Inhalt

1 Übergeordnete Hinweise 9

2 Gegenstand der Ausschreibung 9
2.1 Veranlassung 9
2.2 Streckenabdichtungen 10
2.3 Beschreibung Demonstrationsbauwerk 12
2.4 Untersuchungsziele Demonstrationsbauwerk 15
2.5 Zu berücksichtigende Gesetze und Verordnungen 16

3 Beschreibung der Leistungen des AN 17
3.1 Vorbemerkung 17
3.2 Aufgabenstellung für den AN 17
3.3 Umfang der Projektleistungen 18
3.4 Umfang der Planungsleistungen 20
3.5 Bereitstellung Grubenbereiche eines Bergwerks / Infrastruktur / Personal 24

4 Beschreibung der Leistungen des AG 25

5 Anforderungen Standort/Bergwerk zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks und Durchführung der notwendigen Untersuchungen 25

6 Markscheiderische Begleitung 27

7 Standorterkundung 28
7.1 Allgemeines 28
7.2 Bergbauliche Situation 28
7.3 Geologie 28
7.4 Geotechnische Standortcharakterisierung 29
7.4.1 Permeabilitätsmessungen in Bohrungen 31
7.4.2 Oberflächenpermeabilitätsmessungen in der Streckenkontur 33
7.4.3 Rauigkeitsmessungen 34
7.4.4 Hydrofracmessungen 34
7.4.5 Konvergenzmessung 35

8 Vorbereitende Maßnahmen zur Errichtung des Demonstrationsbauwerkes 35
8.1 Geometrie der Strecke zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks 35
8.1.1 Bestehende Strecke 36
8.1.2 Neuauffahrung der Strecke 36
8.2 Vorbereitende Arbeiten zur Herrichtung der Strecke für das Demonstrationsbauwerk 37
8.3 Vorbereitende Arbeiten zur Errichtung der Begleitstrecke 39
8.4 Baustoffproduktion/-anlage 40

9 Bauwerkserrichtung 42
9.1 Allgemeines 42
9.2 Herstellen der Druckkammer 43
9.3 Herstellen der Kontrollkammer 45
9.4 Herstellung der Schalwände und des Widerlagers 47
9.5 Herstellung des Streckenabdichtungssegmentes 48

9.6 Druckregelanlage (DRA) 49
9.6.1 Verfahren Druckbeaufschlagung 50
9.6.2 Funktionelle Beschreibung und Anforderungen zu den DRA Komponenten 51
9.6.3 Apparative Komponenten 51
9.6.4 Mess- und Regeltechnik 52
9.6.5 Messwerterfassung 53
9.7 Bohrungen 53

10 Geplante Baustoffe 54

11 Untersuchungs- und Messprogramm 57
11.1 Allgemeines 57
11.2 Vorversuche 59
11.3 Geotechnische Messungen 59
11.3.1 Temperatur 59
11.3.2 Spannung 60
11.3.3 Verformung 60
11.3.4 Feuchte 61
11.3.5 Hydraulischer Druck 61
11.3.6 Verschiebungsmessungen am Widerlager 61
11.3.7 Klimasensor (luftseitig) 61
11.3.8 Messdatenerfassung 62
11.4 Geophysikalische Messungen 63
11.4.1 Allgemeines 63
11.4.2 Georadarmessungen 63
11.4.3 Stationäre Ultraschall- und mikroakustische Messungen 63
11.5 Baubegleitende (Baustoffuntersuchungen) 66
11.6 Druckbeaufschlagung zur Ermittlung der integralen Permeabilität des Demonstrationsbauwerkes 67
11.6.1 Dichtigkeitstests 68
11.6.2 Pneumatischer Vortest 68
11.6.3 Haupttest (Versuchsdauer Druckbeaufschlagung) 68
11.6.4 Abbruchkriterien 71
11.7 Nacherkundung 72
11.7.1 Randbedingungen und Annahmen 73
11.7.2 Nacherkundungsprogramm 74
11.7.3 Nacherkundungen in Bohrungen 74
11.7.4 Nacherkundung für Untersuchungen an Probematerial aus Bohrungen 75
11.7.5 Permeabilitätsuntersuchungen in Verfüll- und Entlüftungsbohrungen 77

12 Organisatorische Festlegungen 78
12.1 Allgemeines 78
12.2 Besprechungen 79
12.3 Befahrungen 79

13 Qualitätssichernde Maßnahmen 80
13.1 Allgemeines / Begriffsdefinitionen 80
13.2 Überwachungen 80
13.3 Qualitätssicherungsplan 81

14 Abschlussdokumentation 82
14.1 Dokumentation Untersuchungs- und Messprogramm 84
14.2 QS-Dokumentation 85

14.3 Baudokumentation 85
14.4 3D-Modell 86
14.5 Abschlussbericht 88

15 Rahmenterminplan 88

16 Abnahme 90

17 Literatur / Verwendete Unterlagen 91

Anhang 1 Vorgaben und Randbedingungen für das ERA Morsleben 93

Anhang 2 Übersicht der vom AN zu erstellenden Konzepte (bei Angebotsabgabe) 105

Anhang 3 Spezifikationen Magnesiumoxid 106

Anhang 4 Spezifikationen Barytmehl N 108

Anhang 5 Spezifikationen Salz 109

Anhang 6 Spezifikationen $MgCl_2$-Lösung 113

Anhang 7 Gefordertes Untersuchungsprogramm zur Qualitätsüberwachung der Ausgangskomponenten (AK) und des Trockenbaustoffes (TB) 114

Anhang 8 Spezifikationen Frischbeton (Stand August 2021) 115

Anhang 9 Bestimmung der Reaktivität von Magnesiumoxid mit Zitronensäure- 116

Anhang 10 Tabellarische Zusammenstellung der qualitätssichernden Vorgaben und Kontroll-/Prüfmaßnahmen für die einzelnen Gewerke 118

Anhang 11 Leistungsverzeichnis 135

Blattzahl dieser Unterlage ohne Anlagen: 190

Verzeichnis der Anlagen **jeweilige Blattzahl der Anlage**

Anlage 1 Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) (2016): In situ-Versuch "Abdichtbauwerk im Steinsalz" - Schlussbericht; KZL: 9M/32344026/BE/RB/0005/00 (Stand: 31.05.2016) 65

Anlage 2 Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) (2013): In situ-Versuch "Abdichtbauwerk im Steinsalz" - Qualitätssicherungsplan; KZL: 9M/32344026/BE/RB/0001/00(Stand: 15.03.2013) 46

Blattzahl dieser Unterlage mit Anlagen: 301

Verzeichnis der Tabellen **Blatt**

Tabelle 1: Rezeptur Magnesiabaustoff MO 1 (Stand: 04/2022) 55

Tabelle 2: Versuchsdaten hydraulischer Haupttest (In situ-Versuch „Abdichtbauwerk im Steinsalz“, Anlage 1)..... 69

Tabelle 3: Zusammenstellung der vom AG geplanten Untersuchungen an Kernmaterial aus dem Baukörper und der Kontaktzone..... 76

Tabelle 4: Übersicht der Lokationen für die Streckenabdichtungen im ERA Morsleben..... 94

Tabelle 5: Konturabstände mit Permeabilitäten ≤ 1,0E-^{18} m² und ermittelte minimale Hauptspannung an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz in Bartensleben 96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung geplante Streckenabdichtungen im ERA Morsleben 10

Abbildung 2: Schematische Darstellungen hydraulischer Widerstände einer Streckenabdichtung (oben) und einer Streckenabdichtung bestehend aus mehreren Segmenten (unten)..... 12

Abbildung 3: Prinzipskizze Demonstrationsbauwerk mit Begleit- und Grundstrecke (Draufsicht)..... 13

Abbildung 4: Prinzipskizze Demonstrationsbauwerk (Profil) 14

Abbildung 5: Prinzipskizze Messbohrungen (für Permeabilitäts- und Hydrofracmessungen)..... 30

Abbildung 6: Prinzipskizze der Permeabilitätsmessungen in Bohrungen mit Messpackerbereichen (MP, unten) und Kontur durch Oberflächenpermeabilitätsmessungen (OFP, oben) 32

Abbildung 7: Prinzipskizzen zulässiger und nicht zulässiger Firstverlauf beim Nachschnitt..... 37

Abbildung 8: Ausbildung eines Fließkanals in der Firste nach Einsatz des Polierkopfes 38

Abbildung 9: Lagedarstellung Begleitstrecke/Bauwerk (aus: /1/) 39

Abbildung 10: Bauzustände bei Errichtung einer Druckkammer (aus: Anlage 1) 45

Abbildung 11: Prinzipskizze Kontrollkammer (vergleichbares Projekt)..... 46

Abbildung 12: Konzeptuelle Darstellung der Betonage des Streckenabdichtungssegments..... 49

Abbildung 13: Schalwand..... 56

Abbildung 14: Auswertung Hydraulischer Haupttest („in situ-Versuch Abdichtbauwerk im Steinsalz“, Anlage 1)..... 70

Abbildung 15: Kreisdiagramm Konturabstände mit Permeabilitäten ≤ 1,0E-18 m² an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz in Bartensleben 97

Abbildung 16: Ermittelte Konvergenzraten an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz im ERA Morsleben 97

Abkürzungen und Definitionen

AG	Auftraggeber (hier BGE)
ALZ	Auflockerungszone
AN	Auftragnehmer
AtG	Atomgesetz
BmEw	Bauwerk mit Einschlusswirkung
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BE	Baustelleneinrichtung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DRA	Druckregelanlage
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
EndlSiAnfV	Endlagersicherheitsverordnung
ERA Morsleben	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
MA	Mitarbeiter
MgO-Massenbeton	Magnesiabaustoff-Massenbaustoff
NBZ	nachschnittbedingte geschädigte Zone
QS	Qualitätssicherung
SF	Spezialfirma für die geotechnische Instrumentierung
TSM	Teilschnittmaschine

1 Übergeordnete Hinweise

Im Folgenden wird der Bieter aus Vereinfachungsgründen bereits beim Teilnahmewettbewerb und vor Submissionsergebnis Auftragnehmer "AN" genannt und der Auftraggeber "AG". Die in dieser Ausschreibung gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf weibliche, männliche und diverse Personen. ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechterspezifische Schreibweise sowie auf eine Mehrfachbezeichnung verzichtet.

Sofern der AN in dieser Ausschreibung Unstimmigkeiten feststellt bzw. Änderungen oder Ergänzungen für erforderlich hält, hat er diese dem AG vor Angebotsabgabe unverzüglich mitzuteilen. Ist der AN der Auffassung, Beschreibungen der Leistung und Konstruktion entsprechen nicht den anerkannten Regeln der Technik, ist er verpflichtet, den AG schriftlich vor Abgabe des Angebots darauf hinzuweisen.

2 Gegenstand der Ausschreibung

Gegenstand dieser Ausschreibung ist die Planung der großmaßstäblichen Herstellung eines Demonstrationsbauwerkes aus Magnesiabaustoff als Massenbeton im Steinsalzgebirge mit anschließender Bau- und Untersuchungsausführung in einem Bergwerk außerhalb des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (nachfolgend: ERA Morsleben). Die Bereitstellung eines geeigneten Standortes im Steinsalz durch den AN inkl. der dazugehörigen Infrastruktur und Personals ist Grundvoraussetzung für die Leistungserbringung.

2.1 Veranlassung

Die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz hat die Wahrnehmung der Aufgaben des Bundes nach § 9a, Absatz 3, Satz 1 des Atomgesetzes (AtG) zur Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle auf die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) übertragen. In dieser Funktion ist die BGE Auftraggeber für vorbereitende Arbeiten zur Erlangung des Planfeststellungsbeschlusses für die Stilllegung des ERA Morsleben.

Für das zurzeit sich im Offenhaltungsbetrieb befindliche ERA Morsleben ist die atomrechtliche Stilllegung beantragt worden. Das Sicherheitskonzept für die Gewährleistung der Erreichung der Schutzziele bei der Stilllegung des ERA Morsleben beschreibt verschiedene Maßnahmen zum langzeitsicheren Abschluss der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre. Dies sind neben Stützversatz, der Abdichtung von Bohrungen und den Schachtverschlüssen die Errichtung von Streckenabdichtungen.

Die Errichtung des Demonstrationsbauwerks dient dem Nachweis der bautechnischen Herstellbarkeit und der Ermittlung der erforderlichen Daten zur Bestimmung der Eigenschaften, die benötigt werden, um die Funktionalität von Streckenabdichtungen nach Stilllegung des ERA Morsleben für mögliche Belastungszustände belegen zu können. Anhand der Untersuchungsergebnisse sollen Prognosen für die Entwicklung der Bauwerkseigenschaften abgeleitet werden und wie sich diese bei zeitlich ändernden Randbedingungen und Belastungen entwickeln.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

2.2 Streckenabdichtungen

Der Bau der Streckenabdichtungen ermöglicht in Kombination mit der geologischen Barriere die Definition von Bereichen mit Einschlusswirkung (BmEw). Die Streckenabdichtungen müssen dazu einen hohen Strömungswiderstand aufweisen, um mögliche Fluidtransportprozesse im Grubengebäude gezielt zu begrenzen. Neben der Begrenzung der Fluidprozesse übernehmen die Komponenten aus Magnesiabaustoffen auch eine tragende Funktion.

Ein schematischer Überblick des Grubengebäudes und die geplanten Lokationen für die Streckenabdichtungen ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

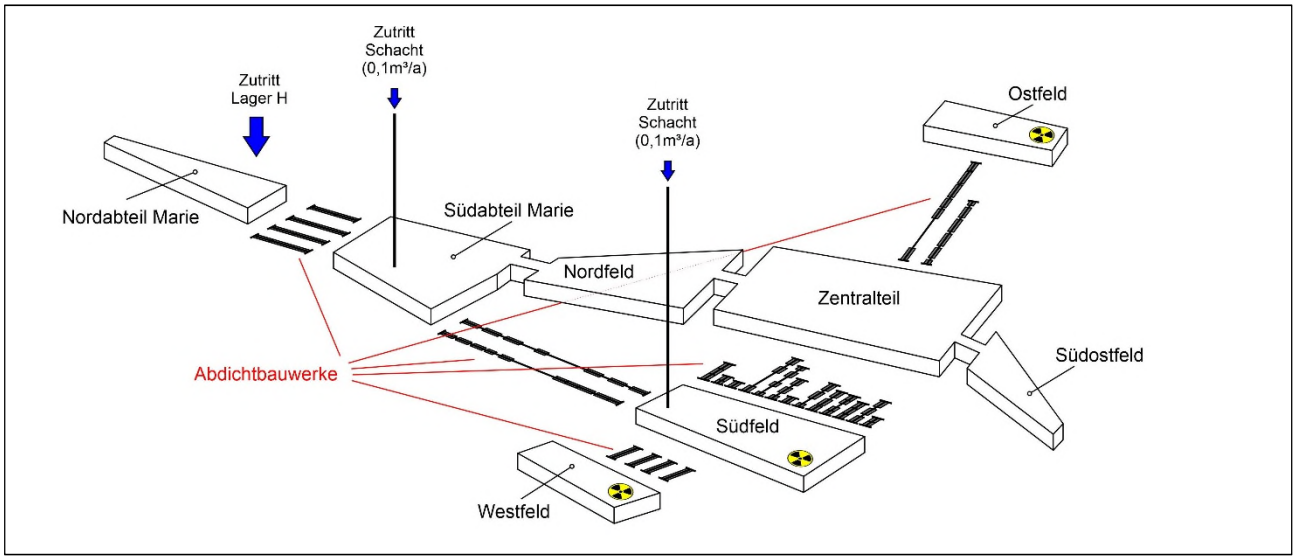


Abbildung 1: Schematische Darstellung geplante Streckenabdichtungen im ERA Morsleben

Zur Verbesserung der Prognosegüte für die Funktionalität der Streckenabdichtungen wurden basierend auf den vorhandenen Kenntnissen zu erwartende Lösungszusammensetzungen in den Bereichen der Streckenabdichtungen ermittelt. Die dort einsetzbaren Baustoffe für die Streckenabdichtungen im ERA Morsleben wurden hinsichtlich der Korrosionsstabilität eingegrenzt. Das für Streckenabdichtungen zu betrachtende Baustoffspektrum umfasst Magnesiabaustoffe sowie Bitumen, gegebenenfalls mit Gesteinskörnungen als Asphalt. Hinsichtlich Einbringtechnologien werden Magnesiabaustoffe als Massenbeton und Spritzbeton vorgesehen.

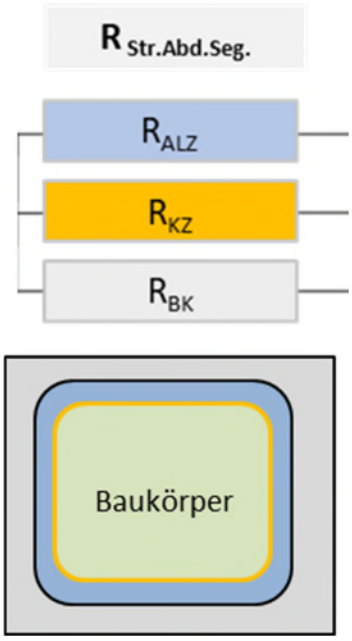
Es werden Abdichtbauwerke in unterschiedlichen Gesteinen der salinaren Abfolge (Steinsalz, Kalisalz und Anhydrit) errichtet. Die Bauwerke im Steinsalz aus Magnesiabaustoff als Massenbeton sind Gegenstand dieser Leistungsbeschreibung.

Die Sicherheitsbewertung für das ERA Morsleben basiert hinsichtlich der Abdichtungen nicht auf einer Vorab-Festlegung von Leistungsparametern der Streckenabdichtungen, sondern auf der Ermittlung der in der Sicherheitsbewertung verwendeten Parameter. Dabei werden auch die vorhandenen Ungewissheiten, die durch Modellierungen und insbesondere Untersuchungen in unterschiedlichen Maßstäben entstehen, in die Bewertung mit einbezogen.

Eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung der Eigenschaften der Abdichtungsmaßnahmen nach deren Herstellung und die daraus abgeleitete prognostische Bewertung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften über lange Zeiträume bildet die Errichtung von großmaßstäblichen Demonstrationsbauwerken. Hierauf bezieht sich diese Leistungsbeschreibung. Sie konzentriert sich auf die Planung, Errichtung und Ermittlung der Parameter von Streckenabdichtungen im Steinsalz im ERA Morsleben, die für die prognostischen Bewertungen der Bauwerke erforderlich sind.

Die im Rahmen des Projektes zur Errichtung eines Demonstrationsbauwerks im Steinsalz aus Magnesiabaustoff als Massenbeton ermittelten mechanischen und hydraulischen Eigenschaften der einzelnen System- und Funktionselemente einer Streckenabdichtung sowie deren mögliche Änderung, insbesondere unter Einwirkung von Gas und Lösung, bilden wesentliche Eingangswerte für die Durchführung der Langzeitsicherheitsanalysen für das ERA Morsleben. Zur Bewertung sind ergänzend rheologische Eigenschaften des Magnesiabaustoffs als Massenbeton, geochemische Eigenschaften des Baustoffs zu unterschiedlichen Zeiten und unter verschiedenen Einwirkungen sowie die thermische Entwicklung des Baustoffs und insbesondere die damit verbundenen thermomechanischen Auswirkungen zu berücksichtigen.

Der hydraulische Widerstand von Streckenabdichtungen im ERA Morsleben bestimmt sich aus der wirksamen Länge, dem Querschnitt und der querschnittsbezogenen, integralen Permeabilität der Streckenabdichtung bestehend aus mindestens einem bis zu zehn Streckenabdichtungssegmenten (vgl. Anhang 1). Bei mehreren Streckenabdichtungssegmenten einer Streckenabdichtung sind die hydraulischen Widerstände in Reihe geschaltet (s. Abbildung 2)

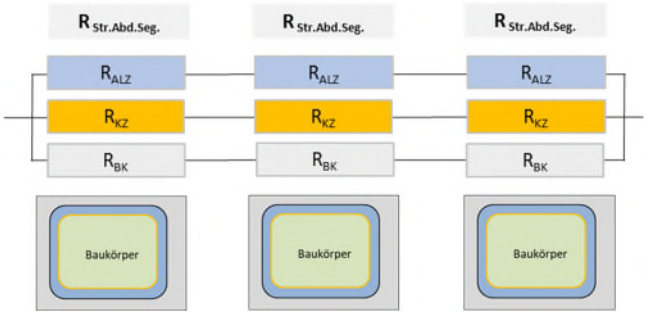


- Hydraulischer Widerstand eines Streckenabdichtungssegmentes („$R_{Str.Abd.Seg.}$“):
- Zur Abschätzung des hydraulischen Widerstandes eines Streckenabdichtungssegmentes, werden die hydraulischen Einzelwiderstände für den jeweiligen Baukörper, die Kontaktzone und Auflockerungszone berücksichtigt
- Der hydraulische Widerstand des Streckenabdichtungssegmentes wird, durch die parallel zu einander geschalteten hydraulischen Einzelwiderstände berechnet

  Die Einzelwiderstände werden als „$R_{Str.Abd.Seg.}$“ zusammengefasst:

$$\frac{1}{R_{Str.Abd.Seg.}} = \frac{1}{R_{BK}} + \frac{1}{R_{KZ}} + \frac{1}{R_{ALZ}} \quad [m^3]$$

$$R_{Str.Abd.Seg.} = \frac{R_{BK} * R_{KZ} * R_{ALZ}}{R_{KZ} * R_{ALZ} + R_{BK} * R_{ALZ} + R_{BK} * R_{KZ}} \quad [m^{-3}]$$



- Der hydraulische Gesamtwiderstand ($R_{Ges.Str.Abd.}$) einer Streckenabdichtung ergibt sich aus der Summe aller hydraulischen Widerstände der in Reihe geschalteten Streckenabdichtungssegmente
- Hydraulischer Gesamtwiderstand der Streckenabdichtung:

$$R_{Ges.Str.Abd.} = \sum R_{Str.Abd.Seg.}\ [m^{-3}]$$

Abbildung 2: Schematische Darstellungen hydraulischer Widerstände einer Streckenabdichtung (oben) und einer Streckenabdichtung bestehend aus mehreren Segmenten (unten)

Ein Streckenabdichtungssegment im Steinsalz umfasst den eigentlichen Baukörper, die Kontaktzone, die sich aus einer möglicherweise geschädigten Betonrandzone, der diffusen Grenzfläche zwischen Baukörper und Gebirge und der nachschnittbedingten Zone (NBZ) zusammensetzt, sowie einer möglichen Auflockerungszone (ALZ), die sich im Zeitraum nach Nachschnitt bis Betonage ausbildet.

Diese Streckenabdichtungssegmente werden stirnseitig durch Widerlager aus Magnesiabaustoff als Massenbeton begrenzt.

2.3 Beschreibung Demonstrationsbauwerk

Das Demonstrationsbauwerk im Steinsalz ist in einem Streckenstummel zu errichten. Der Aufbau orientiert sich an den geplanten Abdichtungsbauwerken im ERA Morsleben. Grundelemente dieser Bauwerke sind:

- Widerlager begrenzt durch zwei Schalungswände und
- das Abdichtungssegment, d.h. der eigentliche Abdichtkörper.

Die hinreichende Einspannung des Streckenabdichtungssegmentes beim Betoniervorgang und dem Aushärtungsprozess hat der AN durch die Errichtung eines lagestabilen Widerlagers mit einer Länge von mindestens 5 m zu gewährleisten.

Ergänzend zum Streckenstummel soll eine Begleitstrecke aufgefahren bzw. genutzt werden, die mindestens oberhalb des Firstniveaus des Demonstrationsbauwerks gelegen ist, um:

- bohr- und messtechnische Arbeiten durchzuführen,
- Erkundungsbohrungen im Rahmen der Nacherkundung zu teufen,
- eine Druckregelanlage inkl. der dafür erforderlichen technischen Geräte dafür aufzunehmen und

- eine geneigte Druckkammerbohrung (zum Demonstrationsbauwerk abfallend) zu erstellen, die die Druckregelanlage mit der Druckkammer des Demonstrationsbauwerks verbindet.

Zusätzlicher Bestandteil des Demonstrationsbauwerks ist eine Kontrollkammer[1]. Die Grundelemente des Demonstrationsbauwerks sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

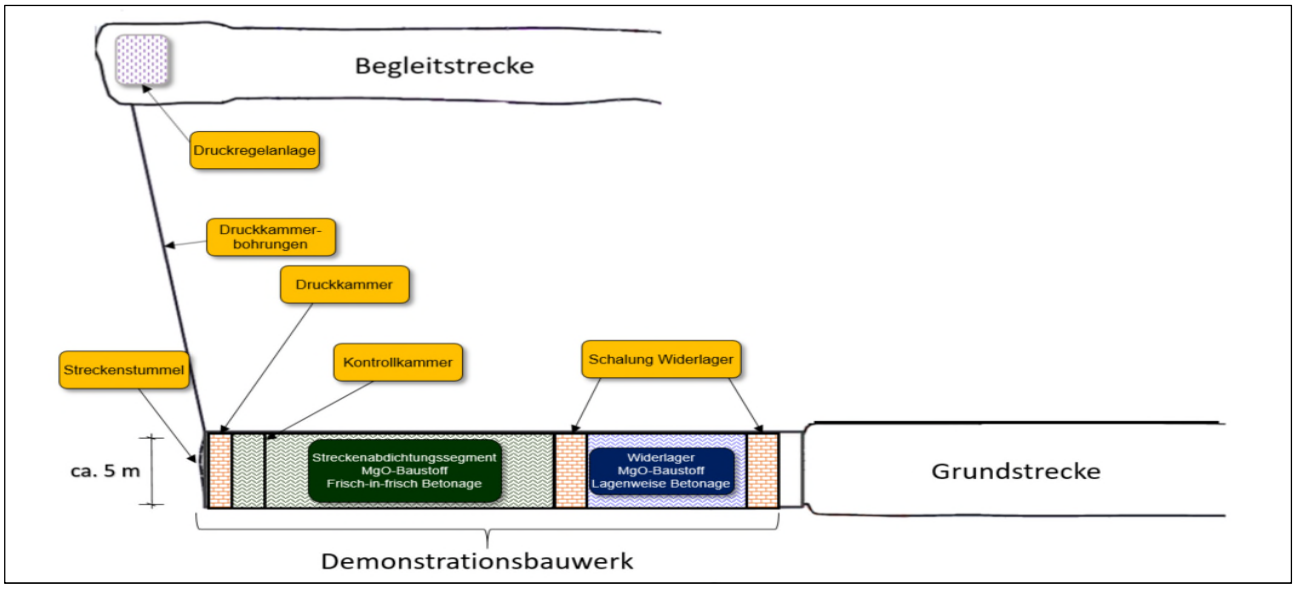


Abbildung 3: Prinzipskizze Demonstrationsbauwerk mit Begleit- und Grundstrecke (Draufsicht)

Die Infrastruktur zur Druckbeaufschlagung besteht aus einer Druckkammer und einer Kontrollkammer. Die Druckkammer ist verbunden mit einer Bohrung zur Aufnahme der Druck- und Entlüftungsleitung sowie der Begleitstrecke zur Vorhaltung der Infrastruktur , wo bevorzugt Vorlagebehälter für die Druckmedien, Pumpen sowie eine Mess- und Regeltechnikanlage installiert werden (s. Abbildung 3). Die Kontrollkammer soll mit einem Abstand von mind. ca. 2 m zur Druckkammer ausgebildet werden. Sie dient als zusätzliche Messstelle für die pneumatischen und hydraulischen Tests, um in den ersten Wochen nach Betonage die Lösungsfront zu erfassen. Über einen rechnerischen Nachweis ist vom AN zu prüfen, ob der Abstand der Kontrollkammer auf ca. 3 m vergrößert werden sollte, um ein „Überrollen“ der Porendruckgeber durch zu viel Lösung zu vermeiden. Informationen zur Form und zu den Dimensionen des Bauwerks sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.

