



promur 2

Erkenntnisse aus dem Bericht von Dr. Salmanpour

Dr. Nebojša Mojsilović
Institut für Baustatik und Konstruktion
ETH Zürich



Einführung

- Berechnungsmethoden
- Vorgehen nach promur
- q-Faktor
- Verteilung der N-Kraft
- Verformungsvermögen



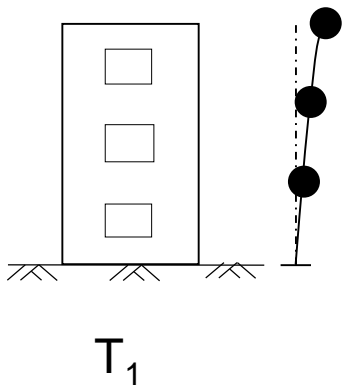
Bemessung nach SIA 266

- Kraftbasiertes Verfahren
- Beachten: Durch Unterschätzung der Steifigkeit werden die Ersatzkräfte unterschätzt

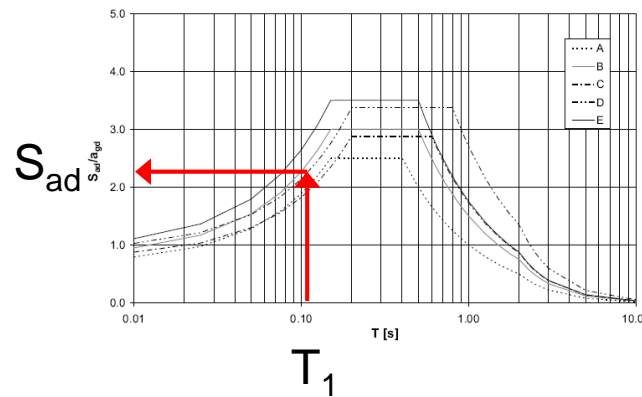
- Verformungsbasiertes Verfahren
- Beachten: Durch Überschätzung der Steifigkeit werden T_1 , S_{ud} und v_d unterschätzt

Kraftbasiertes Verfahren

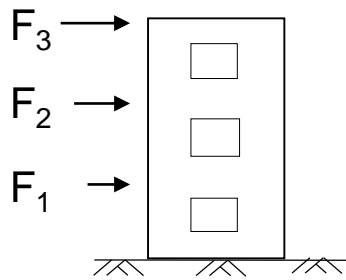
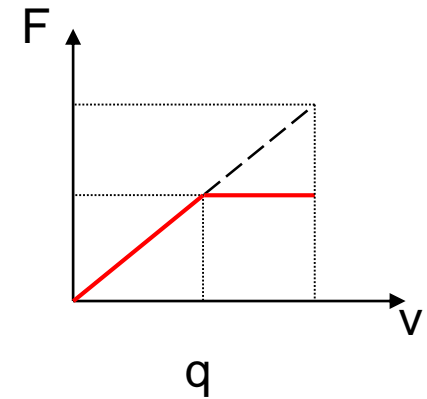
Grundschwingzeit



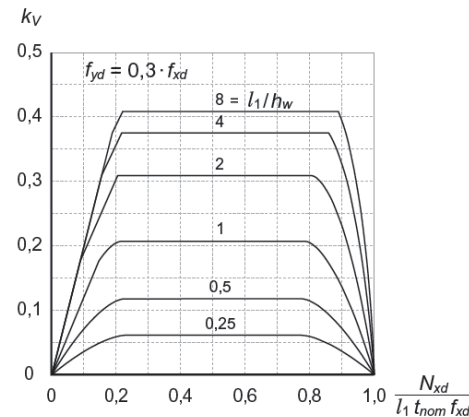
Elastischer Bemessungswert
der spektralen Beschleunigung



