



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Uffizi federal d'energia UFE



TOTALREVISION DES RICHTLINIETEILS C3

ERDBEBENSICHERHEITSNACHWEIS VON BETONSPERREN



DISKUSSIONSTHEMEN

- Kontext
 - Aufgezeichnetes seismisches Verhalten von Betonsperren
 - Rechtsgrundlagen in der Schweiz
 - Ziele des Erdbebensicherheitsnachweises
 - Stand der Wissenschaft und Technik
- Materialparameter
- Methodik für den Erdbebensicherheitsnachweis
 - Modellbildung
 - Durchzuführende Analysen
 - Erdbebensicherheitsnachweis von Gewichtsmauern aus Beton, Pfeilerkopfmauern und Wehren
 - Erdbebensicherheitsnachweis von Bogenmauern
- Hilfsdokumente für Ingenieure



KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

- Auf globaler Ebene war die Leistung aller Arten von Betonsperren, die starken Erdbeben ausgesetzt waren, zufriedenstellend.
- Einige Betonsperre haben bei starken Erdbeben Schäden erlitten, darunter Risse und/oder Verformungen.
- Es gibt keinen Fall, wo ein Betonstaumauer nach einem Erdbeben komplett zusammengebrochen ist, ausser einem Fall, wo die Staumauer direkt auf einer aktiven Verwerfungslinie stand (das Stauwehr Shih-Kang).
- Der echte Test für einen grossen Betonstaumauer mit vollem Stau und einer maximalen Bodenbeschleunigung von über 0.5g steht aber noch aus.



KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

- Typische Schäden an Betonstaumauern, die nach starken Erdbeben gemeldet wurden:
 - Gewichtsstaumauern und Pfeilerkopfmauern:
 - **Risse** im **Beton** und an **Arbeitsfugen** im oberen Teil (wo die talseitige Fläche einen plötzlichen Neigungswechsel aufweist).
 - Bogenstaumauern:
 - **Risse** im **Beton** und an **Arbeitsfugen**,
 - dauerhafte **Öffnungen** der **Schwindfugen** und
 - **Risse** und **Verschiebungen** der **Widerlager**.



KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

BEISPIELE

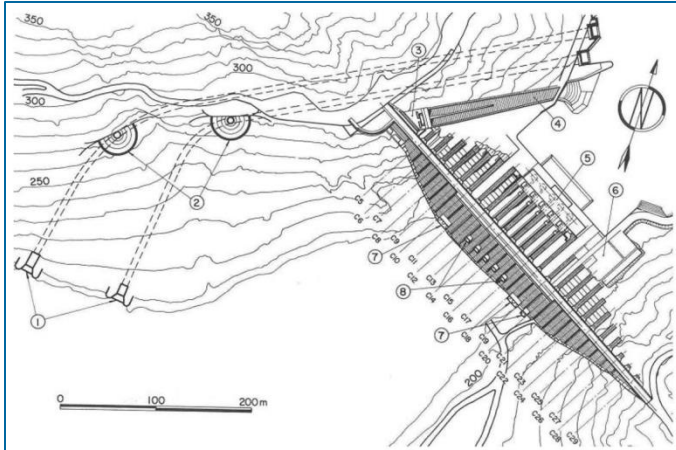
Damm	Höhe (m)	Typ	Land	Datum	Magnitude M_w	Schaden	Hinweis
Koyna	102	Gewichtstaumauer	Indien	11.12.1967	6.3	Starke Rissbildung.	
Pacoima	113	Bogenstaumauer	USA (Kalifornien)	09.02.1971	6.6	Schäden am Widerlager des linken Ufers.	Stauraum voll bis $0.6 \cdot H_{\max}$
Pacoima	113	Bogenstaumauer	USA (Kalifornien)	17.01.1994	6.7	Offene Fugen; Risse im linken Widerlager; Verschiebung des Widerlagers am linken Ufer.	Stauraum voll bis $0.3 \cdot H_{\max}$
Sefid Roud	106	Pfeilerkopfstaumauer	Iran	20.06.1990	7.4	Starke Rissbildung.	
Shih-Kang	25	Stauwehr	Taiwan	21.09.1999	7.7	Bruch, an der Chelungpu-Verwerfung.	Unkontrollierter Ausfluss von 100 bis 200 m/s ³



KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

SEFID-ROUD STAUMAUER: SCHÄDEN DURCH DAS MANJIL-ERDBEBEN VOM 20.06.1990

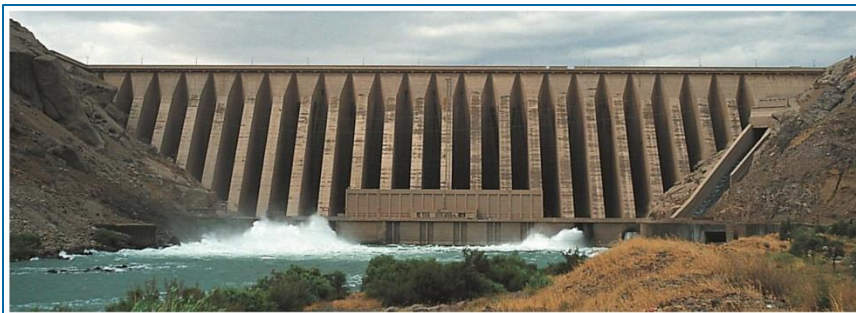
Grundriss



Rissbildung an der Stelle, wo die talseitige Fläche einen plötzlichen Neigungswechsel aufweist (links) und an einer Arbeitsfuge (rechts).



