

Berechnungsverfahren

Vergleich Antwortspektrenmethode - Pushover - Zeitverlauf

WS 2016 - Baudynamik und Erdbeben 1

- Übersicht / Einteilung / Normen
- Antwortspektrenverfahren
 - VASV
 - MASV
- Pushover-Verfahren
- Zeitverlaufsanalyse
- Zusammenfassung

- Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren (VASV)
- Multimodales Antwortspektrenverfahren (MASV)
- Pushover-Methode
- Zeitverlaufsanalyse

Kapitel im Eurocode:

EN 1998-1, 4.3.3.2

EN 1998-1, 4.3.3.3

EN 1998-1, 4.3.3.4

EN 1998-1, 4.3.3.4

Weitere nicht im Eurocode angeführte Berechnungsmethoden:

- Quasistatische Methode
- Frequenzanalyse
- Probabilistische Verfahren

- Einteilung der Berechnungsverfahren in:
 - Linear / Nichtlinear
 - Statisch / Dynamisch
 - Nachweis kraftbasiert / Nachweis verformungsbasiert
- Generell gilt:
 - lineare Berechnungen sind weniger zeit- und rechenintensiv
 - Nichtlineare Berechnungen liefern exaktere Ergebnisse

VASV	linear-elastisch	dynamisch	kraftbasiert
MASV	linear-elastisch	dynamisch	kraftbasiert
Pushover	nichtlinear	statisch	verformungsbasiert
Zeitverlaufsanalyse	nichtlinear	dynamisch	kraftbasiert

- Entwicklung in Österreich:
 - Erdbebennormung seit 1955, davor keine Bauwerksauslegung auf horizontale Erdbebenkräfte
- Europa: EC8 (EN 1998)
 - seit 2009 in Österreich gültig www.eurocode-online.de
- Schweiz: SIA 261, Kap. 16
 - Teil der Einwirkungsnorm www.sia.ch
- Amerika: ASCE 7, Kap. 11ff.
 - neue Norm 2017, Teil von Einwirkungsnorm www.asce.org

- Häufigste Berechnungsmethode
- Berechnungsablauf:
 - Untersuchung der Lasteinwirkung auf Einmassenschwinger-System
 - Ermittlung des Antwortspektrums
 - Übertragung der Berechnung vom Einmassenschwinger auf tatsächliches System
 - Ermittlung der Verschiebungen auf Grund von Eigenformen
 - (Überlagerung der Anteile der Eigenformen – Verwendung von Überlagerungsformeln)

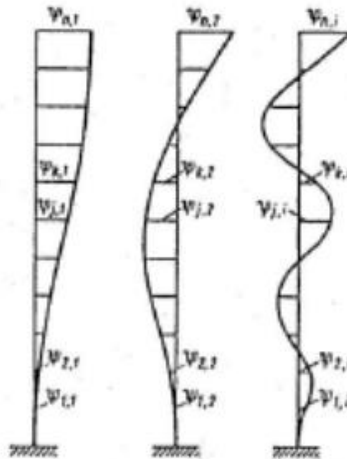
- Vereinfachtes ASV / multimodales ASV

- VASV:

- Reduktion der Rechnung auf nur eine Eigenform, das untersuchte Tragwerk muss spezielle Regelmäßigkeitskriterien erfüllen

- MASV:

- Kriterien für VASV sind nicht erfüllt oder werden nicht überprüft
- mehrere Eigenformen müssen betrachtet werden (multimodale Berechnung)



- Einfachstes im EC8 verankertes Berechnungsverfahren
- Nur gültig bei Einhaltung folgender Kriterien:
 - Hochbauten, bei denen nur die erste Eigenform in jede Hauptrichtung maßgebend ist
 - Regelmäßigkeit im Grundriss (1998-1; 4.2.3.2)
 - Symmetrische Steifigkeitsverteilung im Grundriss bezogen auf zwei annähernd orthogonale Bauwerksachsen
 - Kompakte Grundrissform
 - Ausreichende Deckensteifigkeit -> keine großen Deckenverformungen
 - Gebäudeschlankheit im Grundriss ≤ 4
 - Beschränkung der Lastausmitte e_0 (Steifigkeitsmittelpunkt – Lastmittelpunkt)

