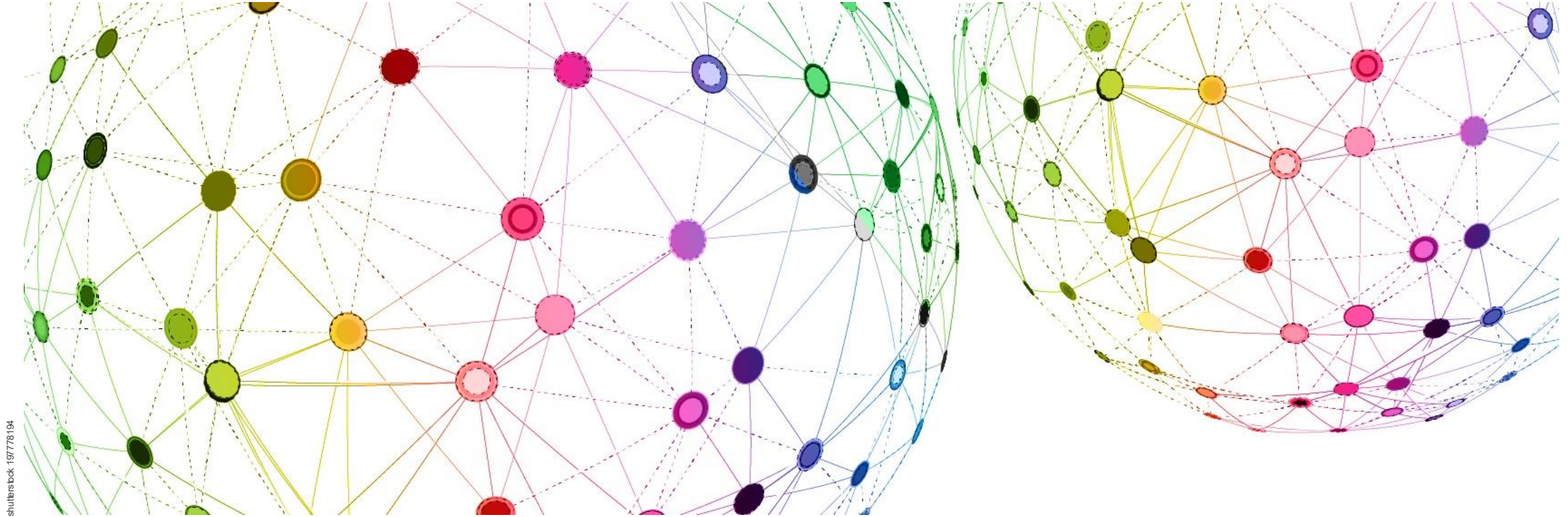




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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



shutterstock 19778194

TOTALREVISION DER RICHTLINIE TEIL C3 **ERGEBNISSE DES "*EXTERNAL REVIEW*" ZUM** **ERDBEBENGEFÄHRDUNGSMODELL**

INFORMATIONSVERANSTALTUNG: TOTALREVISION DES RICHTLINIENTEILS C3 ▪ BFE/ASI/TS ▪ 27.05.2025

Ziele des "external review" zum Erdbebengefährdungsmodell:

- **Vergleich mit der RL 2003**
- **Überprüfung der Richtlinie Part C3** (Version 2021)
- **Analyse und Vergleich des "schweizerischen" und "internationalen" Ansatzes**, der für Erdbebensicherheitsnachweis von Stauanlagen verwendet wird.
- **Expertenempfehlungen** für die Aktualisierung der C3-Richtlinie.

Partizipative Überprüfung (PPRP), die in drei Phasen durchgeführt wurde:

- Phase 1: Präsenzveranstaltung in Ittigen. PRP "empfiehlt".
- Phase 2: Virtuelle Treffen, bei denen das BFE die aktualisierte Richtlinie Teil C3 vorstellt.
- Phase 3: PRP-Validierung und "*closing letter*" (*Abschlussbrief*)



VERGLEICH MIT DER RICHTLINIE 2003

- Seismische Gefährdungskarte, dargestellt als makroseismische Intensität + Intensitäts-Beschleunigungs-Beziehung (*nicht konservativ*).
- Die Richtlinie 2003 führt zu niedrigen Gefahrenstufen.
- Sehr niedrige Amplifikationsfaktoren (zwischen 0.9 und 1.0)
- Nur 3 Baugrundklassen

Die Erdbebengefährdung aus der Richtlinie 2003 scheint unzuverlässig und sehr alt zu sein. Neuere Erdbebengefährdungskarten sollten bevorzugt werden.