Der Staudamm von Sefid Roud unmittelbar nach dem Erdbeben vom 20.06.1990



Rissbildung in der Wasserseite an einer Arbeitsfuge



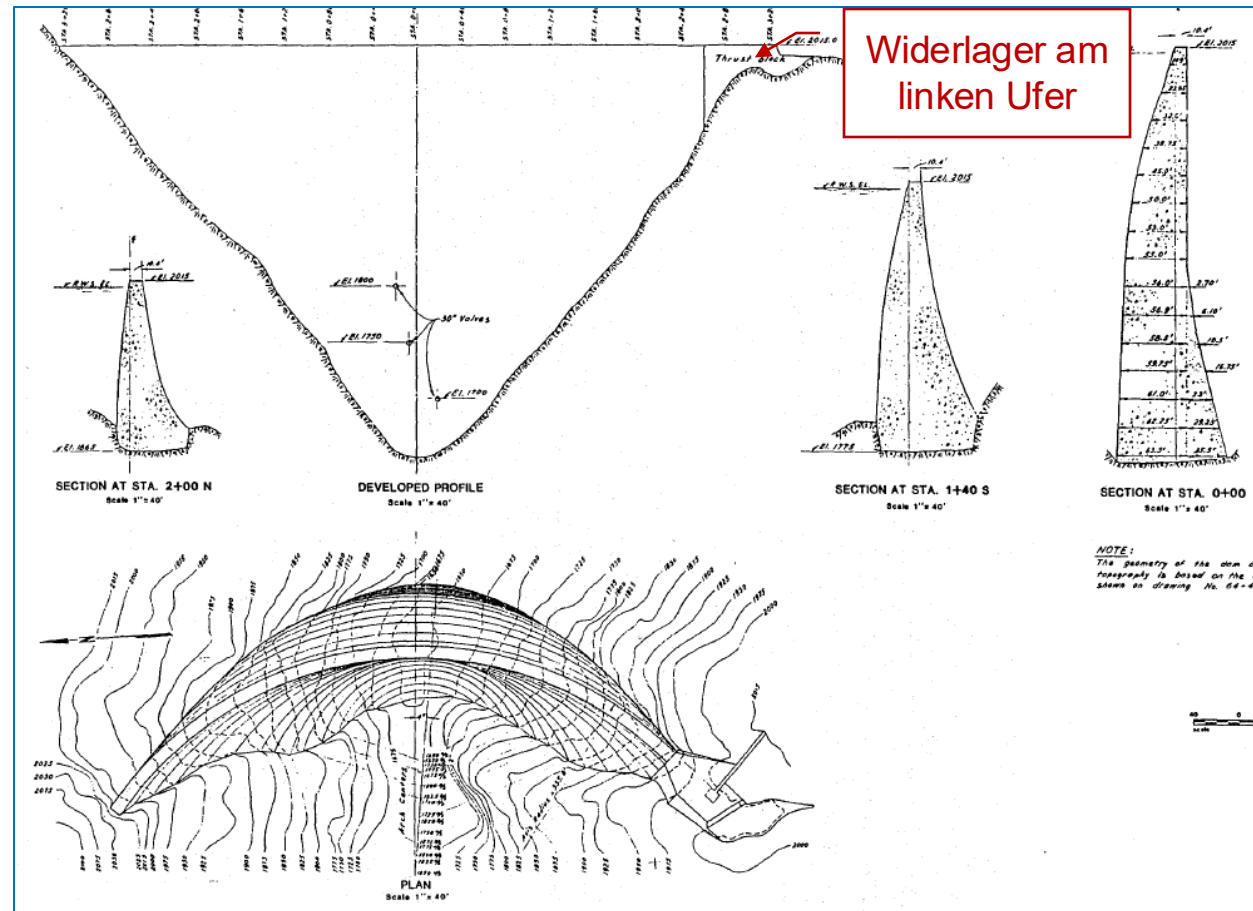
Quelle: Martin Wieland 2020, *Damage of Sefid Rud buttress dam project in Iran caused by the Magnitude 7.4 Manjil Earthquake of June 21, 1990*, 17 WCEE in Sendai, Japan



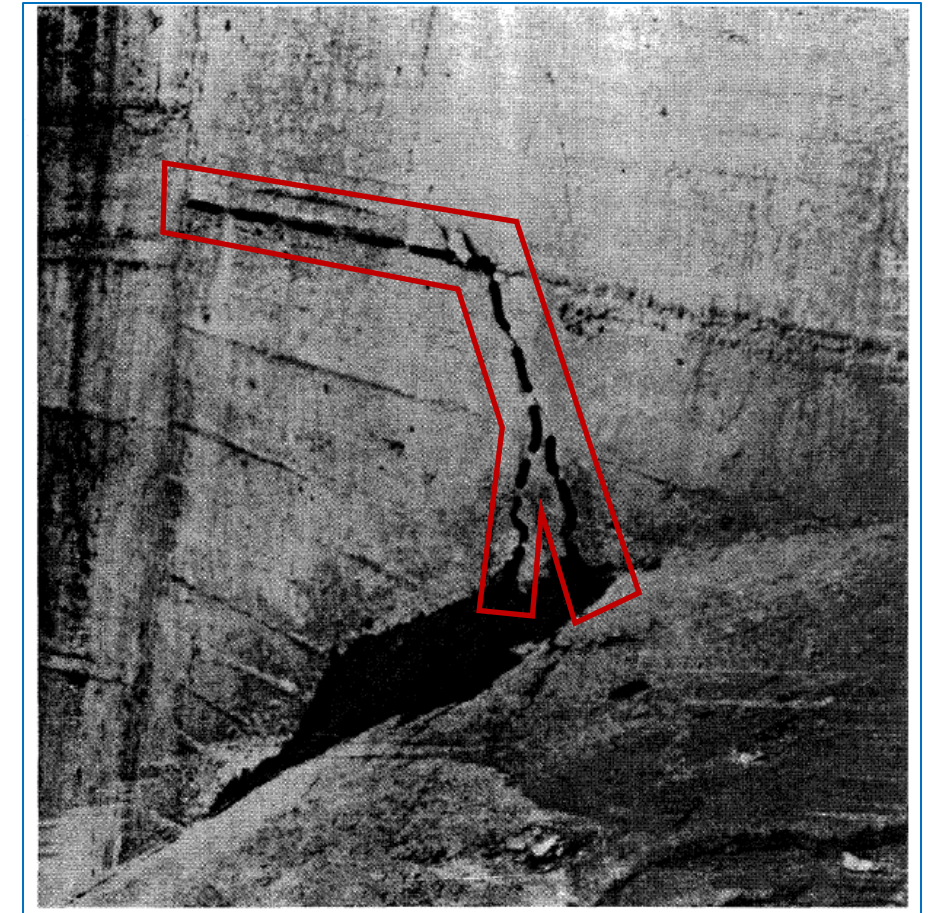
KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

