

Praktische Ansätze in der Erdbebenbemessung

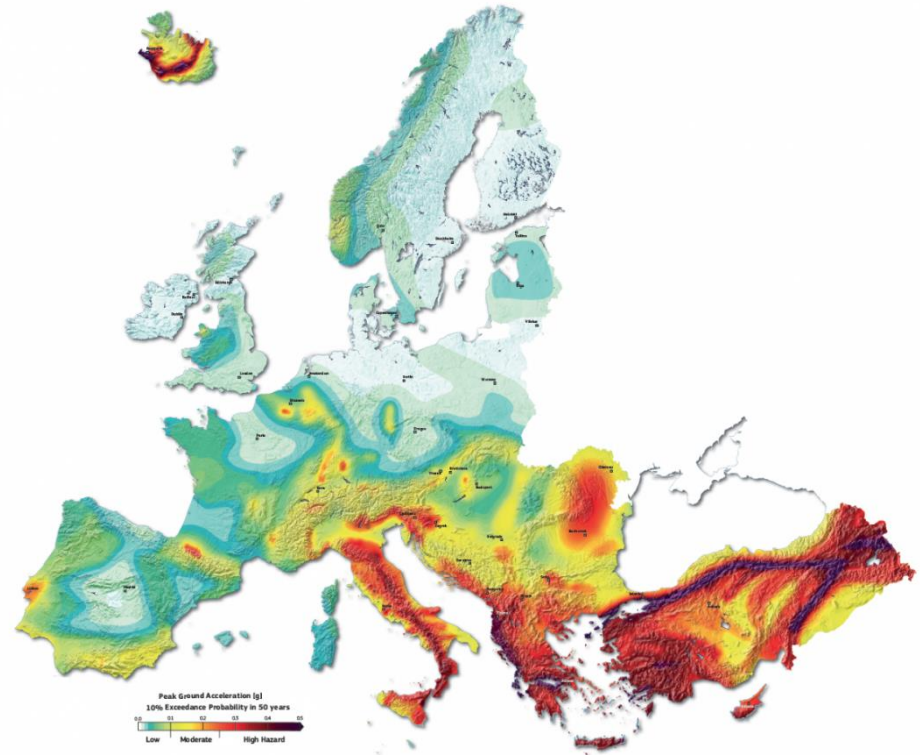
Markus Wallner-Novak

17. Holzbau Statik Stammtisch
11.11.2014

Erdbebenbemessung nach EC 8

- Allgemein
 - Einwirkung
 - Berechnung
 - Modellbildung
 - Torsion
 - Kombination der Auswirkungen

- Holzbau



Einwirkung

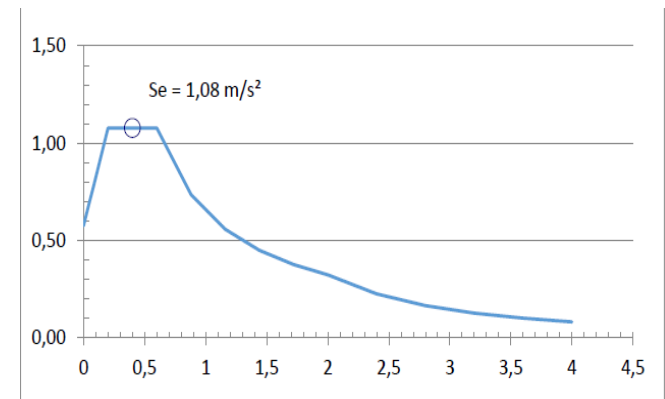
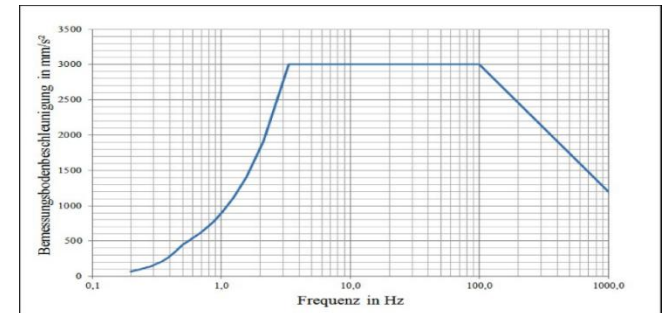
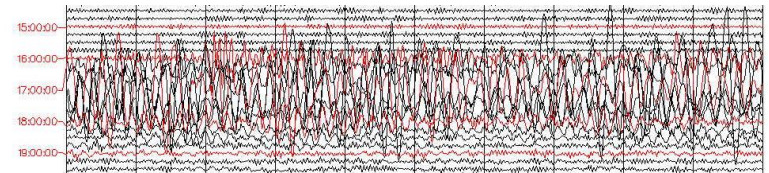


