

Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe

**Antragsunterlagen zum
Planfeststellungsverfahren**

**Antragsteil B.X
Betriebskonzept**

Stand: 30.11.2018



Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe

Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren

Antragsteil B.X
Betriebskonzept

Unterschriftenblatt:

Antragstellerin:

EnBW AG
Schelmenwasenstraße 15
70567 Stuttgart



.....
(i. A. U. Gommel)

Stuttgart, den 30.11.2018

Bearbeiter/Verfasser:



.....
(R. Achatz)

München, den 30.11.2018

Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe

Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren

Antragsteil B.X Betriebskonzept

Dokumentenprüfblatt:

Rev.	Art der Änderung	erstellt (Datum)	Autor	geprüft, freig., Name
0	Erstellung	25.01.2018	IAF	geprüft: Achatz
1	Überarbeitung zur Vollständigkeitsprüfung	30.11.2018	IAF	geprüft: Achatz freig.: Gommel
2				

Inhaltsübersicht

Kapitel	Inhalt
1	Betriebskonzept
2	Betriebskonzept des Schwarzenbachwerks
3	Betriebskonzept des Murgwerks
4	Betriebskonzept des Kavernenwasserspeichers
5	Bauwerksüberwachung und Messeinrichtungen

Detailliertes Inhaltsverzeichnis

Detailliertes Inhaltsverzeichnis	IV
Quellenverzeichnis	V
Abkürzungen und Formelzeichen	V
1 Betriebskonzept	1
2 Betriebskonzept des Schwarzenbachwerks	1
2.1 Regelbetrieb	1
2.2 Ungewöhnliche Betriebsweise	3
2.2.1 Entleeren und Wiederbefüllen des Oberbeckens	3
2.2.2 Entleeren und Wiederbefüllen des Unterbeckens	3
2.2.3 Entleeren und Wiederbefüllen des Oberwasserstollens	4
2.2.4 Entleeren und Wiederbefüllen des Maschinensatzes	4
2.2.5 Havarien	5
3 Betriebskonzept des Murgwerks	5
3.1 Regelbetrieb	5
3.2 Ungewöhnliche Betriebsweisen	6
4 Betriebskonzept des Kavernenwasserspeichers	6
5 Bauwerksüberwachung und Messeinrichtungen	7
5.1 Pegelmessungen Ober- und Unterbecken	7
5.2 Wasserspiegelmessungen in den Wasserschlässern	7
5.3 Bauwerksüberwachung Schwarzenbachtalsperre	7
5.4 Bauwerksüberwachung Kavernenwasserspeicher	8
5.5 Überflutungsüberwachung	8
5.6 Überwachung Kraftwerkskaverne	8

Quellenverzeichnis

Normen und Richtlinien

DIN 19700: Stauanlagen. Teil 10, 11 und 14, Juli 2014

Abkürzungen und Formelzeichen

Abkürzung	Beschreibung
cm	Zentimeter
d. h.	Das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
ggf.	Gegebenenfalls
IAF	Ingenieurarbeitsgemeinschaft Forbach
KT	Kavernenteil
MuW	Murgwerk
m ³	Kubikmeter
PSW	Pumpspeicherkraftwerk
SBW	Schwarzenbachwerk

1 Betriebskonzept

Im Rahmen des Vorhabens Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe sollen das bestehende Schwarzenbachwerk durch ein vollwertiges Pumpspeicherwerk und das bestehende Murgwerk durch ein neues Wasserkraftwerk ersetzt werden. Sowohl das neue Schwarzenbach- als auch das neue Murgwerk werden in Kavernen-Bauweise, d. h. unterirdisch erstellt.

Die neue Kraftwerkskaverne nimmt alle Anlagenbestandteile (Schwarzenbachwerk, Murgwerk und Transformatoren jeweils inklusive der zum Betrieb notwendigen Nebeneinrichtungen) unterirdisch auf.