[1]: Der Begriff „Kontrollkammer“ gilt bei der BGE als feststehend. Es handelt sich um einen umlaufenden Drainagering in der stirnseitigen Kontur, über den die Lösungsfront bei der Druckbeaufschlagung erfasst werden soll.

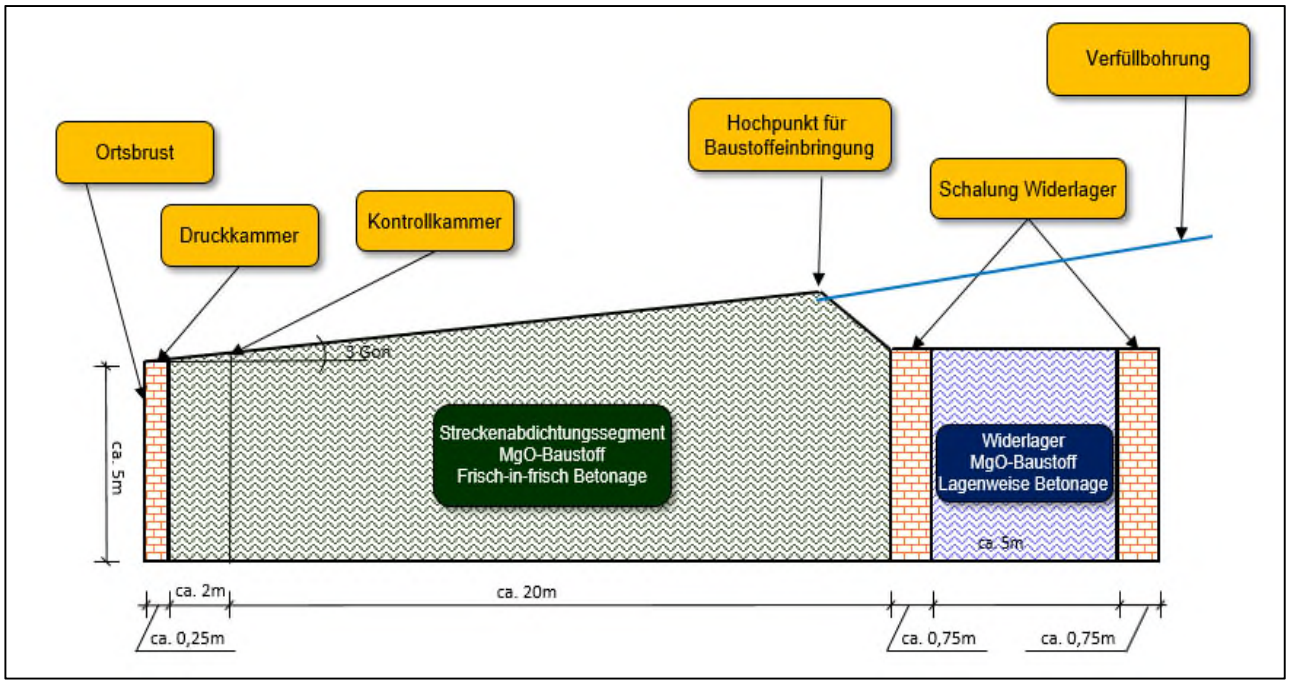


Abbildung 4: Prinzipskizze Demonstrationsbauwerk (Profil)

Gemäß der Abbildung 4 ist das Widerlager mindestens 5 m lang und die Schalungswände haben eine Dicke von ca. 0,75 m. Das gesamte Abdichtungssegment hat eine Länge von 22 m, wobei in einem Abstand von mindestens 2 m zur Druckkammer die Kontrollkammer zu installieren ist. Für die Druckkammer kann eine Höhe von 5 m und eine Dicke von 0,25 m angenommen werden. Die Druck- und Kontrollkammer dürfen die Einspannung des Abdichtungssegmentes nicht beeinflussen.

Als Richtwerte für die einzubringenden Baustoffvolumina sind für das Abdichtungssegment unter Berücksichtigung der o.g. Bauwerksgeometrie überschlägig 550 - 800 m³ anzusetzen und für das Widerlager ca. 100 - 150 m³.

Das Streckenabdichtungssegment und das Widerlager werden aus einem Magnesiabaustoff als Massenbeton hergestellt. Die Verfüllung erfolgt sohlengleich. Die Einbringung des Baustoffes erfolgt zuerst im Bereich des Widerlagers lagenweise zwischen den beiden Schalwänden. Danach erfolgt die Betonage im Bereich des Streckenabdichtungssegmentes frisch-in-frisch. Um ein möglichst hohlraumfreies Verfüllen des Abdichtungssegmentes und des Widerlagers zu gewährleisten, ist die Firste anzuschrägen.

Nach Errichtung des Demonstrationsbauwerks soll eine Druckbeaufschlagung über die stirnseitig am Ende des Demonstrationsbauwerks angeordnete Druckkammer erfolgen. Die Druckkammer ist dabei über eine Druckkammerbohrung druckdicht mit einer Druckregelanlage (DRA) verbunden. Aus der Druckkammer heraus erfolgt die Migration des Druckmediums über Auflockerungszone, Kontur, Baukörper und Steinsalz. Die integrale Permeabilität des Bauwerks für den Standort ist anhand der messtechnisch erfassten Reaktion des Gesamtsystems auf die Drucksignale abzuleiten. Hierzu sind die Randbedingungen (Geometrien, Volumenströme, Druckregime) bestmöglich zu erfassen.

2.4 Untersuchungsziele Demonstrationsbauwerk

Die Errichtung des Demonstrationsbauwerks dient dem Nachweis der bautechnischen Herstellbarkeit und der Ermittlung der erforderlichen Daten zur Bestimmung der Eigenschaften, die benötigt werden, um die Funktionalität von Streckenabdichtungen nach Stilllegung des ERA Morsleben für mögliche Belastungszustände belegen zu können. Unter Berücksichtigung der Untersuchungen am Demonstrationsbauwerk sind Prognosen für die Entwicklung der Eigenschaften bei sich über die Zeit ändernden Randbedingungen und Belastungen (verschiedene Bauzustände) abzuleiten.

Mit der Errichtung einer Druckkammer an der gebirgsseitigen Stirnseite des Abdichtungssegmentes, einer sich nach Fertigstellung des Bauwerks anschließenden Druckbeaufschlagung sowie einem begleitenden In-situ-Messprogramm und laborativen Nachuntersuchungen sind die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften des Abdichtungssegmentes aus Magnesiabaustoff als Massenbeton im Steinsalz nach Errichtung sowie deren mögliche Veränderung, insbesondere unter Einwirkung von Gas und Lösung, zu bestimmen.

Folgende übergeordnete Untersuchungsziele sollen mit der Bauwerkserrichtung und den Nachuntersuchungen verfolgt werden:

- Beleg für die bautechnische Herstellbarkeit von funktionstüchtigen Widerlagern und Abdichtungssegmenten aus Magnesiabaustoff als Massenbeton in Strecken im Steinsalzgebirge,

- die qualitätsgesicherte Baustoffherstellung, auch im Großmaßstab, unter Einhaltung der betontechnischen Anforderungen (Reproduzierbarkeit, Ermittlung von Bandbreiten),

- Untersuchung zum potentiellen Aufbau eines temporären Druckes in der Kontaktzone beim Abbinden des Baustoffs zur Unterstützung der Argumentation bzw. Beleg einer formschlüssigen Anbindung des Baustoffs an die Gebirgskontur,

- bauzustandsabhängige Bestimmung und Dokumentation der relevanten rheologischen, geochemischen, thermischen, mechanischen und hydraulischen Parameter zur Funktionalitätsbewertung der Streckenabdichtungselemente als Grundlage für die Langzeitsicherheitsbewertung,

- Bestimmung und Dokumentation der relevanten geochemischen, mechanischen und hydraulischen Parameter zur Funktionalitätsbewertung der Streckenabdichtungselemente als Grundlage für die Langzeitsicherheitsbewertung nach Druckbeaufschlagung mit Gas und Lösung,

- Erstellung, Anwendung, Überprüfung und Optimierung des geplanten QS-Programms für die Anwendbarkeit bei der Herstellung von Streckenabdichtungen aus Magnesiabaustoff als Massenbeton bei der Stilllegung des ERA Morsleben.

2020-10-26_PM_QMV02_ Textblatt A4 Hochformat_REV02

Nach Durchführung der Bauwerkserrichtung sowie der Vorlage und Bewertung der Ergebnisse der baugebegleitend und nachfolgend durchgeführten Untersuchungen in situ und im Labor hat der AN die gesamte Maßnahme in einem zusammenfassenden Ergebnisbericht zu dokumentieren. Mit diesem Bericht soll der Nachweis der technischen Herstellbarkeit erbracht werden, die Bewertung der relevanten mechanischen und hydraulischen Eigenschaften und der Funktionalität erfolgen sowie ein Qualitätssicherungsprogramm für die bei der Stilllegung zu errichtenden Streckenabdichtungen erstellt werden.

Auf Grundlage der zu erstellenden Planungsunterlagen zur Bauwerkserrichtung, der Bewertung der Ergebnisse der baubegleitend und nachfolgend durchgeführten messtechnischen Untersuchungen soll es dem AG möglich sein, darauf aufbauend eine prognostische Bewertung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften für die Langzeitsicherheitsanalyse für vergleichbare Abdichtungsbauwerke bzw. geotechnische Barrieren im ERA Morsleben vornehmen zu können.

Den Ergebnissen aus dem Demonstrationsbauwerk zur Bewertung der Eigenschaften nach Bauzustand und der Verwendung von Eingangsdaten für die prognostische Analyse nach Stilllegung unter verschiedenen Belastungszuständen kommt im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine besondere Bedeutung zu. Deswegen ist es sehr wichtig, dass sich der AN über Aspekte des Stilllegungskonzepts im Hinblick auf die Streckenabdichtungen und das Konzept zur Bewertung der Eigenschaften der Streckenabdichtungen nach Bauzustand und nach Stilllegung sowie den Standortbedingungen informiert. Die hierfür relevanten Informationen sind in Anhang 1 dieser Leistungsbeschreibung hinterlegt.

2.5 Zu berücksichtigende Gesetze und Verordnungen

Für die Planung und den Bau des Demonstrationsbauwerkes sind alle einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Regelungen in ihrer neusten Ausgabe zu beachten. Die spätere Anwendung / Übertragbarkeit für noch zu bauende Streckenabdichtungen im Rahmen der Stilllegung des ERA Morsleben (Sachsen-Anhalt) ist zwingend erforderlich.

Es wird hier insbesondere auf folgende Gesetze und Regelwerke (beispielhaft für Sachsen-Anhalt) hingewiesen:

- Bundesberggesetz (BBergG),
- Allgemeine Bundesbergverordnung (ABBergV),
- Gesundheitsschutzbergverordnung (GesBergV),
- Elektro-Bergverordnung (EVO),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- die Regelwerke DIN, VDMA, VDE, VDEW,

- die DGUV-Regeln und die gesetzlichen Regelungen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz,
- die Erlasse des Landesamtes für Geologie und Bergwesen, Sachsen-Anhalt (LAGB) und
- die Zulassungen nach § 4 GesBergV für allen eingesetzten Baustoffe und Materialien. Mögliche Ausnahmen bzgl. der Zulassungen sind mit dem LAGB als Sonderfall unter Beteiligung des AG vor Angebotsabgabe zu klären.

Die Einhaltung der gesetzlich und berufsgenossenschaftlich vorgeschriebenen Regelungen der Arbeitssicherheit (ABBergV, § 14 GefStoffV und TRGS 554 / 555) z. B. beim Bauablauf ist Voraussetzung für eine sichere und unfallfreie Gestaltung von Arbeitsplätzen vor Ort und für den gesundheitlichen Schutz der Mitarbeiter vor gesundheitlichen Schäden und vom AN entsprechend zu berücksichtigen und einzuhalten. Für die Bauausführung und die Prüf- und Messverfahren und deren Auswertung sind jeweils entsprechend qualifizierte, geschulte und unterwiesene Mitarbeiter einzusetzen (vgl. Kapitel 13).

3 Beschreibung der Leistungen des AN

3.1 Vorbemerkung

Im Rahmen der Errichtung der geotechnischen Barriere (Demonstrationsbauwerk) sind vom AN nachfolgend beschriebene Planungs-, Genehmigungs- und Ausführungsleistungen zu realisieren.

Darüber hinaus ist der Standort (Bergwerk) mitsamt der jeweils für die Projektphasen notwendigen Infrastruktur und Personal, welche für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und die Nacherkundung erforderlich sind (nach Vorlage der bergrechtlichen Genehmigung) zur Verfügung (Detaillierungen siehe Kap. 3.5) zu stellen.

Nach Abschluss des Untersuchungs- und Nacherkundungszeitraum ist der BGE für mindestens weitere 2 Jahre der Zugang zu dem Demonstrationsbauwerk zu gewähren, um ggf. weitere Untersuchungen infolge Gutachterforderungen durchzuführen.

3.2 Aufgabenstellung für den AN

Für das Demonstrationsbauwerk ist durch den AN unter Berücksichtigung des zur Verfügung gestellten Bergwerks eine **Entwurfsplanung** (u.a. Ausarbeitung und Dimensionierung der technischen Systeme, Erstellen eines Untersuchungs- und Messkonzeptes, Festlegungen zur Infrastruktur, detaillierte Beschreibungen der einzelnen Gewerke, Erstellen eines Bauzeitenplanes, Erstellen des Qualitätssicherungskonzept (Personelle Ressourcen, personelle Organisationsstruktur (Aufgaben, Verantwortung), Baustoffqualität und -quantität, Lagerung, Logistik, Baustoffverarbeitung, Messtechnik, Laboruntersuchungen, Maschinen- und Anlagentechnik, Streckenauffahrung und -geometrie, inkl. Bohrungen, Bindung von qualifizierter Laborkapazitäten etc.) zu erstellen. Das Qualitätssicherungskonzept ist im Verlauf der Genehmigungs- und Ausführungsplanung in einen detaillierten Qualitätssicherungsplan mit entsprechenden Arbeitsprogrammen, Prüfplänen und QS-Plänen und /

oder QS-Programmen für ergebnisrelevante Arbeitsschritte (z.B. Betonage, Baustoffmischanlage) zu überführen.

Danach hat der AN eine **Genehmigungsplanung** auf Grundlage der Entwurfsplanung zur Erlangung einer bergrechtlichen Genehmigung zu erarbeiten. Diese umfasst alle Unterlagen, die für den notwendigen Nachweis der Erfüllung der Genehmigungsvoraussetzung erforderlich sind. Der AN hat die Genehmigungsplanung beim zuständigen Bergamt einzureichen und die Genehmigung zu erwirken.

Abschließend hat der AN eine **Ausführungsplanung** für die Errichtung des Bauwerkes zu erstellen. Die Ausführungsplanung ist dem AG vorzulegen und diese mit ihm abzustimmen. Änderungswünsche des AG sind vom AN zu berücksichtigen.

Der Bauwerksentwurf wurde in Kap. 2.3 schematisch dargestellt. Der Bauwerksentwurf berücksichtigt Erfahrungen des AG´s durch Vorversuche, Forschungsergebnisse und den In situ-Versuch "Abdichtbauwerk im Steinsalz" - Schlussbericht; Anlage 1). Projektrelevante Berichtsteile (z,B. messtechnische Instrumentierung, QS-Programm) ist beigefügt. Die Untersuchungsziele sind in Kapitel 2.4 beschrieben, die mit der Bauwerkserrichtung und den Nachuntersuchungen verfolgt werden sollen.

Hinsichtlich des o.g. Schlussberichts zum In situ-Versuch „Abdichtbauwerk im Steinsalz“ ist anzumerken, dass dieser mehrfach als orientierender Vergleich genannt wird. Dabei ist vom AN zu beachten, dass es gegenüber dem zu errichtenden Demonstrationsbauwerk teilweise deutliche, fachliche Unterschiede (z.B. unterschiedlicher Baustoff (Sorelbeton/Magnesiabaustoff) oder der Bauausführung) gibt. Eine eins-zu-eins-Übertragung auf die Errichtung des Demonstrationsbauwerks im Steinsalz ist nicht möglich.

Die in dieser Leistungsbeschreibung aufgeführten Anforderungen und Vorgaben zu den einzelnen Gewerken des Bauwerkentwurfes haben sich bei den bisher durchgeführten Vorversuchen ausführungstechnisch und qualitativ bewährt. Sie sind für den AN bei der Planung des Bauwerkes zu berücksichtigen. In Abhängigkeit des gewählten Standortes kann bzw. hat der AN seine Planungen anpassen bzw. anzupassen, die funktionalen Eigenschaften des Bauwerks bzw. die Untersuchungsziele müssen erhalten bleiben. Die Erhaltung der zur Übertragbarkeit auf das ERA Morsleben erforderlichen Anforderungen und Randbedingungen sind dabei in jedem Fall zu berücksichtigen.

3.3 Umfang der Projektleistungen

- Gestellung eines Standortes für ein Demonstrationsbauwerk inklusive der zur vertragsgemäßen Erbringung aller Leistungen erforderlichen Infrastruktur (Bewetterung, Nutzung von Seilfahrten, Medienversorgung (Strom, Wasser, Luft), Nutzung der Sicherheits- und Sozialeinrichtungen etc.) und Personal in einem Bergwerk im Steinsalz (außerhalb des ERA Morsleben),

- Planungsleistungen inklusive der Planungsarbeiten für bergrechtliche Genehmigungen sowie deren Erwirkung (Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung, Ausführungsplanung),

- Bauleitung und Projektsteuerung,
- Geräte, Werkzeuge und Betriebsmittel, die zu einer vertragsgemäßen Erbringung aller Leistungen erforderlich sind, liefern, aufbauen, vorhalten und abbauen,
- markscheiderische Aufnahmen (photogrammetrisch, 3D-Scans) für die verschiedenen Projektphasen,
- bergbauliche, geologische und geotechnische Standorterkundungsarbeiten,
- Vorbereitende Baumaßnahmen zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks, u. a. mit Auffahrung des Standortes oder in Abhängigkeit der Standortgegebenheiten Nachschnittarbeiten an einem bestehenden Streckenbereich,
- Herstellung der anforderungsgemäßen Streckenprofilierung und Konturbeschaffenheit,
- Herrichtung des Standortes für die Betonagearbeiten,
- Bereitstellung/Auffahrung einer Begleitstrecke,
- Errichtung einer Druckkammer,
- Errichtung einer Kontrollkammer,
- Bautechnische Herstellung des Widerlagers und des Abdichtungssegments aus dem gleichen Sohlenniveau unter Einhaltung der betontechnischen Anforderungen inklusive Baustoffherstellung und -einsatz in Großmengen,
- Herstellung von Untersuchungs- und Messbohrungen,
- Ermittlung der Eigenschaften des Bauwerks mit Blick auf die integrale Querschnittspermeabilität nach Bauzustand (Funktionalität) und nach Druckbeaufschlagung durch ein Untersuchungs- und Messprogramm, u. a. mit:
    - geotechnischen und geophysikalischen Messungen während und nach Bauwerkerstellung (Temperatur, Spannungen, Verformungen, Dehnungen, Lagestabiliät, mikroakustische Rissortung, aktive Ultraschallmessungen),
    - Nachuntersuchungen nach Errichtung des Demonstrationsbauwerks (geochemische, mechanische und hydraulische Untersuchungen an Bohrkernmaterial, Dünnschliffen an Bohrkernen, Permeabilitäts- und Ultraschallmessungen sowie Videoendoskopie in Bohrungen),

- Ermittlung der hydraulischen Eigenschaften der verschlossenen Verfüll- und Entlüftungsbohrungen zur Ermittlung der integralen Querschnittspermeabilität, d.h. die gemittelte Permeabilität des Systems Abdichtungskörper - Kontaktzone -Auflockerungszone - angrenzendes Gebirge (Funktionalität) durch ein Nachuntersuchungsprogramm nach Errichtung des Demonstrationsbauwerks an den Bohrungen. Im Labor werden durch den AG an Probematerial aus den Bohrungen hydraulische Eigenschaften bestimmt.

- Erstellung, Überprüfung und Optimierung eines QS-Programms für die Herstellung des Streckenabdichtbauwerks inkl. Anwendung bei der Bauausführung, der Standorterkundung, Instrumentierung und Nacherkundung,

- Abschlussdokumentation, inkl. Darstellung der Ergebnisse mit Bezug auf die Untersuchungsziele (s. Kapitel 14), Interpretation und Dokumentation der Ergebnisse, Bereitstellung des Datenmaterials,

- Erstellung eines 3D-Modells (vgl. Kapitel 14.4) mit allen wesentlichen Elementen und Komponenten des Demonstrationsbauwerks, inkl. Implementierung der Ergebnisse aus der Standorterkundung und den Untersuchungen am und im Demonstrationsbauwerk,

- Weitere (Vorhaltung) Bereitstellung des Standortes nach Abschlussdokumentation über den Zeitraum von 2 Jahren zur Beantwortung von Rückfragen und Regelungen mit der Genehmigungsbehörde,

- Darstellung der Ergebnisse vor dem AG und der Genehmigungsbehörde für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERA Morsleben.

Ein Rückbau des Demonstrationsbauwerks ist seitens des AG nicht geplant. Der Versuch wird nach Versuchsende abgeworfen. Jegliche Weiternutzung des Versuchs und dessen Ergebnisse durch den AN oder Dritte bedarf der Zustimmung des AG.

Seitens des AG ist nicht geplant, etwaige bei Bau des Demonstrationsbauwerks verwendete Technik (Messsensoren, Baustoffanlage usw.) zu erwerben. Die vom AN verwendete Technik soll in seinem Eigentum verbleiben.

Die Verantwortlichkeit für die sach-, fach-, termin- und qualitätsgesicherte Durchführung der in dieser Leistungsbeschreibung beschriebenen Leistungen liegt allein beim AN.

3.4 Umfang der Planungsleistungen

Die technische Bearbeitung und Planung umfasst:

- das Aufstellen sämtlicher für die Bauausführung und das Bauwerk erforderlichen statischen Berechnungen,

- das Erstellen aller konstruktiven Bearbeitungen und Ausführungszeichnungen (Detailpläne, usw.) einschließlich der Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter,

- das Erstellen von Bauphasenplänen in Grundriss, Querschnitt und Längsschnitt, mit Darstellung der Messquerschnitte und angrenzenden Einbauten und

Bei den Planungsleistungen sind die standortspezifischen Randbedingungen des vom AN ausgewählten Bergwerks ggf. zu berücksichtigen.

Von dem AN ist eine Bearbeitungstiefe zu wählen, die gewährleistet, dass Unterlagen erstellt werden, die vollständig, in sich schlüssig, die nachvollziehbar sind (z. B. durch Beschreibung der Mess- und Auswertemethoden, durch Zitieren relevanter Literatur, Beifügen von Messprotokollen, Dokumentation der verwendeten Daten), die eine lückenlose Dokumentation umfassen, die eine fehler- und widerspruchsfreie Gesamtinterpretation der Untersuchungsergebnisse beinhalten.

Ziel ist es, die Grundlage für die Planungen der Streckenabdichtungen aus Magnesiabaustoff als Massenbeton, inkl. der lokationsspezifischen Bewertungen der Eigenschaften nach Bauzustand und nach Stilllegung unter Lösungs- und Gaseinwirkung für die Erstellung der genehmigungsfähigen Verfahrens- und Genehmigungsunterlagen zu schaffen.

Der AN hat bei der Erstellung der Entwurfsunterlagen zu gewährleisten, dass seine Arbeiten keine Fehler enthalten, die den Wert oder die Tauglichkeit hinsichtlich der vertraglich vereinbarten Zielsetzung aufheben oder mindern. Im Einzelnen sind die Dimensionierungen bzw. Ausarbeitungen der Systeme, technischen Anlagen, Komponenten, Geräte und bergbaulichen Maßnahmen etc. so zu wählen, dass der AG diese als Grundlagen zur Erstellung von Verfahrensunterlagen im Planfeststellungsverfahren nutzen kann.

Durch die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes wird dargestellt, dass die Herstellung und Errichtung der Streckenabdichtung entsprechend ihrer Spezifikationen in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert möglich sind. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Die Herstellung, die Errichtung und die Funktion der Barrieren müssen erfolgreich erprobt sein (§ 5 der Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung – EndlSiAnfV, /5/))

Für die Planung und die Ausführung des Demonstrationsbauwerkes sind alle einschlägigen Gesetze und Regelwerke in ihrer neuesten Ausgabe zu beachten.

Im Rahmen der Entwurfsplanung hat der AN basierend auf der vorliegenden Leistungsbeschreibung ein realisierbares Planungskonzept zu erarbeiten. Die gegenüber der Konzeptplanung (bei Angebotsabgabe durch den Bieter erstellt) präzisierten, tiefergehenden Ergebnisse der Entwurfsplanung (z. B. Dimensionierung bzw. Ausarbeitung der technischen Systeme, Festlegungen zur Infrastruktur und detaillierte Beschreibungen der baulichen Prozesse) sind in Berichtsform zu dokumentieren.

Die Entwurfsplanung muss alle benötigten bergrechtlichen Genehmigungsvoraussetzungen erfüllen. Die Entwurfsplanung ist vor deren Einreichung zur Genehmigung vom AG zu prüfen und freizugeben. Auf Basis der Entwurfsplanung ist die Genehmigungsplanung zu erstellen.

Die Entwurfsplanung beinhaltet insbesondere folgende Leistungen:

- Festlegungen zur technischen Infrastruktur (Bewetterung, Medienversorgung etc.), s. Kap. 3.5,
- Festlegungen zur bau- und materiallogistischen Infrastruktur (Transportkapazitäten, erforderliche Maschinentechnik, Bereitstellung Baustoffversorgung am Betriebspunkt, Bereitstellung sonstiger Materialien etc.), s. Kap. 4,
- Ausarbeitung des Bauwerksentwurfs und Dimensionierung des Bauwerks, s. Kap. 3.4,
- Statische Berechnungen bzw. Nachweise für das das Widerlager und Schalwände, s. Kap. 9.2 und 9.4,
- Erarbeitung eines Untersuchungs- und Messkonzeptes zur Ermittlung und Erreichung der unter Kapitel 2.4 genannten Untersuchungsziele,
- Auslegung und Konzeption aller erforderlichen technischen (Mess-)Systeme, s. Kap. 3.4, 9.6 und 11,
- Konstruktive Bearbeitung und Erstellung aller erforderlichen Zeichnungen (Grundriss, Querschnitt und Längsschnitt, mit Darstellung der Messquerschnitte und angrenzen den Einbauten, Detailpläne etc.), s. Kap. 3.4,
- Erstellen aller konstruktiven Bearbeitungen und Zeichnungen (u.a. Detailpläne) inklusive der Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter, s. Kap. 3.4,
- Aufstellen sämtlicher für die Bauausführung und das Bauwerk erforderlichen statischen Berechnungen, s. Kap. 3.4, 9.2 und 9.4,
- Detaillierte Beschreibungen der baulichen Prozesse, s. Kap. 3.4,
- Erstellung eines Bauzeitenplanes,
- Aufstellung eines Qualitätssicherungsprogramms für die Gesamtmaßnahme, s. Kap. 13,
- Auslegung und Dimensionierung der Druckregelanlage, s. Kap. 9.6,
- Auslegung und Dimensionierung der Baustoffanlage inkl. Rohrleitungssysteme, s. Kap. 8.4,
- Erstellung eines Prüfkonzeptes für den Probebetrieb der Baustoffanlage, s. Kap. 8.4 und 10,

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

- Erstellung eines Prüfkonzeptes für die Erstprüfung des Baustoffs unter Baustellenbedingungen, s. Kap. 8.4 und 10,
- Erstellung eines Logistikkonzeptes für die Baustofflieferung, s. Kap. 8.4,
- Erstellung eines Messkonzeptes für die Standorterkundung, s. Kap. 7.4
- Erstellung eines Messkonzeptes für die geotechnische Instrumentierung, s. Kap. 11.3,
- Erstellung Messkonzept für die geophysikalische Instrumentierung, s. Kap. 11.4,
- Erstellung Konzept für Bohrungen zur Baustoffeinbringung, s. Kap. 10,
- Erstellung Konzept für Bohrungen zur Nachuntersuchungen, s. Kap. 11.7.2
- Erstellung Konzept für Baustoffprüfungen (bei Probebetrieb und Herstellung), s. Kap. 11.5.