Abb. 2 Spektrum der Erdbeneinwirkung



Berechnung

▪ Berechnung im Zeitbereich

- Erfassung der dynamischen Auswirkungen durch Berechnung der statischen Zustände in Zeitschritten Δt .

▪ Berechnung im Frequenzbereich

- Bestimmung des Antwortverhaltens des Tragwerks in seinen Eigenfrequenzen.



Modellbildung

1. Vereinfachtes Antwortspektrumverfahren

Die erste Eigenform ist wegen der Schubverformungen annähernd linear.

Die Wandscheiben im Grundriss werden

- a) als zwei getrennte ebene Modelle mit Federn in jeweils eine Richtung

- b) als System von Federn mit tatsächlicher Lage der Wandscheibe abgebildet



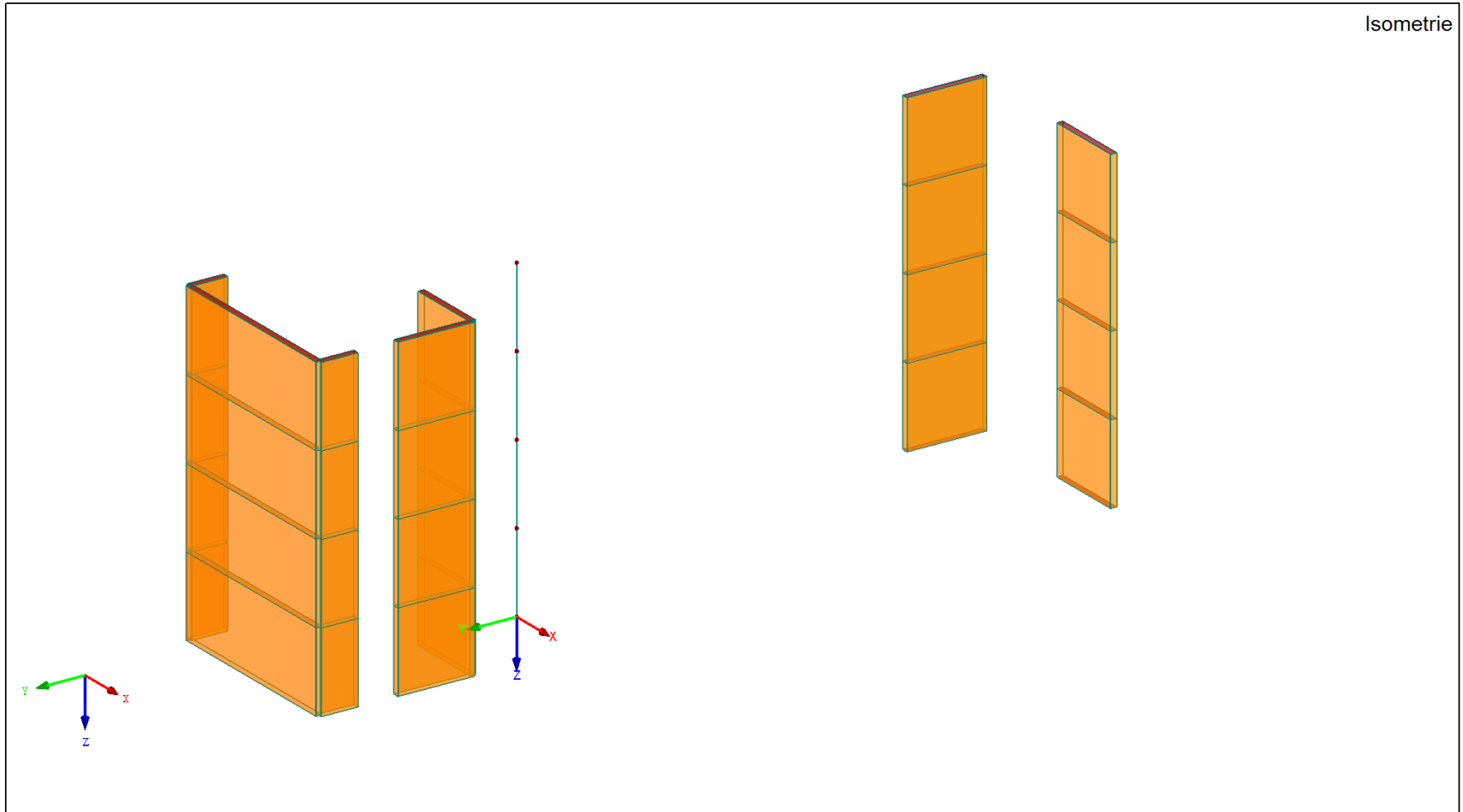
Modellbildung

2. Modales Antwortspektrumverfahren

- a) als zwei getrennte ebene Modelle mit Federn in jeweils eine Richtung
- b) als schubweichen 3D-Stab mit Querschnittswerten aus der Betrachtung der Wandscheiben
- c) als 3D-Flächentragwerk



3D-Stab



3D-Stab – Eigenformen

DYNAM FA1
 Eigenform Nr. 3 - 1.92838 Hz
 Eigenschwingung u

Isometrie

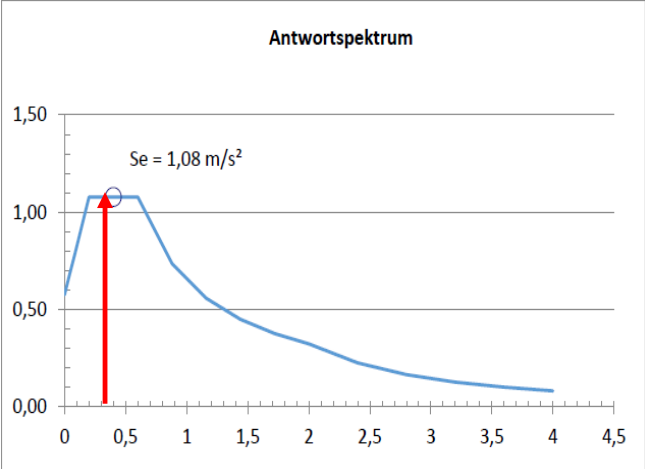
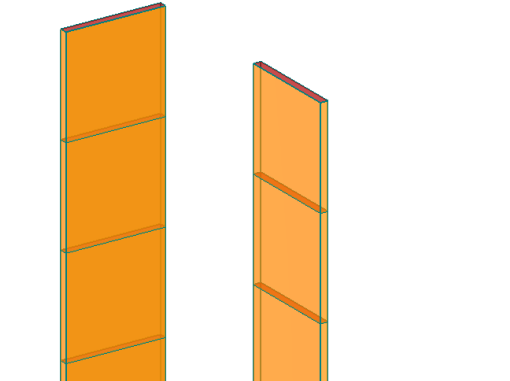
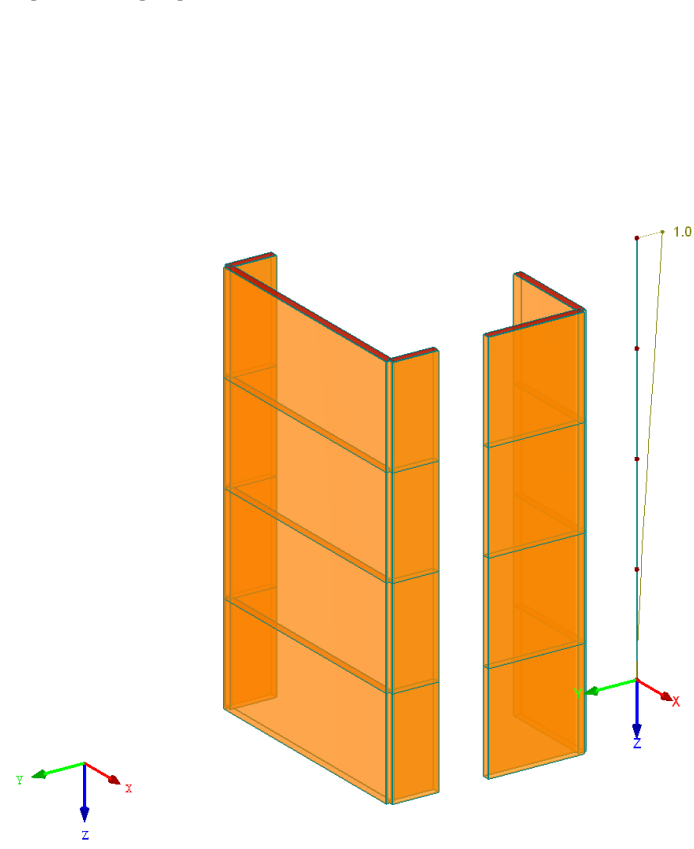