STAUMAUER PACOIMA: SCHÄDEN DURCH DAS NORTHRIDGE-ERDBEBEN VOM 17.01.1994

Bogenstaumauer Pacoima



Risse im Widerlager am linken Ufer



Quelle: USCOLD 1992, *Observed Performance of Dams, Volume I*



KONTEXT - AUFGEZEICHNETES SEISMISCHES VERHALTEN VON BETONSPERREN

STAUWEHR SHIH-KANG: EINSTURZ NACH DEM ERDBEBEN CHI-CHI VOM 21.09.1999

Der Bruch der Chelungpu-Verwerfung während des Chi-Chi-Erdbebens verlief durch den nördlichen Teil (rechtes Ufer) des Wehrs und zerstörte die Stahlbetonkonstruktion und die Stahlschütze.



Quelle: E. Faccioli, I. Anastasopoulos, G. Gazetas, A. Callerio, R. Paolucci, 2008. *Fault-rupture foundation interactions: selected case histories*. Bulletin of Earthquake Engineering.



KONTEXT - RECHTSGRUNDLAGEN IN DER SCHWEIZ

- Gemäss StAG*, SR 721.101: "**Stauanlagen** sind **nach dem Stand der Wissenschaft und Technik** so zu bemessen, zu bauen und zu betreiben, dass ihre **Sicherheit in allen** voraussehbaren **Belastungs-** und Betriebsfällen **gewährleistet** bleibt".
- Einer der zu berücksichtigenden Lastfälle ist der eines extremen Erdbebens. (Artikel 5, Absatz 4, StAV**).
- In einigen Regionen der **Schweiz** können Erdbeben eine Magnitude von **M_w 7.5** erreichen.
- Weltweite Erfahrungen zeigen, dass **Betonstaumauern** bei Erdbeben mit einer **Magnitude von mehr als M_w 6.3 schwere Schäden erleiden** können.
- Die Betonstaumauern in der Schweiz können also durch extreme Erdbeben schwer beschädigt werden, und es muss überprüft werden, ob ihre Sicherheit für diesen Lastfall weiterhin gewährleistet ist:
 - unter Berücksichtigung der Möglichkeit erheblicher struktureller Schäden; und
 - indem sie den Stand der Wissenschaft und Technik nutzen.

* Bundesgesetz über die Stauanlagen vom 1. Oktober 2010.

** Verordnung über die Stauanlagen vom 23. November 2022.



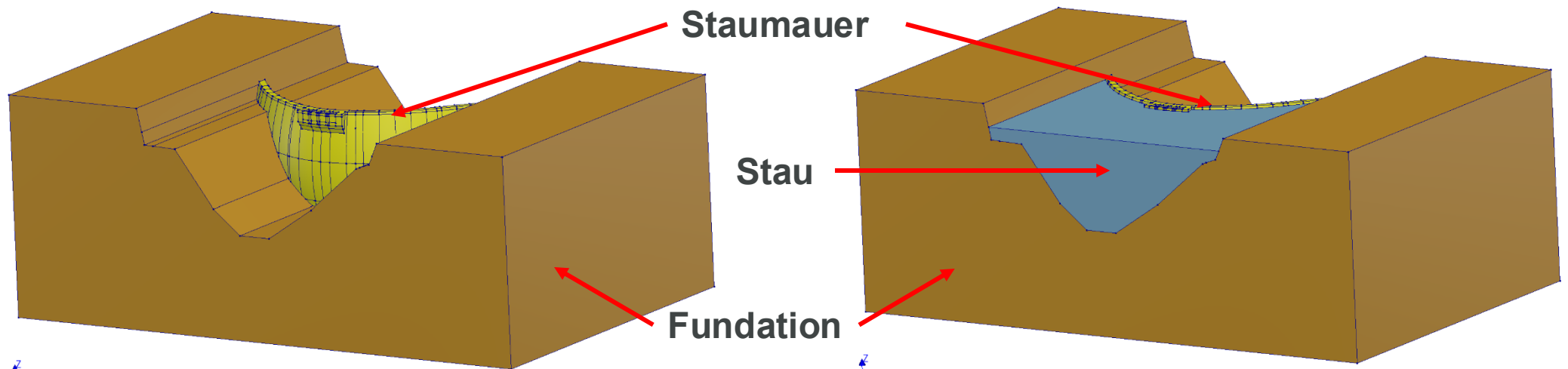
KONTEXT - ZIELE DES ERDBEBENSICHERHEITSNACHWEISES

- Es muss überprüft werden, ob **während** und **nach** einem Erdbeben der Stufe SBE (**Sicherheitsbeurteilungs-Erdbeben**) ein Versagen der Anlage, das zu einem **unkontrollierten** und **potenziell schadensverursachenden Wasserabfluss** aus dem Stausee (oder Abfluss von anderem zurückgehaltenem Material bei Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren, z. B. Geschiebe) führen kann, **ausgeschlossen werden kann** (**Absatz 2.2**).
- **Schäden**, einschliesslich bleibender Verformungen, die die Sicherheit der Stauanlage nicht beeinträchtigen, werden jedoch als **akzeptabel** angesehen.
- Zusätzlich zum Sicherheitsbeurteilungs-Erdbeben muss die Sicherheit von Stauanlagen der **Klasse I** für unmittelbare **Nachbeben** überprüft werden (**Absatz 4.1.2.2**).



