

Pumpspeicherwerk Forbach  
Neubau Unterstufe

Konzept für die Vorauserkundung im untertägigen Vortrieb der Stollen  
und Kaverne des Neubaus der Unterstufe Pumpspeicherwerk Forbach.  
Rev.06

Stand: 15.07.2022

---

Gesellschaft für Baugeologie und  
-meßtechnik mbH Baugrundinstitut  
Pforzheimer Straße 126a  
76275 Ettlingen  
Tel.: 07243 / 7632-0

Mailänder Consult GmbH  
Mathystraße 13  
76133 Karlsruhe  
Tel.: 0721/9 32 80-0

# Konzept für die Vorauserkundung im untertägigen Vortrieb der Stollen und Kaverne des Neubaus der Unterstufe Pumpspeicherwerk Forbach

## 1 Allgemeines

Im Zuge der Vorbereitung der Vortriebsarbeiten zum Neubau der Unterstufe des Pumpspeicherwerks Forbach wurden von den Fachtechnischen Aufsichtsbehörden (LGRB und deren Landesgutachter Prof. Kirschke [4]) vorgeschlagen, dass in den Vortrieben (Stollen und Kaverne) aufgrund der im Geotechnischen / hydrogeologischen Gutachten, Rev. 02, 2021 von gbm / Mailänder Consult festgestellten Schwächezonen Vorauserkundungen durchgeführt werden sollen.

Der Baugrundgutachter – Ingenieurgemeinschaft Mailänder Consult / gbm - wurde von der EnBW in der Besprechung vom 14.06.2021 damit beauftragt, ein Konzept für die geforderten Vorauserkundungen unter Berücksichtigung der geologisch/hydrologischen Verhältnisse und des Terminplan des Planers IAF PSW Forbach vom 16.10.2020 und den prognostizierten geologisch / hydrogeologischen Verhältnissen des Gutachtens aus dem Jahre 2020 [2] zu entwickeln.

Die Revision 4 des Konzeptes wurde auf Grund der Anmerkungen aus [6] nochmals überarbeitet und als Revision 5 neu vorgelegt.

Weitere Anmerkungen des LGRB [7] und [9] und Schreiben der EnBW [8] zum Vorauserkundungskonzept Rev.05 werden in das vorliegende Vorauserkundungskonzept 06 eingearbeitet.

## 2 Verwendete Unterlagen

- [1] IAF PSW Forbach Terminplan Pumpspeicherwerk Forbach Unterstufe zur Ausschreibungsplanung vom 16.11.2020
- [2] Geotechnisch /Hydrogeologisches Gutachten, Rev.02, 2021 von gbm / Mailänder Consult
- [3] Schreiben A. Sarge (RPF) an Fr. Kreutle (RPK) vom 15.04.21 zu Schreiben des Landesgutachters Prof. Kirschke AZ: LGRB-Az.: 95-8963.31 // 19-09308.
- [4] Schreiben Dr. Ruch (RPF) an Fr. Kreutle (RPK) vom 06.05.21 zu Schreiben des Landesgutachters Prof. Kirschke AZ: LGRB-Az.: 95-8963.31 // 19-09308.
- [5] Stellungnahme zu den zusätzlichen Untersuchungen 2018 / 2019  
Darstellung der wesentlichen neuen Ergebnisse und Erkenntnisse im Vergleich zu den im Gutachten Rev. 01 getroffenen Aussagen vom 02.06.2020 von gbm / Mailänder Consult
- [6] Mail des LGRB vom 18.10.2021 zum Vorauserkundungskonzept PSW Forbach.
- [7] Mail des LGRB vom 15.12.2021 zum Vorauserkundungskonzept PSW Forbach.
- [8] Schreiben der EnBW vom 03.05.2022 zum Schreiben des RP Karlsruhe (Frau Kreutle) zum Vorauserkundungskonzept PSW Forbach (Rev.04).
- [9] Mail des RP Freiburg (Herrn Sage) vom 03.06.2022 zum Schreiben der EnBW vom 03.05.2022 (Kavernenschnitte) und zum Vorauserkundungskonzept PSW Forbach (Rev.05) vom 15.03.2022.

## 3 Baugrundbeschreibung

Wie im geotechnischen, hydrogeologischen Gutachten – Rev.02 [2] von Mailänder Consult und gbm detailliert beschrieben werden die Vortriebe zum Herstellen der Unterstufe Pumpspeicherwerk Forbach fast

ausschließlich in den Gesteinen des Forbach-Granits aufgeföhren werden. Lediglich in den Portalbereichen und Auslaufbauwerken werden quartäre Böden und Auffüllungen erwartet. Die Auswertungen der durchgeführten Erkundungen ergaben, dass das Gebirge insgesamt sehr gute bautechnische Eigenschaften aufweist, jedoch voraussichtlich von einer Reihe von Schwächezonen durchzogen wird, die nach der Prognose auch die Vortriebe des Neubaus der Unterstufe betreffen werden. Diese Schwächezonen werden durch hydrothermale Alteration des Granits auf Grund aufsteigender Wässer hervorgerufen, die sich beim Aufstieg vorrangig an bestehende Unstetigkeiten wie z. B. das Kluftsystem orientiert. Die in den einzelnen Bohrungen ermittelten Zonen unterliegen in ihrer Ausbildung und dem Grad der Alteration des Granits großen Schwankungen. Während der Durchführung der Erkundungen wurden diese Schwächezonen gezielt hydrogeologisch untersucht. Dabei konnte jedoch weder ein verstärkter Wasserandrang während des Bohrfortschritts noch in den gezielt im Bereich der stärker geklüfteten Schwächezonen durchgeführten Abpressversuche ermittelt werden.

Aus der räumlichen Verteilung der aus den Bohrpunkten ermittelten alterierter Bereiche und der darin vorherrschenden Kluftorientierung wurde im oben genannten Gutachten [2] und [5] der Verlauf potentieller Schwächezonen (insgesamt 23) prognostiziert. Der Verschnitt dieser potentiellen Schwächezonen mit den Bauwerken der Unterstufe auf dem Höhen-Niveau 300 m NN ist in Lageplänen dieser Stellungnahme, z.B. in Anlage 1, Blatt 1 bis Blatt 5, dargestellt. Es liegt etwa 10 m oberhalb der Kavernenfirste. Ziel der geotechnischen Baubegleitung ist eine über den Bauablauf erfolgende fortlaufende Optimierung der Prognosegenauigkeit der derzeit auf punktuellen Aufschlüssen (Bohrungen, Geländeaufschlüsse) basierenden Annahmen bzgl. dem Verlauf möglicher Schwächezonen

#### **4 Bauablaufbeschreibung für den Vortrieb, prognostizierte Schwächezonen**

Nach dem Terminplan von IAF vom 16.11.2020 für die bergmännische Herstellung der Stollen und Kaverne der Unterstufe [1] wurden entsprechend der zeitlichen Abfolge der bergmännischen Arbeiten die Vortriebsarbeiten in 4 Phasen eingeteilt:

- Phase 1: Baumonats 1 bis 6 mit Aufföhruug von u. a. Zufahrtsstollen, Schutterstollen,
- Phase 2: Baumonats 7 bis 16 mit Aufföhruug von u. a. Kaverne Nebenstollen (NS) I-IV,
- Phase 3: Baumonats 17 bis 23 mit Aufföhruug von Zufahrtsstollen Murg- und Schwarzenbachwasserweg,
- Phase 4: Baumonats 24 bis 30 mit Aufföhruug von u. a. von Hauptstollen Nord.

Die Bauwerke der Phasen 1 und 4 liegen auf einem Höhenniveau von ca. 300 mNN. Die zur Phase 2 gehörigen Aufföhruug der Kaverne ein Höhenniveau zwischen ca. 290 m NN und ca. 245 m NN durchfährt. Die Bauwerke der Phase 3 liegen für den Zufahrtsstollen Murgwasserweg auf dem Höhenniveau zwischen ca. 420 bis ca. 430 mNN und für den Zufahrtsstollen Schwarzenbachwasserweg zwischen ca. 606 bis ca. 617 mNN.

Die Zuordnung der Vortriebe zu den 4 Phasen ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Die überschlägige Dauer der Vortriebsarbeiten und die in den jeweiligen Vortrieben prognostizierten Schwächezonen sind ebenfalls in Tabelle 1 zugeordnet.

**Tab. 1: Zusammenstellung der in 4 Vortriebsphasen aufzufahrenden Untertagebauwerke, die Dauer der Vortriebsarbeiten und die prognostizierten Schwäche zonen in den jeweiligen Vortrieben**

Phase	Bezeichnung Vortrieb	Dauer in Baumonaten	Nach Prognose aufzufahrende Schwäche zonen [Nr.]	Bereits in vorheriger Phase erkundete Schwäche zone
Phase 1	Zufahrtsstollen zur Kaverne	6	3, 19, 18, 14, 6	
	EABS OS/US		3, 14, 18	
	EABS US		19, 6, 13	
	Schutterstollen, NS 5, HS Süd Kal. bis UWS SB		19, 18, 14, 15, 7, 6	
Phase 2	Kaverne	9	13, 12, 11?	13? (EABS US)
	NS 1		6, 9, 7	6 (Zufahrtsstollen, EABS US, HS Süd), 7 (HS Süd)
	UWS SB		13, 12	
	NS2		6, 7, 9	6 (Zufahrtsstollen, EABS US, HS Süd)
	NS3		7, 9	7 (HS Süd)
	NS4		7, 9	7 (HS Süd)
	NS 5 Rest		14	14 (Zufahrtsstollen, EABS OS/US)
Phase 3	Stollen OBW SBW	6	Derzeit keine Hinweise auf Schwäche zonen	
	Stollen OBW Murg		6	6 (Zufahrtsstollen, EABS US, HS Süd), 7 (HS Süd)
	UWS Murg		Derzeit keine Hinweise auf Schwäche zonen	
	Meißstollen		Derzeit keine Hinweise auf Schwäche zonen	
Phase 4	HS Nord bis Gegenvortrieb	6	3, 4, 14, 16, 17, 10, 5, 1	3 (Zufahrtsstollen), 14 (Zufahrtsstollen, Schutterstollen, NS 5 Rest, EABS US/OS)
	NS 6		15, 14	15 (Schutterstollen), 14 (Zufahrtsstollen, Schutterstollen, NS 5 Rest, EABS US/OS)

In der Anlage 1, Blatt 1 bis 4, werden für jede Phase in einem Übersichtslageplan die zugeordneten Vortriebe mit den prognostizierten Schwäche zonen auf dem 300 mNN Höhenniveau dargestellt. In Anlage 1, Blatt 5, sind im Überblick im Lageplan die Vortriebe aller 4 Phasen zusammengefasst.