Es ist seitens des AG nicht auszuschließen, dass sich in der Nachuntersuchungsphase wegen Defiziten bei den Mess- und Untersuchungsergebnissen weitere, zerstörende (Bohrungen) und zerstörungsfreie Untersuchungen (Seismik, Ultraschall) durchgeführt werden müssen. Diese können entsprechend erst zu einem späteren Zeitpunkt der Planungen berücksichtigt werden.

Dritte müssen in die Lage versetzt werden können, nach den angegebenen Spezifikationen passende Geräte / Maschinen etc. auszuwählen, anzupassen, zu fertigen und / oder zu entwickeln. Wenn bei der Nachweisführung – insbesondere für vorprüfpflichtige Systeme – die Notwendigkeit besteht, konstruktive Details (z. B. Material, Stücklisten, Schweißplan) festzulegen, dann hat die Entwurfsplanung dementsprechende Fertigungsunterlagen dieser konstruktiven Details vorzulegen.

Der AN hat eine **Genehmigungsplanung** zur Erlangung einer bergrechtlichen Genehmigung zu erarbeiten. Das Einreichen der Genehmigungsanträge und das Erwirken der bergrechtlichen Genehmigung bei der zuständigen Bergbehörde erfolgt durch den AN.

Die genehmigte Genehmigungsplanung dient als Grundlage für die vom AN zu erstellende Ausführungsplanung. Die Ausführungsplanung beinhaltet das Erarbeiten von allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben (zeichnerisch und textlich) auf der Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsreifen Lösung.

Dies beinhaltet auch alle Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen nach Art und Größe des Demonstrationsbauwerks im erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen. Die Ausführungsplanung ist bei der Bauausführung auf Grundlage der gewerkeorientierten Bearbeitung inkl. der technischen Einrichtungen fortzuschreiben.

Die hier ausgeschriebenen Planungsphasen sind nicht mit den Inhalten der Leistungsphasen gemäß der Honorarordnung für die Architekten und Ingenieure (HOAI) vergleichbar – die Leistungsphasen der HOAI kommen nicht zur Anwendung.

Der AN gewährleistet, dass seine Arbeiten keine Fehler enthalten, die den Wert oder die Tauglichkeit hinsichtlich der vertraglich vereinbarten Zielsetzung aufheben oder mindern.

3.5 Bereitstellung Grubenbereiche eines Bergwerks / Infrastruktur / Personal

Für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und die Nachuntersuchungen stellt der AN den Grubenbereich eines Bergwerkes im Steinsalz zur Verfügung, welches die in Kapitel 4 genannten Anforderungen erfüllt. Die Bereitstellung beinhaltet auch die Begleitstrecke und alle zur Bauwerkserrichtung und Versuchsdurchführung erforderlichen Material- und Lagerflächen. Neben dem eigentlichen Grubenbereich für die Errichtung des Demonstrationsbauwerks beinhaltet die Bereitstellung weiterhin:

- Stellen, Vorhalten und Betreiben der erforderlichen Lager- und Stellflächen für die zur Bauwerkserrichtung und Versuchsdurchführung erforderlichen Mess- und Prüftechnik und benötigter Materialien und Baustoffe im Bereich des Demonstrationswerks,
- Durchführung der erforderlichen untertägigen Personen- und Materialtransporte,
- Stellen, Vorhalten und Betreiben einer geeigneten Begleitstrecke inkl. Lager- und Stellflächen für erforderliche Mess- und Prüftechnik und benötigter Materialien und Baustoffe,
- Stellen, Vorhalten und Betreiben der technischen Infrastruktur (Bewetterung, Medienversorgung) für alle zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks erforderlichen Grubenbereiche inkl. der Begleitstrecke,
- Stellen, Vorhalten und Betreiben der jeweils erforderlichen bau- und materiallogistischen Infrastruktur (Transportkapazitäten, erforderliche Maschinentechnik), die zur vertragsgemäßen Erfüllung der Bauleistung erforderlich sind. Die erforderliche Maschinentechnik für die Auffahrung und den Nachschnitt ist vom AN so zu wählen, dass diese gebirgsschonend (Sprengen ist nicht zugelassen) erfolgt,
- Stellen und Vorhalten des jeweils erforderlichen Personals einschließlich Aufsichtspersonal und Absicherung von Seil- und Materialfahrten,
- Stellen, Vorhalten und Betreiben der zur vertragsgemäßen Erfüllung der Bauleistung erforderlichen Mess-, Prüf-, Labor- und Simulationstechnik etc. einschließlich des dafür benötigten fachkundigen und unterwiesenen Personal,
- Gewährleistung der Zugänglichkeit zum Demonstrationsbauwerk inkl. Begleitstrecke bei Bauwerkserrichtung und Durchführung der Nachuntersuchungen innerhalb der betriebsüblichen Arbeitszeiten,
- Gewährleistung eines kontinuierlichen 24/7-Betriebs (u.a. Baustofflogistik, Maschinentechnik und Personal) bei der Betonage des Abdichtungssegments,

- Aufrechterhaltung des Standortes nach Abschluss der Errichtung des Demonstrationsbauwerks und Nacherkundung über einen anschließenden Zeitraum von 2 Jahren für notwendige Langzeitmessungen (stationäre Messungen und Druckkammertest) inkl. Betriebsstoffen, Energieversorgung und Bewetterung des Standortes und

Vom AN ist dafür zu sorgen, dass bei der Bauausführung alle erforderlichen Transportkapazitäten zur Verfügung stehen. Dazu sind u. a. die verfügbaren Fahrzeuge, das benötigte Personal, die Förderkorbdimensionen und die benötigten Zeiten zu berücksichtigen.

Die Koordination von Gewerken, Betriebsabläufen, Infrastruktur und Genehmigungsprozessen obliegt dem AN und ist bei der Planung und Ausführung der Maßnahmen, als auch bei der Qualitätssicherung zu berücksichtigen.

4 Beschreibung der Leistungen des AG

Durch den AG werden bei diesem Auftrag folgende Leistungen erbracht:

- Bereitstellung der Rezeptur des zu verwendenden Magnesiabaustoffs,
- Bereitstellung des Messverfahrens für die Rauigkeitsmessungen,
- Bereitstellung von Lieferadressen (Messgeräte) und ausführenden Fachfirmen für die Rauigkeitsmessungen,
- Arbeitsanweisungen für Prüfverfahren bei der Betonage, sofern diese von den Prüfnormen abweichen,
- Bereitstellung von Inhaltsstruktur für monatlichen Statusbericht zu Ergebnisdarstellung des Projektablaufs und eines exemplarischen Statusberichtes,
- Bereitstellung der BGE-Formatvorlagen für Berichte und Stellungnahmen inkl. Kennzeichnung zur Nomenklatur und
- Abstimmung, Abnahme und Freigabe von Berichten und Stellungnahmen.

Die vorgenannten Leistungen des AGs sind kostenfrei.

5 Anforderungen Standort/Bergwerk zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks und Durchführung der notwendigen Untersuchungen

Der Standort des Demonstrationsbauwerks hat aus Gründen der Übertragbarkeit auf das ERA Morsleben und als Grundlage zur Bewertung seiner Funktionalität folgende Randbedingungen zu erfüllen:

- Das Bauwerk ist an einem Standort zu errichten, der sich vollständig im Steinsalzgebirge (mindestens 90% NaCl (Halit)) befindet.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

- Bei einer söhligen Lagerung sind Schichtwechsel nur zulässig, sofern diese zur **keiner** Beeinträchtigung der hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtung führen können.

- Ein Wechsel der geologischen Einheit innerhalb des Streckenabdichtungssegmentes ist nicht zulässig, da die Eigenschaften des Verbundsystems Steinsalzgebirge/Streckenabdichtungssegment sonst nicht verlässlich bewertet werden können. Falls die Eigenschaften der geologischen Einheiten auch bei einer Wechsellagerung im Bereich des Streckenabdichtungssegmentes konstant sind, besteht die Möglichkeit, dies dem AG nachzuweisen. Anschließend kann dieser Standort vom AG zugelassen werden.

- Der Standort ist im weitgehend unverritzten Gebirge zu wählen, d.h. der Spannungszustand des Gebirges, in dem sich der zur Errichtung des Bauwerks verwendete Streckenstummel befindet, darf nicht in einem erheblichen Maße durch Grubenräume in der Nähe beeinflusst sein (kein potenziell geschädigter Gebirgsbereich im Einwirkbereich des Demonstrationsbauwerks).

- Für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes ist ein Streckenstummel zu nutzen. Die mechanischen und hydraulischen Drücke (Expansionsdruck beim Abbinden des Baustoffs und Beaufschlagungsdruck in der Druckkammer) sind von der Ortsbrust aufzunehmen. Der Querschnitt bei einer bestehenden Strecke soll bei 25 - 40 m² liegen und ein Rechteckprofil mit harmonischen Konturübergängen zwischen Sohle, Stößen und Firste aufweisen (weitere Spezifikationen sind den Kapiteln 9 und 13 zu entnehmen).

- Die Nutzung einer Bestandsstrecke oder eine Neuauffahrung ist möglich, wobei einer Bestandstrecke zu bevorzugen ist. Im Fall der Neuauffahrung ist die damit verbundene höhere Konvergenzrate auf die Errichtung des Demonstrationsbauwerks zu berücksichtigen bzw. zu bewerten (siehe Anhang 1).

- Bei der Nutzung einer Bestandstrecke ist zu gewährleisten, dass sich im Bereich des Streckenabdichtungssegments keine Nischen oder Bohrungen befinden. Eine Parallelstrecke als Begleitstrecke muss in einem ausreichend großen Abstand vorhanden bzw. auffahrbar sein, damit keine hydraulischen Wegsamkeiten zwischen Streckenabdichtungssegment und Begleitstrecke existieren und Bohrungen zwischen diesen mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden können.

- Die Gebirgstemperatur am Standort muss im Bereich von 20 bis 27°C liegen.

- Die stationären Konvergenzraten einer bestehenden Strecke am Standort sollten wegen der Übertragbarkeit auf das ERA Morsleben 3 mm/a nicht überschreiten. Diese Wert ist bezogen auf eine bestehende Strecke in der Nähe des geplanten Standortes und durch Messungen zu zeigen. Sollten diese Vorgaben nicht gegeben sein oder keine Messungen vorliegen, ist dieser Sachverhalt im Rahmen der Angebotserstellung mit dem AG zu abzustimmen.

- Ausreichende Zugänglichkeit zur Umsetzung von allen vertraglichen Leistungen.

6 Markscheiderische Begleitung

Die Lokation des Demonstrationsbauwerkes und der Begleitstrecke sind vom AN hinsichtlich der Geometrie zu beschreiben und grafisch mit Hilfe entsprechender Zeichnungen (Grundriss, Längsschnitte, Profile) und mit entsprechenden markscheiderisch aufgenommenen Daten vermessungstechnisch zu unterlegen. Die Bauwerkserrichtung ist dabei fortlaufend markscheiderisch zu begleiten.

Auf Grundlage der markscheiderischen Begleitung bei der Errichtung des Demonstrationsbauwerks hat der AN ein 3D-Modell (vgl. Kapitel 14.4) zu erstellen, dass:

- alle wesentlichen Elemente und Komponenten des Demonstrationsbauwerks,
- Implementierung der Ergebnisse aus der Standorterkundung,
- die Untersuchungen am und im Demonstrationsbauwerk sowie
- die notwendigen Informationen zur Begleitstrecke und Infrastrukturbereichen/-versorgung

enthalten soll.

Im Bereich des Demonstrationsbauwerkes hat der AN vor dem Nachschneiden des Streckensaumes eine markscheiderische Aufnahme (photogrammetrisch und 3D-Laserscannermessung) durchzuführen. Dafür sind standortbezogen an markanten Stellen Quer- und Längsprofile zu bestimmen.

Die Vermessung dient als Grundlage für die Erstellung der zu erstellenden Planungsunterlagen (Entwurfs- bis Ausführungsplanung), zur Dokumentation des Ist-Zustandes vor dem Streckensaumnachschnitt und zur Dokumentation, in welchem Umfang die Auflockerungszone entfernt wird. Die entsprechenden Profile sind mittels CAD-Programm zu konstruieren.

Folgende Dinge hat der AN im Rahmen der Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und der Nachuntersuchungen markscheiderisch zu erfassen:

- Altbohrungen und Bohrungen zur Standorterkundung,
- Druckkammer und deren geotechnische Instrumentierung,
- Kontrollkammer und deren technische Instrumentierung,
- Schalwände und Widerlager,
- Begleitstrecke,
- Druckkammerbohrung(en),

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

- kabel- und geotechnische Bohrungen und
- messtechnische Instrumentierung.

7 Standorterkundung

7.1 Allgemeines

Die Beschreibung der bergbaulichen Situation, der Geometrie und der geologischen und geotechnischen Verhältnisse sind wesentliche Randbedingungen für die Bewertung der Eigenschaften des Demonstrationsbauwerks.

Sind dem AN weitere Standortdaten und Ergebnisse bisheriger Untersuchungen, über die im nachfolgenden genannten Erkundungsmaßnahmen hinaus bekannt, sollen diese in den Ergebnisbericht als Bestandteil der Abschlussdokumentation zur Standorterkundung einfließen.

7.2 Bergbauliche Situation

Ziel der Aufnahme der bergbaulichen Situation ist die Beschreibung und die eindeutige Zuordnung des Standortes des Demonstrationsbauwerks innerhalb des Bergwerks. Dazu gehören u.a. Aspekte wie:

- Auffahrungshistorie,
- Lage des Standortes (Sohle, Stationierung etc.),
- bergbauliche Anlagen (Wettertüren, Lutten o.ä.),
- bereits vorhandene Bohrungen (z.B. Erkundungsbohrungen),
- sonstige Besonderheiten, Auffälligkeiten und
- eine Einordnung des Standortes innerhalb des Bergwerkes durch Risswerk und Planunterlagen zu erfolgen.

7.3 Geologie

Der Standort ist vom AN mit seinen geologischen Einheiten, den Lagerungsverhältnissen und dem Trennflächeninventar zu beschreiben. Der AN hat eine umfangreiche geologische Standortbeschreibung vorzulegen, in welcher sämtliche Aufschlüsse- und Erkundungsdaten aufgeführt, grafisch dargestellt und beschrieben werden. Bei nicht eindeutiger, lückenhafter oder fehlender Datengrundlage hat der AN gegebenenfalls eine bereichsweise oder vollständige Neukartierung oder Nacherkundung vorzunehmen.

Folgende detaillierte Angaben zur petrografischen Ausprägung, zu der jeweils stratigrafischen Einordnung sowie über strukturgeologische Informationen sollen für jede Einheit vorliegen:

- Stratigrafische Einordnung in Anlehnung an den Symbolschlüssel Geologie - Herausgegeben vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) des Landes Niedersachsen,
- Lithologie/Petrografie (generelle Gesteinsansprache, Korngröße bzw. Kristallinität, Farbe, mineralogische Zusammensetzung, Informationen zu möglicher Lösungsführung) und
- Strukturgeologische Informationen (Schichtungseinfallen, Trennflächen, wie Risse und Klüfte und deren Einfallen) sowie entsprechende Auswertung und Darstellungen (Polpunktdiagramm der Schicht- und Trennflächen, Rosendiagramm der Schicht- und Trennflächen).

Hinweis: Für die geologische Charakterisierung kann ggf. gewonnenes Kernmaterial aus den Bohrungen der geotechnischen Standortcharakterisierung (Kapitel 7.4) genutzt werden

7.4 Geotechnische Standortcharakterisierung

Für die Funktionalität der Streckenabdichtungen ist es erforderlich, die existierende Auflockerungszone nachzuschneiden.

Die Untersuchungen zur geotechnischen Standortcharakterisierung dienen dem Ziel, die Eigenschaften des hohlraumnahen Gebirges zu charakterisieren. Dabei ist u.a. die Ausdehnung/Tiefe der konturnahen Auflockerungszone zu bestimmen, um die o.g. Nachschnitttiefe inkl. Sicherheitszuschlag bei der Erstellung der endgültigen Standortgeometrie festlegen zu können.

Hierfür sind am Standort durch den AN mindestens in einem repräsentativen Messquerschnitt Hydrofrac- und Permeabilitätsmessungen durchzuführen.

Die mindestens einzuhaltenden Vorgaben für jedes Messverfahren sind:

- vertikale Messbohrung(en) in die Firste und Sohle,
- 3 gon einfallende Messbohrung(en) in beide Streckenstöße,
- die Hydrofrac- und Permeabilitätsmessungen sind durch fachlich entsprechend qualifizierte Unternehmen auszuführen und auszuwerten und
- die Messbohrungen sind in Absprache mit den Unternehmen vom AN selbst in der für die durchzuführenden Messungen erforderlichen Qualität zu erstellen.

In der folgenden Abbildung 5 ist schematisch eine mögliche Anordnung der Messbohrungen für die Permeabilität und die mögliche Lage von mobilen Oberflächenpackern aus einem vergleichbaren Projekt dargestellt.

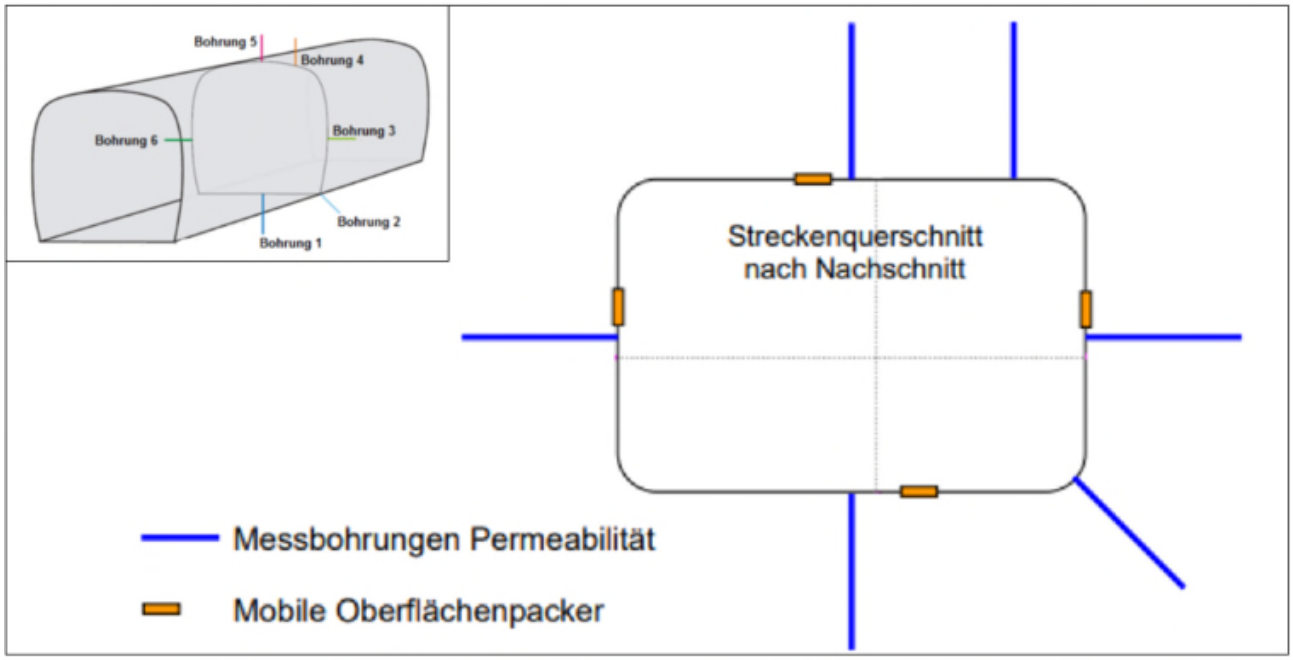


Abbildung 5: Prinzipskizze Messbohrungen (für Permeabilitäts- und Hydrofracmessungen)

Nach Fertigstellung der Bohrungen sind diese mit einer Kamera oder einem Videoendoskop (Bohrlochinspektion) zu befahren. Die Bohrlochinspektion ist in Bezug auf folgende Kriterien durchzuführen:

- Zustand der Bohrlochwand im Hinblick auf Ausbrüche, Feuchtigkeit und ggf. Zutrittsstellen von Lösung,
- Identifikation von Rissen, Klüften sowie ggf. deren Lage und Richtung,
- Geologische Besonderheiten hinsichtlich Schichtenwechsel und Einschlüssen und
- Identifikation von ggf. möglichen Auffüllungen in der Sohle.

Der AN hat Protokolle der Bohrlochinspektionen anzufertigen. Diese werden Bestandteil des Messergebnisberichtes (Kapitel 0). Die markscheiderische Einmessung der Bohrungen ist ebenfalls Teil der Dokumentation und durch den AN auszuführen.

Im Falle einer Neuauffahrung eines Streckenabschnitts als Standort für das geplante Demonstrationsbauwerk, haben die Permeabilitäts- und Hydrofracmessungen nach einem geeigneten Zeitraum nach Fertigstellung der Auffahrung des Streckenabschnitts stattzufinden.

Ab Erstellung der Bohrungen ist durch den AN die wettertechnische Situation (Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte) am Standort zu erfassen und zu dokumentieren, sodass die Messergebnisse bei der Interpretation der geotechnischen Standorterkundungsmaßnahmen berücksichtigt werden können. Der AN hat die Messfrequenz dem Informationsziel anzupassen.

Nach Beendigung der standorterkundenden Maßnahmen und Abnahme des Messergebnisberichtes durch den AG sind alle Mess- und Erkundungsbohrungen mit Magnesiabaustoff vollständig und dicht zu verfüllen. Die verschlossenen Bohrungen dürfen nicht hydraulisch wirksam bleiben und die Abdichtfunktion des Bauwerks mindern. Die anforderungsgerechte Verfüllung der Bohrungen ist zu dokumentieren. Verwendete Verfüllleitungen und Verfüllgestänge sind zu ziehen und dabei verbleibende Hohlräume sind ebenfalls mit Magnesiabaustoff dicht zu verfüllen.

7.4.1 Permeabilitätsmessungen in Bohrungen

Die Untersuchungen der Auflockerungszone mittels Bohrlochmessung in einer vorhandenen Strecke haben zum einen das Ziel, die Eigenschaften des an die Strecke anschließenden Gebirges zu untersuchen. Zum anderen sollen damit die Ausdehnung, Permeabilität und Porosität der Auflockerungszone bestimmt werden. Diese Ergebnisse legen den Nachschnittbedarf in der Strecke fest, bestimmen die endgültige Streckengeometrie und gehen somit in die Planung des Demonstrationsbauwerkes ein.

Bei einer Streckenneuauffahrung sind Permeabilitätsuntersuchungen zur Charakterisierung des umgebenden Gebirges durchzuführen. Die Messungen sind als Gasmessungen durchzuführen. Die Packergarnituren sind so zu wählen, dass die Bohrung ab einem Konturabstand von 0,1 m vollständig erfasst wird. Das Messprogramm und die Messausrüstung zur Bestimmung der Permeabilitäten entlang der Messbohrungen muss eine Eingrenzung der Auflockerungszone auf 10 cm genau zulassen. Änderungen in der Durchlässigkeit entlang der Bohrlochachse sollen möglichst exakt erfasst werden.

Für den AN sind zur Abschätzung des Untersuchungsumfangs in der Abbildung 6 Messprofile aus einem vergleichbaren Projekt schematisch vor und nach dem Nachschnitt dargestellt.

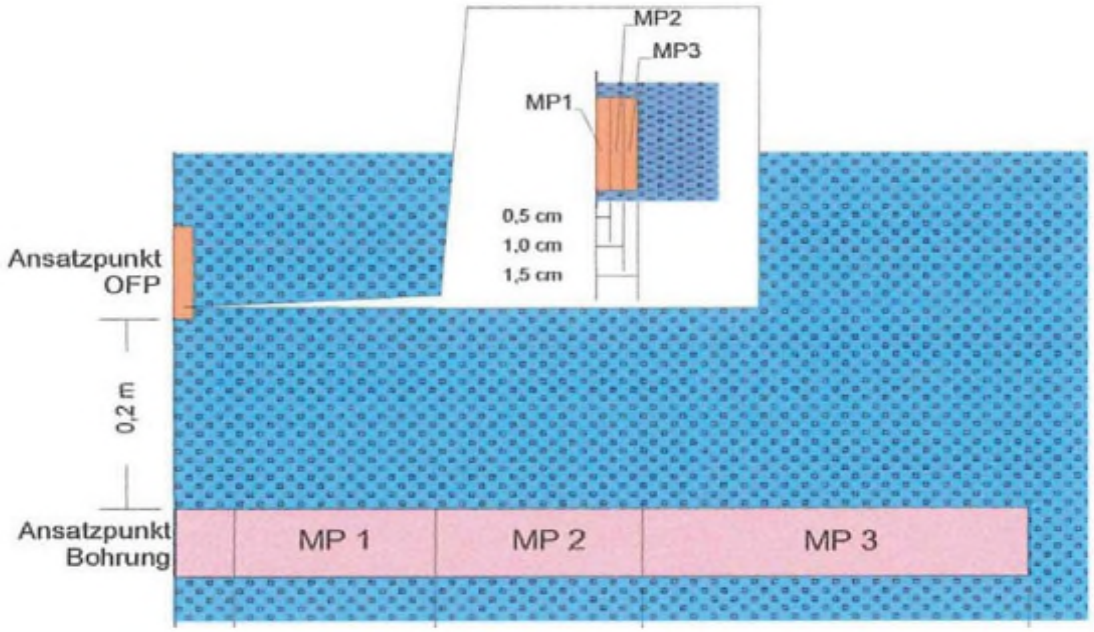


Abbildung 6: Prinzipskizze der Permeabilitätsmessungen in Bohrungen mit Messpackerbereichen (MP, unten) und Kontur durch Oberflächenpermeabilitätsmessungen (OFP, oben)

Das Messziel gilt als erreicht, sobald die Permeabilitäten, die konturnah entlang der Bohrlochachse in kurzen Intervalllängen erfasst werden, eine signifikante Abnahme der Permeabilitätsänderungen zwischen den Messintervallen aufweisen und sich ein annähernd konstanter Wert der Permeabilität einstellt. Zur Absicherung des Ergebnisses soll ab der entsprechenden Tiefe mindestens ein ausreichend langes und repräsentatives Messintervall in Richtung Bohrendpunkt eingeplant werden, um höhere Permeabilitäten im anschließenden Bereich auszuschließen.

Die Ergebnisse sind sofort nach Beendigung der Messung auszuwerten. Ergibt die Bewertung der Ergebnisse, dass eine Eingrenzung der ALZ bis in eine Teufe von 2,0 m nicht nachgewiesen werden kann, ist eine Abstimmung mit dem AG über eine Fortführung der Untersuchungen erforderlich. Gegebenenfalls ist hierfür die Erweiterung des Messbereiches notwendig.

Für die Permeabilitätsmessungen sind folgende Messbereiche und Messunsicherheiten zu beachten und in entsprechenden Prüfprotokollen nachzuweisen:

Messbereich:

Für das intakte Salzgestein werden Permeabilitätswerte k<10-18 m² erwartet. Der Messbereich ist vom AN so zu wählen, dass sowohl die Werte in der Auflockerungszone als auch die Permeabilitäten des intakten Salzgesteins zuverlässig nachgewiesen werden können.

Hinweis: Erfahrungswerte des AG: k<10^{-20} m² bis zu 10^{-14} m².