KONTEXT - STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

- Der Stand der Wissenschaft und Technik erlaubt es, die Leistung von Betonsperren bei extremen Erdbeben der Stufe SBE mithilfe numerischer Methoden (Finite-Elemente-Methode, Finite-Differenzen-Methode) detailliert zu analysieren.
- Das analysierte numerische Modell berücksichtigt die **Fundation**, die **Staumauer** und den **Stau**
 - Interaktion zwischen Boden und Struktur
 - Fluid-Struktur-Interaktion (hydrodynamische Drücke aufgrund des Erdbebens)



* Security Assessment Seism (SES)



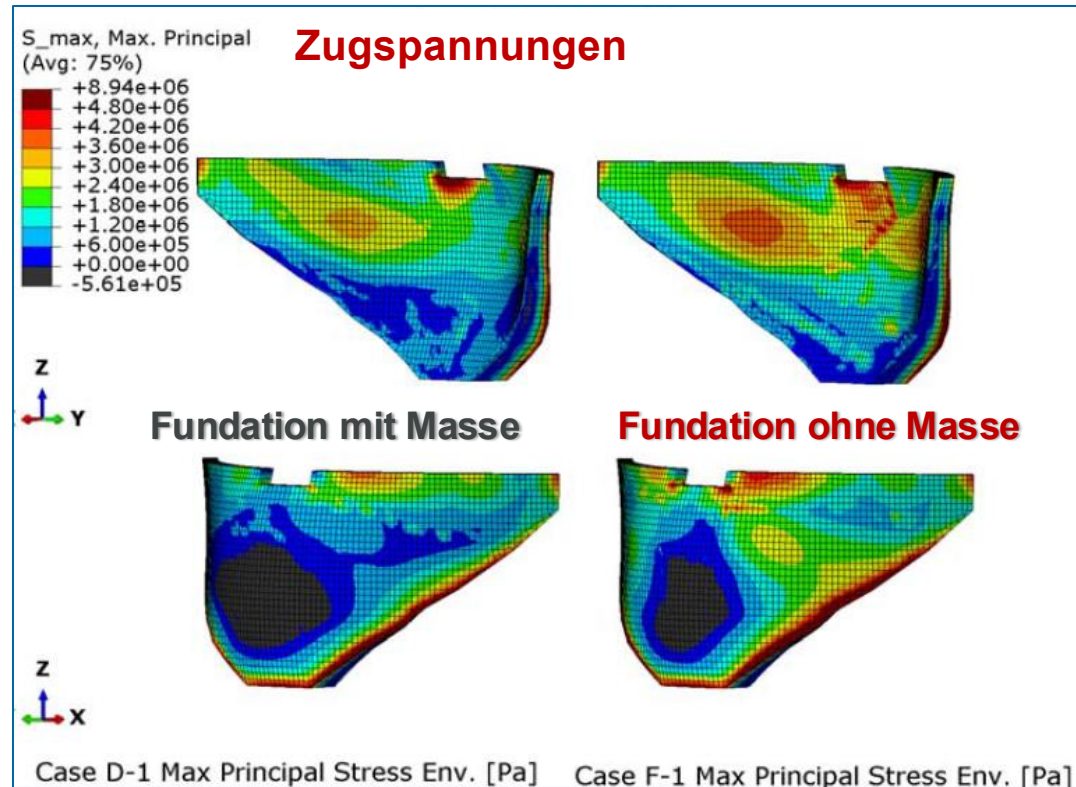
KONTEXT - STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

- Elastisch-lineare Modellierung:
 - Dynamische Analyse mithilfe der Antwortspektrummethode
 - Dynamische Analyse mit Zeitverlaufberechnung
- **Nichtlineare Modellierung (bereits seit 40 Jahren):**
 - Dynamische Analyse mit Zeitverlaufberechnung
 - **Schnittstellen** (bereits bestehende Diskontinuitäten) mit nichtlinearem Verhalten, z. B. die Schnittstelle zwischen Absperrbauwerk und Untergrund, die Blockfugen, die Arbeitsfugen
 - **Nichtlineare Materialmodelle**
 - Kontinuierliche Modelle: elasto-plastische Modelle und Schadensmodelle
 - Diskrete Modelle: Bruchmodelle



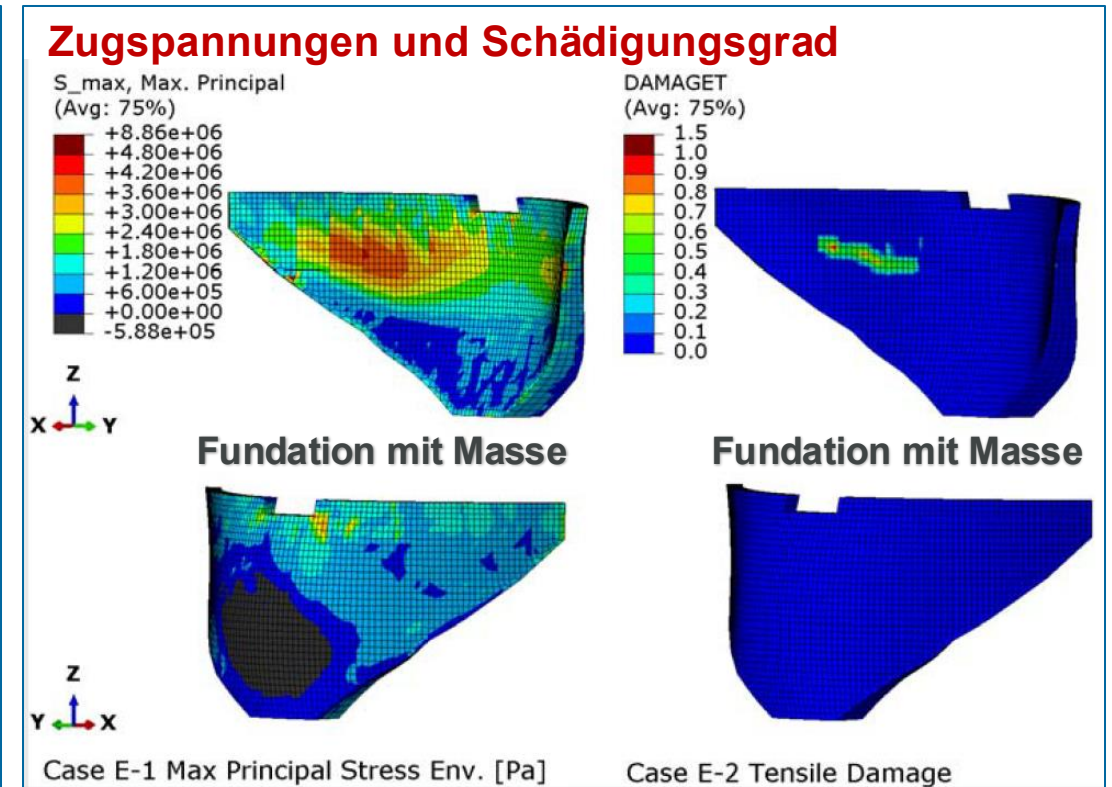
KONTEXT - STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