Analysiert man die prognostizierten Schwäche zonen in den einzelnen Phasen und Vortrieben ergibt sich folgendes Bild:

Phase 1: In den Vortrieben werden zeitlich parallel, wie Tabelle 1 zeigt, eine Vielzahl von prognostizierten Schwäche zonen aufgefahrend werden.

Phase 2: in der Kaverne werden die Schwäche zonen 11, 12, 13 prognostiziert, wobei 12 und 13 bei der Auffahrung des UWS SB nochmalig angetroffen werden. Bei Herstellung der NS 1 bis 4 werden die Schwäche zonen 7 und 9, bei den NS1 und 2 zusätzliche die Schwäche zone 6 aufgefahrend. Beim

Auffahren des hinteren Teils des NS 5 wird wiederum voraussichtlich, wie in Phase 1 die Schwächezone 14 aufgefahren.

Phase 3: die zu erstellenden Zufahrtsstollen Murgwasserweg und Schwarzenbachwasserweg liegen auf anderen Höhenniveaus wie die restlichen Vortriebe. Im Zufahrtsstollen des Murgwasserwegs liegt die prognostizierte Schwächezone 6 und eventuell 14. Im Bereich des Zufahrtsstollens des Schwarzenbachwasserweges liegt die prognostizierte Schwächezone 11. Im Bereich des UWS Murg und Messstollen liegen keine Informationen vor, die auf Schwächezonen hinweisen.

Phase 4: im Hauptstollen Nord (bis Gegenvortrieb) und Nebentollen 6 werden vermutlich die prognostizierten Schwächezonen 1, 3, 4, 5, 10, 14, 15, 16, 17 im Vortrieb angetroffen.

## 5 Abschätzung der Vortriebe mit geplanter Vorauserkundungen

Gemäß den Stellungnahmen des LGRB und des Landesgutachters [3], [4] sollen die Vortriebsarbeiten mittels Vorauserkundungen begleitet werden. Dies erfolgt zu Beginn der Maßnahme (Phase 1) für die in Anlage 1 dargestellten Vortriebe. Somit wird sichergestellt, dass die gewonnenen Daten und Informationen der Vorauserkundungen über die prognostizierten Schwächezonen der durchfahrenden Abschnitte vorliegen. Diese Daten werden baubegleitend ständig ausgewertet und analysiert. Aus den Analysen werden im Zusammenspiel mit den relevanten Projektbeteiligten das Vorgehen für die weiteren Bauphasen durch Intensivierung oder aber auch Reduzierung des Erkundungsumfanges angepasst. Dabei werden geologische und hydrogeologische Aspekte genauso berücksichtigt wie bautechnischen (Vortriebstechnik, Querschnitt, etc.) und messtechnische Parameter (Verformungsmessungen, etc.). Sofern aus vortriebstechnischen Gründen eine Unterteilung des Ausbruchsquerschnitts vorgenommen wird, sehen wir es als ausreichend an, den zuerst aufzufahrenden Teilbereich (Kalotte, o. ä.) voraus zu erkunden. Dies gilt insbesondere für den Firststollen im Kalottenvortrieb der Kaverne.

Auf Grundlage dieser vorliegenden Informationen und Auswertungen können nach der Verteilung der prognostizierten Schwächezonen in den späteren Vortriebsphasen (siehe Anlage 1) unseres Erachtens in einigen Vortrieben der Phasen 2 bis 4 die Vorauserkundungen entfallen, da dann bereits aus benachbarten Vortrieben die tatsächlichen Lagen der Schwächezonen bekannter sind.

Phase 1: Obwohl die Stollenquerschnitte teilweise relativ geringen Durchmesser aufweisen (Schutterstollen, Energieableitungsstollen) sind hier anfänglich durchgängige Vorauserkundungen aufgenommen worden. Da eine Reihe von prognostizierten Schwächezonen in den Vortrieben vermutlich vorhanden sind, wird empfohlen in folgenden Stollen eine einfache Vorauserkundung durchzuführen: EABS OS/US, Schutterstollen, Teil NS 5, Hauptstollen Süd, Kalotte bis UWS SB, Teil des Zufahrtsstollens zur Kaverne. Die Vorauserkundung wird mit dem Boomer (mit geotechnischer Begleitung, Messung der Erkundungsdaten mittels MWD-Methode und zeitnaher Auswertung der Daten) durchgeführt (Details siehe Kap. 6.1).

Phase 2: In der Kaverne sollte vorauserkundet werden (Details für Kaverne siehe Kap. 6.3). Ebenso ist im Nebentollen 1 und Nebentollen 3 eine Vorauserkundung durchzuführen. In den Nebentollen NS 2 und NS 4 können Vorauserkundungen entfallen, da die prognostizierten Schwächezonen

bereits über die Erkenntnisse der Auffahrung des Nebenstollen 1 und des Hauptstollens aufgefahren werden und vortriebstechnisch beurteilt werden können. Im UWS SB sollten Vorauserkundungen durchgeführt werden.

Phase 3: In den Zufahrtsstollen zu den Oberwasserstollen bis hin zu den Vertikalschächten sehen wir aufgrund des vollständig anderen Höhenniveaus der Stollen und der Oberflächennähe der Vortriebe aufgrund ihrer Kürze und kleinen Querschnittsform eine Vorauserkundungen als nicht erforderlich an.

Phase 4: im HS Nord (bis Gegenvortrieb) und Nebenstollen 6 können aufgrund der Lage der prognostizierten Schwächezonen im Bereich der Mündung des Nebenstollens 6 in den Hauptstollen Vorauserkundungen entfallen. In den übrigen Vortriebsstrecken werden aufgrund der Anzahl und der Lage der prognostizierten Schwächezonen Vorauserkundungen empfohlen. Im Bereich der Anschlagwand Nord des Hauptstollens wird nach Herstellung des Voreinschnitts mit 1 bis 2 Horizontalkernbohrungen die geotechnische Situation vor Beginn der eigentlichen Auffahrung vorauserkundet und untersucht. Die genaue Lage und Orientierung der Bohrungen wird vor Baubeginn abgestimmt und festgelegt.  
(Anlage 1)

Die Vortriebe mit Vorauserkundung für die 4 Phasen sind in der Anlage 1 für jede Phase im Detail in den Blättern 1 bis 4 und im Überblick in Blatt 5 dargestellt. Ebenso sind die Vortriebe in denen Vorauserkundungen vermutlich entfallen können in der Anlage 1, Blatt 1 bis 5, dargestellt.

Insgesamt ist derzeit geplant, die Vorauserkundungen auf ca. 2750 Vortriebsmeter durchzuführen. Anpassungen des derzeitig abgeschätzten Umfangs sind – wie bereits zuvor beschrieben – nach Auswertung der Ergebnisse der ersten Vortriebsmonate und Abstimmung innerhalb des relevanten Personenkreises vorzunehmen und der Umfang an Vorauserkundungen ggf. anzupassen.

## **6 Methodik/Technik der einfachen und erweiterten Vorauserkundung**

Aus den bisherigen Ausführungen können Vortriebsbereiche abgeleitet werden, in den zur Absicherung des Tunnel-/Stollen-/Kavernen-Vortriebes Vorauserkundungen durchgeführt werden. Diese Vorauserkundungen sollen in einem ersten Schritt als Erweiterung der zum Bauablauf gehörigen Abläufe vorgesehen werden. Sofern sich Hinweise auf relevante Störungen des Gebirges ergeben, kann der Umfang der Vorauserkundung nach Bedarf intensiviert und angepasst werden. Dabei ist ein stufenweises Vorgehen vorgesehen. Eine Entscheidung über die Intensivierung der Vorauserkundungen erfolgt dabei in einem ersten Schritt unmittelbar nach Vorliegen der Ergebnisse durch die geotechnische Bauüberwachung. Parallel werden die Ergebnisse einem noch festzulegenden Personenkreis zeitnah digital zu Verfügung gestellt, um einen größtmöglichen Informationsfluss zu gewährleisten.

Das stufenweise Vorgehen wird dabei wie folgt untergliedert:

Stufe 1:

In Vortriebsstrecken mit Vorauserkundungen wird zunächst eine einfache Vorauserkundung (Beschreibung siehe Kap. 6.1) durchgeführt, d.h. es werden 2 Bohrwagenbohrungen (12 bis 15 m Länge) mit MWD (Measurement while Drilling) durchführt, die Cuttings beurteilt. Weisen die

Bohrergebnisse keine Auffälligkeiten auf, wird der Regelvortrieb fortgesetzt. Die, nächsten Bohrungen der Vorauserkundung erfolgen nach 10 bis 13 Metern

Stufe 2:

Die in den Bauablauf integrierten Vorauserkundungen der Stufe 1 zeigen Auffälligkeiten, die den Einsatz weiterer Diagnostik notwendig macht (Erweiterte Erkundungsphase). Zunächst ist hier eine optische Bohrlochbefahrung der bereits hergestellten zwei Vorauserkundungsbohrungen vorgesehen. Über den Einsatz weiterer Untersuchungsmethoden ist im Bedarfsfall ggf. vor Ort zu entscheiden)

Der Erkundungsumfang der Kaverne wird als erweiterte Vorauserkundung in Kap.6.3 zusammengestellt.

