



D.II

Pumpspeicherwerk-Forbach - Neue Unterstufe Stellungnahme zur Übertragbarkeit der Resultate des seismologischen Gutachtens zum Pumpspeicherwerk-Forbach von 2016

Auftraggeber: EnBW Energie Baden-Württemberg AG
76180 Karlsruhe

Auftragnehmer: SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B, 52134 Herzogenrath

Bearbeiter: Dipl.-Geophys., Dipl.-Ing. Jürgen Kopera
BÜRO FÜR INGENIEUR-SEISMOLOGIE HANNOVER, BIS-KOPERA
Am Graswege 36, 30169 Hannover

Erstellungsdatum: 30.11.2018

Revision: R-0

Seitenzahl: 19



1 Einleitung	3
2 Vorbemerkungen	5
3 Lage der Neuen Unterstufe im Vergleich zum Standort Oberstufe Seekopf... 6	6
3.1 Erdbebeneiwirkung auf untertägige Bauwerke	6
3.2 Seismische Lastannahmen für die Untertagebauwerke Kavernenwasserspeicher und –Kraftwerk Neue Unterstufe.....	7
4 Überprüfung der deterministischen seismischen Gefährdungsanalyse	9
5 Vergleich mit Spektren des GFZ-Potsdam	11
6 Zusammenfassung	14
7 Abbildungsverzeichnis	15
8 Verwendete Unterlagen.....	16
8.1 Normen.....	16
8.2 Literatur.....	16
Anhang A.....	18

1 Einleitung

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG (im Folgenden EnBW) beabsichtigt die Errichtung und den Betrieb des Pumpspeicherwerks Forbach – Neue Unterstufe auf der Gemarkung der Gemeinde Forbach im Nordschwarzwald. Hier ist geplant, die bestehenden Anlagen des Rudolf-Fettweis-Werkes umfassend zu erneuern und auf heutige Leistungsansprüche anzupassen. Hierzu trägt insbesondere der Ausbau der Energiespeicherfunktion der Gesamtanlage bei.

Im Rahmen des Vorhabens Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe wird das bestehende Schwarzenbachwerk durch ein vollwertiges Pumpspeicherwerk und das bestehende Murgwerk durch ein neues Wasserkraftwerk ersetzt. Sowohl das neue Schwarzenbach- als auch das neue Murgwerk werden in Kavernen-Bauweise, d. h. unterirdisch erstellt. Die neue Kraftwerkskaverne nimmt alle Anlagenbestandteile (die Kavernenteile Schwarzenbachwerk, Murgwerk, und Transformatoren jeweils inklusive der zum Betrieb notwendigen Nebeneinrichtungen) unterirdisch auf.

Die Planung der Neuen Unterstufe basiert auf dem Grundsatz, vorhandene Anlagen weiter zu nutzen. So können sowohl die Schwarzenbachtalsperre als auch das Sammelbecken Kirschbaumwasen ohne bauliche und betriebliche Veränderungen in das neue Anlagenkonzept integriert werden. Für das neue Schwarzenbachwerk wird das bestehende Ausgleichsbecken um einen Kavernenwasserspeicher ergänzt; das so erweiterte Ausgleichsbecken dient dann als Unterbecken für das neue Pumpspeicherwerk. Zusätzlich zum Nutzvolumen des Ausgleichsbeckens werden rund 200.000 m³ Speichervolumen geschaffen. Damit ist das Pumpspeicherwerk für einen ca. 9-stündigen Pumpbetrieb ausgelegt.

Weitere wichtige Vorhabenbestandteile sind die zugehörigen Stollen, insbesondere die Unterwasser-, der Zufahrts-, der Energieableitungsstollen, sowie für die Bauarbeiten erforderliche Schutterstollen. An den vorhandenen Wasserschlössern werden zwei neue Druckschächte angebunden, welche die vorhandenen Oberwasserstollen mit der neuen Kraftwerkskaverne verbinden. Es ist geplant, das Schwarzenbachwerk als Pumpspeicherwerk mit einer Pumpturbinenleistung von ca. 50 MW und das Murgwerk als Laufwasserkraftwerk mit einer Turbinenleistung von ca. 18 MW auszustatten.

Das neue Schwarzenbachwerk soll zukünftig als Stromspeicher im Tageszyklus dienen. Mit überschüssiger Energie, d. h. wenn die Stromproduktion den aktuellen Bedarf übersteigt, wird im Pumpbetrieb die Schwarzenbachtalsperre aus dem Ausgleichsbecken und dem Kavernenwasserspeicher befüllt und somit elektrische Energie in potentielle Energie umgewandelt. Bestehen Erzeugungsdefizite, z. B. in Spitzenlastzeiten, wird im Turbinenbetrieb die gespeicherte potentielle Energie wieder in elektrische Energie umgewandelt, die dann dem bestehenden Stromnetz zugeführt wird. Der Gesamtwirkungsgrad des Pumpspeicherwerks beträgt ca. 75 %.

Das neue Murgwerk wird weiterhin die Abflüsse der Murg zur Erzeugung erneuerbarer Energie nutzen. Durch den Neubau der Anlagen wird die Effizienz erhöht. Diese Effizienzgewinne können die aus der Umsetzung der WRRL-Maßnahmen resultierenden Erzeugungsverluste (Mindestwasserabgabe, Fischauf-/abstiegsanlagen) teilweise kompensieren.



