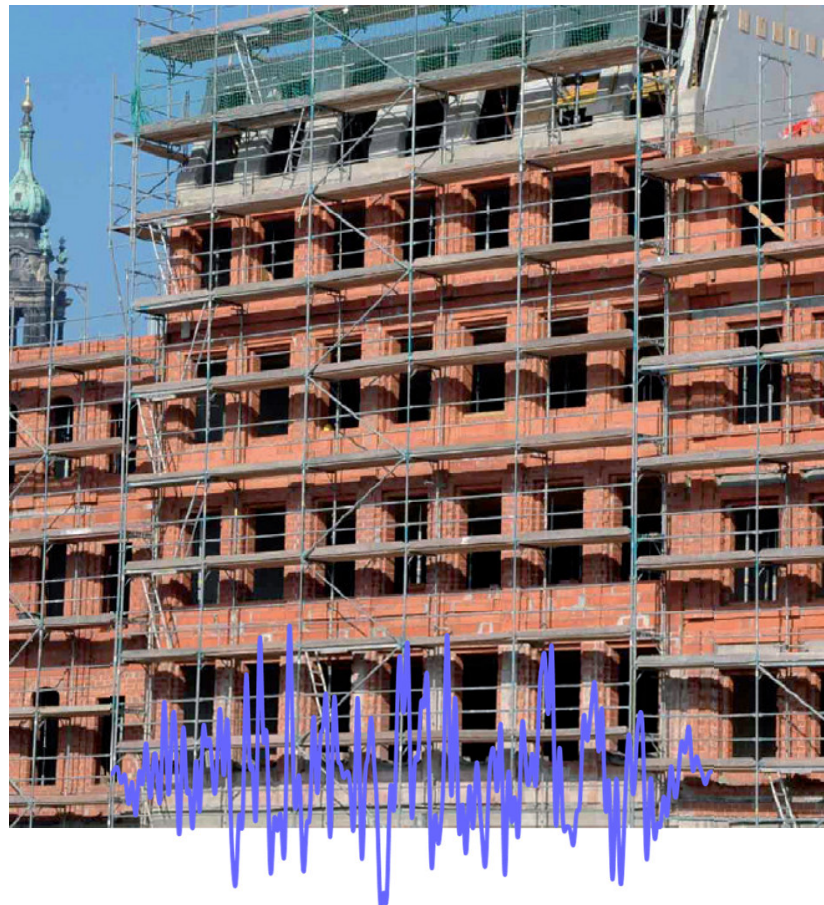


Seismische Auslegung von Mauerwerksbauten aus Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1998-1/NA-2021

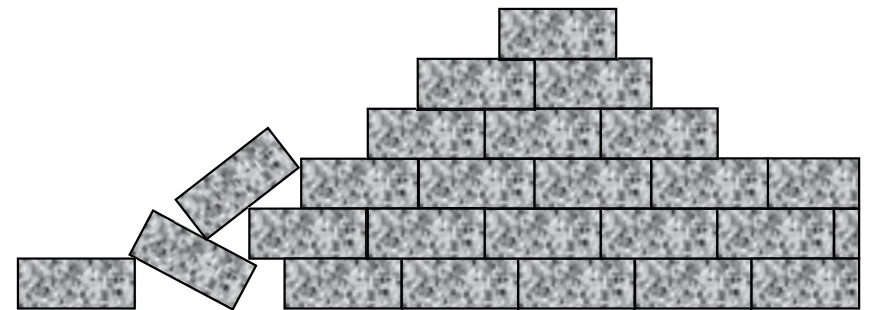
Relevanz für die deutschen Erdbebenregionen



Christoph Butenweg

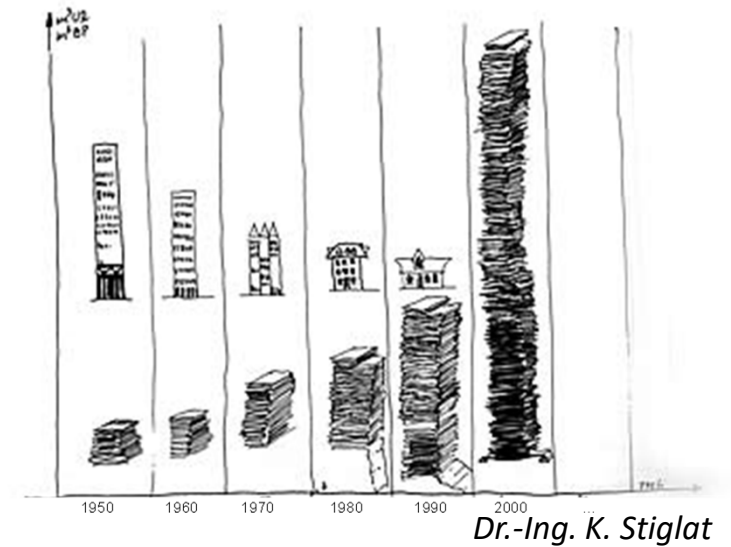
Gliederung

- Normative Situation
- Zielsetzung und Auslegungsphilosophie
- Neue Erdbebengefährdungskarte und Nachweisgrenzen
- Erdbebengerechter Entwurf
- Nachweiskonzept
- Berechnungsbeispiele
- Zusammenfassung



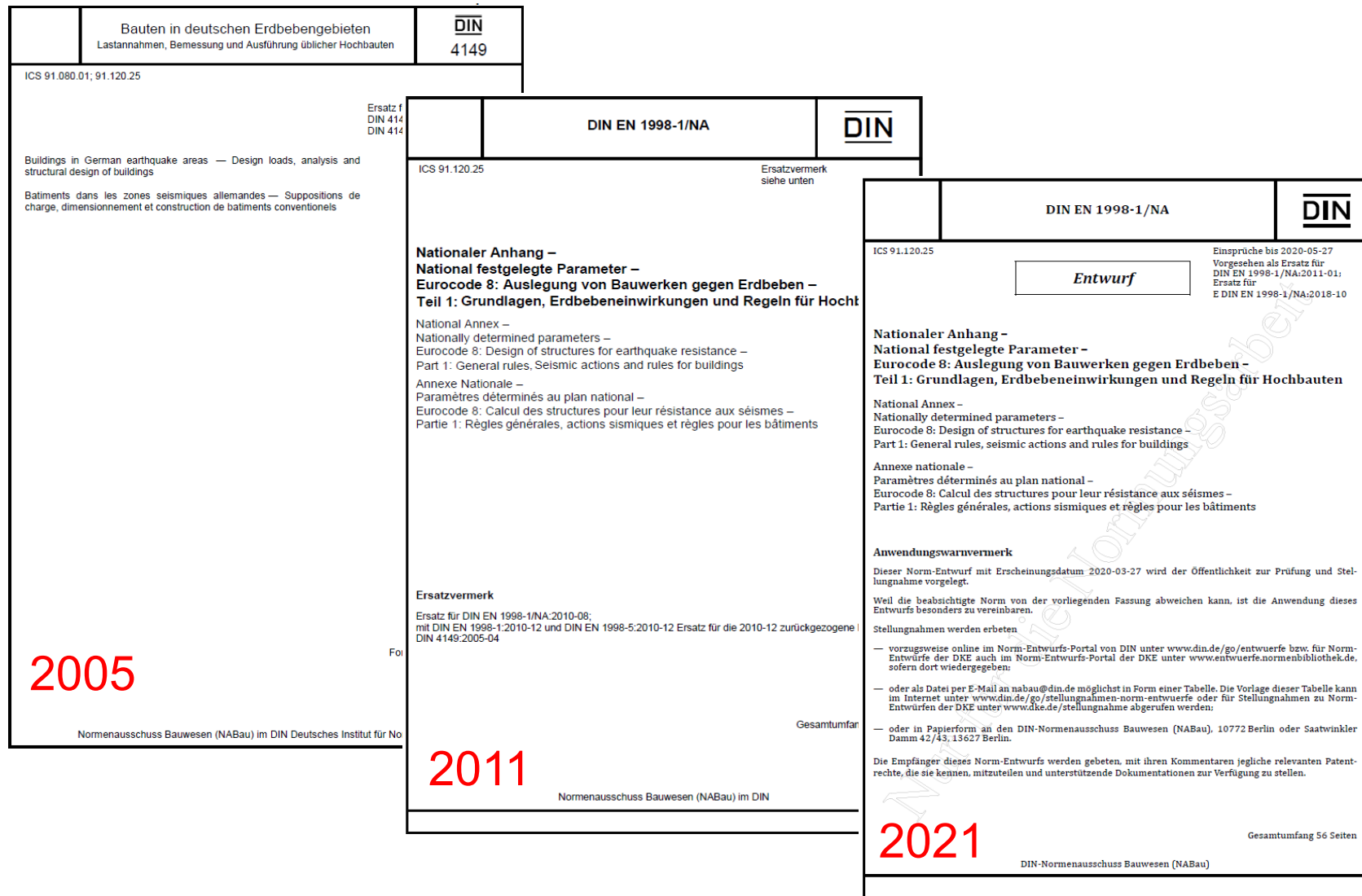
Normative Situation

Zielsetzung und Auslegungsphilosophie



Dr.-Ing. K. Stiglat

Normative Situation: Deutschland

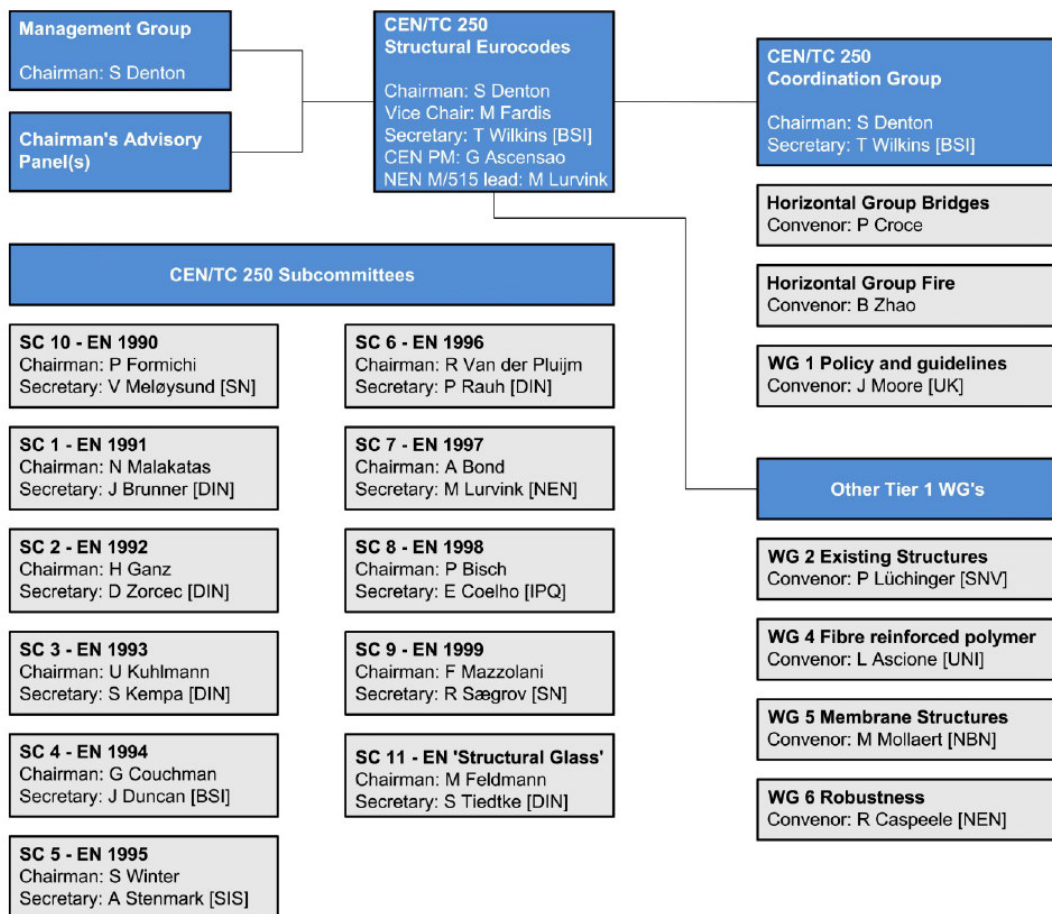


Voraussichtlicher Ablauf:

2022: Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)

2023: Umsetzung auf Ebene der Bundesländer

Neue Generation: Eurocodes



CEN/TC 250/SC 8
Eurocode 8: Earthquake resistance design of structures

Email of secretary: sc8@lnec.pt
Secretariat: IPQ (Portugal)

EN1998-1-2 SC8 04-09-2020

Document type: Working draft

Date of document: 2020-09-07

Expected action: INFO

No. of pages: 366



CEN/TC 250/SC 8
Eurocode 8: Earthquake resistance design of structures

Email of secretary: sc8@lnec.pt
Secretariat: IPQ (Portugal)

EN1998-1-1 SC8 25-08-2019

Document type: Working draft

Date of document: 2019-08-29

Expected action: INFO

No. of pages: 72

Alte Fassung: 215 Seiten

Neue Fassung: > 450 Seiten

Zielsetzung und Auslegungsphilosophie

Anwendungsbereich

Entwurf, Bemessung und Konstruktion üblicher Hoch- und Ingenieurbauten in deutschen Erdbebengebieten

Schutzziele

Personenschutz

Keine Anforderungen an Schadensbegrenzung

Nicht Gegenstand der DIN EN 1998-1 bzw. DIN EN 1998-1/NA

Sonderbauwerke (Kernkraftwerke, Talsperren, Chemische Anlagen, ...)



Zielsetzung und Auslegungsphilosophie

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

- Bemessungserdbeben sind mit ausreichender Resttragfähigkeit zu überstehen.
- Schäden und Nutzungseinschränkungen werden toleriert.
- Überschreitungswahrscheinlichkeit: $P_{NCR} = 10\%$ in 50 Jahren, WKP: $T_{NCR} = 475$ Jahre.

Nachweis der Gebrauchsfähigkeit entfällt!



Albstadt, 1978



Albstadt, 1978



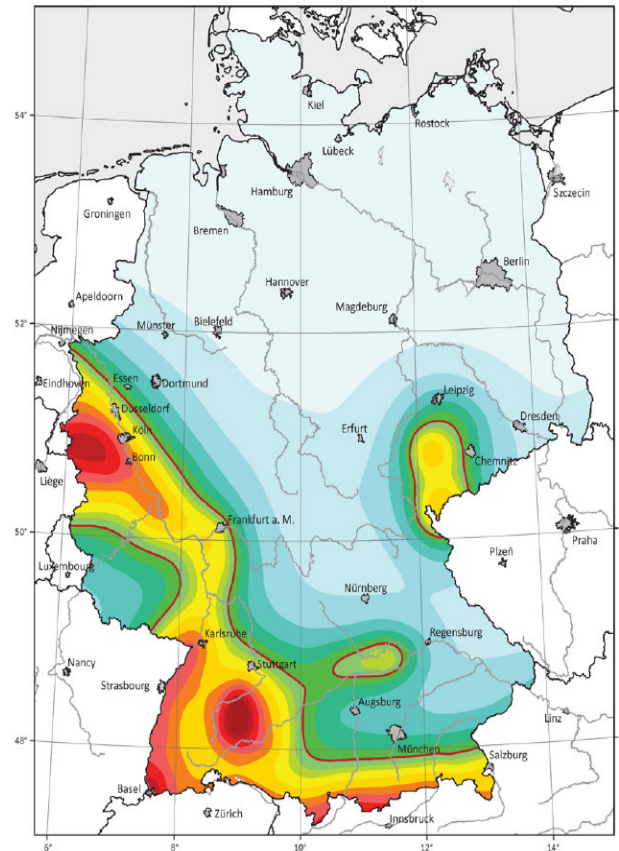
Emilia Romagna, 2012

Zielsetzung und Auslegungsphilosophie

Erhöhung der Erdbebeneinwirkungen in Abhängigkeit der Bedeutung

Bedeutungs-kategorie	Bauwerke	Bedeutungs-beiwert γ_I
I	Bauwerke mit geringer Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit, mit geringem Personenverkehr (z. B. Scheunen, Kulturgewächshäuser, usw.)	0,8
II	Bauwerke, die nicht zu den anderen Kategorien gehören	1,0
III	Bauwerke, von deren Versagen bei Erdbeben eine große Zahl von Personen betroffen ist (z. B. große Wohnanlagen, Schulen, Versammlungsräume, Kaufhäuser, usw.)	1,2
IV	Bauwerke, deren Funktionsfähigkeit nach einem Erdbeben von hoher Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit ist (z. B. Krankenhäuser, wichtige Einrichtungen des Katastrophenschutzes, der Feuerwehr und der Sicherheitskräfte, Kraftwerke usw.)	1,4

Neue Erdbebengefährdungskarte



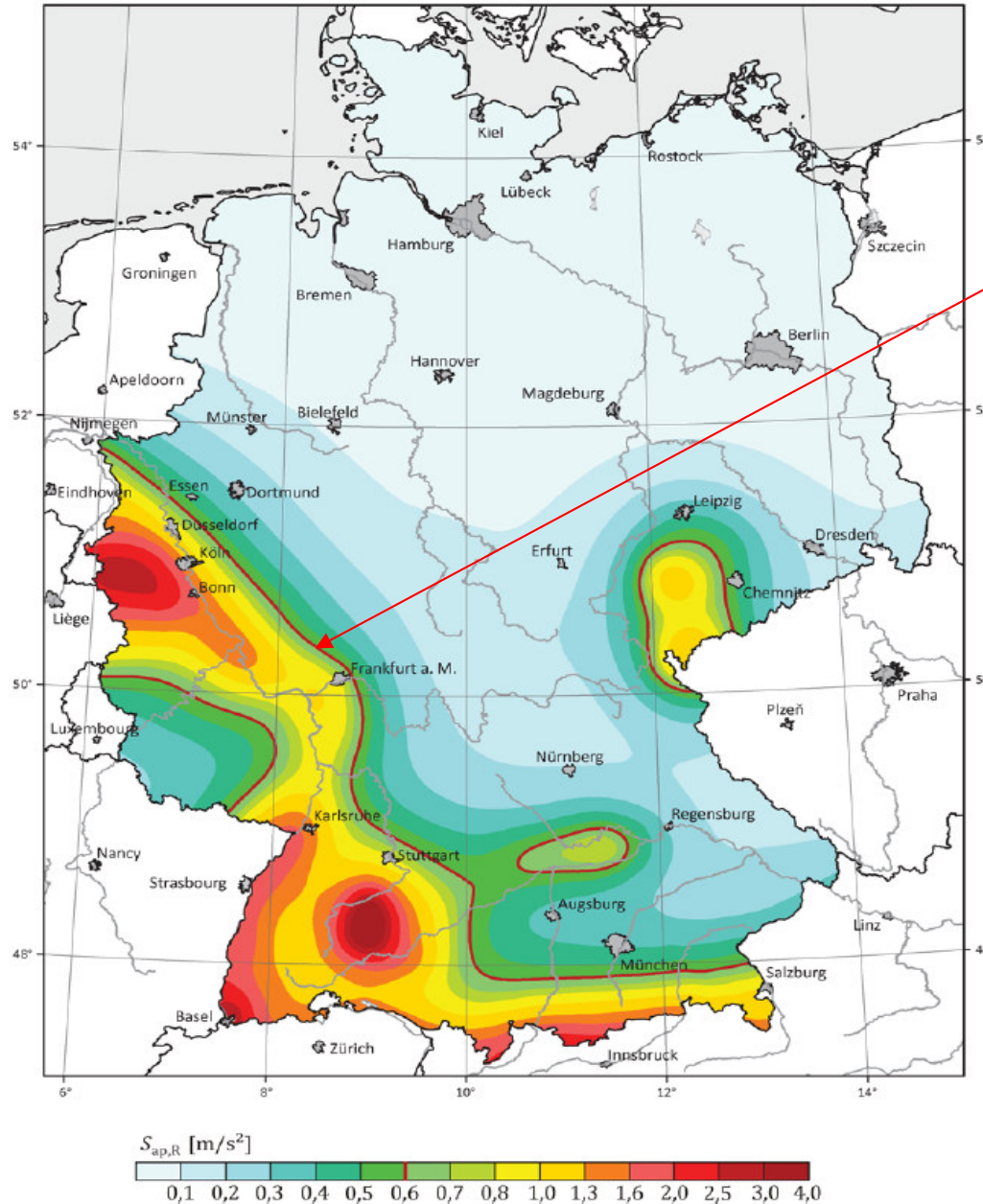
Neue Erdbebengefährdungskarte

- Grundlage: Probabilistischer Ansatz + verbesserter Erdbebenkatalog
- Vollständiger Ersatz der alten Zonenkarten
- Aktuelle Karte entspricht nicht mehr dem Stand der Technik

Die Berechnung der Erdbebengefährdung für die Erdbebenzonenkarte stammt von 1995 und wurde 1996 vom entsprechenden DIN-Normungsausschuss angenommen. Obwohl in einer nachfolgenden Erdbebengefährdungsanalyse von 1998 bestätigt, entspricht die Gefährdungsberechnung nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik. <https://www.gfz-potsdam.de/din4149-erdbebenzonenabfrage/>

- Kontinuierliche Karte mit Raster $0,1^\circ$ geographischer Länge/Breite
- Angabe in maximalen Spektralbeschleunigungen $S_{aP,R}$ auf Fels

Erdbebengefährdungskarte mit $S_{aP,R}$



Nachweisgrenze sehr geringe Seismizität:

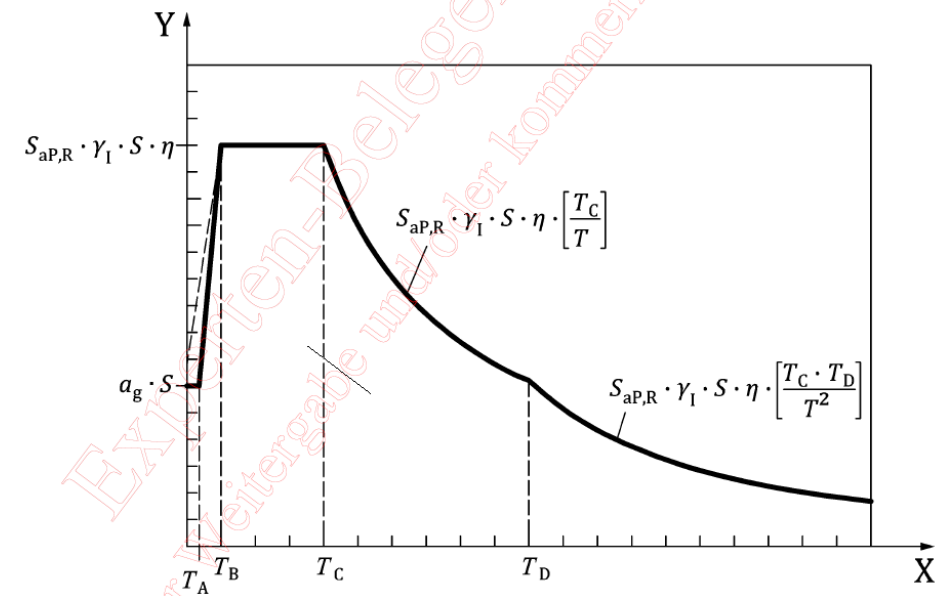
$$0,5 \cdot a_g \cdot S = 0,5 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S$$

$$S_{aP,R} = 0,6 \text{ m/s}^2 \text{ (BK I - IV)}$$

$$S_{aP,R} = 0,84 \text{ m/s}^2 \text{ (BK II)}$$

$$a_{gR} = \frac{S_{aP,R}}{2,5}$$

Spektrum



Mittelwerte

Mittelwert der Spektralbeschleunigungen für: $T = 0,1$ s, $T = 0,15$ s und $T = 0,2$ s

D-EQHAZ16

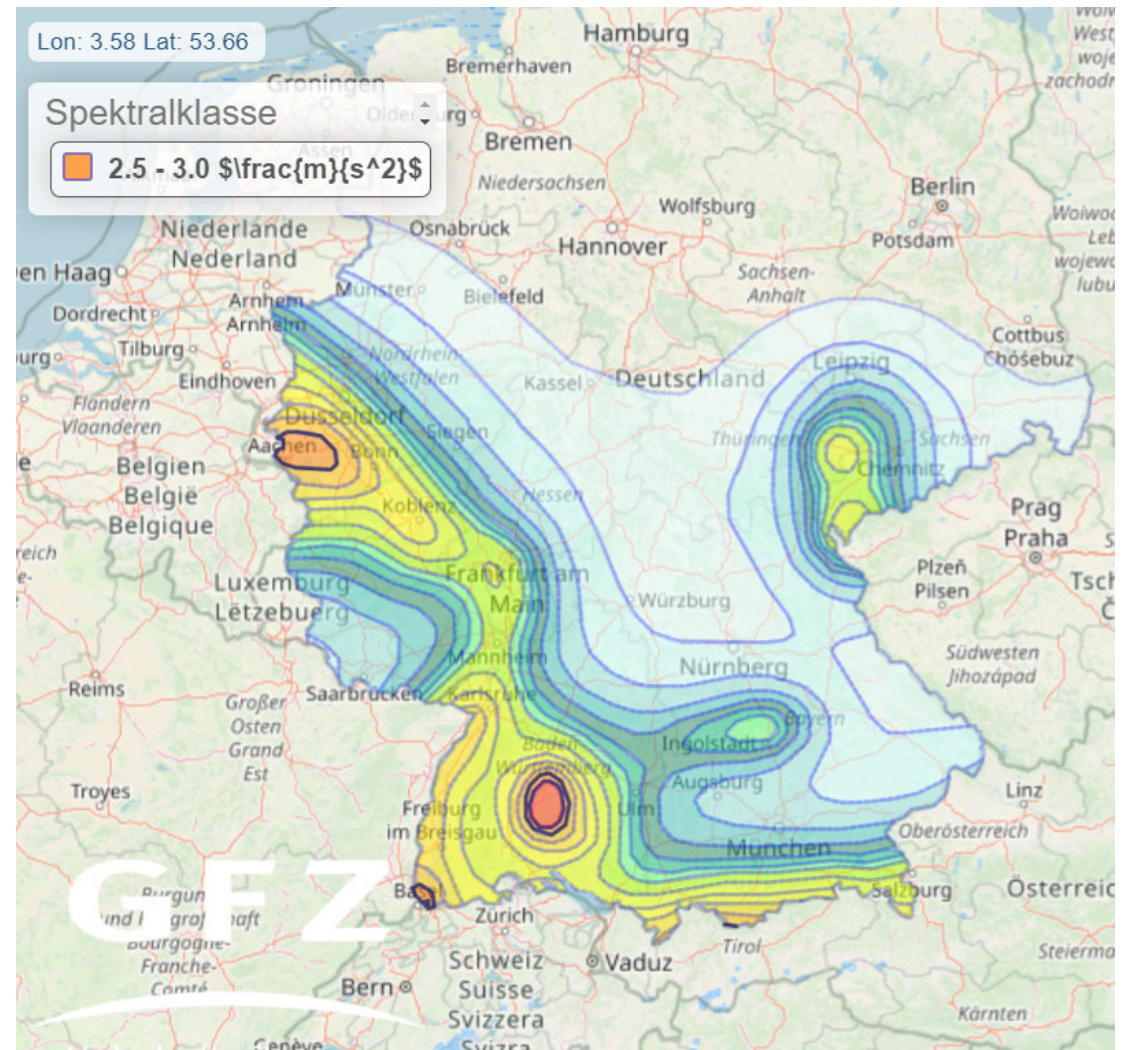
Spektralperiode **Mittelwert** ▾

Mittelwert ▾

84% Quantil
Mittelwert
Median

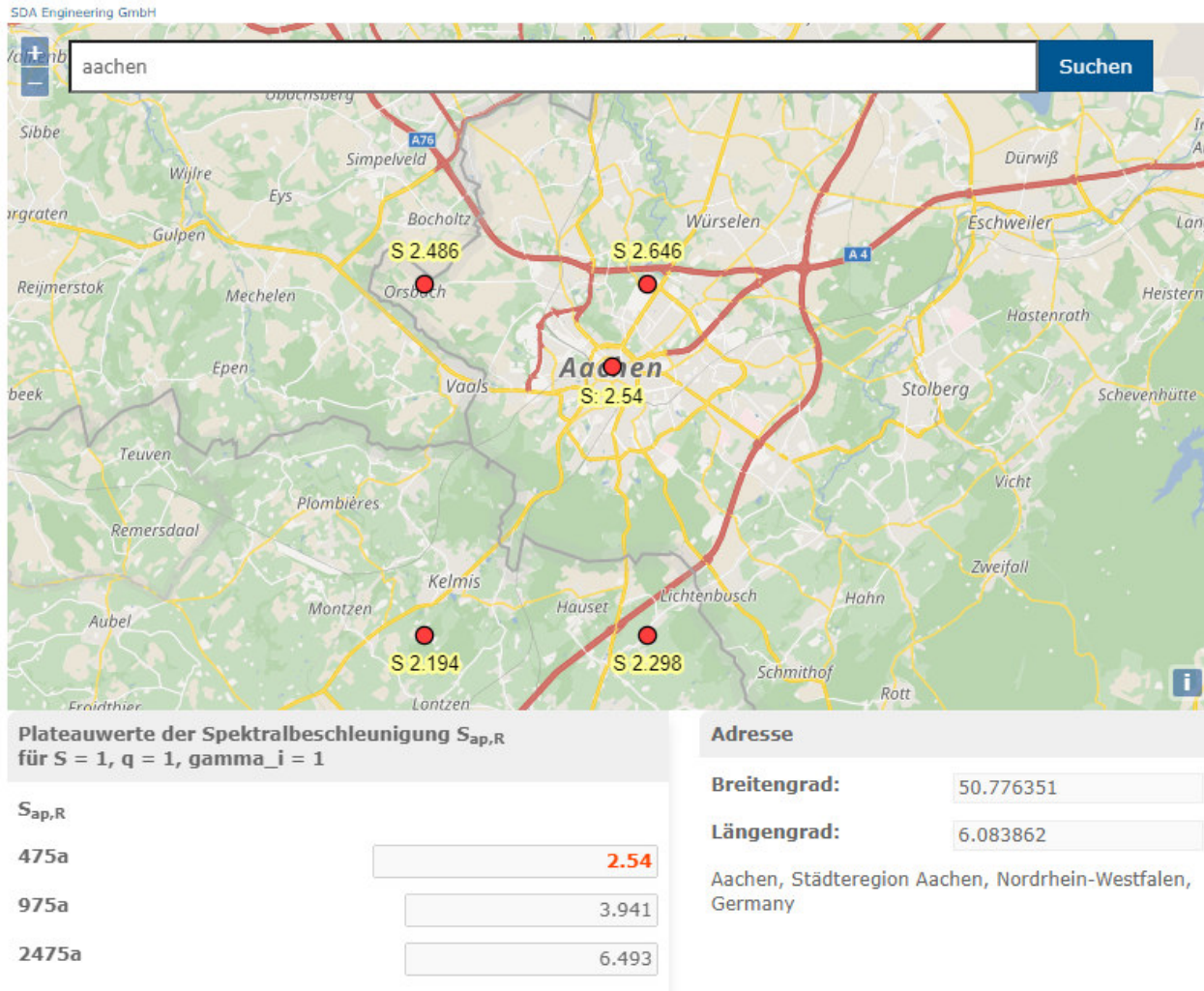
Überschreitungswkt. **10% in 50a** ▾

10% in 50a
5% in 50a
2% in 50a

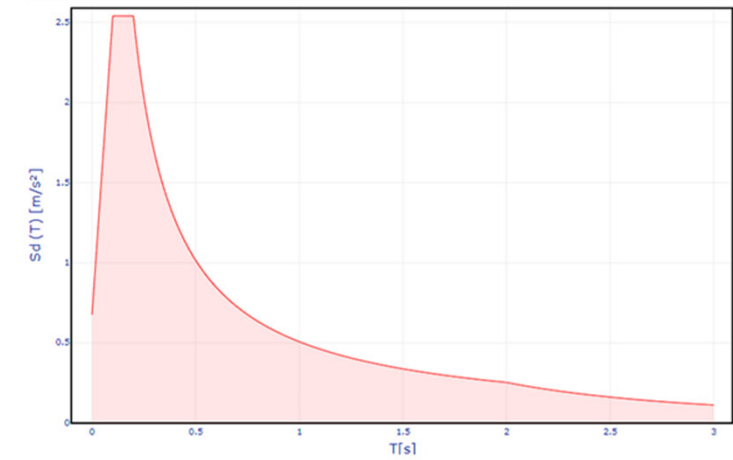


<http://www-app5.gfz-potsdam.de/d-eqhaz16/index.html>

Normative Spektren



Spektrum, Wiederkehrperiode 475a



T[s]	Sd(T) [m/s²]
0	0.677
0.003	0.732
0.006	0.786
0.009	0.841
0.012	0.896
0.015	0.95
0.018	1.005
0.021	1.059
0.023	1.114
0.026	1.168
0.029	1.223
0.032	1.278
0.035	1.332
0.038	1.387
0.041	1.441
0.044	1.496
0.047	1.55
0.05	1.605
0.053	1.66
0.056	1.714
0.059	1.769
0.062	1.823
0.064	1.878
0.067	1.932