Als Maßnahmen im Fall einer erkundeten Schwächezone erfolgt die einvernehmliche Festlegung vor Ort (AG + AN) über Anpassung der Vortriebsklasse und ggf. Bereitstellung entsprechender Materialien für verstärkte Sicherung, ggf. auch Vorbereitung auf erhöhten Wassereintritt, Verkürzung der Abschlagslängen etc. festgelegt. Mögliche Sicherungsmaßnahmen des Planers sind in Kapitel 7 zusammengestellt.

Für die Kaverne wird eine separate Erkundung bzw. Monitoringsystem vorgesehen. Diese ist in Kapitel 6.3 beschrieben.

### **6.1 Standardvorgehen der einfachen Vorauserkundung (Stufe 1)**

Für die erste Stufe der Vorauserkundung in den Stollenvortrieben werden zwei der für die Herstellung der Sprengung benötigten Bohrungen mit dem Bohrwagen verlängert hergestellt.

Die Bohrlöcher werden entsprechend zerstörend gebohrt und haben in der Regel eine Bohrlänge von 12 bis 15 m, Kaliber 78 mm oder äquivalent. Die Vorauserkundungen sollen mit einer Überlappung von 2 m und somit für die nächsten Vorauserkundungen neu nach 10 bis 13 Vortriebsmetern durchgeführt werden. Die Anordnung erfolgt so, dass eine möglichst große Diagonale der zur Verfügung stehenden Fläche genutzt wird. Während des Bohrfortschritts werden Bohrparameter mittels MWD (Measuring while drilling) gemessen und aufgezeichnet, die Bohrungen von entsprechend ausgerüsteten Bohrwagen durchgeführt und aufgezeichnet.

Vorgesehen ist die mindestens Aufzeichnung folgender Parameter vorgesehen:

- Bohrgeschwindigkeit
- Schlagdruck
- Vorschubdruck
- Rotationsdruck
- Drehzahl
- Dämpfungsdruck
- Max. Wasserdruck beim Spülen

- Spülwasserfluss

Weitere abgeleitete Kennwerte u. a.

- Zerlegungsgrad
- Härte

können aus den aufgezeichneten Messergebnissen abgeleitet werden.

Alle Wasseraustritte in den Vortrieben (Stollenlaibung) werden durch die fachtechnische Bauüberwachung dokumentiert.

Ergänzend werden die Chips der Bohrungen von der Geotechnischen Bauüberwachung untersucht, angesprochen und ausgewertet. Die so gewonnenen Informationen fließen mit den Ergebnissen der fortlaufenden geologisch/geotechnischen und hydrologischen Ortsbrustkartierungen zusammen, auf deren Grundlage eine fortlaufende Optimierung der Prognosegenauigkeit der derzeit auf punktuellen Aufschlüssen (Bohrungen, Geländeaufschlüsse) basierenden Annahmen bzgl. dem Verlauf möglicher Schwächezonen erfolgt.

Die Auswertung sämtlicher Daten/Bohrparameter erfolgt durch die geotechnische Fachbauleitung vor Ort, einschließlich Ansprache der Chips aus den Bohrungen der Vorauserkundung. Sämtliche Ergebnisse der Vorauserkundung werden durch die Geotechnischen Bauüberwachung zusammengefasst und zeitnah einem noch festzulegenden Personenkreis digital zu Verfügung gestellt.

## 6.2 Erweiterung Vorauserkundungsumfang (Fall 2)

Wie im Kapitel 6.1 dargestellt, wird bei Anzeichen von Schwächezonen im Stollenvortrieb eine erweiterte Vorauserkundung durch die Geotechnische Bauüberwachung angeordnet. Diese besteht aus einer Optischen Bohrlochsondierung.

Bei der Optischen Sondierung wird in die beiden bereits erstellten Vorauserkundungsbohrungen eine Optische Sonde mit digitaler Aufzeichnung eingebracht und die Aufzeichnungen von den Geotechnikern interpretiert. Um Zeitverzögerungen beim Vortrieb zu vermeiden, ist geplant, die Messsonde auf der Baustelle vorzuhalten.

Sollte sich aus der Anwendung vor Ort ergeben, dass das Verfahren des Einsatzes der Optischen Sonde keine eindeutigen Ergebnisse hinsichtlich einer Schwächezone liefert, ist über eine Modifizierung des zusätzlichen Erkundungsverfahrens wie beispielsweise dem Einsatz einer geophysikalischen Sonde im Bohrloch auf der Baustelle zu entscheiden. Dieses Erkundungsverfahren erfordert jedoch einen erhöhten Auswertungsaufwand, der zu einer verlängerten Vortriebsunterbrechung führt. Derartige Messungen sind von einem geophysikalischen Fachbüro durchzuführen und die Messergebnisse sind von einem Geophysiker auszuwerten und zu interpretieren.

Eine Abschätzung der Vortriebsstrecken mit erhöhtem Umfang an Vorauserkundungsmaßnahmen kann bei der Annahme eines Umfeldes von +/- 20 Metern um die prognostizierten Schwächezonen der Tabelle 2 entnommen werden.

**Tab. 2: Abschätzung der erweiterten Vorauserkundung in den Phasen 1 bis 4**

Phasen	Erweiterte Vorauserkundung (Optische Erkundung,) in Metern	Bemerkung
Phase 1	ca.450	
Phase 2	ca. 80	Kaverne siehe Kap.6.3
Phase 3	ca. 40	
Phase 4	ca.420	

### 6.3 Vorgehen Kavernenvortrieb

Aufgrund der Größe und Ausdehnung der Kraftwerkskaverne ist hier ein gegenüber den Stollenvortrieben deutlich umfangreicheres System an Erkundungen, Messungen und Überwachungen sowohl während des Baus, als auch über die Dauer des Betriebs vorgesehen. Daher wird im Folgenden das von Seiten des Planers für die Herstellung der Kaverne vorgesehen System dargestellt.

Es wird von IAF vorgeschlagen, den vorauseilenden 1. Teilausbruch des Kalottenvortriebs kontinuierlich mit Erkundungsbohrungen, ausgehend von der Ortsbrust, zu begleiten. Für die weiteren nachfolgenden Teilausbrüche des Kalottenvortriebs, welche unmittelbar an den 1. Teilausbruch angrenzen, sind keine weiteren Vorauserkundungsmaßnahmen notwendig.

Der Ausbruch der Kraftwerkskaverne wird von einem engmaschigen Messprogramm begleitet. Allein während des Kalottenvortriebs sind insgesamt 22 Extensometer zu installieren. Die genaue Lage kann der Anlage 2 entnommen werden. Die Bohrungen für die Extensometer sind als Kernbohrungen auszuführen und vor dem Einbau der Extensometer mit einem Bohrloch-Scanner (ETIBS-Sonde) zu befahren, um entsprechende Daten des Trennflächengefüges zu sammeln. Das heißt, sobald ein Teilausbruch die entsprechend permanente Seitenwand- bzw. Firstfläche freigelegt hat, sind die Extensometer vortriebsbegleitend einzubauen, um möglichst frühzeitig Informationen des umliegenden Gebirges und seinem Verformungsverhalten zu gewinnen. Gemäß Abbildung 1 werden während des Kalottenvortriebs 11 Kernbohrungen (Länge 15 m, MQ1-3: jeweils 3 Extensometer, MQ4/5: jeweils 1 Extensometer) in den Firstbereich der Kraftwerkskaverne abgeteuft sowie jeweils 5 Kernbohrungen pro Seitenwand (OW/UW) und eine Kernbohrung in die Stirnseite der Kaverne (Länge jeweils 25 m).

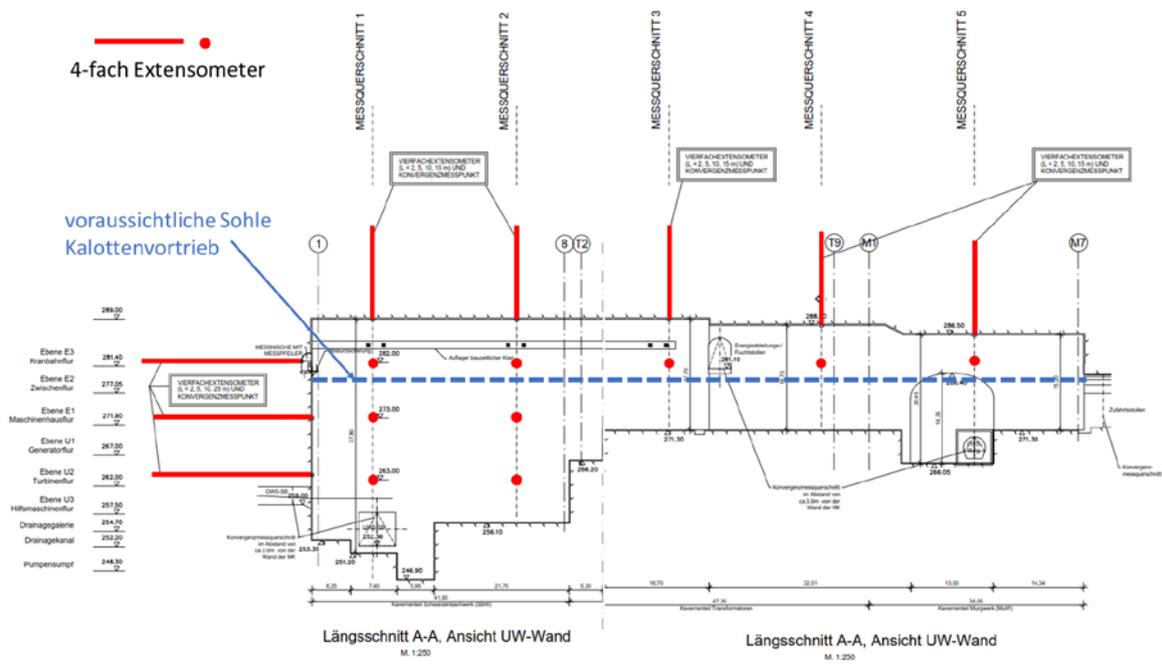


Abbildung 1: Lage der Extensometer/Kernbohrungen in der Kraftwerkskaverne

Nach erfolgtem Kalottenvortrieb wird man deshalb bereits ein sehr genaues Bild der geologischen Verhältnisse im Bereich der Kraftwerkskaverne haben und die Gebirgsverhältnisse für den nachfolgenden Strossenvortrieb mit großer Prognosesicherheit antizipieren können.