Eine Übersichtsbeschreibung aller energiewirtschaftlichen, rechtlichen, technischen und ökologischen Aspekte des Vorhabens findet sich im Erläuterungsbericht der Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren (Antragsteil A.V). Die Erläuterung der Genehmigungstatbestände aus rechtlicher Sicht findet sich in Antragsteil A.I „Antrag im Einzelnen“. Technische Aspekte werden u. a. in den Antragsteilen B.I „technische Beschreibung“ und B.X „Betriebskonzept“ erläutert. Ökologische Fragestellungen werden in Antragsteil E.I „Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung“ dargestellt, der auch eine allgemeinverständliche Zusammenfassung enthält.

Zusätzlich wird das Vorhaben auf der Projektwebseite <https://www.enbw.com/ausbau-pumpspeicher> näher vorgestellt, auf die geplanten Neuerungen und die damit verbundenen Veränderungen eingegangen, und häufig gestellte Fragen in Form eines Fragen- und Antwortenkatalogs beantwortet.



2 Vorbemerkungen

SDA-engineering GmbH in Zusammenarbeit mit dem Büro für Ingenieur-Seismologie (BIS-Kopera) wurde von der EnBW Energie Baden-Württemberg AG beauftragt, für den Standort der geplanten Neuen Unterstufe (2018) des Pumpspeicherwerks (PSW-Forbach) zu prüfen, in wie weit die seismischen Lastvorgaben aus dem seismologischen Gutachten vom 20.08.2016¹ zum Standort des Dammbauwerks „Oberbecken Seekopf“ des Pumpspeicherwerks-Forbach für die Neue Unterstufe Gültigkeit besitzen bzw. übernommen werden können.

Das bereits existierende Pumpspeicherwerk Rudolf-Fettweis bei Forbach liegt etwa 12 km südöstlich von Baden-Baden an der Murg im Schwarzwald und ca. 2 km NE der Schwarzenbach-Talsperre.

Standort geplante Neue Unterstufe (Kavernenwasserspeicher)² des Pumpspeicherwerks-Forbach

- Geographische Koordinaten: 48,6649 °N; 08,3473 °E

Standort des ursprünglich geplanten „Oberbeckens Seekopf“ des Pumpspeicherwerks-Forbach (Mitte der Beckensohle des Oberbeckens)

- Geographische Koordinaten: 48,6652 °N; 8,2873 °E

Die Untersuchung beinhaltet die Prüfung der Anwendbarkeit der im seismologischen Gutachten (2016) angewandten Normen, sowie dessen Resultate aus der probabilistischen (PSGA) und der deterministischen seismischen Gefährdungsanalyse (DSGA). Ziel ist die Ableitung geeigneter standortspezifischer Antwortspektren für die Untertagebauwerke der Neuen Unterstufe.

¹ Im Folgenden auch als „Gutachten (2016)“ bezeichnet.

² Die Koordinaten beziehen sich annähernd auf den Flächenschwerpunkt des Kavernenspeichers



3 Lage der Neuen Unterstufe im Vergleich zum Standort Oberstufe Seekopf

Der Standort des Projektplans Neue Unterstufe befindet sich in ca. 4-5 km Entfernung östlich vom vormals geplanten „Oberbecken Seekopf“ (Abbildung 3-1).

Im Unterschied zum Ringdamm des Oberbeckens (Talsperrenklasse 1 nach DIN 19700, 2004) handelt es sich bei der geplanten Neuen Unterstufe ausschließlich um unter Tage Bauwerke. Weder die für Dammbauwerke gültige DIN 19700-11 (2004) (Grünthal et al. 2009) noch der für übliche Hochbauten gültige EC8³: „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“, DIN EN 1998-1/NA:2011-01 enthalten Aussagen bezüglich der seismischen Auslegung untertägiger Bauwerke.