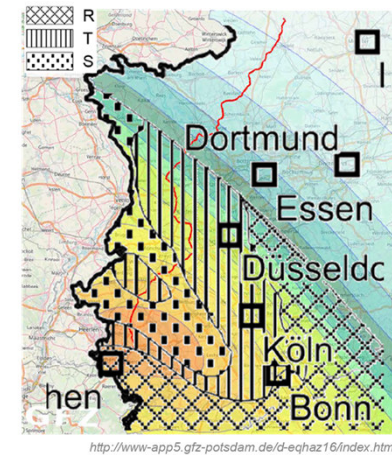
<https://www.sda-engineering.de/erdbebenkarten-deutschland/>

Geologische Untergrundklassen nach Angang NA.G



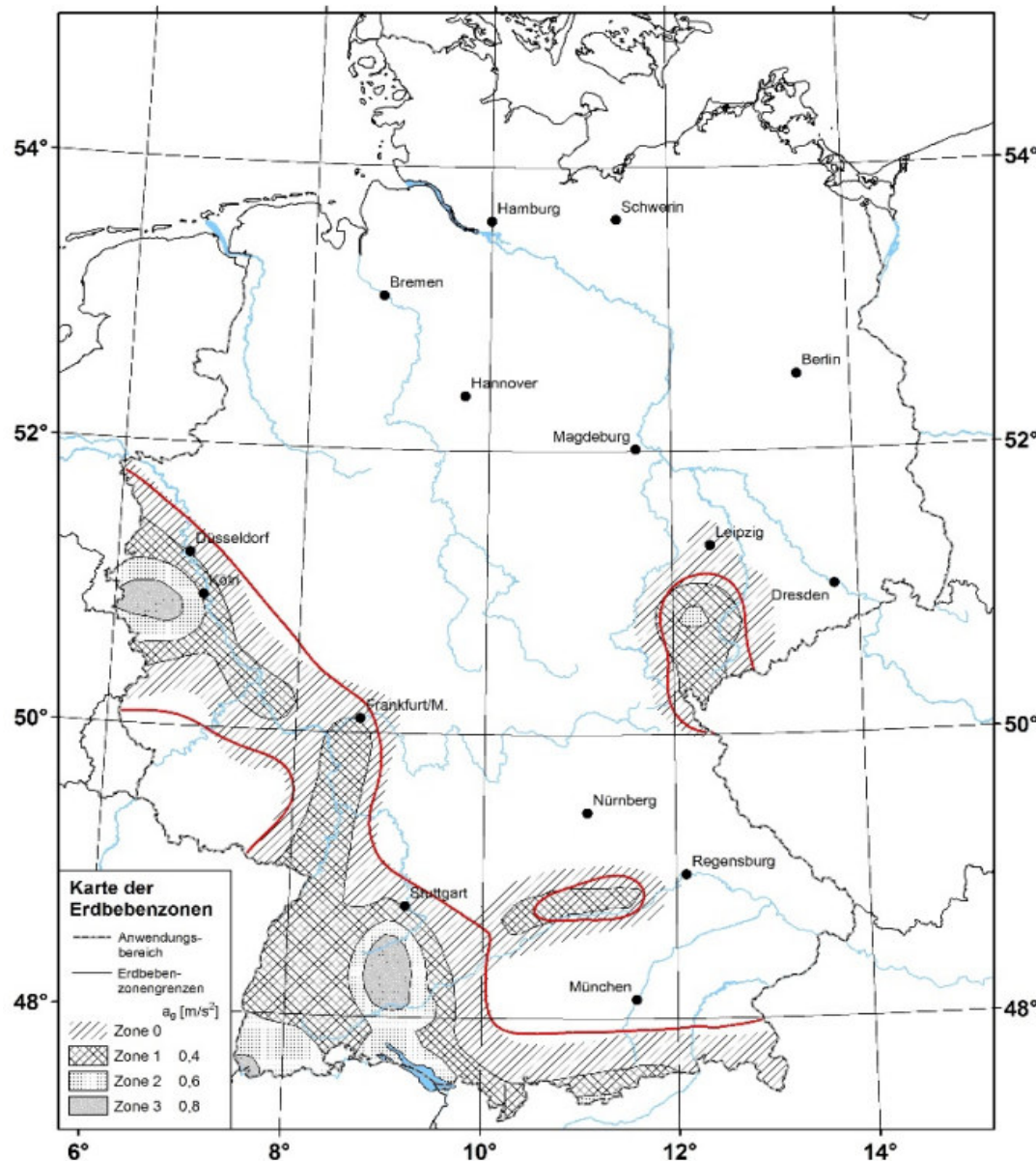
Konturlinie von $S_{aP,R} \leq 0,6 \text{ m/s}^2$

Falls keine Untergrundklasse ermittelt werden kann, ist **Untergrundklasse R** anzusetzen.



=> Neue Karte der Untergrundklassen wird unter der Federführung der BGR in Hannover in Absprache mit den geologischen Landesämtern erstellt. Diese wird die aktuelle Karte ersetzen.

Vergleich Konturlinien $S_{aP,R} \leq 0,6 \text{ m/s}^2$ und Zone 0



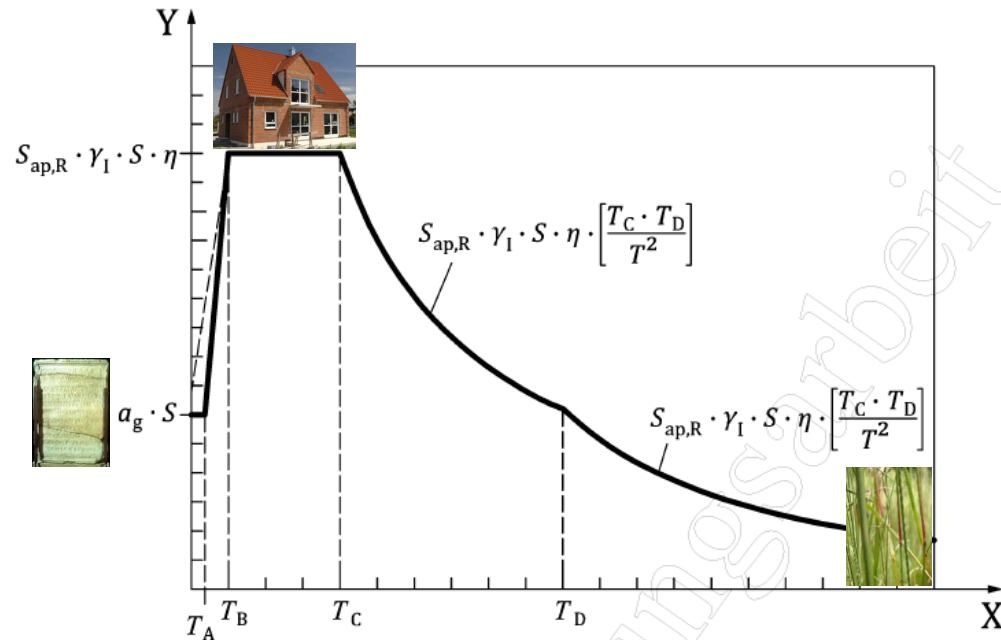
Konturlinie von $S_{aP,R} \leq 0,6 \text{ m/s}^2$ und Grenze der Zone 0 liegen eng beieinander.

Nachweisgrenze gilt im Normalfall aber

bei Konfigurationen mit ungünstigen Massenverteilungen kann der Grenzwert für sehr geringe Seismizität auch deutlich unter $0,5 \cdot a_g \cdot S$ liegen!

Hinweis: Seismische Auslegung in Zone 0 wurde bereits in DIN 4149 empfohlen!

Horizontales Bemessungsspektrum



$$T_A \leq T \leq T_B: \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D: \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \leq T: \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C T_D}{T^2}$$

$$a_{gR} = \frac{S_{ap,R}}{2,5}$$

- $S_d(T)$: Ordinate des Bemessungsspektrums;
- T : Schwingungsdauer eines linearen Einmassenschwingers;
- a_{gR} : Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung;
- γ_I : Bedeutungsbeiwert;
- q : Verhaltensbeiwert;
- S : Bodenparameter;
- T_{A-D} : Kontrollperioden des Antwortspektrums.

Kontrollperioden und Untergrundparameter

Kontrollperioden

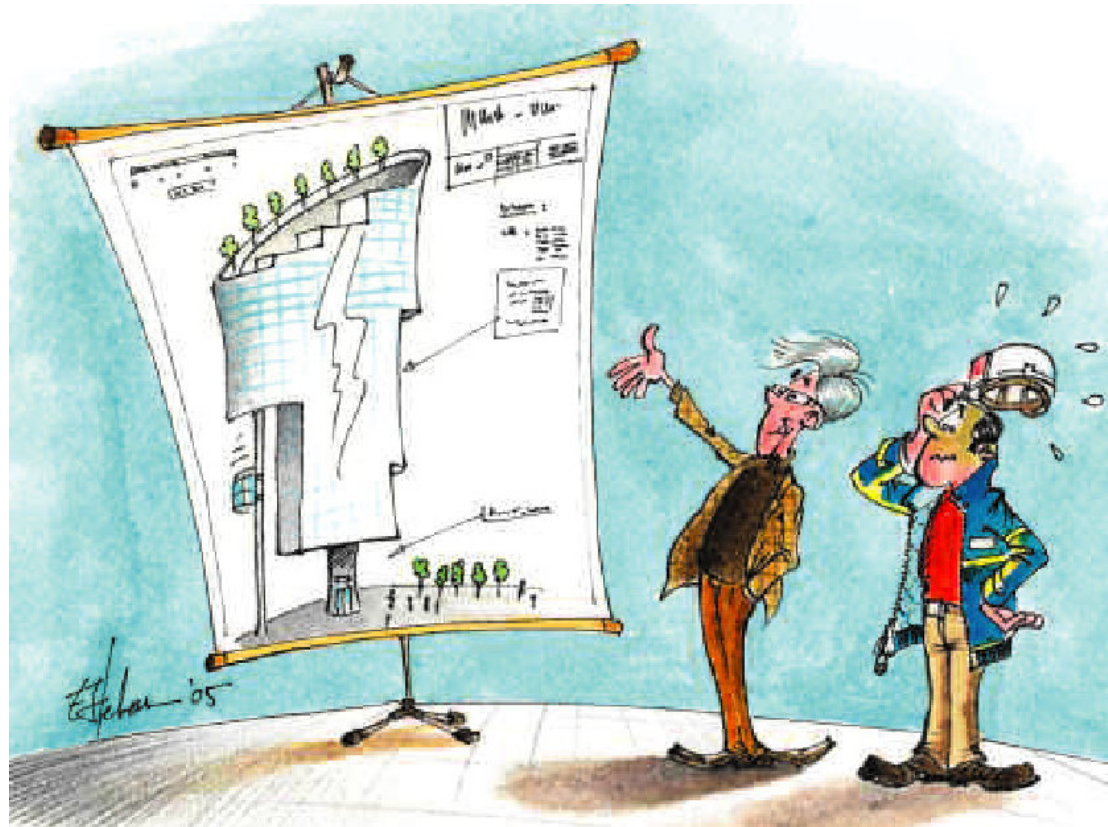
Untergrundverhältnis	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
A-R	0,10	0,20	2,00
B-R	0,10	0,25	2,00
C-R	0,10	0,30	2,00
B-T	0,10	0,25	2,00
C-T	0,10	0,4	2,00
B-S	0,10	0,4	2,00
C-S	0,10	0,5	2,00

Untergrundparameter S

$S_{aP,R}$ [m/s ²]	Untergrundverhältnisse						
	A-R	B-R	C-R	B-T	C-T	B-S	C-S
$0,6 \leq S_{aP,R} \leq 1,0$	1,00	1,25	1,50	1,05	1,45	1,30	1,30
$1,0 < S_{aP,R} \leq 2,0$	1,00	1,20	1,30	1,00	1,25	1,15	1,15
$S_{aP,R} > 2,0$	1,00	1,20	1,15	1,00	1,10	0,95	0,95

Hinweis: Für das Untergrundverhältnis B-S darf der Bodenparameter S wie bei C-S angenommen werden.

Erdbebengerechter Entwurf



Architekt und Ingenieur: «Nein, so nicht!» (Zeichnung E. Rosales)

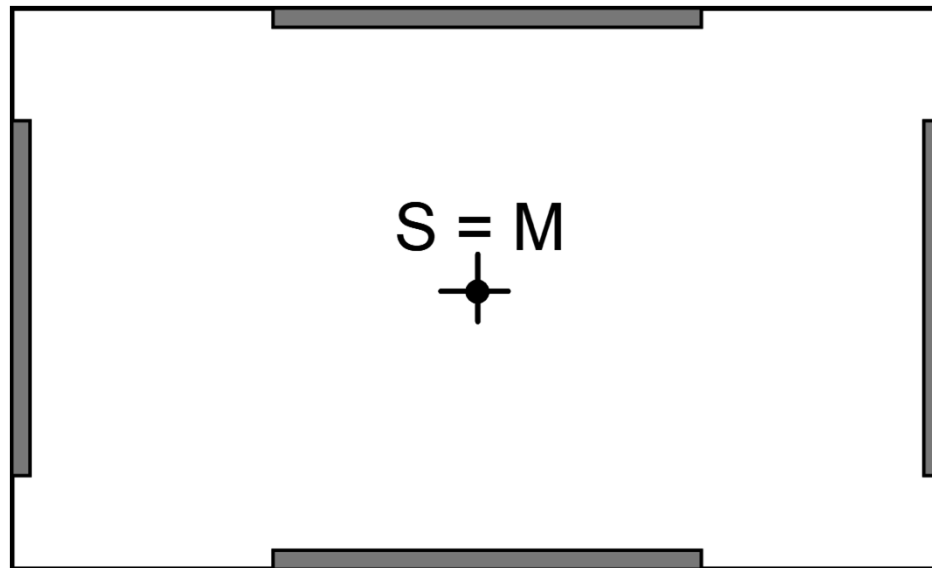
Grundlagen des erdbebensicheren Bauens

- Grundrissgestaltung
- Aufrissgestaltung
- Torsionseffekte
- Giebelwände
- Trennwände und Ausfachungen
- Vormauerschalen

 Eine **Berücksichtigung der Entwurfskriterien** bedeutet für den Tragwerksplaner einen **geringeren Rechenaufwand!**

Grundrissgestaltung - Torsionseffekte

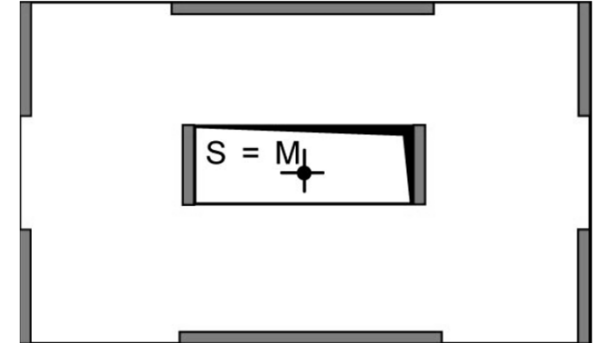
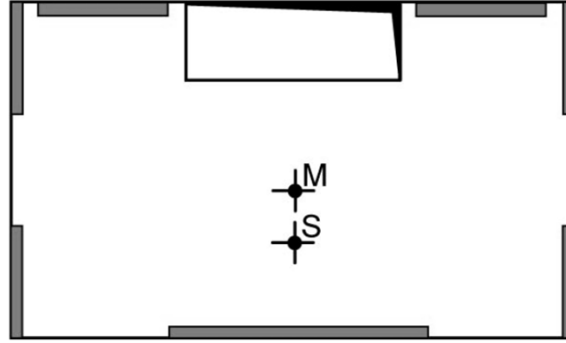
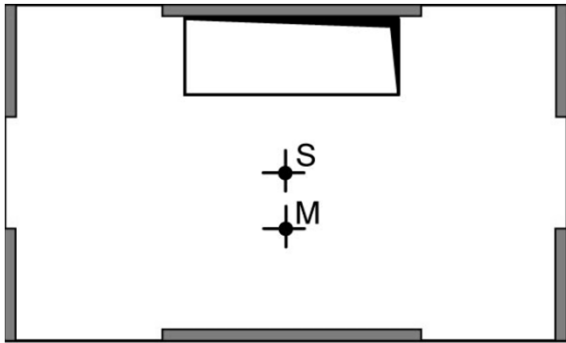
Möglichst lange Wände symmetrisch anordnen



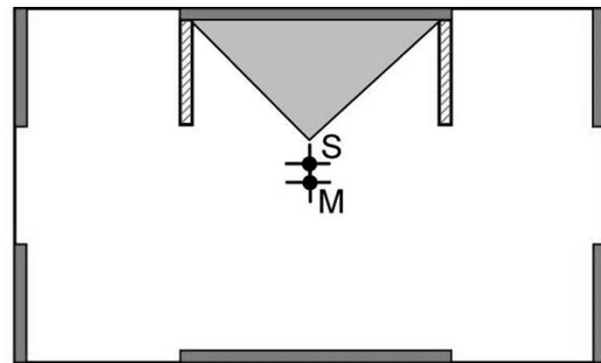
Steifigkeitsmittelpunkt = Massenschwerpunkt

Grundrissgestaltung

Aussparungen sinnvoll anordnen

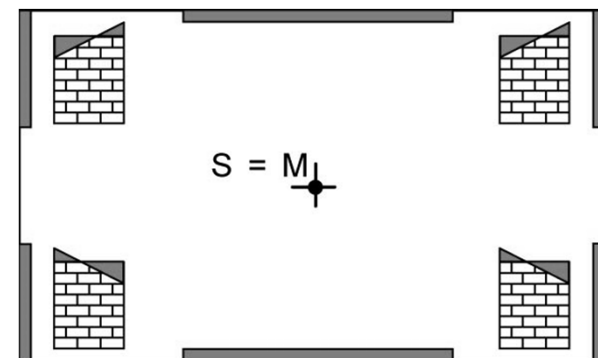


Innenwände nicht tragend ausführen



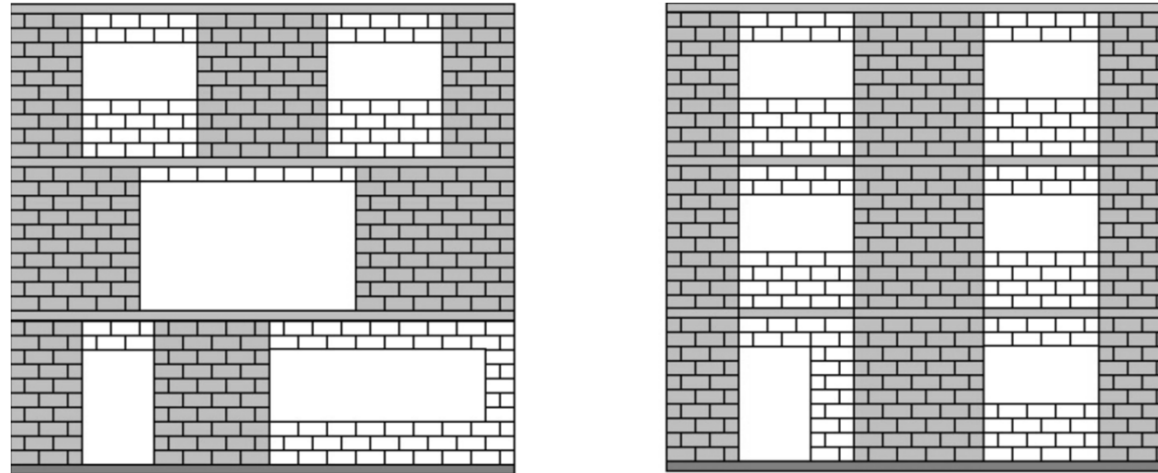
■ Lasteinzugsfläche

Exzentrische Belastungen vermeiden

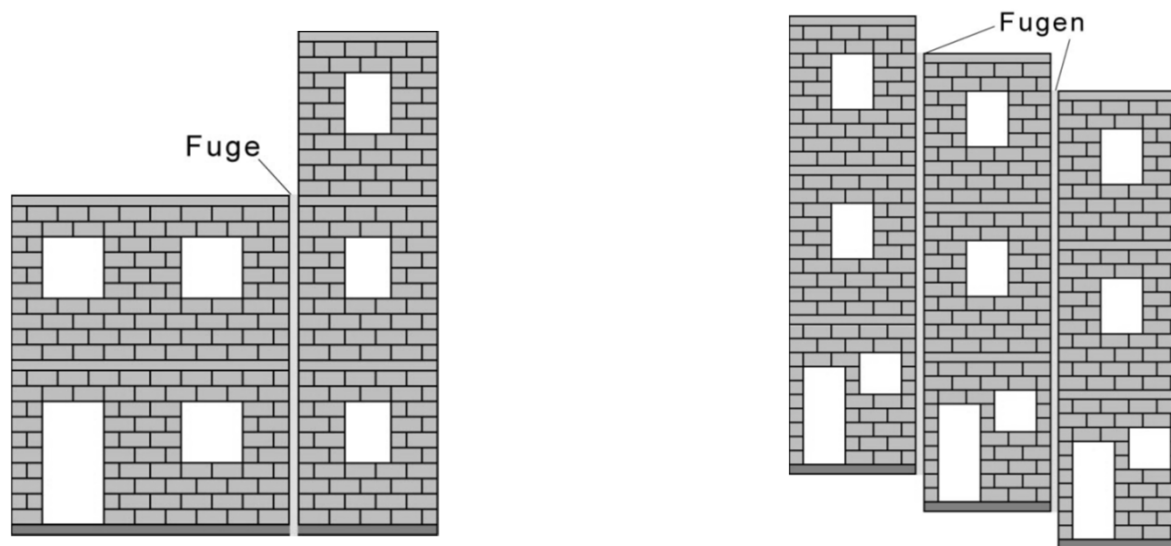


Aufrissgestaltung

Schubwände durchgehend anordnen



Fugenanordnung bei Höhenversatz und Hanglage



Wände mit geringen Auflasten

Versagen senkrecht zur Wand konstruktiv verhindern



Anordnung von
Ringankern



Querwände oder
Pfeilervorlagen
anordnen

Quelle: L'Aquila: Bericht der SGEK Erkundungskommission über Schäden in L'Aquila , 2009

Nichttragende Mauerwerksausfachungen und Trennwände

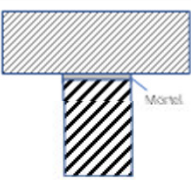

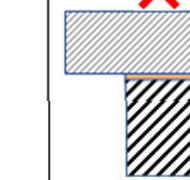
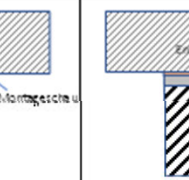
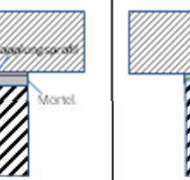







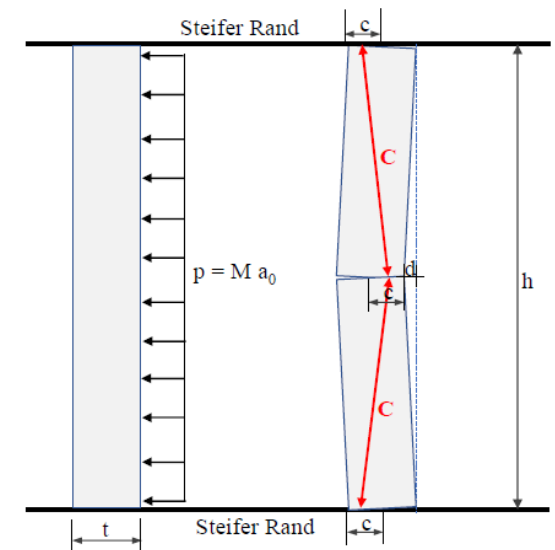
Entkopplung
oder
Verstärkung



Nichttragende Trennwände

- Deckendicke: ≥ 18 cm
- Maximale Höhe der Trennwand: 3,5 m im EG, 3,0 m weiteren Geschossen
- Vollflächiger Kontaktschluss am Wandkopf und Wandfuß mit Normalmauermörtel > Gruppe M2,5 (Bogentragwirkung)
- Vereinfachter Nachweis über Mindestwanddicke (Beispiel 2)

	Mörtel: Steifer Anschluss	Ringbalken: Steifer Anschluss	Montageschaum: Nachgiebiger Anschluss mit undefinierter Steifigkeit	Schallschutzprofil + Mörtel: Nachgiebiger Anschluss	Elastomerstreifen: Nachgiebiger Anschluss
	✓	✓	✗	✗	✗
					
					