Die nachfolgenden Strossenvortriebe zur Abtiefung der Kaverne erfolgen mittels Teilausbrüchen und entsprechend verkleinerten Ausbruchsquerschnitten. Bis auf die 1. Strosse, welche voraussichtlich vom Zufahrtsstollen aus aufgefahren wird, erfolgt der Strossenvortrieb in der Regel vertikal von oben nach unten. Während des Strossenvortriebs sind jeweils 4 weitere Extensometer pro Seitenwand, sowie 2 weitere Extensometer in die Stirnseite einzubringen (siehe Abbildung 1). Auch hier sind die Bohrungen als Kernbohrungen auszuführen und anschließend zu scannen. Da der Strossenvortrieb in der Regel von oben nach unten verläuft, sind keine weiteren Vorauserkundungen, ausgehend von der Ortsbrust, notwendig. Das vorgeschlagene Erkundungs- und Messkonzept hat sich bei zahlreichen Wasserkraftkavernen bereits bestens bewährt (u.a. PSW Goldisthal, PSW Vianden). So konnte z.B. beim PSW Goldisthal über die horizontalen Extensometerbohrungen frühzeitig eine zur Kavernenseitenwand einfallende Störung erkannt werden, welche sonst erst später mit dem nachfolgenden Strossenaushub angetroffen worden wäre. Bereits beim PSW Wehr wurde in den 70er Jahren in ähnlicher Weise eine Parallelklufft erkundet, welche sonst ebenfalls erst im Bereich der Kavernensohle freigelegt worden wäre.

## 7 Mögliche Konsequenzen für die Vortriebe für den Fall 2 aus Kap. 6

Wie im Kapitel 6 dargestellt, wird bei einer erkundeten Schwächezone im Vortrieb einvernehmlich eine angepasste Vortriebsweise festgelegt.

Aufgrund des sehr harten Grundgebirges scheidet die (baubetrieblich sinnvolle) Umstellung auf Meißel-, Teilschnitt- oder Baggervortrieb aus. Unverändert müsste im Sprengvortrieb fortgefahren werden. Es verbleiben somit als Maßnahmen im Ausbruch nur die Voraussicherung und die Modifizierung des Abschlages selbst.

Zur Voraussicherung (Ziel: Begrenzung von Überprofil) können Spieße, ein Spießschirm oder auch ein Rohrschirm gesetzt werden.

- Spieße sind nur wenig länger als der Abschlag selbst. In der Ausschreibung für Vergrusungszonen vorgesehen sind Selbstbohrspieße von 3m Länge (z.B. LV-Pos. 2.1.02.01.05.0010) und vermörtelte Spieße von 3m Länge (z.B. LV-Pos. 2.1.02.01.05.0020)
- Ein Spießschirm ist 2-3mal so lang wie der Abschlag. In der Ausschreibung vorhanden, wenngleich auch ich der Anwendung für Vergrusungszonen nicht vorgesehen ist ein Spießschirm von 6m Länge (LV-Pos. 2.2.02.01.02.0060)
- Ein Rohrschirm ist 4-5mal so lang wie der Abschlag und wesentlich kräftiger ausgeführt. In der Ausschreibung vorhanden, wenngleich auch für die Anwendung für Vergrusungszonen nicht vorgesehen ist ein Rohrschirm von 15m Länge (LV-Pos. 2.2.02.02.05.0010)
- Zur Begrenzung von Überprofil können auch Abschlagslänge, Bohrprofil, Zündfolge und Sprengmittelbesatz modifiziert werden. Die jeweils erforderliche Art der Umsetzung kann nur vor Ort, nach Maßgabe der angetroffenen örtlichen Verhältnisse, erfolgen. Die Reduzierung der Abschlagslänge ist in der Ausschreibung vorgesehen (s.a. Bauzeittabellen)
- Sollten in Vorauserkundungsbohrungen Wassermengen größer 4 l/s festgestellt werden, so wird die anfallende Wassermenge über einen Zeitraum von 6-8 Stunden kontinuierlich dokumentiert. Die Daten werden von der geotechnische Fachbauleitung vor Ort ausgewertet und zeitnah einem noch festzulegenden Personenkreis zur Verfügung gestellt. Sollte im Beobachtungszeitraum keine Verringerung des Wasseranfalls festgestellt werden, so wird nach einem vor Beginn der Vortriebsarbeiten abgestimmten Konzept Art und Umfang der weiteren Maßnahmen zur Verhinderung von größeren Wasseraustritten im weiteren Vortrieb festgelegt. Es ist vorgesehen, dass diese hydrogeologische Dokumentation in der Bauphase durch eine die Vortriebsarbeiten begleitende hydrogeologische- und geotechnische Fachbauüberwachung durchgeführt wird.

Ettlingen, den 15.07.2022

Ingenieurgemeinschaft Mailänder Consult & gbm

  
Dipl.-Geol. L. Kuschka



## Phase 2

Baumonat 7 bis 16

 Stollen / Kaverne mit Vorauserkundungen

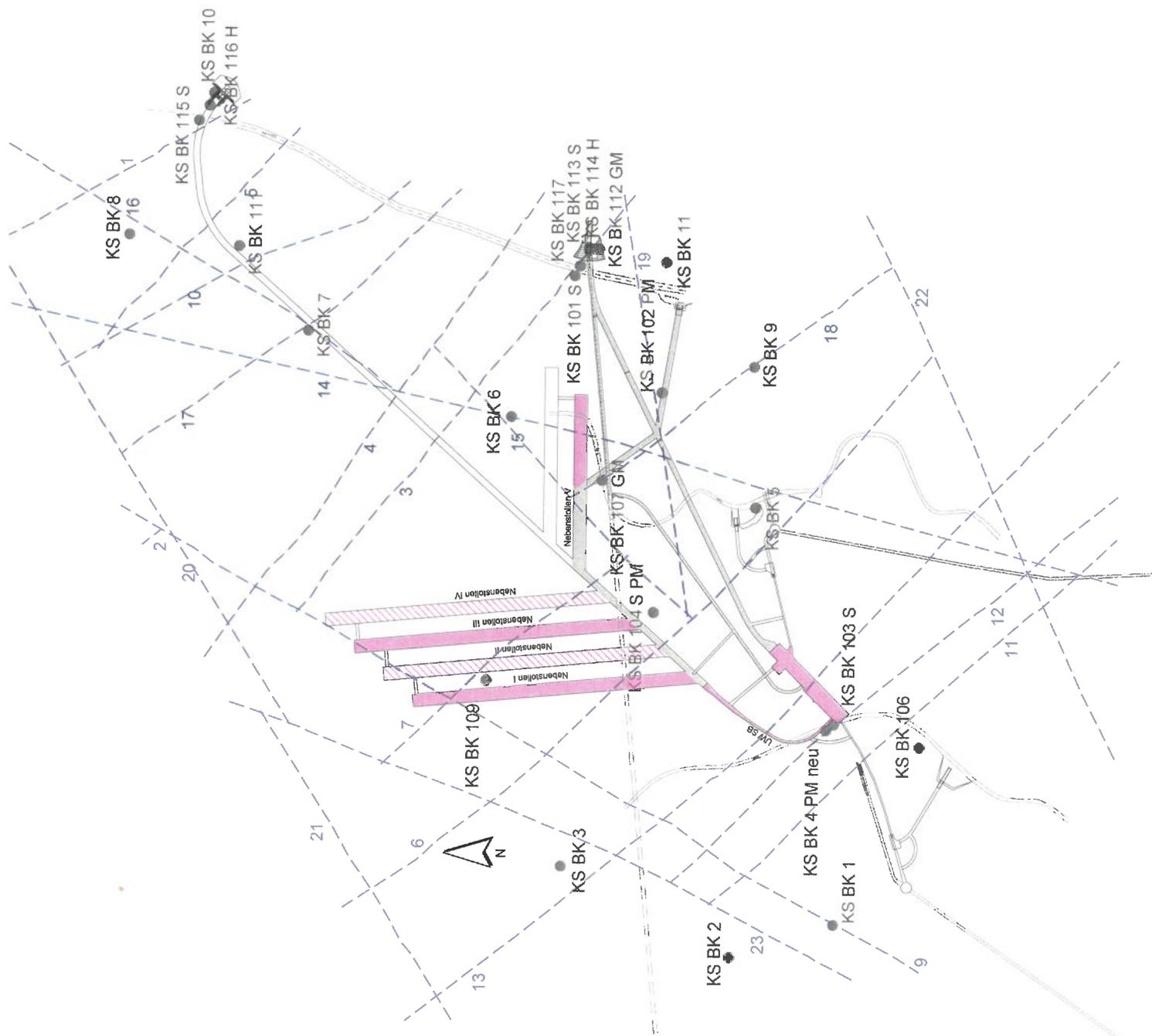
 Stollen ohne Vorauserkundungen

 Vermuteter Verlauf Schwächezonen 1 bis 23 auf dem Niveau 300 m NIN

 bereits ausgeführt

Kaverne: nur Kalotte und Firststollen

Hauptstollen: nur Firststollen



Plangrundlage: Oberösterreichische Ingenieurbauhilfsgemeinschaft PSW Forbach, Stand: 30.10.2020

Planverfasser:

Ingenieurgesellschaft  
Maidländer  
Consult

Projekt-Nr.: e-352910  
Plan-Nr.: Anlage 1 / Blatt 2  
Datum: 19.11.2021

Maßstab: 1:5.000

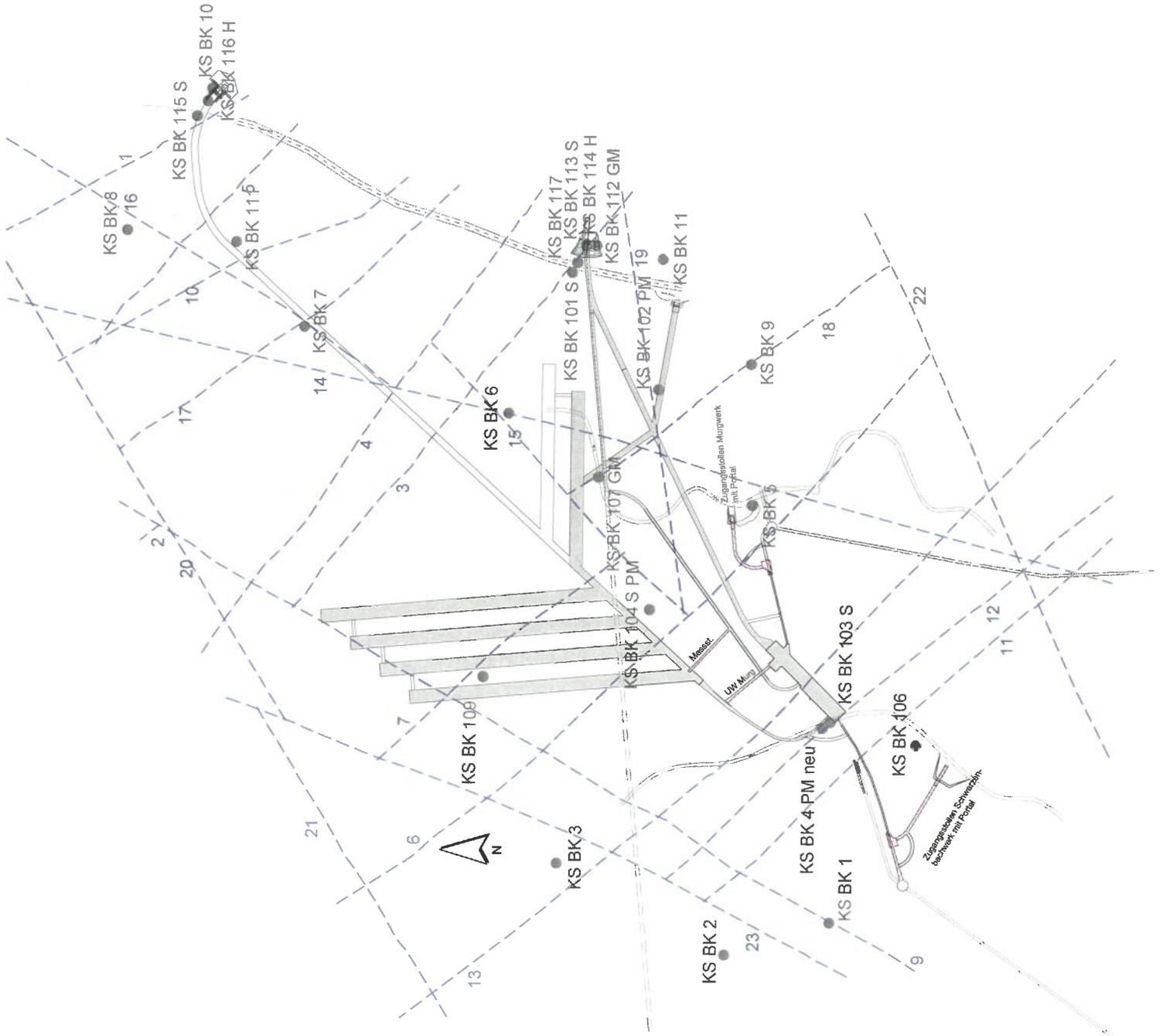
PSW Forbach - Neubau Unterstufe  
Vorauserkundungen (Boomer)  
in den Vortrieben der Phasen 1 bis 4  
hier Phase 2

**Phase 3**  
Baumonat 17 bis 23

 Stellen ohne Vorauserkundungen

 Vermuteter Verlauf Schwächezonen 1 bis 23 auf dem Niveau 300 m NN

 bereits ausgeführt



Plangrundlage: Übersichtslage Ingenieurunterstützungsmaßnahme PSW Forbach, Stand: 30.10.2020

Planverfasser:	Projekt-Nr.: e-352910
Ingenieurgesellschaft Malländer Consult	Plan-Nr.: Anlage 1 / Blatt 3
	Datum: 19.11.2021
	Maßstab: 1:5.000

PSW Forbach - Neubau Unterstufe  
Vorauserkundungen (Boomer)  
in den Vortrieben der Phasen 1 bis 4  
hier Phase 3

# Phase 4

Baumonats 24 bis 30

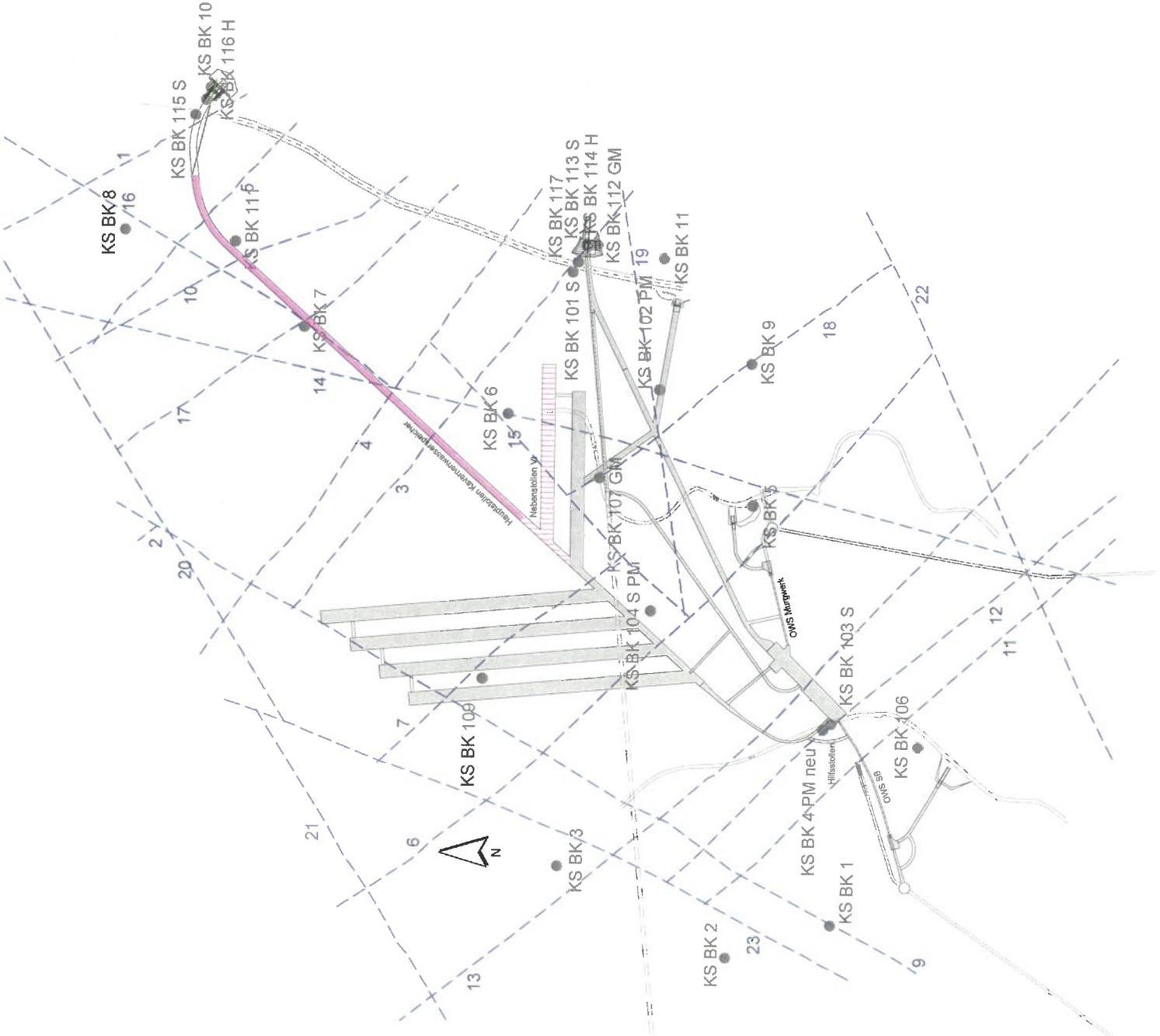
HS Nord, NS 6 mit Vorauserkundungen

Stollen ohne Vorauserkundungen

lange Bohrung von außen

Vermuteter Verlauf Schwächezone 1 bis 23 auf dem Niveau 300 m NN

bereits ausgeführt



Plangrundlage: Übermischplan Ingenieurbauabteilung PSW Forbach, Stand: 30.10.2020

Planverfasser:	Projekt-Nr.: e-352910
Ingenieurgemeinschaft Malinänder Consult <small>                     (Logo)                      Dienstleistungen für Bergbau, Tunnelbau, Wasserbau, Energie, Verkehr, Umweltschutz                 </small>	Plan-Nr.: Anlage 1 / Blatt 4
	Datum: 19.11.2021
Maßstab: 1:5.000	
PSW Forbach - Neubau Unterstufe Vorauserkundungen (Boomer) in den Vortrieben der Phasen 1 bis 4 hier Phase 4	

