/768000 = 6,51 N/mm²
H_Ed = q_Ed·l/(2·tan α) = 3,48·4,055/(2·0,781) = 9,02 kN/m
N_Ed = q_Ed·a·l·sin α + H_Ed·a·cos α = 11,05 kN
σ_c,0,d = 11,05·1000/(80·240) = 0,58 N/mm²
τ_d = 1,5·3,89·1000/(80·240) = 0,304 N/mm²
u_fin = 5·q·l⁴/(384·E·I)·(1 + k_def), k_def = 0,6 = 15,5 mm
σ_m,d/f_m,d + σ_c,0,d/f_c,0,d = 0,44 + 0,04 = 0,49; τ_d/f_v,d = 0,12; u/(l/200) = 15,5/25,7 eingehalten
A_Fuß = q_Ed·(l + c) [Auflagerkraft je m Traufe] = 3,48·(4,055 + 0,695) = 16,51 kN/m
σ_c,90,d = 11,56·1000/(80·140) = 1,03 N/mm²
σ_c,90,d = 1,03 ≤ 1,25·f_c,90,d = 1,92 N/mm² eingehalten

Sparren Nordseite

q_Ed = 1,35·1,34 + 1,50·0,94 = 3,22 kN/m²
M_Ed = 3,22·0,70·4,055²/8 = 4,63 kNm
σ_m,d = 4631485/768000 = 6,03 N/mm²
H_Ed = q_Ed·l/(2·tan α) = 3,22·4,055/(2·0,781) = 8,35 kN/m
N_Ed = q_Ed·a·l·sin α + H_Ed·a·cos α = 10,23 kN
σ_c,0,d = 10,23·1000/(80·240) = 0,53 N/mm²
τ_d = 1,5·3,60·1000/(80·240) = 0,281 N/mm²
u_fin = 5·q·l⁴/(384·E·I)·(1 + k_def), k_def = 0,6 = 14,3 mm
σ_m,d/f_m,d + σ_c,0,d/f_c,0,d = 0,41 + 0,04 = 0,45; τ_d/f_v,d = 0,11; u/(l/200) = 14,3/25,7 eingehalten
A_Fuß = q_Ed·(l + c) [Auflagerkraft je m Traufe] = 3,22·(4,055 + 0,695) = 15,29 kN/m
σ_c,90,d = 10,70·1000/(80·140) = 0,96 N/mm²
σ_c,90,d = 0,96 ≤ 1,25·f_c,90,d = 1,92 N/mm² eingehalten

Kehlbalken

Kehlbalken 80×180 mm je zweitem Sparrenpaar (Anzahl 8),
Unterkante in 5,45 m (Raumhöhe darunter 2,55 m über Dachgeschossboden)
y_K = (z_K + Sparrenhöhe/cos α − z_Traufe)/tan α = 2,321 m
l_K = 8,50 − 2·2,321 = 3,858 m
q_K,d = 1,35·(80·180 mm·5,0 kN/m³ + 0,40·0,70) = 0,475 kN/m
M_Ed = 0,475·3,858²/8 = 0,88 kNm
T_Ed = 0,3·H_Ed·a = 0,3·9,02·0,70 = 1,89 kN
σ_t,0,d = 1,89·1000/(80·180) = 0,13 N/mm²
σ_m,d/f_m,d + σ_t,0,d/f_t,0,d = 0,14 + 0,01 = 0,15 eingehalten

Abheben der Fußpfette

w_Abhebe = 1,50·0,78 − 0,9·1,057 = 0,219 kN/m²
F_Abhebe = w·cos α·(l/2 + c)/cos α = 0,219·(2,027 + 0,695) = 0,60 kN/m
F_Anker = 0,60·1,4 m = 0,83 kN

Anker der Fußpfette im Ringbalken sind offen (Kapitel 12). Die Photovoltaik-Befestigung und der Modulaufbau sind mit dem Hersteller festzulegen.

DEMO

6 Drempel und Ringbalken

Der Drempel ist als Stahlbetonwand mit Ringbalken ausgeführt. Er nimmt den Horizontalschub der Sparren als Kragarm auf und wirkt als Zugband des Dachs.