Messunsicherheit:

Die verwendeten Drucksensoren müssen an den jeweiligen Druckbereich angepasst sein und eine Messunsicherheit ≤ 0,1 % v.E. des Sensors aufweisen. Für jeden ermittelten Permeabilitätswert ist der zugehörige Fehler anzugeben.

Die Messdaten sind kontinuierlich über den gesamten Untersuchungszeitraum aufzuzeichnen. Die Mess- und Erfassungsfrequenz sind von dem AN dem Druckverlauf anzupassen. Die Prüfprotokolle sind Bestandteil des Messergebnisberichtes.

Als Messergebnis ist die ermittelte Permeabilität als modellgestützte Auswertung je Messpunkt unter Angabe der ermittelten effektiven Porosität anzugeben. Das für die Auswertung verwendete Modell ist in einer zum Verständnis ausreichenden Form zu beschreiben. Im Messergebnisbericht ist zu den erreichten Messgenauigkeiten, messtechnischen Besonderheiten und der Repräsentativität der Ergebnisse Stellung zu nehmen. Das vom AN zu konzipierende Messprogramm und eine Beschreibung des Messablaufs ist dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln.

7.4.2 Oberflächenpermeabilitätsmessungen in der Streckenkontur

Die Permeabilitätsuntersuchungen mittels Oberflächenpacker dienen der Auskunft über die Permeabilitäten des Gebirges in der Streckenkontur im unmittelbaren Kontaktbereich zum Demonstrationsbauwerk in der endgültigen Streckengeometrie. Die Messergebnisse unterstützen die Planung der Messsensorik zur Bestimmung der integralen Permeabilität und ermöglichen im Anschluss eine bessere Einordnung der Untersuchungsergebnisse.

Für die Messungen ist im Messquerschnittsbereich nach Beendigung der Nachschnittarbeiten bzw. der Auffahrungsarbeiten in der Firste, den Stößen sowie in der Sohle eine glatte ebene Fläche in der für die durchzuführenden Messungen erforderlichen Qualität und Teufe zu erstellen, die einen Dichtsitz der Oberflächenpacker gewährleistet.

Die für die Herstellung erforderliche Schleiftiefe soll so gering wie möglich gehalten werden. Es ist sicherzustellen, dass die Permeabilitätsmessungen unmittelbar im Anschluss an den Nachschnitt erfolgen. An den ausgewählten Stellen in der Firste, den Stößen und der Sohle sind Messungen in unterschiedlichen Teufen durchzuführen, um Aussagen zur Entwicklung der Permeabilität über die Teufe und ggf. zur auffahrungsbedingten Schädigungszone treffen zu können. Die Messungen sind an den jeweiligen Stellen übereinander durchzuführen, um mögliche Änderungen in der Gebirgszusammensetzung und den damit zusammenhängenden Interpretationsbedarf zu vermeiden. Im Messergebnisbericht ist zu den erreichten Messgenauigkeiten, messtechnischen Besonderheiten und der Repräsentativität der Ergebnisse Stellung zu nehmen.

Das vom AN zu konzipierende Messprogramm und eine Beschreibung des Messablaufs ist dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln.

7.4.3 Rauigkeitsmessungen

Nach dem Einsatz des Polierkopfes (s. Kapitel 8.2) im Streckenprofil des Streckenabdichtungssegmentes sind Rauigkeitsmessungen durchzuführen. Diese Messungen dienen dem Zweck, die Rauigkeiten nach Einsatz der spezifischen Anlagentechnik im Kontext mit den Oberflächenpermeabilitätsmessungen zu bewerten und die Verbundeigenschaften einordnen zu können.

In den Stößen und der Firste sind jeweils drei Messstellen im Bereich eines Messquerschnittes in der mittelbaren Nähe zu den der Oberflächenpermeabilitätsmessungen vorzusehen. Eine weitere Messung der Rauigkeit soll auf einer der vorhandenen polierten Flächen der Oberflächenpermeabilitätsmessstellen durchgeführt werden. Die Festlegung der genauen Lage der Messstellen der Rauigkeitsmessungen erfolgt mit Übergabe des Mess- und Untersuchungskonzeptes durch den AN.

Die Oberflächen der Messstellen sind unmittelbar vor Durchführung der Rauigkeitsmessungen durch den AN mit Druckluft bzw. Besen zu reinigen. Die Messungen sind in Anlehnung an die ZTV-ING /10/, DIN EN 1766:2017 /13/, DAfStb Rili-SIB /11/ und DIN EN 13036-1 /13/ durchzuführen. Hierbei sind mindestens 10 Einzelmessungen je Messstelle zur Ermittlung einer mittleren Rautiefe je Messstelle durchzuführen. Die Durchführung der Prüfungen lehnt sich an die Bestimmung der Rautiefe nach /12/ an. Da das Messverfahren von KAUFMANN prüfbedingt auf horizontale Flächen begrenzt ist, ist ein von der BAM entwickeltes, laserbasiertes Messsystem zu verwenden. Dieses ermittelt die Rautiefen in Anlehnung an die o.g. Verfahren auch an vertikalen Flächen und über Kopf. Die Auswertung der Rauigkeitsmessungen erfolgt in Anlehnung an ZTV-ING, DAfStb Rili-SIB /12/, KAUFMANN und DIN EN 13036-1.

Für die Rautiefenbestimmung an Stößen und Firste der im Bereich des Streckenabdichtungssegmentes ist ein Messergebnisbericht (Dokumentation) zu erstellen.

7.4.4 Hydrofracmessungen

Mit den Hydrofracmessungen sind die Beträge der minimalen Hauptspannungen entlang der Messbohrung an unterschiedlichen Positionen ab einem Konturabstand von mindestens 0,25 m (Mitte Prüfraum) zu bestimmen. Die eingesetzte Messtechnik muss daher die Ermittlung der minimalen Hauptspannung mindestens ab einem Konturabstand von 0,25 m (Mitte Prüfraum) ermöglichen. Der AN hat den mindestens möglichen Konturabstand im Angebot anzugeben.

Die Abstände zwischen den einzelnen Messpositionen in jeder Bohrung müssen vom AN so gewählt werden, dass die Messergebnisse den hohlraumnahen Spannungszustand bis in eine Bohrlochtiefe von 5 m sinnvoll repräsentieren. Dabei sind Besonderheiten, die bei der Videoinspektion festgestellt werden (Kapitel 7.4), zu berücksichtigen.

Der AG schlägt grundsätzlich - unter zusätzlicher Berücksichtigung von Besonderheiten - ein Messprogramm mit Messpunkten bei 0,25 m, 1,25 m, 2,25 m, 3,25 m und 4,25 m, bezogen auf die Mitte des Prüfraums, in jeder Messbohrung vor.

Für die Hydrofracmessungen sind folgende Messbereiche und -genauigkeiten zu beachten:

Messbereich:

Der Gebirgsdruck (Vertikalspannung) ist im Untersuchungsgebiet näherungsweise abzuschätzen. Das Messsystem ist unter Berücksichtigung von Zusatzspannungen und Sicherheiten entsprechend auszulegen.

Messgenauigkeit:

Folgende Messgenauigkeiten sind für die Messsysteme mindestens einzuhalten und in entsprechenden Prüfprotokollen nachzuweisen:

- Frac- und Packerdruck ≤ 0,5 % v.E. des Sensors und
- Injektionsmenge ± 0,01 l.

Die Prüfprotokolle sind Bestandteil des Messergebnisberichtes (Kapitel 0). Im Messergebnisbericht ist zu den erreichten Messgenauigkeiten, messtechnischen Besonderheiten und der Repräsentativität der Ergebnisse Stellung zu nehmen.

7.4.5 Konvergenzmessung

Befinden sich am Standort oder in Standortnähe eine oder mehrere Messstationen zur Erfassung von Gebirgskonvergenzen, sind alle für die Bauwerkserrichtung relevanten Messdaten zu erfassen und in den Ergebnisbericht einzuarbeiten, sofern geologische und standortcharakteristische Begebenheiten eine sinnvolle Übertragung der Messwerte auf den Standort des Demonstrationsbauwerks zulassen.

Darüber hinaus ist auf der luftseitigen Bauwerksseite (in einem bauwerksnahen Abstand zum Widerlager) eine Konvergenzstrecke mit je einem horizontalen und einem vertikalen Messquerschnitt für manuelle Messungen zu errichten. Analog hierzu ist eine zweite Konvergenzstrecke in der Begleitstrecke zu errichten. Die Messgenauigkeit der Konvergenzstrecken sollte ± 0,1 cm betragen.

8 Vorbereitende Maßnahmen zur Errichtung des Demonstrationsbauwerkes

Vom AN ist dem AG mit Angebotsabgabe das Ausführungskonzept für die Vorbereitenden Maßnahmen zur Errichtung des Demonstrationsbauwerkes gemäß Kapitel 8 zu übermitteln.

8.1 Geometrie der Strecke zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks

Der AN hat die Strecke für das Demonstrationsbauwerk unter Beachtung der im Kapitel 4 beschriebenen Standortanforderungen herzurichten und entsprechend Kapitel 4 zu erkunden.

Die Erstellung des geplanten Demonstrationsbauwerks hat in einem bestehenden bzw. neu aufgefahrenen Streckenstummel zu erfolgen. Die Strecke soll horizontal, in einer Form vom ausgerundeten Rechteck mit einer Gesamtlänge von mind. ca. 40 m hergestellt werden. Die Mindestmaße der Strecke sind durch die Arbeitshöhe der TSM des AN vor Ort definiert. Jedoch ist zu beachten, dass

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

der Mindestquerschnitt im Streckenstummel (Druckkammerbereich) ca. 5 m x 5 m (vor dem Nachschnitt) betragen soll.

Die Firste ist derart nachzufräsen, dass der höchste Punkt der Befüll- und Entlüftungsbohrung im Bereich der dem Streckenabdichtungssegment zugewandten Schalwand liegt (s. Abbildung 4). Der Neigungswinkel der Firste muss größer sein als der Fließwinkel des Magnesiabaustoffs, um eine Firstanbindung zu gewährleisten. Bei einem Fließwinkel des vorgegebenen Magnesiabaustoffs als Massenbeton von 3 gon ist der Neigungswinkel zur seitlich gelegenen Verfüllbohrung > 3 gon zu wählen. Die Breite der Strecke muss nach dem realisierten Nachschnitt konstant über die Länge sein.

Die endgültige Größe des Streckenquerschnitts ist abhängig vom realisierten Nachschnitt auf Grundlage der durchgeführten Permeabilitätsmessungen.

8.1.1 Bestehende Strecke

Bei Nutzung einer bestehenden Strecke für die Errichtung des Demonstrationsbauwerks ist die Auffahrungshistorie der Strecke aufzuzeigen und zu dokumentieren (vgl. Kapitel 7.2).

Der Standort muss zur Errichtung des Demonstrationsbauwerkes in einer bestehenden Strecke vorbereitet werden. Für den Bereich des Demonstrationsbauwerkes sind alle Sicherungsmittel (Anker, Netze etc.) und nicht mehr benötigte Einbauten (Kabel, Rohre, Bolzen, etc.). rückzubauen. Sohleinbauten, wie z.B. Pflaster oder gegebenenfalls Gleise, müssen ebenfalls im Bereich des Demonstrationsbauwerkes geraubt werden. Der Einfluss und die Auswirkungen ehemaliger Sicherungsmittel und Einbauten darf nicht über den Bereich der nachzuschneidenden Auflockerungszone hinausreichen.

Nach Durchführung der Standorterkundung (Kapitel 7) ist die Auflockerungszone in der bestehenden Strecke (im Bereich der Streckenabdichtungssegments und der Druckkammer inkl. der Ortsbrust) mittels Teilschnittmaschine entsprechend den Ergebnissen der Permeabilitätsmessungen (s. Kapitel 7.4.1) zu entfernen und die Kontur anzupassen. Die Durchführung der Nachschnittarbeiten in der Strecke ist im Kapitel 8.2 beschrieben.

8.1.2 Neuauffahrung der Strecke

Falls das Demonstrationsbauwerk in einer neuaufgefahrenen Strecke errichtet wird, hat der AN die Auffahrung der Strecke gebirgsschonend mittels TSM zu realisieren. Der Streckenvortrieb mittels Bohren und Sprengen ist wegen der gebirgsmechanischen Beeinflussung des Standortes für das Demonstrationsbauwerk auszuschließen. Die Strecke muss horizontal aufgefahren werden. Die Rundungsradien werden in Abhängigkeit der eingesetzten TSM festgesetzt.

Nach der Neuauffahrung ist eine geologische Streckenkartierung vorzunehmen. Vor und nach dem Nachschnitt sind 3D-Laserscannermessungen und photogrammetrische Vermessungen durchzuführen und es hat eine markscheiderische Aufnahme des nachgeschnittenen Bereiches zur Aktualisierung des Grubenbildes zu erfolgen. Besonderheiten hinsichtlich Trennflächen, Klüfte oder Risse sind dabei zu dokumentieren. Die Aktualisierung der Planungsunterlagen dient für Beweissicherung

/ Dokumentationszwecke und zur Volumenbestimmung bzw. zur Dokumentation, in welchem Umfang die Auflockerungszonen entfernt wurden. Deshalb sind die Querprofilmessungen an den gleichen Stellen durchzuführen wie vor den Nachschnittarbeiten bzw. die Querprofile an den gleichen Stellen zu konstruieren. Die Lage der Strecke, die stratigraphischen Einheiten und die Raumlage der Schichten müssen aus der Vermessung hervorgehen.- Die Kartierung der Strecke ist im Maßstab 1 : 50 durchzuführen und ist dem AG in Papierform und in digitaler Form zu übergeben. Die Durchführung der Nachschnittarbeiten in der Strecke ist im Kapitel 8.2 beschrieben.

8.2 Vorbereitende Arbeiten zur Herrichtung der Strecke für das Demonstrationsbauwerk

Als vorbereitende Arbeiten hat der AN die für jeden Arbeitsfortschritt erforderliche Baustelleinrichtung zu installieren, um eine ordnungsgemäße Errichtung des Demonstrationsbauwerks zu gewährleisten.

Der Nachschnitt im Bereich des Streckenabdichtungssegmentes ist in zwei Schritten durchzuführen. Zuerst ist eine Vorprofilierung vorzunehmen und anschließend eine Egalisierung im First- und Stoßbereich nach dem Ermessen des ANs durchzuführen. Hierzu müssen zunächst die Firste und die Stöße z.B. mit dem Normalschneidkopf einer Teilschnittmaschine nachgeschnitten werden.

Der Nachschnitt ist gebirgsschonend mit einem geeigneten Schneid- und Polierkopf durchzuführen. Um Schädigungen am Gebirge zu vermeiden, sind die Arbeiten bei Nutzung von Schneid- und Polierkopf mit entsprechender Vorsicht und Sorgfalt auszuführen. Die Stundenabweichung beim Nachschnitt sollte ± 5 cm nicht übersteigen. Bei größeren Dellen sind entsprechende Stellen mit einem Polierkopf nachzuarbeiten. Größere Abweichungen bzw. die Bildung sog. Luftsäcke (s. Abbildung 7) sind auszuschließen. Um ein möglichst vollständiges Entlüften der firstnahen Konturzone beim späteren Betoniervorgang zu gewährleisten, ist axial am Streckenabschnitthöchsten so nachzufräsen, dass überstehende Rippenbögen quer beseitigt werden.

Zu Beginn der Arbeiten ist die Stunde alle ein bis zwei Meter durch einen Markscheider zu überprüfen. Eine ggf. erforderliche Anpassung hat nach den ersten 5 m Nachschnitt zu erfolgen. Sollten größere Abweichungen von der Sollkontur bzw. Mehrausbruch auftreten, insbesondere im Firstbereich, sind diese mit einem Polierschneidkopf auszugleichen.

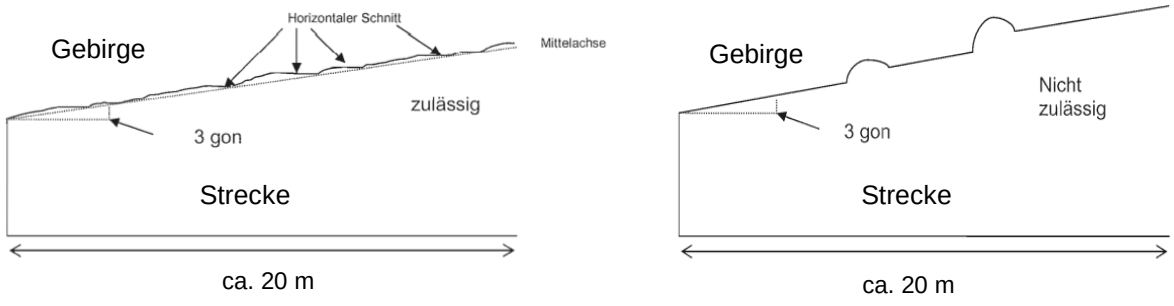


Abbildung 7: Prinzipskizzen zulässiger und nicht zulässiger Firstverlauf beim Nachschnitt

Die Nachschnittarbeiten sind durch systematisches, rasterförmiges Abklopfen der Streckenkontur auf evtl. noch vorhandene Abschalungen / Auflockerungen zu überprüfen. (ggfs. Georadar einsetzen). Der Umfang der Nachschnittarbeiten ist abhängig von den Ergebnissen der geotechnischen Messungen und gebirgsmechanischen Bewertungen. Grundsätzlich ist bei dem Nachschneiden des Streckenabdichtungssegmentes darauf zu achten, dass der Übergang Sohle/Stoß abgerundet wird, da in diesen Bereichen ansonsten erhöhte Spannungskonzentrationen und damit verstärkte Auflockerungen zu erwarten sind.

Bei dem Streckenabdichtungssegment wird ein vollständiger formschlüssiger Verbund durch das leichte Anschrägen (mind. 3 gon über die ganze Länge), der Ausbildung eines Fließkanals in der Firste und anschließendem Betonieren gegen die Firste gewährleistet (s. Abbildung 8).

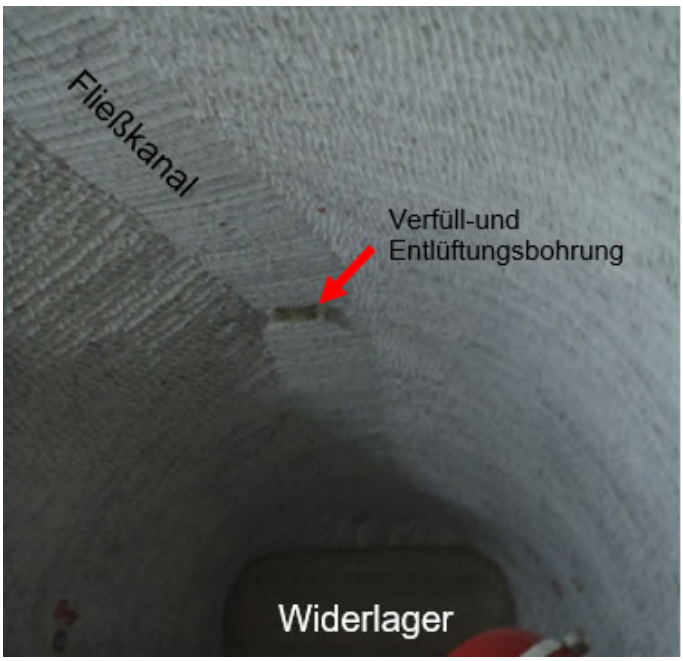


Abbildung 8: Ausbildung eines Fließkanals in der Firste nach Einsatz des Polierkopfes

Die Breite des Firstkanals entspricht der Breite des Schneidkopfes der Teilschnittmaschine. Dieses Element ist durch den AN in den Planungen für das Demonstrationsbauwerk zu berücksichtigen. Die Luft entweicht über den höchsten Punkt und ein einfaches Betonieren gegen die Firste ist möglich. Die Neigung der Firste orientiert sich an dem Fließwinkel der Baustoffsuspension, die Firstneigung ist größer als der Fließwinkel des Magnesiabaustoffs.

Danach ist der Standort des Demonstrationsbauwerks von losem Haufwerk und sonstigen Fremdkörpern zu reinigen. Eine besenreine Reinigung ist ausreichend. Sofern bei den Nachschnittarbeiten Bohrungen freigelegt werden, sind diese lagemäßig zu dokumentieren und mit Magnesiabaustoff vollständig und druckdicht zu verfüllen.

Von der Kontur sind nach dem Nachschnitt 3D-Laserscannermessungen und photogrammetrische Aufnahmen durchzuführen. Während der Schneidarbeiten sollte die Sollkontur mittels der o.g. Ver-

messungsverfahren inkl. Tachymeter durch den AN überwacht werden. Die 3D-Laserscannermessungen dienen als Nachweis, dass der zu entfernende Gebirgsbereich durch den Nachschnitt planmäßig entfernt ist. Weiterhin bilden die beiden Vermessungsverfahren die Basis für die Ermittlung der Abmaße des Demonstrationsbauwerks nach Herstellen der für die Betonierarbeiten erforderlichen Streckenkontur.

Im Bereich des Widerlagers und der Schalwände ist die Kontur an die bauliche Planung des AN anzupassen. Im Bereich des Widerlagers ist kein Nachschnitt analog zum Streckenabdichtungssegment durchzuführen (Kapitel 9.4). Die Vorbereitung ist analog zum Streckenabdichtungselement unter Berücksichtigung der baulichen Planung des AN auszuführen.

Zwischen der Endbearbeitung der Kontur und der Betonage darf nicht zu viel Zeit verstreichen, um die Bildung einer erneuten Auflockerungszone zu vermeiden.

8.3 Vorbereitende Arbeiten zur Errichtung der Begleitstrecke

Die Begleitstrecke dient als Aufstellungsort für eine Druckregelanlage für den Druckbeaufschlagungstest und die Messwerterfassung, das Herstellen der Druckkammerbohrung zur Aufnahme von notwendigen Druck- und Entlüftungsleitungen sowie für das Stoßen von Bohrungen für die Nacherkundung. Zur Überprüfung des Einspannungszustandes des Abdichtbauwerkes und zur Messung von Permeabilitäten müssen Hydrofrac- und Permeabilitätsbohrungen von der Begleitstrecke aus quer durch das Abdichtbauwerk gestoßen werden.

Die Begleitstrecke sollte seitlich, höhenmäßig bestenfalls etwas über dem Demonstrationsbauwerk oder mindestens sohlengleich liegen (s. Abbildung 9). Falls es keine geeignete Altstrecke in der Nähe des Demonstrationsbauwerkes vorhanden ist, ist eine Begleitstrecke neu aufzufahren.

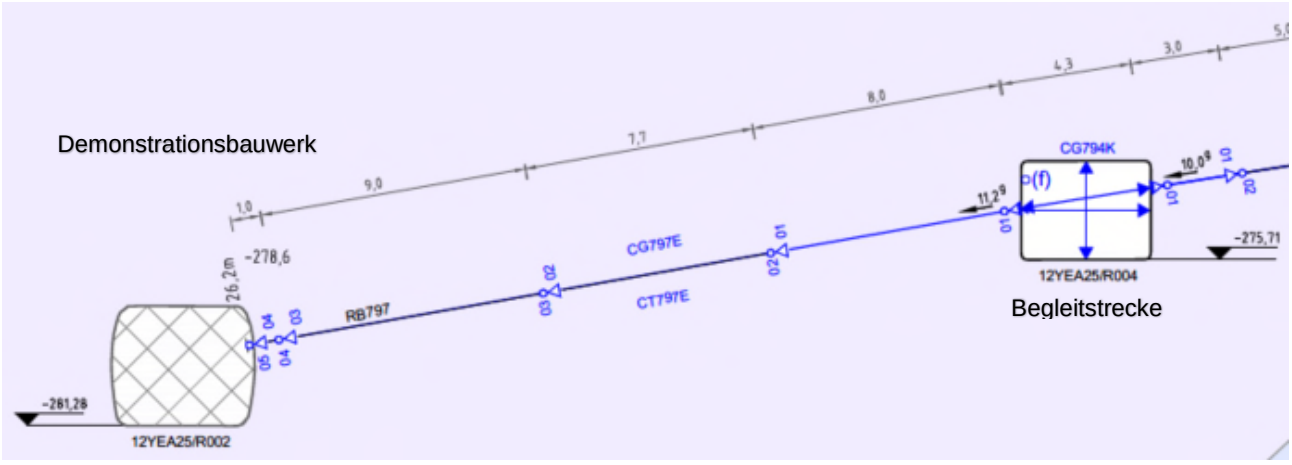


Abbildung 9**:** Lagedarstellung Begleitstrecke/Bauwerk (aus: Anlage 1)

Der Abstand zwischen der Begleitstrecke und Strecke für das Demonstrationsbauwerk ist so zu wählen, dass eine gebirgsmechanische Beeinflussung beider Strecken zueinander minimiert bzw. ausgeschlossen wird. Zudem ist eine hydraulische Verbindung durch das umgebende Gebirge zwischen Begleitstrecke und Strecke für das Demonstrationsbauwerk auszuschließen.

Die Abmessungen der Begleitstrecke sind durch die Abmessungen der Druckregelanlage sowie die Abmessungen der Bohranlage definiert. Die Dimensionierung der Begleitstrecke erfolgt durch den AN. Eine Neuauffahrung der Begleitstrecke ist gebirgsschonend mittels TSM zu realisieren. Auf den Streckenvortrieb mittels Bohren und Sprengen ist aufgrund der gebirgsmechanischen Beeinflussung des Standortes für das Demonstrationsbauwerk zu verzichten.

In der Begleitstrecke sind die rel. Luftfeuchte und Temperatur sowie der Luftdruck mittels einer Klimastation zu erfassen. Die Messungen haben kurzfristig nach Erstellung der Begleitstrecke zu beginnen.

Unmittelbar nach dem Herstellen der Begleitstrecke und der Strecke für das Demonstrationsbauwerk sind die Druckkammerbohrung sowie weitere Kabelbohrungen zur messtechnischen Instrumentierung von der Begleitstrecke zum Demonstrationsbauwerk herzustellen. Die Druckkammerbohrung zur Aufnahme der Druck- und Entlüftungsleitungen hat im Firsthöchstpunkt der Druckkammer zu münden. Den AN hat die Druckkammerbohrung entsprechend seiner Ausführungskonzeption zu dimensionieren. Das Bohren der Druckkammerbohrung hat möglichst genau (Richtungsabweichung ±10 cm) und mit trockener Druckluft zu erfolgen. Die Bohrung ist langsam abzuteufen, um eine glatte Bohrungskontur (keine Ausbrüche, keine Rillen) und einen geraden Verlauf sicherzustellen. Die Messkabel sind weitestgehend quer zum Abdichtungsbauwerk aus dem Bauwerk zu führen.

Nach erfolgtem Abteufen sind die Bohrungen mit trockener Druckluft auszublasen und mit einem Knebelpacker feuchtedicht bis zum Zeitpunkt der Permeabilitätsmessungen zu verschließen. Die Druckleitungen sind möglichst dicht zu verschrauben. Alle Einbauten der Druckbeaufschlagungsbohrung (Messkabel und Druckleitung) müssen so verlegt werden, dass Sie möglichst wenig axiale Strömungsmöglichkeiten bieten. Kabelstränge sollten z.B. spinnennetzartig (vereinzelt) hängen und von einer gebündelten Verlegung abgesehen werden. Der AN kann auch andere bauliche Möglichkeiten wählen, um eine axiale Durchströmung nach Druckbeaufschlagung zu verhindern.

Nach Montage der Leitungen ist die Bohrung mit Magnesiabaustoff zu verfüllen. Die Permeabilität der verfüllten Druckkammerbohrung darf keinen Einfluss auf die Drucktests haben.

8.4 Baustoffproduktion/-anlage

Für die Errichtung des Demonstrationsbauwerks ist es erforderlich, den Magnesiabaustoff unter Tage in der erforderlichen Menge und Qualität herzustellen. Nach aktuellem Stand können die Mengenanteile des Magnesiabaustoffs als Massenbetons wie folgt angegeben werden:

- 78 Massenprozent Trockenvorprodukt und
- 22 Massenprozent Anmachlösung (33 %-ige $MgCl_2$-Lösung).