Vormauerschalen

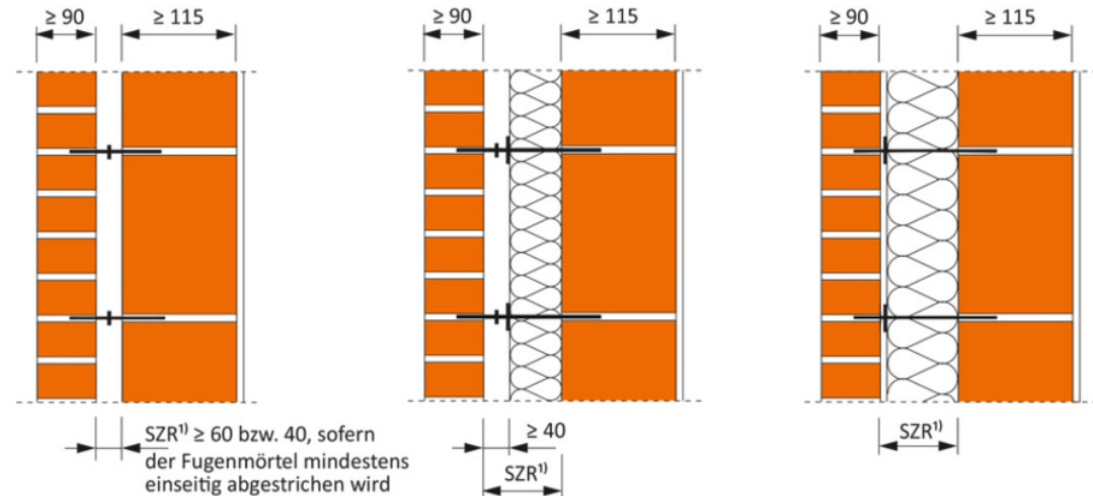


Vormauerschalen

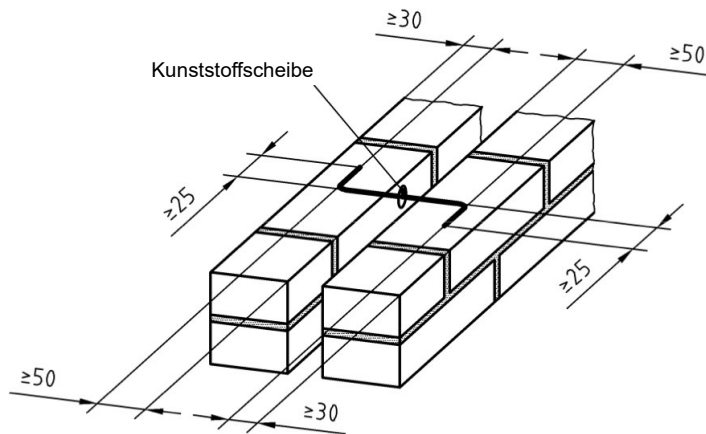
Vereinfachter Nachweis durch den Vergleich mit Windlasten (Beispiel 2)



Unterschiedliche Ankertypen



Ankergeometrie



Ankerzulassung (z.B. Bever)

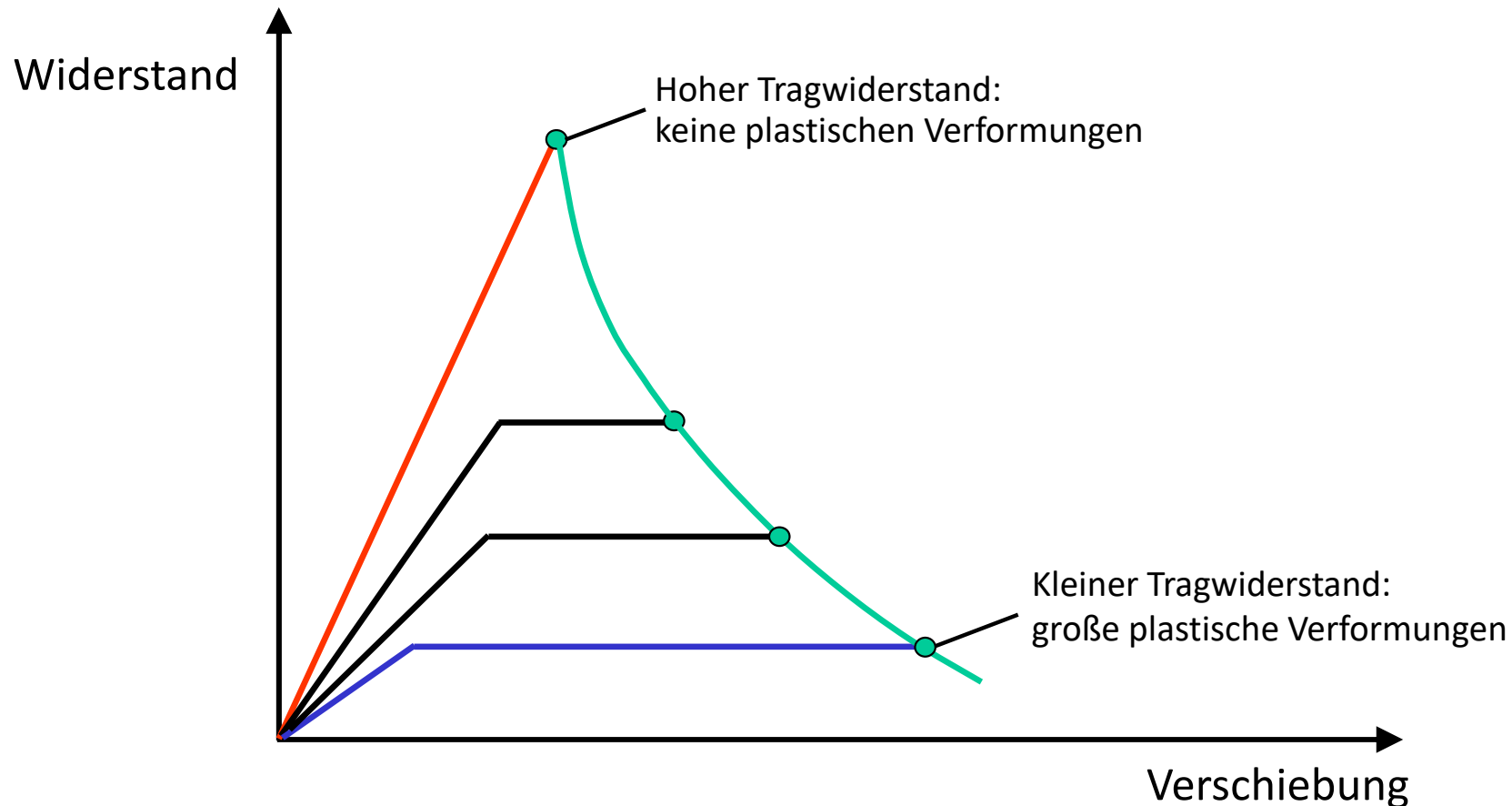
Tabelle 2: Mindestanzahl der Anker je m^2 Wandfläche (Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA)

Gebäudehöhe	Windzonen 1 bis 3 Windzone 4 Binnenland	Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	Windzone 4 Inseln der Nordsee
$h \leq 10$ m	7 ^a	8	9
10 m < $h \leq 18$ m	7 ^b	9	10
18 m < $h \leq 25$ m	8	10	--

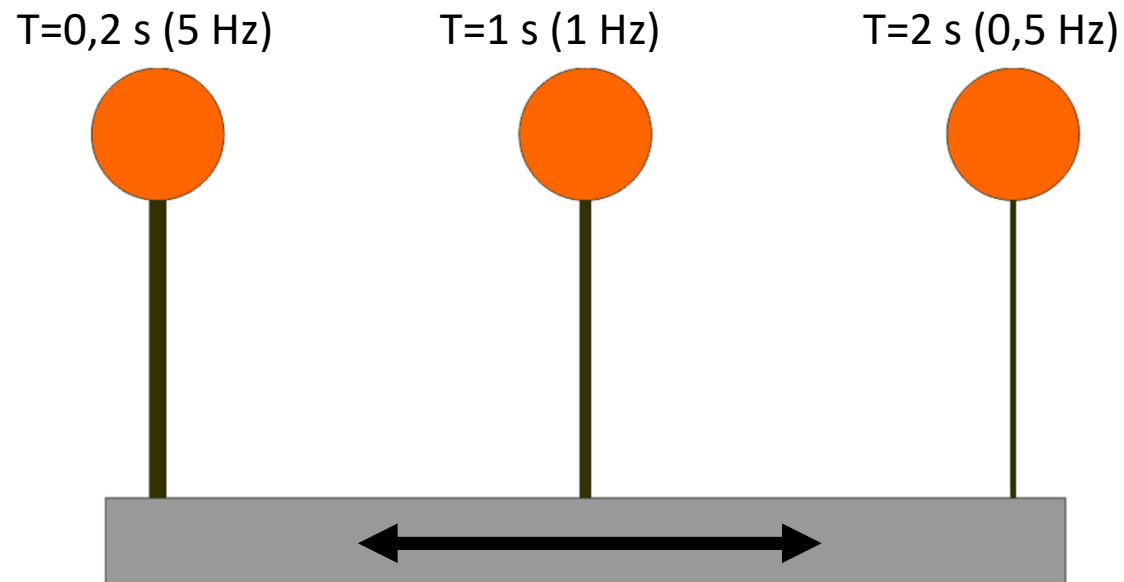
^a In Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/ m^2 .
^b In Windzone 3 Küsten und Inseln der Ostsee: 8 Anker/ m^2 .

Erdbebenauslegung

Das Verhalten von Bauwerken unter Erdbebenbelastung wird im Wesentlichen durch den **Tragwiderstand** und die **Duktilität** festgelegt!



Bauwerksfrequenz



Marmorblock



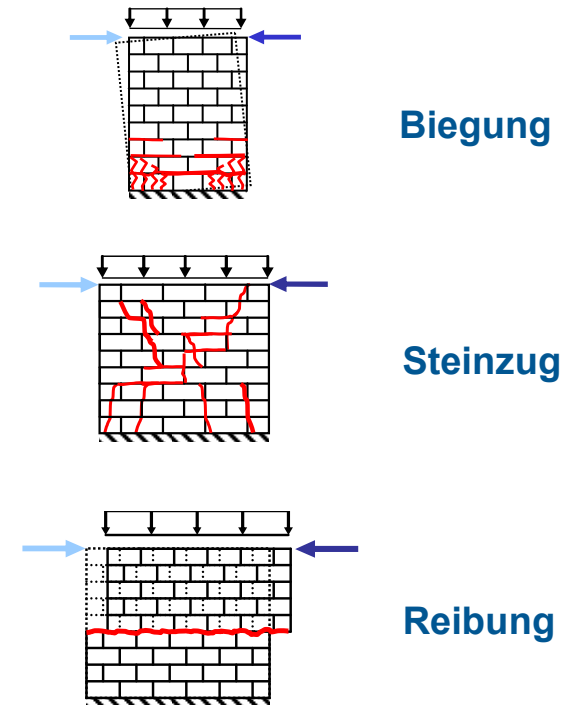
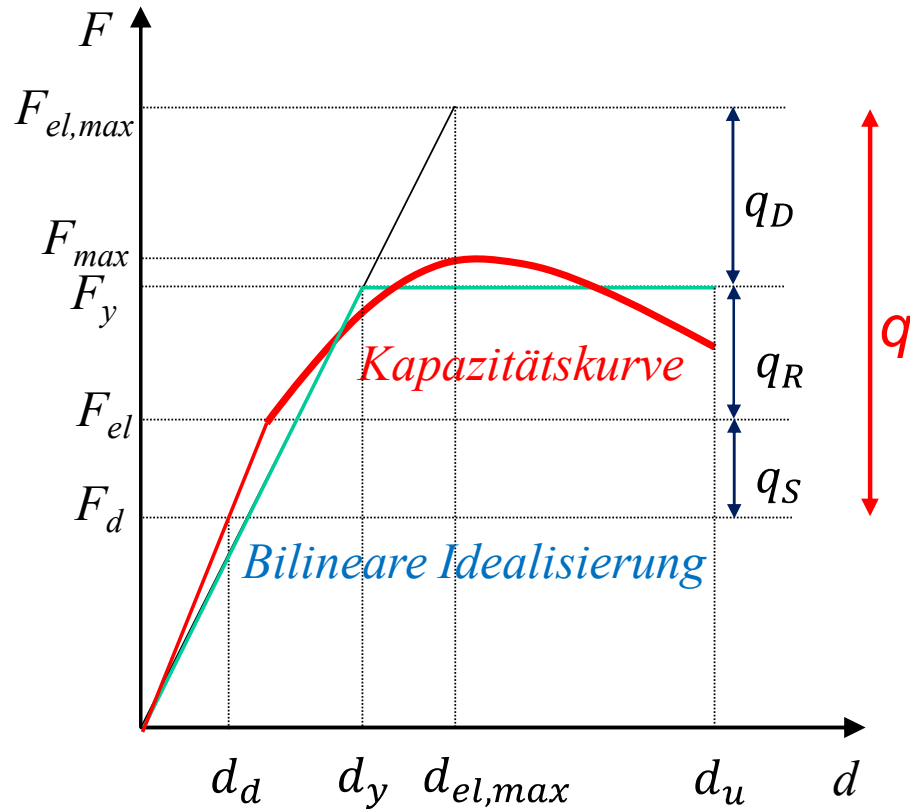
Mauerwerksbau



Grashalm



Verhaltensbeiwert q



q_R Lastumverteilung im Grundriss (α_u/α_1)

q_D Verformungsfähigkeit und Energiedissipation

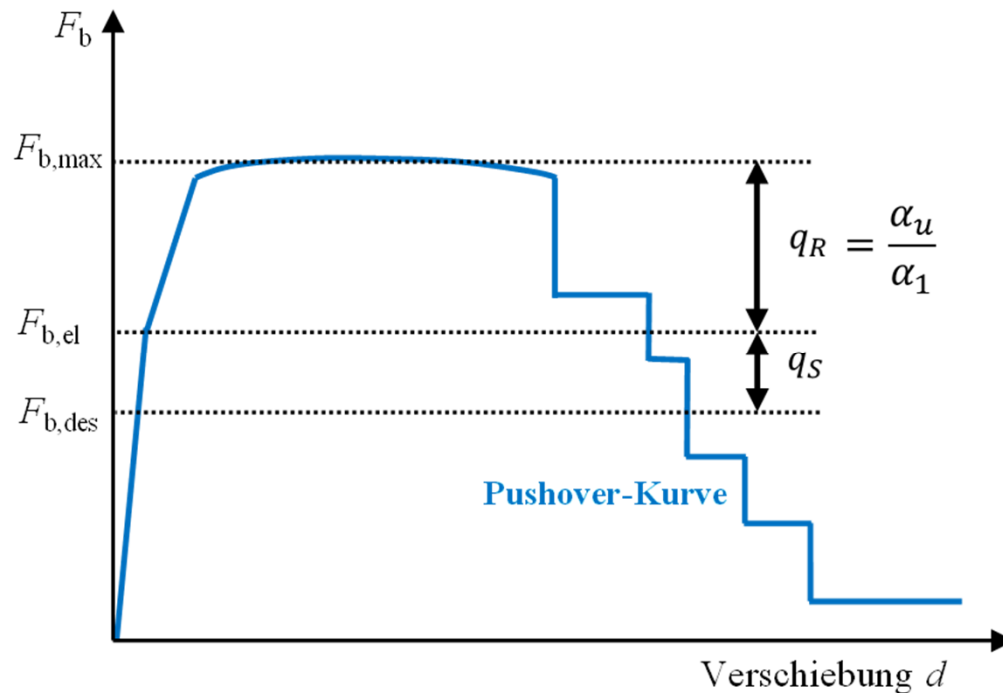
q_S Summe der Überfestigkeiten

$$q = q_R \cdot \underbrace{q_D \cdot q_S}_{q_0} = q_0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

Verhaltensbeiwert für Mauerwerksbauten

DIN EN 1998-1/NA

Mauerwerksart	Wandgeometrie	
	$h/l^a \leq 1$	$h/l^a \geq 1,6$
Unbewehrt ^{b,c,d}	$1,7 \cdot \alpha_w / \alpha_1$	$2,0 \cdot \alpha_w / \alpha_1$
Eingefasst	2,0	2,5
Bewehrt	3,0	



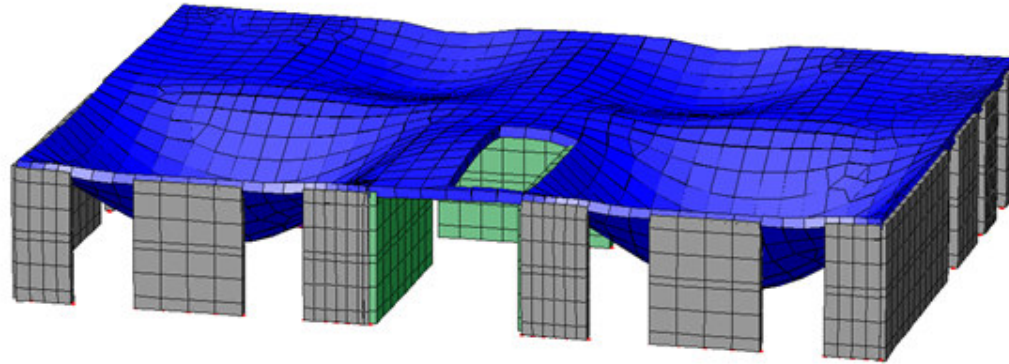
$$q_R = \frac{F_{b,max}}{F_{b,el}} = \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

$$q_S = \frac{F_{b,el}}{F_{b,des}} \approx 1,0$$

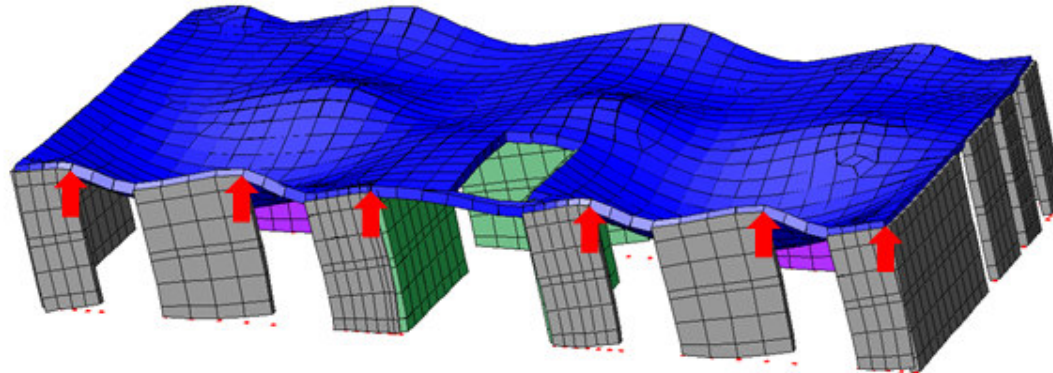
Verhaltensbeiwerte für Mauerwerksbauten mit $q > 1,5$

Bei höheren Verhaltensbeiwerten sind die Decken nachzuweisen!

Vertikallasten

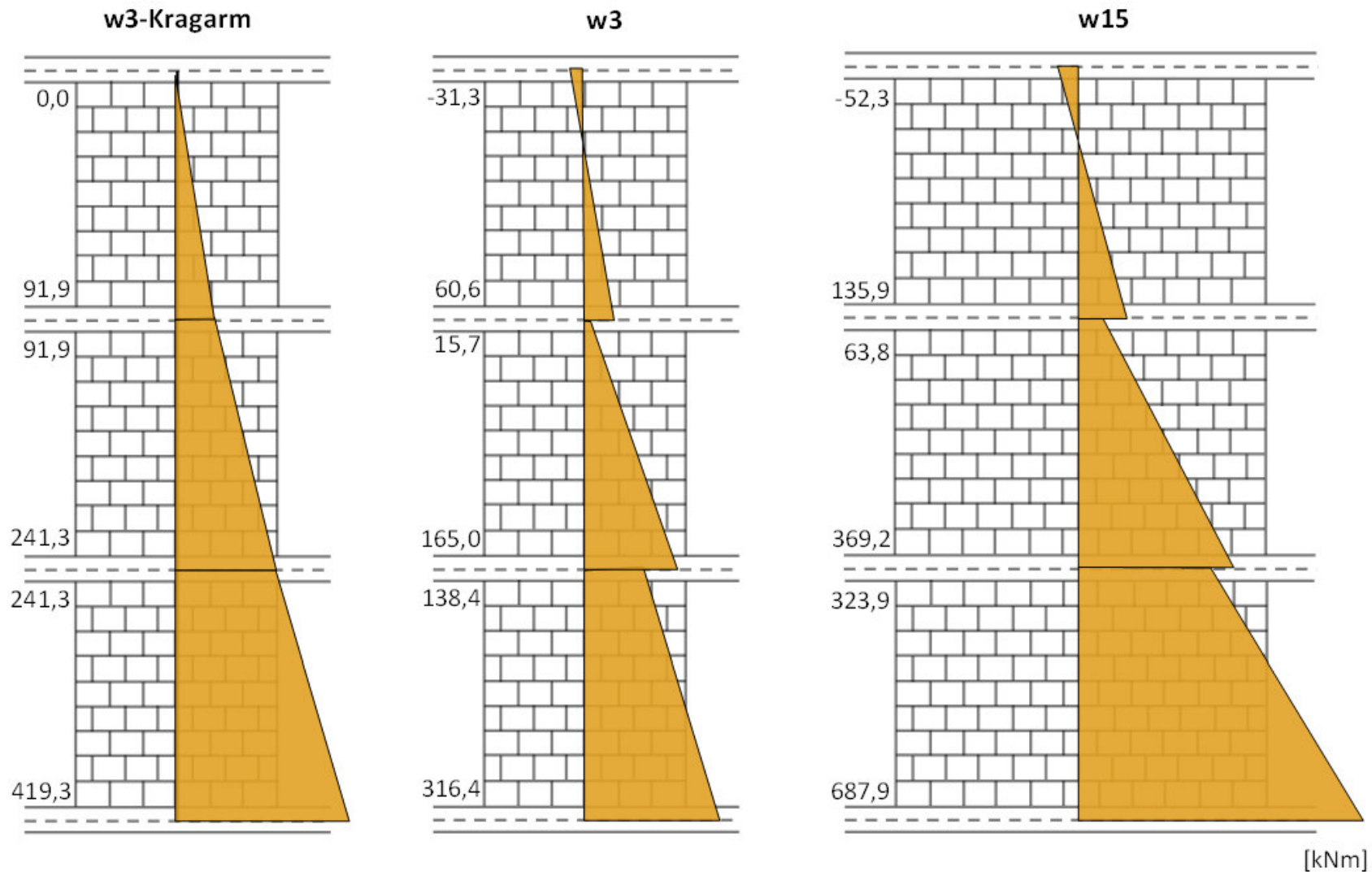


Erdbebenkombination



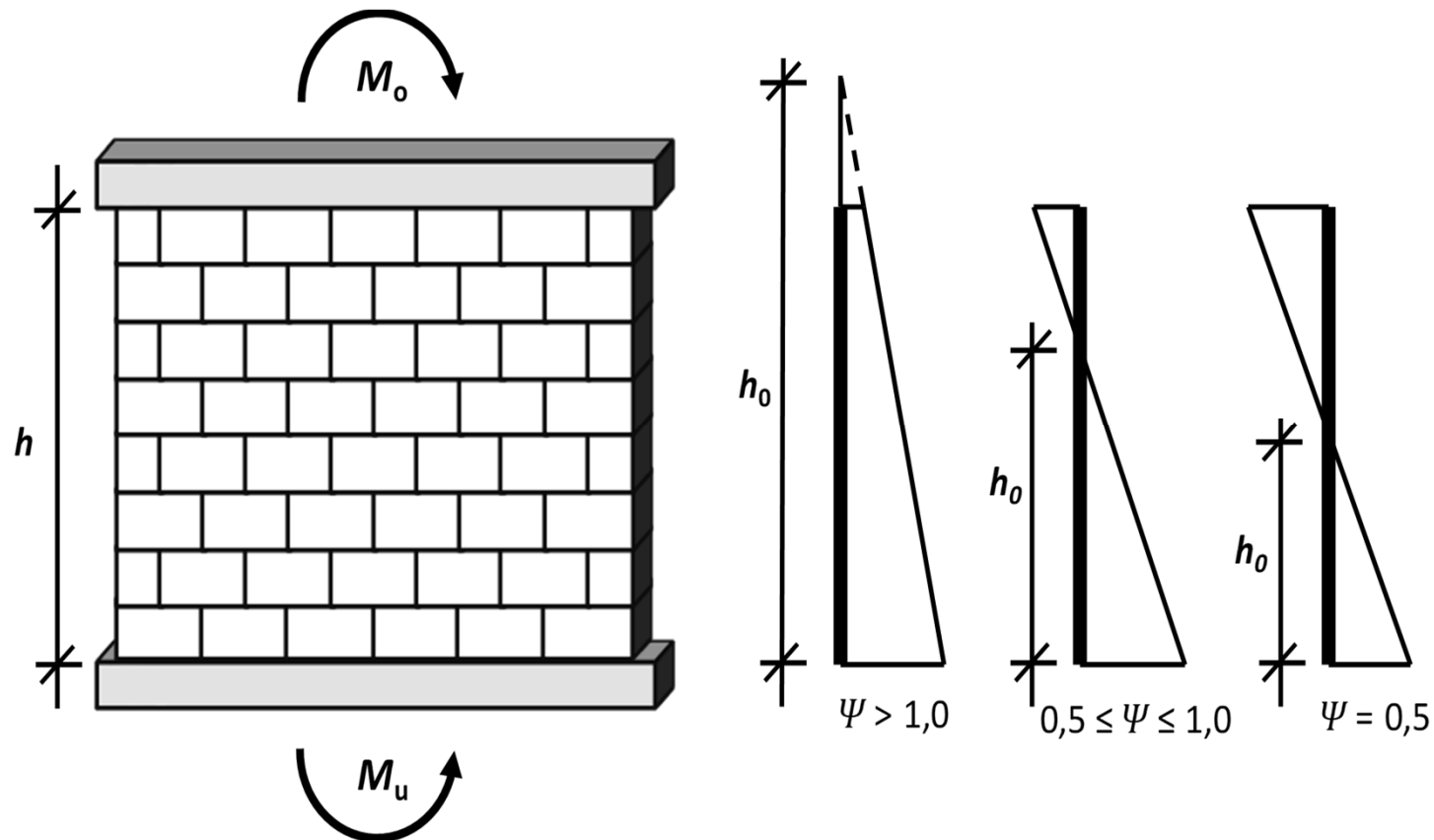
Verhaltensbeiwerte für Mauerwerksbauten mit $q > 1,5$

Differenzmomente müssen von den Decken (Riegel) aufgenommen werden.



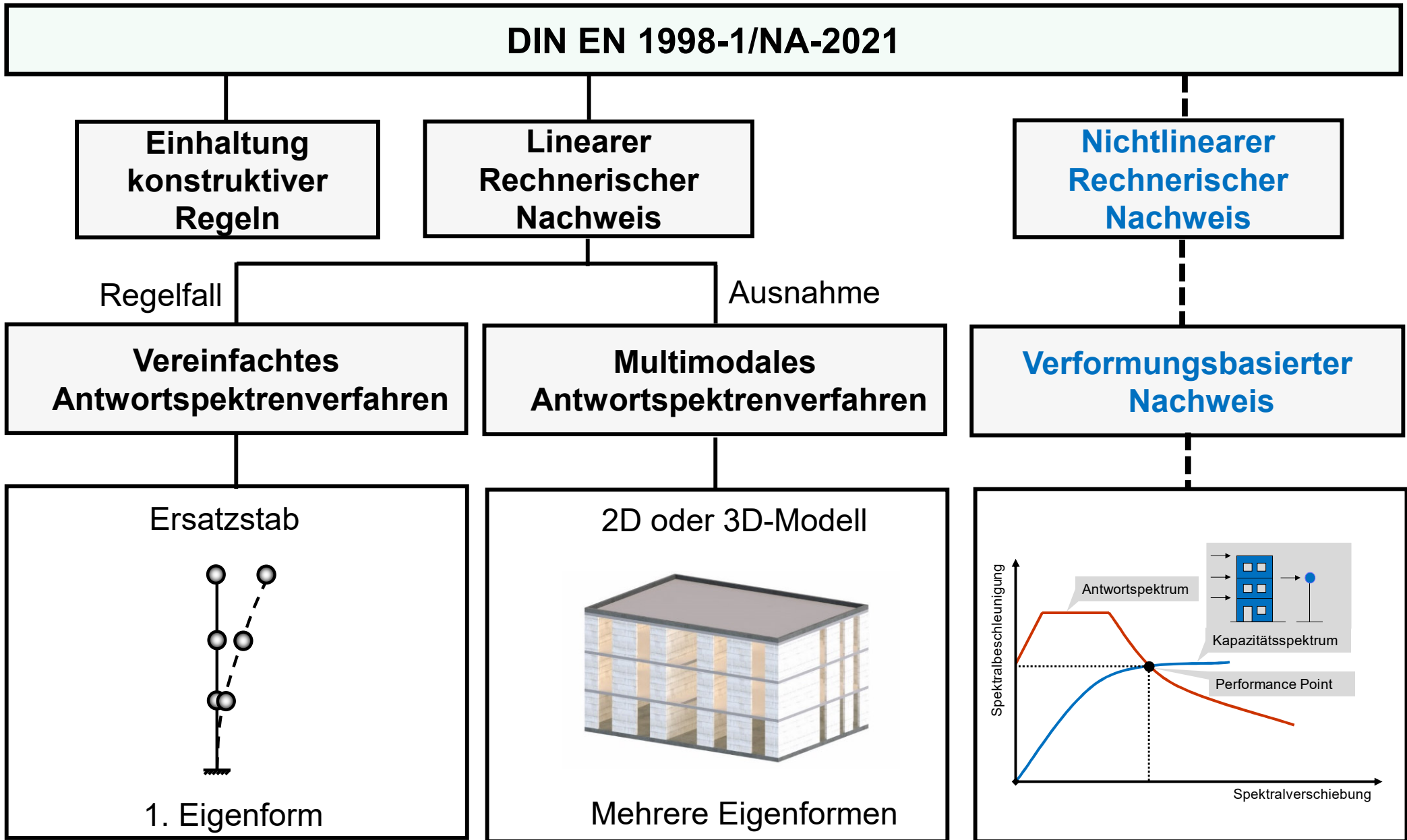
Verhaltensbeiwerte für Mauerwerksbauten mit $q > 1,5$

Beschreibung und Ansatz der Rahmenwirkung nach DIN EN 1996-1-1/NA, Anhang K

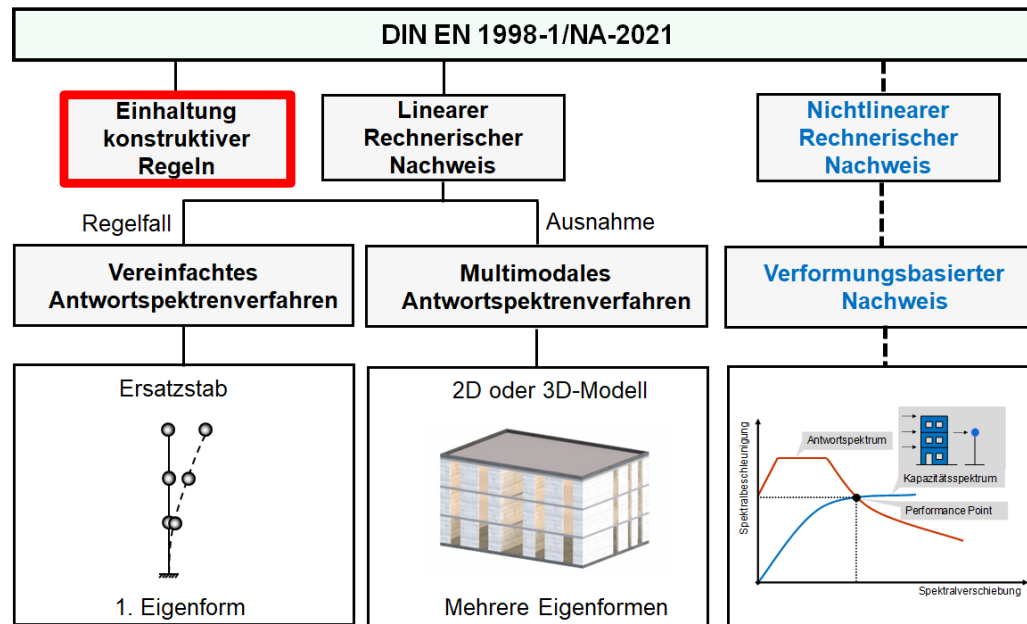


Nachweiskonzept

Nachweiskonzept



Nachweis mit konstruktiven Regeln



Einfaches Bauverfahren - einfaches Nachweiskonzept!