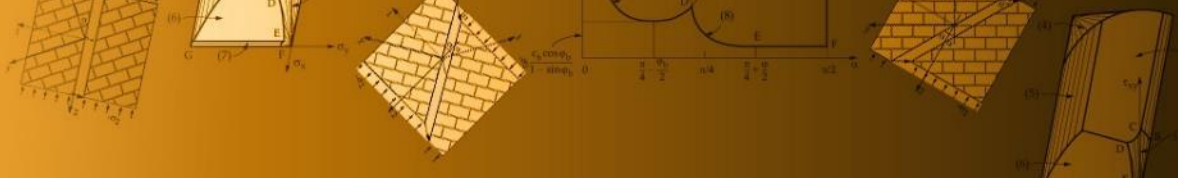
Verhaltensbeiwert
(ganze Struktur)



Ersatzkräfte $F_d = \frac{S_{ad}}{q} (G + \psi_2 Q)$



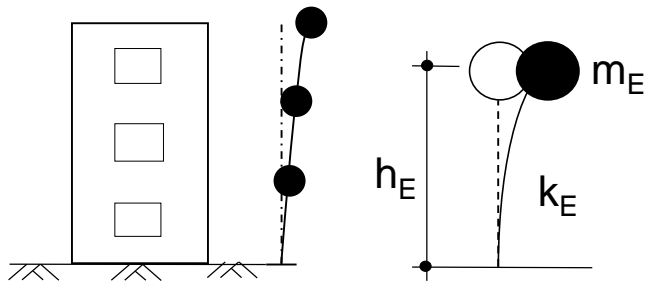
$$V_d \leq V_{Rd}$$



Verformungsbasiertes Verfahren

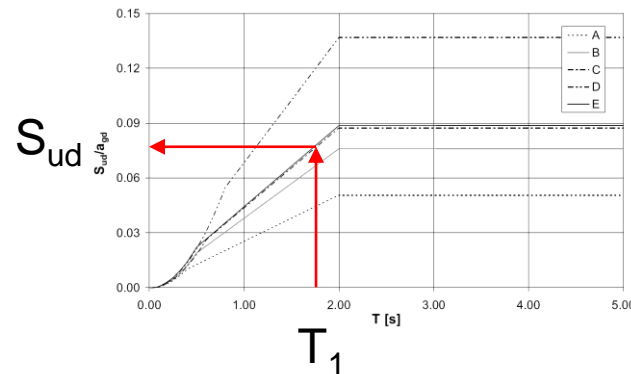
- Für das verformungsbasierte Verfahren werden als Einwirkung Antwortspektren der Verschiebung (S_{ud}) benutzt
- Verschiebungsvermögen der Wand: Bilineare Approximation (Push over Kurve)
- Verschiebungsvermögen des Gebäudes durch addieren des Vermögens einzelnen Wände
- Verschiebebedarf muss kleiner gleich als Vermögen sein

Verformungsbasiertes Verfahren



T_1 (an einem EMS)

Spektrale Verschiebung

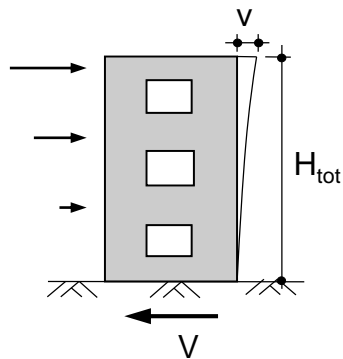


$$\Gamma = \frac{\sum m_i \cdot \phi_i}{\sum m_i \cdot \phi_i^2}$$

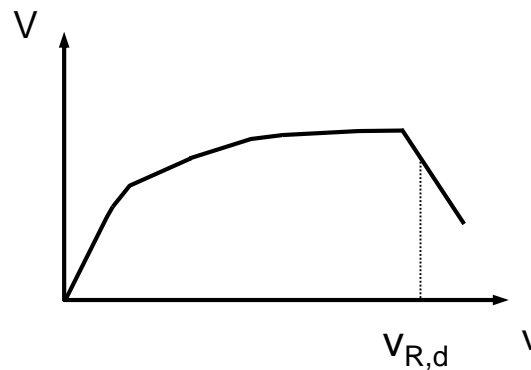
Partizipationsfaktor

$$v_d = \Gamma \cdot S_{ud}$$

Zielverschiebung
(Bedarf)