- **Regelmäßigkeit im Aufriss** (1998-1; 4.2.3.3)
 - Durchgehende horizontale Aussteifungssysteme von Gründung – OK
 - Horizontalsteifigkeit u. Geschoßmasse = const. oder nach oben abnehmend
 - Benachbarte Geschoß-Tragkapazitäten dürfen nicht stark variieren
 - Bei Rücksprüngen: Wahrung der axialen Gebäudesymmetrie
 - Rücksprünge sind klein zu halten

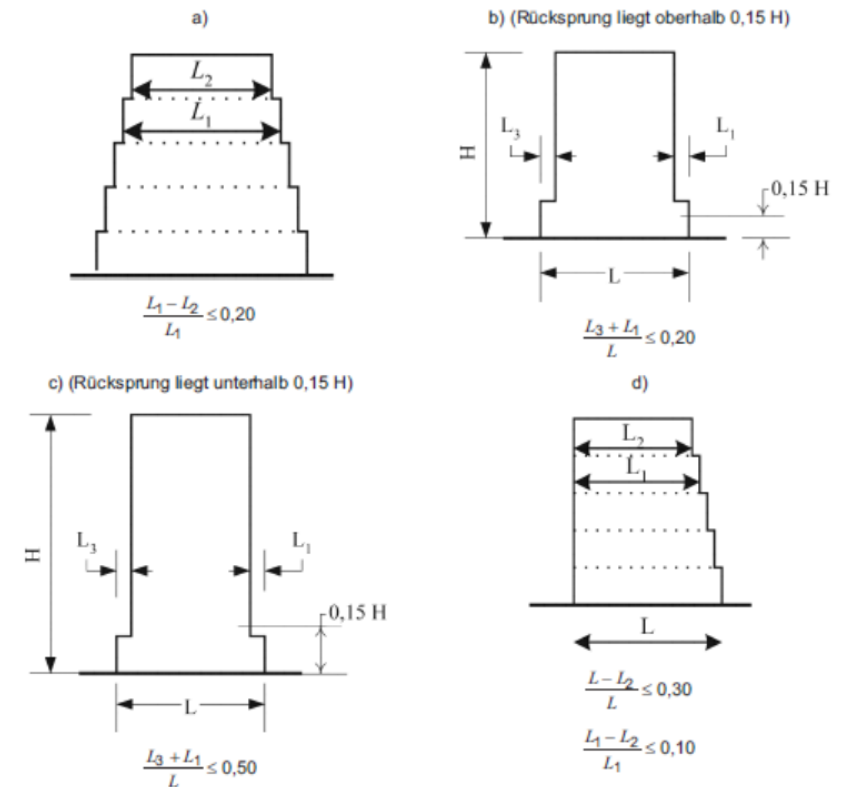
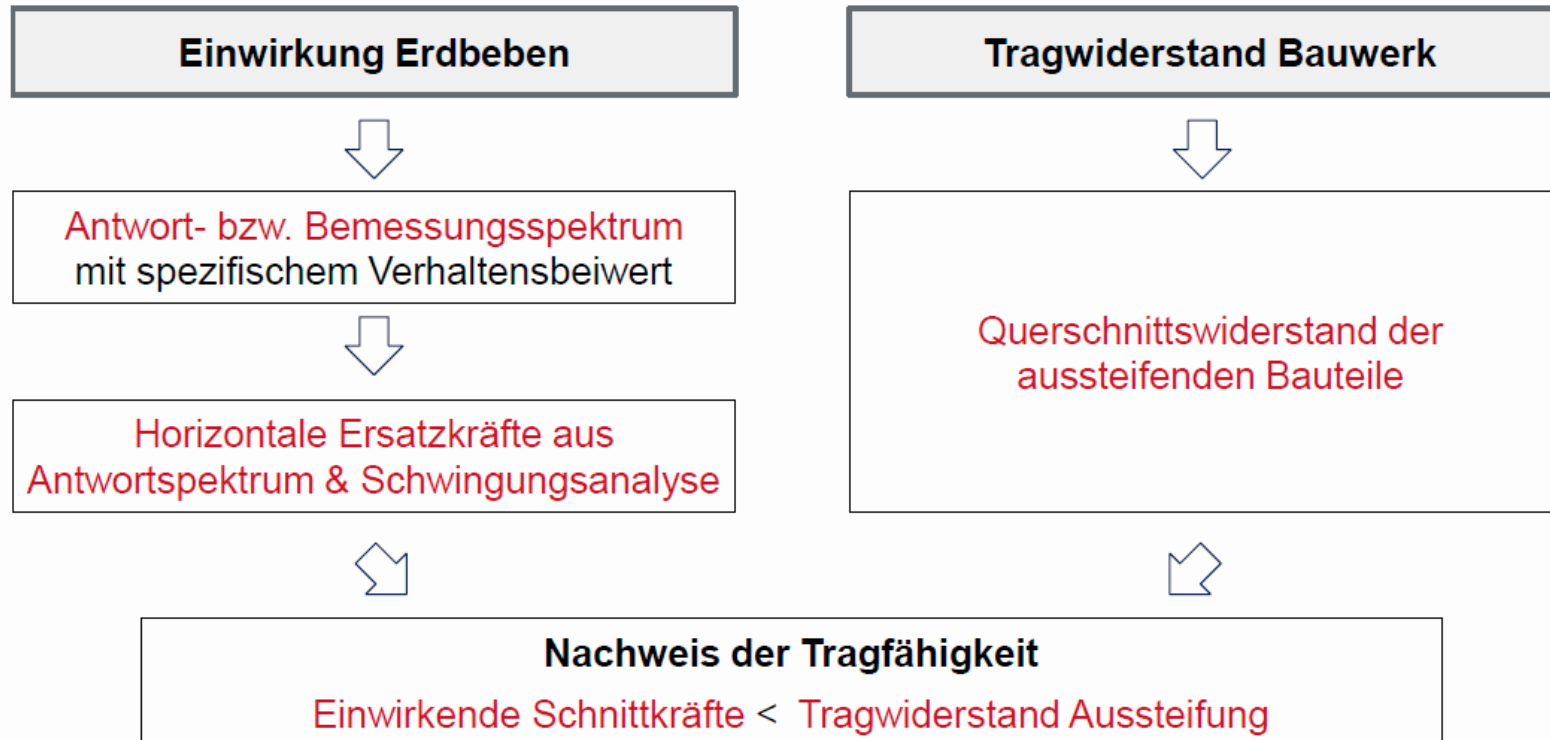