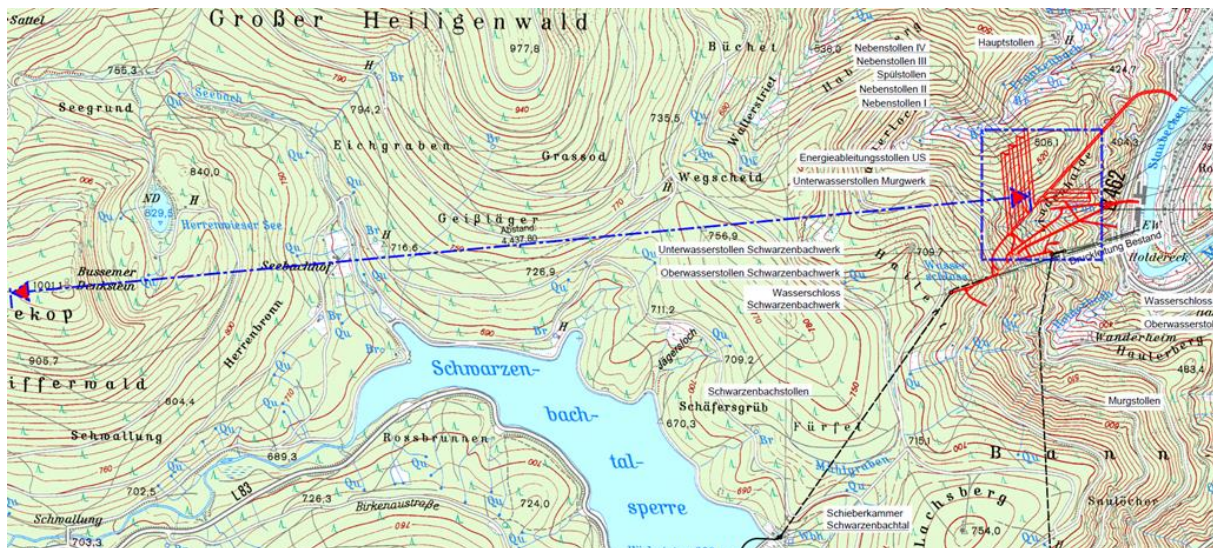


Abbildung 3-1: Übersichtskarte mit der Lage der Standorte. Oberbecken-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016) (Pfeil links) und der geplanten Neuen Unterstufe des Pumpspeicherwerks-Forbach (2018), (strichpunktiert blaues Rechteck rechts). Ausschnitt aus Unterlage C_1_4_1_W.S32.00.0G0.CLD0100.A.pdf.

3.1 Erdbebeneinwirkung auf untertägige Bauwerke

Für untertägige Bauwerke werden oftmals deutlich geringere Amplituden der seismischen Anregungen im Verhältnis zu denen an der Erdoberfläche angesetzt. Im seismologischen Gutachten (2016) wird jedoch vorgeschlagen, der Argumentation von Wieland (2011) für untertägige Bauwerke von Wasserkraftwerken zu folgen (vgl. dort Kap. 8). Danach sind für Untertage-Bauwerke im Fels dieselben seismischen Parameter (Spektren etc.) anzusetzen, wie für die Dammbauwerke auf anstehendem Fels an der Erdoberfläche. Zitat Wieland (2011): „Therefore, it is prudent to use the same seismic parameters as for the outcropping rock.“

³ EC8 Eurocode 8

3.2 Seismische Lastannahmen für die Untertagebauwerke Kavernenwasserspeicher und –Kraftwerk Neue Unterstufe

Die standortspezifischen Antwortspektren für das vormals geplante Dammbauwerk des Oberbeckens auf dem Seekopf (2016) wurden gemäß Wieland (2011) auch für das Kavernenkraftwerk im Fels angesetzt. Dabei konnte jedoch die aufgrund von Oberflächentopographie wirkende Verstärkung der seismischen Anregung an der GOK des Seekopfes für das Kavernenkraftwerk entfallen.

Die Lage der unter Tage Bauwerke des Kavernenwasserspeichers (Nebenstollen I-VI) sowie des Kavernenkraftwerks der Neuen Unterstufe im Fels sind in der Abbildung 3-2 zu dargestellt.

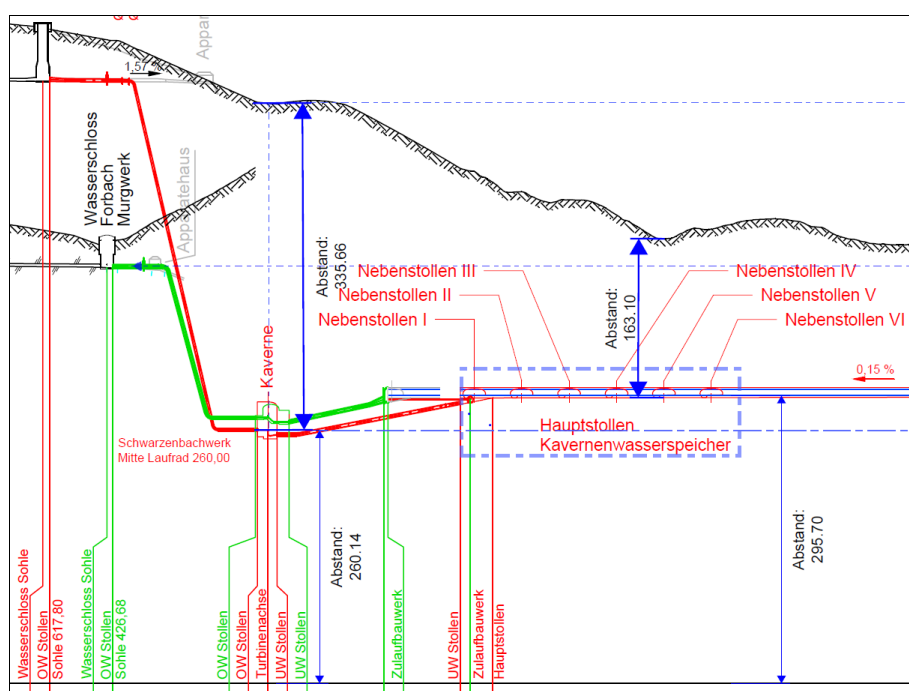


Abbildung 3-2: Lage des Kavernenwasserspeichers und des Kavernenkraftwerks der Neuen Unterstufe im Fels unter GOK (blaue vertikale Linien). Ausschnitt aus Unterlage: C 1 4 2 W.S32.00.0G0.CLG0101.A.pdf.

Nach ICOLD (2010) können beigeordnete Bauwerke und Strukturen von Wasserkraftwerken wie Kavernen im Fels zumindest nach den gültigen Normen für Hochbauten etc. für den Lastfall Erdbeben ausgelegt werden, was i.d.R. einer mittleren Wiederkehrperiode von 475 Jahre entspricht. Strukturen, die für die Sicherheit von Dammbauwerken maßgeblich sind, wie Auslauf- und Überlaufbauwerke, Steuerungs- oder Energieversorgungseinrichtungen sind jedoch für das SEE⁴. auszulegen Da die Neue Unterstufe vollständig unter Tage geplant ist, es damit kein Dammbauwerk zu schützen gilt, kann hier eine mittlere Wiederkehrperiode nach Eurocode 8 (EC8) bzw. DIN EN 1998-1/NA:2011-01 angesetzt werden. Dies entspricht dem Antwortspektrum aus Abb. 4.12 im Gutachten (2016) für TW=500 Jahre.