Besondere Anforderungen an Mauerwerksbaustoffe

Allgemeine Konstruktionsregeln

**Einhaltung konstruktiver
Regeln**

Rechnerischer Nachweis

Besondere Anforderungen an Mauersteine und Mauermörtel

Mauersteine

- Verwendet werden dürfen:

Alle Mauersteine nach DIN EN 771, Teil 1-4, wenn diese nach den Anwendungsnormen DIN V 105-6, DIN V 20000-401 bis 404 geeignet sind oder folgende Anforderungen erfüllen:

- Mauerziegel nach DIN V 105-100
- Kalksandsteine nach DIN V 106
- Betonsteine nach DIN V 18151-100, DIN V 18152-100, DIN V 18153-100
- Porenbetonsteine nach DIN V 4165-100



- Zusätzlich dürfen verwendet werden:

- Mauersteine mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

Mauermörtel

- Alle Mauermörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN V 20000-412:2004-03 oder DIN V 18580
- Alle Klassen der Stoßfugenvermörtelung
- Keine Anforderungen an Druckfestigkeit



Allgemeine Konstruktionsregeln (Abschnitt 9.5)

Mindestanforderungen an aussteifende Wände (Tabelle NA.9)

Bodenbeschleunigung m/s^2	h_{ef}/t_{ef}	t_{ef} mm	l/h^a
$a_{g,R} \cdot S \cdot \gamma_I \leq 0,6$	nach DIN EN 1996-1-1		$\geq 0,27$
$0,6 < a_{g,R} \cdot S \cdot \gamma_I \leq 0,9$	≤ 18	$\geq 150^b$	$\geq 0,27$
$0,9 < a_{g,R} \cdot S \cdot \gamma_I \leq 2,5$	≤ 15	≥ 175	$\geq 0,27$

h_{ef} Knicklänge nach DIN EN 1996-1-1
 h lichte Geschosshöhe^b
 t_{ef} Wanddicke
 l Wandlänge
 $a_{g,R}$ Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung nach Gleichung (NA.1)

^a Sofern an die Wand Öffnungen angrenzen, darf anstatt der lichten Geschosshöhe die größere lichte Höhe der angrenzenden Öffnungen nach Bild NA.3 angesetzt werden.
^b Wände der Wanddicke ≥ 115 mm dürfen zusätzlich berücksichtigt werden, wenn $h_{ef}/t_{ef} \leq 15$ ist.

Konstruktive Regeln

➤ Grundriss

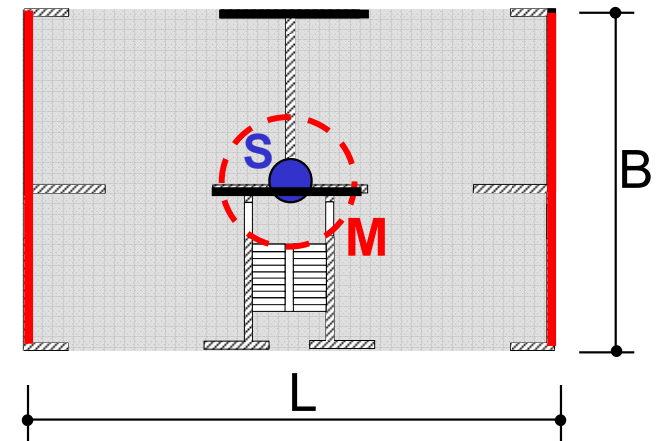
- Gebäudegrundriss annähernd rechteckig
- Mindest-Seitenverhältnis: $l_{min} = 0,25$
- Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform: $< 15\%$

➤ Übereinander liegende Geschosse

- Massenunterschied: $< 20\%$
- Wandflächenunterschied: $< 30\%$

➤ Schubwandverbindungen

- Verbindung der Schubwände beider Richtungen in einem maximalen Abstand von 7m



Schubwandtabellen: DIN EN 1998-1/NA-2021

Tabellen für S_{aPR} von $1,25 \text{ m/s}^2$ bis $3,6 \text{ m/s}^2$ mit großer Deckeneinspannung

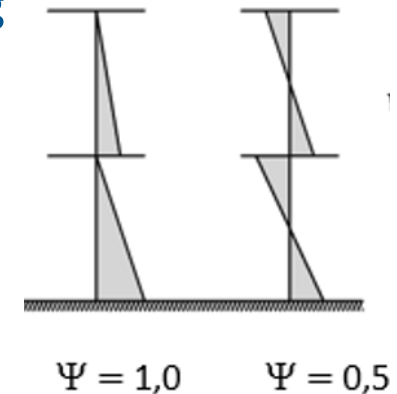
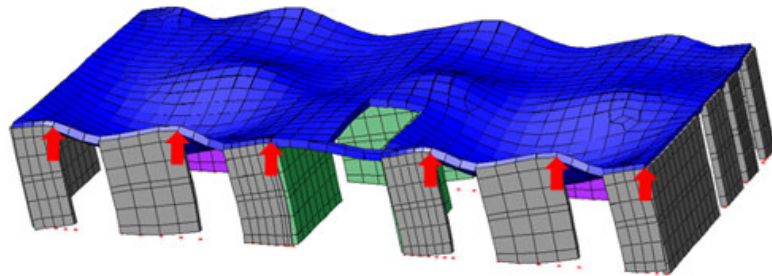


Tabelle NA.12 — Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden in Prozent bei großer Deckeneinspannung

Anzahl der Vollgeschosse	mittlere Wandlänge l_{av} m	Mindestlänge l^* m	Faktoren für Einspannmomente $\beta_{M,F}$ $\beta_{M,D1}$ m m		$\rho_{A,min} [\%]^a$ in Abhängigkeit einer Referenzbeschleunigung von																		
					$S_{aPR} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m \leq 1,25 \text{ m/s}^2$								$S_{aPR} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m = 1,70 \text{ m/s}^2$										
					SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK			
2	4	6	8	10	12	16	≥ 20	2	4	6	8	10	12	16	≥ 20								
1	1,30	$0,4 h$	0,90	0,60	2,2 ^{a,c}	2,0 ^a								3,3	2,2 ^{a,c}	2,0	2,0						
2	1,30	$0,5 h$	0,90	0,95	3,5 ^{b,c}	2,0 ^b	2,0 ^b	b	b	1,5				6,9 ^c	3,7 ^{b,c}	2,6 ^{b,c}	2,0 ^b	2,0 ^b			1,5		
3	2,20	$0,9 h$	1,75	1,00	5,8	2,6	2,0	2,0							7,0	4,3	3,0	2,4	2,0				
4	2,50	$1,2 h$	2,40	1,00		5,4	3,3	2,6	2,0	2,0						9,1	6,2	4,5	3,5	2,5	2,0		
5	2,50	$1,4 h$	2,85	1,00		11,2	6,3	4,7	3,2	2,6	2,0	2,0							10,0	6,5	4,2	3,0	

^a Die Faktoren zur Ermittlung der Einspannmomente $\beta_{M,F}$ und $\beta_{M,D1}$ gelten nur sofern $f_{k,vorh} [\text{N/mm}^2] \cdot \rho_{A,vorh} [\%] \geq 2,4$ ist, andernfalls sind die 1,25-fachen β_M -Faktoren anzuwenden.

^b Die Faktoren zur Ermittlung der Einspannmomente $\beta_{M,F}$ und $\beta_{M,D1}$ gelten nur sofern $f_{k,vorh} [\text{N/mm}^2] \cdot \rho_{A,vorh} [\%] \geq 4,2$ ist, andernfalls sind die 1,25-fachen β_M -Faktoren anzuwenden.

^c Bei den so gekennzeichneten Tabellenwerten können bei größeren Mauerwerksdruckfestigkeiten f_k geringere Mindestquerschnittsflächen $\rho_{A,min}$ nach Tabelle NA.16 angesetzt werden. Hierbei darf zwischen den Mauerwerksdruckfestigkeiten linear interpoliert werden.

Schubwandtabellen: DIN EN 1998-1/NA-2021

Tabellen für S_{aPR} von $1,25 \text{ m/s}^2$ bis $3,6 \text{ m/s}^2$ mit geringer Deckeneinspannung

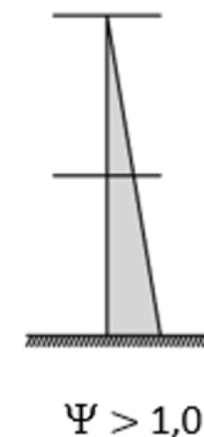
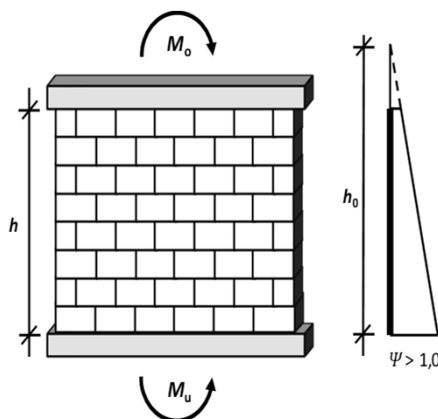


Tabelle NA.18 — Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden in Prozent bei geringer Deckeneinspannung

Anzahl der Vollgeschosse	mittlere Wandlänge l_{av} m	Mindestlänge l^* m	Faktoren für Einspannmomente $\beta_{M,F}$ $\beta_{M,D1}$ m m		$\rho_{A,min} [\%]^a$ in Abhängigkeit einer Referenzbeschleunigung von														
					$S_{aPR} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m = 2,10 \text{ m/s}^2$								$S_{aPR} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m = 2,60 \text{ m/s}^2$						
					SFK 2	SFK 4	SFK 6	SFK 8	SFK 10	SFK 12	SFK 16	SFK ≥ 20	SFK 4	SFK 6	SFK 8	SFK 10	SFK 12	SFK 16	SFK ≥ 20
1	2,00	$0,6 h$	1,60	0,30	8,3	4,0	2,6	2,0	2,0	1,5			6,3	4,0	2,9	2,3	2,0	2,0	1,5
2	2,00	$1,0 h$	2,00	0,50		10,3	7,3	5,9	4,5	3,3	2,7	2,3							
3	2,80	$1,4 h$	2,80	0,55			12,0	9,6	6,7	4,7	3,7	2,8							
4	3,20	$1,9 h$	3,75	0,55															
5	3,20	$2,3 h$	4,50	0,55															

^a Die Faktoren zur Ermittlung der Einspannmomente $\beta_{M,F}$ und $\beta_{M,D1}$ gelten nur sofern $f_{k,vorh} [N/mm^2] \cdot \rho_{A,vorh} [\%] \geq 2,4$ ist, andernfalls sind die 1,25-fachen β_M -Faktoren anzuwenden.

Regeln für Anwendung der Schubwandtabellen

Konstruktionsregeln

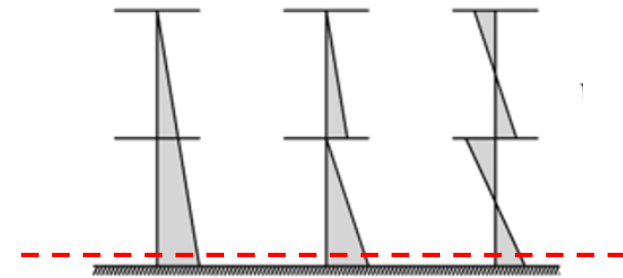
- Lichte Geschosshöhe $h \leq 2,90$ m.
- Nachweis der Einspannmomente für die Gründung und jede Geschossdecke.
- Mindestdeckenstärke: 20 cm.
- Mittlere Wandlänge in jeder Gebäuderichtung muss $\geq l_{av}$ sein.
- Verträglichkeitsbedingung: Es dürfen nur Wände berücksichtigt werden, deren Länge mindestens 40% der längsten Wand betragen oder deren Länge im Erdgeschoss mindestens l^* beträgt.
- Mindestanforderung für l/h nach Tabelle NA.9 muss erfüllt sein.
- Für Kontrollperioden $T_c > 0,3$ s müssen bei ein- und zweigeschossigen Gebäuden die Eingangswerte der Beschleunigungen um 20 % erhöht werden. Bei Reihenhäusern mit zwei über die gesamte Länge gehenden parallelen Aussteifungswänden in einer Richtung ist diese Erhöhung nicht erforderlich

Gesamteinspannmoment

Das von der Gründung bzw. der Deckenkonstruktion über 1. Vollgeschoss (Erdgeschoss) aufzunehmende Gesamteinspannmoment aus den Wänden M darf mit den Faktoren $\beta_{M,F}$ und $\beta_{M,D1}$ bestimmt werden. Hierbei ist die komplette Gebäudemasse m anzusetzen. Das Gesamtmoment ist über die Wandsteifigkeiten auf die einzelnen Wände zu verteilen.

$$M = \beta_{M,F} \cdot S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot m$$

$$M = \beta_{M,D1} \cdot S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot m$$



M Gesamteinspannmoment aus den Wänden in kNm

$\beta_{M,F}$ bzw. $\beta_{M,D1}$ Faktoren für Einspannmomente in m

$S_{aP,R}$ in m/s^2

m Gebäudemasse in t

Deckeneinspannmomente

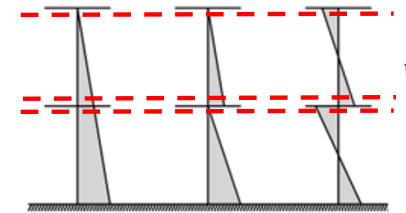
Für die Bemessung der Deckenkonstruktionen über den weiteren Geschossen darf der Faktor $\beta_{M,D1}$ angepasst werden. Hierbei entspricht n der Anzahl der vorhandenen Vollgeschosse und i der Deckenkonstruktion über dem betrachteten Geschoss, wobei $i = 1$ das EG ist.

Große Deckeneinspannung

$$\beta_{M,Di} = \begin{cases} [0,70 + (n - 3) \cdot 0,05 - (i - 2)^{2/3} \cdot 0,20] \cdot \beta_{M,D1} & \text{für } 1 < i < n \\ 0,40 \cdot \beta_{M,D1} & \text{für } i = n = 2 \\ 0,50 \cdot \beta_{M,Di=n-1} & \text{für } i = n > 2 \end{cases}$$

Geringe Deckeneinspannung

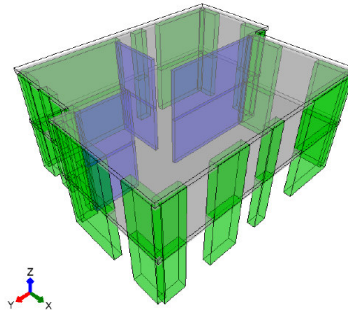
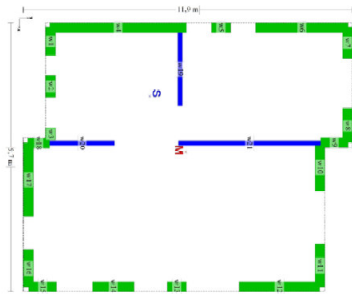
$$\beta_{M,Di} = \begin{cases} [0,55 + (n - 3) \cdot 0,05 - (i - 2)^{2/3} \cdot 0,25] \cdot \beta_{M,D1} & \text{für } 1 < i < n \\ 0,40 \cdot \beta_{M,Di=n-1} & \text{für } i = n = 2 \vee 3 \\ 0,65 \cdot \beta_{M,Di=n-1} & \text{für } i = n > 3 \end{cases}$$



Bessere Nachweisergebnisse im Vergleich zur alten Norm, aber eine händische Anwendung der Schubwandtabellen ist in der Praxis zu aufwändig.

Softwareunterstützter Nachweis mit MINEA

Eingaben: Geometrie, Material, Einwirkung ...



Bauliche Vorgaben

Eingabe	Wert
Wie ist die Deckeneinspannung?	Große Deckeneinspannung
Ist das Haus ein Reihenhaus?	Reihenhaus

Bedingungen mit Hilfe

Bedingung	Erfüllt	Hinweis
Ist die effektive Dicke von allen Schubwänden größer als der Mindestwert $t_{ef,min} = 150$ mm bzw. $t_{ef,min} = 115$ mm, wenn $h_{ef} / t_{ef} \leq 15$ ist?	<input checked="" type="checkbox"/>	Hinweis
Ist das Verhältnis der effektiven Knicklänge aller Wände zu ihrer effektiven Dicke kleiner als der Höchstwert von 18?	<input checked="" type="checkbox"/>	Hinweis

Bedingungen

Bedingung	Erfüllt
Zulässige Mauersteinarten nach DIN EN 1998-1/NA:2020-02 NDP zu 9.2.1(1)?	<input type="checkbox"/>
Zulässiger Mauermörtel nach DIN EN 1998-1/NA:2020-02 NDP zu 9.2.3(1)?	<input type="checkbox"/>
Sind die Decken und Wände in zwei orthogonal horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden?	<input type="checkbox"/>
Erfolgt die Verbindung zwischen Decken und Wänden durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken mit einer Mindestlängsbewehrung von 200 mm ² ?	<input type="checkbox"/>
Sind Schubwände in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen?	<input type="checkbox"/>
Ist der Grundriss annähernd rechteckig?	<input type="checkbox"/>
Ist die Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform in Prozent der gesamten Gebäudegrundrissfläche kleiner als 15%?	<input type="checkbox"/>
Ist das Gebäude durch Schubwände ausgesteift, die im Grundriss nahezu symmetrisch in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sind?	<input type="checkbox"/>

Prüffähiger Nachweis

Vereinfachter Nachweis nach DIN EN 1998-1:2010-12, Abschnitt 9.7 in Verbindung mit E DIN EN 1998-1/NA:2020-05

Bauliche Vorgaben

Deckeneinspannung des Hauses: Große Deckeneinspannung
 Art des Hauses: Reihenhaus

Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05, NDP und NC1 zu 9.7.2(1) sowie Tabelle NA.12 bis Tabelle NA.25

X-Richtung		Y-Richtung	
Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert
Vorhandene Wandmassenverhältnis $\alpha_{w,v}$ [-]	2,60	Vorhandene Wandmassenverhältnis $\alpha_{w,v}$ [-]	0,38
Erhöhungsbewertung α [-]	1,19	Erhöhungsbewertung α [-]	1,00
Referenzbeschleunigung $S_{R,R}^* \cdot S^* \cdot \gamma^* \cdot \alpha$ [m/s ²]	2,28	Referenzbeschleunigung $S_{R,R}^* \cdot S^* \cdot \gamma^* \cdot \alpha$ [m/s ²]	1,92
Erf. mittlere Wandlänge l_w [m]	1,30	Erf. mittlere Wandlänge l_w [m]	1,30
Erf. Mindestlänge l^* [m]	1,25	Erf. Mindestlänge l^* [m]	1,25
Faktor für Einspannmoment $B_{w,v}$ [m]	0,90	Faktor für Einspannmoment $B_{w,v}$ [m]	0,90
Faktor für Einspannmoment $B_{w,v}$ [m]	0,95	Faktor für Einspannmoment $B_{w,v}$ [m]	0,95

Für den vereinfachten Nachweis wird vorausgesetzt, dass die maßgebenden Gebäuderichtungen der x- und y-Richtung des Zeichenfeldes entsprechen. Gehört das Gebäude der Bedeutungskategorie I oder II an und sind die Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.2, 9.5 und 9.7.2 eingehalten, so kann das Gebäude als „einfacher Mauerwerksbau“ angestuft werden und auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Im Einzelnen sind dies folgende Kriterien:

Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.2

NDP zu 1 (1)	Mauersteine, die für die Verwendung für Mauerwerk nach DIN EN 1998-1/NA zulässig sind.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 3 (1)	Mauermörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412:2004-03 oder nach DIN 18950.	<input checked="" type="checkbox"/>

Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.5

1 (1)	Hochbauten aus Mauerwerk müssen aus Decken und Wänden bestehen, die in zwei orthogonalen horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden sind.	<input checked="" type="checkbox"/>
1 (2), 2 (2)	Die Verbindung zwischen Decken und Wänden muss durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken mit einer Mindestlängsbewehrung von 200 mm ² erfolgen.	<input checked="" type="checkbox"/>
1 (3)	Jeder Deckentyp darf verwendet werden, vorausgesetzt, die allgemeinen Kontinuitätsanforderungen und eine wirksame Scheibenwirkung sind sichergestellt.	<input checked="" type="checkbox"/>
1 (4)	Schubwände müssen in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen sein.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 1 (5)	Die effektive Dicke von Schubwänden t_{ef} darf nicht geringer als ein Mindestwert $t_{ef,min} = 150$ mm bzw. $t_{ef,min} = 115$ mm, wenn $h_{ef} / t_{ef} \leq 15$ ist, nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05 Tabelle NA.10 sein.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 1 (5)	Für alle Wände erfüllt. Das Verhältnis der effektiven Knicklänge aller Wände zu ihrer effektiven Dicke darf einen Höchstwert von 18 nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05 Tabelle NA.10 nicht überschreiten.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 1 (5)	Für alle Wände erfüllt. Das Verhältnis der Wandlängen zur größten lichten Höhe h von an dieser Wand angrenzenden Öffnungen darf nicht geringer sein als der Mindestwert 0,27 nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05 Tabelle NA.10.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 1 (5)	Für alle Wände erfüllt.	<input checked="" type="checkbox"/>

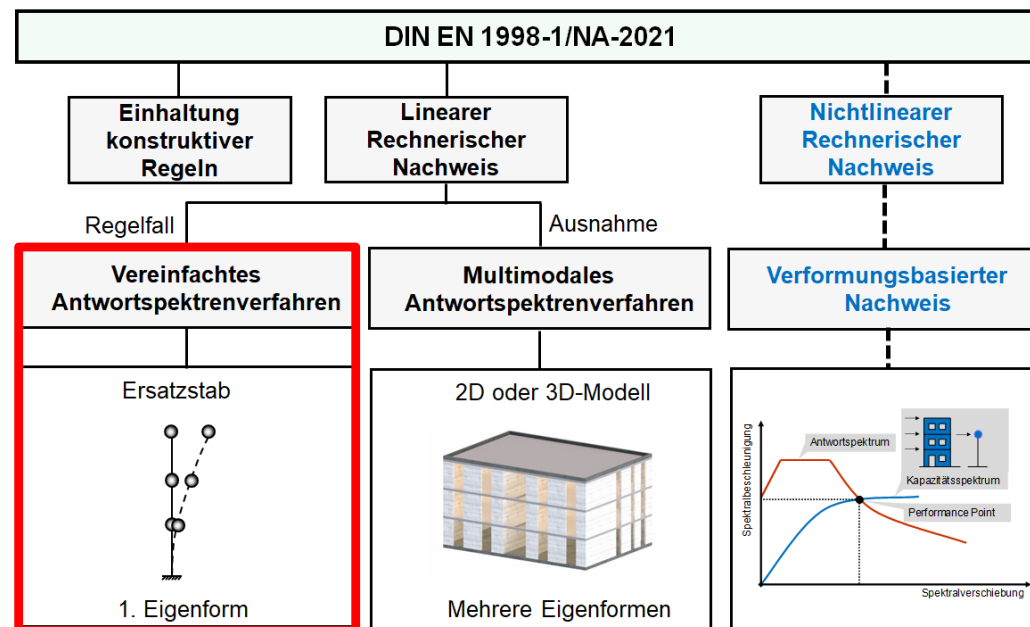
Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“ nach E DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.7

1 (1)	Das Bauwerk gehört der Bedeutungskategorie I oder II an.	<input checked="" type="checkbox"/>
2 (2) a)	Der Gebäudegrundriss ist annähernd rechteckig.	<input checked="" type="checkbox"/>
NDP zu 2 (2) b)	Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,500 \geq 0,25$	<input checked="" type="checkbox"/>

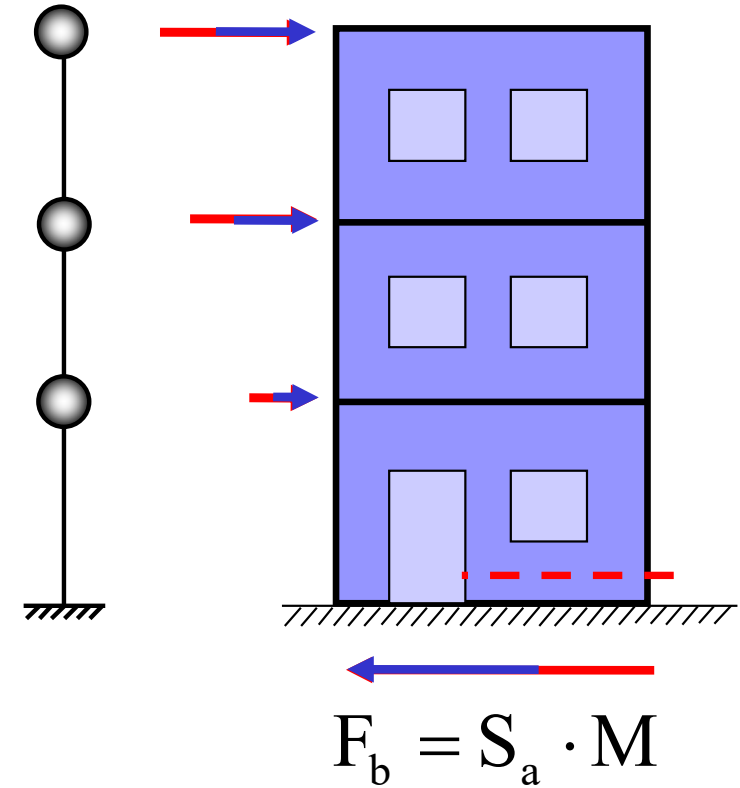
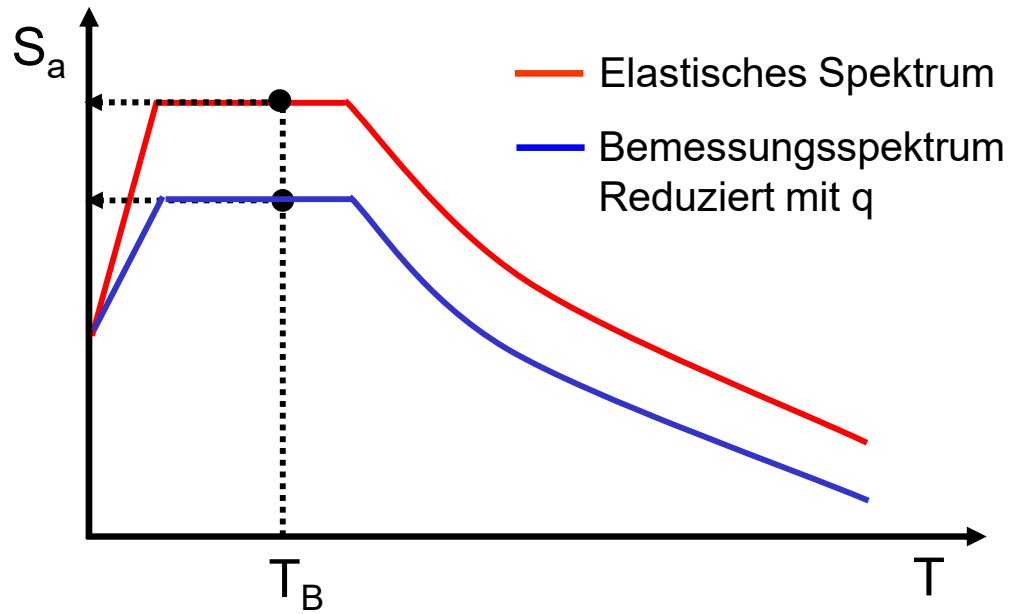
MINEA-Research v5.0.25 - Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 9