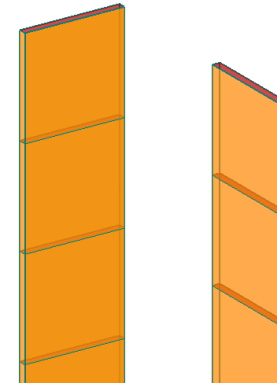
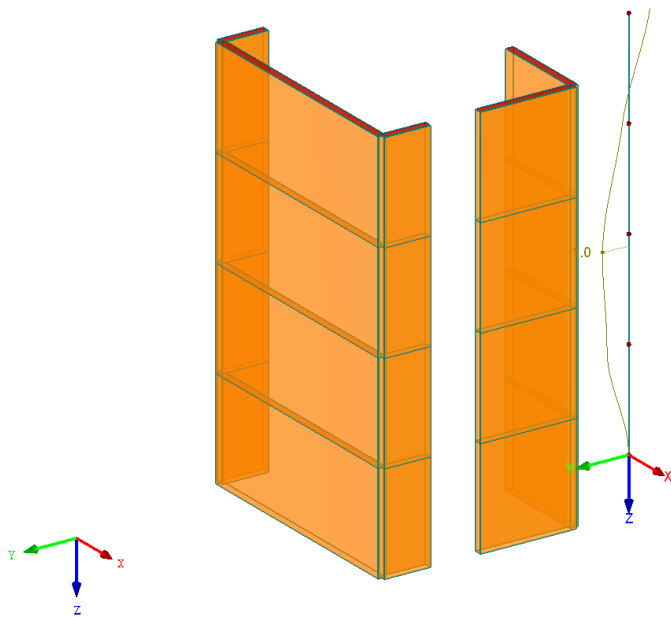
Abb. 2 Spektrum der Erdbebeneinwirkung

Kreisfrequenz: 12.116 [rad/s]

3D-Stab – Eigenformen

DYNAM FA1
Eigenform Nr. 7 - 6.82365 Hz
Eigenschwingung u

Isometrie



Kreisfrequenz: 42.874 [rad/s]