Die Zusammensetzung des herzustellenden Baustoffs sind detailliert in Kapitel 10 aufgeführt.

Bei der Baustoffherstellung sind:

- der Betrieb (Dosier-, Misch- und Fördertechnik) einer erforderlichen Baustoffanlage unter Tage,
- die Herstellung der erforderlichen Baustoffmenge für das Volumen der Hauptdichtung,
- Ausweisung eines Bereichs für untertägige, baubegleitende Baustoffuntersuchungen und
- die Reinigung der Baustoffanlage.

für den gesamten Herstellungsprozess des Bauwerks zu gewährleisten.

Die Baustoffanlage ist zur Förderung von Baustoff zwischen 2 und 8 m³/h auszulegen. In Abhängigkeit der Baustoffrezeptur sind die Materialströme Trockenbaustoff und Anmachflüssigkeit variabel parametrierbar. Für einen Magnesiabaustoff als Massenbeton ergeben sich beispielsweise folgende Materialströme für die vorgenannten Fördermengen:

- Trockenbaustoffmischung 3.280 kg/h bis zu 13.104 kg/h und
- Anmachflüssigkeit: 930 kg/h bis zu 3.700 kg/h

Der Chargenmischer ist so auszulegen, dass die Baustoffkomponenten vom Magnesiabaustoff als Massenbeton vollständig bei möglichst wenig Lufteintrag homogenisiert werden und die maximale Temperaturerhöhung durch den Energieeintrag 2 K nicht überschreitet. Der zur vollständigen Homogenisierung der Baustoffkomponenten zum Baustoff benötigte Zeitraum muss so bemessen sein, dass der geforderte Baustoffvolumenstrom von max. 8 m³/h erreicht wird.

Die Herstellerplanung (inkl. Fertigungsplanung und Betriebsanleitung) ist gemäß den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG zu erstellen.

Bei der Herstellerplanung hat der AN die betrieblichen, berg- behördlichen und sicherheitstechnischen Bestimmung zu berücksichtigen und zu beachten.

Für die Herstellerplanung werden vom AN voraussichtlich folgende Unterlagen benötigt:

- Beschreibung der Gesamtanlage mit Einzelkomponenten,
- R+I-Fließschema der Anlage,
- Zusammenstellung der Auslegungsdaten,
- Stromlaufpläne,
- Kurzschlussberechnung,

- Beschreibung Montageablauf inkl. Darstellung der Dauer der Arbeiten,
- Beschreibung der zu verwendenden Arbeits- und Hilfsmittel,
- Beschreibung der sicherheitsrelevanten Einrichtungen,
- Auslegungsberechnung von drucklegungsbelasteten Anlagenteilen und von Verlagerungen,
- DIN-Sicherheitsdatenblätter bei Verwendung von Gefahrstoffen und
- Angaben über Art und Menge von anfallenden Abfällen und Reststoffen.

Unebenheiten und Neigungen des Untergrundes (Fahrbahn) in Längs- und Querrichtung müssen durch konstruktiv vorgesehene Verstellmöglichkeiten ausgeglichen werden können. Überschlägig kann der AN davon ausgehen, dass in Querneigung 10 cm und in Längsneigung ca. 30 cm auszugleichen sind.

Der AN hat in Abhängigkeit der von ihm eingesetzten Mischanlage eine Mischtechnik bzw. Mischanweisung zu erstellen, mit der alle Komponenten homogen miteinander vermengt werden können.

Die Logistik der trockenen Ausgangskomponenten sowie der Anmachflüssigkeit für die Baustoffherstellung obliegt dem AN.

Der AN hat ein Überprüfungskonzept zu erarbeiten und hat durch einen Probebetrieb nachzuweisen:

- die zeitliche und praktische Realisierbarkeit,
- dass alle Komponenten für die Herstellung des MgO-Massenbetons in ausreichender Menge gelagert werden, dass der Probebetrieb ohne eine Unterbrechung der Betonage >10 h durchgeführt werden kann,
- eine kontinuierliche, störungsfreie Bereitstellung des Baustoffes über einen mehrtägigen Zeitraum realisiert wird und
- dass die Baustoffanlage über einen längeren Zeitraum stabil läuft und der Baustoff in ausreichender Menge und Qualität bereit- und hergestellt werden kann.

9 Bauwerkserrichtung

Vom AN ist dem AG mit Angebotsabgabe das Ausführungskonzept für die Bauwerkserrichtung gemäß Kapitel 9 zu übermitteln.

9.1 Allgemeines

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Leistungen zum Demonstrationsbauwerk beschrieben, die der AN zu erbringen hat.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Bei der Errichtung von Druck- und Kontrollkammer liegt es im Ermessen des AN, inwieweit er die weiter unten aufgeführten Erfahrungen des AG für seine Planung übernimmt oder ob er ein alternatives Verfahren zur Druckkammererrichtung bzw. zur Erfassung der Lösungsfront plant bzw. einsetzt. Sofern ein alternatives Verfahren zu Anwendung kommt, ist dieses durch den Bieter im Verhandlungsverfahren umfassend zu erläutern.

9.2 Herstellen der Druckkammer

Am gebirgsseitigen Ende des Bauwerkes ist eine Druckkammer für eine Druckbeaufschlagung mit Gas und Lösung zur Bestimmung der integralen Permeabilität herzustellen. Die für den Bau der Druckkammer erforderliche Schalung ist gegen den hydrostatischen Druck der Magnesiabaustoffsuspension, den thermischen Expansionsdruck und den Kristallisationsdruck („Quelldruck“) auszulegen. Der AN hat eine statische Berechnung bzw. den Nachweis dafür zu erbringen.

Durch die Errichtung der Druckkammer darf die Funktionalität des Streckenabdichtungssegmentes nicht beeinträchtigt werden. Insbesondere müssen die aus der Betonage des Streckenabdichtungssegments zu erwartenden Drücke schad- und verformungsfrei aufgenommen werden können. Bei vergleichbaren Bauprojekten des AG mit dem Magnesiabaustoff A1 wurden bei der Betonage Drucke von 2 – 4 MPa erreicht.

Folgende Vorgehensweise hat sich beim Bau einer Druckkammer bei einem vergleichbaren Bauwerk durch der AG bewährt und kann dem AN bei der Planung und Herstellung dieser zu erbringenden Leistung als Orientierung dienen:

- Entfernen der Auflockerungszone an der Ortsbrust, s. Kap. 8.2, anschließend ggf. Anstrich der Ortsbrust zu Vermeidung von Lösungsbewegungen in bauwerksabgewandter Richtung (abhängig vom Zustand der Ortsbrust nach Nachschnitt)

- Stellen einer Schalung mit einem Abstand von ca. 5 cm zur Ortsbrust (im Firsthöchsten), einer Neigung von 2 Gon ± 0,2 Gon und korrosionsfreier Rückverankerung (z.B. GFK) der Schalung oder Aussteifung zur Herstellung einer an die Ortsbrust direkt anschließenden Betonwand aus Magnesiabaustoff,

- Betonage der Betonwand (konturbündig, Lunker oder Fehlstellen sind zu vermeiden bzw. müssen anschließend verschlossen werden),

- Planheit/Ebenheit der Flächen nach DIN 18202 mit ± 1 mm bei Messpunktabständen von 5 cm bzw. ± 8 mm bei Messpunktabständen von 4 m,

- Nach Ausschalung Aufbringung eines wasser- bzw. lösungsmittelundurchlässigen anorganischen Anstrichs auf die Betonwand,

- Betonage Fundamentstreifen aus Magnesiabaustoff für die Trockenmauerung mit 2 gon Neigung zur Ortsbrust,

- Herstellung einer Trockenmauer mit Bentheimer Sandsteinen auf dem vorbereiteten Fundamentstreifen, bündig als Läuferverband (Dicke der Trockenmauerung: ca. 200 – 250 mm (1 Setzreihe)), möglichst lückenfreies Einfügen von (gesägten) Steinen im Firstbereich und zu den Stößen,

- keine klaffenden Fugen in der Trockenmauerung, die Wand und der Übergangsbereich zur Kontur sind unter Verwendung anorganischer Füllstoffe wasser- bzw. lösungsmittelundurchlässig auszubilden,

- Hochziehen und Sichern eines Geovlies und Geogitter an der Stirnfront der Steine als Sicherungsmaßnahme gegen das Eindringen von Magnesiabaustoff in die Steine bei der Betonage des Streckenabdichtungssegments),

- Verhinderung von Umläufigkeiten mit Hilfe des Geovlieses (in den Schlitz drücken, anheften und mittels Magnesiabaustoffbasiertem Mörtel/Putz verschließen,

- sorgfältiges Verputzen der gesamten Vlies-/Geogitterflächen inkl. Übergang Geovlies/Geogitter → Stoß (mit Magnesiabaustoffbasiertem Mörtel, ohne organische Komponenten),

- Einbau von Porendruckmessgebern entsprechend AN-Konzept inkl. markscheiderische Einmessung im Verlauf der Trockenmauerung,

- Verschließen von Fugen zwischen Trockenmauer und Kontur mit einem Magnesiabaustoffbasierten Mörtel und

- markscheiderische Einmessung der Druckkammer und deren geotechnischer Instrumentierung.

In der Abbildung 10 sind verschiedene Bauzustände bei der Errichtung einer Druckkammer aus einem vergleichbaren Projekt schematisch dargestellt.

Abbildung 10: Bauzustände bei Errichtung einer Druckkammer (aus: Anlage 1)

In der obigen Abbildung oben links der Zustand nach Ausschalung der Betonwand und Beginn der Herstellung der Trockenmauer dargestellt. Oben rechts zeigt den Bauzustand der Trockenmauerung. Die Trockenmauerung nach Fertigstellung ist unten links dargestellt und der Zustand nach Aufbringung des Verputzes ist unten rechts erkennbar.

Sollte der AN die Druckkammer in o.g. Bauart herstellen, hat nach dem Verlegen des Geovlieses eine (Qualitäts-)Abnahme der bis dahin ausgeführten Arbeiten durchzuführen. Diese ist schriftlich zu dokumentieren und dem AG vor dem Weiterbau zu überreichen.

9.3 Herstellen der Kontrollkammer

Nach der Fertigstellung der Druckkammer hat der AN eine Kontrollkammer zu errichten, die zur Erfassung einer Lösungsfront bei der Druckbeaufschlagung dient.

Die seitens des AG bislang genutzte Variante einer Kontrollkammer besteht aus einem ringförmig verlegten, perforierten PE-Rohr, das in der Firste auf einer Stoßseite und in der Sohle mit je einem Porendruckgeber (in Einbautaschen) bestückt ist. Folgende Vorgehensweise wurde beim Bau einer Kontrollkammer gewählt und kann bei der Herstellung dieser zu erbringenden Leistung zu berücksichtigt werden:

- Herstellen eines umlaufenden Schlitzes (Breite und Tiefe: ca. 30 mm, ± 2 mm) in der nachgeschnittenen Kontur mit einer Sohlenrauigkeit von ± 1 mm inkl. der Einbautaschen für die erforderlichen Sensoren,

- Einbringen eines mit Geovlies (Dicke: ca. 3,5 mm) zu ummantelnden, perforierten PE-Rohrs (in dem hergestellten Schlitz) mit Trennung des Rohres im Bereich der Einbautaschen und Installation von passenden T-Stücken mit Porendruckgebern,
- Verschließen des PE-Rohres nach Einbau und Auffüllen des Schlitzes mit einem Magnesiabaustoffbasierten Mörtel (ohne organische Komponenten),
- Aufbringen und Befestigen (z.B. mit Nägeln) eines engmaschigen Putz-/Textilglasgitters, das mit einem Magnesiabaustoffbasierten Mörtel (ohne organische Komponenten) zu verputzen ist, Verputzen des Gitters (Auftragsdicke: ca. 1 cm) und
- markscheiderische Einmessung der Kontrollkammer inkl. Porendruckgebern, PE-Rohr,
- Für das PE-Rohr und die T-Stücke kann der AN orientierend folgende Spezifikationen ansetzen:
    - o Außendurchmesser (PE-Rohr und T-Stück): 20 mm
    - o Innendurchmesser (PE-Rohr): 16 mm
    - o Perforation (PE-Rohr): 3 mm Durchmesser
    - o Lochabstand (PE-Rohr): axial alle 10 cm, radial 4 Löcher

Die Prinzipskizze vom Aufbau einer Kontrollkammer aus einem vergleichbaren Projekt ist in der folgenden Abbildung 11 dargestellt.

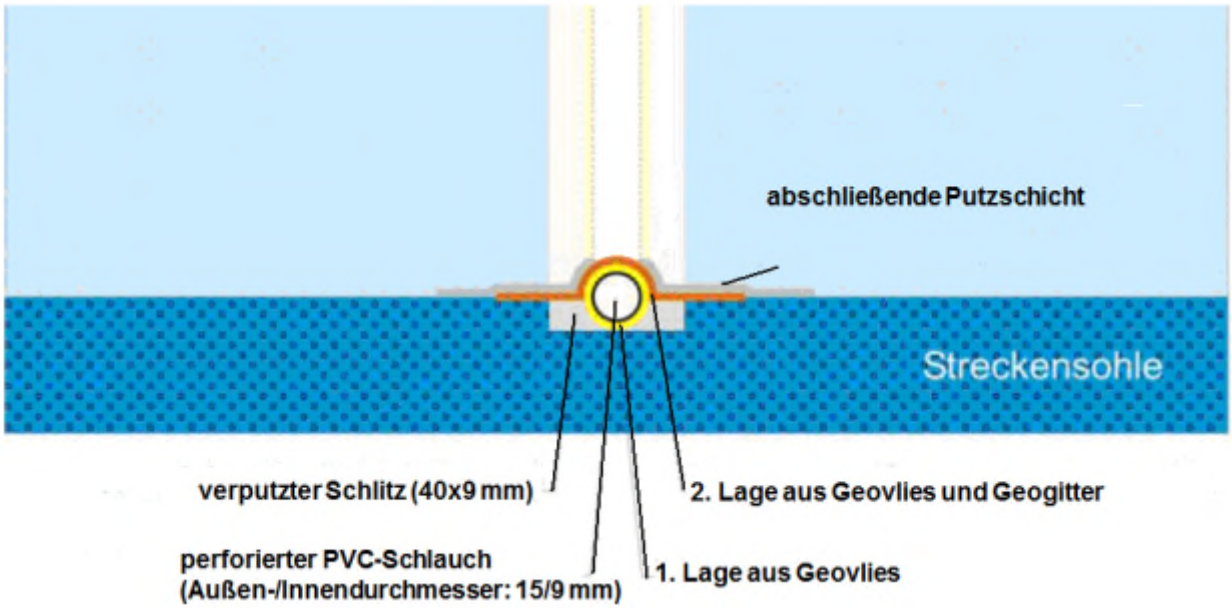


Abbildung 11: Prinzipskizze Kontrollkammer (vergleichbares Projekt)

Der AN hat nach der Herstellung der Kontrollkammer eine (Qualitäts-)Abnahme dieser durchzuführen. Die schriftliche Dokumentation dieser Abnahme ist dem AG zeitnah zu überreichen.

9.4 Herstellung der Schalwände und des Widerlagers

Nach der Instrumentierung der Messtechnik (Kap. 11) sind die Schalwände und das Widerlager für das Streckenabdichtungssegment zu errichten, um eine hinreichende Einspannung beim Betoniervorgang und Aushärtungsprozess zu gewährleisten. Als Baustoff für das Widerlager und für das Streckenabdichtungssegment kommt ein Magnesiabaustoff als Massenbeton zur Anwendung, dessen Eigenschaften in Kapitel 8.4 beschrieben sind.

Vor dem Stellen der Schalungen wird der Streckenabschnitt auf Abschalungen überprüft. Ggf. vorhandene Abschalungen werden mittels bewährter Techniken, z.B. Berauben mittels Beraubestange oder Abtragen mittels Handfräsen, entfernt. Nachfolgend wird der Streckenabschnitt komplett besenrein gesäubert, d.h. an der Kontur und auf der Sohle befindliche Feinteile und Staub werden z.B. mit einem Industriestaubsauger entfernt.

Die Konstruktion der Schalwände stellt der AN nach eigenem Ermessen bauseitig (z.B. Rasengittersteine aus Magnesiabaustoff, die mit Magnesiabaustoff als Ortbeton auszubetonieren sind), Magnesiabaustoff mit einer Systemschalung etc.). Bei Ortbeton soll vorzugsweise ein Schalsystem zum Einsatz kommen, das flexibel, schnell montierbar und wiederverwendbar ist. Die Schalwände sind gleichfalls wie das Widerlager und das Streckenabdichtungssegment aus Magnesiabaustoff herzustellen. Die innere Schalwand ist stellt eine verlorene Schalung dar und ist so auszulegen, dass die mechanischen Druckkräfte aus der Herstellung des Streckenabdichtungssegmentes schad- und verformungsfrei aufgenommen werden können.

In die Schalwände können Rohröffnungen (z.B. KG-Rohre) zur visuellen Überwachung des Verfüllvorgangs integriert werden. Somit kann ausgeschlossen werden, dass die maximal zulässigen Verfüllhöhen überschritten werden.

Das Widerlager hat eine Länge von mindestens 5 m und wird ebenfalls mit der identischen Rezeptur des Abdichtungssegments aus Magnesiabaustoff als Massenbeton hergestellt. Dabei wird der Baustoff zwischen zwei Schalwänden lagenweise eingebracht. Die zulässigen Verfüllhöhen ergeben sich aus der statischen Bemessung der Schalwände. Für ein formschlüssiges Einbringen des Baustoffes sind Verfüll- und Entlüftungsrohrleitungen am höchsten Firstpunkt vorzusehen. Diese Leitungen werden druckdicht über Stopfbuchsen oder Dichtungsflansche in die Schalung integriert. Über die Verfüllleitung ist der Baustoff lagenweise bis zum Austritt aus dem Entlüftungsrohr einzubringen.

Die für den Bau der Schalwände erforderliche Schalung und das Widerlager sind gegen den hydrostatischen Druck (Dichte des Frischbetons ca. 2,1 t/m³, Betonage frisch in frisch innerhalb weniger Tage), thermischer Expansionsdruck und den Kristallisationsdruck des Magnesiabaustoffs als Massenbetons plus einen Zusatzbetonierdruck (ca. 0,1 MPa) auszulegen, d.h. der AN hat die statischen Berechnung bzw. die Nachweise dafür zu erbringen.

Folgende Vorgehensweise hat sich beim Bau der Schalwände und des Widerlagers bei einem vergleichbaren Bauwerk durch den AG bewährt:

- Mindestdicke der Schalwände von 0,75 m,
- Herstellen einer ordnungsgemäß positionierten Schalung ohne Umläufigkeit im Bereich der Kontur → korrekte Anbindung des Baustoffs an der Kontur,
- Freihalten von Öffnungen für die Rohrleitungen der Verfüll-/ Entlüftungsleitung für das Widerlager/ das Streckenabdichtungssegment und für die Überwachung des Verfüllvorganges,
- Herstellung der Verfüll- und Entlüftungsleitungen am höchsten Firstpunkt zwecks formschlüssigen Einbringen des Baustoffes,
- lagenweises Betonieren des Widerlagers unter Berücksichtigung des zulässigen Schalungsdruckes und vorab festgelegter maximaler Verfüllhöhen und
- Verfüllung im Widerlagerbereich, bis der Magnesiabaustoff aus der im firsthöchsten angeordneten Entlüftungsleitung austritt.

Die Betoniermaßnahmen (realisierte Pumpendrücke, Pumpraten, Pumpmengen, Reinigungs- und Wartungsarbeiten, Pläne, QS-Maßnahmen etc.) sind zu dokumentieren.

9.5 Herstellung des Streckenabdichtungssegmentes

Nach Erstellung des Widerlagers ist das Streckenabdichtungssegment aus Magnesiabaustoff als Massenbeton vom gleichen Sohlenniveau aus herzustellen. Der Auslasspunkt bzw. die Auslasspunkte der Verfüll- und Entlüftungsbohrung(en) soll(en) im Streckenabdichtungssegmentbereich möglichst widerlagernah sowie (jeweils) am höchsten Firstpunkt angeordnet sein, damit ein formschlüssiges Einbringen des Baustoffs ermöglicht wird, s. Abbildung 12. Hinsichtlich des Bauablaufs sind die Verfüll- und Entlüftungsbohrungen daher vor der finalen Profilierung der Firste des Streckenabdichtungssegments im Steinsalzgebirge oberhalb des zu errichtenden Widerlagers zu stoßen. Die Verfüllbohrungen können als aufgeweitete Vorbohrungen gestoßen werden, die über den Ringraum zwischen Verfüllleitung und Bohrlochwandung entlüftet werden. Der Nachweis einer fristbündigen Verfüllung ist durch Füllstandmessungen nachzuweisen. Darüber hinaus sind bei Bedarf Temperaturmessungen zur Verifizierung der getroffenen Annahmen zum Abbindeverhalten und Druckmessungen in der Kontaktzone und im Baukörper (auch axial) zur Bewertung der Spannungsentwicklung erforderlich.

Da die Firstneigung größer als der Fließwinkel des verwendeten Magnesiabaustoffs als Massenbeton (maximal 3°) ist, sollte der Verbund mit der Firste ohne Lufteinschlüsse gewährleistet sein.

Gemäß Kapitel 8.4 ist die Betonierleistung auf 2 – 8 m³/h für eine frisch-in-frisch Betonage auszulegen bzw. diese zu gewährleisten.

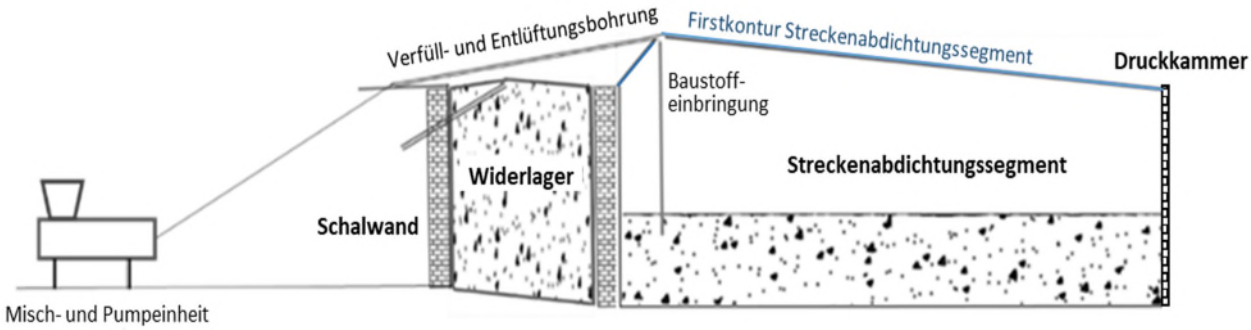


Abbildung 12: Konzeptuelle Darstellung der Betonage des Streckenabdichtungssegments

Das Streckenabdichtungssegment wird durch das Widerlager in seiner Ausdehnung behindert, so dass sich eine thermisch induzierte Druckspannung aufbauen kann. Bei der Abkühlung baut sich diese wieder ab. Der Planung liegt die Annahme zu Grunde, dass die sich beim Abbinden entwickelnden Druck- und Zugfestigkeiten des Baustoffs größer sind als die thermisch induzierten Druck- und Zugspannungen, so dass der Spannungsabbau infolge von Abkühlungsprozessen in das Streckenabdichtungssegment rissbeschränkt erfolgt.

9.6 Druckregelanlage (DRA)

Die Druckregelanlage (DRA) ist ein apparativer Baustein dieses Demonstrationsbauwerkes. Die DRA soll die hydraulische Druckbeaufschlagung realisieren, messtechnisch erfassen, steuern und dokumentieren. Die Druckbeaufschlagung stellt einen zentralen Punkt bei der Nachweisführung zur Funktionalität des Demonstrationsbauwerkes dar.
Die zu erbringenden Leistungen umfassen im Wesentlichen:

- die Erstellung von herstellerspezifischen Planungsunterlagen zum Bau einer Druckregelanlage, die die Anforderungen an eine hydraulische Druckbeaufschlagung eines Abdichtbauwerkes erfüllt,
- Lieferung und Installation der Druckregelanlage,
- Realisierung von Testläufen im Herstellerwerk und nach Installation vor Ort, insbesondere um zu gewährleisten, dass die Druckregelung passend ausgelegt ist,
- Einsatz der Druckregelanlage bei der Druckbeaufschlagung nach Errichtung des Demonstrationsbauwerks,
- Lieferung einer umfassenden Dokumentation der Druckregelanlage,
- Bereitstellung von Ersatz- und Verschleißteilen (gesamte Vertragslaufzeit) und
- Gewährleisten einer Reparatur- und Wartungssicherheit (gesamte Vertragslaufzeit).

Wegen der großen Bedeutung im Planfeststellungsverfahren bei der Stilllegung des ERA Morsleben muss hinsichtlich einer reibungslosen Abwicklung der o.g. Anlageninstallation und Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit größte Sorgfalt angewandt werden.

Im Folgenden wird das Verfahren der Druckbeaufschlagung skizziert. Weiterhin werden die für die Funktionalität der DRA relevanten Randbedingungen und die Aufgaben/Anforderungen der zu beschaffenden Komponenten beschrieben. Anschließend werden die Handlungsschritte der Druckbeaufschlagung erläutert, um ein Verständnis zur Funktion der DRA zu erzeugen.

9.6.1 Verfahren Druckbeaufschlagung

Die Druckbeaufschlagung im Demonstrationsbauwerk erfolgt über eine stirnseitig angeordnete Druckkammer, die über eine Druckkammerbohrung druckdicht mit einer Druckregelanlage (DRA) verbunden ist. Die DRA befindet sich in einer bauwerksparallel angeordneten Begleitstrecke (vgl. Abbildung 9). Von hier aus wird in die Druckkammer mit einem Fluid beaufschlagt. Aus der Druckkammer heraus erfolgt die Migration des Druckmediums über die drei möglichen Pfade Auflockerungszone, Kontaktzone und Baukörper.

Aus der messtechnisch erfassten Reaktion des Gesamtsystems auf die Drucksignale wird die integrale Permeabilität für das Streckenabdichtungssegment abgeleitet. Hierzu sind die Randbedingungen (Geometrien, Volumenströme, Druckregime) möglichst exakt zu erfassen. Die Auslegung des Druckregimes ist immer eng an die Radialspannungsentwicklung und an die Entwicklung der Volumenströme gekoppelt. Die Radialspannungsentwicklung wiederum ist abhängig von der Interaktion zwischen Gebirgskonvergenz und der daraus resultierenden gebirgsmechanischen Einspannung sowie der Steifigkeit des Baukörpers.

Die Drucksteigerungsrate der Druckbeaufschlagung orientiert sich zunächst am kleinsten Wert der gemessenen Radialspannungen, da es bei Verletzung dieses Fluiddruckkriteriums zwangsläufig zwischen Druckkammer und der Luftseite des Abdichtbauwerks zu einem kurzzeitlichen hydraulischen Durchbruch diskreter Fluidfronten im Bereich ALZ und Kontaktzone kommt.

Die Druckbeaufschlagung gliedert sich in mehrere Phasen:

1) Pneumatischer Vortest
   Für den pneumatischen Vortest wird teilweise die Infrastruktur der Druckregelanlage genutzt. Hierbei wird Druckluft über die Begleitstrecke in die Druckkammer eingespeist. Die Druckreaktion dient einer ersten Abschätzung der integralen Gaspermeabilität, aus der sich wiederum erste Anhaltspunkte zur Auslegung des Fluiddruckregimes ergeben. Der pneumatische Vortest wird komplett durch den AN als Permeabilitätsprüfung abgewickelt. Die Funktionsfähigkeit der Druckkammer ist zu prüfen.