⁴ SEE (“safety evaluation earthquake”)

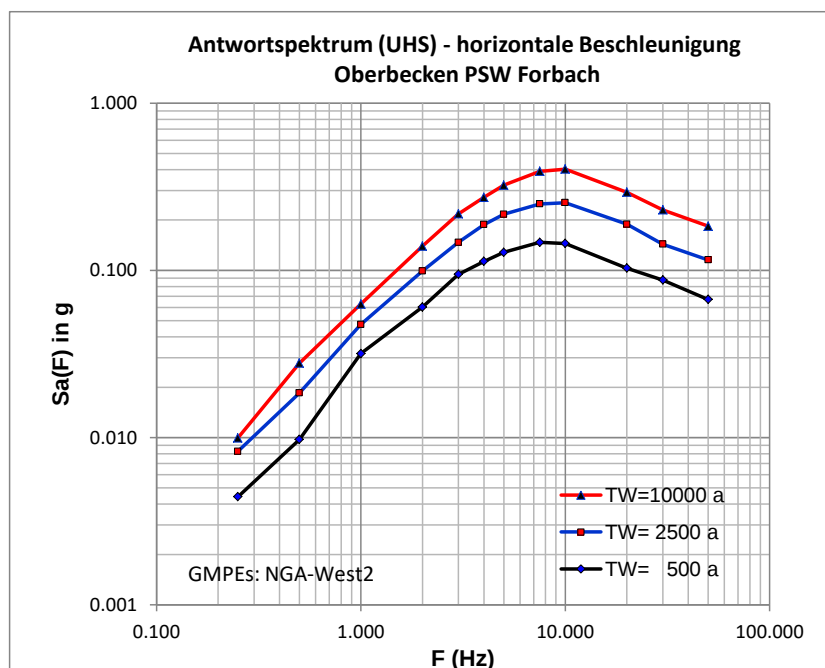


Abbildung 3-3: Antwortspektren⁵ (5 % Dämpfung) der horizontalen Beschleunigung am Standort Oberbecken Seekopf - ohne Berücksichtigung der Geländetopographie, für Felsuntergrund („rock“) mit $V_{s30} = 1000$ m/s. Dargestellt sind die mittleren Spektren S_a in [g], berechnet aus verschiedenen spektralen Abnahmebeziehungen der NGA-West-2 (vgl. Kap. 4.8 im Gutachten, 2016) für das Betriebserdbeben, das Bemessungserdbeben nach DIN 19700 sowie für ein Extremereignis, jeweils mit mittleren Wiederkehrperioden von $T_W = 500$, 2500 und 10.000 Jahren (aus Abbildung 4.12 im Gutachten, 2016).

⁵ Spektrale Amplituden in [g = 9,81 m/s²].



4 Überprüfung der deterministischen seismischen Gefährdungsanalyse

Die Lage des Standortes für die geplante Neue Unterstufe des Pumpspeicherwerks-Forbach (2018) hat sich gegenüber dem Standort Oberbecken Seekopf, der im Gutachten (2016) betrachtet wurde, geändert. Daher ist zu untersuchen, inwieweit dies Einfluss auf die potentielle Wirkung maßgeblicher tektonischer Störungen hat.

Der Kavernenwasserspeicher (Nebenstollen I-VI) sowie das Kavernenkraftwerk der Neuen Unterstufe liegen ca. 4-5 km östlich der „Oberstufe Seekopf“ (Abbildung 3-1). Anhand von Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 ist zu erkennen, dass sich der Standort der Neuen Unterstufe in deutlich größerer Entfernung zu den maßgeblichen tektonischen Störungen befindet.

Aus Sicht der deterministischen seismischen Gefährdungsanalyse (DSGA) ist daher keine Erhöhung der seismischen Gefährdung für die Neue Unterstufe gegenüber jener aus dem seismologischen Gutachten (2016) zu erwarten.