ÜBERPRÜFUNG DER RICHTLINIE TEIL C3 (VERSION 2021)

Wir haben uns bei der Überprüfung auf die folgenden Themen konzentriert:

- **SuiHaz2015:** Ist die **Erdbebengefährdungskarte** noch gültig?
- **Amplifikationsfaktoren:** Sind sie kohärent und gerechtfertigt?
- **Art der Überprüfung:** Typische Überprüfung SSHAC? Welche SSHAC?
- **Analyse der verschiedenen** vorgeschlagenen **Methoden und Verfahren** und Vergleich mit anderen Leitfäden. Ist die Richtlinie Teil C3 mit anderen Leitfäden für Stauanlagen vergleichbar? Kann sie verbessert werden?



ÜBERPRÜFUNG DER RICHTLINIE TEIL C3 (VERSION 2021)

SuiHaz2015 Erdbebengefährdungskarte:

- Gemäss dem Stand der Technik erstellt
- Beinhaltet Elemente, die typischerweise in F&E verwendet werden (Vs-kappa, Single-sigma station)
- Der heute etwas ältere Satz von GMPEs (der jedoch während der Durchführung der Studie neu war und auch heute noch gültig ist).
- Fehlen von Verwerfungen im seismotektonischen Modell
- Referenzfelsen "Schweiz"

Im Allgemeinen gibt es keine Anhaltspunkte, um die Ergebnisse der Erdbebengefährdung in Frage zu stellen



ÜBERPRÜFUNG DER RICHTLINIE PART C3 (VERSION 2021)

Amplifikationsfaktoren:

- Richtlinie Teil C3 2021: C_A Faktor = 1.6 & S_R Faktor = 0.75. Nicht so üblich in anderen Erdbebenrichtlinien.
- Die Definition von C_A scheint nicht ausreichend begründet zu sein und es bestehen grosse Unsicherheiten. Verschiedene Autoren schlagen unterschiedliche Werte mit unterschiedlichen Argumenten vor (Felicetta et al. 2018, Poggi et al. 2013, 2017, Duverney et al. 2019).
- SUlhaz2015 schlägt ein $C_A = 1.17$ vor
- Schliesslich rechtfertigen Karten mit Verhältnissen zwischen SUlhaz2015-Beschleunigungen und Beschleunigungen, die mit demselben seismotektonischen Modell + anderen GMPEs (NGA-2 und andere neuere Gesetze) unter Annahme von $V_{s30} = 800$ m/s erhalten wurden, die Annahme eines Faktors 1.6



ÜBERPRÜFUNG DER RICHTLINIE PART C3 (VERSION 2021)

Art der Überprüfung:

- ~~SSHAC Level 3? (für Stauanlagen, nur BC Hydro Prokect in Kanada...)~~
- ~~SSHAC Level 2? (für Stauanlagen, nur in einigen Fällen, z.B. in Brasilien, für "tailings dams")~~
- SSHAC Level 1 oder gleichwertig? Das ist das gängigste Verfahren:
 - Manchmal mit einem PRP, der mit dem Projekt verbunden ist
 - Manchmal mit zusätzlicher Aufsicht durch den Regulator.
- ~~Kein SSHAC (no peer review)? Manchmal ist das der Fall, aber die meisten neueren Projekte führen PRP ein.~~



VERGLEICH DES "SCHWEIZERISCHEN" UND DES "INTERNATIONALEN" ANSATZES

Diskussionen/Empfehlungen zu:

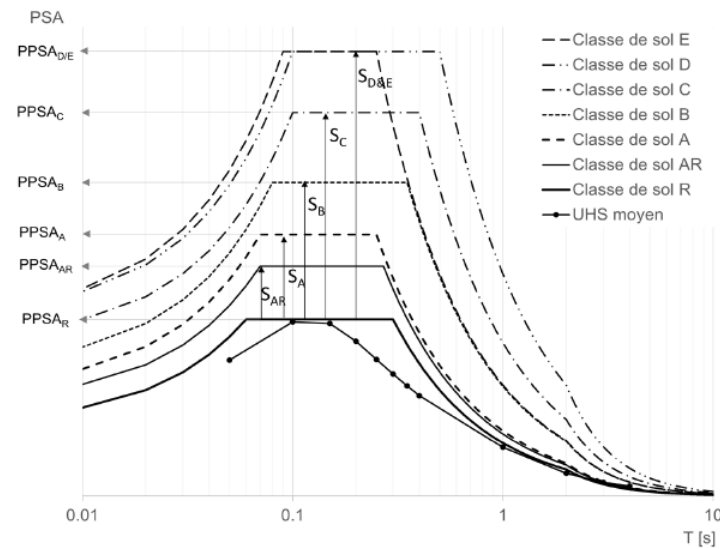
- **Zulassung von "site-specific"-Studien** zur besseren Abschätzung der Erdbebengefährdung. Die meisten Erdbebenleitfaden erlauben und empfehlen standortspezifische Studien, die die lokalen Bedingungen (V_{s30} , Verwerfungen) besser berücksichtigen können.
- **Einführung einer Untergrenze** für die Reduzierung der Erdbebengefährdung (wie z. B. in ASCE 7-22 definiert).