2) Befüllphase (hydraulischer Test)
   In der Befüllphase ist die Druckkammer sowie sämtliche Leitungen zunächst vollständig mit Lösung (2-3 molale $MgCl_2$ Lösung, NaCl-gesättigt) zu befüllen. Um Lufteinschlüsse zu minimieren ist die Druckkammer vor der Befüllung zu evakuieren und der Unterdruck zu messen und zu dokumentieren. Das bei der Befüllung eingepresste Lösungsvolumen ist zu messen und mit dem

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

rechnerischen Fluidvolumen sowie dem aus den Vortests ermitteltem Fluidvolumen abzugleichen. Bevor eine vollständige Befüllung erreicht ist, ist mit der DRA ein konstanter Fluidduck vorzugeben und die Messung der eingepressten Fluidmenge zu starten.

3) Drucksteigerungs-, Druckhalte- und Druckabfallphasen
Die Mess- und Regeltechnik der DRA ist so auszulegen, dass der Solldruck möglichst schnell und präzise angefahren und unterbrechungsfrei auf konstantem Niveau gehalten wird. Ein Überschwingen durch eine unpräzise Druckregelung ist unbedingt zu vermeiden. Der vorgegebene Solldruck ist in Abhängigkeit des Verlaufs der eingepressten Lösungsmenge, der Entwicklung der Druckreaktionen in der Druckkammer und den Radialspannung im Abdichtbauwerk geeignet zu wählen. Die Kompressibilität des Systems ist zu ermitteln.

9.6.2 Funktionelle Beschreibung und Anforderungen zu den DRA Komponenten

Zur fach- und sachgerechten Umsetzung der Druckbeaufschlagung ist ein System von apparativen Komponenten notwendig, deren Aufgaben und Anforderungen an die Spezifikation im Folgenden beschrieben werden. Das Gesamtsystem wird als DRA bezeichnet. Als Schnittstelle zu anschließenden Komponenten wird der begleitstreckenseitige Anschluss an die Druck- und Entlüftungsleitung betrachtet.

Generell ist zu beachten, dass es sich bei dem hydraulischen Druckmedium MgCl2-haltige an NaCl gesättigte Lösung um ein hoch korrosives Fluid handelt. Alle metallischen Komponenten und alle Anschlüsse, die innerhalb des DRA-Systems mit dieser Lösung in Kontakt kommen, sind entsprechend korrosionsfest und dicht auszulegen.

Die DRA-Komponenten werden in der Reihenfolge der Druckaufbaurichtung beschrieben.

Aus Gründen der Beweissicherung hat der AN bei jeder Anlieferung der verwendeten Lösung pro transportablem Vorratstank eine qualitätsgerechte Probe zu entnehmen und diesen einer laborchemischen Vollanalyse zu unterziehen.

9.6.3 Apparative Komponenten

Die Druckbeaufschlagung des Demonstrationsbauwerks erfolgt über eine stirnseitig angeordnete Druckkammer, die über eine Druckkammerbohrung druckdicht mit einer DRA verbunden ist (Kapitel 2.3 und Abbildung 3). Die DRA ist in der Begleitstrecke zu positionieren. Von der DRA aus wird der Druckkammer Druckluft bzw. Lösung nach einem vorgegebenen Druckregime zugeführt (s. Kapitel 11.6).

Das Gesamtsystem der DRA setzt sich funktional mindestens aus den folgenden Komponenten zusammen:

- Vorratstanks für Zu- und ggf. Ablauflösung,
- Pumpensystem für Zulauf, Aufsättigung und Druckbeaufschlagung,
- Mess- und Regeltechnik und

- Leitungssystem bestehend aus Befüll- und Entlüftungsleitungen zwischen Druckkammer und DRA, inkl. der erforderlichen Zuleitungen sowie der Entlüftungsmöglichkeiten.

Für alle Phasen der Versuchsdurchführung (siehe Kapitel 11.6) stellt der AN ein geeignetes Fluid in ausreichender Menge bereit.

Die Befüllung der Druckkammer und die Aufsättigung der druckkammernahen Bereiche soll volumetrisch dokumentiert werden. Dafür ist geeignete und redundante Messsensorik vorzusehen, die eine Bestimmung des Fluidvolumens mit einer Genauigkeit von ±1 ml ermöglicht. Das aktuelle Fluidvolumen soll während der gesamten Versuchsphase kontinuierlich und quantitativ kontrollierbar sein (z. B. digitale Anzeige). Eine analoge Möglichkeit zur visuellen Kontrolle (z. B. Sichtrohr und volumenbezogene Skala) in einem externen Vorratsbehälter für das Fluid wird empfohlen.

Während der verschiedenen Versuchsphasen sind unterschiedlich stark ausgeprägte Volumenflüsse zu erwarten. Für die Druckbeaufschlagung wird nach bisherigen Erfahrungen von zum Teil geringen Volumenflüssen ausgegangen. Das Pumpensystem ist daher so auszulegen, dass die entsprechenden Leistungsbereiche (Druck, Förderraten) zu jedem Zeitpunkt der Druckbeaufschlagung abgedeckt werden. Ob dies mit einer Pumpe oder über mehrere Pumpen realisiert werden kann, ist vom AN zu prüfen und in den Planungsunterlagen zu erläutern.

Es ist eine Reserveeinrichtung vorzuhalten, die im Fall eines Ausfalls der Pumpensysteme den Druck in der Druckkammer aufrechterhält.

Zur kontrollierten Steuerung der drucklosen Befüllung der Druckkammer, zur Aufsättigung des Teilbauwerkes sowie zur Druckregelung ist eine Kombination von elektronischen Mess- und Regelstrecken erforderlich. Die Auslegung des Druckregimes ist immer eng an die Druckreaktion in der Druckkammer, die Radialspannungsentwicklung und an die Entwicklung der Volumenströme gekoppelt und muss dementsprechend mess- und regelbar sein. Die Mess- und Regeltechnik der DRA ist so auszulegen, dass das vorgegebene Druckregime unterbrechungsfrei eingehalten werden kann. Drucksteigerungsphasen müssen durch Druckhaltephasen unterbrochen werden können. Die DRA muss über eine Abriegelfunktion gegenüber der Druckkammer verfügen, um im System Druckabfälle messtechnisch erfassen zu können und um die Druckkammer während Wartungs- und Reparaturarbeiten von der DRA zu entkoppeln.

Neben der Regelung und der Messtechnik sind Module zur Messwertspeicherung und zur Alarmgebung bei Überschreitung von voreingestellten Messwertgrenzen sowie beim Ausfall versuchsrelevanter Komponenten (Regelsensoren, Pumpen, Reservesystem) zu installieren.

9.6.4 Mess- und Regeltechnik

Die Regelung erfolgt durch die Vorgabe eines Sollwertes für die jeweilige Druckstufe. Diesem Sollwert wird eine obere und eine untere Regelgrenze zugeordnet. Zeigt die kontinuierliche Druckmessung eine Über- bzw. Unterschreitung der Regelgrenzen an, so wird die Pumpe an- bzw. ausgeschaltet. Eine kontinuierliche Drucksteigerungsrate wird eingestellt, indem gleichbleibende Druckstufen für feste Zeitintervalle vorgegeben werden. Bei Einstellung einer Drucksteigerungsrate von Null (0) erfolgt eine Regelung auf konstantem Druckniveau (Druckhaltephase). Die Genauigkeit der

Mess- und Regeltechnik ergibt sich aus den Einstellungen der Zeitintervalle und der oberen und unteren Regelgrenzen. Für die Zeitintervalle wird eine Auflösung von 10 s / 30 s / 1 min / 5 min / 10 min / 15 min / 30 min / 1 h / 3 h / 6 h / 12 h / 24 h gefordert. Für die Drucksteigerungsraten sollen Stufen von 1 Pa/h als kleinste Regelgröße schaltbar sein.

Die Regelung der Pumpen kann alternativ über ein Regel-/Steuerprogramm des Pumpenherstellers oder über eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ausgeführt werden. Die Wahl und der Nachweis über die Eignung bezüglich der Regelung ist vom AN in den Planungsunterlagen zu erläutern.

Unabhängig von der Entscheidung für eine einzelne Pumpe oder ein gekoppeltes System aus mehreren Pumpen ist ein unterbrechungsfreier Betrieb der Druckbeaufschlagung bzw. der Druckkonstanthaltung zu gewährleisten.

Alle Komponenten der Mess- und Regeltechnik für die Druckbeaufschlagung müssen über eine unterbrecherfreie Stromversorgung (USV) abgesichert sein, deren Ladezustand jederzeit erkennbar sein muss. Im Falle eines Stromausfalles muss eine unterbrechungsfreie Stromversorgung für die Mess- und Regeltechnik über mindestens 3 Tage sichergestellt sein.

9.6.5 Messwerterfassung

Die messtechnischen Daten (Druck, Temperatur, Förderrate und -volumen) aller in den druckluft-/fluidgefüllten Bauteilen der Druckregelanlage installierten Sensoren sind als Rohwerte in einer automatischen Messwerterfassungsanlage zu speichern. Ebenfalls zu speichern sind alle aus den Rohwerten berechnete Messgrößen. Die Anlage ist für eine Speicherfrequenz von mindestens 1 Hz auszulegen, eine Anpassung an geänderte Informationsziele während der einzelnen Versuchsphasen muss möglich sein. Die Messwerterfassungsanlage ist gegen mögliche bergwerksbedingte Stromausfälle und gegen Störungseinflüsse aus Über- und Unterspannungen abzusichern. Im Falle eines Stromausfalles muss eine unterbrechungsfreie Stromversorgung über mindestens 72 h sichergestellt sein.

Wird eine Erfassung und Speicherung in einer Messwerterfassungsanlage zusammen mit den Messdaten aus dem Demonstrationsbauwerk vorgesehen, ist die gegenseitige Beeinflussung beider Systeme auszuschließen. Dies ist in den Planungsunterlagen zu erläutern. Einer getrennten Erfassung wird jedoch der Vorzug gegeben.

9.7 Bohrungen

Der AN hat Bohrungen für unterschiedliche Fragestellungen bzw. Zielsetzungen vor und bei Errichtung des Demonstrationsbauwerks und während der Nachuntersuchungen auszuführen. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um folgende Bohrungen:

- Abteufen / Stoßen von Befüll-/Entlüftungsbohrungen,
- Abteufen / Stoßen von Messbohrungen (für Hydrofrac- und Permeabiltätsmessungen),
- Abteufen / Stoßen der Druckkammerbohrung,

- Abteufen / Stoßen von Bohrungen für die geo- und kabeltechnische Instrumentierung und
- Abteufen / Stoßen von Bohrungen (zur Gewinnung von Bohrkernen zur Materialprüfung).

Vom AN ist sicherzustellen, dass die hergestellten Bohrungen (z.B. Installationsbohrungen), die während der Untersuchungen durch Fluide angeströmt werden können, durch eine entsprechende Vergütung hydraulisch dicht verschlossen werden, so dass keine nachteiligen Beeinflussungen eintreten. Der maximal auftretende Fluiddruck ist dabei durch den AN zu ermitteln.

10 Geplante Baustoffe

Als Baustoff für die Herstellung des Widerlagers und des Streckenabdichtungssegmentes kommt ein Magnesiabaustoff mit den Bestandteilen MgO, Baryt, Steinsalz und $MgCl_2$-Lösung zur Anwendung.

Unter Berücksichtigung der späteren Übertragbarkeit auf das ERA Morsleben (dort: lange Förderwege) muss der vom AN herzustellende Frischbeton folgende Eigenschaften aufweisen, s. Anhang 8:

- lange Verarbeitbarkeit (mind. 10 Stunden), beispielsweise zu bestimmen mittels Ermittlung des Erstarrungs- und Erhärtungsverlaufs, in Anlehnung an DIN EN 196-3, /8/,
- hohes Fließrinnenmaß (> 560 mm nach 6 Stunden) in Anlehnung an DIN EN 13395-2, /6/,
- Luftporengehalt < 3 Vol.-% in Anlehnung an DIN EN 12350-7, /7/,
- eine Frischbetonrohdichte von ca. 2,03 – 2,13 kg/m^3,
- gute Pumpbarkeit,
- Sedimentationsstabilität,
- langsame Temperaturentwicklung (adiabatisch $\Delta T < 80$ K) sowie
- einen Fließwinkel < 3°.

Für den Magnesiabaustoff als Massenbeton und seine Rezeptur liegen vor Errichtung der Demonstrationsbauwerke umfangreiche Materialkenntnisse vor, die im Rahmen von Labor- und Technikumsuntersuchungen gewonnen wurden. Diese Materialkenntnisse belegen, dass beim Einstellen des Lösungsgehalts gemäß dem Wasseranspruch der Feststoffanteile ein Magnesiabaustoff gemäß den angestrebten Materialeigenschaften hergestellt werden kann.

Die Rezeptur muss vom AN zuvor unter Baustellenbedingungen hergestellt werden bzw. das Erreichen dieser Frischbetoneigenschaften ist vor Verwendung (Bauwerksherstellung) nachzuweisen

und während der Herstellung kontinuierlich zu belegen. Aus diesem Grund hat der AN bei der Baustoffherstellung für das Demonstrationsbauwerk folgende Vorgehensweise (dreistufiges Untersuchungsprogramm) zu berücksichtigen, das folgende Punkte vorsieht:

- Erstprüfung (ehem. Eignungsprüfung) Baustoff,
- Erstprüfung unter Baustellenbedingungen und
- Güteprüfung während der Betonage.

Mit der in Tabelle 1 aufgeführten Rezeptur Magnesiabaustoff MO 1 werden die oben genannten Anforderungen im kleinen Maßstab erreicht**.** Eine baustoffanlagenbedingte Anpassung der Rezeptur ist zu erwarten und vom AN einzuplanen.

Tabelle 1**:** Rezeptur Magnesiabaustoff MO 1 (Stand: 04/2022)

Komponente	[Masse-%]	**Möglicher Lieferant, Spezifikationen**
MgO	11,1	F80, Lehmann & Voss, s. Anhang 3
Salz - Band 8 - Band 6 - Feinsalz	56,9 - 21,1 - 25,6 - 10,2	Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH, s. Anhang 5
Baryt	10,0	Baryt N, Deutsche Baryt Industrie, s. Anhang 4
$MgCl_2$-Lösung	22,0	S_{ES}33, DEUSA, s. Anhang 6

Die jeweiligen Spezifikationen der Komponenten sind der Leistungsbeschreibung in den Anhängen 3 bis 6 zu entnehmen. Mögliche Lieferanten der jeweiligen Komponenten sind der obigen Tabelle zu entnehmen. Dem AN steht es frei, andere qualifizierte Lieferanten zu wählen. Die Eignung bzw. die Konformität der jeweiligen Komponente sind vom AN nachzuweisen.

Dem AN ist freigestellt, ob er aus den jeweils Einzelkomponenten in der geplanten Baustoffanlage einen homogen durchmischten Magnesiabaustoff herstellt oder ein, aus den trockenen Komponenten hergestelltes Vorprodukt zur Herstellung des Magnesiabaustoffes verwendet. In beiden Fällen sind die Konformität der einzelnen Komponenten sowie des Frischbetons nachzuweisen.

Die detaillierte Zusammensetzung einer aktualisierten Referenzrezeptur inkl. der jeweiligen Spezifikationen wird dem AN während des Verhandlungsverfahrens bekanntgegeben.

Die zur Herstellung des homogenen Magnesiabaustoffs benötigten trockenen Ausgangskomponenten bzw. ein daraus bestehendes Trockenvorprodukt sind vom AN zu beschaffen und bis zu deren Verwendung so zu lagern, dass es nicht zu Änderungen der Materialeigenschaften kommt. Die zur Herstellung benötigte $MgCl_2$-Lösung ist ebenfalls vom AN zu beschaffen und in geschlossenen Behältern zu lagern.

Bei einem ähnlichen Abdichtungsbauwerk im ERA Morsleben wurden die Baustoffkomponenten vorkonfektioniert in Gebinden angeliefert und über eine Förderanlage nach Untertage verbracht. Die

anforderungsgerechte Dosierung und Mischung der Baustoffkomponenten erfolgte dort in einer untertägigen Misch- und Förderanlage.

Als Baustoff für die Errichtung der Schalwände für das Widerlager können Werksteine, z.B. Rasengittersteine als Trockenmauerwerk aus dem Magnesiabaustoff verwendet werden, die mit dem fließfähigen Magnesiabaustoff als Ortbeton ausgegossen werden. Bei Verwendung von Rasengittersteinen haben diese folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Chemisch kompatibel mit dem Magnesiabaustoff,
- Statisch stabil (Gewährleitung der inneren und äußeren Standsicherheit, z.B. gegen Kippen und Verschieben) unter Einwirkung des Betonagedrucks, thermischen Expansionsdrucks und Kristallisationsdrucks,
- Die Steine müssen eine Rohdichte von mindestens 1,62 g/cm^3 aufweisen.
- Die 7-d-Druckfestigkeit muss mindestens 10 N/mm² betragen, damit die mechanischen Druckkräfte aus der Herstellung des Streckenabdichtungssegmentes schad- und verformungsfrei aufgenommen werden können.

Alternativ können die Schalwände aus dem Magnesiabaustoff mit einer Systemschalung erstellt werden oder als Kombination aus dem Magnesiabaustoff mit einer Systemschalung und Werksteinen (z.B. Rasengittersteine, s. Abbildung 13).

Abbildung 13: Schalwand

Vom AN ist dem AG mit Angebotsabgabe das Ausführungskonzept für die Baustoffherstellung und -lieferung zu übermitteln.

11 Untersuchungs- und Messprogramm

11.1 Allgemeines

Die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes wird durch ein umfangreiches Untersuchungs- und Messprogramm begleitet. Das Untersuchungs- und Messprogramm umfasst Messungen vor und bei der Bauwerksherstellung, im Zeitraum nach Fertigstellung des Bauwerks bis Beginn der Druckbeaufschlagung, während der Durchführung des Druckbeaufschlagungstests und Maßnahmen der Nacherkundung. Bei den Planungen des Untersuchungs- und Messprogramms sind die zu erwartenden Einwirkungen und Prozesse während der Bauzustände und der prognostischen Analyse zu berücksichtigen, s. Anhang 1, Kap. 3.

Mit dem Untersuchungs- und Messprogramm beim Bau des Demonstrationsbauwerks sind die bautechnische Herstellbarkeit und Handhabbarkeit für ein Demonstrationsbauwerk im Steinsalz aus Magnesiabaustoff als Massenbeton nachzuweisen und die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften zu bestimmen. Im Einzelnen sind die betontechnischen Eigenschaften über die Parameter:

- Temperatur,
- Verformung und
- Druckaufbau

bei der Betonage und beim anschließenden Abbindeprozess mit Hydratationswärmeentwicklung bis zum annähernden Erreichen der Ausgangstemperatur (verbleibender Temperaturunterschied von ca. +5 K) des umgebenen Gebirges vollständig zu erfassen. Die drei Messgrößen sind im Hinblick auf die Untersuchung eines temporären Druckes beim Abbinden zur Unterstützung der formschlüssigen Anbindung des Baustoffes an die Gebirgskontur zu erfassen. Im Anschluss an die Bauphase (Erreichen der Ausgangstemperatur) wird ein hydraulischer Test über die Druckkammer zur Ermittlung der integralen Permeabilität des Bauwerks durchgeführt. Es ist vorgesehen, die Messungen nach Fertigstellung des Bauwerks für einen Zeitraum von mindestens 2 Jahren fortzusetzen.

Dazu sind Messsensoren durch den AN im Baukörper, in der Kontaktzone Baukörper/Gebirge, im Kontakt zwischen Baukörper und Druckkammer sowie im Kontaktbereich Baukörper/Widerlager entsprechend anzuordnen. Die Sensoren sind für die Ermittlung der zu messenden Größen Spannung, Temperatur und Dehnung in der Kontaktzone sowie in Messquer- und Messlängsschnitten in repräsentativen Messquerschnitten, räumlich abdeckend anzuordnen. Bei der Erstellung des Untersuchungsdesigns der Messkonzepte ist darauf zu achten, dass keine Unter- oder Überinstrumentierung stattfindet. Die Anzahl der Sensoren und der Messquerschnitte sind auf ein notwendiges Minimum zu optimieren.

Bohrungen, die beispielsweise zur Aufnahme von Medien (Kabel, Sensoren) geplant sind, sind gegen den noch zu ermittelnden maximalen Fluiddruck abzudichten, um mögliche Fehlerquellen bei der Ermittlung der integralen Permeabilität zu minimieren.

Die Dehnungs- und Spannungssensoren sind in einer ausreichenden Anzahl über jeden Querschnitt anzuordnen, damit die Verläufe der Messgrößen repräsentativ über den Messquerschnitt erfasst werden können. Sie dienen der Spannungsermittlung bzw. der Verformungsmessung. In der Regel sind Sensoren mit einer Messunsicherheit von < 1 % vom Messbereich einzusetzen. Abweichungen sind im Angebot zu erläutern.

Aus den Untersuchungszielen für die ordnungsgemäße Herstellung des Demonstrationsbauwerks ergeben sich weitere Anforderungen insofern, dass eine hinreichend genaue Auswertung und zuverlässige Bewertung der Untersuchungsergebnisse möglich sein muss und die Instrumentierung selbst den Herstellprozess nicht maßgeblich beeinflussen darf. Die Sensoren sind im Laufe der Hydratation des Baustoffes erhöhten Temperaturen ausgesetzt, deren Höhe von der Lage im Baukörper abhängig ist.

Als wesentliche Randbedingung für die Auslegung der Messsysteme sind die folgenden Kriterien anzusehen:

- Temperaturbeständigkeit der Sensoren im Bauwerkskern bis ca. 110°C,
- Temperaturbeständigkeit der Sensoren im Konturbereich bis ca. 70°C,
- Beständigkeit gegen mechanische Drücke bis 8 MPa,
- Beständigkeit gegen Fluiddrücke bis 6 MPa und
- chemische Beständigkeit gegen $MgCl_2$-Lösung und der Magnesiabaustoffsuspension.

Zur Temperaturkompensation der Messwerte sind alle Sensoren mit Temperatursensoren auszurüsten.

Bei der Anordnung der Messsysteme sind die vorgesehenen Bohrungen für die Nachuntersuchungen zu berücksichtigen.

Die Messsensoren und Sensorkabel sind so anzuordnen, dass sie durch die Erstellung von Bohrungen zur Nacherkundung nicht beschädigt und die Messungen ungehindert fortgesetzt werden können. Auch hier sollten die Kabel nicht gebündelt und möglichst quer zur Bauwerksachse verlegt werden. Während der Installationsphase sollten diese „geordnet“ und vor dem Betonieren „ungeordnet“ platziert werden. Ziel ist, keine axialen Wegsamkeiten vorzuzeichnen. Es ist davon auszugehen, dass mindestens die Hälfte der Bauwerkslänge von den Bohrungen durchteuft werden muss.

Das vom AN zu konzipierende Messprogramm mit Anordnung der Messquer/-längsschnitte inkl. erforderlicher Kabelführung und eine Beschreibung des Messablaufs sowie die Ermittlung der minimalen Hauptspannung ist dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln. Die zur Anwendung kommenden Sensoren mit ihren Spezifikationen (soweit möglich mind.: Hersteller, Fabrikat, Messunsicherheit, Messbereich, Auflösung, Wiederholgenauigkeit sowie zulässiger Temperaturbereich) sind darin anzugeben.

11.2 Vorversuche

Der AN hat vor Instrumentierung der Sensoren alle erforderlichen Voruntersuchungen zur Feststellung der grundsätzlichen Eignung des in Frage kommenden Messsystems inkl. aller Komponenten bezüglich der jeweiligen Einbautechnologie und Funktionsfähigkeit unter den gegebenen Randbedingungen vorzusehen.

Als wesentliche Randbedingung für die Auslegung der Messsysteme dienen die Kriterien:

- Temperaturbeständigkeit der Sensoren,
- mechanische Beständigkeit gegen mechanische Drücke und Fluiddrücke und
- chemische Beständigkeit gegen $MgCl_2$-und NaCl-Lösung bzw. gegenüber der Magnesiabaustoff-/Massenbaustoffsuspension.

Weiterhin ist die Funktionsfähigkeit der Messsysteme (Sensor, Signalkabel und Verbindungen) durch den AN unter den o. g. genannten Randbedingungen zu testen. Auf diese Weise wird das Risiko minimiert, dass Messergebnisse aufgrund nicht bekannter Interaktionen zwischen dem Baustoff und der Messtechnik nur unzureichend interpretierbar sind.

11.3 Geotechnische Messungen

Der AN hat für alle in diesem Kapitel aufgeführten Parameter ein Messprogramm zu konzipieren mit Anordnung der Messquer/-längsschnitte und einer Beschreibung des Messablaufs. Die Messprogramme bzw. -konzepte sind dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln und zu erläutern.

Wichtig hierbei ist, dass der AN die während der und nach den Bauzuständen zu erwartenden Einwirkungen und Prozesse mit Auswirkungen auf die hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtungen im Rahmen der Projektbearbeitung berücksichtigt. Die detaillierten und vom AN zu berücksichtigenden Informationen sind dem Anhang 1, Kapitel 3.2, zu entnehmen.

11.3.1 Temperatur

Durch den AN sind in den folgenden Bereichen Messungen des Temperaturverlaufs während der Abbindephase durchzuführen:

- im Baukörper,
- im Gebirge,
- in den Kontaktzonen Baukörper - Gebirge,
- im Kontaktbereich Baukörper - Widerlager und
- im Kontaktbereich Baukörper - Druckkammer.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Die Temperaturmessungen sollen u.a. für den Abgleich mit numerischen Prognoserechnungen und ggf. zur Anpassung der Modelle verwendet werden. Zudem sollen sie dem AN zur Kompensation von Temperatureinflüssen an den übrigen Messsystemen dienen. Die Messwertauflösung muss mindestens 0,1°C betragen. Sie soll dazu dienen, auch mögliche Nachreaktionen in Form von minimalen Temperaturerhöhungen beim möglichen Kontakt von Druckbeaufschlagungslösung ($MgCl_2$-haltige an Halit gesättigte Lösung) mit dem Massenbaustoff des Demonstrationsbauwerkes nachzuweisen. Dies kann u.U. der Nachverfolgung des zeitlichen und räumlichen Verlaufes der Aufsättigung durch eine in der Kontaktzone vorauslaufende Lösungsfront dienen.

11.3.2 Spannung

Zur Ermittlung der betontechnologischen Eigenschaften beim Abbindeprozess und nach Erreichen der Endfestigkeit hat der AN Druckmessungen im Baukörper des Demonstrationsbauwerks durchzuführen. Aus der Größenordnung der während der einzelnen Untersuchungsphasen gemessenen Druckänderungen können Rückschlüsse auf ein mögliches Überschreiten der Materialfestigkeiten sowie Aussagen zu den Eigenschaften der Kontaktzone gezogen werden.

Neben den Effekten aus thermischer Expansion und Kontraktion dienen die Messungen der Untersuchung eines infolge des Abbindeprozesses entstehenden Kontaktdruck in der Kontur, durch den die formschlüssige Anbindung des Magnesiabaustoffs an die Gebirgskontur begünstigt wird.

In der Kontaktzone sind die Sensoren so anzuordnen, dass Aussagen zur Spannungsentwicklung im Bereich der Firste, der Sohle, den Stößen sowie an den Übergangsbereichen Firste/Stoß und Sohle/Stoß, an den Stirnseiten zum Widerlager und zur Druckkammer getroffen werden können. Im Baukörper sind für eine Aussagefähigkeit ebenfalls Spannungsmessungen (radial und axial) vorzusehen. Durch die Anordnung mehrerer Messquerschnitten sind die Spannungen über die Bauwerkslänge abdeckend zu erfassen. Anzahl und Lage der Sensoren sind bei Angebotsabgabe darzustellen.