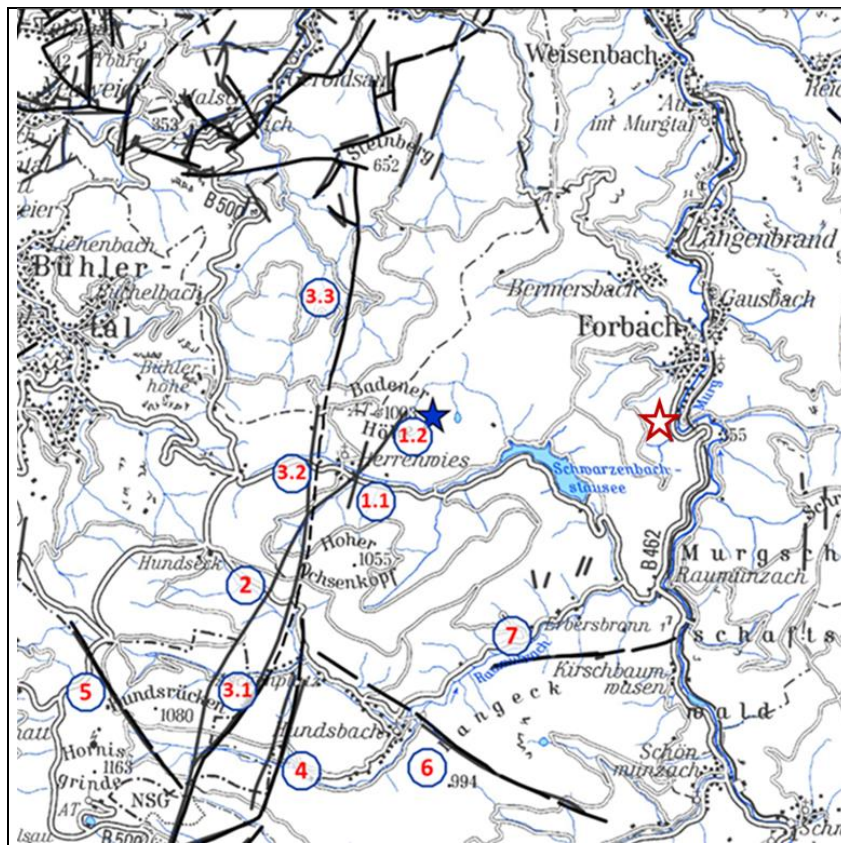


Abbildung 4-1: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte GÜK300 und dem „Informationssystem oberflächennahe Geothermie“ (ISONG) des LGRB, Freiburg. Potentiell maßgebliche tektonische Störungen (schwarze dicke nummerierte Linien) sowie vermutete Störungen (gestrichelt) in einer Umgebung von ca. 10 km um die Standorte. – Stern (blau): Standort Oberbecken-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016). – Stern (rot offen): Standort Neue Unterstufe (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2018).

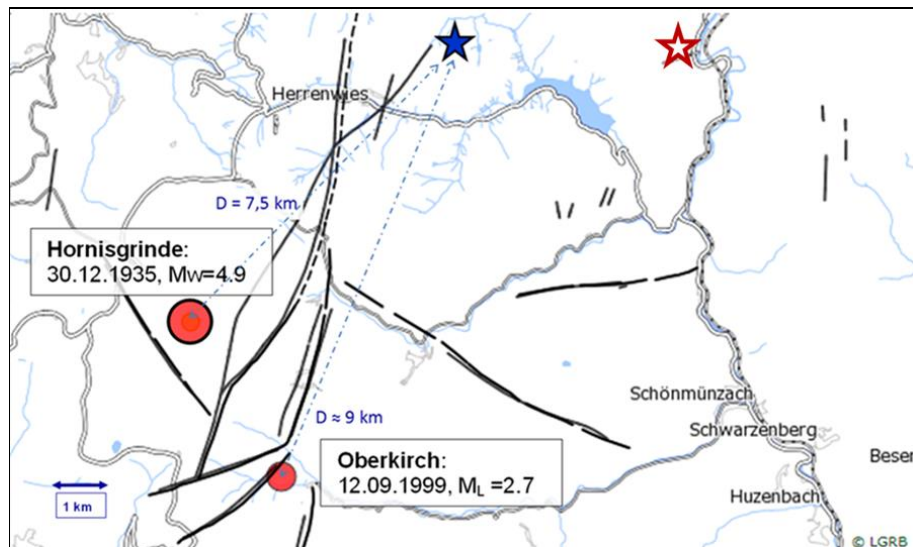


Abbildung 4-2: Standortnahe Seismizität zusammen mit dem oben beschriebenen Störungssystemen. Störungen aus GÜK300 und dem „Informationssystem oberflächennahe Geothermie“ (ISONG), LGRB, Freiburg. – Stern (blau): Standort OB-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016). – Stern (rot offen): Standort Neue Unterstufe (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2018).

5 Vergleich mit Spektren des GFZ-Potsdam.

Die Spektren der Abbildung 3-3 sind das Ergebnis einer probabilistischen seismologischen Gefährdungsanalyse (PSGA) aus dem Gutachten (2016) zum Pumpspeicherwerk-Forbach für den vormals geplanten Ringdamm der Oberstufe Seekopf. Für die Anwendung auf das Projekt Neue Unterstufe des Pumpspeicherwerks-Forbach werden diese im Folgenden anhand der vom GFZ-Potsdam bereitgestellten aktuellen Spektren verglichen.

DIN 19700

Die aktuellen Spektren des GFZ nach DIN 19700 (Grünthal et al. 2009) sind gegenüber den im Gutachten (2016) angegebenen Spektren nach DIN 19700 unverändert.

Eurocode 8 (EC8)

Antwortspektren des GFZ-Potsdam können mit der Software D-EQHAZ16 (Update 20.03.2018) (vgl. Grünthal et al. 2018) nach Eurocode 8 (EC8) bzw. DIN EN 1998-1 für beliebige Standorte in Deutschland bestimmt werden. Der nationale Anhang des EC8 liegt als E DIN EN 1998-1/NA:2018-10 derzeit im Entwurf vor. Die Berechnungen erfolgen hier für Felsuntergrund und u.a. einer Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren (entspricht einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren).

Die mit D-EQHAZ16 berechneten Spektren dienen im Folgenden dem Vergleich mit den Spektren aus dem Gutachten (2016) für die mittlere Wiederkehrperiode von $T_W=500$ Jahren.