BEISPIEL: MODELLIERUNG DES SEISMISCHEN VERHALTENS VON BOGENMAUERN



Fall D-1: Monolithisch, Foundation mit Masse

Fall F-1: Monolithisch, Foundation ohne Masse



Fall E-1: Modellierung von Schnittstellen

Fall E-2: Schnittstellen und Rissbildung im Beton

Quelle: Faggiani, G. (2025). *Static and seismic FEM simulations of Tsankov Kamak concrete arch dam*. ICOLD TC-A Benchmark Workshop, Sofia 2025.



KONTEXT - ZUSAMMENFASSUNG

- Eine Anpassung der in der vorherigen Fassung von Teil C3 der Richtlinie enthaltenen Methoden war erforderlich. Die Gründe hierfür sind folgende:
 - Gemäss SUIhaz2015 hat die Erdbebengefährdung im Allgemeinen zugenommen.
 - Eine Übervorsicht bei den Methoden kann zu falschen Schlussfolgerungen hinsichtlich der Notwendigkeit einer Anpassung der Lagerstrukturen führen.
 - Die Annahme eines nichtlinearen Verhaltens in den Berechnungen spiegelt ein Verhalten wider, das bei extremen Erdbeben tatsächlich auftreten kann und berücksichtigt werden muss.



MATERIALPARAMETER

- Die Bestimmung der Werte der Materialparameter muss auf der Grundlage von **Teil C1, Absatz 4.6.3**, der Richtlinie erfolgen.

Die Werte müssen mit Vorsicht geschätzt werden: Wenn beispielsweise der charakteristische Wert des Elastizitätsmoduls von Beton ein geringeres seismisches Verhalten zur Folge hat, muss möglicherweise der Mittelwert berücksichtigt werden. **(Absatz 5.1.1)**

4.6.3. Bestimmung der Materialeigenschaften

Die erforderlichen Materialparameter sind im Allgemeinen durch repräsentative Feld- und Laborversuche zu bestimmen. Eine 5%-Fraktile¹¹ ist für die Widerstandswerte zu berücksichtigen. Bei bestehenden Stauanlagen können die während des Baues ermittelten Versuchsergebnisse verwendet werden. In jedem Fall ist Vorsicht geboten bei der Wahl der Parameter angesichts der Unsicherheiten, die mit der Bestimmung der Materialeigenschaften verbunden sind.

Die Materialeigenschaften können ebenfalls aus Analysen der Messungen des Sperrenverhaltens ermittelt werden, wenn gezeigt werden kann, dass die Rückrechnung (Retro-Analyse) zur Bestimmung der erforderlichen Parameter geeignet ist.

Die einaxiale, statische Druckfestigkeit des Betons f_{cs} (ermittelt aus Zylinderproben, deren Dimensionen von der Korngrösse der Betonzuschlagstoffe abhängt) und die einaxiale Zugfestigkeit f_{ts} (ermittelt mit dem sog. Brasilianerversuch an Zylinderproben, deren Dimensionen ebenfalls von der Korngrösse der Betonzuschlagstoffe abhängt) sind für ein Alter des Betons zu bestimmen, das dem Zeitpunkt der tatsächlichen oder hypothetischen Einwirkung entspricht, für die der Nachweis erfolgt. Andernfalls ist ein konservativer Ansatz zu verwenden.

Für die Stauanlagen der **Klassen I und II** ist die Betonzugfestigkeit aus Zugversuchen zu bestimmen. Sind keine solchen Versuche vorhanden, ist eine Zugfestigkeit von Null in die Berechnungen und Nachweise einzuführen.

Für die Stauanlagen der **Klasse III** kann die statische Zugfestigkeit des Betons f_{ts} (in MPa) aufgrund der statischen Druckfestigkeit f_{cs} (in MPa) abgeschätzt werden, anhand der Beziehung in [Arioglu et al. 2006] :

$$f_{ts} = 3 / 8 \cdot f_{cs}^{2/3}, \text{ im Maximum 3 MPa}$$

Für bestehende Stauanlagen der **Klasse III**, können die Materialparameter der Literatur entnommen oder aus den Werten vergleichbarer Bauten abgeleitet werden. Wenn die Widerstandswerte auf diese Weise ermittelt wurden, sind sie mit einem Abminderungsfaktor von 1.2 zu behaften (inklusive Reibungswinkel). Die Kohäsion ihrerseits ist mit einem Faktor von 2.0 zu reduzieren. Zu dieser Reduktion kommen noch die partiellen Widerstandsfaktoren nach Kapitel 4.6.5 hinzu.