2 Betriebskonzept des Schwarzenbachwerks

2.1 Regelbetrieb

Das Schwarzenbachwerk kann als frei verfügbares Pumpspeicherwerk innerhalb der vorgesehenen Wasserspiegellagen im Pump-, Turbinen- oder Phasenschieberbetrieb beliebig betrieben werden. Es bestehen hierbei keine Einschränkungen bezüglich der Dauer der jeweiligen Betriebsart oder der Anzahl der Umstellvorgänge.

Die Pumpturbine wird zur Leistungs-Frequenz-Regulierung des Netzes und für den schnellstmöglichen Ausgleich von Netzfrequenzschwankungen im Rahmen seiner Regelleistung konzipiert. Normalerweise wird die Maschine im Netzbetrieb parallel zu den anderen Maschinen/Kraftwerken des Netzes gefahren. In Ausnahmefällen muss sie aber auch im Inselbetrieb von 30 % bis Volllast arbeiten können.

Der Pumpspeichersatz wird von der zentralen Warte ferngesteuert, kann aber auch von Hand gefahren werden. Alle Bedienungs- und Überwachungseinrichtungen sind für manuellen und automatischen sowie fernüberwachten Betrieb vorgesehen. Die Verfügbarkeit der Maschine und ihrer Hilfseinrichtungen ist nach dem heutigen Stand der Technik höchstmöglich gehalten. Dies verlangt kurze Anfahrzeiten für den Turbinen- und Pumpbetrieb, kurze Betriebsübergangszeiten, aber auch verschleißarme Konstruktionen und, wenn notwendig, ein möglichst rasches und einfaches Austauschen von Verschleißteilen.

Mit dem Pumpspeichersatz muss Schwarzstartfähigkeit gewährleistet werden.

Die Toträume und Triebwasserwege bleiben im normalen Betriebszustand ständig befüllt; das enthaltene Wasser kann deshalb nicht der zwischen Ober- und Unterbecken verlagerten Wassermenge zugerechnet werden. Das Unterbeckenvolumen, das für den Zweck der Energieeinspeicherung genutzt werden kann, beträgt 0,404 Mio. m³.

Die Wasserspiegellagen im Oberbecken, der Schwarzenbachtalsperre, können sich zwischen 668,50 m ü. NN¹, dem Stauziel der Schwarzenbachtalsperre und dem Absenkziel der Schwarzenbachtalsperre bei 628,00 m ü. NN bewegen. Das Schwarzenbachwerk kann über den gesamten Staubebereich betrieben werden. Insgesamt stehen circa 14 Mio. m³ Speichervolumen in der Schwarzenbachtalsperre zur Verfügung.

Die vom Schwarzenbachwerk verursachten Wasserspiegelschwankungen betragen bei einem vollen Zyklus circa 90 cm bei einer Wasserspiegellage in der Schwarzenbachtalsperre von etwa 655,0 m ü. NN und circa 60 cm bei Wasserspiegellagen nahe dem Stauziel 668,5 m ü. NN

Die Wasserspiegellagen im Unterbecken liegen zwischen 295,5 m ü. NN und 301,6 m ü. NN und bleiben unverändert.

Mit dem verfügbaren Pendelwasservolumen des Unterbeckens (Ausgleichsbecken und Kavernenwasserspeicher) von 0,404 Mio. m³ kann der Turbinenbetrieb etwa 6 Stunden und 50 Minuten mit Vollast (Nenndurchfluss 16,34 m³/s) aufrechterhalten werden. Jedoch beeinflussen die Murgzu- und -abflüsse sowie der Zufluss des Murgwerks in das Ausgleichsbecken die Dauern des Wälzbetriebes erheblich.

Des Weiteren können durch Pumpen des Schwarzenbachwerks Murgabflüsse in die Schwarzenbachtalsperre umgelagert und gespeichert werden.

Sämtliche Vorgaben aus den bestehenden Genehmigungen und vertraglichen Verpflichtungen bleiben vom Betrieb der neuen Anlagen unberührt.

¹Bei Hochwasserereignissen auch 668,90 m ü. NN, dem Höchststauziel der Schwarzenbachtalsperre

2.2 Ungewöhnliche Betriebsweise

2.2.1 Entleeren und Wiederbefüllen des Oberbeckens

Als Oberbecken dient die Schwarzenbachtalsperre. Die Schwarzenbachtalsperre kann über den Grundablässe der Talsperre entleert werden.