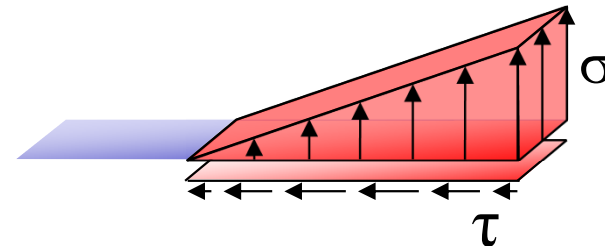
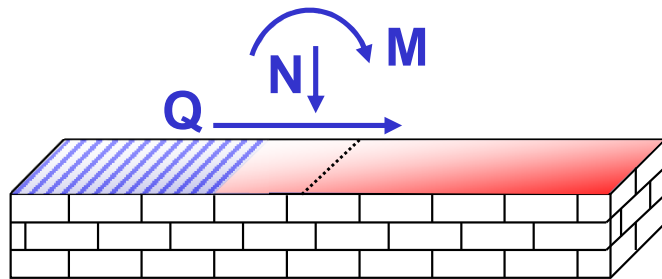
Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren



Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren



Bemessung: Lineare Spannungsverteilung



Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren

Vereinfachte Auslegung nach Anhang NA.D

Fundamentschub

$$F_b = S_d(T_1) \cdot M \cdot \lambda$$

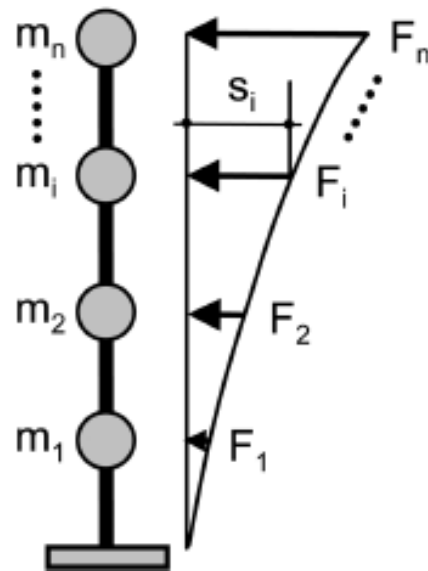
$$F_b = S_{dmax} \cdot M$$

Geschossweise Verteilung

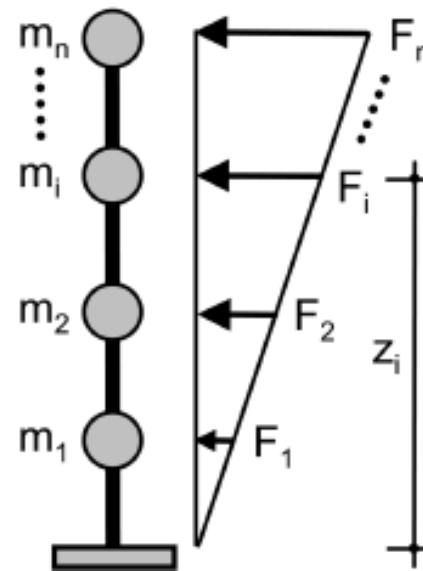
$$F_i = F_b \cdot \frac{s_i m_i}{\sum s_j m_j}$$

$$S_{dmax} = S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I / 1,5$$

Affin zur 1. Eigenform



Höhenproportional



Vereinfaches Antwortspektrenverfahren

Bedingung für die Anwendung

Höhere Schwingungsformen beeinflussen das dynamische Verhalten unwesentlich.

Das ist der Fall, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

➤ Regelmäßigkeitskriterien im Aufriss sind erfüllt

und

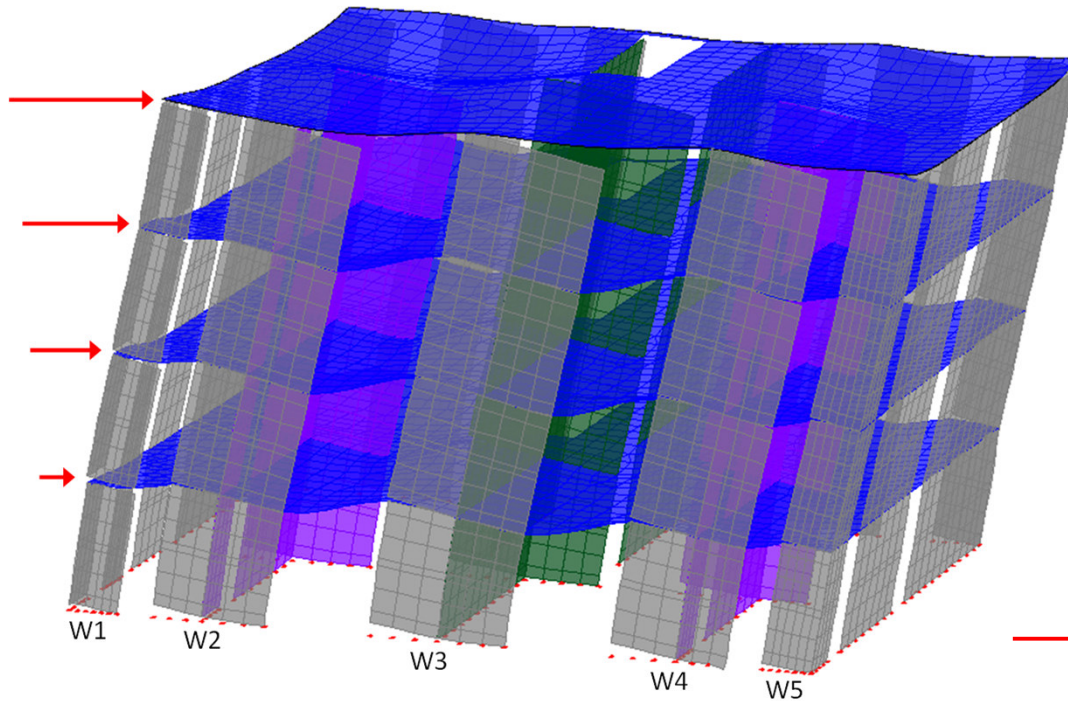
➤ die Grundschwingzeit T_1 in beiden Hauptrichtungen ist $\leq 2,0$ s oder $4 \cdot T_c$

Vereinfachte Berücksichtigung von Torsionseffekten

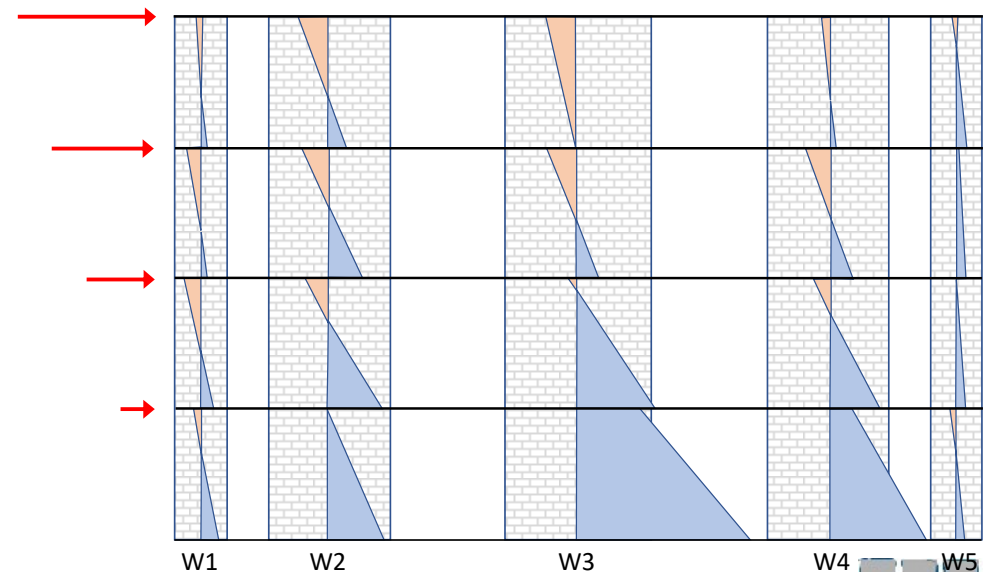
➤ Erhöhung der Zustandsgrößen oder Torsionsansatz nach Müller & Keintzel (DIN 4149)

Rahmentragwirkung im Gebäude ansetzen

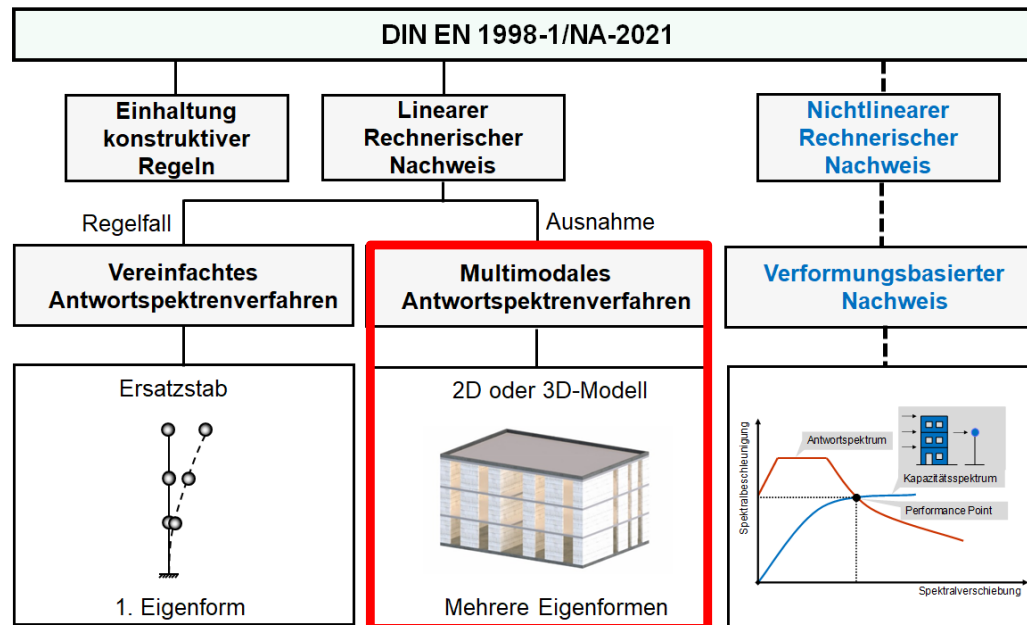
Nichtlineares Gebäudemodell



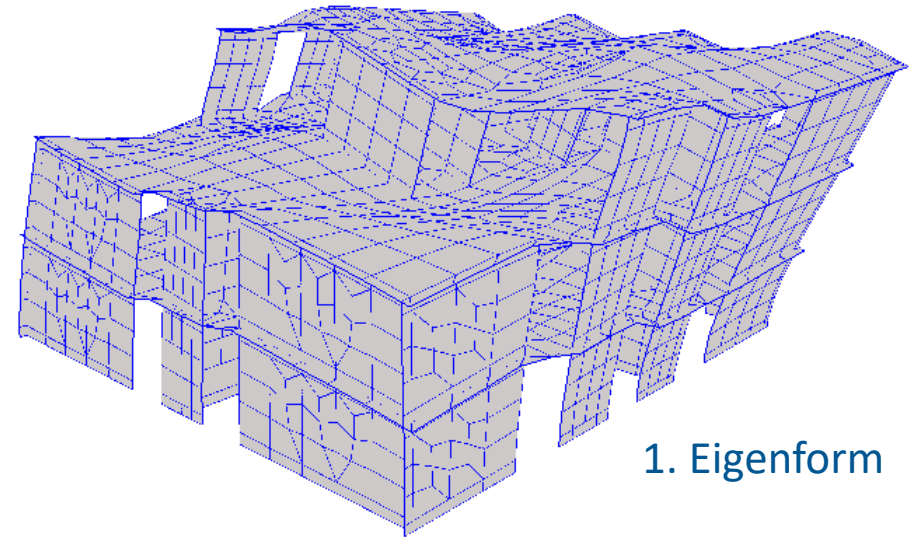
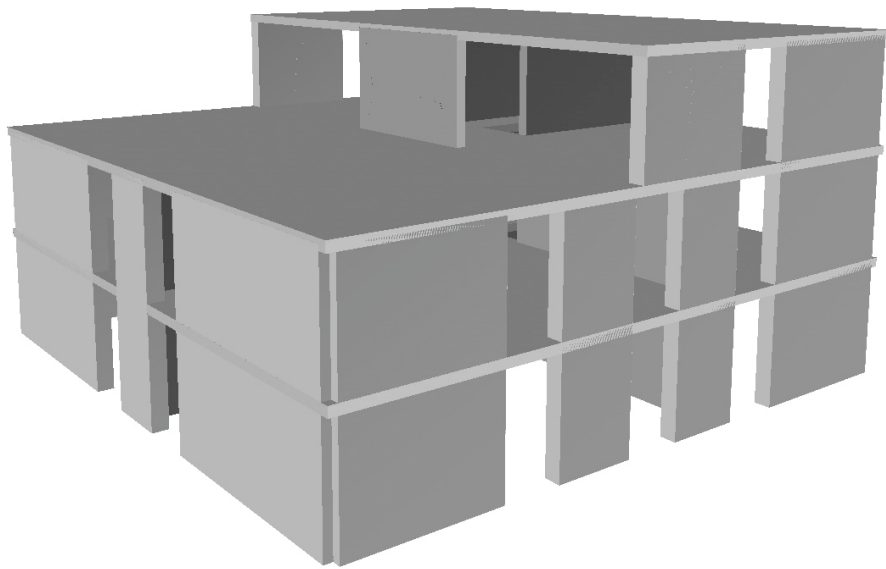
Realistische Momentenverteilung



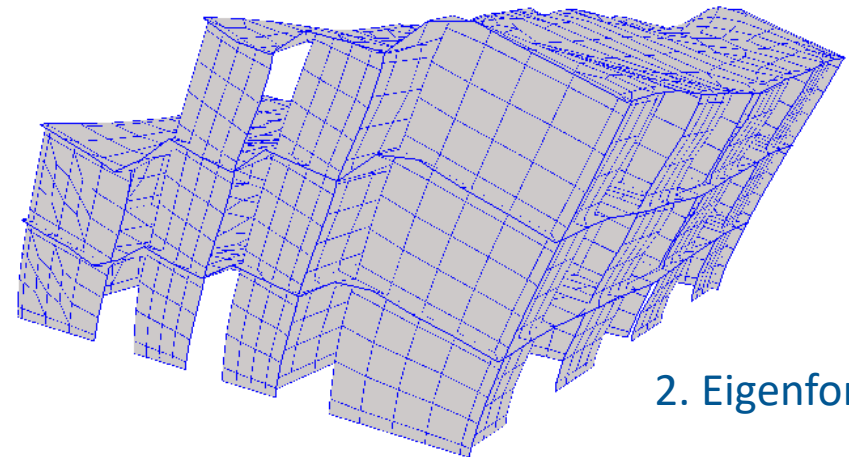
Multimodales Antwortspektrenverfahren



Berücksichtigung mehrerer Eigenformen + Überlagerung



1. Eigenform



2. Eigenform

Programmunterstützung erforderlich!

Aspekte räumlicher Modellbildung

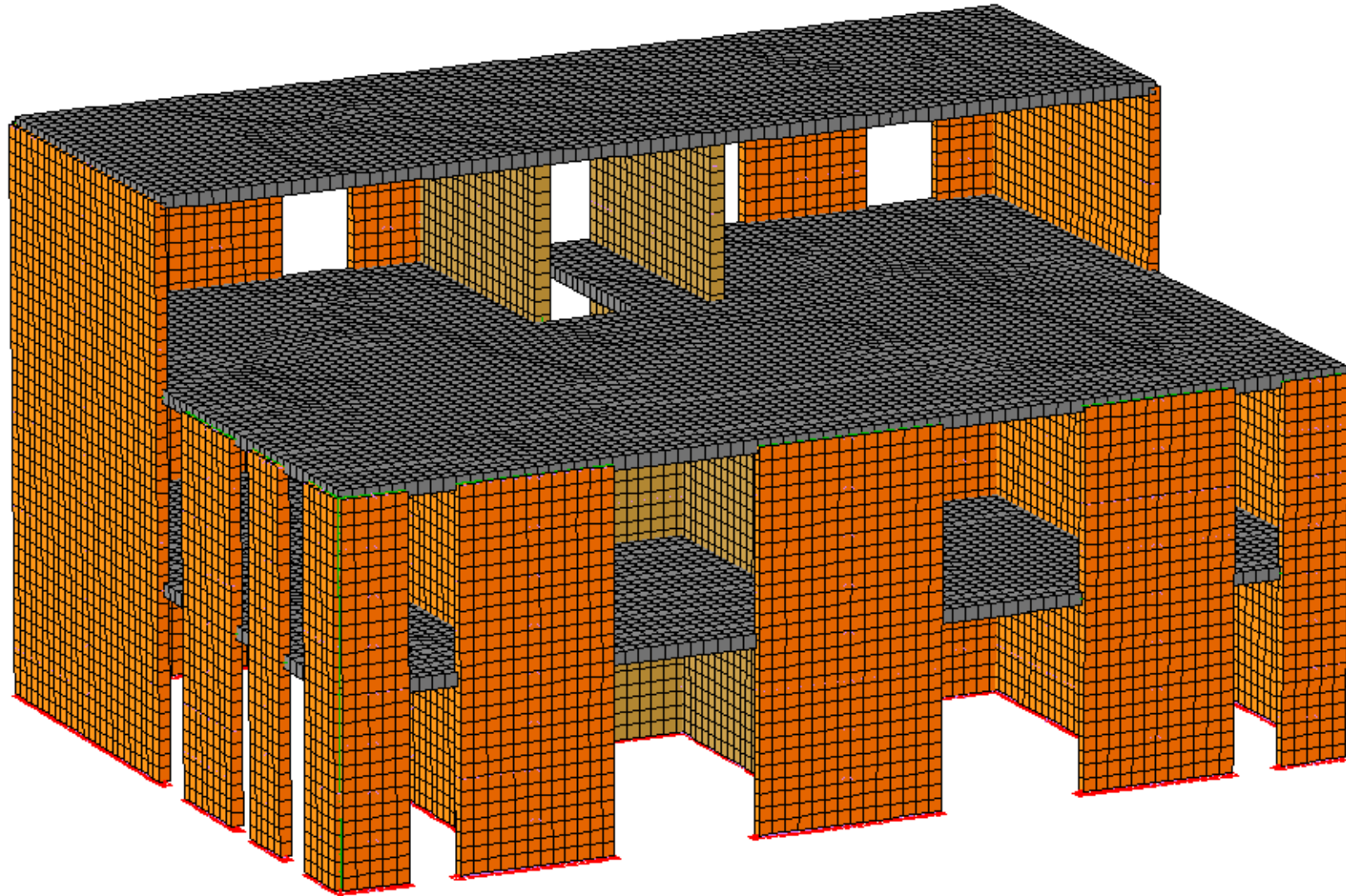
- Nachweisführung durch Integration der Scheibenspannungen
- Deckeneinspanneffekte werden berücksichtigt
- Zugübertragung wird angesetzt (**linearer Ansatz => nicht korrekt!**)
- Einspannmomente führen zu zusätzlichen Deckenbeanspruchungen

FAZIT

Die Ergebnisse aus 2D- und 3D Berechnungen sind nicht in einfacher Weise vergleichbar! Das lineare 3D-Modell ist mechanisch nicht vollständig korrekt.

Aspekte räumlicher Modellbildung

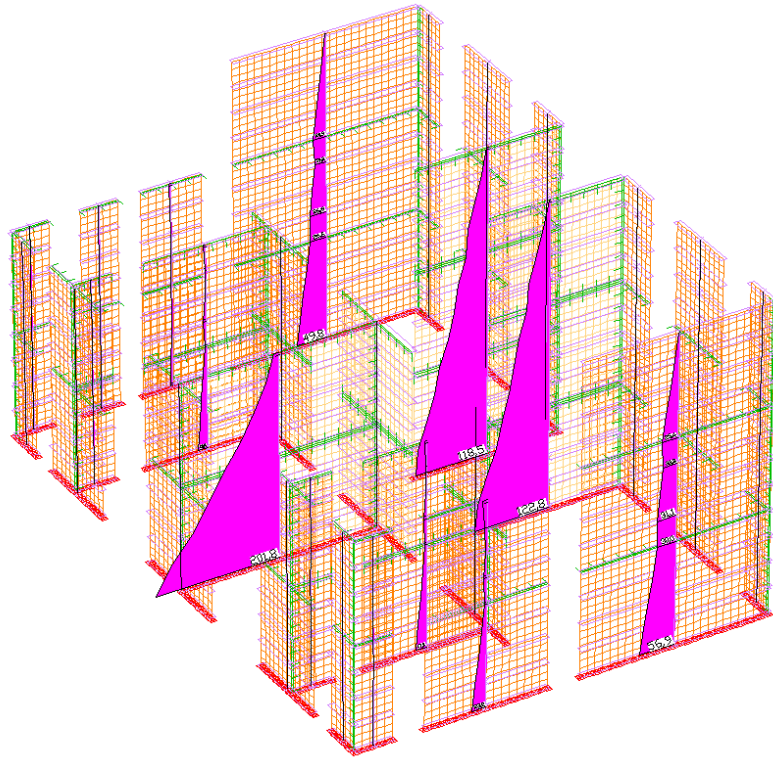
Beispiel: Vorgehensweise am 3D-Modell



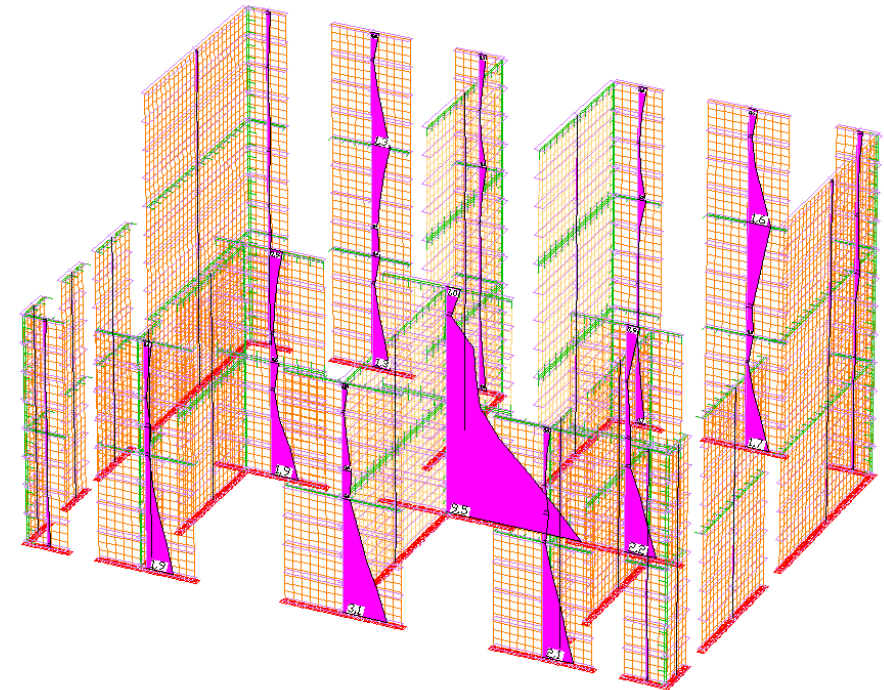
Aspekte räumlicher Modellbildung

Ergebnisse: Integration der Spannungen => N, Q, M je Wand

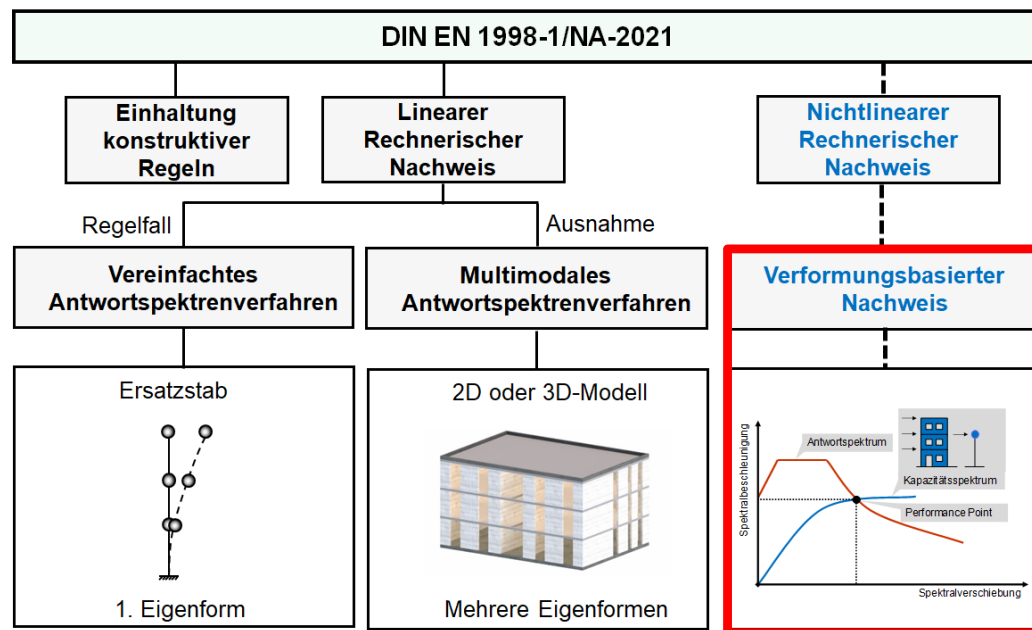
Querrichtung



Längsrichtung



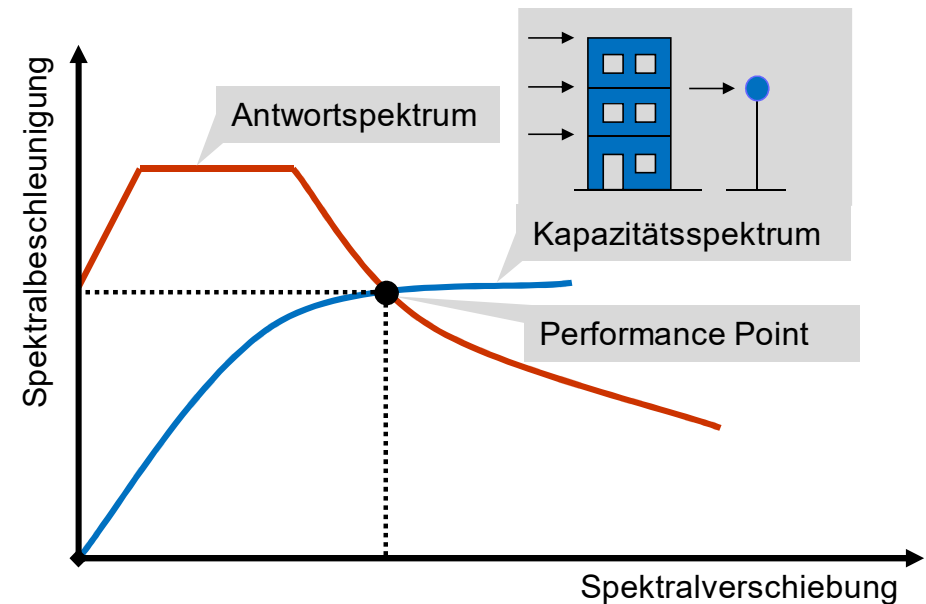
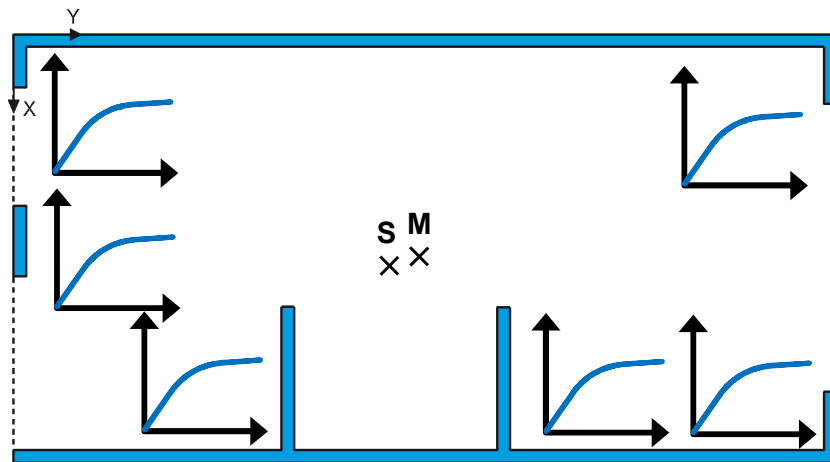
Verformungsbasierter Nachweis



