Wasserkraftwerk Mühleberg (Wohlensee-Staumauer)

Unregelmässigkeiten beim Erdbebennachweis

M. Kühni, Dipl. Ingenieur ETH

Zu meiner Person

- Markus Kühni
- Dipl. Informatik-Ingenieur ETH
- Anwohner des AKW Mühleberg

energisch.ch

Worum geht es?

Wasserkraftwerk und AKW Mühleberg

Bau des Wasserkraftwerks Mühleberg 1917-1920

Fundamentbereich Maschinenhausteil

Foto: BKW

Quelle: Staatsarchiv Bern, N P. Böhm 15

Bau des AKW Mühleberg 1967-1971

- 1.3km unterhalb Staumauer

Foto: BKW

Hin- und Her zur Staumauer

- 1967: Staumauerbruch wird in der Auslegung des AKW als möglich angenommen
- 1980er: Erkenntnis, AKW könnte dies <u>nicht</u> «beherrschen»
- 1989: Staumauerbruch im Erdbebenfall als unmöglich angenommen
- 2008: Staumauerbruch für das neue AKW (EKKM) wieder als möglich angenommen

Von der BKW auf den Punkt gebracht: «Wir wollen da keine schlafenden Hunde wecken»

An: [redacted]

[redacted]@resun.ch'; [redacted]

Betreff: Foliensatz BG Region vom 11.11.09

Hallo zusammen

Anbei der Foliensatz für die Sitzung der BG Region Mühleberg vom 11.11. Falls ihr noch Input habt, so schickt ihn mir bis spätestens 11.11., 12 Uhr, damit ich die Folien finalisieren kann.

[redacted] Wie ihr seht, haben wir die Folien zur Überflutung stark zusammengekürzt. Grund: Es könnten unangenehme Fragen zum KKM aufkommen, wenn wir die Resultate der Überflutungsberechnungen allzu transparent machen (die zeigen, dass das KKM je nach Szenario überflutet wird). Wir wollen da keine schlafenden Hunde wecken.

Freundliche Grüsse

[redacted]

Konzernkommunikation

[redacted]

Tel: [redacted]

Fax: [redacted]

[redacted]@bkw-fmb.ch

Aufgedeckt durch: Fokus Anti-Atom

Fukushima Daiichi Nuklearunfall 11.3.2011

- ENSI erlässt Verfügung vom 1.4.2011: Überprüfung u.a. der Erdbebenfestigkeit der Staumauer

Erdbebensicherheitsnachweis

- Ergebnis vom 9.7.2012:

  «Stauanlage Mühleberg hält stand»

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dossiers | Kernanlagen | Notfallschutz | Entsorgung | Dokumente | Dienstleistungen | Das ENSI | Medienste

Startseite » Schweizer Kernkraftwerke widerstehen Erdbeben

Schweizer Kernkraftwerke widerstehen Erdbeben

Top, News | 9. Juli 2012, 10.04 Like

Die Überprüfungen der eingereichten Nachweise der Betreiber durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI haben ergeben, dass die Schweizer Kernkraftwerke auch einem schweren Erdbeben widerstehen und keine Schäden infolge Strahlung für Mensch und Umwelt entstehen.

„Die Schweizer Kernkraftwerke halten einem Erdbeben, wie es in 10'000 Jahren höchstens einmal vorkommt, stand", fasst Georg Schwarz, Leiter des Aufsichtsbereichs Kernkraftwerke das Resultat der Überprüfung der Erdbebennachweise durch das ENSI zusammen. „Der Schutz von Bevölkerung und Umwelt vor einer zu hohen Strahlendosis ist gewährleistet."

Das ENSI ist zum Schluss gekommen, dass die Kernkühlung und die Kühlung der Brennelementlagerbecken unter Einwirkung eines 10'000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser gewährleistet bleiben. Die gesetzlich festgeschriebene Dosislimite von 100 Millisievert wird bei diesen Störfällen deutlich eingehalten. Somit wird kein Kriterium der Ausserbetriebnahmeverordnung erreicht und die Schweizer Kernkraftwerke können in Betrieb bleiben.