Eine Entleerung ist jedoch auch über das Schwarzenbachwerk wie folgt möglich:

- Vollständiges Verlagern des Betriebswassers im normalen Turbinenbetrieb in das Unterbecken und Abgabe des Wassers über das Ausgleichsbecken in die Murg
- Entleeren des im Totraum zurückgehaltenen Wassers über die Turbine im Leerlauf.

Als Sonderbetriebsart ist der "Turbinenleerlauf" geplant, der durch "Nenndrehzahl in Turbinendrehrichtung, Leerlauföffnung der Leitschaufeln, vom Netz getrennt" charakterisiert ist.

Die Wiederbefüllung der Schwarzenbachtalsperre kann über die natürlichen Zuflüsse in die Talsperre oder durch das Hochpumpen von Murgabflüssen mit Hilfe der Pumpturbine erfolgen.

2.2.2 Entleeren und Wiederbefüllen des Unterbeckens

Zum vollständigen Entleeren des Kavernenwasserspeichers ist die folgende Betriebsweise vorgesehen:

- Hochpumpen des Pendelwasservolumens in die Schwarzenbachtalsperre.
- Alternativ Abgabe des Wassers über das Ausgleichsbecken in die Murg
- Entleeren des im Totraum zurückgehaltenen Wassers über die Lenzpumpenanlage der des Kavernenteils Schwarzenbachwerk

Die Wiederbefüllung des Kavernenwasserspeichers erfolgt bis zum Absenkziel mit Wasser aus dem Ausgleichsbecken.

Zur Absperrung des Kavernenwasserspeichers vom Ausgleichsbecken/von der Murg ist im Auslaufbauwerk ein technischer Raum für das Einbauen von Dammtafeln vorgesehen.

2.2.3 Entleeren und Wiederbefüllen des Oberwasserstollens

Zum vollständigen Entleeren des Oberwasserstollens ist die folgende Betriebsweise vorgesehen:

- Schließen des Zylinderschützes der Schwarzenbachtalsperre
- Entleeren des Oberwasserweges in der Betriebsart “Turbinenleerlauf“ bis zur Tiefstentwässerung gemäß Angaben des Pumpturbinenherstellers bzw. bis zum Ausspiegeln,
- Schließen des Kugelschiebers des Maschinensatzes,
- Entleeren des restlichen Oberwasserwegs durch die Entwässerungsleitung in den Lenzpumpensumpf im Kavernenteil Schwarzenbachwerk.

Zum Wiederbefüllen des Wasserweges ist die folgende Betriebsweise vorgesehen:

Schließen der Kugelschieber, soweit noch geöffnet,

Bewässern des Wasserweges aus dem Oberbecken über ein Füllventil zunächst bis zum Ausspiegeln,

Bewässern des Maschinensatzes, falls dieser entleert war,

Öffnen des Saugrohrschützes und nachfolgend des Kugelschiebers.

2.2.4 Entleeren und Wiederbefüllen des Maschinensatzes

Zum vollständigen Entleeren eines Maschinensatzes ist die folgende Betriebsweise vorgesehen:

Schließen des Kugelschiebers und des Saugrohrschützes,

Entleeren des Maschinensatzes über die Entwässerungsleitungen des Saugrohrs in den Lenzpumpensumpf des Kavernenteils Schwarzenbachwerk.

Zum Wiederbefüllen des Maschinensatzes ist die folgende Betriebsweise vorgesehen:

- Befüllen des Maschinensatzes von der Unterwasserseite über die Bypass-Leitung des Saugrohrschützes.

Bei allen vorstehend beschriebenen ungewöhnlichen Betriebsweisen stehen die in die Betriebsweisen einbezogenen Anlagenteile für den Regelbetrieb nicht zur Verfügung.

2.2.5 Havarien

Es werden nur Ereignisse, welche die neu zu errichtenden oder zu ändernden Anlagenteile betreffen, betrachtet. Havarien an den bestehenden Stauanlagen und Wasserwegen werden nicht berücksichtigt, da Sie nicht Teil dieser Genehmigung sind. Im Ergebnis ist festzustellen, dass sich durch das geplante Vorhaben, im Vergleich zum Ist-Zustand, die Gefährdung von Umwelt oder Personen nicht erhöht.