D-EQHAZ16 Spektren: „Kavernenwasserspeicher“ und „Seekopf-Damm“

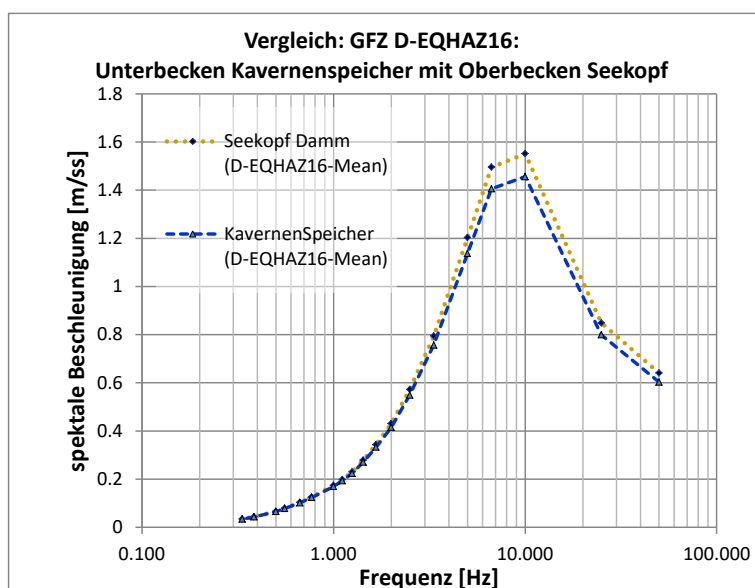


Abbildung 5-1: Antwortspektren (Mittelwerte) für die Standorte „Kavernenwasserspeicher“ und Oberbecken „Seekopf-Damm“ berechnet mit D-EQHAZ16 (GFZ) für die mittlere Wiederkehrperiode 475 Jahre.

Wie die obige Abbildung 5-1 zeigt, weist das Spektrum für den Standort der Neuen Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) eine etwas geringere seismische Gefährdung auf. Die spektralen Amplituden zwischen 7.5 und 10 Hz liegen hier deutlich unter denen des ursprünglich geplanten Standortes der Oberstufe Seekopf Damm.

Spektrum „Kavernenwasserspeicher“ nach D-EQHAZ16 und Spektrum Oberbecken „Seekopf-Damm“ aus Gutachten (2016) zum Pumpspeicherwerk-Forbach.

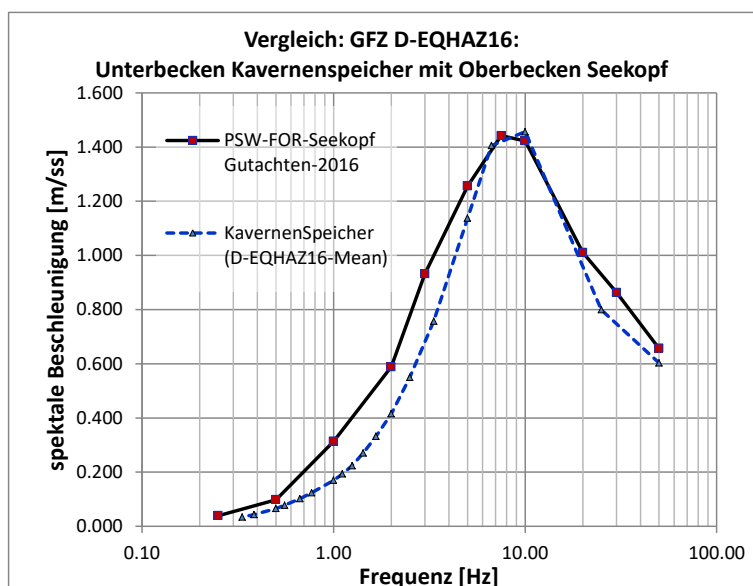


Abbildung 5-2: Vergleich der Antwortspektren (Mittelwerte) für den Standort Neue Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) nach D-EQHAZ16 (GFZ), mit dem zum Oberbecken „Seekopf-Damm“ aus dem Gutachten (2016).

Spektren Oberbecken Seekopf und Neue Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) nach GFZ D-EQHAZ16 sowie OB Seekopf aus Gutachten (2016)

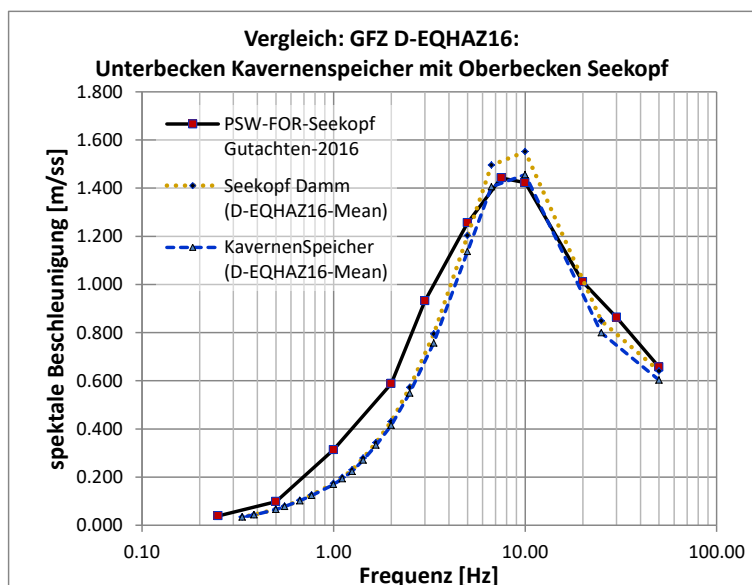


Abbildung 5-3: Vergleich der Antwortspektren (Mittelwerte) für das Oberbecken Seekopf und der Neuen Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) berechnet a) mit D-EQHAZ16 (GFZ) für 475 Jahre sowie b) für das Oberbecken Seekopf aus dem Gutachten (2016) für TW=500 Jahre.