Drempel b = 240 mm, Höhe 0,884 m (OK Decke 2,765 m bis UK Ringbalken 3,649 m), Ringbalken Höhe 240 mm
H_Ed = größter Sparrenschub aus Kapitel 5 = 9,02 kN/m
M_Ed = H_Ed·(h + 0,07) = 9,02·(0,884 + 0,07) = 8,61 kNm/m
d = 240 − 45 = 195 mm
A_s,erf = max(M/(z·f_yd); 0,0013·b·d) = max(107; 254) = 254 mm²/m
A_s,vorh = π·10²/4·1000/200 (Ø10/200 je Seite) = 393 mm²/m
A_s,erf/A_s,vorh = 0,65 eingehalten
A_s,Zug = H_Ed·1000/f_yd = 9,02·1000/434,8 = 21 mm²/m
Zugband im Ringbalken: 2·Ø10/200 = 785 mm²/m ≥ 21 mm²/m eingehalten

Die Anschlussbewehrung zwischen Drempel, Ringbalken und Decke ist in der Stahlliste (Positionen RA-1, RA-2, DR) enthalten; Eckausbildung und Anker sind mit der Tragwerksplanung festzulegen.

DEMO

7 Mauerwerkswände

Tragende Wände aus Ziegel (Außenwand) und Kalksandstein (Innenwände W1 und W2, Treppenwand W3) bei einer lichten Wandhöhe von 3,000 m. Die Vorbemessung prüft die mittige Druckkraft mit einer Ausmitte aus Schlankheit und Auflager; Öffnungen erhöhen die Last auf die verbleibenden Pfeiler um den Faktor k_Öff.

Wand	l [m]	k_Öff	n_G [kN/m]	n_Q [kN/m]	n_d [kN/m]	N_Ed [kN/m]	λ	φ	N_Rd [kN/m]	Ausn.
S	10,00	2,38	26,2	5,2	43,1	102,7	8,8	0,67	363,2	0,28
N	10,00	1,75	25,3	5,2	41,9	73,5	8,8	0,67	363,2	0,20
W	8,50	1,67	35,8	3,7	53,9	89,8	8,8	0,67	363,2	0,25
E	8,50	1,15	34,0	2,6	49,8	57,2	8,8	0,67	363,2	0,16
W1 175	3,04	1,36	–	–	91,4	124,1	17,1	0,54	316,7	0,39
W1* 175	3,04	1,36	–	–	91,4	124,1	17,1	0,54	316,7	0,39
W2 175	4,63	1,90	–	–	91,6	174,4	17,1	0,54	316,7	0,55
W2* 175	4,63	1,90	–	–	91,6	174,4	17,1	0,54	316,7	0,55
W3 175	4,15	1,00	–	–	25,8	25,8	17,1	0,54	316,7	0,08

Mit * ist die Innenwand in der im Modell angegebenen Dicke von 175 mm gerechnet; sie stimmt mit dem Ansatz der Vorbemessung (175 mm) überein. Die Mindestdicke aus der Ausnutzung beträgt 150 mm. Zuvor hatte das Modell 100 mm; der Punkt ist geschlossen.

Rechenbeispiel: Südwand

n_G = A_Dach,G + g_Pfette + g_Drempel + g_Wand·h + n_Decke,G (Südwand)
n_G = 7,28 + 0,10 + 5,30 + 3,20·3,000 + 3,89 = 26,17 kN/m
n_d = 1,35·26,17 + 1,50·5,21 = 43,14 kN/m
λ = h_ef/t = 3,000/0,340 = 8,8
e/t = 0,10 + 0,0075·8,8 = 0,166
φ = 1 − 2·e/t = 0,668
N_Rd = φ·f_d·t = 0,668·1,60·340 = 363,2 kN/m
N_Ed = n_d·k_Öff = 43,14·2,38 = 102,72 kN/m; N_Ed/N_Rd = 0,28 eingehalten