Bei einem Rohrbruch in der Kraftwerkskaverne schlägt das mit Sensoren auf dem Drainagegang und dem Hilfsmaschinenflur angeordnete Überflutungsschutzsystem an. Bei Auslösen werden alle Pumpturbinen angehalten und alle Absperrorgane im Wasserweg automatisch geschlossen, um ein Überfluten der Kraftwerkskaverne zu verhindern.

Bei einer Flutung der Kraftwerkskaverne kann der Pumpensumpf überlaufen, so dass ggf. Stockwerke geflutet werden. Die getrennte Erfassung von mit Öl kontaminierten Wassers über Ölauffangwannen, Ölauffanggrube und den Koaleszenzabscheider ist in diesem Fall nicht mehr gewährleistet. Die unteren Stockwerke der Kraftwerkskaverne werden aus wasserundurchlässigem Beton errichtet, so dass ein Übertritt von (möglicherweise mit Öl kontaminiertem) Wasser aus der Kraftwerkskaverne in den Fels ausgeschlossen werden kann. Im Pumpensumpf ist ein Öl-Warnsensor vorgesehen.

Im Brandfall sind in der Kraftwerkskaverne Maßnahmen wie Brandabschnitte und Löschanlagen für die Transformatoren/Ölaggregate vorgesehen sowie ein Brandschutzsystem geplant.

Falls bei einem Brand großer Ausdehnung ein Löschen nicht mehr möglich ist erfolgt die Entrauchung über die Lüftungsanlage. Bei Ausfall der Lüftungsanlage erfolgt eine Kaltentrauchung über den Zufahrtsstollen (ohne Qualmaustritt).

3 Betriebskonzept des Murgwerks

3.1 Regelbetrieb

Das Murgwerk wird wie bisher im Laufwasser- oder Speicherbetrieb innerhalb der genehmigten Wasserspiegellagen des Sammelbeckens Kirschbaumwasen und des Ausgleichsbecken Forbach betrieben.

Die genehmigte Ausbauwassermenge von 25 m³/s würde zukünftig jedoch nicht mehr voll ausgeschöpft. Die Ausbauwassermenge des neuen Murgwerks beträgt 15 m³/s.

3.2 Ungewöhnliche Betriebsweisen

Störung eines Maschinensatzes

Jeder Maschinensatz, seine Absperrorgane und seine Hilfseinrichtungen werden mit Überwachungs- und Kontrollinstrumenten ausgerüstet, so dass sie bei Eintreten einer gefährdenden Störung sicher abgestellt und vom Wasserweg abgetrennt werden.

Start und Betrieb beim Netzausfall

Mindestens die beiden größeren Maschinensätze im Murgwerk und ihre Hilfseinrichtungen werden so konzipiert, dass sie im Fall eines Netzausfalls gestartet und dann sicher betrieben können, um das gesamte Pumpspeicherwerk Forbach mit Strom zu versorgen und zum Netzaufbau beizutragen.

Bei Hochwasserabflüssen in der Murg wird der Betrieb wegen des Sandeintrags vorsorglich eingestellt.

Havarien

Bezüglich Havarien wird auf die Ausführungen zu den ungewöhnlichen Betriebsweisen des Schwarzenbachwerks in Kapitel 2.2.5 verwiesen.

4 Betriebskonzept des Kavernenwasserspeichers

Der Kavernenwasserspeicher (nutzbares Speichervolumen 200.000 m³) stellt zusammen mit dem vorhandenen Ausgleichsbecken Forbach (nutzbares Speichervolumen 204.000 m³) das Pendelwasservolumen für den Betrieb des Schwarzenbachwerks zur Verfügung.

Der Kavernenwasserspeicher und das Ausgleichsbecken sind über den Hauptstollen hydraulisch miteinander verbunden.