# Phase 1 bis Phase 4

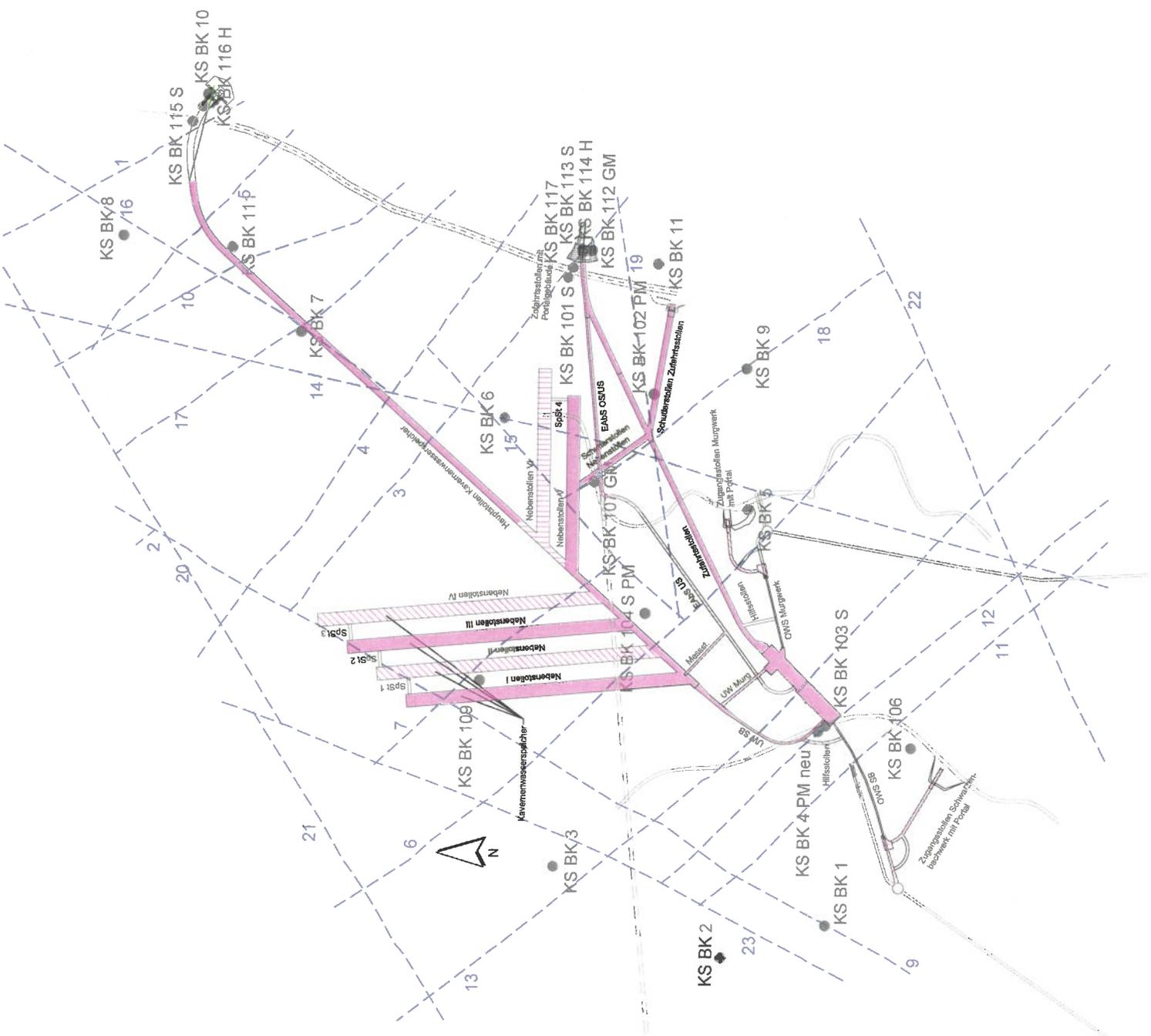
Baumonat 1 bis 30

HS Nord, NS 6 mit Vorauserkundungen

Stollen ohne Vorauserkundungen

lange Bohrung von außen

Vermuteter Verlauf Schwächezonen 1 bis 23 auf dem Niveau 300 m NN



Plangrundlage: Übersichtsanlagen Ingenieurkammerberufsgenossenschaft PSW Forbach, Stand: 30.10.2020

Planverfasser:

Projekt-Nr.: e-352910

Ingenieurgesellschaft  
Molländer  
Consult

Plan-Nr.: Anlage 1 / Blatt 5

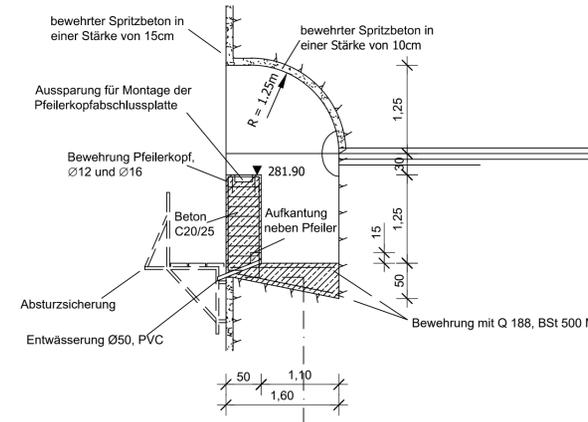
Datum: 19.11.2021

Maßstab: 1:5.000

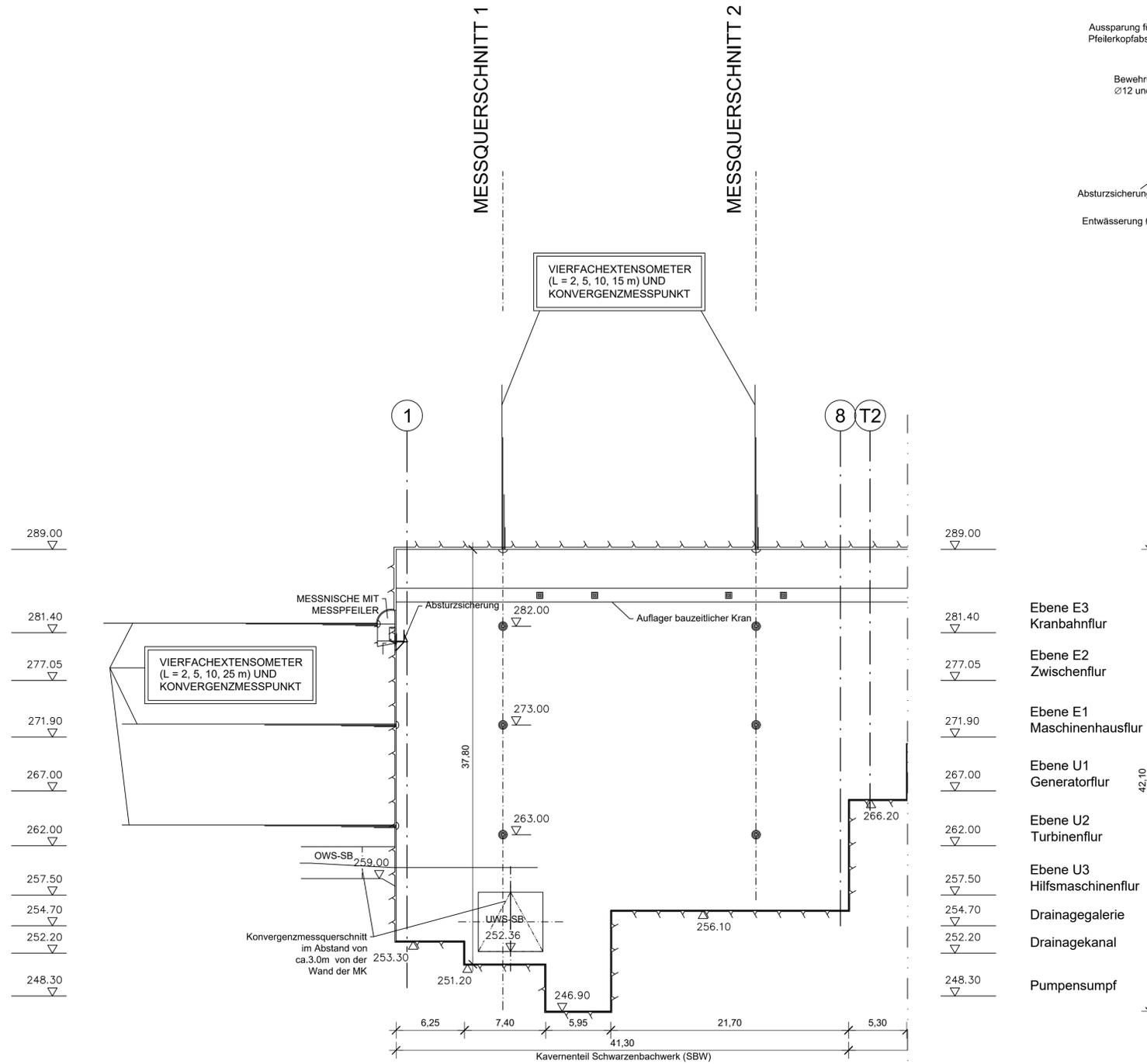
PSW Forbach - Neubau Unterstufe  
Vorauserkundungen (Boomer)  
in den Vortrieben der Phasen 1 bis 4  
Überblick über alle Phasen

LEGENDE :

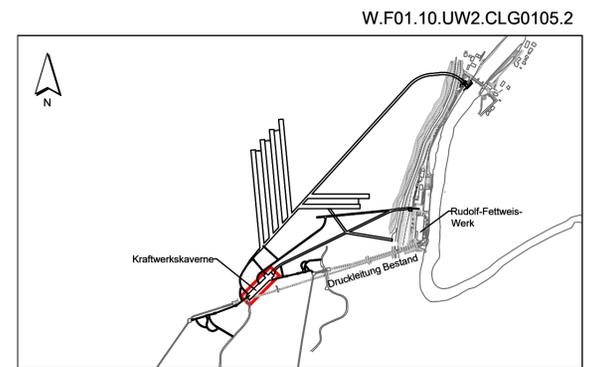
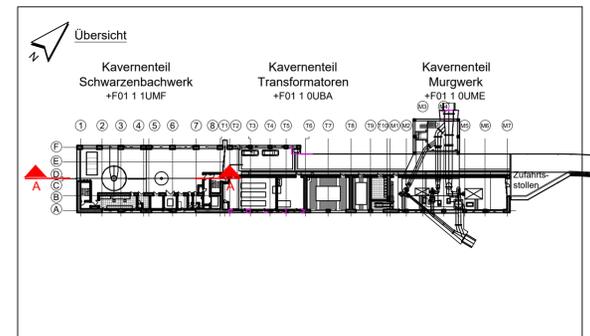
- VIERFACHEXTENSOMETER UND KONVERGENZMESSPUNKT
- FELSNAGEL (DKS) MIT GEODÄTISCHEM MESSPUNKT
- MEHRFACH - PIEZOMETER (NUR ZUATZ-/NOTFALLMASSNAHME)
- KONVERGENZMESSQUERSCHNITT
- (VSxx) ANKERKRAFTMESSDOSE (auf Vorspannkabel Nr.xx)