Statisch nichtlinearer Nachweis

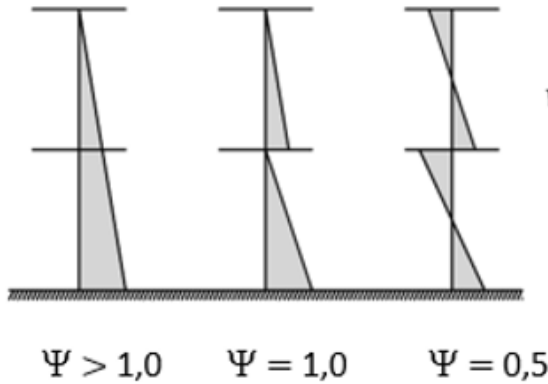
Berechnungsablauf

- Last-Verformungskurven der Einzelwände
- Berechnung der Gesamtkapazität
- Transformation in das S_a - S_d Diagramm
- Nachweis über „Performance Point“

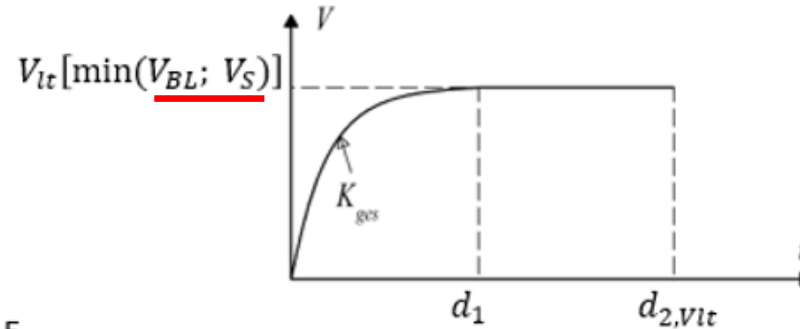


Last-Verformungskurven mit DIN EN 1996-1-1

Einspanngrad



Last-Verformungskurve



Biegeverformung:

$$d_{2,BL} = 0,006 \cdot \frac{H^2}{L_W} \cdot \Psi$$

Schubverformung:

$$d_{2,S} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,004 \cdot H_W; \frac{\sigma_0}{f_k} \leq 0,15 \\ 0,003 \cdot H_W; \frac{\sigma_0}{f_k} > 0,15 \end{array} \right\}$$

mit: $\sigma_0 = \frac{N_0}{l_W \cdot t_W}$

Biegung

Biegekapazität

$$V_{BL} = \frac{L^2 q_0}{2 \cdot H_W \Psi} \left(1 - \frac{q_0}{f_k \cdot t \cdot \Phi_{OOP}} \right)$$

V_{BL}

Schub

Vermörtelte Stoßfugen:

$$V_{SS} = (1,0 \cdot f_{vk0} + 0,4 \sigma_{D,WFF}) \cdot t_W \cdot L_W \varphi_{WF} \cdot \frac{1}{c}$$

Unvermörtelte Stoßfugen:

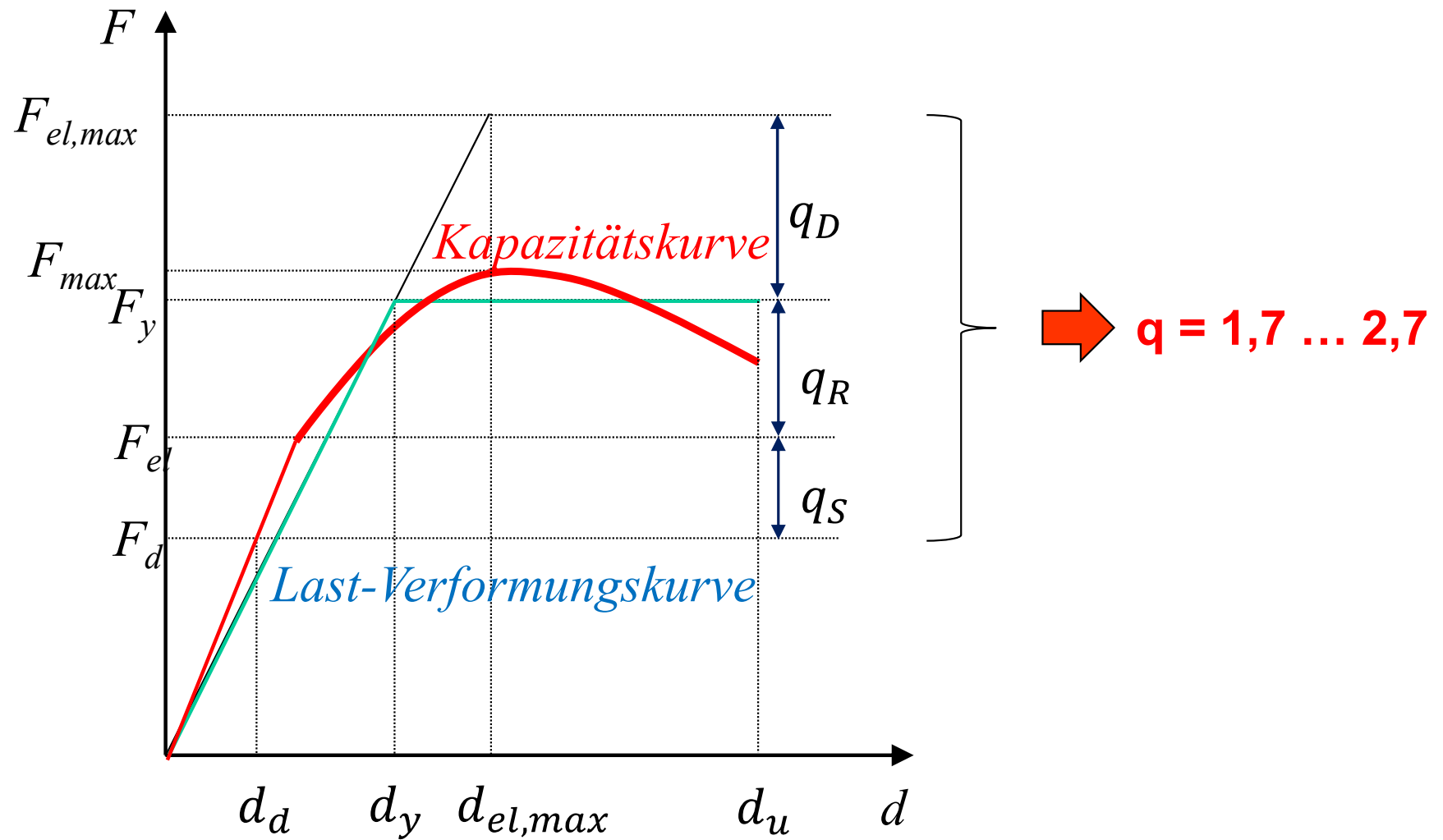
$$V_{SS} = (0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \sigma_{D,WFF}) \cdot t_W \cdot L_W \varphi_{WF} \cdot \frac{1}{c}$$

Ohne Differenzierung:

$$V_{SZ} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \sqrt{1 + \frac{\sigma_D^*}{f_{bt,cal}}} \cdot t_W \cdot L_W \varphi^* \cdot \frac{1}{c}$$

V_S

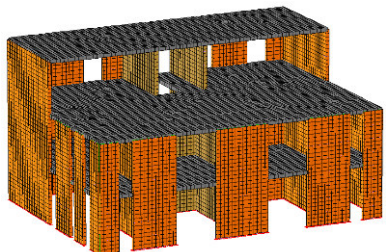
Verhaltensbeiwerte mit Pushover-Berechnungen



Mit höherem q -Beiwert die linearen statischen Nachweis führen

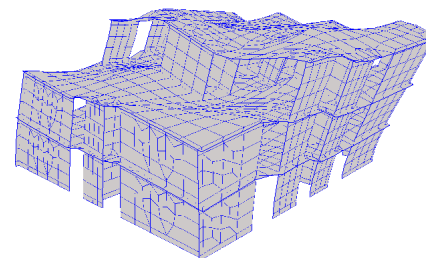
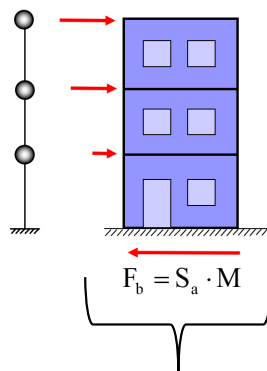
Verknüpfung linearer und nichtlinearer Nachweise

Lineare Statik – 2D/3D



+

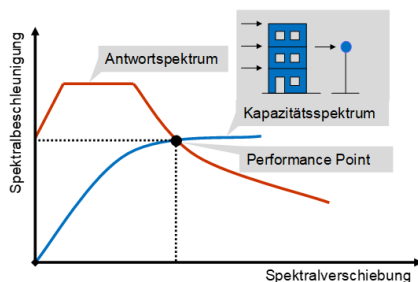
Lineare Erdbebenberechnung – 2D/3D



Linearer Nachweis mit Lastfallüberlagerung



Nichtlineare Erdbebenberechnung – 2D/3D



Ansatz Mittelwerte

$$f \approx 1,2 f_k$$

$$f_{v0} \approx 1,25 f_{vk0}$$



Erhöhter Verhaltensbeiwert q

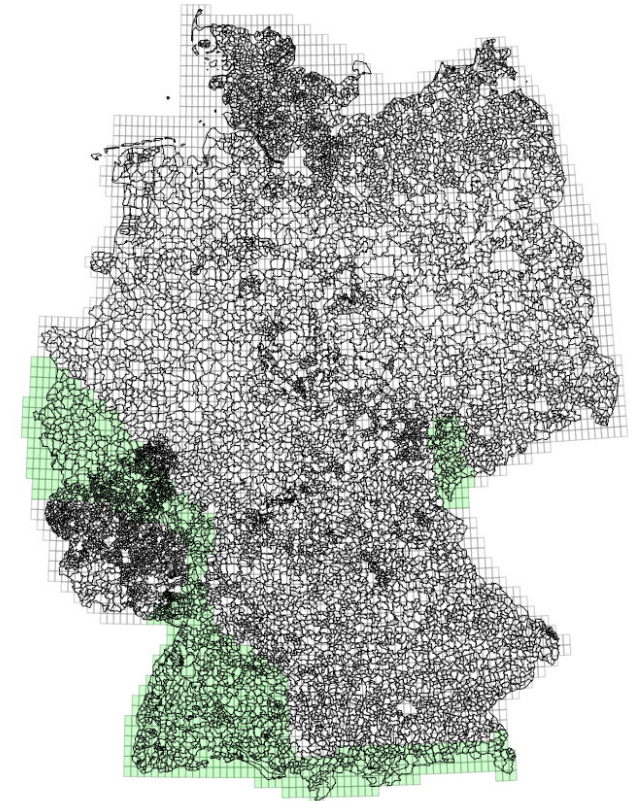
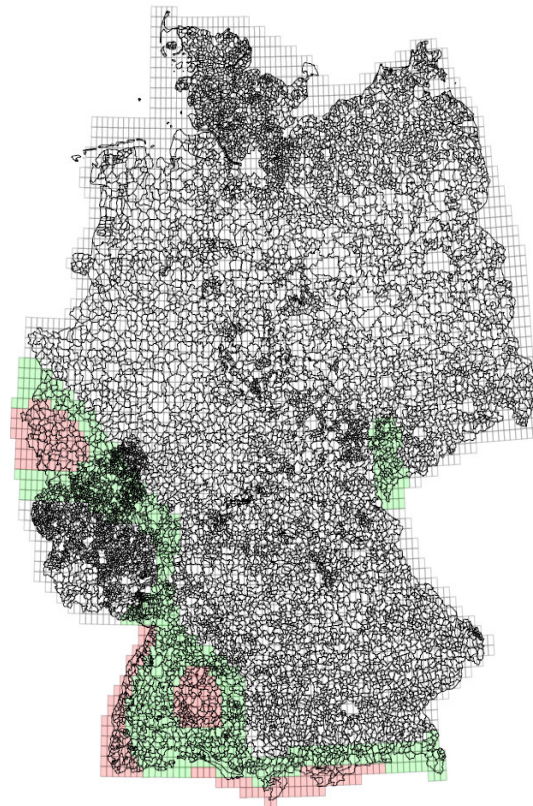
$$q = q_R \cdot \underbrace{q_D \cdot q_S}_{q_0} = q_0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

Nachweisergebnisse für ein Reihenhaus aus Ziegelmauerwerk

DIN EN 1998-1/NA-2011
Linearer Nachweis

DIN EN 1998-1/NA-2021
Linearer Nachweis

DIN EN 1998-1/NA-2021
Nichtlinearer Nachweis

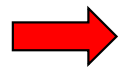


$S_{aP,R}$

White	0,000000 - 0,830000
Light Brown	0,830000 - 3,631575

White	0,000 - 0,830
Green	0,830 - 1,650
Red	1,650 - 3,632

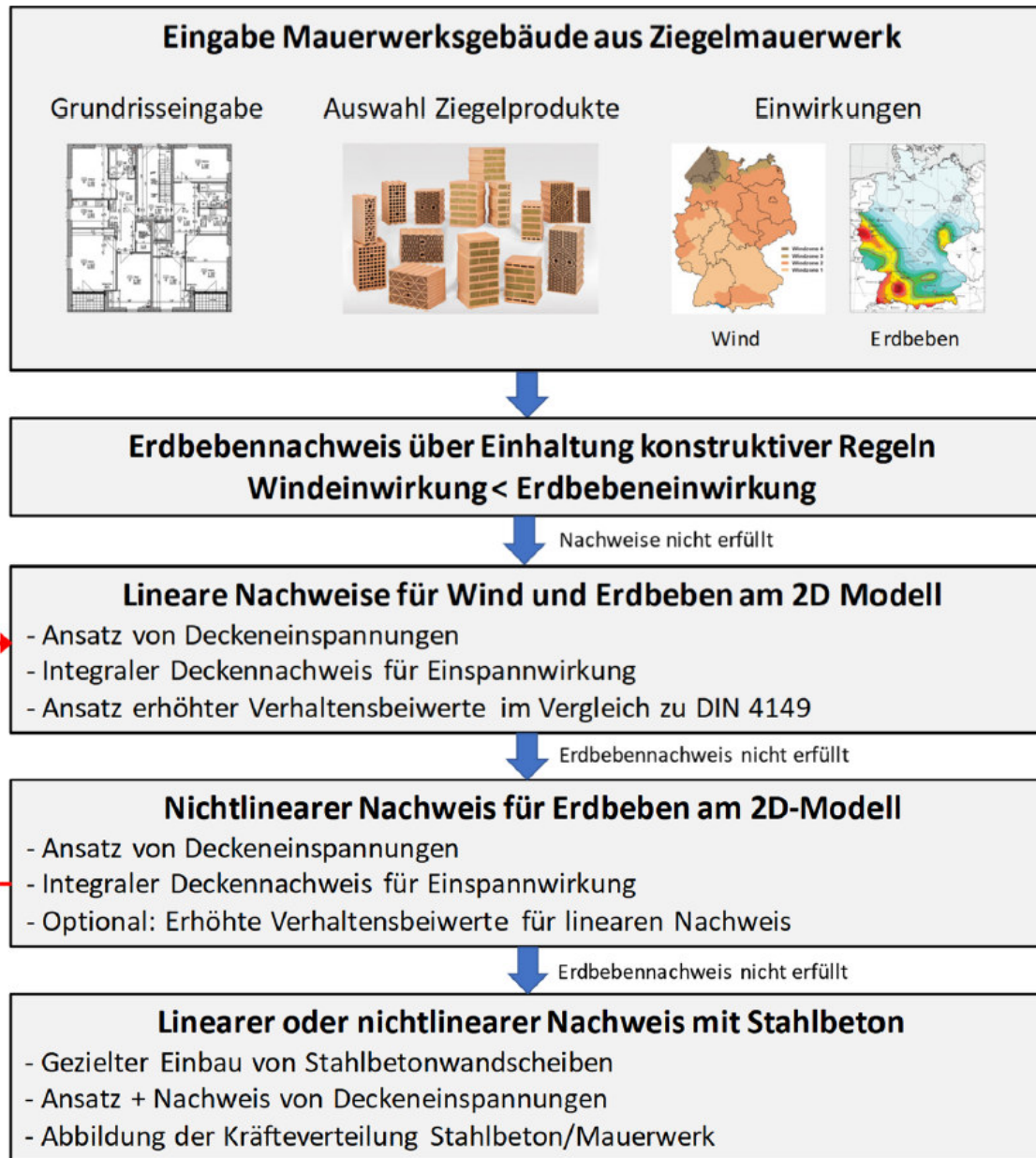
White	0,000 - 0,830
Green	0,830 - 4,470
Red	4,470 - 3,632



Neue Nachweiskonzepte nutzen die Tragfähigkeiten besser aus!

Softwareunterstütztes Ablaufdiagramm für den seismischen Nachweis

Erhöhte Verhaltensbeiwerte q



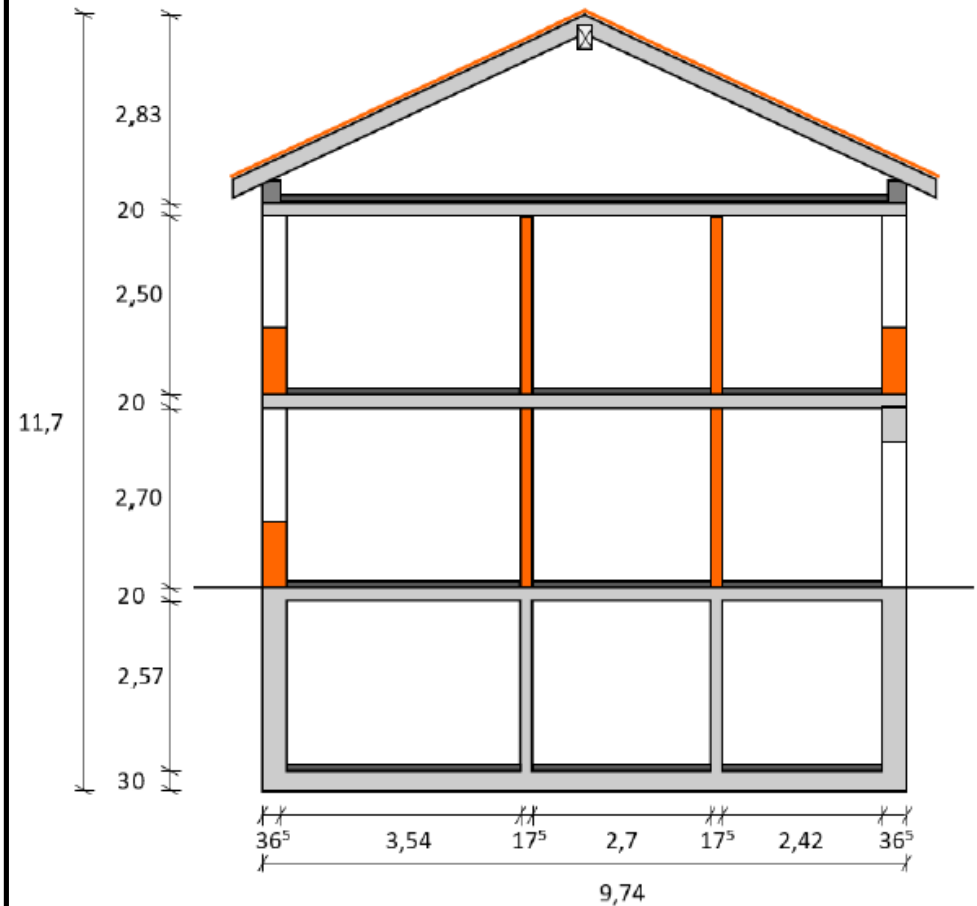
www.minea-design.de

Berechnungsbeispiel 1:

Vereinfachter Nachweis eines Reihenhauses

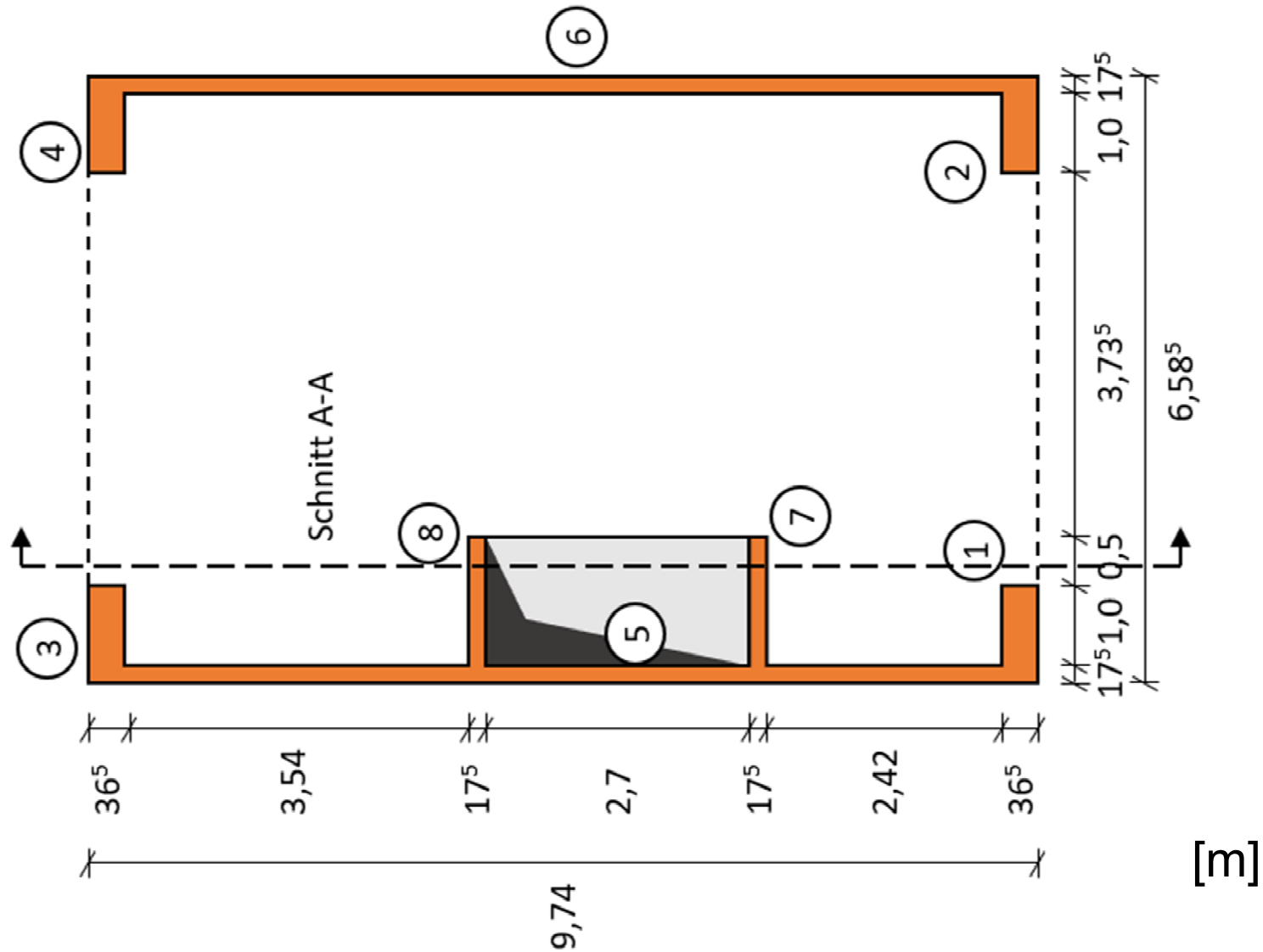
Berechnungsbeispiel 1: Reihenhaus mit 2 Vollgeschossen

- 2½ geschossiges Reihenhaus mit Keller aus Stahlbeton
- Geschossdecken
 - Stahlbeton C20/25, d = 20 cm
- Außenwände: Hochlochziegel, t = 365 mm
SFK 6, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Innenwände und Gebäudetrennwände: Hochlochziegel, t = 175 mm
SFK 12, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Geschosshöhe: 2,75 m
- Große Deckeneinspannung
- Erdbebeneinwirkung
 - Standort: UK C-S
 - $a_{g,R} = 0,68 \text{ m/s}^2 \Rightarrow S_{aP,R} = 1,7 \text{ m/s}^2$
 - BK II, $\gamma_I = 1,0$



Berechnungsbeispiel 1: Reihenhaus mit 2 Vollgeschossen

Grundriss



Eingabewerte und Nachweis Schubwandquerschnittsflächen

Große Deckeneinspannung

Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden nach DIN EN 1998-1/NA, NDP und NCI zu 9.7.2(1) sowie Tabelle NA.H.1 bis NA.H.14

X-Richtung		Y-Richtung	
Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert
Vorhandene Wandmassenverhältnis $\alpha_{m,w}$ [-]:	1,39	Vorhandene Wandmassenverhältnis $\alpha_{m,w}$ [-]:	0,72
Erhöhungsbeiwert α_m [-]:	1,02	Erhöhungsbeiwert α_m [-]:	1,00
Referenzbeschleunigung $S_{aF,R} * S * \gamma_I * \alpha_m$ [m/s ²]:	1,99	Referenzbeschleunigung $S_{aF,R} * S * \gamma_I * \alpha_m$ [m/s ²]:	1,96
Erf. mittlere Wandlänge l_{er} [m]:	1,30	Erf. mittlere Wandlänge l_{er} [m]:	1,30
Erf. Mindestlänge l^* [m]:	1,38	Erf. Mindestlänge l^* [m]:	1,38
Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,F}$ [m]:	0,90	Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,F}$ [m]:	0,90
Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,D1}$ [m]:	0,95	Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,D1}$ [m]:	0,95

Ermittlung der Schubwandflächen

Wände in x-Richtung

Wand	SFK	f_k	Länge	Fläche	$\rho_{A,vorh}$	Porenbeton
	[-]	[N/mm ²]	[m]	[m ²]	[%]	[-]
1	6	2,85	1,18	0,43	0,67 %	Nein
2	6	2,85	1,18	0,43	0,67 %	Nein
3	6	2,85	1,18	0,43	0,67 %	Nein
4	6	2,85	1,18	0,43	0,67 %	Nein
7	12	3,09	1,59	0,28	0,43 %	Nein
8	12	3,09	1,59	0,28	0,43 %	Nein

Wände in y-Richtung

Wand	SFK	f_k	Länge	Fläche	$\rho_{A,vorh}$	Porenbeton
	[-]	[N/mm ²]	[m]	[m ²]	[%]	[-]
5	12	3,09	9,01	1,58	2,46 %	Nein
6	12	3,09	9,01	1,58	2,46 %	Nein

Nicht angezeigte Wände werden nach DIN EN 1998-1/NA Abschnitt 9.5.1(5) und 9.7.2(1) beim vereinfachten Nachweis nicht berücksichtigt.

Wände in x-Richtung

SFK	f_k	$\rho_{A,min}$	$\sum \rho_{A,vorh}$	$v_{x,i}$
[-]	[N/mm ²]	[%]	[%]	[-]
6	2,85	2,58 %	2,67 %	1,04
12	3,09	1,86 %	0,87 %	0,46









Wände in y-Richtung

SFK	f_k	$\rho_{A,min}$	$\sum \rho_{A,vorh}$	$v_{y,i}$
[-]	[N/mm ²]	[%]	[%]	[-]
12	3,09	1,82 %	4,92 %	2,70









Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1/NA-2021

Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.2

NDP zu 1 (1)	Mauersteine, die für die Verwendung für Mauerwerk nach DIN EN 1996-1/NA zulässig sind.	
NDP zu 3 (1)	Mauermörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN 20000-412:2004-03 oder nach DIN 18580.	
1 (1)	Hochbauten aus Mauerwerk müssen aus Decken und Wänden bestehen, die in zwei orthogonalen horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden sind	
1 (2), 2 (2)	Die Verbindung zwischen Decken und Wänden muss durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken mit einer Mindestlängsbewehrung von 200 mm ² erfolgen.	
1 (3)	Jeder Deckentyp darf verwendet werden, vorausgesetzt, die allgemeinen Kontinuitätsanforderungen und eine wirksame Scheibenwirkung sind sichergestellt.	
1 (4)	Schubwände müssen in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen sein.	
NDP zu 1 (5)	Die effektive Dicke von Schubwänden t_{ef} darf nicht geringer als ein Mindestwert $t_{ef,min} = 115$ mm nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05 Tabelle NA.10 sein: Für alle Wände erfüllt.	
NDP zu 1 (5)	Das Verhältnis der effektiven Knicklänge aller Wände zu ihrer effektiven Dicke darf einen Höchstwert von 27 nach DIN EN 1998-1/NA:2020-05 Tabelle NA.10 nicht überschreiten: Für alle Wände erfüllt.	







Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1/NA-2021

Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“ nach E DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.7

1 (1)	Das Bauwerk gehört der Bedeutungskategorie I oder II an.	
NDP zu 2 (1)	Das Gebäude ist in beiden Gebäuderichtungen durch genügend lange Schubwände ausreichend auszusteifen. Hierfür sind jeweils die in NA. 12 bis Tabelle NA. 25 angegebenen Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche der aussteifenden Wände einzuhalten. $\sum v_{x,i} = 1,41 \geq 1,00$ $\sum v_{y,i} = 4,03 \geq 1,00$	
2 (2) a)	Der Gebäudegrundriss ist annähernd rechteckig.	
NDP zu 2 (2) b)	Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,512 \geq 0,25$	
NDP zu 2 (2) c)	Die Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform in Prozent der gesamten Gebäudegrundrissfläche oberhalb der betrachteten Ebene ist kleiner als 15%.	
2 (3) a)	Das Gebäude ist durch Schubwände ausgesteift, die im Grundriss nahezu symmetrisch in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sind.	

Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1/NA-2021

Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“ nach E DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2020-05 Abschnitt 9.7

NCI zu 2 (3) b), c)	<p>Eine der folgenden drei Bedingungen sollte erfüllt werden:</p> <p>1. Alternative: Reihenhaus mit zwei durchgehenden Gebäudetrennwänden.</p> <p>Bedingung erfüllt.</p> <p>2. Alternative: Mindestens zwei parallele Schubwände in einer Richtung, deren Länge mindestens dem doppelten Wert von $l/h \geq 0,27$ nach Tabelle NA.8 entspricht, wobei der Abstand zwischen deren Wandachsen mindestens 60 % der größeren Gebäudelänge betragen muss</p> <p>Bedingung erfüllt.</p> <p>3. Alternative: Mindestens zwei parallele Wände müssen jeweils in x- und y-Richtung angeordnet sein. Die Länge dieser Wände muss größer sein als 30% der Bauwerkslänge in der betrachteten Richtung. Außerdem muss der Abstand zwischen zwei der Wände in mindestens einer Richtung größer als 75% der Bauwerkslänge in der anderen Richtung sein.</p> <p>Bedingung erfüllt.</p>	
NCI zu 2 (3) d)	Es werden mindesten 75% der Vertikallasten von den Schubwänden getragen oder der überwiegende Teil der Vertikallasten wird von den Schubwänden in den beiden orthogonalen Hauptrichtungen in etwa gleicher Größenordnung abgetragen.	
2 (3) e)	Schubwände sind über alle Geschosse durchgehend.	
NDP zu 2 (5)	Der Massenunterschied aufeinanderfolgender Geschosse muss kleiner als 20% sein.	
NDP zu 2 (5)	Zulässiger Unterschied der Schubwandflächen übereinanderliegender Geschosse. $0\% \leq 30\%$	
2 (6)	Die Schubwände in einer Richtung sind mit Wänden in der dazu orthogonalen Richtung in einem maximalen Abstand von 7m verbunden.	

Einspannmomente

Ermittlung der Einspannmomente

X-Richtung				Y-Richtung			
β -Faktoren	[m]	Gesamteinspannmomente	[kNm]	β -Faktoren	[m]	Gesamteinspannmomente	[kNm]
$\beta_{M,F}$	0,90	$M_{F,D}$	226,48	$\beta_{M,F}$	0,90	$M_{F,D}$	226,48
$\beta_{M,D1}$	0,95	$M_{M1,d}$	239,06	$\beta_{M,D1}$	0,95	$M_{M1,d}$	239,06
$\beta_{M,D2}$	0,38	$M_{M2,d}$	95,62	$\beta_{M,D2}$	0,38	$M_{M2,d}$	95,62
$\beta_{M,D3}$	-	$M_{M3,d}$	-	$\beta_{M,D3}$	-	$M_{M3,d}$	-
$\beta_{M,D4}$	-	$M_{M4,d}$	-	$\beta_{M,D4}$	-	$M_{M4,d}$	-
$\beta_{M,D5}$	-	$M_{M5,d}$	-	$\beta_{M,D5}$	-	$M_{M5,d}$	-

Wände in x-Richtung

Wand	EI_{ew}	S_v	$M_{F,d,Wi}$	$M_{D1,d,Wi}$	$M_{D2,d,Wi}$	$M_{D3,d,Wi}$	$M_{D4,d,Wi}$	$M_{D5,d,Wi}$
	[kNm ²]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1	149343	0,154	34,82	36,75	14,70	-	-	-
2	149343	0,154	34,82	36,75	14,70	-	-	-
3	149343	0,154	34,82	36,75	14,70	-	-	-
4	149343	0,154	34,82	36,75	14,70	-	-	-
7	186995	0,193	43,60	46,02	18,41	-	-	-
8	186995	0,193	43,60	46,02	18,41	-	-	-

Wände in y-Richtung

Wand	EI_{ew}	S_v	$M_{F,d,Wi}$	$M_{D1,d,Wi}$	$M_{D2,d,Wi}$	$M_{D3,d,Wi}$	$M_{D4,d,Wi}$	$M_{D5,d,Wi}$
	[kNm ²]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
5	11964705	0,500	113,24	119,53	47,81	-	-	-
6	11964705	0,500	113,24	119,53	47,81	-	-	-

Ein rechnerischer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Lastfall Erdbeben ist nicht erforderlich. Voraussetzung hierfür ist zusätzlich, dass eine ausreichende Tragfähigkeit der Fundamente und der Deckenplatten für die aus Erdbeben resultierenden Momente M_{Fd} bzw. M_{Did} nachgewiesen wird. Hierfür sind die Einspannmomente M_{Fd} bzw. M_{Did} tabellarisch angegeben.

Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1/NA-2020

Geringe Deckeneinspannung:

Kein Nachweis möglich: Erforderliche mittlere Wandlänge l_{av} nicht eingehalten!

Tabelle NA.17 — Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden in Prozent bei geringer Deckeneinspannung

Anzahl der Vollgeschosse	mittlere Wandlänge l_{av} m	Mindestlänge l^* m	Faktoren für Einspannmomente $\beta_{M,F}$ $\beta_{M,D1}$ m m		$\rho_{A,min}$ [%] ^a in Abhängigkeit einer Referenzbeschleunigung von																	
					$S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m \leq 1,25 \text{ m/s}^2$								$S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m = 1,70 \text{ m/s}^2$									
					SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK	SFK		
2	4	6	8	10	12	16	≥ 20	2	4	6	8	10	12	16	≥ 20							
1	2,00	0,6 h	1,60	0,30	2,3	2,0								5,0	2,5	2,0	2,0					1,5
2	2,00	1,0 h	2,00	0,50	5,7	2,6	2,0	2,0		1,5					5,8	3,6	2,6	2,0	2,0	2,0		
3	2,80	1,4 h	2,80	0,55	9,3	4,0	2,6	2,0	2,0					10,5	6,1	4,2	3,1	2,6	2,0	2,0		
4	3,20	1,9 h	3,75	0,55		8,0	4,8	3,7	2,6	2,0	2,0					12,0	7,5	5,0	4,0	2,8		
5	3,20	2,3 h	4,50	0,55					10,0	6,5	4,0	3,0	2,3									

^a Die Faktoren zur Ermittlung der Einspannmomente $\beta_{M,F}$ und $\beta_{M,D1}$ gelten nur sofern $f_{k,vorh}$ [N/mm²] · $\rho_{A,vorh}$ [%] ≥ 2,4 ist, andernfalls sind die 1,25-fachen β_M -Faktoren anzuwenden.

X-Richtung	
Beschreibung	Wert
Vorhandene Wandmassenverhältnis $\alpha_{m,W}$ [-]:	2,85
Erhöhungsbeiwert α_m [-]:	1,13
Referenzbeschleunigung $S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I \cdot \alpha_m$ [m/s ²]:	2,33
Erf. mittlere Wandlänge l_{av} [m]:	2,00
Erf. Mindestlänge l^* [m]:	2,75
Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,F}$ [m]:	2,00
Faktor für Einspannmoment $\beta_{M,D1}$ [m]:	0,50

Wand	SFK	f_k	Länge
	[-]	[N/mm ²]	[m]
1	6	2,85	1,18
2	6	2,85	1,18
3	6	2,85	1,18
4	6	2,85	1,18
7	12	3,09	1,59
8	12	3,09	1,59

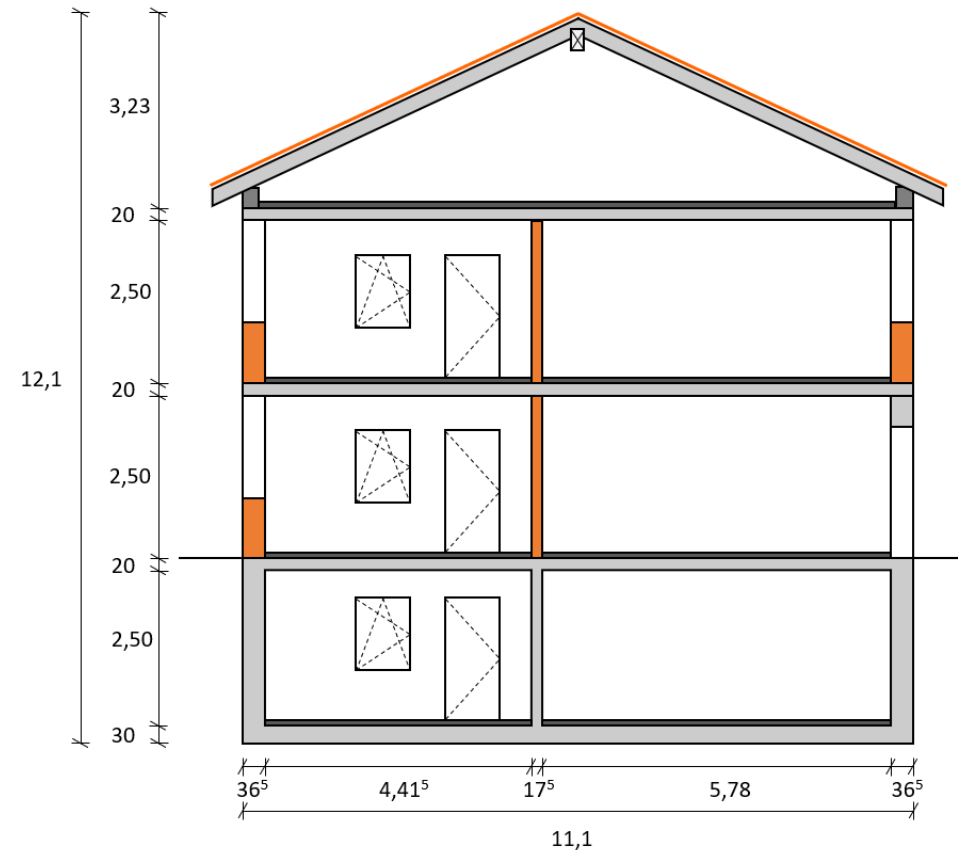
Berechnungsbeispiel 2:

Einfamilienhaus mit zwei Vollgeschossen

Vereinfachte Auslegungsregelungen, Anhang NA.D

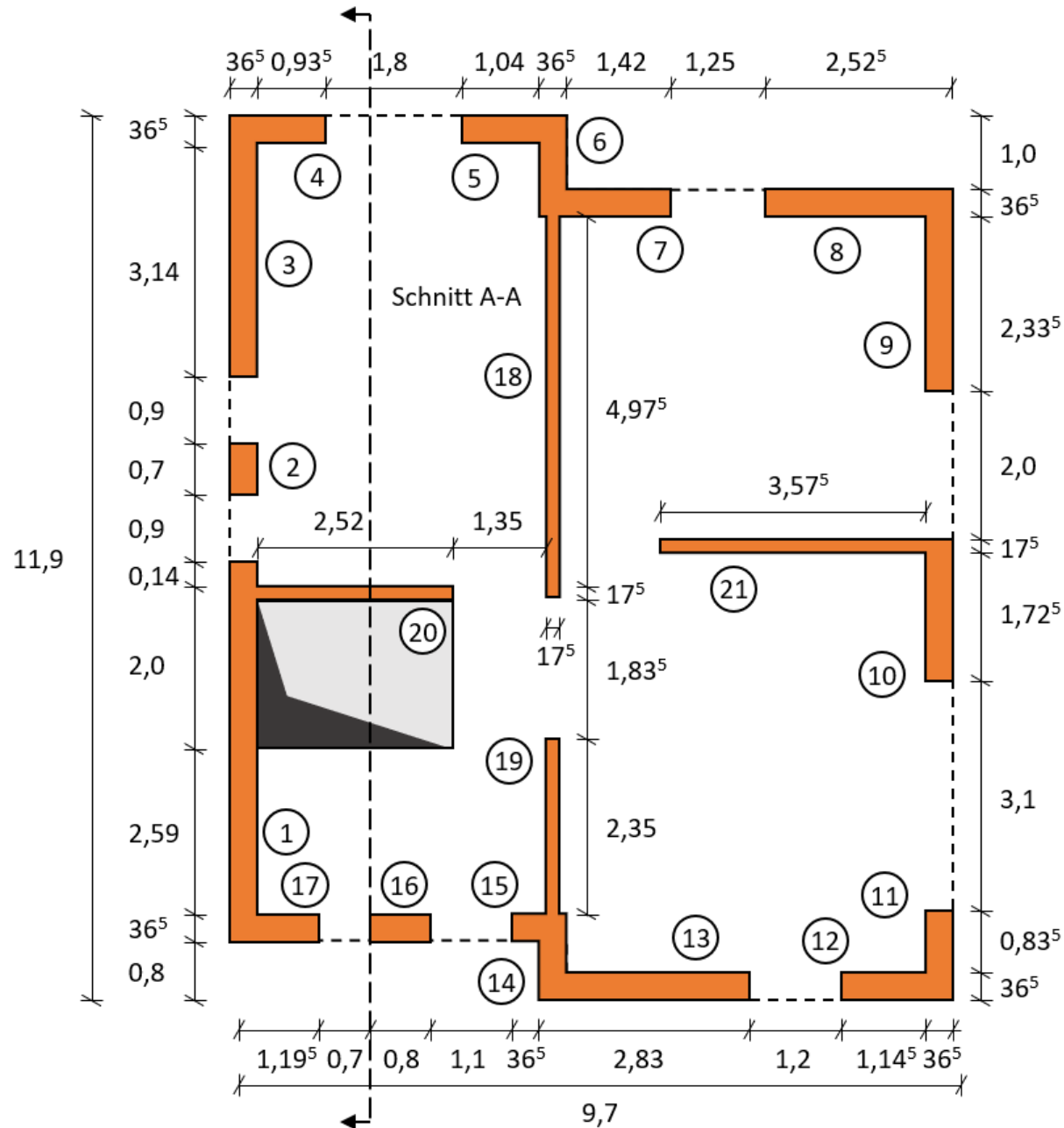
Beispiel 2: EFH mit 2 Vollgeschossen

- 2½ geschossiges EFH mit Keller aus Stahlbeton
- Geschossdecken
 - Stahlbeton C 20/25, $d = 20$ cm
- Geschosshöhe: 2,75 m
- Außenwände: Hochlochziegel, $t = 365$ mm
SFK 10, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Innenwände: Innenwandziegel, $t = 175$ mm
SFK 12, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Erdbebeneinwirkung
 - UK C-S
 - BK II, $\gamma_I = 1,0$
 - $S_{aP,R} = 2,54$ m/s² (Aachen)



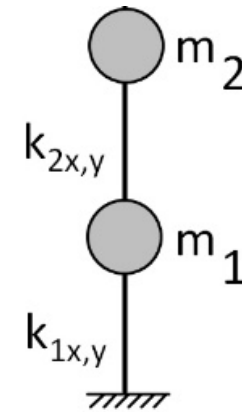
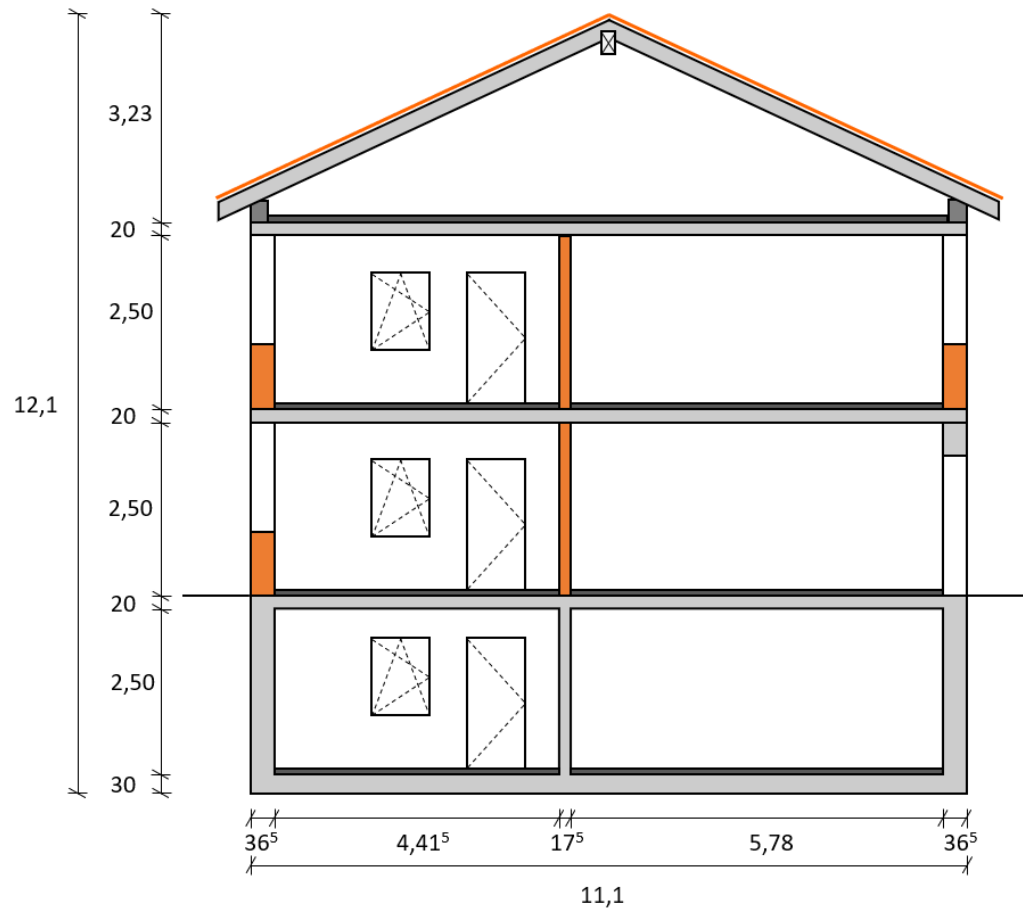
Beispiel 2: EFH mit 2 Vollgeschossen

Grundriss



Beispiel 2: EFH mit 2 Vollgeschossen

Dynamisches Ersatzsystem (Zweimassenschwinger)



Beispiel 2: EFH mit 2 Vollgeschossen

Ermittlung der Geschossmassen aus Deckenbelastungen

		Decke über Erdgeschoss	Decke über Obergeschoss	Dachkonstruktion
Deckenlasten	Geschossfläche	$A_{EG} = 101,92 \text{ m}^2$	$A_{OG} = 101,92 \text{ m}^2$	$A_G = 101,92 \text{ m}^2$
	Ständige Lasten	Stahlbetondecke inkl. Bodenaufbau	Stahlbetondecke inkl. Bodenaufbau	Satteldachkonstruktion
		$g_k = 6,50 \text{ kN/m}^2$	$g_k = 6,50 \text{ kN/m}^2$	$g_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$ (auf die GF bezogen)
	Veränderliche Lasten	Nutzlast inkl. Trennwandzuschlag	Nutzlast inkl. Trennwandzuschlag	Schneelast Dach
		$q_k = 2,70 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 2,70 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$
	φ -Beiwert	0,7	1,0	1,0
	Ψ_2 -Beiwert	0,3	0,3	0,5

Beispiel 2: EFH mit 2 Vollgeschossen

Ermittlung der Geschossmassen aus Wandlasten

		Decke über Erdgeschoss	Decke über Obergeschoss	Dachkonstruktion
Wandlasten	Wandfläche	$A_{\text{Außenwände}} = 10,46 \text{ m}^2$ $A_{\text{Innenwände}} = 2,38 \text{ m}^2$	$A_{\text{Außenwände}} = 10,46 \text{ m}^2$ $A_{\text{Innenwände}} = 2,38 \text{ m}^2$	-
	Wandhöhe	$h = 2,70 \text{ m}$	$h = 1,35 \text{ m}$	-
	Dichte	$\rho_{\text{Außenwände}} = 0,65 \text{ t/m}^3$ $\rho_{\text{Innenwände}} = 0,90 \text{ t/m}^3$	$\rho_{\text{Außenwände}} = 0,65 \text{ t/m}^3$ $\rho_{\text{Innenwände}} = 0,90 \text{ t/m}^3$	-
	Wandeigengewicht	$G_{k,W} = 24,14 \text{ t}$ $= 236,81 \text{ kN}$	$G_{k,W} = 12,07 \text{ t}$ $= 118,41 \text{ kN}$	-
Summe	$\Sigma G_{k,j}$	$101,92 \cdot 6,5 + 236,81$ $= 899,29 \text{ kN}$	$101,92 \cdot 6,5 + 118,41$ $= 780,89 \text{ kN}$	$101,92 \cdot 2,0$ $= 203,84 \text{ kN}$
	$\Sigma \varphi \cdot \psi_2 \cdot Q_{ki}$	$101,92 \cdot (2,7 \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ $= 57,79 \text{ kN}$	$101,92 \cdot (2,7 \cdot 1,0 \cdot 0,3)$ $= 82,56 \text{ kN}$	$101,92 \cdot (0,45 \cdot 1,0 \cdot 0,5)$ $= 22,93 \text{ kN}$
	$\Sigma G_{k,j} + \Sigma \varphi \cdot \psi_2 \cdot Q_{ki}$	$957,08 \text{ kN} \approx \mathbf{97,56 \text{ t}}$	$863,45 \text{ kN} \approx \mathbf{88,02 \text{ t}}$	$226,77 \text{ kN} \approx \mathbf{23,12 \text{ t}}$

Beispiel 2: EFH, 2 Vollgeschosse – Nachweis Anhang NA.D



$m_2 = 111 \text{ t}$

$m_1 = 98 \text{ t}$

$$M = m_1 + m_2 = 209 \text{ t}$$

$$F_{b,x} = F_{b,y} = S_{dmax} \cdot M \cdot 1,15 = 2,54 \cdot 0,95 \cdot 1,0 / 1,5 \cdot 209 \cdot 1,15 = 386,6 \text{ kN}$$

↑
Pauschale Erhöhung von 15% für Torsionseinflüsse

$$F_i = F_b \cdot \frac{s_i m_i}{\sum s_j m_j}$$

Kraftverteilung	Belastungsrichtung	
	x-Richtung	y-Richtung
	F_2	268,2 kN
	F_1	118,4 kN
	F_b	386,6 kN

➔ Aussteifungsberechnung in beide Richtungen => Standardberechnung

Nichttragende Trennwände – Nachweis NA.D

Nachweis nichttragende Trennwand: $\rho = 2,0 \text{ t/m}^3$

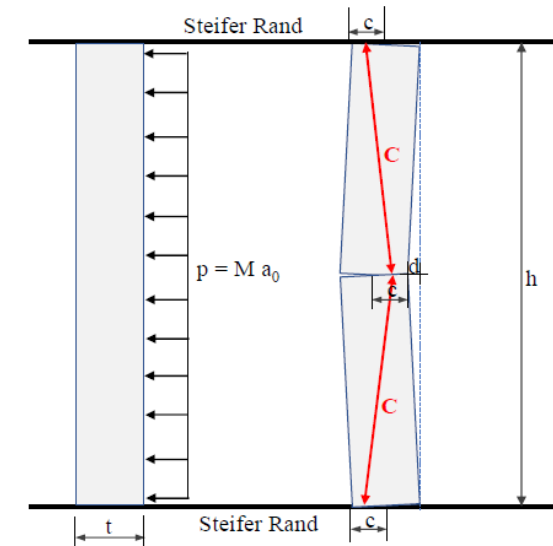
$$S_{aP,R} = 2,54 \text{ m/s}^2$$

=> Mindestwanddicke: 100 mm

Tabelle NA.D.1 — Mindestwanddicke für nichttragende Trennwände

Maximalwerte der Rohdichte ρ t/m ³	Mindestwanddicke t ^a mm							
	Spektralbeschleunigung $S_{aP,R} \cdot S \cdot \gamma_I$ m/s ²							
	≤ 2,1	2,6	3	3,6	4	4,5	5	6
0,5 bis 0,6	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	100	100	100	100	100	100	100	115
1,4	100	100	100	115	115	115	115	115
2	100	100	115	115	115	115	150	150
2,2	100	115	115	115	150	150		150

^a Folgende Bedingungen müssen eingehalten sein:
 — Die Deckendicke der Stahlbetondecke beträgt mindestens 18 cm.
 — Die maximale Höhe der nichttragenden Trennwände beträgt im Erdgeschoss $h = 3,5 \text{ m}$ und in allen weiteren Geschossen $h = 3,0 \text{ m}$.
 — Die angegebene Mindestwanddicke bezieht sich auf die Dicke des Mauerwerks ohne Putz.
 — Die Trennwand ist am Wandfuß und Wandkopf vollflächig mit Kontaktschluss durch Normalmauermörtel mindestens Gruppe M2,5 oder Dünnbettmörtel nach DIN 20000-412 zu vermörteln.



Nichttragende Außenschalen – Nachweis NA.D

Nachweis Vormauerschale: $t = 115 \text{ mm}$, $\rho = 1,6 \text{ t/m}^3$

$$P_E = 1,1 \cdot \rho \cdot t \cdot S_{ap,R} \cdot S \cdot \gamma_I = 1,1 \cdot 1,6 \cdot 0,115 \cdot 2,54 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,51 \text{ kN/m}^2$$

Geschwindigkeitsdruck: Standort Aachen: WLZ 1, Binnenland

$$q_p = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

Ankerzulassung (z.B. Bever)

Tabelle 2: Mindestanzahl der Anker je m² Wandfläche (Windzonen nach DIN EN 1991-1-4/NA)

Gebäudehöhe	Windzonen 1 bis 3 Windzone 4 Binnenland	Windzone 4 Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	Windzone 4 Inseln der Nordsee
$h \leq 10 \text{ m}$	7 ^a	8	9
$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	7 ^b	9	10
$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$	8	10	--

^a In Windzone 1 und Windzone 2 Binnenland: 5 Anker/m².
^b In Windzone 3 Küsten und Inseln der Ostsee: 8 Anker/m².