Stauanlage Mühleberg hält Stand

Beim Nachweis der Beherrschung der Kombination von Erdbeben und dem durch Erdbeben ausgelöste Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerkes Mühleberg hat der Betreiber nachgewiesen, dass diese Stauanlagen standhalten. Die Nachweise für die Stauanlagen Mühleberg, Schiffenen und Rossens wurden von der zuständigen Fachstelle im Bundesamt für Energie BFE und dem ENSI überprüft.

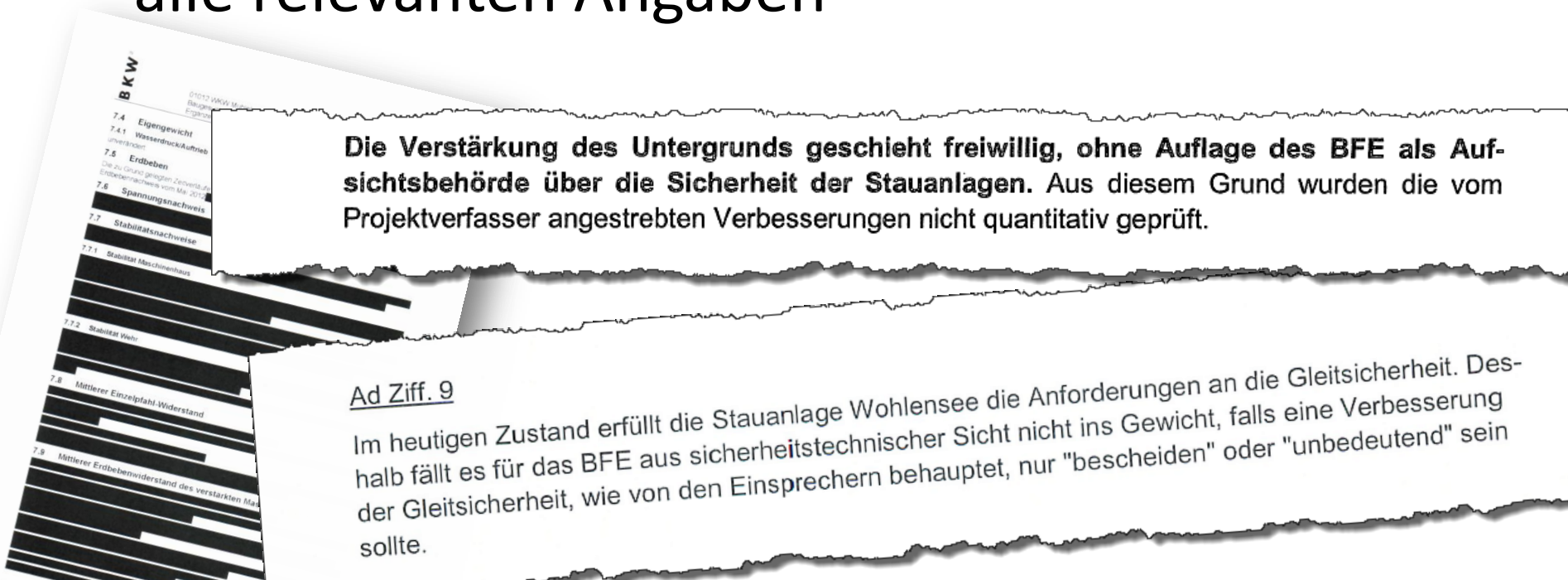
„Die Erdbebennachweise bestätigen die früheren Überprüfungen im Rahmen von Fukushima, wie beispielsweise den EU-Stresstest", bilanziert ENSI-Direktor Hans Wanner. „Die Schweizer Kernkraftwerke sind auf einem hohen Sicherheitsstand – auch im internationalen Vergleich." Dies ist auch das Resultat der Politik der laufen Nachrüstungen. „Beispielsweise hätten die älteren KKW den Nachweis den 80er- und 90er-Jahren nachgerüstet

BKW will trotzdem nachrüsten

- ENSI, BFE und BKW behaupten die Stauanlage sei sicher
- BKW will trotzdem eine «Vorgezogene Instandhaltung» vornehmen
- Das Baugesuch hält der Prüfung durch einen beigezogenen Bauingenieur nicht stand
- Zusammen mit Anwohnern ergreifen wir Einsprache, beantragen u.a. Verbesserung

BKW will trotzdem nachrüsten

- BFE verweigert Prüfung unserer Vorbehalte, weil «freiwillig»
- BKW verweigert Akteneinsicht und schwärzt alle relevanten Angaben



Die Verstärkung des Untergrunds geschieht freiwillig, ohne Auflage des BFE als Aufsichtsbehörde über die Sicherheit der Stauanlagen. Aus diesem Grund wurden die vom Projektverfasser angestrebten Verbesserungen nicht quantitativ geprüft.