Innenwände W1, W2 und Treppenwand W3

W1: n_d = R_D1,d + 1,35·g_KS·h = 76,62 + 1,35·3,65·3,000 = 91,40 kN/m; k_Öff = 1,36; t_min = 150 mm;
Modell t = 175: N_Ed/N_Rd = 0,39, λ = 17,1
W2: n_d = R_D1,d + 1,35·g_KS·h = 76,82 + 1,35·3,65·3,000 = 91,60 kN/m; k_Öff = 1,90; t_min = 150 mm;
Modell t = 175: N_Ed/N_Rd = 0,55, λ = 17,1
W3: n_d = R_D1,d + 1,35·g_KS·h = 11,03 + 1,35·10,95 = 25,81 kN/m; N_Ed/N_Rd = 0,08
b_eff(W3) = 0,175 + 2·0,20 = 0,575 m
p(XPS) = g_BP + q + n_k/b_eff = 6,71 + 1,50 + 18,97/0,575 = 41,2 kN/m²
p(XPS) = 41,2 kN/m² ≤ 100 kN/m² eingehalten (Befund Treppenwand W3 in Kapitel 12)

Mauerwerksmengen

Σ Ziegelmauerwerk = 107,3 m²·0,340 m (Wandfläche netto ohne Öffnungen) = 36,5 m³
Σ Kalksandstein = 26,5 m²·0,175 m = 4,6 m³

Die Lasten aus Decke D1 und Dach stammen aus den Auflagerkräften der Kapitel 3 und 5. Wandscheiben unter 0,9 m Länge werden für die Aussteifung nicht angesetzt (Kapitel 9).

8 Gründung und Bodenplatte

Streifenfundamente unter den Außenwänden (F1) und den Innenwänden (F2) sowie eine nicht tragende Bodenplatte auf Dämmung. Der Sohlwiderstand von 200 kN/m² ist ein angenommener Baugrund (Entwurfsgrundlage), den ein Baugrundgutachten vor Baubeginn zwingend bestätigen muss; die Gründungssohle liegt bei -1,15 m.

Sohlpressung der Streifen F1

Wand	n_k [kN/m]	Eigengewicht [kN/m]	p_k [kN/m²]	R_0 [kN/m²]	Ausn.	Ergebnis
S	31,4	11,9	65	200	0,33	eingehalten
N	30,5	11,9	64	200	0,32	eingehalten
W	39,5	11,9	77	200	0,39	eingehalten
E	36,6	11,9	73	200	0,36	eingehalten

p_k = (n_k + g_Streifen)/b = (n_k + 11,89)/0,67, b = 665 mm, h = 715 mm, Gründungssohle -1,15 m
Auskragung = (b − t)/2 = (0,67 − 0,340)/2 = 0,163 m
h/Auskragung = 0,71/0,163 = 4,40 ≥ 1,5 eingehalten

Überbrückung einer Schwachstelle

q_Ed = 1,35·(35,8 + 11,89) + 1,50·5,2 = 72,16 kN/m
M_Ed = q_Ed·l²/8, l = 3,0 m = 81,18 kNm
A_s,erf = M/(z·f_yd), b = 665, d = 655 mm = 300 mm²
A_s = 4Ø12 = 452 mm² eingehalten

Innenstreifen F2 und Volumen

V(F1) = 23,634·0,71 = 16,90 m³
V(F2) = 0,50·0,71·7,370 = 2,63 m³
p_k(F2) = W1 151; W2 152 kN/m² ≤ R_0 = 200 kN/m² eingehalten

Bodenplatte auf Dämmung

w_k = 6,71 + 1,50 = 8,21 kN/m²
w_k = 8,2 ≤ 100 kN/m² (XPS, Druck langfristig) eingehalten
A_s,Netz = π·8²/4·1000/200 (zwei Lagen Ø8/200) = 251 mm²/m
A_s,min = max(0,26·2,6/500; 0,0013)·1000·150 = 203 mm²/m
A_s,Netz = 251 ≥ A_s,min = 203 mm²/m eingehalten; größtes Feld 4,79 m ≤ 5,0 m eingehalten
V(BP) = 9,27·7,77·0,20 = 14,41 m³

Gründungstiefe, Grundwasser und Tragfähigkeit sind durch ein Baugrundgutachten zu klären; erst danach sind die Streifenfundamente verbindlich. Die Gründungstiefe liegt über dem Mindestwert für frostfreie Gründung (DIN 1054); die örtliche Frosteindringtiefe legen Bauamt und Baugrundgutachten fest. Die Maße stehen auf Blatt CD-01.

9 Aussteifung und Gesamtstabilität

Die Horizontallasten aus Wind werden über die steife Decke D1 und die Dachscheibe in die Wandscheiben geleitet. Nachgewiesen werden die Schubtragfähigkeit der Scheiben (Pfeiler ab 0,9 m Länge) und das Kippen des Gesamtgebäudes.