MATERIALPARAMETER

- Die notwendigen Materialparameter für Sperre und Baugrund sind in der Regel durch **Labor- und Feldversuche zu bestimmen**.
- Dabei sind für die Ermittlung der Materialparameter Versuche zu wählen, die für den Lastfall Erdbeben repräsentativ sind.
- Um die Unsicherheiten in den Materialparametern zu berücksichtigen, sollten **Sensitivitätsanalysen** durchgeführt werden. (**Absatz 5.1.2**)



MATERIALPARAMETER

- Das Raumgewicht:
muss durch Messungen bestimmt werden, oder es muss ein konservativer Wert angenommen werden. **(Absatz 5.2.1)**
- Die dynamischen Festigkeitskennwerte des Betons:
dürfen empirisch mittels Erhöhung der entsprechenden statischen Werte um 30% abgeschätzt werden. **(Absatz 5.2.2)**
- Das dynamische Elastizitätsmodul des Betons:
darf mittels Erhöhung des statischen Moduls um 25% abgeschätzt werden. **(Absatz 5.2.2)**
- **Grad der Dämpfung:**
Ein viskoses Dämpfungsmass von **5%** der kritischen Dämpfung soll verwendet werden. Werden für das viskose Dämpfungsmass höhere Werte verwendet, müssen diese begründet werden.
(Absatz 5.2.5)
- Restscherfestigkeit der Grenzfläche zwischen Beton und Fels oder an der Grenzfläche zwischen zwei Betonwerksschichten: sollte die **Restscherfestigkeit** zu verwenden. **(Absatz 5.2.7)**



METHODIK

- Die Kalibrierung der Materialparameter sollte zu Beginn der seismischen Sicherheitsbewertung durchgeführt werden.
- Vorhandene Diskontinuitäten und Schäden sollten in die Modellbildung einbezogen werden.
- Sollte die seismische Sicherheitsbewertung ergeben, dass die Erdbebensicherheit für den aktuellen Zustand der Stauanlage und den Betrieb des Stauraums nicht gewährleistet ist, sind Massnahmen zur Gewährleistung der Erdbebensicherheit vorzuschlagen.



METHODIK - MODELLBILDUNG

- Das **Modell** muss die **Foundation**, das **Absperrbauwerk** und der **Stauraum** sowie die massgebenden Lasten und Einwirkungen berücksichtigen.
- Die zu berücksichtigenden Lastfallkombinationen müssen mit **Absatz 4.3** der Richtlinie **Teil C1** übereinstimmen.
- Das **Modell** muss eine **korrekte Simulation** der **seismischen Einwirkungen** ermöglichen. (**Absatz 6.2.1**)
- Für die Foundation sollten geeignete konstitutive Modelle verwendet werden. Bei Unsicherheiten sind Sensitivitätsanalysen mit unteren und oberen Grenzwerten der Materialeigenschaften zu berücksichtigen. (**Absatz 6.2.3**)
- Bei einer bestehenden Stauanlage ist das Modell des Absperrbauwerks auf der Grundlage zuverlässiger Daten zu kalibrieren, die aus regelmässigen Überwachungen und/oder seismische Überwachung und/oder Messungen vor Ort ermittelt wurden. (**Absatz 6.2.5**)



METHODIK - DURCHZUFÜHRENDE ANALYSEN

- Die Analyse umfasst das Verhalten der Stauanlage **während** des Erdbebens **und nach** dem Erdbeben. **(Absatz 6.3.1)**
- Bei der Bewertung der **Sicherheit** von Strukturen **nach dem Erdbeben** sind zu berücksichtigen:
 - allfällige bleibende Verformungen,
 - Schäden,
 - Änderungen der Auftriebsverhältnisse, und
 - andere mögliche Auswirkungen.die durch das Erdbeben verursacht wurden. **(Absatz 6.3.3)**
- Das **Verfahren für die Analyse** des Verhaltens während des Erdbebens soll der **Stauanlagenklasse** entsprechend gewählt werden. Die Plausibilität der ermittelten Ergebnisse kann jedoch mit weniger komplexen Methoden überprüft werden. **(Absatz 6.3.4)**



METHODIK - DURCHZUFÜHRENDE ANALYSEN

- **Die Mindestanforderungen für Gewichtsmauern aus Beton und Mauerwerk, Pfeilerkopfmauern und Wehre: (Absatz 6.3.4.1):**
- Für Stauanlagen der **Klasse III**: vereinfachtes Antwortspektrenverfahren, das nur die erste Eigenform verwendet;
- Für Stauanlagen der **Klasse II**: Antwortspektrenverfahren; und
- Für Stauanlagen der **Klasse I**: dynamische Zeitverlaufsrechnung.
- **Die Mindestanforderungen für Bogenmauern aus Beton (Absatz 6.3.4.2):**
- Für Stauanlagen der **Klasse III**: Antwortspektrenverfahren;
- Für Stauanlagen der **Klasse II**: Antwortspektrenverfahren; und
- Für Stauanlagen der **Klasse I**: dynamische Zeitverlaufsrechnung.
- **Für die Fälle der dynamischen Zeitverlaufsrechnungen muss die Erdbebensicherheit für alle ausgewählten Beschleunigungszeitverläufe überprüft werden.**



METHODIK

GEWICHTSMAUERN, PFEILERKOPFMAUERN UND WEHRE

- **Geometrisches Modell (Absätze 6.6.1.2, 6.6.1.3, 6.6.1.4):**
 - Gewichtsmauern: 2D-Modell (oder 3D, z. B. in einem engen Tal, usw.)
 - Pfeilerkopfmauern: 3D-Modell
 - Wehre: 3D-Modell (mindestens ein Pfeiler und die Hälfte jeder angrenzenden Wehröffnung)
- **Zu berücksichtigende Komponente der Erdbebenanregung (Absatz 6.6.2)**
 - Klassen I und II: Horizontale Komponente und vertikale Komponente
 - Klasse III: Die vertikale Komponente kann vernachlässigt werden.



METHODIK

GEWICHTSMAUERN, PFEILERKOPFMAUERN UND WEHRE

- Mögliche **Versagensarten**, die untersucht werden sollten:
 - Überbeanspruchung
 - => Rissen / Scherung
 - => erhöhter Auftriebsdruck
 - => **Bildung eines losgelösten Blocks**
 - => Verlust der Stabilität gegen Gleiten, Kippen und/oder Aufschwimmen
 - => Verlust der Biegestabilität der Pfeiler der Hochwasserentlastungsanlagen mit Schützen an der Sperrenkrone
 - andere Arten des Versagens
- **Referenzfall**, der vor komplexeren Modellen analysiert werden sollte:
 - linear-elastisches Verhalten wird für das System Absperrbauwerk-Foundation angenommen;
 - die Foundation wird als masselos angenommen.