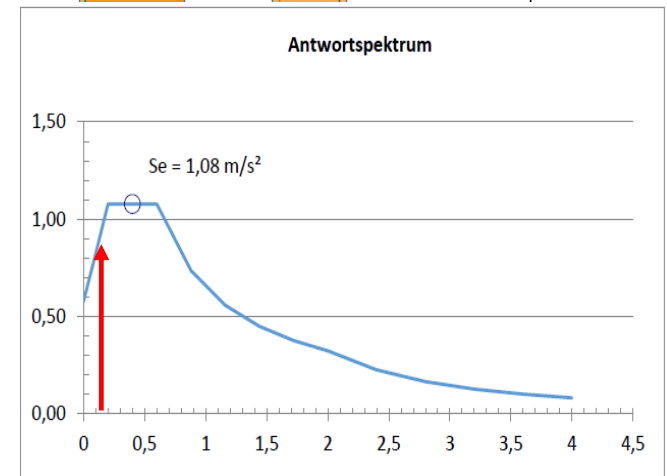


Abb. 2 Spektrum der Erdbebeneinwirkung



3D-Stab – Modale Massenanteile

- Überlagerung der Modalen Massen bis 90% der Gesamtmasse

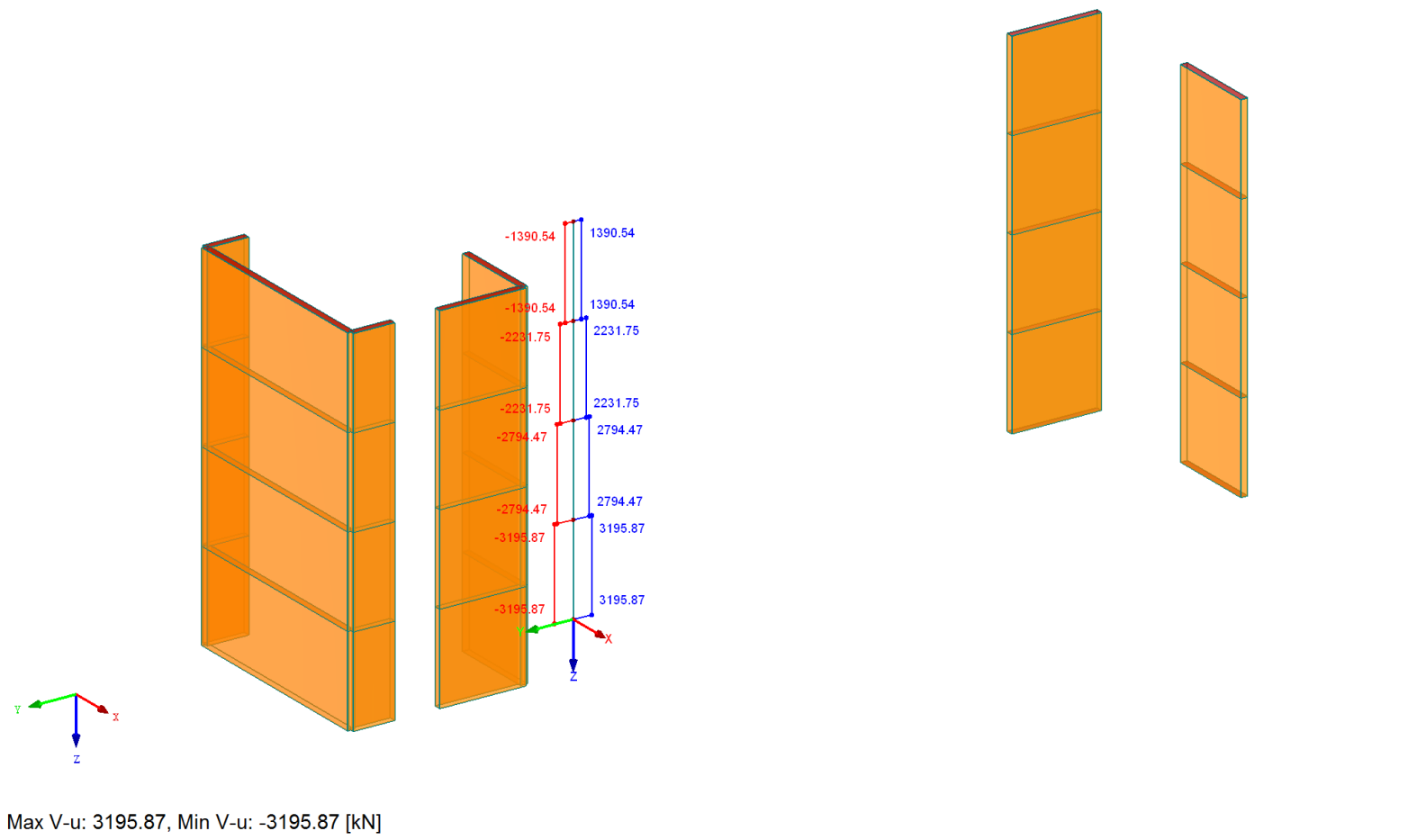
2.5 Ersatzmassenfaktoren										
Eigen-Nr.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Modale Masse M_i [kg]	Beteiligungsfaktor			Ersatzmasse			Summe von Ersatzmassenfaktoren		
		L_{ix} [kg]	L_{iy} [kg]	L_{iz} [kg]	m_{ex} [kg]	m_{ey} [kg]	m_{ez} [kg]	Σf_{meX} [-]	Σf_{meY} [-]	Σf_{meZ} [-]
1	1388545.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	1632861.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
3	248275.02	15233.1	-335459	0.00	934.64	453258.8	0.00	0.002	0.780	0.000
4	1341384.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.780	0.000
5	1313317.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.780	0.000
6	291460.65	379650.	17239.8	0.00	494525.5	1019.73	0.00	0.853	0.782	0.000
7	352352.62	-8885.6	195676.	0.00	224.08	108667.5	0.00	0.853	0.969	0.000
8	400777.87	-169961	-7717.9	0.00	72076.93	148.63	0.00	0.977	0.969	0.000
9	293716.12	-3219.8	70907.4	0.00	35.30	17118.12	0.00	0.977	0.998	0.000
10	307689.14	-1385.1	30504.1	0.00	6.24	3024.17	0.00	0.977	1.004	0.000
Summe					567802.7	583237.0	0.00			