Ad Ziff. 9

Im heutigen Zustand erfüllt die Stauanlage Wohlensee die Anforderungen an die Gleitsicherheit. Deshalb fällt es für das BFE aus sicherheitstechnischer Sicht nicht ins Gewicht, falls eine Verbesserung der Gleitsicherheit, wie von den Einsprechern behauptet, nur "bescheiden" oder "unbedeutend" sein sollte.

Warum das alles?
Die Erklärung folgt heute.

Drei Versionen des Erdbebennachweises

- Durch besondere Umstände reicht die BKW drei Versionen des Erdbebennachweises ein
- Wir haben alle drei mittels Bundesgesetz über das Öffentlichkeitsprinzip (BGÖ) freigekauft
- Versionen:
  - Januar
  - März
  - Mai

Erdbebennachweis Januar

- Nicht einmal 50% der gesetzlich geforderten Erdbeben-stabilität erreicht

8 Schlussfolgerungen

Dieser Bericht im Rahmen der Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg zeigt Ergebnisse für die Stabilitätsnachweise (Gleiten und Kippen). Aufgrund der ausgeführten Berechnungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die berechneten **globalen Gleitsicherheitsfaktoren** liegen unterhalb den von der BWG-Richtlinie [5] , für Berechnungen mit Berücksichtigung der Kohäsion, empfohlenen Werten (statisch: 5, dynamisch: 3). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass:
  - die Form der Gleitfläche den geologischen Gegebenheiten Rechnung trägt;
  - die Scherfestigkeitsparameter auf Laborversuchen beruhen und damit einer geringeren Streuung unterliegen als Literaturwerte;
  - die Probenauswahl für die Laborversuche konservativ war,
  - die Berechnungen mit Restscherfestigkeiten und nicht Spitzenscherfestigkeiten durchgeführt wurden;
  - der angenommene, dreieckförmig verteilte Sohlwasserdruck einer sehr konservativen und ungünstigen Annahme entspricht;
  - die seitliche Tragwirkung (Uferbereiche) nicht berücksichtig wird
  - die berechneten totalen bleibenden Verschiebungen gering sind.
- Die Überprüfung der Kippsicherheit zeigt, dass am wasserseitigen Fuss des Maschinenhauses resp. Wehrs nur geringe Zugspannungen auftreten, und dass daher kein Kipprisiko besteht.

Die berechneten **globalen Gleitsicherheitsfaktoren** liegen unterhalb den von der BWG-Richtlinie [5], für Berechnungen mit Berücksichtigung der Kohäsion, empfohlenen allgemein erhöhten Werten. Für die Kohäsion kann jedoch, trotz der konservativen Annahmen im Modell und der Bodenkennwerte, ein minimaler partieller Sicherheitsfaktor von **3.85** (statisch) resp. **1.44** (dynamisch) nachgewiesen werden.

Erdbebennachweis Januar

- Noch beunruhigender: sogar im «Normalen Lastfall» (ohne Erdbeben) nur 75% der gesetzlich geforderten Stabilität erreicht

Tabelle 3-1 Sicherheitsbeiwerte gemäss BWG Richtlinie [5].

	Normaler Lastfall	Extremer Lastfall (Erdbeben)
Ohne Kohäsion	FS1=1.5	FS1=1.1
Mit Kohäsion	FS2=5	FS2=3

Die berechneten **globalen Gleitsicherheitsfaktoren** liegen unterhalb den von der BWG-Richtlinie [5], für Berechnungen mit Berücksichtigung der Kohäsion, empfohlenen allgemein erhöhten Werten. Für die Kohäsion kann jedoch, trotz der konservativen Annahmen im Modell und der Bodenkennwerte, ein minimaler partieller Sicherheitsfaktor von **3.85** (statisch) resp. **1.44** (dynamisch) nachgewiesen werden.

Und in der zweiten Version?