Bild 4.1 — Kriterien für die Regelmäßigkeit von Gebäuden mit Rücksprüngen

Skizze aus EN 1998-1

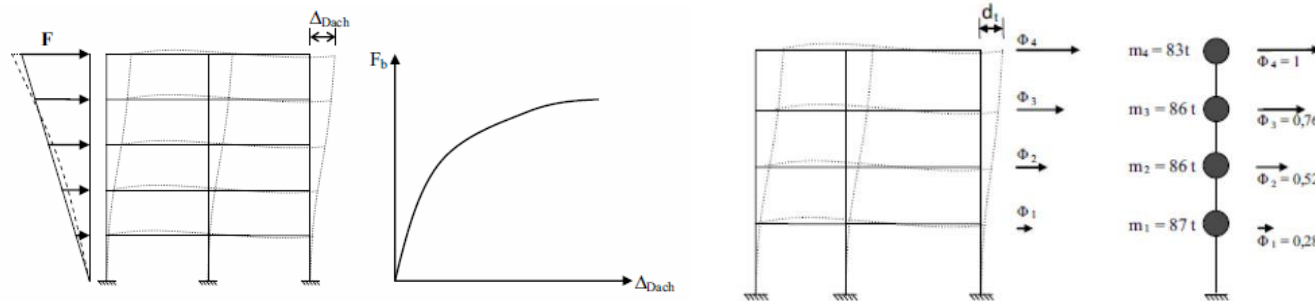
- Darf für jede Gebäudegeometrie verwendet werden
 - „Referenzmethode“
- Berücksichtigung von mehreren Eigenformen
 - Ziel = Berücksichtigung von min. 90% der Gesamtmasse
 - Bei <90%: kein Modalbeitrag beinhaltet mehr >5% der Gesamtmasse
 - Je höher die Eigenform, desto niedriger der Anteil an der Gesamtkraft
 - Bei dreidimensionaler Betrachtung: Prüfung in alle maßgebenden Richtungen
- Überlagerung der Ergebnisse aus den Eigenformen (Quadratische Kombination)
 - SRSS oder CQC-Regel