DETAIL Messpfeiler  
M. 1:50



Längsschnitt A-A, Ansicht UW-Wand  
M. 1:250



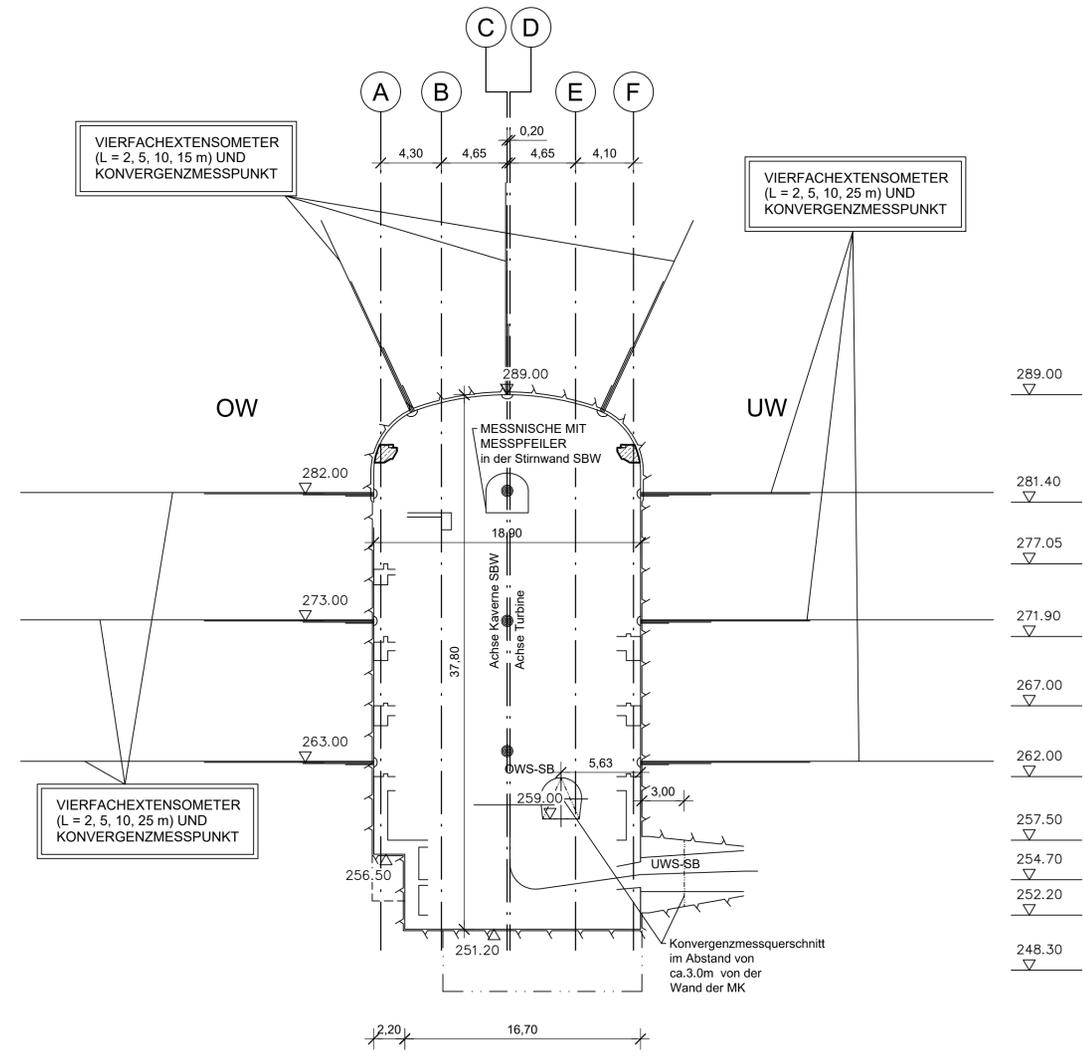
zugehörige Pläne: W.F01.10.UW1.CLG0100 - CLG0119 Kraftwerkskaverne Längsschnitte, Querschnitte, Grundrisse  
W.F01.10.UW2.CLG0100 - CLG0108 Kraftwerkskaverne Ausbruch, Sicherung und Überwachung  
W.F01.10.UW2.CLA0100 - CLA0102 Kraftwerkskaverne Drainage

Index	Datum	Name	Art der Änderung
Maße sind vom Unternehmen verantwortlich zu prüfen bzw. am Bau zu nehmen!			
Bauherr / Auftraggeber:		EnBW - Zeichnung-Nr. W.F01.10.UW2.CLG0105	
Ident.-Nr.		Projekt:	
PSW Forbach - Neue Unterstufe		Ausschreibungsplanung	
Planverfasser:		Benennung:	
Ingenieurarbeitgemeinschaft PSW Forbach		Überwachungseinrichtungen Kraftwerkskaverne Kavernteil SBW Längsschnitt A-A, Ansicht UW-Wand	
Maßstab: 1:250		Format: A1	
System: ACAD2018		Planverfasser: Auftrags-Nr. - Dokumenten-Nr.	
Gez. 14.10.2019 Partin		SAP-Bestell-Nr. 4560979766	
Gepr. 18.11.2019 Thermann		Datei-Bezeichnung: W.F01.10.UW2.CLG0105.2.dwg	
Geänd.		Dokumenten-Nr. Lieferant: Anlage ...	
Ersatz für:		Blätter:	



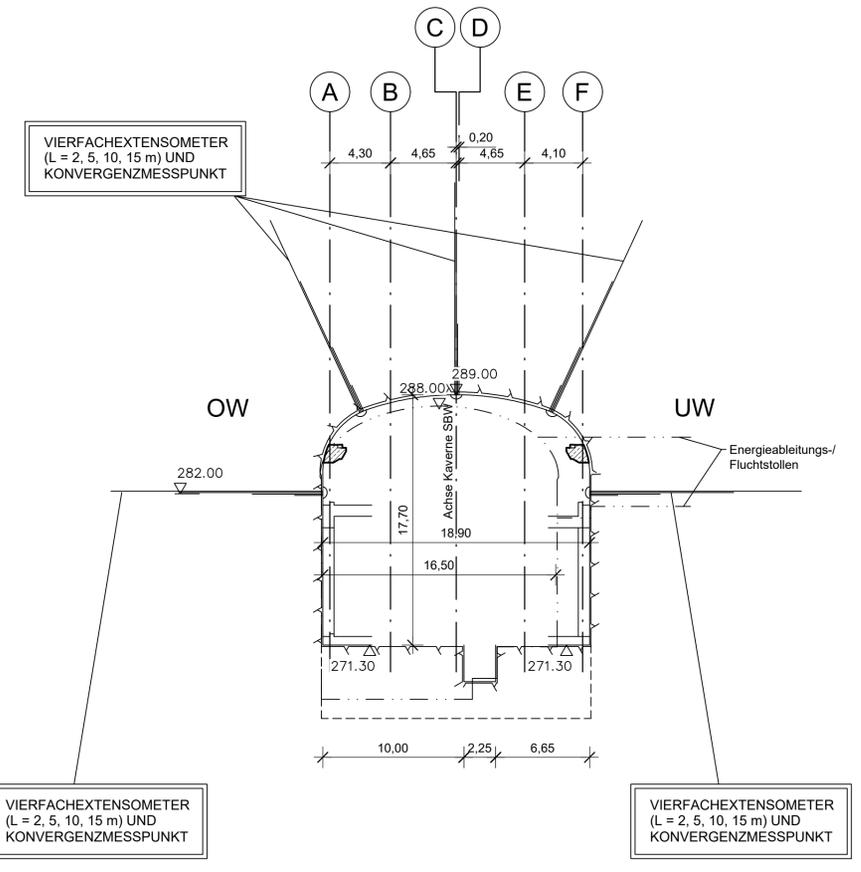
LEGENDE :

- VIERFACHEXTENSOMETER UND KONVERGENZMESSPUNKT
- FELSNAGEL (DKS) MIT GEODÄTISCHEM MESSPUNKT
- MEHRFACH - PIEZOMETER (NUR ZUATZ-/NOTFALLMASSNAHME)
- KONVERGENZMESSQUERSCHNITT

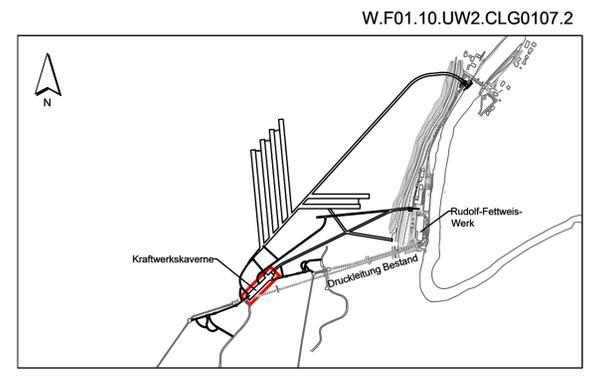
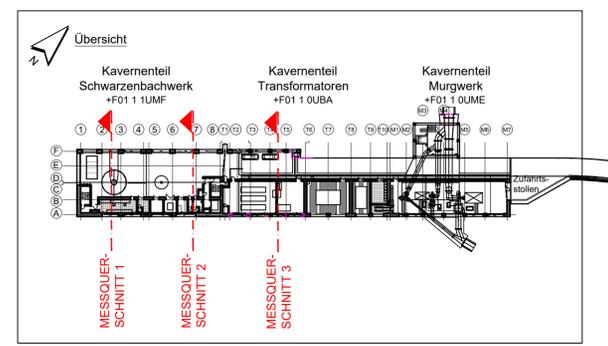