Erdbebennachweis März

- Alle Zahlen noch gleich. Aber: «Somit sind die Stabilitätsnach-weise erbracht»

14 Schlussfolgerungen

Dieser Bericht zur Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg zeigt Ergebnisse des Spannungsnachweises, der Stabilitätsnachweise (Gleiten und Kippen) und der Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsorgane. Aufgrund der ausgeführten Berechnungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Spannungsnachweise

- Die dynamischen Berechnungen mittels zweier voneinander unabhängigen dreidimensionalen Finiten Elemente Modelle für das Maschinenhaus und das Wehr des WKW Mühleberg und seiner Fundation zeigen, dass die Spannungen in den für die Wasserrückhaltung erforderlichen Strukturen des Maschinenhauses und des Wehrs stets geringer als die zulässigen Druck- und Zugfestigkeiten sind. Kurzzeitige Spannungsspitzen in den Wehrpfeilern sind tolerierbar, da diese Bereiche durch Stahlarmierung stark verstärkt sind (Anhänge 10.4 & 10.5). Folglich ist der dynamische Spannungsnachweis sowohl für Druck- als auch für Zugspannungen erbracht.

Stabilitätsnachweise

- Die berechneten globalen Gleitsicherheitsfaktoren liegen über 1.0. Zusätzlich zum konservativen Wert für die Kohäsion wurden folgende Punkte berücksichtigt:
  - der Form der Gleitfläche und den geologischen Gegebenheiten wurde Rechnung getragen;
  - die Scherfestigkeitsparameter beruhen auf Laborversuchen und unterliegen damit einer geringeren Streuung als Literaturwerte;
  - konservative Probenauswahl für die Laborversuche;
  - die Berechnungen wurden mit Restscherfestigkeiten und nicht mit Spitzenscherfestigkeiten durchgeführt;
  - der angenommene, dreieckförmig verteilte Sohlwasserdruck entspricht einer sehr konservativen und ungünstigen Annahme;
  - die seitliche Tragwirkung (Uferbereiche) wird nicht berücksichtig;
  - mittels Sensitivitätsanalysen wurde gezeigt, dass die Hauptaussagen wenig sensitiv auf die Eingangsparameter sind.
- Die Überprüfung der Kippsicherheit zeigt, dass am wasserseitigen Fuss des Maschinenhauses resp. Wehrs nur geringe Zugspannungen auftreten, und dass daher kein Kipprisiko besteht.

Somit sind die Stabilitätsnachweise erbracht.

Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsorgane

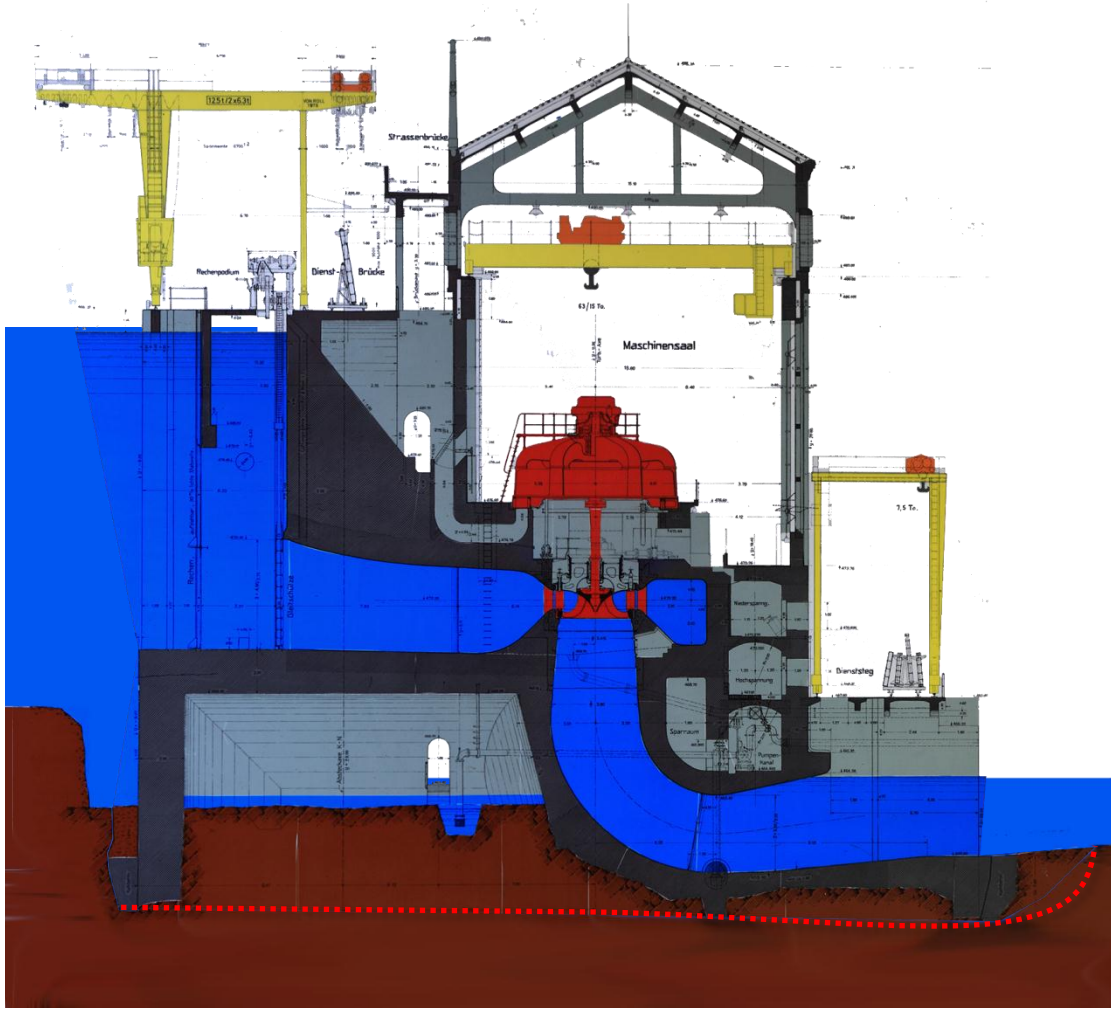
Der Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsorgane (Stauklappen, Antriebe) ist