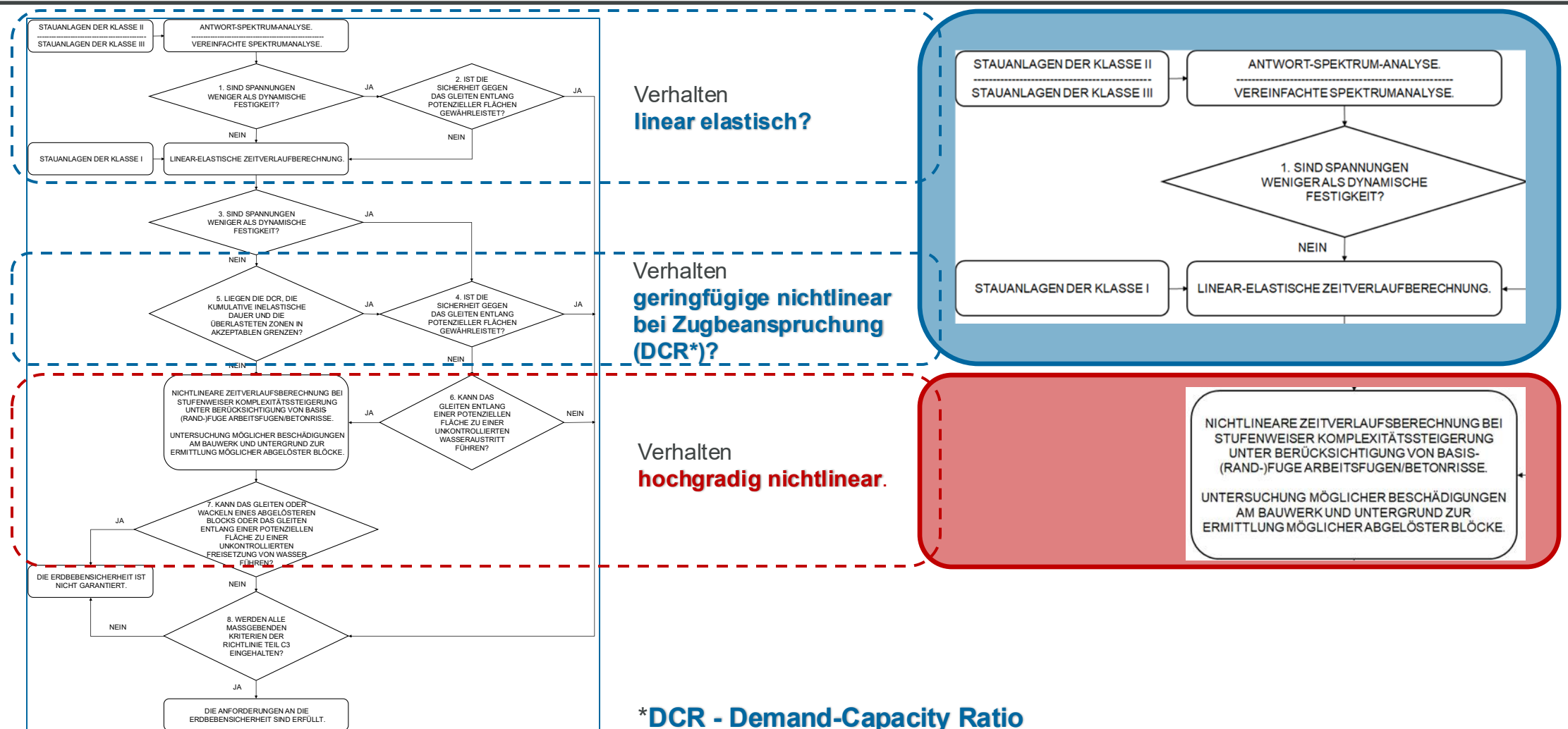
METHODIK

GEWICHTSMAUERN, PFEILERKOPFMAUERN UND WEHRE

- Erdbebensicherheitsnachweis (**Absatz 6.6.3**)
 - **Beurteilung** von **Spannungen** und Dehnungen
Falls erforderlich, **kann** die **Komplexität** der Analyse **schrittweise erhöht werden**, indem zunächst ein Verhalten betrachtet wird
 - **linear elastisch**, dann
 - **geringfügige nichtlinear bei Zugbeanspruchung**, und schliesslich
 - **hochgradig nichtlinear**.
 - **Beurteilung** der Sicherheit (unter Verwendung der Ergebnisse der Spannungsanalyse)
 - gegen Gleiten
 - gegen Kippen
 - gegen Aufschwimmen.



METHODIK – FLUSSDIAGRAMM DES ERDBEBENSICHERHEITSNACHWEISES GEWICHTSMAUERN, PFEILERKOPFMAUERN UND WEHRE





METHODIK

BOGENMAUERN

- **Geometrisches Modell (Absätze 6.7.1.1, 6.7.1.3)**
 - Bogenmauern aller Klassen: 3D-Modell.
 - Bogenmauern aller Klassen: das Modell muss die Foundation explizit enthalten.
- **Zu berücksichtigende Komponente der Erdbebenanregung (Absatz 6.7.2.1)**
 - Bogenmauern aller Klassen: zwei horizontale, orthogonale Komponenten und eine vertikale Komponente
 - Im Falle einer dynamischen Zeitverlaufsberechnung: die Kombination der horizontalen Komponenten muss so gewählt werden, dass die konservativsten Ergebnisse erzielt werden.