Die Abbildungen Abbildung 5-1 bis Abbildung 5-3 zeigen, dass das Antwortspektrum aus dem seismologischen Gutachten (2016) zum Pumpspeicherwerk-Forbach für den Standort „Oberbecken Seekopf“ für eine mittlere Wiederkehrperiode von 500 Jahren das Spektrum für den Standort Neue Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) (2018) nach D-EQHAZ16 (GFZ) für 475 Jahre einhüllt.

Das Antwortspektrum aus dem seismologischen Gutachten (2016) zum Pumpspeicherwerk-Forbach für das „Oberbecken Seekopf“ für TW=500 Jahre kann somit für den Standort Neue Unterstufe konservativ übernommen werden.

Die numerischen Werte der dargestellten Spektren sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 im Anhang A angegeben.



6 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung zur seismischen Gefährdung der geplanten Neuen Unterstufe des Pumpspeicherwerks-Forbach ergab, dass sich die Resultate des seismologischen Gutachtens für die vormals geplante Oberstufe Seekopf vom 20.08.2016 auf den neuen Standort Neue Unterstufe übertragen lassen.

Damit kann das Antwortspektren der horizontalen Beschleunigung zum Standort Oberbecken Seekopf (ohne Berücksichtigung der Geländetopographie) für eine mittlere Wiederkehrperiode von 500 Jahren als Bemessungsspektrum für die unter Tage Bauwerke der Neuen Unterstufe angesetzt werden. Das Spektrum ist in Abbildung 3-3 dargestellt, dessen numerischen Werte in Tabelle 1 im Anhang A.

Hannover, den 08.11.2018

Dipl.-Geophys., Dipl.-Ing. J. Kopera

Herzogenrath, den 08.11.2018

Dr. Christoph Gellert



7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Übersichtskarte mit der Lage der Standorte. Oberbecken-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016) (Pfeil links) und der geplanten Neuen Unterstufe des Pumpspeicherwerks-Forbach (2018), (strichpunktiert blaues Rechteck rechts). Ausschnitt aus Unterlage C_1_4_1_W.S32.00.0G0.CLD0100.A.pdf.	6
Abbildung 3-2: Lage des Kavernenwasserspeichers und des Kavernenkraftwerks der Neuen Unterstufe im Fels unter GOK (blaue vertikale Linien). Ausschnitt aus Unterlage: C_1_4_2_W.S32.00.0G0.CLG0101.A.pdf.	7
Abbildung 3-3: Antwortspektren (5 % Dämpfung) der horizontalen Beschleunigung am Standort Oberbecken Seekopf - ohne Berücksichtigung der Geländetopographie, für Felsuntergrund („rock“) mit $V_{s30} = 1000$ m/s. Dargestellt sind die mittleren Spektren S_a in [g], berechnet aus verschiedenen spektralen Abnahmebeziehungen der NGA-West-2 (vgl. Kap. 4.8 im Gutachten, 2016) für das Betriebserdbeben, das Bemessungs-erdbeben nach DIN 19700 sowie für ein Extremereignis, jeweils mit mittleren Wiederkehrperioden von $T_W = 500$, 2500 und 10.000 Jahren (aus Abbildung 4.12 im Gutachten, 2016).	8
Abbildung 4-1: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte GÜK300 und dem „Informationssystem oberflächennahe Geothermie“ (ISONG) des LGRB, Freiburg. Potentiell maßgebliche tektonische Störungen (schwarze dicke nummerierte Linien) sowie vermutete Störungen (gestrichelt) in einer Umgebung von ca. 10 km um die Standorte. – Stern (blau): Standort Oberbecken-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016). – Stern (rot offen): Standort Neue Unterstufe (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2018).	9
Abbildung 4-2: Standortnahe Seismizität zusammen mit dem oben beschriebenen Störungssystemen. Störungen aus GÜK300 und dem „Informationssystem oberflächennahe Geothermie“ (ISONG), LGRB, Freiburg. – Stern (blau): Standort OB-Seekopf (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2016). – Stern (rot offen): Standort „Neue Unterstufe (Pumpspeicherwerk-Forbach, 2018).	10
Abbildung 5-1: Antwortspektren (Mittelwerte) für die Standorte „Kavernenwasserspeicher“ und Oberbecken „Seekopf-Damm“ berechnet mit D-EQHAZ16 (GFZ) für die mittlere Wiederkehrperiode 475 Jahre.	11
Abbildung 5-2: Vergleich der Antwortspektren (Mittelwerte) für den Standort Neue Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) nach D-EQHAZ16 (GFZ), mit dem zum Oberbecken „Seekopf-Damm“ aus dem Gutachten (2016).	12
Abbildung 5-3: Vergleich der Antwortspektren (Mittelwerte) für das Oberbecken Seekopf und der Neuen Unterstufe (Kavernenwasserspeicher) berechnet a) mit D-EQHAZ16 (GFZ) für 475 Jahre sowie b) für das Oberbecken Seekopf aus dem Gutachten (2016) für $T_W = 500$ Jahre.	13



8 Verwendete Unterlagen

Pumpspeicherkraftwerk Forbach - Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren
Antragsteil C.1.1 und C.1.2, Technische Beschreibung und Betriebskonzept Unterstufe.
- EnBW AG, Schelmenwasenstraße 15, 70567 Stuttgart (26.01.2018).