Was ist da passiert?

Erdbebennachweis März

- Die Differenz:
  Keine Sicherheitsfaktoren mehr angewendet
- D.h. man rechnet plötzlich ohne die vorgeschriebenen Sicherheitsmargen
- Dabei geht es vor allem um die sogenannte «Kohäsion»

Kohäsion



Einbindung des Bauwerks im Felsuntergrund

Kohäsion in der BWG Richtlinie

«Grundsätzlich kann die Kohäsion dort, wo sie vorhanden ist […] berücksichtigt werden.»

«Die Sicherheitsfaktoren sind dann aber zu erhöhen, um den Unsicherheiten und dem Risiko, dass sich die Kohäsion infolge einer Bewegung vermindert oder verschwindet, Rechnung zu tragen.»

Bundesamt für Wasser und Geologie, Basisdokument zur konstruktiven Sicherheit, Version 1.0 (August 2002), Seite 32

Sicherheitsfaktoren weg

- Wir stellen fest: im Widerspruch zur Richtlinie Sicherheitsfaktoren weggelassen

- Die berechneten **globalen Gleitsicherheitsfaktoren** liegen unterhalb den von der BWG-Richtlinie [5], für Berechnungen mit Berücksichtigung der Kohäsion, empfohlenen Werten (statisch: 5, dynamisch: 3). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass:

Stabilitätsnachweise

- Die berechneten globalen Gleitsicherheitsfaktoren liegen über 1.0.

Somit sind die Stabilitätsnachweise erbracht.

Sicherheitsfaktoren weg

- Es wird plötzlich behauptet, man müsse sich nur nach der Richtlinie zur «Erdbebensicherheit» richten.
- Die Richtlinie zur «konstruktiven Sicherheit» (mit den Sicherheitsfaktoren) wird ignoriert.

- Darf man das?