Bilineare Approximation



Verschiebungsvermögen Gebäude, $V_{R,d}$

$$v_d \leq v_{R,d}$$

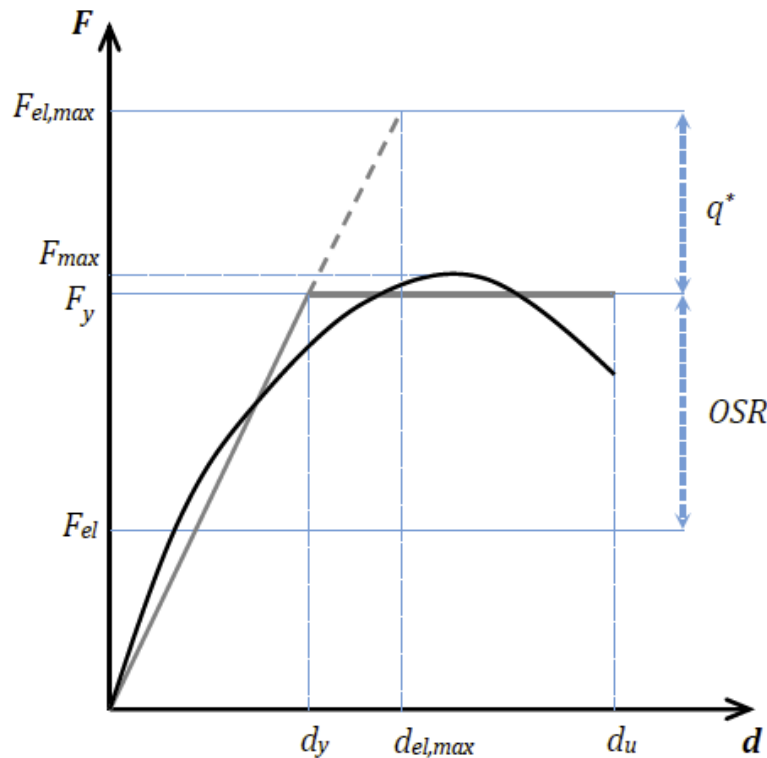


Vorgehen nach promur

- Schubtragfähigkeit wird aus kraftbasierter Pushover-Analyse bestimmt
- Diese muss grösser/gleich als der Schubbeanspruchung des äquivalenten linear elastischen Systems, dividiert durch den q -Faktor, sein
- Dadurch sind die Ergebnisse der Berechnung möglicherweise auf der unsicheren Seite



q-Faktor



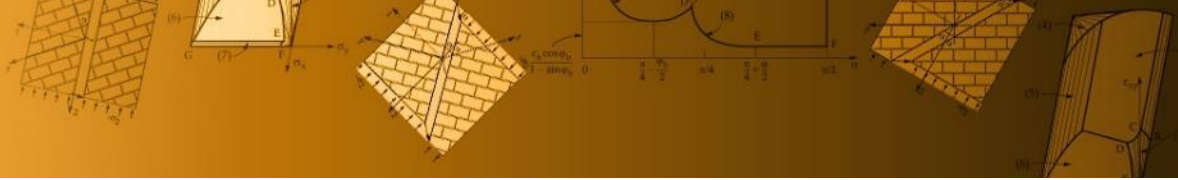
$$q = \frac{F_{el,max}}{F_{el}} = \frac{F_{el,max}}{F_y} \cdot \frac{F_y}{F_{el}} = q^* \cdot OSR$$

q^* : base value
OSR: overstrength ratio

$$F_y \approx 0.9 F_{max}$$

Eurocode 8 ist z.Z. in Revision:
neu wird q wie oben
dargestellt bestimmt

Figure 1: Definition of behaviour factor



q-Faktor

- q^* : berücksichtigt das Dissipationsvermögen nach dem Erreichen des Schubwiderstands, F_y
- OSR: berücksichtigt das Vermögen der Struktur nach dem Versagen der ersten Wand, bei F_{el} , weitere Lasten aufzunehmen
- promur berücksichtigt OSR zweimal: Reduktion der Lasten und Vergrößerung der seismischen Kapazität