Wind auf die Nord- und Südseite (Scheiben in y-Richtung)

Wand	Länge [m]	t [mm]	f_vd [N/mm²]	V_Rd [kN]
W	1,00	340	0,159	53,9
W	1,20	340	0,159	64,7
W	1,60	340	0,159	86,3
W	1,30	340	0,159	70,1
E	0,90	340	0,157	48,1
E	6,50	340	0,157	347,7
W1	2,10	175	0,188	69,2
W2	1,14	175	0,188	37,4
W2	1,30	175	0,188	42,8

F_Ed = 1,50·0,845·74,20 m² = 94,05 kN
ΣV_Rd = 53,9 + 64,7 + 86,3 + 70,1 + 48,1 + 347,7 + 69,2 + 37,4 + 42,8 = 820,3 kN
F_Ed/ΣV_Rd = 0,11 eingehalten
M_Kipp = F_Ed·z = 94,1·3,71 = 349,0 kNm
M_Stand = 0,9·G·a/2 = 0,9·1198·8,5/2 = 4582 kNm
M_Kipp/M_Stand = 0,076 eingehalten

Wind auf die West- und Ostseite (Scheiben in x-Richtung)

Wand	Länge [m]	t [mm]	f_vd [N/mm²]	V_Rd [kN]
N	0,90	340	0,151	46,3
N	1,40	340	0,151	72,0
N	2,00	340	0,151	102,8
S	1,00	340	0,152	51,6
S	1,00	340	0,152	51,6
S	1,60	340	0,152	82,6

F_Ed = 1,50·0,845·48,96 m² = 62,06 kN
ΣV_Rd = 46,3 + 72,0 + 102,8 + 51,6 + 51,6 + 82,6 = 406,8 kN
F_Ed/ΣV_Rd = 0,15 eingehalten
M_Kipp = F_Ed·z = 62,1·3,71 = 230,3 kNm
M_Stand = 0,9·G·a/2 = 0,9·1198·10,0/2 = 5390 kNm
M_Kipp/M_Stand = 0,043 eingehalten

Gesamtgewicht für das Kippen

Bauteil	G [kN]	Einheit
Außenwände Erdgeschoss	340	kN
Drempel mit Ringbalken	188	kN
Decke D1 mit Ausbau	533	kN
Dach mit Photovoltaik	136	kN
Summe G	1198	kN

Die Scheibenwirkung von Decke und Dachschalung ist angenommen und in der Tragwerksplanung zu bestätigen. Das Gesamtgewicht wirkt mit dem Faktor 0,9 günstig.

DEMO

10 Bewehrung und Stahlliste

Stahlliste aller Bauteile nach Blatt CD-02 mit dem Übergreifungsfaktor 1,08 für Längsstäbe. Die Masse jeder Position wird aus n·l·π·d²/4·7850 neu gerechnet und mit der Liste verglichen.