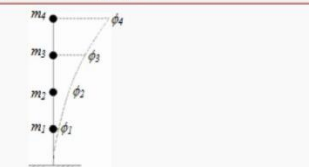
Antwortspektrenverfahren



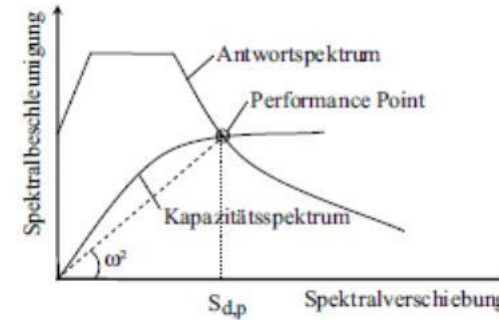
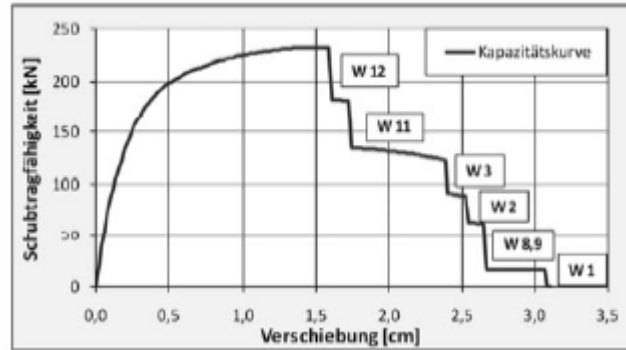
aus: Methodenvergleich für die Erdbebenanalyse; (<http://www.fhnw.ch/habg/ibau/master/master-national/dokumente-master-national/master-arbeiten/master-thesis-m-muellerleile>; 18.04.2017)

- Grundlage: Ermittlung der Last-Verformungsbeziehung eines Tragwerks
 - Einbeziehung von nichtlinearen Effekten der verw. Materialien bzw. Lastumlagerungen durch Ausfall von Tragkomponenten
- Laststeigerung bis zum Kollaps des Tragwerks
 - Gewichtskraft = const; Horizontalkraft steigt linear
 - Zwei horizontale Lastanordnungen sind anzunehmen



gleichmäßige Kraftverteilung	modale Kraftverteilung
bezogene Horizontalkräfte proportional zu Stockwerksmassen $\phi_1 = 1$	bezogene Horizontalkräfte proportional zu Stockwerksmassen und der ersten Eigenform $\phi_1 = \text{erste Eigenform}$
	

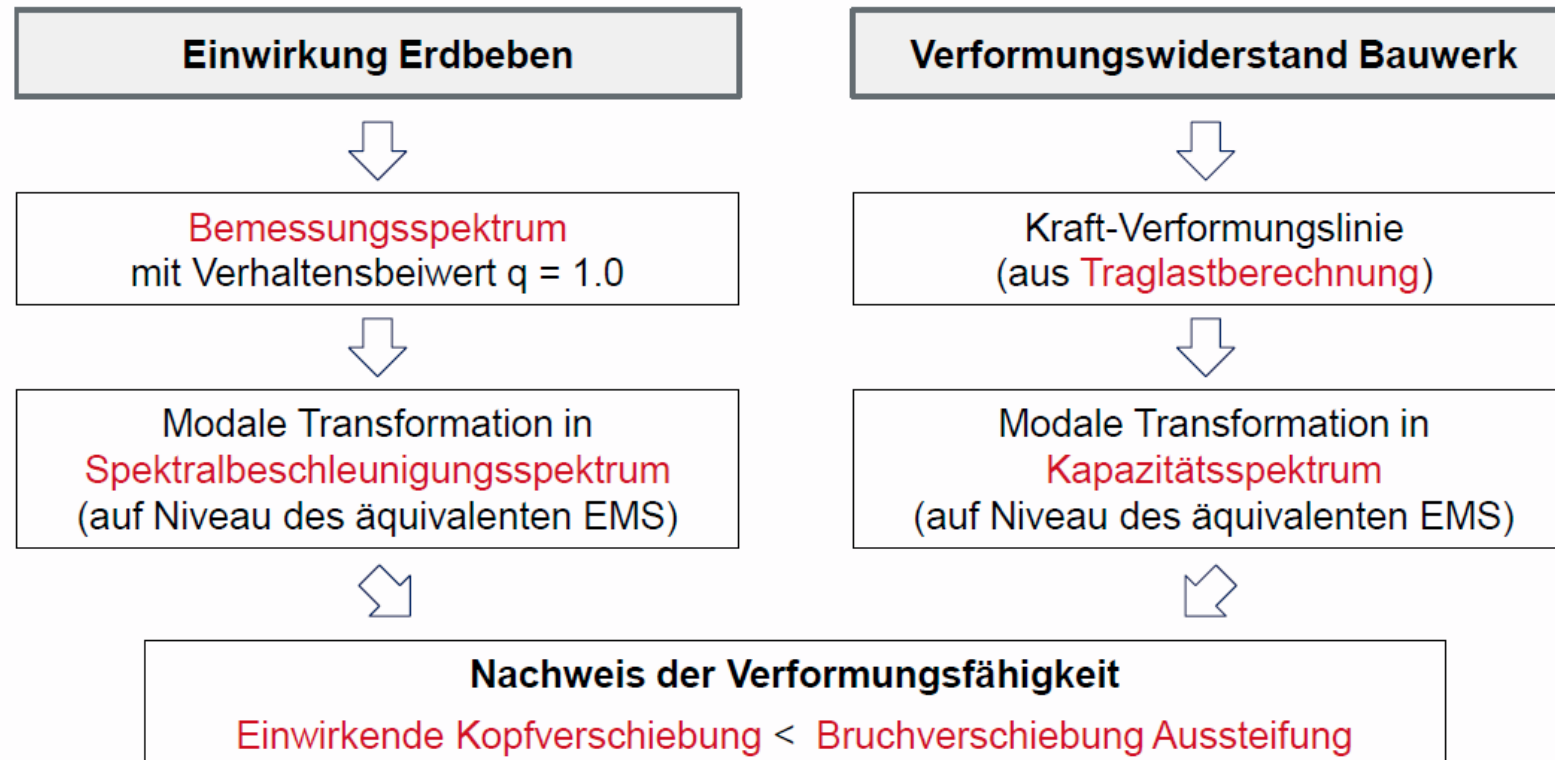
Aus: „Bauwerke und Erdbeben“; S. 229ff; <https://link-1springer-1com-10000336a1374.ftubhan.tugraz.at/book/10.1007%2F978-3-8348-9856-2> ; 18. 04.2017
Bzw. Vorlesungsunterlagen Baudynamik u. Erdbeben 1; WS 2016; TU Graz