3D-Stab – Schnittkräfte

DK1
Schnittgrößen V-u

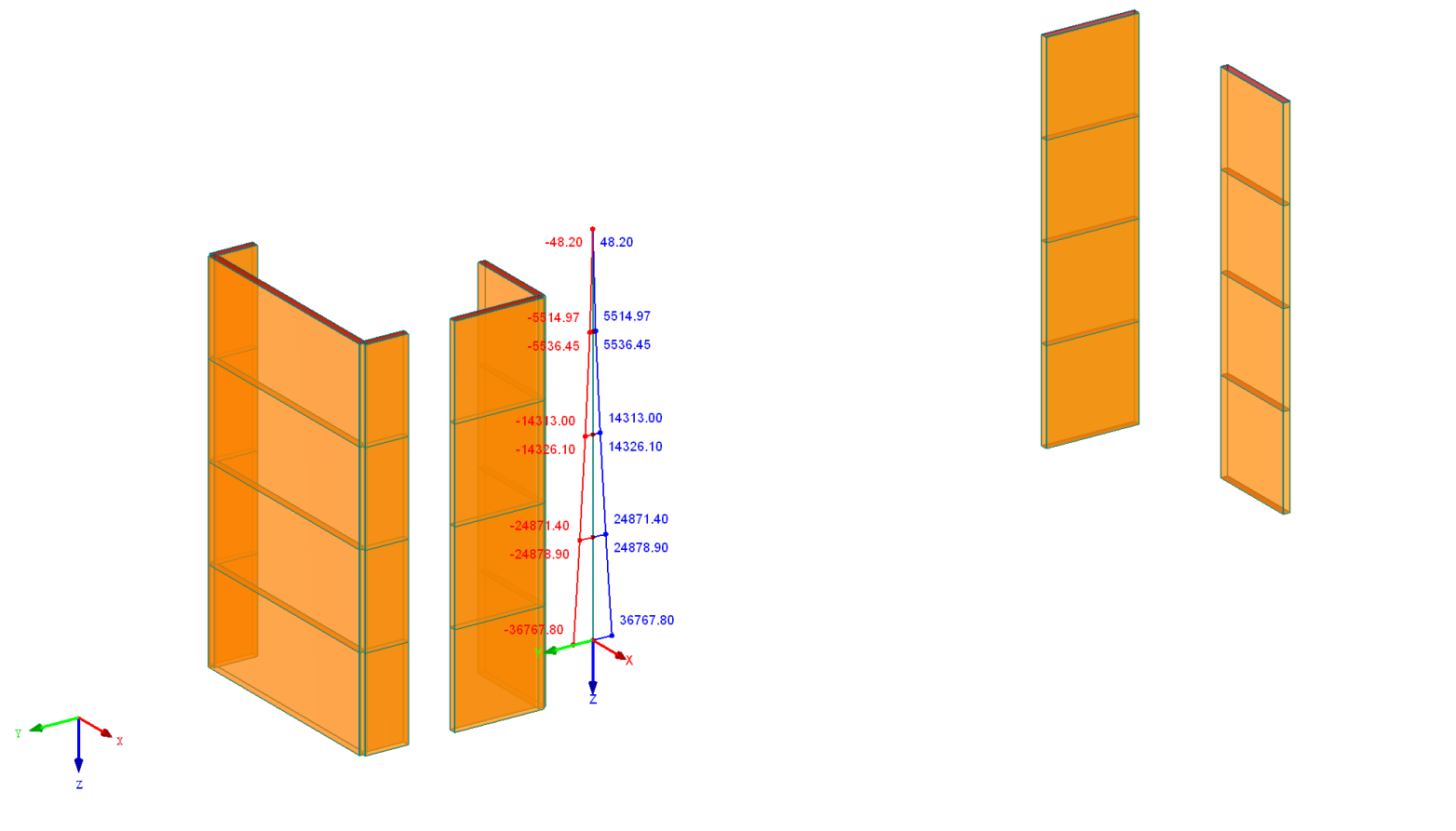
Isometrie



3D-Stab – Schnittgrößen

DK1
Schnittgrößen M-v

Isometrie



Max M-v: 36767.83, Min M-v: -36767.83 [kNm]

Torsion

Allgemein

- Zufällige Ausmitte der Massen: 5% der Gebäudelänge

Berücksichtigung

- bei zwei getrennten ebenen Modellen
 - Erhöhung der Scheibenkraft mit dem Einflussfaktor

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot \frac{x}{L_e}$$

- sonst
 - Berücksichtigung mit 5% Ausmitte im Grundriss



Kombination der Auswirkungen

Allgemein

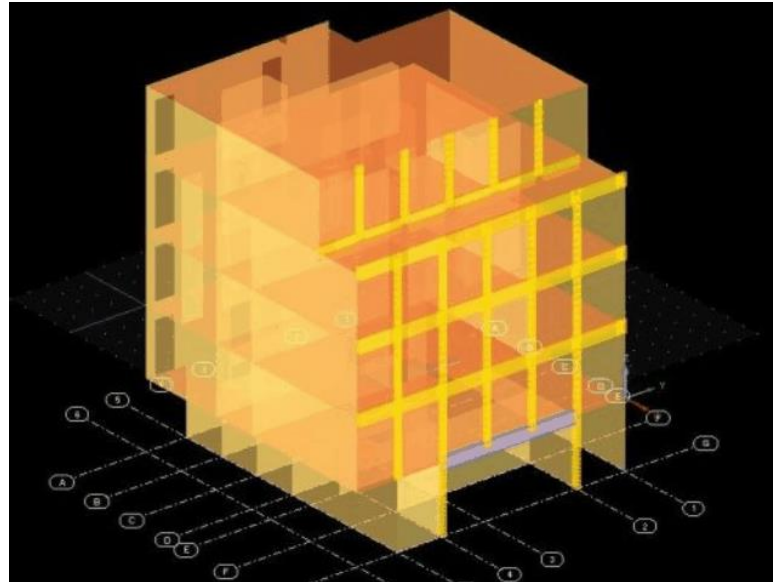
- $1,0 \cdot F_x \oplus 0,3 \cdot F_y$
- $0,3 \cdot F_x \oplus 1,0 \cdot F_y$