11.3.3 Verformung

Die Verformungsmessungen dienen der Ermittlung des eindeutigen Verformungsverlaufs in den Messquerschnitten und in Bauwerkslängsachse. Durch den AN sind die Sensoren für die Verformungsmessungen so anzuordnen, dass Aussagen zur radialen Verformung in den Messquerschnitten getroffen werden können. Für ein umfassendes Bild sind Verformungsmessungen im konturnahen Gebirge durchzuführen. Diese können beispielsweise durch Stangenextensometer mit ≤ 6 Messpunkten oder durch hochauflösende magnetisch restriktive Extensometer von der Begleitstrecke aus erfasst werden.

Aus den Messungen hat der AN Rückschlüsse auf den Spannungs- und Verformungszustand in dem Demonstrationsbauwerk und damit auf die Rissbeschränkung und das Verformungsverhalten zu ziehen.

11.3.4 Feuchte

Als der die integrale Permeabilität des Bauwerks bestimmende Bereich wird die Schädigungszone der Gebirgskontur erwartet. Es ist davon auszugehen, dass Lösung aus dem Druckkammertest über die anströmende Stirnseite wie auch durch eine vorlaufende Lösungsfront innerhalb der Auflockerungszone über die Mantelfläche in das Abdichtungssegment eindringen wird. Zur Ermittlung der integralen Permeabilität ist die Erfassung der Lösungsfront von großer Bedeutung. Deshalb sind durch den AN entsprechende Sensoren in Durchströmungsrichtung in einer ausreichenden Anzahl so anzuordnen, dass zum Zeitpunkt der Berichterstellung eine Aussage zum Fortschritt der Lösungsfront sowohl in der Kontaktzone/ALZ wie auch im Baukörper möglich ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass von lokal unterschiedlichen Spannungsverhältnissen aufgrund der Raumorientierung der Kontur auszugehen ist, die ein unterschiedlich schnelles Voranschreiten der Lösungsfront zur Folge haben kann. Diese Unterschiede sind für ein vollständiges Bild der integralen Permeabilität zu erfassen.

Mit Abweichungen der erwarteten/erkundeten Permeabilität ist zu rechnen, was durch den AN bei der Anzahl der Sensoren in sowie quer zur Durchströmungsrichtung zu berücksichtigen ist.

11.3.5 Verschiebungsmessungen am Widerlager

Zur Überprüfung der Lagesicherheit des Demonstrationsbauwerks bzw. des Widerlagers hat der AN am luftseitigen Ende Messpunkte (Objektpunkte) vorzusehen, an denen, ausgehend von Festpunkten im Gebirge, die absolute Verschiebung gemessen wird (beispielsweise: stationäre Laser-Distanz-Sensoren, Tachymeter, Messbrücke mit hochauflösenden Wegsensoren).

Der AN hat den Baubetrieb vor dem Widerlager bei der Wahl des Messsystems zu berücksichtigen

Aufgrund der Anordnung der Sensoren außerhalb des Bauwerks auf der Luftseite können die Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit und Druckdichtigkeit der Sensoren entfallen.

11.3.6 Hydraulischer Druck

In der Druckkammer sowie in der Kontur (exemplarisch) des Bauwerks hat der AN den anstehenden Fluiddruck mittels Porendrucksensoren zu erfassen. Die Sensoren dienen als Basis für die Fluiddruckentwicklung in der Kontur, entlang der Ausbreitungsrichtung der Lösungsfront. Die Sensoren sind in Durchströmungsrichtung in einer ausreichenden Anzahl derart anzuordnen, dass zum Zeitpunkt der Berichterstellung eine Aussage zur integralen Permeabilität (Kontaktzone, ALZ und Baukörper) und zur Fluiddruckentwicklung über die Streckenachse möglich ist.

Die Porendrucksensoren in der Kontur dienen der Ergänzung der Feuchtesensoren. Mit Abweichungen der erwarteten Permeabilität ist zu rechnen und bei der Instrumentierung mit zu berücksichtigen. Die Spannungssensoren und Porendrucksensoren sind so anzuordnen, dass Aussagen zu den Differenzspannungen bzw. zu den effektiven Spannungen möglich sind.

11.3.7 Klimasensor (luftseitig)

Zur Erfassung von luftseitigen Luftdruck-, Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen hat der AN eine Klimamessstelle zu installieren. Der Messbereich der Luftdruck-, Temperatur- und Feuchtesensoren ist den Gegebenheiten des Standortes sowie den Änderungen, die sich bei dem Bauprozess ergeben, anzupassen.

11.3.8 Messdatenerfassung

Messanlage

Die Messdatenerfassung hat durch den AN mit einer automatischen Messwerterfassungsanlage (MEA) zu erfolgen. Der AN hat die Messfrequenz in den einzelnen Untersuchungsphasen dem jeweiligen Informationsziel anzupassen.

Die MEA ist auf mögliche bergwerksbedingte Stromausfälle und gegen Störungseinflüsse aus Über- und Unterspannungen auszulegen. Datenlücken, Datenverluste oder fehlende Messungen, die aus Stromausfällen resultieren, sind zu vermeiden. Eine Filterung der Über- und Unterspannungen sowie eine zeitlich begrenzte Überbrückung von Stromausfällen kann beispielsweise durch eine USV realisiert werden. Bei Wiederanlegen der Stromversorgung hat die MEA selbständig zu starten und in den regulären Messbetrieb zu wechseln.

Störungen und Defekte an der MEA sind durch geeignete Maßnahmen (z.B. zweite MEA, Signalisierung bei Stromausfällen/Fehlern der MEA, Vorhalten eines Bereitschaftsdienstes) zu begrenzen.

Die Sensoren sind vorab mit Hilfe von Direktmessungen an einzelnen Sensoren vor Ort mit Messdatenvisualisierung zu testen. Änderungen an Systemeinstellungen, Störungen, Neustarts oder Stromausfälle sind automatisch in einer Datei zu erfassen.

Die seit der letzten Auslesung durch die MEA erfassten Rohdaten und berechneten Messgrößen (SI-Einheiten, Drücke in MPa) sind arbeitstäglich zu sichern und dem AG wöchentlich bereitzustellen. Die Steuerdaten der Messungen sind dem AG zu übergeben.

Die MEA ist nach Möglichkeit mit ihren Spezifikationen wie Hersteller, mögliche Anzahl speicherbarer Datensätze, maximale Anzahl von Sensoren, Anschlussarten, Betriebssystem und Schutzart im Angebot aufzuführen. Die MEA muss mindestens im Bereich von einer Messung/s und einer Messung/d konfigurierbar sein.

Der Ablauf der Untersuchungsphasen ist im Angebot mit seinen verschiedenen Messintervallen zu erläutern.

Kabelführung und -anschluss

Wie in Kapitel 11.1 aufgeführt, sind Messsensoren und ggf. Sensorkabel so anzuordnen, dass sie durch die Erstellung von Bohrungen zur Nacherkundung nicht beschädigt und die Messungen ungehindert fortgesetzt werden können. Sollten kabelgebundene Sensoren zum Einsatz kommen (der Einsatz von kabellosen Sensoren ist möglich), wird empfohlen, die einzelnen Sensorkabel derart zu

verlegen, dass durch diese keine Wegsamkeiten in Durchströmungsrichtung des Bauwerks entstehen.

Die Kabel sind nach Möglichkeit unmittelbar im Querschnitt aus dem Bauwerk beispielsweise zur Begleitstrecke zu führen.

11.4 Geophysikalische Messungen

11.4.1 Allgemeines

Das Messprogramm orientiert sich an den bautechnischen Nachweis- bzw. Untersuchungszielen (vgl. Kapitel 2.4) und umfasst Messungen während der Herstellung des Bauwerks sowie den Zeitraum nach Fertigstellung über mindestens 2 Jahre.

Die Sensoren und dazugehörigen Daten- und Versorgungskabel müssen den erwarteten Temperatur- und Druckverläufen während der Bauwerkserstellung standhalten. Zusätzlich müssen chemische Beständigkeit und Ankopplungsbedingungen gewährleistet sein. Bei Bedarf sind hierzu Voruntersuchungen mit dem vorgesehenen Baustoff notwendig. Die Eignung der einzusetzenden Messtechnik ist dem AG nachzuweisen.

Der AN hat für alle in diesem Kapitel aufgeführten Parameter ein Messprogramm zu konzipieren mit Anordnung der Messquer-/längsschnitte und einer Beschreibung des Messablaufs. Die Messprogramme bzw. -konzepte sind dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln und zu erläutern.

Die Durchführung, Ergebnisse und Bewertung der geophysikalischen Messungen sind in Berichtsform zu dokumentieren.

11.4.2 Georadarmessungen

Bei der Standorterkundung sind vor Beginn der Bauwerkserstellung Georadarmessungen zur Lokalisierung von Schichtgrenzen und evtl. noch vorhandener Riss- und Trennflächen im konturnahen Bereich der Untersuchungsstrecke vorzusehen. Dabei ist die Auflösung so zu wählen, dass die relevanten Einflussgrößen für die Funktionalität des Demonstrationsbauwerks und die Anordnung der Sensoren zuverlässig erfasst werden.

Der AN hat die Messprofile und Antennen an die konkreten Messziele und gewünschten Eindringtiefen anzupassen bzw. entsprechend auszuwählen.

Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Durchführung der Messungen.

11.4.3 Stationäre Ultraschall- und mikroakustische Messungen

Die durchzuführenden Ultraschall- und mikroakustische Messungen dienen der Bewertung des Rissinventars bzw. der Rissdetektion bei der Abbindephase des Baustoffs und im Anschluss. Messziele sind dabei die räumliche und bei neu entstandenen Rissen auch zeitliche Einordnung. Die Messungen haben durch den AN im Bauwerkskörper und im angrenzenden Steinsalz zu erfolgen. Hierzu

hat der AN stationäre Sensoren in der Untersuchungsstrecke und im Steinsalz vor Bauwerkserstellung zu installieren.

Das Messprinzip beruht auf der Schallwellenausbreitung im Untergrund. Bei den geplanten Ultraschallmessungen werden aktiv Signale ausgesandt und deren Ankunftszeiten und Amplituden von den installierten Sensoren gemessen. An Impedanzkontrasten bzw. bei sprunghaften Änderungen der Dichte und Wellengeschwindigkeit werden die Wellen teils reflektiert und refraktiert. Einerseits kann bei bekanntem Laufweg und bekannter Laufzeit und unter der Annahme eines homogenen Mediums eine Geschwindigkeit des dazwischenliegenden Mediums bestimmt werden. Mit der Annahme bekannter Geschwindigkeiten können andererseits aus den Ankunftszeiten der Wellen an den Sensoren Rückschlüsse auf die Lage möglicher Inhomogenitäten und Risse gezogen werden. Die Bestimmung der Wellengeschwindigkeit während der Aushärtephase des Baustoffs durch die Ultraschallmessungen dient auch als Eingangsparameter für die Ortung von Mikrorissen mittels mikroakustischer Messungen.

Im Gegensatz zu den aktiven Ultraschallmessungen erfolgt durch die passive mikroakustische Überwachung die Ortung von Mikrorissen inkl. ihrer exakten Herdzeit. Im kontinuierlichen passiven Messbetrieb der mikroakustischen Messungen zeichnen die Sensoren Signale auf, die durch Deformations-, Entspannungs- und Bruchvorgänge im Gestein, im Baustoff und ggf. in der Kontaktzone entstehen.

Art, Anzahl, Lage und Ausführung der Sensoren hat der AN basierend auf den geologischen Standorterkundungen und angepasst an die Untersuchungsziele für die einzelnen Messaufgaben auszuwählen. Nach Möglichkeit sind die Ultraschall- und mikroakustische Messungen mit dem gleichen Sensortyp und/oder der gleichen Messwerterfassungsanlage (MEA) durchzuführen.

11.4.3.1 Ultraschallmessungen im Baukörper während der Betonage und im Anschluss

Durch den AN sind aktive Ultraschallmessungen im Baukörper zur Bewertung des Rissinventars bzw. zur Detektion möglicher Risse bei der Abbindephase und im Anschluss vorzusehen.

Bei den Ultraschallmessungen werden auch Wellengeschwindigkeiten in verschiedenen Phasen des Abbindens bestimmt, die als Eingangsparameter des Geschwindigkeitsmodells für die passiven mikroakustischen Messungen verwendet werden.

Für die Messungen hat der AN eine Messwerterfassungsanlage (MEA) inklusive dazugehöriger unterbrechungsfreier Stromversorgung (USV) und erprobte bzw. geeignete Ultraschallsensoren mit dazugehörigen Kabeln einzusetzen. Die Messwerterfassungsanlage ist in der Nähe des Demonstrationsbauwerkes zu positionieren, in Abhängigkeit von möglichen Kabelwegen. Die Sensoren werden im Baukörper vor der Betonage an Stahlseilen o. ä. befestigt.

Die Messsonden sind durch den AN innerhalb des Baukörpers geometrisch so anzuordnen, dass beliebig orientierte Mikro- und Makrorissflächen (Öffnungsweiten <1 mm und Rissflächen im cm²-Bereich) detektiert werden können. Der Frequenzbereich der einzusetzenden Ultraschallsensoren sollte etwa im Bereich von 1 kHz bis 100 kHz und die Aufzeichnungsfrequenzen > 200 kHz liegen.

Die Installation und der Einbau des Messsystems sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

Eine regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Messergebnissen und deren Bewertung ist in Form von Monatsberichten vorzusehen.

Die durch die MEA erfassten Rohdaten und berechneten Messgrößen (Rissortungen) sind arbeitstäglich zu sichern und dem AG wöchentlich in digitaler Form, in einem Format nach Rücksprache mit dem AG, bereitzustellen.

11.4.3.2 Mikroakustische Messungen im Bauwerk und Steinsalz während der Betonage und im Anschluss

Der AN hat passive mikroakustische Messungen beliebig orientierter Risse im Bauwerk während der Abbindephase und im Anschluss durchzuführen, s. /1/ und /2/. Die Messungen sind automatisiert durchzuführen und beinhalten die automatische Bestimmung von Herdzeit, Hypozentrum und Ereignisstärke. Die Reichweite ist im Dekameterbereich vorzusehen. Der Frequenzbereich der einzusetzenden Mikroakustiksensoren sollte etwa im Bereich von 1 kHz bis 100 kHz und die Aufzeichnungsfrequenzen > 200 kHz liegen.

Außerdem sind seitens des AN passive mikroakustische Messungen zur Überprüfung der Auswirkungen der Hydratationswärme auf das umliegende Gebirge im Bereich eines repräsentativen Messquerschnitts im angrenzenden Steinsalz und nach Möglichkeit in der Kontaktzone während der Abbindephase und im Anschluss vorzusehen.

Die Messsonden sind innerhalb des Bauwerks geometrisch so anzuordnen, dass beliebig orientierte Mikrorisse im mm-Bereich detektiert werden können. Die Parameter der benötigten Bohrungen zur Überwachung des repräsentativen Messquerschnitts im angrenzenden Steinsalz werden in Abhängigkeit aller vorliegenden Standortinformationen wie beispielsweise Ergebnisse von Radarmessungen (Kap. 11.4.2) festgelegt.

Für die Messungen ist eine MEA inklusive dazugehöriger USV und erprobte bzw. geeignete Mikroakustiksensoren mit dazugehörigen Kabeln benötigt. Die Messwerterfassungsanlage sollte in der Nähe des Demonstrationsbauwerkes positioniert werden, in Abhängigkeit von möglichen Kabelwegen. Die Sensoren werden im Bauwerk vor der Betonage an Stahlseilen o. ä. und im Steinsalz in Bohrungen befestigt.

Die Installation und der Einbau des Messsystems sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

Eine regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Messergebnissen und deren Bewertung ist in Form von Monatsberichten vorzusehen.

Die durch die MEA erfassten Rohdaten und berechneten Messgrößen (Rissortungen) sind arbeitstäglich zu sichern und dem AG wöchentlich in digitaler Form, in einem Format nach Rücksprache mit dem AG, bereitzustellen.

11.4.3.3 Ultraschallmessungen in Bohrungen im Rahmen der Nacherkundung

Bei der Nacherkundung sind durch den AN Ultraschallmessungen in Bohrungen zur Bewertung des Rissinventars bzw. Detektion möglicher Risse bei Bedarf und Rücksprache mit dem AG vorzusehen /1/ und /4/. Die Lokationen und Parameter der Bohrungen sind durch den AN in Abhängigkeit der vorherigen Messungen festzulegen.

Die Bohrungen sind durch den AN mittels Videoendoskopie zu bemustern und nach Erstellung markscheiderisch einzumessen.

11.5 Baubegleitende (Baustoffuntersuchungen)

Zur Bewertung der verwendeten Baustoffe sind durch den AN baubegleitend, die Frischbetoneigenschaften regelmäßig zu überprüfen. Die Frischbetoneigenschaften sind direkt nach der Herstellung des Magnesiabaustoffs zu bestimmen und zu protokollieren. Dazu ist beispielsweise vor dem Verpumpen aus dem Vorlagebehälter zunächst nach jeder Mischercharge eine ausreichende Menge an Frischbeton zu entnehmen und daran die folgenden Frischbetoneigenschaften zu ermitteln:

- die Frischbetontemperatur inkl. der Umgebungstemperatur,
- das Fließrinnenmaß in Anlehnung an die DIN EN 13395-2,
- der Luftporengehalt in Anlehnung an die DIN EN 12350-7 und
- die Suspensionsdichte in Anlehnung an die ASTM D 4380 sowie
- die Frischbetonrohdichte in Anlehnung an die DIN EN 12350-6.

Die Frischbetonprüfungen sind durch den AN wie folgt durchzuführen:

- bei (Wieder-)Anfahren der Misch- und Förderanlage halbstündlich und
- im Dauerbetrieb mindestens stündlich.

Für Nachuntersuchungen ebenfalls baubegleitend je 20 m³ sind 5 KG Rohre (DN 110, Länge: 100 cm) als Rückstellprobe zu befüllen und luftdicht zu verschließen. Nach Betonage sollen mindestens

- 140 befüllte KG Rohre (ausgehend von 550 m³ Verfüllvolumen) bzw.
- 200 befüllte KG Rohre (ausgehend von 550 m³ Verfüllvolumen)

vorliegen, zuzüglich

- 25 - 40 befüllter KG-Rohre, welche im Rahmen der Betonage des Widerlagers zu befüllen sind.

Die KG Rohre sind bis zum Transport unter Tage fachgerecht (hochkant) zu lagern. Den AN hat zu gewährleisten, dass die KG-Rohre in Teilmengen über Tage gefördert und dem AG übergeben werden. Nach Abschluss des Projektes ist geplant, die restlichen Proben zum ERA Morsleben zu verbringen. Die Lagerungs- und Transportkosten sind zu kalkulieren, wobei von einer maximalen Lagerungsdauer von 2 Jahren nach Abschluss der Nacherkundungen ausgegangen werden kann.

Zusätzlich ist je 20 x m³ ein mit einem Temperaturdatenlogger ausgestattetes KG Rohr (DN 110, Länge ca. 55 cm), zur Bestimmung der quasiadiabatischen Temperaturentwicklung zu befüllen. Die Umgebungstemperatur am Lagerort der KG Rohre ist ebenfalls zu ermitteln. Die Temperaturdaten sind mindestens für 14 Tage aufzuzeichnen. Die Messprotokolle sind dem AG als Excel-Datei vom AN zur Verfügung zu stellen. Dem AN wird ein detaillierter Aufbau zur Bestimmung des quasiadiabatischen Temperaturverlaufes nach Auftragsvergabe durch den AG zur Verfügung gestellt.

11.6 Druckbeaufschlagung zur Ermittlung der integralen Permeabilität des Demonstrationsbauwerkes

Für die Bestimmung der integralen Permeabilität des Demonstrationsbauwerkes sind Durchströmungen mittels Gas und Lösung vorzusehen. Die Kontaktzone und die Schädigungszone des konturnahen Gebirges (ALZ) wird als maßgebend für die Größe der integralen Permeabilität angenommen. Die Ausbreitung der ALZ und die erwartete Größenordnung der konturnahen Permeabilität wird im Rahmen der Standorterkundung ermittelt.

Die Druckregelanlage ist mit einem entsprechenden Volumenstrom und entsprechender Messgenauigkeit auf die Permeabilitäten des Baukörpers, der Kontaktzone und der ALZ auszulegen.

Es ist davon auszugehen, dass das Gebirge im Untersuchungszeitraum von einigen Jahren auf das Bauwerk aufkriecht und sich damit die Permeabilität der Kontaktzone und ALZ verringert. Die Messsensoren (Feuchtesensoren, Porendrucksensoren) sind entsprechend der Entwicklung der zu erwartenden Lösungsfront anzuordnen. Eine entsprechende Variabilität der Permeabilität ist auch bei der Anordnung der Sensoren zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 11).

In dem Konzept ist zudem das Vorgehen, die Randbedingungen und Fehlergrenzen / Streubreiten zur quantitativen Bestimmung der integralen Permeabilität darzulegen.

Die konstruktive und messtechnische Anordnung ist dem AG vor Beginn der Installationsarbeiten in einem Konzept zu erläutern und unter ermittelten Randbedingungen darzulegen, dass die Anlagenteile eine ausreichende Genauigkeit aufweisen, um die Ermittlung der integralen Permeabilität zu gewährleisten. Es ist sicherzustellen, dass Bohrungen (beispielsweise Installationsbohrungen), die während der Untersuchungen durch Fluide angeströmt werden können, durch eine entsprechende

Vergütung bei der Ermittlung der integralen Permeabilität vernachlässigt werden können. Dies ist vor Versuchsbeginn durch den AN nachzuweisen.

11.6.1 Dichtigkeitstests

Nach der Installation der Druckregelanlage, des Leitungssystems zur Druckkammer sowie der Druckregelanlage sind diese Komponenten auf Dichtheit zu prüfen und in einem Protokoll zu dokumentieren.

Für das Demonstrationsbauwerk ist ein Qualitätssicherungsprogramm für Dichtheitstest von Druckleitungen zu erstellen (vgl. Kapitel 13) und bei Versuchsausführung anzuwenden bzw. qualitätsgerecht umzusetzen.

11.6.2 Pneumatischer Vortest

Vor Beginn des Hauptversuches ist ein Vortest mittels Druckluft durchzuführen. Der Vortest dient der Ermittlung des integralen Permeabilitätsniveaus. Die Planung und Durchführung des pneumatischen Vortests obliegt dem AN.

Der AN hat ein entsprechendes Prüfprogramm zu erarbeiten, in dem er das geplante pneumatische Druckregime festgelegt. Das Prüfprogramm ist mit dem AG abzustimmen. Es kann in mehreren Phasen als Pulstests, Druckhaltephasen und Druckabfallbeobachtungsphasen durchgeführt werden. Die Druckhöhen und die Dauer der einzelnen Phasen sind auf Maximalwerte zu begrenzen.

Folgende Abbruchkriterien sind vorgegeben:

- Vorhandensein einer ausreichenden Datenmenge, um eine solide Abschätzung der
- integralen Gaspermeabilität machen zu können,
- die vorliegenden Daten müssen eine verlässliche Aussage über die zulässigen
- hydraulischen Drucksteigerungsraten ermöglichen oder
- erkennbare Leckagen im Gesamtsystem.

11.6.3 Haupttest (Versuchsdauer Druckbeaufschlagung)

Der hydraulische Haupttest schließt sich an den Vortest an und hat die Bestimmung der integralen Permeabilität des Demonstrationsbauwerks zum Ziel. Der AN hat alle Handlungsschritte der Druckbeaufschlagung, die eine Auswirkung auf die Größenbestimmung der integralen Permeabilität haben könnten anhand der Ergebnisse des Vortests und der Ergebnisse der Spannungsmessungen festzulegen.

Grundsätzlich sind beim Haupttest folgende zwei unterschiedliche Lastfälle (Phase 1 und Phase 2) zu berücksichtigen:

1. Durchführung des Druckkammertests mit Lösungsdrücken (σ_{Fluid}) < der kleinsten Hauptspannung (σ_3) in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone (i.d.R. entsprechend der gemessenen Radialspannungen durch die Druckkissen) und

2. Durchführung des Druckkammertests mit $\sigma_{Fluid} > \sigma_3$ in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone.

Durch die schädigende Wirkung der fluiddruckgetriebenen Infiltration ist der 1. Lastfall vor dem 2. Lastfall durchzuführen. Die Druckbeaufschlagungsrate im 2. Lastfall ist so gering zu wählen, dass es zu keinem Hydrofrac kommt. Ziel ist es, eine integrale Querschnittspermeabilität in Abhängigkeit der Differenzspannung ($\sigma_{Diff} = \sigma_{Fluid} - \sigma_3$) für den stationären Strömungszustand beim 2. Lastfall zu bestimmen. Wenn dieser Zustand innerhalb der Versuchszeit nicht erreicht werden kann, so ist dieser auf Grundlage der instationären Messergebnisse abzuschätzen.

Die Differenzierung des Haupttests in die unterschiedlichen Belastungszustände ist das Ergebnis der prognostischen Analyse der Streckenabdichtungen im ERAM, s. Anhang 1, Kap. 3.2.3.

Die Dauer des hydraulischen Haupttests wird sich erst im Verlauf des Tests ergeben und kann aktuell nur orientierend aus Vergleichsprojekten angegeben werden. Damit der AN den zeitlichen Rahmen für den hydraulischen Haupttest besser abschätzen und konzipieren kann, sind die wichtigsten Versuchsdaten aus dem Projekt „In situ-Versuch „Abdichtbauwerk im Steinsalz“, vgl. Anlage 1, in diesem Kapitel aufgeführt. Darauf hinzuweisen ist, dass innerhalb des dargestellten Versuchs Belastungszustände abgebildet wurden, bei denen der Lösungsdrück (σ_{Fluid}) kleiner der kleinsten Hauptspannung (σ_3) in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone war (Lastfall 1 bzw. Phase 1).