In der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] wird bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors verlangt. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

Erdbebenrichtlinie

- Einleitung, im ersten Satz:

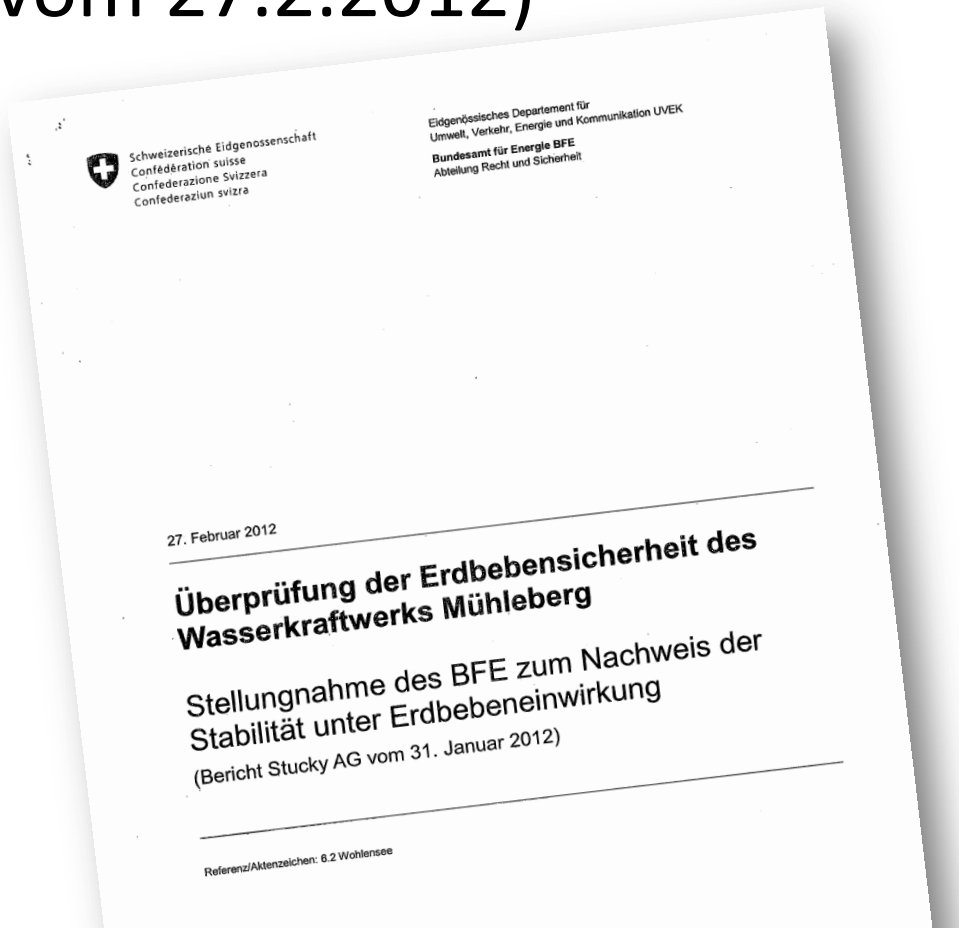
EINLEITUNG

Die vorliegende Richtlinie ist immer zusammen mit der Stauanlagenverordnung und den übrigen Richtlinien für Stauanlagen anzuwenden.

Wie kommt die Fachgutachterin zu dieser Behauptung?

Stellungnahme BFE

- Es ist das BFE, welches dazu anleitet (Stellungnahme vom 27.2.2012)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE
Abteilung Recht und Sicherheit

27. Februar 2012

Überprüfung der Erdbebensicherheit des Wasserkraftwerks Mühleberg

Stellungnahme des BFE zum Nachweis der Stabilität unter Erdbebeneinwirkung

(Bericht Stucky AG vom 31. Januar 2012)

Referenz/Aktenzeichen: 6.2 Wohlensee

Stellungnahme BFE

- Die Richtlinie «konstruktive Sicherheit» gelte nur für «extreme Einwirkungen im Allgemeinen»
- <u>Nicht</u> «speziell für die Erdbebeneinwirkung»

Präzisierend zu Abschnitt 3.7.2 sowie Abschnitt 7 in [4] ist zu sagen, dass die angenommenen Sicherheitsfaktoren nicht in der Richtlinie [1] enthalten sind, sondern im Basisdokument zur konstruktiven Sicherheit [3]. Dieses Basisdokument definiert Sicherheitsfaktoren für extreme Einwirkungen im Allgemeinen. Nebst diesen Anforderungen gelten jedoch speziell für die Erdbebeneinwirkung die Anforderungen im Basisdokument zum Nachweis der Erdbebensicherheit [2]. Dieses Basisdokument

Stellungnahme BFE

- Die Richtlinie «konstruktive Sicherheit» besagt etwas anderes:

EINWIRKUNGEN	GEWICHTSMAUER, WEHR							
	Typ 1		Typ 2			Typ 3		
	Normalfall		ausserordentlicher Fall			extremer Fall		
	See leer	See voll	Hoch-wasser	Eis	Lawine	Hoch-wasser	Erd-beben See leer[2)]	Erd-beben See voll

Und in der letzten Version?