Messquerschnitt 1 und 2  
M. 1:250

- Ebene E3 Kranbahnflur
- Ebene E2 Zwischenflur
- Ebene E1 Maschinenhausflur
- Ebene U1 Generatorflur
- Ebene U2 Turbinenflur
- Ebene U3 Hilfsmaschinenflur
- Drainagegalerie
- Drainagekanal
- Pumpensumpf



Messquerschnitt 3  
M. 1:250

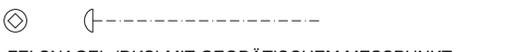


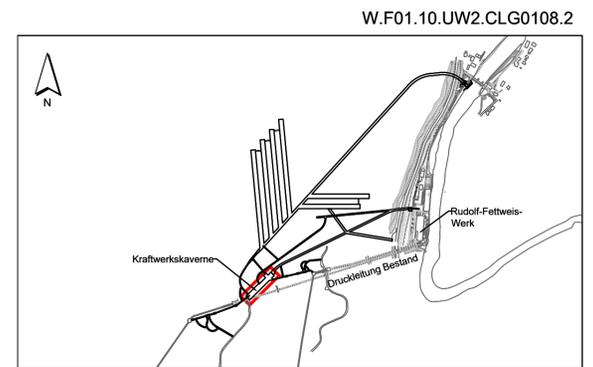
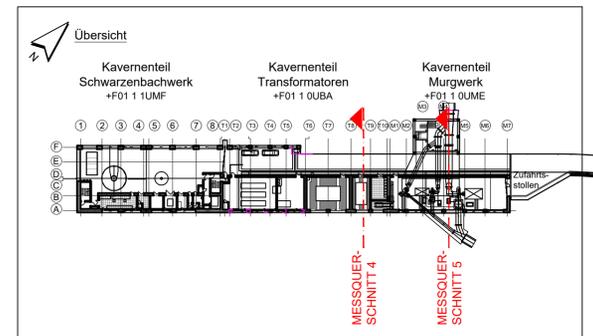
Maßstab 1:250

zugehörige Pläne: W.F01.10.UW1.CLG0100 - CLG0119 Kraftwerkskaverne Längsschnitte, Querschnitte, Grundrisse  
W.F01.10.UW2.CLG0100 - CLG0108 Kraftwerkskaverne Ausbruch, Sicherung und Überwachung  
W.F01.10.UW2.CLA0100 - CLA0102 Kraftwerkskaverne Drainage

Index	Datum	Name	Art der Änderung
Maße sind vom Unternehmen verantwortlich zu prüfen bzw. am Bau zu nehmen!			
Bauherr / Auftraggeber:		EnBW - Zeichnung-Nr. W.F01.10.UW2.CLG0107	
<b>EnBW</b> Energie Baden-Württemberg AG Schelmenwasenstr. 15 70567 Stuttgart Tel. +49 (0)711/289-0 Fax +49 (0)711/289-82180 Postfach 50 03 28 70553 Stuttgart		Ident.-Nr.	
Planverfasser: <b>TRACTEBEL</b> Ingenieurbüro PSW Forbach Eisenheimerstraße 11 80687 München Tel. +49 (0)89/381907-70 Fax +49 (0)89/381907-99		Projekt: <b>PSW Forbach - Neue Unterstufe Ausschreibungsplanung</b>	
Benennung: <b>Überwachungseinrichtungen Kraftwerkskaverne Kavernenteil SBW und Transformatoren Messquerschnitte 1-3</b>		Maßstab: 1:250	
Planverfasser: Auftrags-Nr. - Dokumenten-Nr. SAP-Bestell-Nr. 4560979766		Format: A1	
Datum: 14.10.2019 Name: Partin		System: ACAD2018	
Datum: 18.11.2019 Name: Thermann		Änderungs-Index: 2	
Datum: 18.11.2019 Name: Thermann		Datei-Bezeichnung: W.F01.10.UW2.CLG0107.2.dwg	
Datum: 18.11.2019 Name: Thermann		Dokumenten-Nr. Lieferant: Anlage ...	
Datum: 18.11.2019 Name: Thermann		Blatt:	
Datum: 18.11.2019 Name: Thermann		Blätter:	

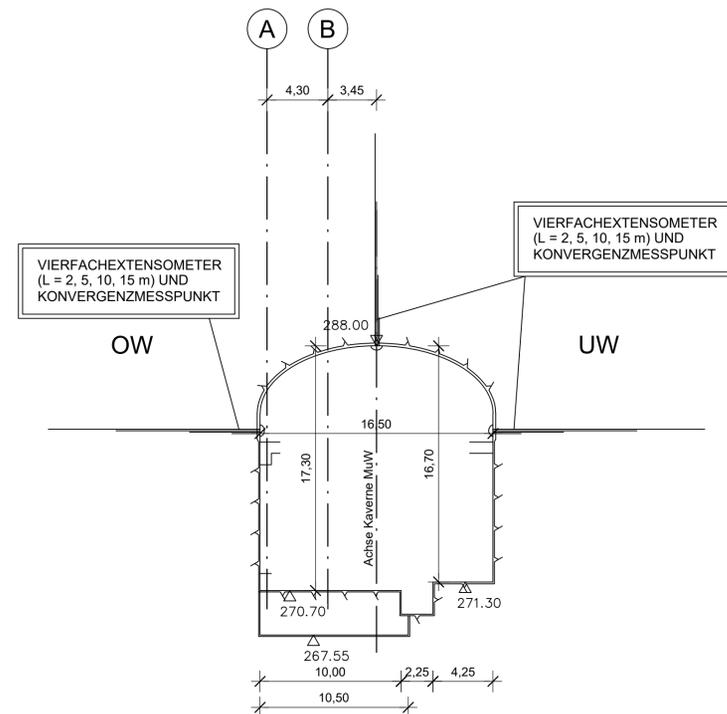
LEGENDE :

-  VIERFACHEXTENSOMETER UND KONVERGENZMESSPUNKT
-  FELSNAGEL (DKS) MIT GEODÄTISCHEM MESSPUNKT
-  MEHRFACH - PIEZOMETER (NUR ZUATZ-/NOTFALLMASSNAHME)
-  KONVERGENZMESSQUERSCHNITT



zugehörige Pläne: W.F01.10.UW1.CLG0100 - CLG0119 Kraftwerkskaverne Längsschnitte, Querschnitte, Grundrisse  
 W.F01.10.UW2.CLG0100 - CLG0108 Kraftwerkskaverne Ausbruch, Sicherung und Überwachung  
 W.F01.10.UW2.CLA0100 - CLA0102 Kraftwerkskaverne Drainage

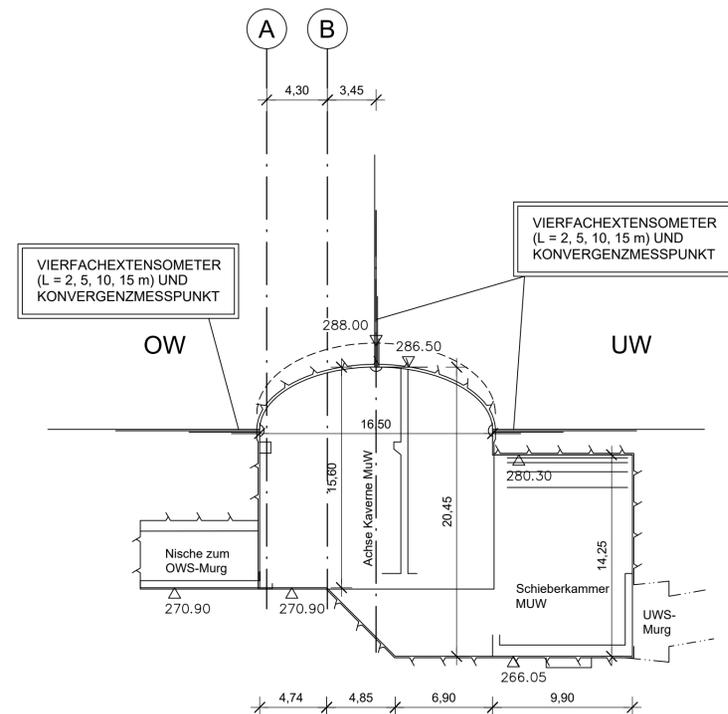
Anmerkungen			
Index	Datum	Name	Art der Änderung
Maße sind vom Unternehmen verantwortlich zu prüfen bzw. am Bau zu nehmen!			
Bauherr / Auftraggeber:		EnBW - Zeichnung-Nr. W.F01.10.UW2.CLG0108	
EnBW Energie Baden-Württemberg AG Schelmenwiesenstr. 15 70567 Stuttgart Tel. +49 (0)711/289-0 Fax +49 (0)711/289-82180 Postfach 50 03 28 70503 Stuttgart		Ident.-Nr.	
Planverfasser: TRACTEBEL Ingenieurlarbeitsgemeinschaft PSW Forbach Eisenheimerstraße 11 80687 München Tel. +49 (0)89/381907-70 Fax +49 (0)89/381907-99		Projekt: <b>PSW Forbach - Neue Unterstufe Ausschreibungsplanung</b>	
Benennung: <b>Überwachungseinrichtungen Kraftwerkskaverne Kavernenteil Transformatoren und MuW Messquerschnitte 4+5</b>		Maßstab: 1:250	
Planverfasser: Auftrags-Nr. - Dokumenten-Nr. SAP-Bestell-Nr. 4560979766		Format: A1	
Datum Name 14.10.2019 Partin 18.11.2019 Thermann		System: ACAD2018	
Datei-Bezeichnung: W.F01.10.UW2.CLG0108.2.dwg Dokumenten-Nr. Lieferant: Anlage ...		Änderungs-Index: 2	
Ersatz für:		Blätter:	
Diese Zeichnung und sämtliche Beilagen sind dem Empfänger nur zum vorgesehenen Zweck anvertraut. Gemäß DIN ISO 16016 werden EnBW alle Rechte vorbehalten, einschließlich des Eigentums an diesen Unterlagen.			



Messquerschnitt 4  
M. 1:250

281.40  
Ebene E3  
Kranbahnflur

271.90  
Ebene E1  
Maschinenhausflur



Messquerschnitt 5  
M. 1:250