METHODIK

BOGENMAUERN

- Mögliche **Versagensarten**, die untersucht werden sollten :
 - Überbeanspruchung
 - => Rissen / Scherung
 - => übermässigen Öffnungen der Schwindfugen
 - => **Bildung von losgelösten Blöcken**
 - => Verlust der Stabilität gegen Gleiten /gegen Kippen
 - => erhöhter Auftriebsdruck in den Widerlagerkeilen
 - => Verlust der Gleitstabilität der Widerlagerkeile
 - => Verlust der Biegestabilität der Pfeiler der Hochwasserentlastungsanlagen mit Schützen an der Sperrenkrone
 - **andere Arten des Versagens**
- **Referenzfall**, der vor komplexeren Modellen analysiert werden sollte:
 - linear-elastisches Verhalten wird für das System Absperrbauwerk-Foundation angenommen;
 - die Foundation wird als masselos angenommen.



METHODIK

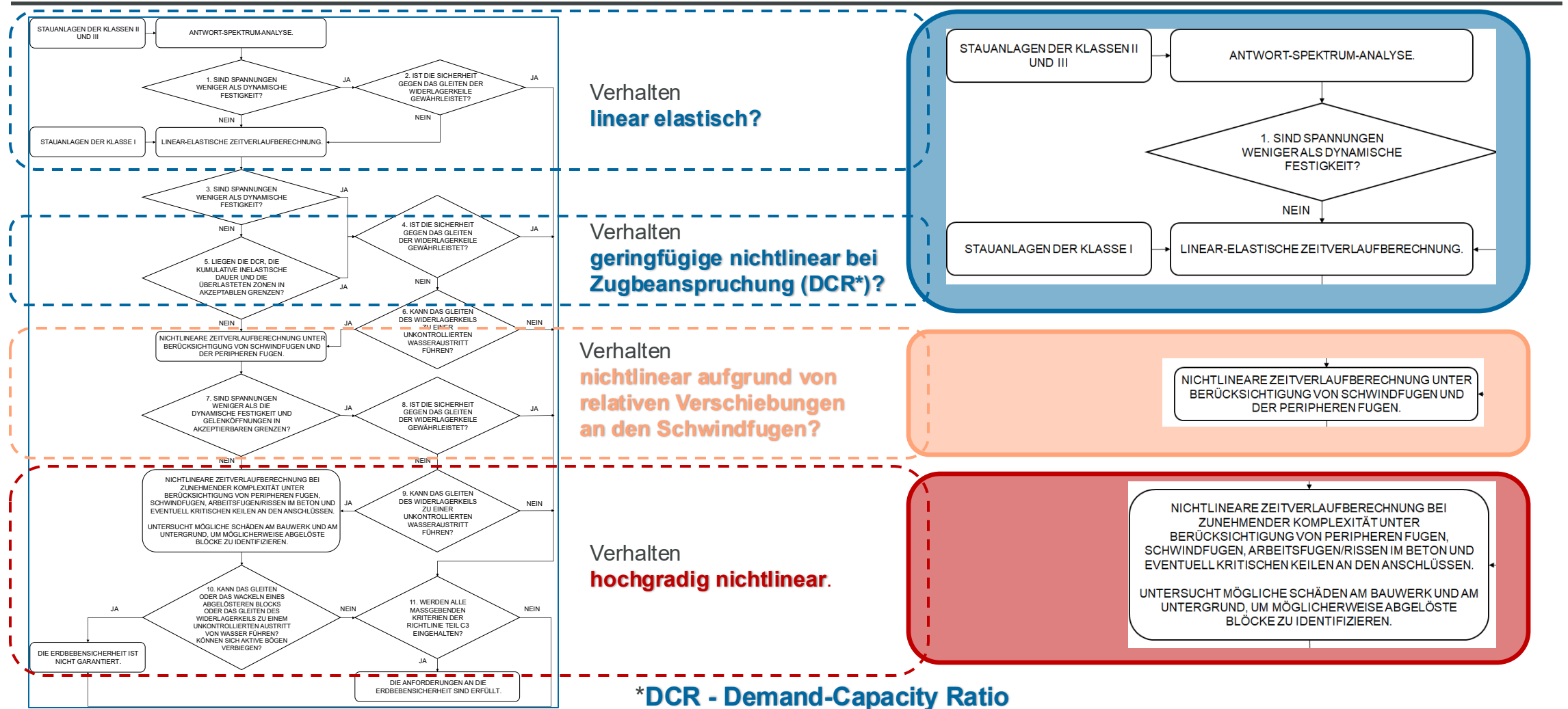
BOGENMAUERN

- **Erdbebensicherheitsnachweis (Absatz 6.7.3)**
 - **Beurteilung** von **Spannungen** und Dehnungen
Falls erforderlich, **kann** die **Komplexität** der Analyse **schrittweise erhöht werden**, indem zunächst ein Verhalten betrachtet wird
 - **linear elastisch**, dann
 - **geringfügige nichtlinear bei Zugbeanspruchung**, dann
 - **nichtlineares aufgrund von relativen Verschiebungen an den Schwindfugen**, und schliesslich
 - **hochgradig nichtlinear**.
 - **Beurteilung** der **Sicherheit** (unter Verwendung der Ergebnisse der Spannungsanalyse)
 - **gegen Gleiten von Widerlagerkeilen**,
 - gegen postseismischen Knicken von aktiven Bögen (im Falle von Beschädigungen),
 - Gegen Gleiten der gesamten Bogenmauer (im Falle eines breiten Tals).



METHODIK – FLUSSDIAGRAMM DES ERDBEBENSICHERHEITSNACHWEISES

BOGENMAUERN





HILFSDOCUMENTE FÜR INGENIEURE

GEWICHTMAUER; BOGENMAUER

- Ziele:
 - Konstitutive Modelle; Bestimmung der Werte von Materialparametern.
 - Elastisch-lineare Analysemethoden.
 - Nichtlineare Analysemethoden.
 - Beispiele für die Überprüfung der Erdbebensicherheit nach der Richtlinie Teil C3:
 - Gewichtsmauern
 - Bogenmauern



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Anton Tzenkov
Fachspezialist Aufsicht Talsperren

UVEK BFE TS

anton.tzenkov@bfe.admin.ch

energieplus.com