Kz.	Bauteil	Beschreibung	Ø	Anz.	l [m]	Σl [m]	m [kg]
1	F1	Längsstäbe 4Ø12	Ø12	4	38,38	153,5	136,3
2	F1	Bügel Ø8/300	Ø8	119	2,59	308,4	121,8
3	F2	Längsstäbe 4Ø12	Ø12	4	7,96	31,8	28,3
4	F2	Bügel Ø8/300	Ø8	25	2,26	56,5	22,3
5	BP	Bodenplatte unten, x-Richtung Ø8/200	Ø8	40	9,57	382,8	151,2
6	BP	Bodenplatte unten, y-Richtung Ø8/200	Ø8	48	8,07	387,4	153,0
7	BP	Bodenplatte oben, x-Richtung Ø8/200	Ø8	40	9,57	382,8	151,2
8	BP	Bodenplatte oben, y-Richtung Ø8/200	Ø8	48	8,07	387,4	153,0
9	D1	Decke unten, y-Richtung Ø10/200	Ø10	48	8,27	397,0	244,9
10	D1	Decke unten, x-Richtung Ø10/200	Ø10	40	9,77	390,8	241,1
11	D1	Decke oben über den Innenwänden Ø12/200	Ø12	42	3,26	136,7	121,4
12	D1	Deckenöffnung, Randeinfassung 2Ø12	Ø12	4	5,11	20,4	18,2
13	D1	Deckenöffnung, Eckbewehrung 4 Ecken	Ø12	8	1,20	9,6	8,5
14	RA-1	Längsstäbe 2Ø12	Ø12	2	38,28	76,6	68,0
15	RA-1	Bügel Ø6/250	Ø6	142	0,78	110,8	24,6
16	RA-2	Längsstäbe 4Ø12	Ø12	4	38,28	153,1	136,0
17	RA-2	Bügel Ø6/200	Ø6	178	0,88	156,6	34,8
18	DR	Drempel senkrecht Ø10/200 je Seite	Ø10	358	1,48	531,3	327,8
19	DR	Drempel waagerecht Ø10/200 je Seite	Ø10	10	38,28	382,8	236,2
20	St	Sturz Längsbewehrung: St1-5, St2-3, St2-4, St1-W1.1	Ø10	8	1,24	9,9	6,1
21	St	Sturz Längsbewehrung: St1-2, St1-7	Ø10	4	1,34	5,4	3,3
22	St	Sturz Längsbewehrung: St1-6, St1-9	Ø10	4	1,44	5,8	3,6
23	St	Sturz Längsbewehrung: St1-11	Ø10	2	1,54	3,1	1,9
24	St	Sturz Längsbewehrung: St1-8, St1-10	Ø10	4	1,64	6,6	4,0
25	St	Sturz Längsbewehrung: St2-2	Ø10	2	1,99	4,0	2,5
26	St	Sturz Längsbewehrung: St1-4	Ø10	2	2,04	4,1	2,5
27	St	Sturz Längsbewehrung: St2-1	Ø10	2	2,64	5,3	3,3
28	St	Sturz Längsbewehrung: St1-1	Ø12	2	2,84	5,7	5,0
29	St	Sturz Längsbewehrung: St1-3	Ø12	2	2,94	5,9	5,2
30	St	Sturz Längsbewehrung: St1-W2.1	Ø14	3	2,64	7,9	9,6
31	St	Sturz obere Stäbe, Stürze: 8	Ø8	16	1,50	24,0	9,5
32	St	Sturz obere Stäbe, Stürze: 4	Ø8	8	2,00	16,0	6,3
33	St	Sturz obere Stäbe, Stürze: 1	Ø8	2	2,50	5,0	2,0
34	St	Sturz obere Stäbe, Stürze: 4	Ø8	8	3,00	24,0	9,5
35	St	Sturz Bügel Ø6/150: St1-1, St1-3	Ø6	41	1,30	53,3	11,8
36	St	Sturz Bügel Ø6/200: St1-W1.1	Ø6	7	1,17	8,2	1,8
37	St	Sturz Bügel Ø6/200: St2-1, St2-2, St2-3, St2-4	Ø6	39	0,94	36,7	8,1
38	St	Sturz Bügel Ø6/200: St1-2, St1-4, St1-5, St1-6, St1-7, St1-8, St1-9, St1-10, St1-11	Ø6	79	1,30	102,7	22,8
39	St	Sturz Bügel Ø8/150: St1-W2.1	Ø8	19	1,17	22,2	8,8

Masse nach Durchmesser

Durchmesser	kg/m	Σl [m]	m [kg]
Ø6	0,222	468,3	104,0
Ø8	0,395	1996,5	788,6

DEMO

Durchmesser	kg/m	Σl [m]	m [kg]
Ø10	0,617	1745,9	1077,2
Ø12	0,888	593,4	526,9
Ø14	1,208	7,9	9,6
Summe		4811,9	2506,2

Masse nach Bauteil

Bauteil	m [kg]	%
D1	634,1	25,3
BP	608,4	24,3
DR	564,0	22,5
F1	258,2	10,3
RA-2	170,7	6,8
St	127,6	5,1
RA-1	92,6	3,7
F2	50,6	2,0

Σm = 2506,2 kg; V(Beton) = 57,98 m³; Σm/V = 43,2 kg/m³
m = n·l·π·d²/4·7850 kg/m³ (jede Position wird unabhängig von der Tabelle neu gerechnet)

DEMO

11 Mengen

Mengen der Vorbemessung, netto ohne Verschnitt, Überstände und Einbauteile. Jede Menge ist das Produkt der in der letzten Spalte genannten Werte; Beton und Stahl stimmen mit CD-01, CD-02 und CD-11 überein.