Nachweis

$$q_p = \frac{P_E}{1,2} = \frac{0,51}{1,2} = 0,43 \text{ kN/m}^2 < q_p = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

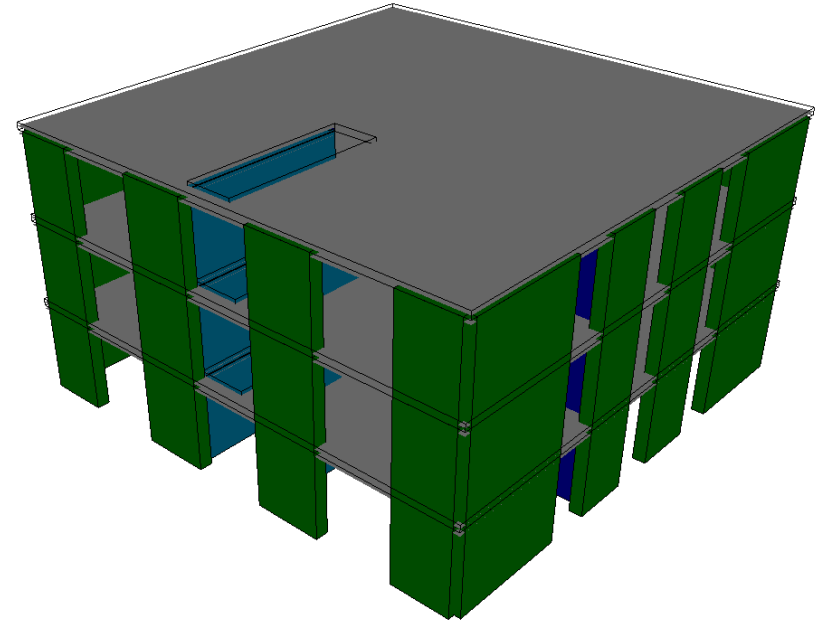
Berechnungsbeispiel 3:

Mehrfamilienhaus in dreigeschossiger Bauweise

Linearer rechnerischer Nachweis
Nichtlinearer rechnerischer Nachweise

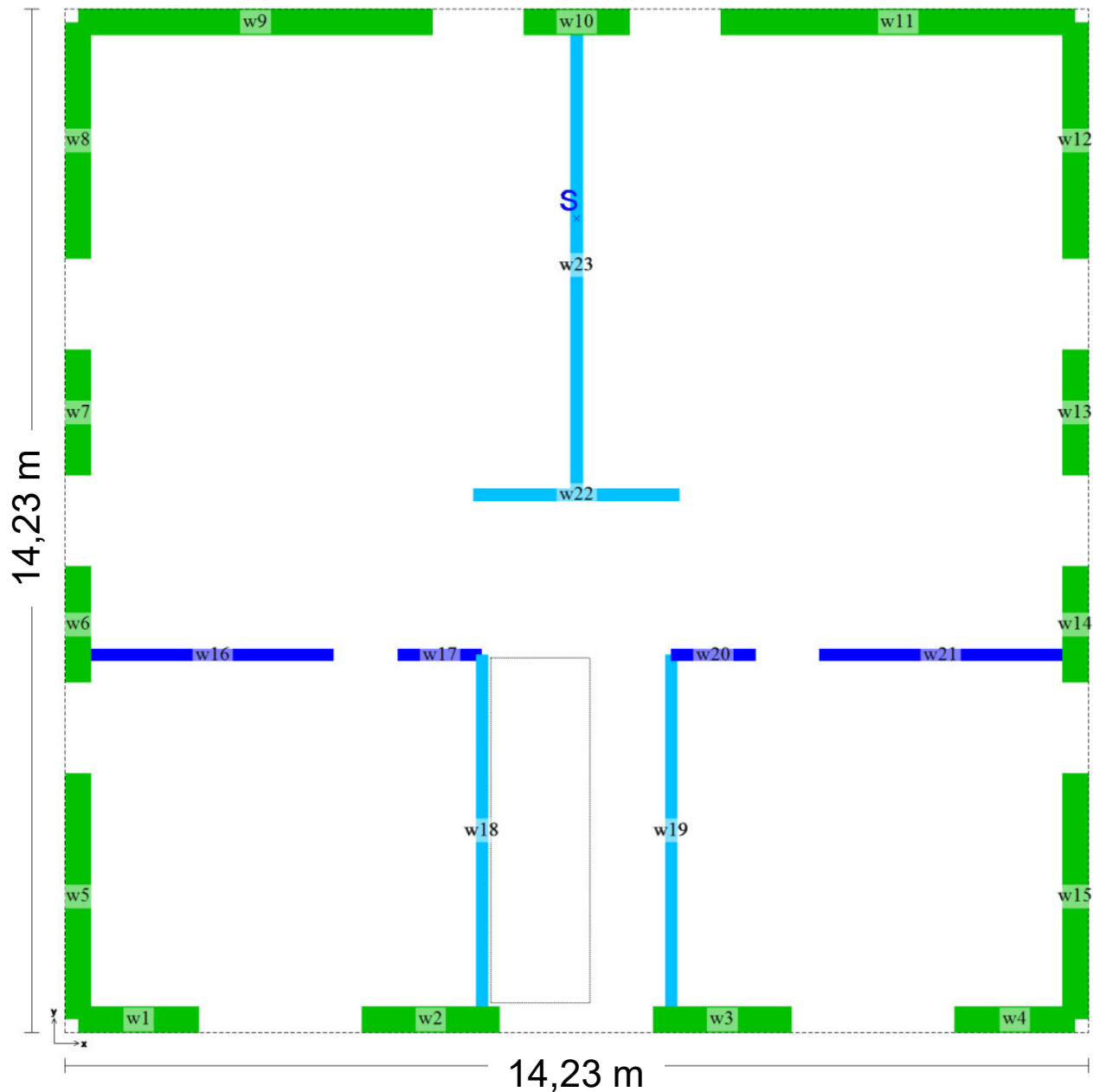
Beispiel 3: MFH mit 3 Vollgeschossen

- 3 geschossiges MFH mit Keller aus Stahlbeton
- Geschossdecken
 - Stahlbeton C 20/25, $d = 20$ cm
- Geschosshöhe: 2,75 m
- Außenwände: Hochlochziegel, $t = 365$ mm SFK 10, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Innenwände: Innenwandziegel, $t = 175$ mm SFK 12, Rohdichte 0,9, Dünnbettmörtel
- Erdbebeneinwirkung
 - UK B-T
 - BK II, $\gamma_I = 1,0$
 - $S_{aP,R} = 1,30 \text{ m/s}^2$



Beispiel 3: Grundriss MFH mit 3 Vollgeschossen

Grundriss



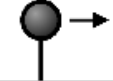



Beispiel 3: MFH mit 3 Vollgeschossen

Stockwerksmassen

Stockwerk	A_G [m ²]	g_k [kN/m ²]	q_{k1} [kN/m ²]	$\psi_{2,1}$ [-]	q_{k2} [kN/m ²]	$\psi_{2,2}$ [-]	M_w [t]	φ [-]	M_{St} [t]
1	195,88	6,00	2,70	0,30	0,00	0,00	42,88	0,70	174,01
2	195,88	6,00	2,70	0,30	0,00	0,00	42,88	0,70	174,01
3	195,88	8,20	2,70	0,30	0,45	0,50	21,44	1,00	205,84

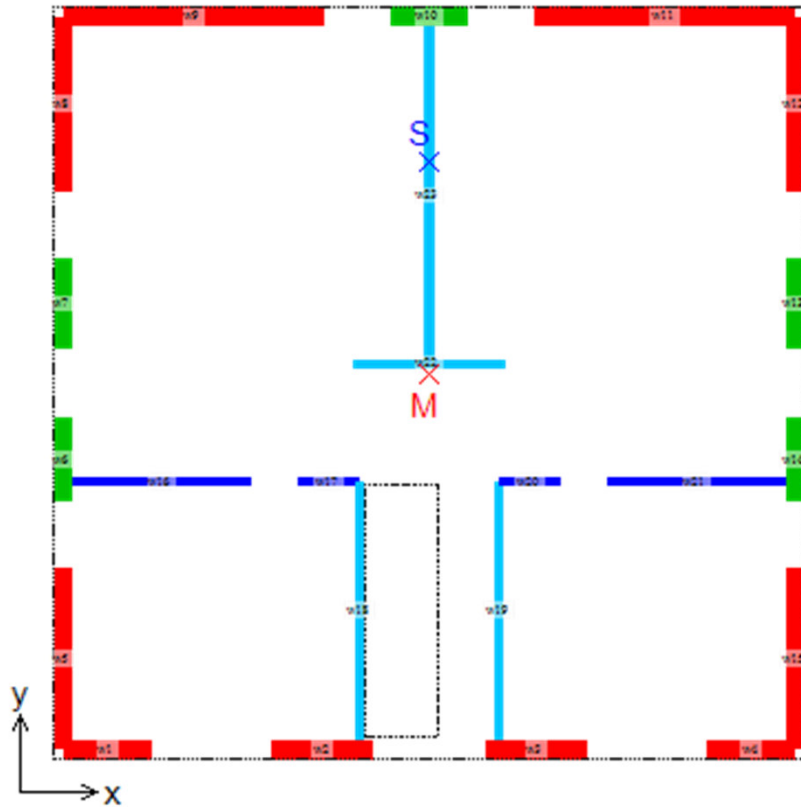
Stockwerkskräfte für $q = 1,5$

	Stockwerk	Stockwerkskräfte [kN] x-Richtung	Stockwerkskräfte [kN] y-Richtung
	3	221,10	221,10
	2	124,61	124,61
	1	62,30	62,30
	Σ	408,00	408,00

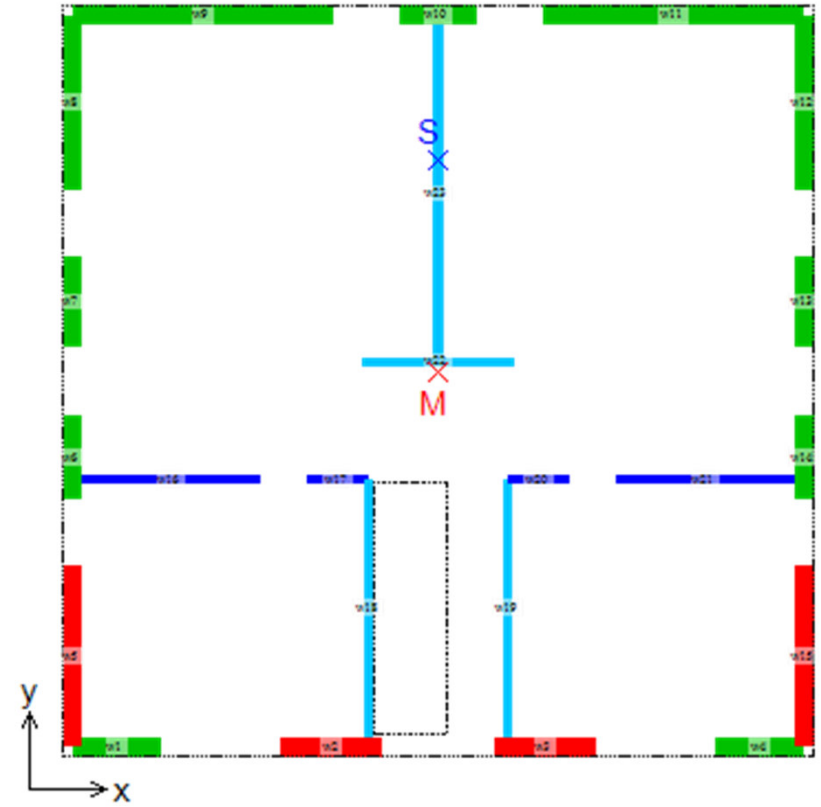
Beispiel 3: Nachweisergebnisse: $q = 1,5$ und $q = 1,7$, Kragarmmodell

$$S_{ap,R, \max} = 1,3 \text{ m/s}^2$$

DIN 4149, $q = 1,5$



DIN EN 1998-1/NA-2021, $q = 1,7$



➔ **Nachweise sind nicht erfüllt!**

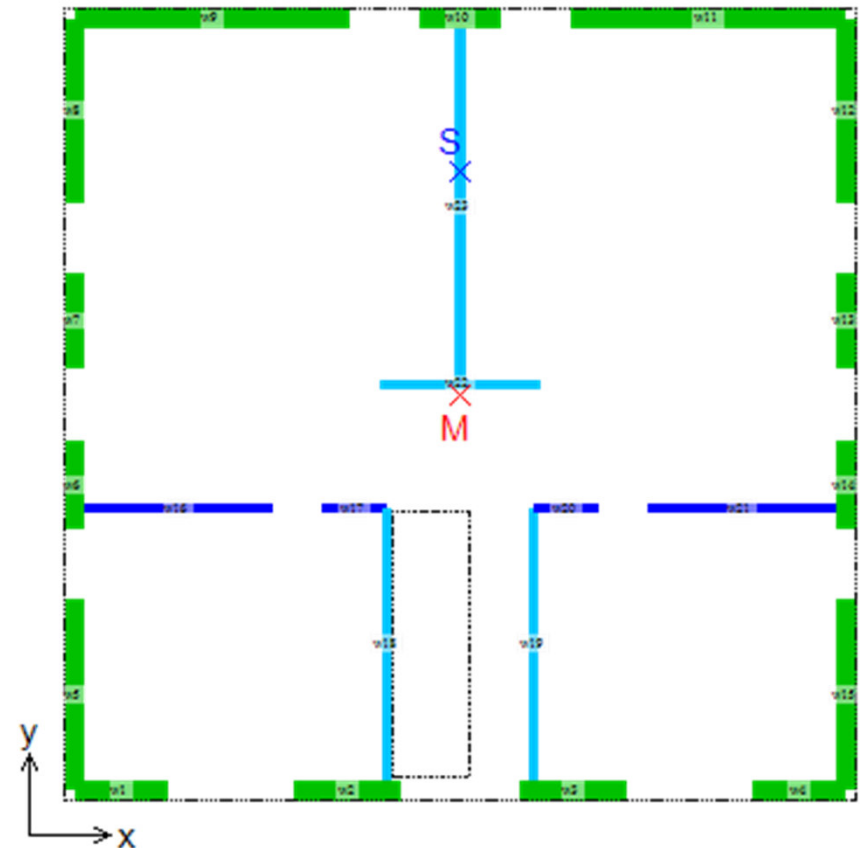
Beispiel 3: Nachweisergebnisse: $q = 1,96$, Kragarmmodell

Verhaltensbeiwert, $q = 1,96$

Mauerwerksart	Wandgeometrie	
	$h/l^a \leq 1$	$h/l^a \geq 1,6$
Unbewehrt ^{b,c,d}	1,7 · α_w/α_1	2,0 · α_w/α_1
Eingefasst	2,0	2,5
Bewehrt	3,0	

$$q = q_0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,7 \cdot 1,15 = 1,96$$

DIN EN 1998-1/NA-2021
 $q = 1,96$



Nachweise sind erfüllt!

Beispiel 3: Ansatz der Rahmentragwirkung (MINEA)

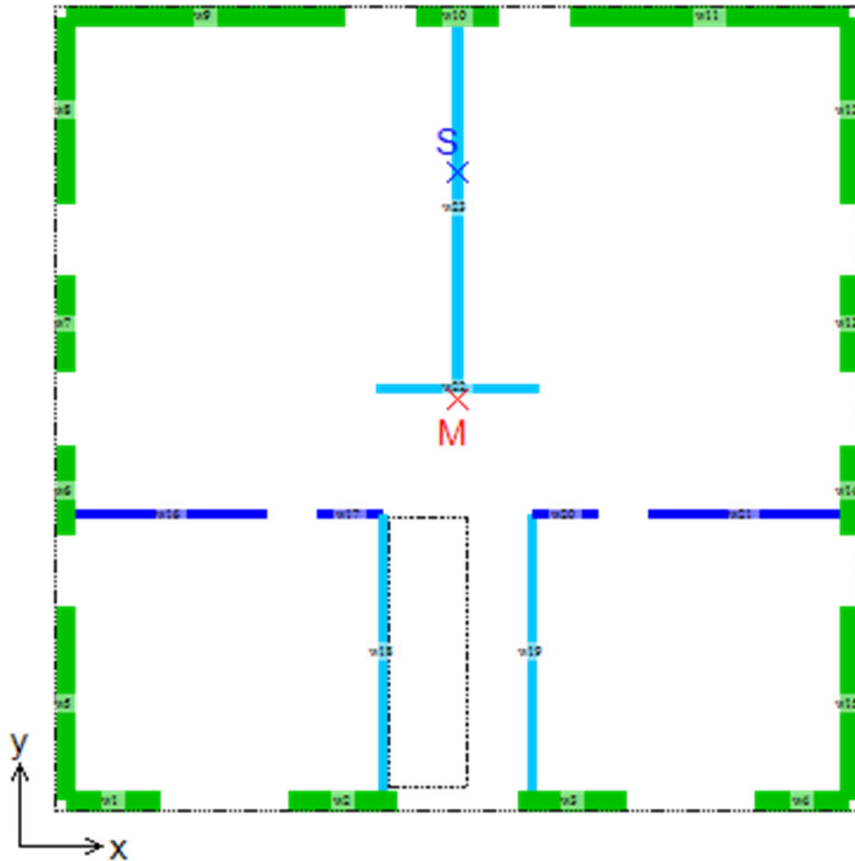


Kennwerte zur Beschreibung der Momentenverteilung

Wand	Mitw. Plattenbr. [m]	Freie Wandl. [m]	ψ Stockwerk 1 [-]	ψ Stockwerk 2 [-]	ψ Stockwerk 3 [-]
w1	0,71	2,26	1,41	0,90	0,53
w2	0,93	2,26	1,48	0,89	0,52
w3	0,93	2,26	1,48	0,89	0,52
w4	0,71	2,26	1,41	0,90	0,53
w5	0,92	1,26	1,76	1,11	0,68
w6	0,72	1,26	1,23	0,81	0,53
w7	0,72	1,26	1,32	0,85	0,55
w8	0,90	1,26	1,75	1,10	0,68
w9	1,17	1,26	1,92	1,23	0,73
w10	0,70	1,26	1,13	0,78	0,51
w11	1,17	1,26	1,92	1,23	0,73
w12	0,90	1,26	1,75	1,10	0,68
w13	0,75	1,26	1,30	0,84	0,53
w14	0,72	1,26	1,23	0,81	0,53
w15	0,92	1,26	1,76	1,11	0,68
w16	1,45	0,89	1,52	0,92	0,57
w17	0,72	0,89	0,84	0,66	0,47
w18	1,80	0,01	1,57	0,97	0,61
w19	1,80	0,01	1,57	0,97	0,61
w20	0,72	0,89	0,84	0,66	0,47
w21	1,45	0,89	1,52	0,92	0,57
w22	2,96	5,50	2,02	1,20	0,54
w23	2,31	0,01	1,69	1,07	0,67

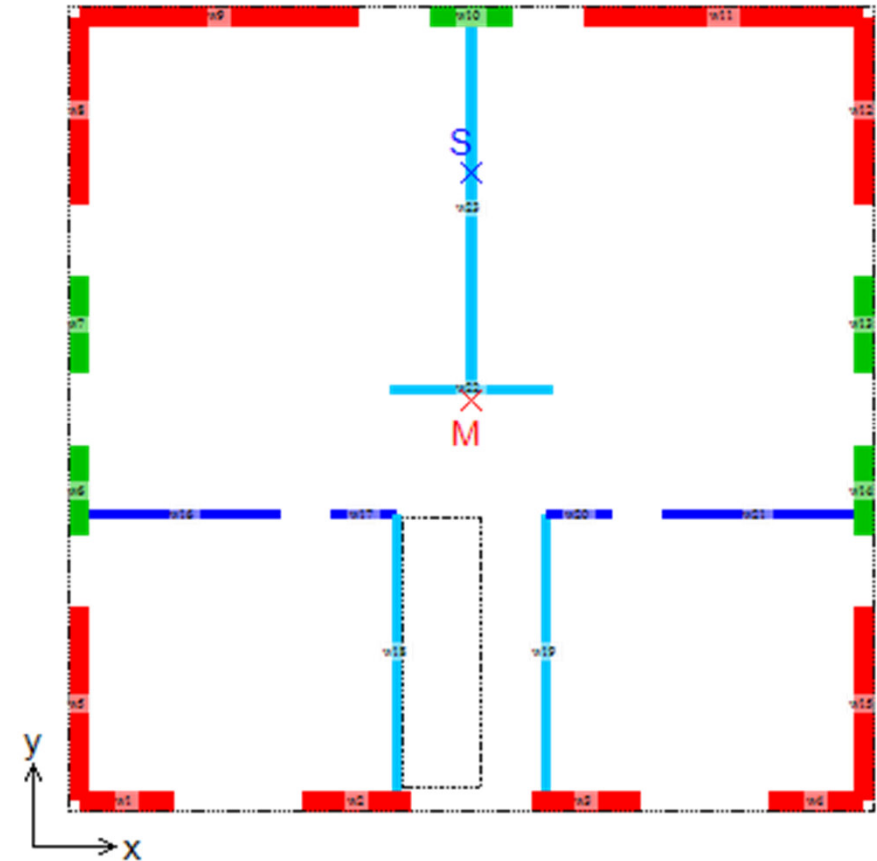
Beispiel 3: Nachweisergebnisse: $q = 1,96$, Einfluss Rahmenwirkung

Mit Rahmentragwirkung
 $\max S_{aP,R} = 1,65 \text{ m/s}^2$



Nachweise sind erfüllt!

Ohne Rahmentragwirkung
 $\max S_{aP,R} = 1,65 \text{ m/s}^2$

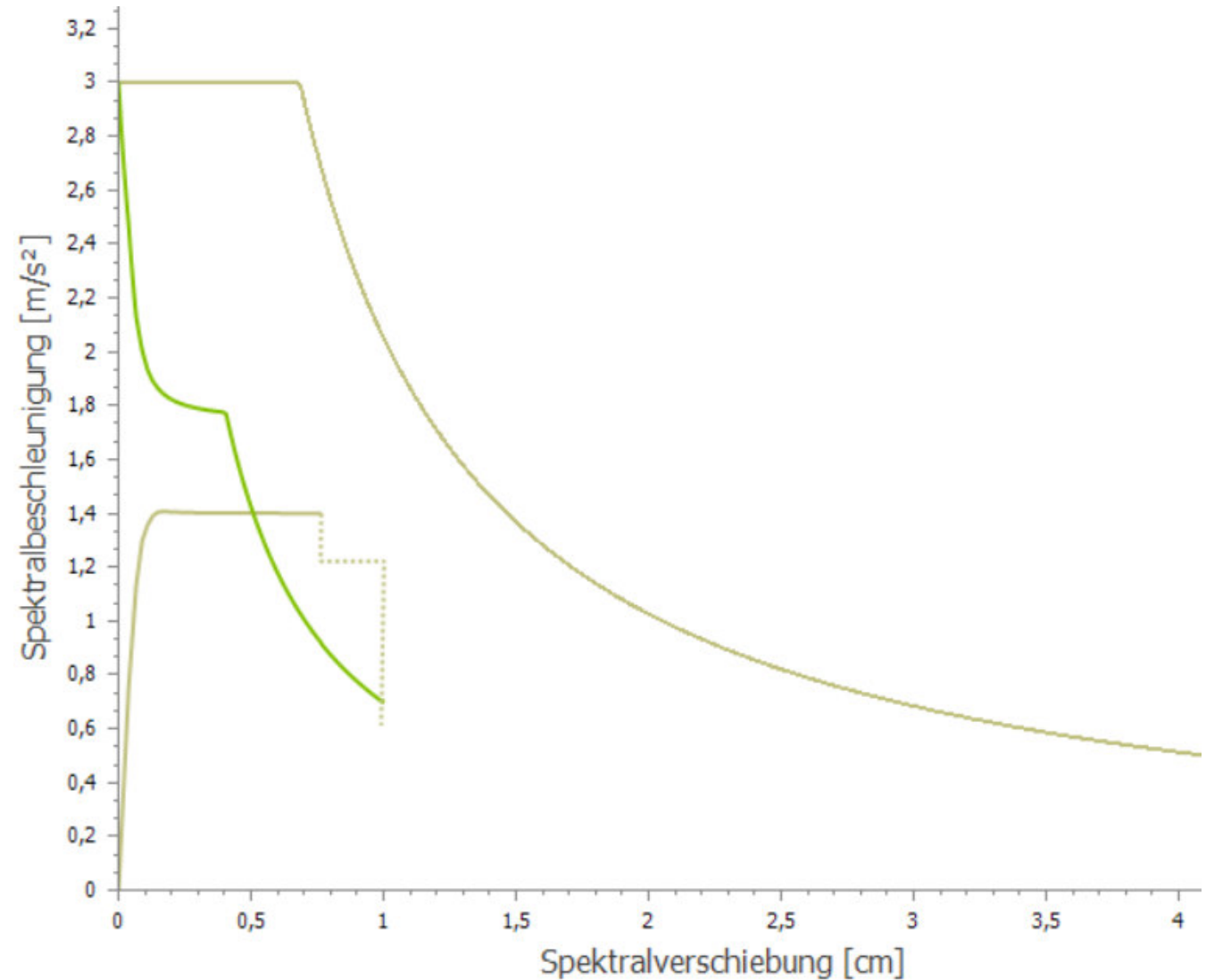


Nachweise nicht erfüllt!

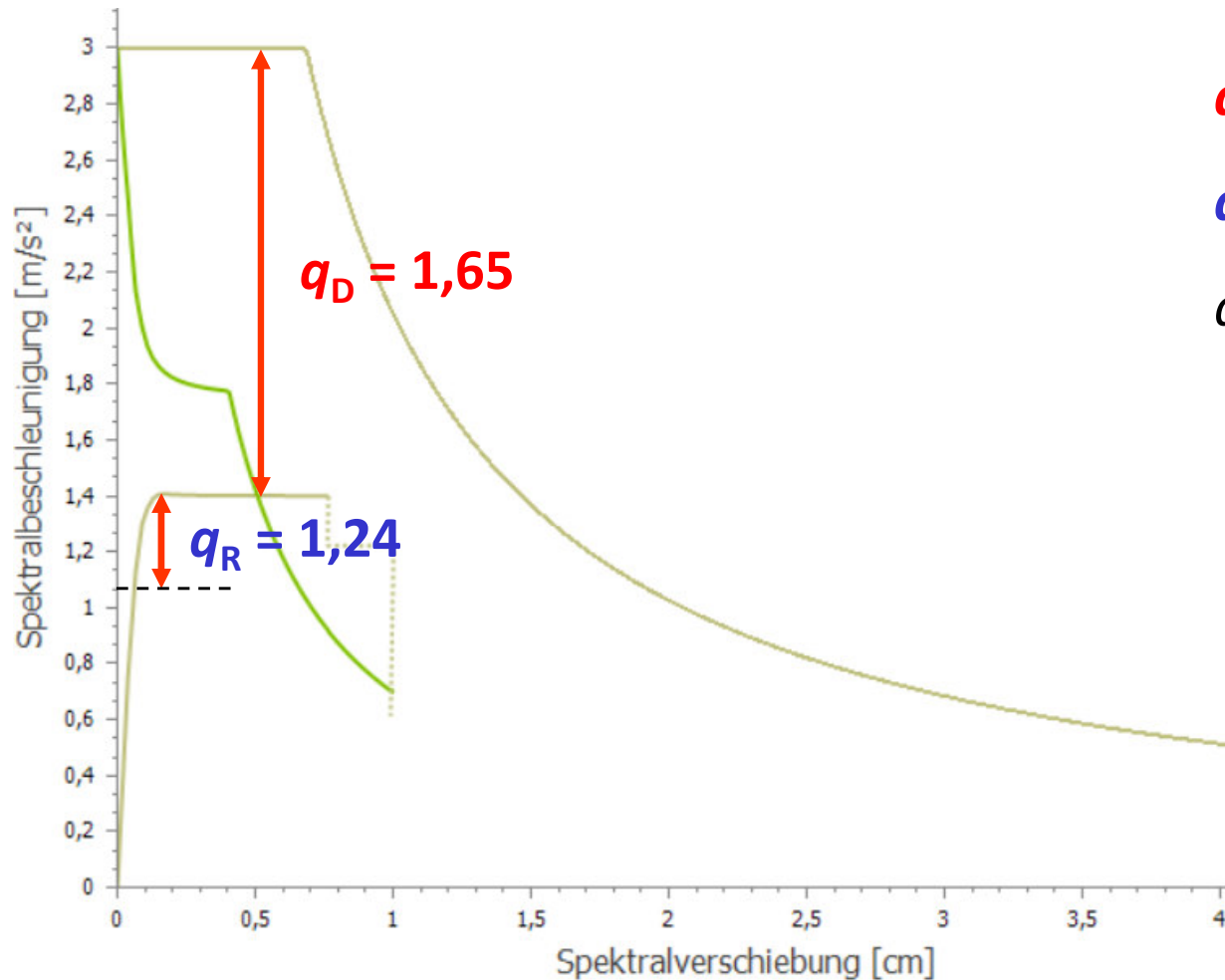
Beispiel 3: Nachweisergebnisse: Erhöhte Verhaltensbeiwerte

Vollständig nichtlineare Berechnung

$$S_{ap,R, \max} = 3,0 \text{ m/s}^2$$



Beispiel 3: Herleitung erhöhter Verhaltensbeiwerte



$$\left. \begin{array}{l} q_D = 2,14 \\ q_R = 1,24 \\ q_S = 1,0 \end{array} \right\} q = 2,65$$

Beispiel 3: Lineare Nachweisergebnisse: Erhöhte Verhaltensbeiwerte

Maximal aufnehmbare Spektralbeschleunigung für $q = 2,65$ + Rahmenwirkung

$$S_{ap,R} = 2,23 \text{ m/s}^2$$

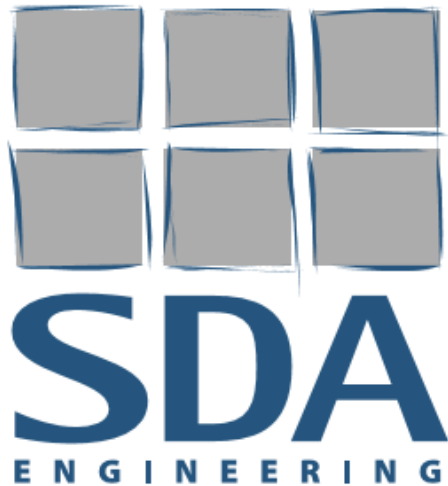
Maximal aufnehmbare Spektralbeschleunigung für $q = 1,96$ + Rahmenwirkung

$$S_{ap,R} = 1,65 \text{ m/s}^2$$

 **Nachweise sind erfüllt!**

Zusammenfassung

- **Neue digitale Erdbebengefährdungskarten**
 - Spektralbeschleunigungen $S_{aP,R}$ und geologische Untergrundklassen
 - Nachweisweise erforderlich ab: $S_{aP,R} > 0,6 \text{ m/s}^2$ (BK I - IV)
- **Berechnung und Nachweis**
 - Erdbebengerechter Entwurf ermöglicht vereinfachten konstruktiven Nachweis
 - Rechnerischer linearer Nachweis mit höheren Verhaltensbeiwerten
 - Nichtlinearer Nachweis
- **Vereinfachte Auslegungsregeln nach Anhang NA.D**
 - Vereinfachter Ansatz Erdbebenkräfte
 - Vereinfachte Nachweise Trennwände und Vormauerschalen
 - Vollständiger Verzicht auf rechnerische Nachweise



SDA-engineering
Ingenieurgesellschaft mbH
Kaiserstraße 100, TPH III – B
52134 Herzogenrath
Fon: +49-2407 - 5 68 48-0
Fax: +49-2407 - 5 68 48-29
www.sda-engineering.de

Prof. Dr.-Ing. Christoph Butenweg

butenweg@sda-engineering.de

**Vielen Dank für
die Aufmerksamkeit!**