Erdbebennachweis Mai

- Auch der Fachgutachterin der BKW ist es offenbar nicht wohl bei der Sache
- Im März schrieb sie noch:

> In der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] wird bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors verlangt. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

- Im Mai sicherte sie sich ab:

> Nach Rücksprache mit dem BFE ist in der BWG-Richtlinie zum Nachweis der Erdbebensicherheit [13] bei einer Berücksichtigung der Kohäsion keine Erhöhung des Sicherheitsfaktors vorgesehen. Es wird jedoch vorausgesetzt, dass für die Kohäsion konservative Werte angesetzt werden.

Erdbebennachweis Mai

- Sonstige Änderungen:
- Berechnungen zu «bleibenden Verschiebungen» entfernt
- Aussagen zur Kohäsion «bereinigt»

(vgl. Ausführungen von Prof. Wu)

Die Fassung vom 4. Mai 2012 diente der Vervollständigung und redaktionellen Berichtigung entsprechend den behördlichen Anforderungen.

Wie sehen dies andere Länder?

Der Internationale Vergleich

- Behauptung von BFE und BKW: man kann bei Kohäsion auf Sicherheitsfaktoren verzichten
- Dazu die Vergleichsstudie «International Commission On Large Dams (ICOLD), Sliding Safety of Existing Gravity Dams»

[Gleitsicherheit von bestehenden, grossen Gewichtsstaumauern]

ICOLD, Sliding Safety of Existing Gravity Dams - Final Report, Giovanni Ruggeri, Chairman of the European Working Group, 2004
http://cnpgb.inag.pt/IcoldClub/documents/Sliding_safety_FinalReport.pdf

Der Internationale Vergleich

- Für Länder mit vergleichbarer Nachweis-methode für den Normalfall (ohne Erdbeben)

Table 1.2 - Safety factors for cohesion and friction (for "Usual Loads")

	Strength Reduction Factors					
	Spain	France (1)	Portugal	Switzerland	China	India
Friction Φ	1.5	1.5	1.5 ÷ 1.2	1.5	1.3	1.5
Cohesion C	5.	3.	3 ÷ 5	5.	3.	3.6 ÷ 4.5 (2)

(1) - *Coyne & Bellier practice*

(2) - *Min value: dam body, dam-foundation surface. Max value: not thoroughly investigated foundation*

ICOLD, Sliding Safety of Existing Gravity Dams - Final Report, Giovanni Ruggeri, Chairman of the European Working Group, 2004

Der internationale Vergleich

- Für Länder mit vergleichbarer Nachweis-methode für den Erdbebenfall:

Selbstdarstellung der Schweiz erstellt durch einen Mitautoren der BWG-Richtlinie «Erdbebensicherheit»

Land	**Partieller Sicherheitsfaktor für Kohäsion im Erdbebenfall**	**Seite**
Spanien	4	85
Portugal	„unendlich“ (Kohäsion darf gar nicht angerechnet werden)	86
Schweiz	3	101
Indien	3 (für Gleitfläche in der Fundation, wie in unserem Fall)	109

ICOLD, Sliding Safety of Existing Gravity Dams - Final Report, Giovanni Ruggeri, Chairman of the European Working Group, 2004

Zusammenfassung

- **Erste Version (Januar):**
  Staumauer durchgefallen.
- **Zweite Version (März):**
  Alles in Ordnung.
  Wir brauchen in der Schweiz keine Sicherheitsfaktoren.
- **Dritte Version (Mai):**
  Bereinigungen,
  Absicherungen.

Vertiefte Analyse verfügbar

- Detaillierte Beweisführung
- Gesetzliche Verbindlichkeit der Richtlinien
- Quellen, Belege
- Weitere Unregelmässigkeiten
- Diskussion «zulässiges Gleiten»

- Steht Ihnen zur Verfügung…

Fazit

- Die Erdbebensicherheit der Wohlensee-Staumauer ist nicht nachgewiesen
- Das AKW muss unverzüglich ausser Betrieb genommen werden
- Die Behörden müssen sich erklären