Nr.	Position	Menge	Einheit	Berechnungsbasis
	Gründung			
1	Streifenfundament F1 (Außenwände), C25/30	16,90	m³	Fläche 23,63 m² · Höhe 0,715 m
2	Streifenfundament F2 (Innenwand), C25/30	2,63	m³	0,50 m · 0,715 m · 7,37 m (Breite · Höhe · Länge)
3	Bodenplatte 200 mm, C25/30	14,41	m³	Fläche 72,03 m² · Dicke 0,20 m
4	Kiesschicht 200 mm	14,41	m³	Fläche 72,03 m² · Dicke 0,20 m
5	Dämmung XPS 120 mm unter der Bodenplatte	72,03	m²	Fläche der Bodenplatte
	Stahlbeton Decke, Ringbalken, Stürze			
6	Decke D1 200 mm, C25/30	13,70	m³	Nettofläche 68,52 m² · Dicke 0,20 m
7	Ringbalken im Drempel 240 × 884 mm	7,52	m³	0,24 m · 0,884 m · Umfang 35,44 m
8	Stürze (17 Stück)	2,82	m³	Summe der Stürze 17 Stück aus CD-05
	Mauerwerk			
9	Ziegelmauerwerk 340 mm	36,5	m³	Wandfläche 107,3 m² · Dicke 0,34 m (ohne Öffnungen)
10	Kalksandstein 175 mm	4,63	m³	Wandfläche 26,5 m² · Dicke 0,175 m (ohne Öffnungen)
	Holz Dachstuhl			
11	Sparren 80/240 mm, 30 Stück	3,47	m³	Querschnitt · Länge · Anzahl aus CD-06, ohne Verschnitt
12	Fußpfetten 140/140 mm	0,38	m³	Querschnitt · Länge · Anzahl aus CD-06, ohne Verschnitt
13	Kehlbalken 80/180 mm, 8 Stück	0,44	m³	Querschnitt · Länge · Anzahl aus CD-06, ohne Verschnitt
	Betonstahl nach Stahlliste			
14	Betonstahl Ø6	104,0	kg	Summe der Stahlliste CD-02 für diesen Durchmesser
15	Betonstahl Ø8	788,6	kg	Summe der Stahlliste CD-02 für diesen Durchmesser
16	Betonstahl Ø10	1077,2	kg	Summe der Stahlliste CD-02 für diesen Durchmesser
17	Betonstahl Ø12	526,9	kg	Summe der Stahlliste CD-02 für diesen Durchmesser
18	Betonstahl Ø14	9,6	kg	Summe der Stahlliste CD-02 für diesen Durchmesser
	Summen			
19	Beton gesamt	57,98	m³	Summe von 6 Positionen, Klasse C25/30
20	Betonstahl gesamt	2506,2	kg	Summe der Durchmesser; Bewehrungsgrad 43,2 kg/m³ Beton
21	Bauholz gesamt	4,29	m³	Summe Sparren, Fußpfetten, Kehlbalken
	Abgleich mit der Modellmenge			
22	Beton Streifenfundamente F1 und F2	19,53	m³	Hilfsberechnung am Modell 19,53 m³, Abweichung 0,00 m³
23	Länge der Streifenfundamente	42,91	m	Hilfsberechnung am Modell 42,9 m, Abweichung 0,00 m

V(D1) = 68,52·0,20 = 13,70 m³
V(Drempel) = 0,24·0,884·35,44 = 7,52 m³
V(Stürze) = Σ b·h·l über 17 Stürze = 2,82 m³
Σ Beton = 16,90 + 2,63 + 14,41 + 13,70 + 7,52 + 2,82 = 57,98 m³
Σ Betonstahl = 2506 kg; Σ Holz = 4,29 m³

Preise sind nicht Teil dieses Berichts. Die Mengen sind indikativ und ersetzen kein Leistungsverzeichnis.