Vorgehen nach promur

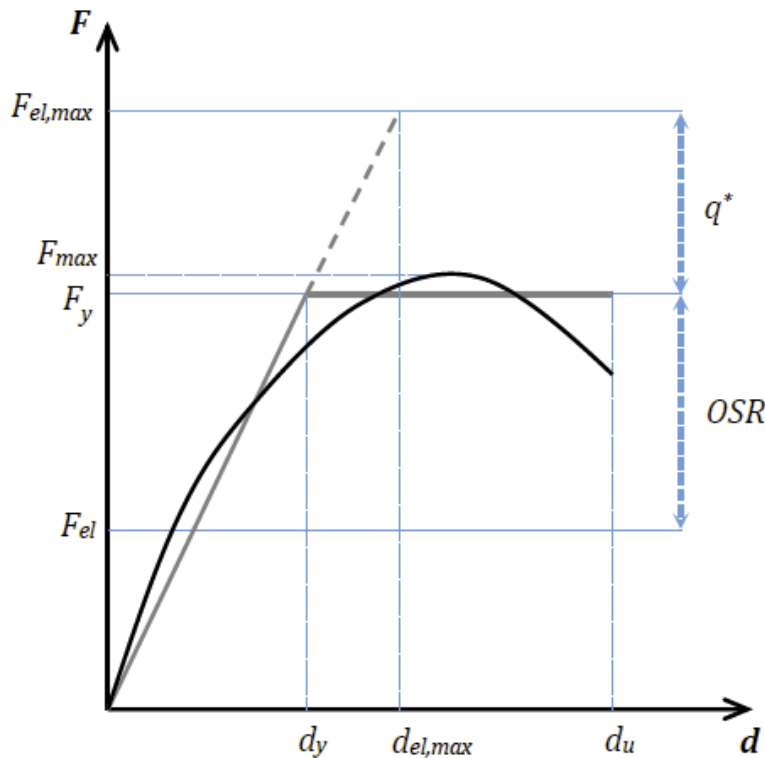
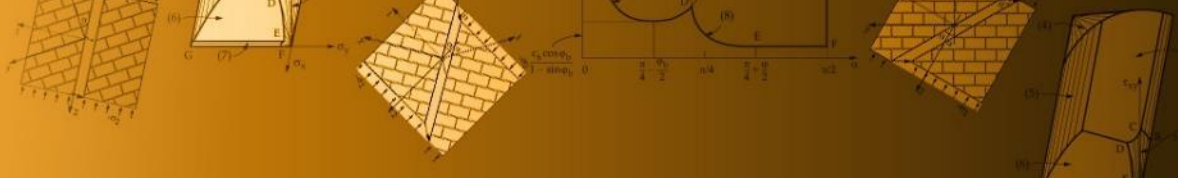


Figure 1: Definition of behaviour factor

$$F_{el} \geq \frac{F_{el,max}}{q} \quad \text{standard}$$

$$F_{max} \geq \frac{F_{el,max}}{q} \quad \text{promur}$$

$$F_{max} \geq \frac{F_{el,max}}{q^*} \quad \text{korrekt}$$



Mögliche Lösungen

- Anwendung des verformungsbasierten Verfahrens – besser, normiert (SIA 266, EC8), verlangt aber Veränderung des Programm-Codes
- Anwendung des q^* anstatt q -Faktors – einfacher, da keine Veränderung des Programms nötig, ist aber (noch) nicht normiert