Pumpspeicherkraftwerk Forbach Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren,
Antragsteil C.1.5 Planverzeichnis: Lagepläne, Schnitte, Höhenpläne, Ansichten. -
EnBW AG, Schelmenwasenstraße 15, 70567 Stuttgart (26.01.2018).

Lagepläne:

C.1.5.2 Kavernenkraftwerk

C.1.5.4 Kavernenspeicher

Anlage C.1. 4 Übersichtspläne:

C_1_4_1_W.S32.00.0G0.CLD0100.A.pdf

C_1_4_2_W.S32.00.0G0.CLG0101.A.pdf

C_1_4_3_W.S32.00.0G0.CLD0102.A.pdf

Seismologisches Gutachten für das Pumpspeicherwerk Forbach im Schwarzwald -
Auftraggeber: EnBW Erneuerbare und Konventionelle Erzeugung AG, Stuttgart
Auftragnehmer: SDA-engineering GmbH, Herzogenrath. - Bearbeitung: Büro für
Ingenieur-Seismologie Hannover, BIS-Kopera, Hannover, Erstellt: 01.10.2015;
Revision: 20.08.2016, 147 Seiten.

8.1 Normen

DIN 19700-10 (2004) Stauanlagen – Teil 1 bis 14.

DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter –
Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen,
Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau.

E DIN EN 1998-1/NA:2018-10, (ENTWURF) Nationaler Anhang — National festgelegte
Parameter — Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1:
Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau.

ICOLD (2010): Selecting seismic parameters for large dams. - Guidelines, Revision of
Bulletin 72, Committee on Seismic Aspects of Dam Design, International Commission
on Large Dams, Paris, 2010.

ICOLD (2013): ICOLD's revised seismic design and performance criteria for large storage
dams. –Wieland, Martin - Chairman, ICOLD Committee on Seismic Aspects of Dam
Design, International Commission on Large Dams, Paris.

8.2 Literatur

Grünthal, G., Bosse, Ch. & Stromeyer, D. (2009): Die neue Generation der probabilistischen
seismischen Gefährdungseinschätzung der Bundesrepublik Deutschland Version 2007
mit Anwendung für die Erdbeben-Lastfälle der DIN 19700:2004-07 „Stauanlagen“. -
Scientific Technical Report STR09/07.



- Grünthal, G., D. Stromeier, Ch. Bosse, F. Cotton, D. Bindi (2018): Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands – Version 2016 – für DIN EN 1998-1/NA, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin. Bautechnik 95 (2018), Heft 5, 371-384. - DOI: 10.1002 / bate.201700098.
- LGRB (2014): GÜK300 - Tektonik, geologische Einheiten. - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Freiburg.
- Wieland, M. (2011): Seismic Aspects of Underground Structures of Hydropower Plants. - Paper presented at the First Asian and 9th Iranian Tunneling Symposium, Tehran, Iran, November 1-2, 2011.
- Wieland, M. (2012): Seismic Design and Performance Criteria for Large Storage Dams, Proc. 15.WCEE, Lisboa, 2012.
- Wieland, M. (2013): ICOLD's revised seismic design and performance criteria for large storage dams. – Committee on Seismic Aspects of Dam Design, International Commission on Large Dams, Paris.



Anhang A

Tabelle 1: Antwortspektrum für den Standort Oberbecken Seekopf (ohne topographische Amplifikation). Mittelwerte für eine mittlere Wiederkehrperiode von 500 Jahren (jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit : $2 \cdot 10^{-3}$ nach DIN 19700-11 (2004) aus Gutachten PSW-Forbach (2016).

Frequenz	Spektrale Beschleunigung
[Hz]	[m/ss]
0.25	0.039
0.50	0.098
1.00	0.314
2.00	0.589
3.00	0.932
5.00	1.256
7.50	1.442
10.00	1.422
20.00	1.010
30.00	0.863
50.00	0.657

Tabelle 2 Antwortspektren für die Standorte:

- a) Neue Unterstufe (Kavernenspeicher) (2018) nach GFZ D-EQHAZ16
- b) Oberbecken Seekopf Damm nach GFZ D-EQHAZ16

Mittelwerte („mean values“) für eine mittlere Wiederkehrperiode von: 475 Jahren (Überschreitenswahrscheinlichkeit: 10% in 50a) nach EC8 (E DIN EN 1998-1/NA:2018-10, ENWURF).

Spektrale Beschleunigungen		
Frequenz	a)	b)
[Hz]	[m/ss]	[m/ss]
0.33	0.034	0.034
0.39	0.043	0.044
0.50	0.065	0.066
0.56	0.078	0.079
0.67	0.102	0.103
0.77	0.124	0.126
1.00	0.170	0.174
1.11	0.193	0.198
1.25	0.224	0.230
1.43	0.271	0.279



1.67	0.333	0.343
2.00	0.415	0.431
2.50	0.549	0.572
3.33	0.757	0.794
5.00	1.137	1.203
6.67	1.405	1.496
10.00	1.456	1.551
25.00	0.799	0.849
50.00	0.603	0.641