12 Offene Punkte und Rollen

Die folgende Liste fasst die Befunde der Vorbemessung zusammen. Offene Punkte sind vor jeder Ausführung von der Tragwerksplanung zu klären; berücksichtigte Punkte sind in den Rechnungen angesetzt (Schnee und Wind für den Entwurfsstandort); angenommene Punkte (Baugrund, Gründungstiefe) gelten nur bis zur zwingenden Bestätigung durch das Baugrundgutachten.

Nr.	Thema	Status	Beschreibung
1	Tragwerksplanung	offen	Die Vorbemessung am Modell ersetzt keine Tragwerksplanung. Standsicherheitsnachweis und Bewehrungspläne sind durch eine Tragwerksplanerin bzw. einen Tragwerksplaner zu erstellen.
2	Drempel	offen	Der Drempel ist mit Ringbalken vorbemessen. Anschluss der Sparren und der Fußpfette sowie die Ausbildung der Ecken sind mit der Tragwerksplanung festzulegen.
3	Treppenwand W3	offen	Die Treppenwand W3 belastet die Dämmung unter der Bodenplatte mit 41 kN/m² (zulässig 100 kN/m²). Ausbildung des Streifens unter W3 ist offen.
4	Zuganker Dach	offen	Die Fußpfette braucht Zuganker mit 0,83 kN Zugkraft je Anker; die Verankerung im Ringanker ist zu planen.
5	Photovoltaik	offen	Für die Photovoltaik auf dem Süddach ist eine Zusatzlast von 0,15 kN/m² angesetzt; Modulgewicht und Befestigung sind mit dem Hersteller zu klären.
6	Baugrund (angenommen)	angenommen	Angenommener Baugrund als Entwurfsgrundlage: Sohlwiderstand 200 kN/m², größte Pressung unter den Streifen 77 kN/m². Zwingende Bedingung: Ein Baugrundgutachten bestätigt vor Baubeginn Tragfähigkeit, Grundwasser und Gründungstiefe; erst danach sind die Streifenfundamente verbindlich.
7	Gründungstiefe	angenommen	Die Fundamentsohle liegt 1,00 m unter Gelände; Mindestwert für frostfreie Gründung 0,80 m (DIN 1054). Standort Oberbayern, rund 500 m ü. NN: die örtliche Frosteindringtiefe ist keine Normkarte, sie wird mit Bauamt und Baugrundgutachten festgelegt (angenommen, zwingend zu bestätigen).
8	Wanddicke Innenwand	berücksichtigt	Die tragenden Innenwände W1 bis W3 sind im Modell und in der Vorbemessung 175 mm dick (zuvor 100 mm im Modell, korrigiert): Ausnutzung 0,55, Mindestdicke 150 mm bei Schlankheit λ = 17,1. Punkt geschlossen; Dicke und Baustoff bestätigt die Tragwerksplanung.
9	Schnee und Wind	berücksichtigt	Entwurfsstandort Oberbayern, 500 m ü. NN, Schneelastzone 2: s_k = 0,25 + 1,91 · ((A + 140) / 760)² = 1,60 kN/m², angesetzt 1,6 kN/m² (DIN EN 1991-1-3 mit Nationalem Anhang); Windzone 2, q_p = 0,65 kN/m² (DIN EN 1991-1-4 mit Nationalem Anhang). Geschlossen für den Entwurfsstandort; am Grundstück zu prüfen.
10	Lastannahmen	berücksichtigt	Eigenlasten, Nutzlast, Schnee und Wind sind in der Lasttabelle dieses Blattes zusammengestellt und in allen Bauteilen angesetzt.
11	Trennwände	berücksichtigt	Leichte Trennwände sind als Zuschlag von 0,82 kN/m² auf der Decke D1 berücksichtigt.

Rollen und Status

Alle Angaben sind indikativ (Vorbemessung am Modell). Tragwerksplanung und Standsicherheitsnachweis durch eine Tragwerksplanerin bzw. einen Tragwerksplaner sind nicht Bestandteil der Demo. Bauvorlageberechtigung: Rolle, nicht unterschrieben.

Nächster Schritt: Tragwerksplanung durch eine Tragwerksplanerin oder einen Tragwerksplaner mit Baugrundgutachten (zwingend vor Baubeginn), am Grundstück geprüften Schnee- und Windzonen und der Prüfung, wo sie erforderlich ist. Dieser Bericht ist die Grundlage für diesen Auftrag, nicht sein Ersatz.

DEMO