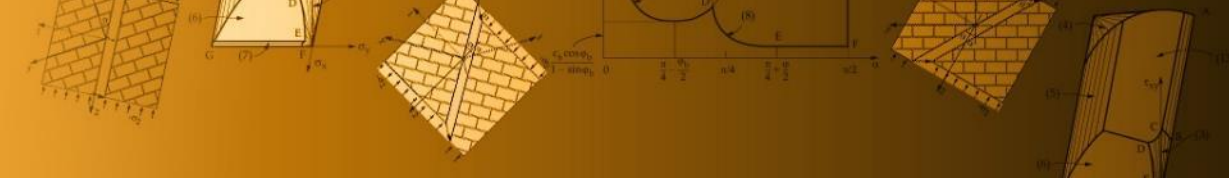
Verteilung der N-Kraft

- Problem: Versagen der bestimmten Wände unter vertikalen Lasten
- Transfer der Lasten von Decken auf die Wände (von CEDRUS ins promur) wird nicht korrekt ausgeführt
- Einfache Lösung möglich (und bekannt)



Rahmenwirkung

- In promur werden die MW-Wände für seismische Lasten nicht-linear berechnet
- Es wird angenommen, dass die Decken starr in der Ebene sind, nicht aber ausser Ebene, d.h. die Rahmenwirkung wird vernachlässigt (Ergebnisse werden zu konservativ)
- Das Gebäude wird als eine Reihe Konsolen, welche miteinander durch starre Decken verbunden sind, modelliert



Verformungsvermögen

➤ Verschiebevermögen nach promur

$$\delta_{up} = \alpha\beta / \gamma_m$$

$$0.1\% \leq \delta_{up} \leq 1.1\%$$

$$\alpha = 0.008 - \frac{0.00875 N_{xd}}{f_{xd} l_w t_w}$$

$$f_{xd} \leq 3.5 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.75 + 0.5 h_w / l_w$$

➤ Diese Formel überschätzt die in Wirklichkeit zu erreichende Werte (vor allem beim Backsteinmauerwerk)



Verformungsvermögen

Table 1: Comparison of test data and Equation 2

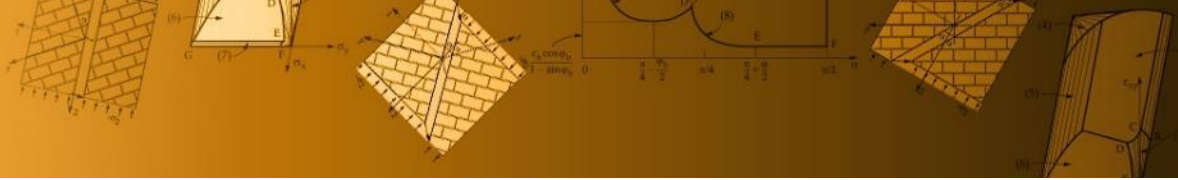
Test	l_w [mm]	h_w [mm]	$\frac{N_{xd}}{f_{xd} l_w t_w}$	$\delta_{up,test}/\gamma_m$ [%]	$\delta_{up,Eq.2}$ [%]
T1	2700	2600	0.24	0.11	0.36
T2	2700	2600	0.12	0.14	0.43
T3	2700	2600	0.48	0.08	0.23
T6	2700	2600	0.24	0.10	0.36
T7	2700	2600	0.24	0.28	0.36
PUP1	2010	2250	0.43	0.09	0.28
PUP2	2010	2250	0.43	0.17	0.28
PUP3	2010	2250	0.43	0.39	0.28
PUP4	2010	2250	0.62	0.16	0.17
PUP5	2010	2250	0.22	0.25	0.40



Verformungsvermögen

- Entsprechende Werte sind in der SIA 266 angegeben
- Alternativ, kann die Formel entwickelt von Dr. Salmanpour (in seiner Dissertation) angewendet werden (siehe auch SIA D0257)

$$\delta_u = \delta_0 \cdot \left(1 - \alpha \frac{\sigma_0}{f_x}\right) \cdot \frac{h_s}{l_w} \quad \delta_u = 0.6 \cdot \left(1 - 2.7 \frac{\sigma_0}{f_x}\right) \cdot \frac{h_s}{l_w}$$



Nächste Schritte

- Normalkrafteinleitung verbessern und die Beispiele neu berechnen
- Berücksichtigung der Rahmenwirkung
- Bestimmung der q^* durch weitere Berechnungen/Versuchsauswertungen und anschließende Implementation in promur



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