Nach Inbetriebnahme wird der Kavernenwasserspeicher anfangs jährlich bei Teilfüllung inspiziert. Wenn hierbei keine Schäden festgestellt werden, kann auf eine Inspektion bei trockenem Speicher in langfristigen Intervallen umgestellt werden.

Der genaue Turnus wird nach dem Auffahren und den dann genau aufgenommenen Felsverhältnissen endgültig festgelegt.

Nach Inbetriebnahme wird der Kavernenwasserspeicher anfangs jährlich bei Teilfüllung inspiziert. Wenn hierbei keine Schäden festgestellt werden, kann auf eine Inspektion bei trockenem Speicher in langfristigen Intervallen umgestellt werden. Der genaue Turnus wird nach dem Auffahren und den dann genau aufgenommenen Felsverhältnissen endgültig festgelegt. Eine Revision ist erfahrungsgemäß nur in Abständen von 30 Jahren oder mehr erforderlich. Dabei können die Spülstollen zur eventuell erforderlichen Entfernung von Sedimenten aus den Nebenstollen genutzt werden.

5 Bauwerksüberwachung und Messeinrichtungen

5.1 Pegelmessungen Ober- und Unterbecken

Die Wasserspiegellagen in der Schwarzenbachtalsperre (Oberbecken) und dem Ausgleichsbecken Forbach (Unterbecken) werden mit Pegelmesseinrichtungen kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet.

Entsprechend DIN 19700, Teil 14 ist es erforderlich, zwei unabhängig arbeitende Pegelmesseinrichtungen anzuordnen, um die Überschreitung des Stauzieles durch den Kraftwerksbetrieb sicher zu verhindern.

Im Zulaufbauwerk des Kavernenspeichers wird eine neue redundante Pegelmessung neu installiert.

5.2 Wasserspiegelmessungen in den Wasserschlässern

Die bestehenden Wasserspiegelmessungen in den Wasserschlässern bleiben erhalten bzw. werden bei Bedarf erneuert.

5.3 Bauwerksüberwachung Schwarzenbachtalsperre

Die Schwarzenbachtalsperre ist mit Einrichtungen zur Bauwerksüberwachung ausgerüstet. Eine Erweiterung der Einrichtungen zur Bauwerksüberwachung ist nicht erforderlich.

5.4 Bauwerksüberwachung Kavernenwasserspeicher

Beim Ausbruch der Kavernenwasserspeicher ist eine baubegleitende Vermessung zur Vortriebssteuerung und Messung von geotechnischen Verformungen vorgesehen.

Einrichtungen zur Bauwerksüberwachung während der Betriebsphase sind aufgrund der Querschnittsfläche und der Nutzung des Kavernenwasserspeichers, nicht vorgesehen. wie Im Gegensatz zur Kraftwerkskaverne sind in der Betriebsphase dauerhaft der Aufenthalt von Personen oder der Einsatz von Maschinen im Energieableitungstollen nicht vorgesehen.

5.5 Überflutungsüberwachung

Die Überflutungsüberwachung des Kavernenteils Schwarzenbachtalsperre wird als Bestandteil der Leittechnik implementiert.

5.6 Überwachung Kraftwerkskaverne

Der Ausbruch der Kraftwerkskaverne soll von einem bauzeitlichen Messprogramm mit entsprechend eingerichteten Messquerschnitten begleitet werden. Dafür soll die Beobachtungsmethode angewendet werden, d. h. die Messwerte sind kontinuierlich zu erfassen und mit Erwartungswerten zu vergleichen. Bei Abweichungen muss der Planer eine Bewertung durchführen.

Die Kavernenwände sind nach jedem Ausbruch detailliert zu kartieren und aufzunehmen, sowie die Verformungen durch Extensometermessungen und Konvergenzmessungen zu verfolgen. Bei Abweichungen zwischen den Mess- und den Prognosewerten kann so rechtzeitig eingegriffen und die Felssicherungsmaßnahmen ggf. angepasst werden.

Zur Kontrolle und Überwachung der Kavernendeformation während und nach der Aushubphase werden verschiedene messtechnische Verfahren zur Anwendung kommen. Neben Extensometern zur Überwachung von Verschiebungen werden Anker mit Kraftmessdosen ausgerüstet sowie Konvergenzmessprofile eingerichtet.