- Bei regelmäßigem Grundriss
 - $1,0 \cdot F_x \oplus 0,0 \cdot F_y$
 - $0,0 \cdot F_x \oplus 1,0 \cdot F_y$

- untergeordnete Rolle der Vertikallasten



Anwendung im Holzbau



Verhaltensbeiwert (Tab. 8.1)

- **Kragstrukturen (Türme)**
DCL geringes Einergiedissipationsvermögen
 $q \geq 1,5$
- Wandscheiben aus **Brettsperrholz**
DCM mittleres Energiedissipationsvermögen
 $q = 2$
- **Holzrahmenbau**
DCH hohes Energiedissipationsvermögen
,Genagelte Wandscheiben mit verleimten Schubfeldern
mit Nagel oder Schraubverbindungen'
 $q = 3$



Holzbau – Weg 1: Quasi-statisch

Regelmäßigkeit im Aufriss ist gegeben

Erste Eigenschwingdauer liegt unter 2 sec.

1. Bemessungsspektrum (Plateauwert)
2. Masse gewichtet nach Höhe über dem Boden
→ Quasi-Statistische Ersatzlast
3. Verteilung auf die Scheiben im Grundriss
Fx, Fy mit
Berücksichtigung der ungewollten Ausmitte von 5%
4. Kombination der Auswirkungen (beide Richtungen)
bei regelmäßigem Grundriss nicht notwendig



Holzbau – Weg 2: Schwingung Stab

Regelmäßigkeit im Aufriss nicht voll gegeben

- Bemessungsspektrum (Verlauf)
- Vom Grundriss zu Querschnittswerten für den 3D-Stub
- Massen in Geschoßebenen
- Modale Analyse mit schubweichem Stub
- Kombination
- Rückrechnung auf Scheibenkräfte
- Auslegung der Verbindungen



Holzbau – Weg 3: Schwingung 3D

Regelmäßigkeit im Aufriss nicht gegeben

- Bemessungsspektrum (Verlauf)
- Volle räumliche Gebäudedefinition mit Massen in Deckenebenen.
- Sekundäre seismische Tragwerksteile vernachlässigbar
- Modale Analyse 3D:
- Kombination
- Ermittlung der resultierenden Scheibenkräfte aus den Schnittgrößenverläufen
- Auslegung der Verbindungen



Nachweis der Tragfähigkeit (8.6)

- **DCL**

Grundkombination der Einwirkungen (!)

- **DCM und DCH**

außergewöhnliche Einwirkungskombination



Deckenscheiben

- Ausführung von Beplankten Deckenscheiben immer mit hinterlegtem Stoß der Beplankung (8.5.3)
- Überfestigkeitswert für die Weiterleitung der Erdbebenkräfte von der horizontale Scheiben an die Aussteifungssysteme:
 $\gamma_d = 1,3$ - fache Lasten für Anschluss Decke/Wand



Bewertung der Rechenmodelle

Weg 1

- + Einfache Ermittlung der Einwirkung
- + Geschoßweise Betrachtung
- + nur Steifigkeitsverhältnisse (z.B. $B \sim L^{1,5}$)
- + Eine Kraft je Scheibe
- nicht tauglich, wenn Regelmäßigkeit nicht erfüllt

Wege 2 und 3

- Spektrum gesamt zu ermitteln
- erfordert Software (zumindest Schubweicher Stab 2D)
- Kenntnis der absoluten Steifigkeiten erforderlich
- Schnittgrößenverläufe für die Wandscheiben
- + allgemein Gültig
- + genauer