Aus: „Bauwerke und Erdbeben“; S. 523 u. 217; <https://link-1springer-1com-10000336a1374.ftubhan.tugraz.at/book/10.1007%2F978-3-8348-9856-2> ; 18. 04.2017

- Transformation der Kapazitätskurve (Last-Verformung) in elastisches Antwortspektrum (Beschleunigung-Verschiebung)
 - Kapazitätsbemessung
- Für verformungsfähige Tragwerke optimal
- Beurteilung bestehender Gebäude mit ungenügender Erdbebensicherheit (Aussagen zum Versagenszenario)
- Kann für 2D- und 3D-Berechnungen eingesetzt werden

PushOver-Verfahren



aus: Methodenvergleich für die Erdbebenanalyse; (<http://www.fhnw.ch/habg/ibau/master/master-national/dokumente-master-national/master-arbeiten/master-thesis-m-muellerleile>; 18.04.2017)

- Genauestes Berechnungsverfahren; selten eingesetzt
- Verwendung mehrerer gemessener bzw. künstlich generierter Erdbeben-Beschleunigungsverläufen
- Kraft u. Verformungsermittlung in Abhängigkeit der Zeit
- Direkte Integration der Bewegungs-DGL unter Verwendung von definierten Beschleunigungszeitverläufen
- Bei > 7 Zeitverlaufsberechnungen: Bemessungsgrößen aus Mittelwert der Ergebnisse; sonst ungünstigster Wert maßgebend

- 4 Methoden lt. Eurocode zulässig
- Einsatz der Berechnungsmethode abhängig von:
 - Systemkomplexität
 - Zeit- und Rechenkapazität
 - Ziel der Berechnung (Kapazitätsberechnung bestehender Gebäude <-> Neubau)
 - Bekannte Randbedingungen (Zeitverlaufsanalyse)
 - Anforderung an die Genauigkeit

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

Quellen (sofern nicht direkt angegeben) :

- EN 1998-1
- R. Flesch – Baudynamik praxisgerecht, Band 1
- Skriptum Baudynamik u. Erdbebeningenieurwesen 1, TU Graz
- Skriptum Baudynamik, TU Wien
- 9. Grazer Holzbau-Fachtagung, Tagungsband 2011
- Bauwerke und Erdbeben, Vieweg + Teubner, 2011