Ein vorläufig angedachtes Messprogramm stellt einen Mindestumfang dar. Es wird in dem Antragsteil B.VII.3 Felsbaustatik Kraftwerkskaverne beschrieben. Ein Teil der Messeinrichtung sollte in verringertem Umfang zur Überwachung der Kraftwerkskaverne während der Betriebsphase weiterhin gemessen werden. Art und Umfang der Messungen werden im weiteren Planungsverlauf genauer spezifiziert.

Extensometer

- Stirnwand KT SBW: zwei 4-fach-Extensometer an der OW-Wand auf Höhe Kranbahn- und Maschinenhausflur, Länge 25 m,
- pro Messquerschnitt KT SBW: - je drei 4-fach-Extensometer in beiden Seitenwänden auf Höhe Kranbahn-, Maschinenhaus- und Turbinenflur, Länge 25 m,
- je drei 4-fach-Extensometer im Kavernendach, Länge 15 m
- Stirnwand KT MuW: ein 4-fach Extensometer auf Höhe Krahnbahnflur, Länge 15 m.
- pro Messquerschnitt KT MuW: - je ein 4-fach-Extensometer in beiden Seitenwänden auf Höhe Kranbahnflur, Länge 15 m,
- je ein 4-fach-Extensometer in Dachmitte, Länge 15 m,

Die Extensometer in den Seiten- und Stirnwänden sind in der jeweiligen Ebene ca. 1,0 m oberhalb des Bodens zu installieren. Für den KT SBW inklusive Kavernenteil Transformatoren sind 3 und für den KT MuW 2 Messquerschnitte angedacht.

Kraftmessdosen

Die Kranbahnanker in den jeweiligen Messquerschnitten sollen mit Kraftmessdosen ausgerüstet werden.

Weiterhin sollen mindestens 10 % aller Vorspannanker mit Kraftmessdosen ausgerüstet werden. Nach Möglichkeit sollen sich diese in den oder nahe der Messquerschnitte befinden. Die Kraftmessdosen zeigen an, ob sich die Ankerkraft planmäßig entwickelt und sie in akzeptablen Grenzen bleibt. Weiterhin kann die Kraftänderung der Anker in eine Verformungsänderung entlang des Ankers umgerechnet und so mit den Extensometermessungen verglichen werden.

Konvergenzmessungen

An oder bei jedem Extensometerkopf soll ein Konvergenzmesspunkt angebracht werden. In einer Nische soll ein Messpfeiler eingebaut werden, von dem aus die Konvergenzmesspunkte eingemessen werden können. Zwischen den Extensometerköpfen in einem Messquerschnitt kann noch ein weiterer Konvergenzmesspunkt eingerichtet werden.

In allen kreuzenden Stollen soll in einem Abstand von ca. 3 m von der jeweiligen Wand des Kavernenteils Schwarzenbachwerk ein Konvergenzmessquerschnitt eingerichtet werden.

Die Konvergenzmessungen werden im Wesentlichen nur während der Bauzeit durchgeführt.

Weitere Beobachtungen

Im Allgemeinen soll der Spritzbeton in regelmäßigen Abständen auf mögliche Rissbildung untersucht werden. Eventuell auftretende Risse sind zu kartieren und ihre mögliche Entwicklung ist zu verfolgen. Hierzu können auch Gipsmarken oder Risspione verwendet werden.

Die anfallenden Sickerwassermengen sind ebenfalls zu erfassen. Die Rohre, Rinnen, Messwehre, etc. sind in die Betonbauteile der Kraftwerkskaverne zu integrieren.

Lokal können Piezometer eingebaut werden, um den Wasserdruck im Gebirge in verschiedenen Entfernungen von der Kraftwerkskaverne zu erfassen. Da von einem undurchlässigen Gebirge ausgegangen wird, fallen etwaige Piezometer in den Bereich von Zusatz-/Notfallmaßnahmen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird nicht davon ausgegangen, dass der Einbau von Piezometern erforderlich wird.