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Seismische Einwirkung :

- **Definiert in Form von Antwortspektren und Beschleunigungszeitverläufe**



Classe de sol	Description du profil stratigraphique	V _{s30} [m/s]	Amplification par rapport à la classe de sol R (S _x)	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]
R	Roche massive sans dégradations locales significatives, ni contrastes de rigidité significatifs ou inclusions de roches meubles; examinée de manière exhaustive et quantitative avec une V _s minimale de 1000 m/s	≥ 1105	1.00	0.06	0.3	2.0
AR	Roche; examinée de manière exhaustive et quantitative avec une V _s minimale de 760 m/s	>800	1.3	0.07	0.27	2.0
A	Roche ou autre formation géologique de type rocheux avec un maximum de 5 mètres de roche meuble en surface.	>800	1.4 (1.5*)	0.07	0.25	2.0
B	Dépôts très denses de sable et/ou de gravier ou argile très consistante, d'une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres, caractérisés par une augmentation progressive croissante des propriétés mécaniques avec la profondeur	500...800	1.8	0.08	0.35	2.0
C	Dépôts denses ou moyennement denses de sable, de gravier ou d'argile consistante, d'une épaisseur de quelques dizaines à une centaine de mètres.	300...500	2.2	0.10	0.4	2.0
D	Dépôts de sédiments meubles à moyennement denses ou argile tendre	< 300	2.55	0.10	0.5	2.0
E	Couche superficielle de dépôts type C ou D, d'une épaisseur comprise entre 5 et 20 mètres et d'une valeur moyenne de V _s < 500 m/s sur un matériau de sol plus ferme avec V _s > 800 m/s	-	2.55	0.09	0.25	2.0



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Seismische Einwirkung :

- **Baugrundeffekte (Baugrundklasse oder SRA).**

classe de classe d'ouvrage	sol	R	AR	A	B	C	D	E
I		classification basée sur : études géophysiques spécifiques + étude géologique la cohérence des données et la classification du terrain doivent être confirmées par des experts (4.3.2.4 et 4.3.2.5)						
II								
III	IIIa* IIIb**							
		classification basée sur : investigation spatiale étendue au moyen de mesures géophysiques (profils Vs) + étude géologique détaillée la cohérence des données et la classification du terrain doivent être confirmées par des experts (4.3.2.6 et 4.3.2.7)						
		classification basée sur des informations géologiques et géotechniques pertinentes et confirmée par des experts (4.3.2.5)						

*) IIIa: ouvrages d'accumulation de classe III selon le chapitre 3 et si des infrastructures critiques vulnérables sont situées dans la zone d'inondation potentielle (4.3.2.5)

**) IIIb: ouvrages d'accumulation de classe III selon le chapitre 3 et qui ne satisfont pas aux critères du sous-groupe IIIa ou tous les barrages de protection contre les dangers naturels

- **Die Baugrundklasse muss von den Behörden validiert werden** (für Stauanlagen der Klasse I und II ist geophysikalische Untersuchung erforderlich, um die V_{s30} zu definieren).
- **Berücksichtigung von aktiven Verwerfungen in der Nähe des Standorts**



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Seismische Einwirkung :

- **Auswahl von Beschleunigungszeitverläufe:**
 - Generische Kriterien (Max. 2 Beschleunigungszeitverläufe pro Erdbeben, 3 Komponenten usw.)
 - Kriterien für die Schädlichkeit (Dauer, Arias-Intensität usw.)
 - Vereinbarkeit mit Deaggregation ($M_w - R_{JB}$)
 - Kompatibilität mit dem Zielantwortspektrum
 - *Spectral matching* technisch erlaubt



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Diskussionen/Empfehlungen zu:

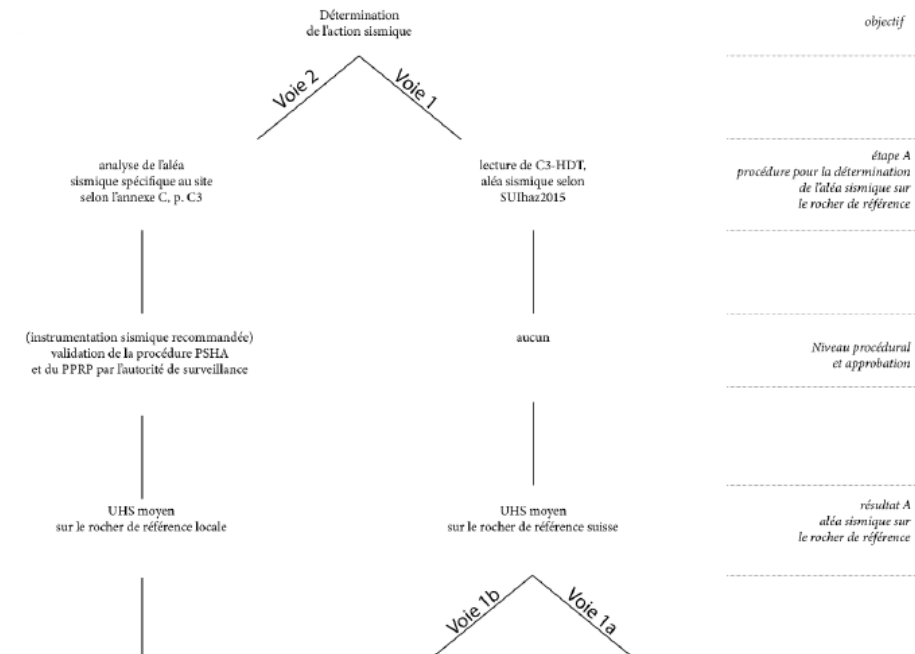
- **Zulassung von "site-specific"-Studien** zur besseren Abschätzung der Erdbebengefährdung. Die meisten Erdbebenleitfaden erlauben und empfehlen standortspezifische Studien, die die lokalen Bedingungen (V_{s30} , Verwerfungen) besser berücksichtigen können.
- **Einführung einer Untergrenze** für die Reduzierung der Erdbebengefährdung (wie z. B. in ASCE 7-22 definiert).



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Appendix C: Verfahren zur Bestimmung der seismischen Einwirkung:

- **Verfahren 1a: SUIhaz2015 + Amplification factor S_x**
- **Verfahren 1b: SUIhaz2015 + SRA**
- **Verfahren 2: PSHA + SRA**





EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Appendix C. Anforderungen an die SRA:

- **Geotechnisch/geophysikalisch zur Definition des Baugrunds**
- **Auswahl von Beschleunigungszeitverläufe**
- **Die SRA muss in Übereinstimmung mit folgender Methode gemacht werden:**

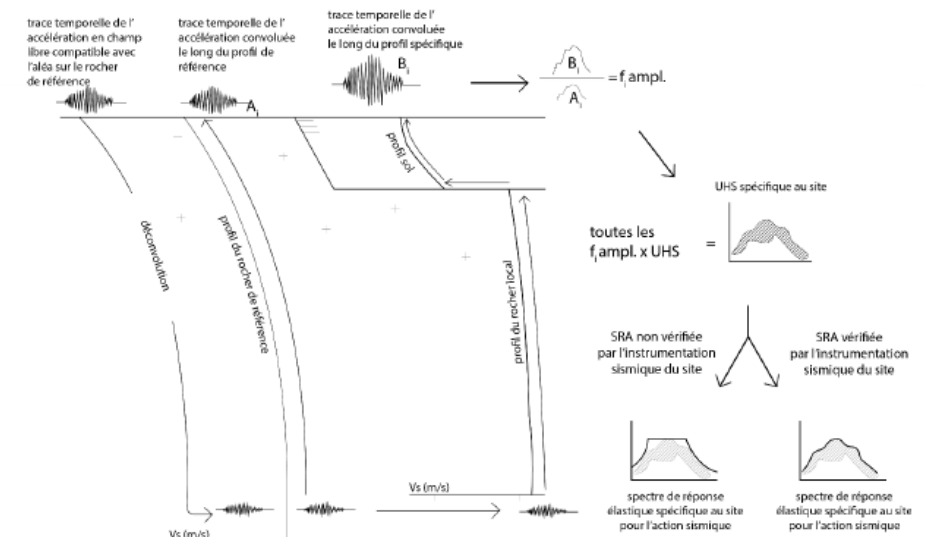


Figure C3: Représentation simplifiée de la procédure d'analyse de la réponse du site par des amplification.



EXPERTENEMPFEHLUNGEN

Appendix C. Anforderungen an die PSHA:

- **Empfehlung basiert auf SSHAC**
- **Bechmarking (doppelte Revision, C3.9)**
- **Verwendung von Lockersteinkoeffizienten in PSHA ist nicht erlaubt**
- **PSHA + "probabilistische" SRA unter einem SSHAC 2 erlaubt**



ENDGÜLTIGE BETRACHTUNG

Die Schweiz war "Vorreiter" bei detaillierten seismischen Studien für Nuklearanlagen (PEGASUS, SSHAC Level 4).

Mit der Richtlinie Teil C3 wird die Schweiz zum "Vorreiter" von detaillierten seismischen Studien für Stauanlagen.

GRATULIERE!!!