In der folgenden Tabelle sind die relevanten Daten der Versuchsdurchführung aus dem o.g. Projekt aufgeführt:

Tabelle 2: Versuchsdaten hydraulischer Haupttest (In situ-Versuch „Abdichtbauwerk im Steinsalz“, Anlage 1)

Zeitraum	Phase	Versuchsdaten	Bemerkungen
03.05.2012	Start Haupttest		
14.05. - 21.07.2012	Drucksteigerungsphase 1	Drucksteigerung: 0,1 → 0,3 MPa Steigerungsrate: 0,003 MPa/d Ø Volumenstrom: 1.177 ml/d Volumen; ca. 80 l	Relativdruck bezogen auf die Sohle der Druckkammer
21.07.2012. - 25.02.2013	Druckhaltephase 1	Relativdruck: 0,3 MPa Ø Volumenstrom: 138 ml/d Volumen; ca. 30 l	Relativdruck bezogen auf die Sohle der Druckkammer
25.02. - 10.03.2013	Drucksteigerungsphase 2	Drucksteigerung: 0,3 → 0,7 MPa Steigerungsrate: 0,03 MPa/d Ø Volumenstrom: 1.177 ml/d Volumen; ca. 80 l	Relativdruck bezogen auf die Sohle der Druckkammer

Zeitraum	Phase	Versuchsdaten	Bemerkungen
10.03. - 06.09.2013	Druckhaltephase 2	Relativdruck: 0,7 MPa Ø Volumenstrom: 2.542 ml/d Volumen; ca. 30 l	Relativdruck bezogen auf die Sohle der Druckkammer Wartungen (3 x jährlich)
06.09. 2013 - 31.12.2017		Absolutdruck: 0,8047 MPa akt. Volumenstrom: 5,4 ml/d	Umstellung Relativdruck → Absolutdruck (Druckkammer)

Die Auswertung des hydraulischen Haupttests im zeitlichen Verlauf ist graphisch in der folgenden Abbildung dargestellt:

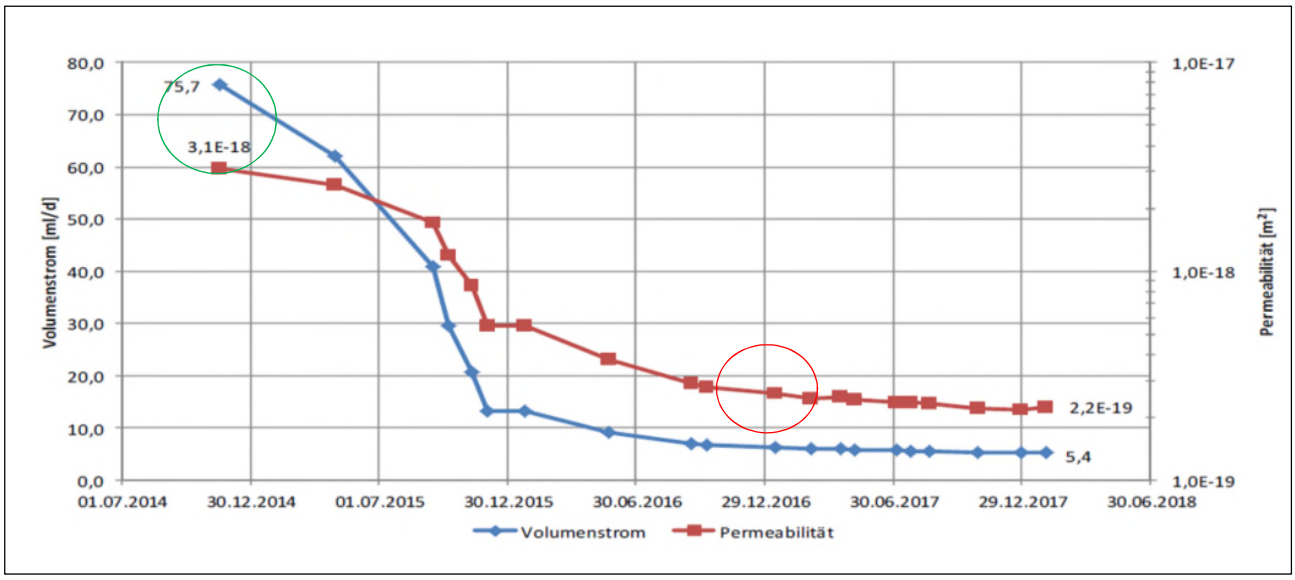


Abbildung 14: Auswertung Hydraulischer Haupttest („in situ-Versuch Abdichtbauwerk im Steinsalz“, Anlage 1)

Gemäß der o.g. Abbildung dauerte der Haupttest bei dem Vergleichsprojekt länger als 3,5 Jahre. Nach rund zwei Jahren nähern sich die Parameter „Volumenstrom“ und die „Permeabilität“ asymptotisch jeweils einem Wert an, der nicht weiter unterschritten wird. Das Versuchsziel kann somit ca. 2 Jahre nach Versuchsbeginn als erreicht angesehen werden. Unabhängig davon soll der AN sich geeignete Maßnahmen überlegen, mit denen er den Messzeitraum verkürzen kann. Diese Versuchsdauer kann der AN orientierend für die Dauer der Druckbeaufschlagung am Demonstrationsbauwerk ansehen.

Den genauen Termin, wann die Messungen bei dem zu errichtenden Demonstrationsbauwerk und dessen Druckbeaufschlagung eingestellt werden kann bzw. soll, hat der AN mit dem AG abzustimmen.

11.6.4 Abbruchkriterien

Die einzelnen Versuchsphasen sind in Abhängigkeit des Versuchsverlaufs abgestimmt zwischen AN und AG zu beenden.

Druckloses Befüllen der Druckkammer

Das Befüllregime orientiert sich an der Messwertentwicklung der Porenwasserdruckgeber in der Druckkammer, an der gemessenen Befüllmenge und am Überlauf im Bereich der Entlüftungsarmatur. Die Überlaufmenge wird gemessen und in die Befüllbilanz aufgenommen. In mehreren Zyklen wird der Aufsättigungsprozess des Restporenvolumens im Bereich der Druckkammer beobachtet, indem Menge und Zeit der nachgefüllten Lösung bis zum jeweiligen Überlauf dokumentiert werden.

Folgendes Abbruchkriterium ist vorgegeben:

- Annäherung der Differenzwerte an einen stabilen Endwert.

Drucksteigerungsphase

Aus den Ergebnissen des pneumatischen Vortests wird eine Drucksteigerungsrate abgeleitet und dem Mess- und Regelmechanismus der DRA vorgegeben. Je nach Messwertentwicklung im Bereich der druckkammernahen Messquerschnitte wird die Drucksteigerung kontinuierlich fortgesetzt, bis ein geeignetes Druckmaximum erreicht ist. Die Drucksteigerungsphase kann durch Druckhaltephasen unterbrochen werden. Aus vergleichbaren Projekten ist bekannt, dass es während der Drucksteigerungsphase zu einer überproportionalen Zunahme der Permeabilität kommt. Dies ist bei der Einstellung der Drucksteigerungsrate zu beachten.

Folgende Abbruchkriterien sind vorgegeben:

- Annäherung des Druckkammerdruckes an die kleinste, anstehende Radialspannung im Bereich des druckkammernächsten Messquerschnittes für die erste Phase des Haupttests. Hier ist der Trend der Messwertentwicklung von besonderer Bedeutung) und

- vom Trend abweichende Zunahme der Zulaufrate bei konstanter Drucksteigerungsrate.

Druckhaltephase

Bei der Drucksteigerungsphase orientieren sich der Zeitpunkt und die Dauer der Anordnung einer oder mehrerer Druckhaltephasen an der Messwertentwicklung. Spätestens nach Erreichen eines geeigneten Druckmaximums wird eine mehrwöchige Druckhaltephase eingestellt. Insbesondere die Steigerung von Radialspannungen und der Volumenstrom des Druckfluides unter der eingestellten konstanten Druckhöhe sind zu beachten.

Folgende Abbruchkriterien sind vorgegeben:

- Erreichen einer stationären und auswertbaren Druckfunktion (konstanter Einschließdruck, vgl. Abbildung 14)

Druckabfallphase

Je nach Messwertentwicklung kann nach einer Druckhaltephase auch eine Druckabfallphase erforderlich werden. Dies erfolgt entweder durch ein Beenden der aktiven Druckbeaufschlagung und ein Abriegeln der Druckkammer oder infolge einer Störung der DRA. Infolge des weiterhin abströmenden Druckmediums kommt es zu einem unmittelbaren Druckabfall, dessen Rate sich asymptotisch einem Endwert annähert, der als Einschließdruck bezeichnet wird. Die Höhe des Einschließdruckes ist abhängig vom Einspannungszustand des Abdichtbauwerkes und des Aufsättigungsgrades. Es können ggf. auch hydraulische Puls-Tests erforderlich werden, die nach Erreichen eines bestimmten Druckniveaus eine Unterbrechung des Pumpprozesses vorsehen und den resultierenden Druckabfall in der Druckkammer zur Auswertung der Permeabilität heranziehen.

Für die Druckabfallphase sind keine Abbruchkriterien vorgegeben. Diese Versuchsphase ist in Abhängigkeit des Versuchsverlaufs in Abstimmung zwischen AN und AG zu beenden.

Störungen

Störungen in der Druckregelung wirken sich unmittelbar auf die Entwicklung des Lösungsdruckes in der Druckkammer und die Messwertentwicklung zu den Radialspannungen aus. Die Druckbeaufschlagung soll unter kontrollierten Bedingungen ablaufen, so dass Störungen im Druckverlauf möglichst unmittelbar nach Eintritt durch geeignete Mess- und Regeltechnik überbrückt werden müssen. Der Zeitraum eines unplanmäßigen Druckabfalls muss durch den AN bestmöglich minimiert werden, um Störungszeiten innerhalb des Gesamtversuchs bestmöglich zu minimieren.

Sollte das angeschlossene und ausgefallene Pumpsystem nicht innerhalb eines angepassten Wartezeitraumes aktiviert werden können, ist automatisch ein Reservesystem zu schalten. Ist ein automatisches Aktivieren über die Magnetventile nicht möglich, so muss dies händisch unternommen werden. Alle denkbaren Störungsszenarien und deren Handlungsoptionen sind vor Beginn der Druckbeaufschlagung gedanklich durchzuspielen und schriftlich in einer Handlungsanweisung festgehalten. Alle Maßnahmen zur Störungsbeseitigung sind so anzulegen, dass bei der weiteren Druckbeaufschlagung solch ein Fehler ausgeschlossen werden kann.

11.7 Nacherkundung

Das Demonstrationsbauwerk ist vom AN nach Fertigstellung und Abklingen der Bauwerkstemperatur auf ≤ 5°K zur ursprünglichen Gebirgstemperatur in situ in Bohrungen (Kapitel 11.7.2) und an Probematerial aus Bohrungen (s. Kapitel 11.7.4) zu untersuchen und zu bewerten.

Dabei sind Permeabilitäts- (Gas und Lösung) und Hydrofracmessungen in den Bohrungen vom AN zu planen, durchzuführen und die Ergebnisse auszuwerten. Die Bohrungen für die Gewinnung von Probematerial für Untersuchungen im Labor sind vom AN zu planen, zu stoßen und das Probematerial ist dem AG zu übergeben. Der AN hat dieses Probematerial fachgerecht zu verpacken, trocken zu lagern und dem AG mit den entsprechenden Begleitdokumenten zu übergeben. Dabei erfolgt die Übergabe übertägig. Nach Abschluss des Projektes ist geplant, die restlichen Proben zum ERA Morsleben zu verbringen.

11.7.1 Randbedingungen und Annahmen

Bei der Erstellung des Nacherkundungsprogramm sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Nutzung des 3D-Modells bei der Planung,
- Festlegung von Bohrkorridoren,
- Bohrungen durch das Widerlager, vor dem Widerlager und von der Begleitstrecke,
- „Konkurrenzsituation“ Bohrungen für In-situ-Messungen und für Gewinnung von Probematerial für Laboruntersuchungen,
- Zeitplanung: 1. Durchführung von In-situ-Messungen, 2. Bohrungen für Gewinnung von Probematerial für Laboruntersuchungen (eine Beeinflussung ist auszuschließen),
- Keine Beeinflussung von Messerergebnissen durch die geometrische Anordnung von Bohrungen (zu geringer Abstand von Bohrungen) und
- Berücksichtigung der Lage von Messquerschnitten und stationärer Messtechnik, um notwendige Messzeit zu erhalten.
- Kontaktzone Firste von größerer Dominanz beim hydraulischen Widerstand als in Sohle und in den Stoßbereichen und

Die Untersuchungsziele für das Nacherkundungsprogramm wie folgt skizzieren:

- Datengrundlage für die Bewertung der Eigenschaften nach Bauzustand für den Beginn der prognostischen Analyse
  → Parameter für die mechanischen Eigenschaften nach Bauzustand und hydraulischen Eigenschaften mit Gas und Lösung,
- Bewertung von Homogenität und Isotropie des Abdichtungssegments/Baukörpers (mögliche Effekte resultierend aus Entmischung, Sedimentation, lokaler Ansammlung von Überschusslösung)
  → Untersuchung der Eigenschaften an Bohrkernen aus dem First- und Sohlbereich sowie der Bauwerksmitte (Bereich mit der größten Hydratationswärme), an unterschiedlichen Stellen in axialer Richtung,
- Ermittlung der Kontaktzoneneigenschaften (mechanisch und hydraulisch) im First-, Sohl-, Stoß- und Übergangsbereich Stoß/Firste sowie an unterschiedlichen Stellen in axialer Richtung,

- Abgleich von Untersuchungsergebnissen in situ und an Prüfkörpern aus dem Baukörper,
- Hauptuntersuchungsprogramm zur Ermittlung der Bandbreiten erfolgt an gegossenen Prüfkörpern (kein Leistungsbestandteil), In-situ-Untersuchungen in Bohrungen und Untersuchungen an gewonnenen Bohrkernen erfolgen indexartig zur Überprüfung der Eigenschaften bzw. zur Einordnung in die zuvor ermittelten Bandbreiten,
- Ableitung von Bandbreiten für die einzelnen Parameter und
- Festlegungen für das QS-Programm bei der Stilllegung (Vergleich der Ergebnisse an gegossenen Prüfkörpern und Prüfkörpern aus gewonnenen Bohrkernen)
  → Parameter für die mechanischen Eigenschaften.

11.7.2 Nacherkundungsprogramm

Mit Angebotsabgabe ist vom AN ein Nacherkundungsprogramm vorzulegen, in welchem die konzeptionellen Planungen vorgestellt werden, um die in Kapitel 11.7.1 genannten Untersuchungsziele durch in situ-Messungen zu erreichen und durch eine zielgerichtete Anordnung von Bohrungen das notwendige Probematerial für Laboruntersuchungen in ausreichender Menge zu gewinnen.

11.7.3 Nacherkundungen in Bohrungen

Zur Bewertung der hydraulischen Eigenschaften des Bauköpers und der Kontaktzone hat der AN dabei die Anzahl und die räumliche Lage der Messbohrungen festzulegen, mit dem Ziel ein repräsentatives Ergebnis für die jeweilige Messaufgabe zu erhalten. Bei der Planung der Bohrungen hinsichtlich ihrer Lage ist die Messtechnik sowie der Abstand der Bohrungen zueinander und zu den Bohrungen für die Standorterkundung zu beachten. Eine gegenseitige negative Beeinflussung von Messungen ist möglichst auszuschließen. Zudem sind die Längen der Bohrungen so zu begrenzen bzw. so zu stoßen, dass ein Einfluss auf die Druckbeaufschlagung vermieden wird.

Die Messbohrungen sind in der erforderlichen Qualität durch den AN selbst zu erstellen. Nach Reinigung (trocken) der Messbohrungen sind deren Öffnungen bis zur Messung fachgerecht mittels Knebelpacker zu verschließen. Die beim Stoßen der Kernbohrungen gewonnenen Prüfkerne sind nach der lithologischen Ansprache in Folie einzuschweißen und in Kernkisten zu archivieren.

Nach Fertigstellung der Bohrungen sind in diesen Bohrlochinspektionen mit einer Kamera oder einem Videoendoskop durchzuführen. Die Bohrlochinspektionen sind gemäß den Vorgaben der Qualitätssicherung (vgl. Kap. 13) durchzuführen, schriftlich zu protokollieren und werden Bestandteil des Messergebnisberichts.

Bei den **Permeabilitätsuntersuchungen** in den Bohrungen sind Packergarnituren derart zu wählen, dass einzelne Materialbereiche (Baukörper, Kontaktzone, Gebirge) getrennt voneinander untersucht werden können. Änderungen in der Durchlässigkeit entlang der Bohrlochachse sollen möglichst exakt erfasst werden. Anhand von geeigneten Untersuchungen zur Bestimmung des Feuchtegehalts wird vom AN festgelegt, ob die Messungen als Gasmessungen oder als Messungen mit Lösung

durchgeführt werden. Die Ergebnisse zu den Untersuchungen zum Lösungsgehalt werden Bestandteil des Messergebnisberichtes. Auch bei den Permeabilitätsmessungen in den Bohrungen sind folgende zwei Lastfälle durchzuführen:

1. Permeabilitätsmessungen mit Lösungsdrücken (σ_{Fluid}) < der kleinsten Hauptspannung (σ_3) in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone (i.d.R. entsprechend der gemessenen Radialspannungen durch die Druckkissen) und

2. Permeabilitätsmessungen mit $\sigma_{Fluid} > \sigma_3$ in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone.

Durch die schädigende Wirkung der fluiddruckgetriebenen Infiltration ist der 1. Lastfall vor dem 2. Lastfall durchzuführen. Die Druckbeaufschlagungsrate im 2. Lastfall ist so gering zu wählen, dass es zu keinem Hydrofrac kommt. Zu den Hintergründen s. Anhang 1, Kap. 3.2.3.

Die Messbereiche und -unsicherheiten für die Permeabilitätsmessungen (mit Gas- und Lösung) sind aus Kapitel 7.4.1 zu beachten. Der AN hat im Messergebnisbericht zu den erreichten Messunsicherheiten, messtechnischen Besonderheiten und der Repräsentativität der Ergebnisse Stellung zu nehmen.

Die Dokumentation der Messungen umfasst die Darstellung und Beschreibung der Messsysteme und der durchgeführten Messungen. Sie beinhaltet weiterhin:

- die Angabe des Auftrages sowie die Erläuterung der Messaufgabe,

- die Beschreibung der äußeren Randbedingungen, die für die Bearbeitung der Aufgabe und das Verständnis der Ergebnisse wesentlich sind, insbesondere der Situation am Messort,

- Protokolle und Fotodokumentation der Bohrlochbemusterung durch den AN vor den Messungen und

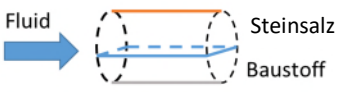
- die Beschreibung der Tätigkeiten, soweit sie zum Verständnis und zur Bewertung erforderlich sind (Beschreibung der Messmethoden, der Messarbeiten mit Hinweisen auf Besonderheiten, der durchgeführten Prüfungen und der Datenaufbereitung).

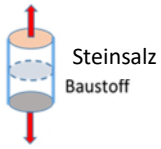
11.7.4 Nacherkundung für Untersuchungen an Probematerial aus Bohrungen

Zur Bewertung der hydraulischen, mechanischen, thermischen, physikalischen und geochemischen Eigenschaften des Bauköpers und der Kontaktzone sind vom AG Laboruntersuchungen geplant. Der AN hat dabei die Anzahl und die räumliche Lage der Bohrungen für die Gewinnung des Kernmaterials in ausreichender Menge festzulegen, mit dem Ziel ein repräsentatives Ergebnis für die jeweilige Messaufgabe zu erhalten. Bei der Planung der Bohrungen hinsichtlich ihrer Lage ist der Abstand der Bohrungen zueinander zu beachten, eine gegenseitige negative Beeinflussung ist möglichst auszuschließen. Zudem sind die Längen der Bohrungen so zu begrenzen bzw. so zu stoßen,

dass ein Einfluss auf die Druckbeaufschlagung vermieden wird. Tabelle 3 gibt dem AN einen Überblick über das voraussichtliche Untersuchungsprogramm, als Grundlage für die Planung und Kalkulation.

Tabelle 3: Zusammenstellung der vom AG geplanten Untersuchungen an Kernmaterial aus dem Baukörper und der Kontaktzone

Geplante Untersuchungen an Magnesiabaustoff aus dem Baukörper	**Anforderungen PK** **Geometrie [D/L in mm]** **Lokation radial (im Querschnitt)** **Lokation axial**	**Anzahl PK je Lokation (Firste, Sohle, Mitte)**
Thermische Untersuchungen (Leitfähigkeit, Wärmekoeffizient etc.)	90/180; Firste, Sohle, Mitte	2, 2, 2
Sättigungszustand (Doppelnutzung PK mit Porosität)	90/180; Firste, Sohle, Mitte	mit Porositätsuntersuchungen
Effektive Porosität (für Lösung zugängliche Porosität)	90/180; Firste, Sohle, Mitte	4, 4, 4
Permeabilität (Gas und Lösung)	90/180; Firste, Sohle, Mitte	4, 4, 4
Gaseindringdruck (In-situ-Zustand und lösungsgesättigter PK), (ggf. Doppelnutzung PK mit Lösungspermeabilitätsmessungen)	90/180, Firste, Sohle, Mitte	2, 2, 2
Ersatzkompaktionsmodul	90/180, Mitte	3
Einaxiale Druckfestigkeit und Poisson-Zahl, E-Modul (Hystereseschleife während der Untersuchungen)	90/180; Firste, Sohle, Mitte; axial mehrfach	4, 4, 4
Triaxiale Druckfestigkeit (unterschiedliche Manteldrücke und unterschiedliche Verformungsraten)	90/180; Firste, Sohle, Mitte	4, 4, 4
Einaxiale Zugfestigkeit	90/180; Firste, Sohle, Mitte	4, 4, 4
Scherfestigkeit	90/180; Mitte	6
Relaxationsversuche	40/80 oder 60/120, 90/180; Mitte	6
Kriechverhalten (triaxial und einaxial)	40/80 oder 60/120, 90/180; Firste, Sohle, Mitte	3, 3, 3
Geplante Untersuchungen an Material aus der Kontaktzone	**Anforderungen PK** **Geometrie [D/L in mm]** **Lokation radial (im Querschnitt)** **Orientierung KZ**	**Anzahl PK je Lokation (Firste, Sohle, Stoß)**
Permeabilität der Kontaktzone; Gas und/oder Lösung  Scherfestigkeit	90/180; Firste, Sohle Stoß; längs	4, 4, 4
	90/180; Firste, Sohle, Stoß; quer oder axial / KZ möglichst mittig (PK kann in der Scherbox auch etwas schräg einbetoniert werden)	4, 4, 4

Geplante Untersuchungen an Magnesia-baustoff aus dem Baukörper	**Anforderungen PK** **Geometrie [D/L in mm]** **Lokation radial (im Querschnitt)** **Lokation axial**	**Anzahl PK je Lokation (Firste, Sohle, Mitte)**
Haftzugfestigkeit (direkt, einaxial), alternativ Spaltzugversuch/Brazil-Test Optimal: 	Direkt: mind. 60/120; Firste, Sohle, Stoß; möglichst quer oder D=100 bei axial, um daraus geeignete Proben mit veränderter Orientierung (quer) herzustellen; Spaltzug: 90/180; Firste, Sohle, Stoß; längs	4, 4, 4

Die Bohrungen zur Gewinnung des Kernmaterial sind in der erforderlichen Qualität durch den AN selbst zu erstellen.

Nach Fertigstellung der Kernbohrungen sind in diesen Bohrlochinspektionen mit einer Kamera oder einem Videoendoskop durchzuführen. Die Bohrlochinspektionen sind gemäß den Vorgaben der Qualitätssicherung (vgl. Kap. 13) durchzuführen, schriftlich zu protokollieren und werden Bestandteil des Messergebnisberichts.

Für die Nachuntersuchungen sind dem AG Bohrkerne mit mind. 98 mm Durchmesser zur Verfügung zu stellen und zwar mindestens 40 m Bohrkernmaterial aus dem Baukörper und mindestens 25 m Bohrkernmaterial aus der Kontaktzone. Das Bohrkernmaterial muss größtenteils am Stück sein und bei dem Kernmaterial aus dem Bereich der Kontaktzone muss die Kontaktzone mittig im Bohrkern-querschnitt liegen (Tabelle 3). Die Bohrkerne sind nach der Gewinnung bis zur Abholung luftdicht verschlossen in Kernkisten untertage zu lagern und weitestgehend erschütterungsfrei zu transportieren. Die Kernkisten und das Kernmaterial müssen eindeutig gekennzeichnet und dokumentiert sein. Dem AG wird das Probematerial nach vorheriger Mitteilung des Bedarfs durch den AG zum Transport in externe Prüflabore übertägig zum Weitertransport durch den AG zur Verfügung gestellt. Bis zum Rücktransport ist das Probenmaterial wie oben beschrieben zu lagern.

Nach Abschluss des Projektes ist geplant, die restlichen Proben zum ERA Morsleben zu verbringen.

Die Lagerungs- und Transportkosten sind zu kalkulieren, wobei von einer maximalen Lagerungs-dauer von 2 Jahren nach Abschluss der Nacherkundungen ausgegangen werden kann.

11.7.5 Permeabilitätsuntersuchungen in Verfüll- und Entlüftungsbohrungen

Mit Hilfe von Permeabilitätsuntersuchungen in Verfüll- und Entlüftungsbohrungen des Streckenab-dichtungssegments hat der AN deren strömungstechnische Verhalten zu ermitteln und zu beurteilen. Hierzu sind in den mit Magnesiabaustoff verschlossenen Verfüll- und Entlüftungsbohrungen vom AN zu konzipierende Permeabilitätsuntersuchungen mit Gas und Lösung durchzuführen.

Für die Permeabilitätsmessungen sind die Messbereiche und -unsicherheiten aus Kapitel 7.4.1 zu beachten.

Der AN hat im Messergebnisbericht zu den erreichten Messunsicherheiten, messtechnischen Besonderheiten und der Repräsentativität der Ergebnisse Stellung zu nehmen. Bei der Durchführung der Prüfungen kann der AG seine bisherigen Erfahrungen in Bezug auf die durchzuführende Untersuchung zur Verfügung stellen.

12 Organisatorische Festlegungen

12.1 Allgemeines

Auf die Sauberhaltung der Lager- und Arbeitsflächen muss seitens des AN besonders geachtet werden. Es ist die Pflicht des AN, jegliche Verschmutzungen zu vermeiden bzw. unvermeidbar eintretenden Verunreinigungen sofort wirksam zu beseitigen.

Am Standort hat der AN ein Informationsstand zu erstellen. Der Informationsstand muss folgende Informationen öffentlichkeitswirksam beinhalten:

- Ort der Sicherheitstafel, bestückt mit Betriebsanweisungen für Gefahrstoffe und für eingesetzte Maschinen,
- Lagepläne incl. Geologie,
- Fluchtpläne,
- Kurzdarstellung Errichtung Demonstrationsbauwerk und zugehöriger Untersuchungen,
- Telefon mit Amtsleitung und Telefonverzeichnis,
- Verbandskästen,
- Augenspülflaschen,
- Reserveschutzbrillen,
- zentraler Aufbewahrungsort für Sauerstoff-Selbstretter und
- Projektträger / AG-Informationen.

Der AN hat einen Lageplan für elektr. Anschlüsse, Beleuchtung und Erdungsmöglichkeiten zu erstellen. Es sind Absperrketten und relevante Warnschilder für die Untersuchungen bereitzustellen.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

12.2 Besprechungen

Besprechungen/Ortstermine in der Planungsphase

Der Bedarf an Besprechungen inkl. Teilnehmerkreis des AN in der Planungsphase ist einvernehmlich zwischen AN und AG abzustimmen. Der Aufwand wird nach den entsprechenden Positionen im Leistungsverzeichnis vergütet. Das Protokoll wird vom AN erstellt.

Status-/ Fachgespräche

Die erarbeiteten Ergebnisse und Zwischenstände sind in regelmäßigen Abständen dem AG vorzulegen und in Statusgesprächen in geeigneter Form (z.B. Power-Point-Präsentation) zu präsentieren. Die Dateien sind direkt nach dem Gesprächstermin zu übermitteln. Die Status- und Fachgespräche während der Ausführungsplanung und der Bauausführung finden wöchentlich statt. Nach der Bauwerkserrichtung ist von 2 Besprechungen pro Monat auszugehen.

In diesen Statusgesprächen/ Fachgespräche werden die Ergebnisse bzw. Zwischenstände mit dem AG diskutiert und das weitere Vorgehen festgelegt. Die Gesprächsprotokolle, welche AN geführt und vom AG schriftlich bestätigt werden, dienen dabei zur verbindlichen Festlegung von Vereinbarungen zwischen AG und AN.

Teilnahme an Fachsitzungen und Präsentationen der Arbeiten vor Dritten

Die Planungen und Vorgehensweisen sowie die erzielten Ergebnisse sind nicht nur dem AG, sondern auch zusammen mit dem AG vor Dritten vorzustellen, z.B. Behörden. Die Inhalte hierzu sind vorab mit dem AG in Besprechungen abzustimmen. Es ist von drei Gesprächen mit Beteiligung Dritter auszugehen, wobei die Abstimmungsgespräche mit einzukalkulieren sind.

Besprechungen und der Schriftverkehr zwischen AN und AG werden in Deutsch geführt. Dazu hat der AN dafür zu sorgen, dass seine Mitarbeiter bzw. die von Unterauftragnehmern mindestens der Sprachniveaustufe C1 nach dem gemeinsamen europäischen Referenzrahmen entsprechen. Alle Besprechungsprotokolle werden vom AN erstellt und mit dem AG abgestimmt. Die Gespräche können nach Notwendigkeit und Bedarf auch online geführt werden. Die Reisekostenvergütung erfolgt gemäß Leistungsverzeichnis.

12.3 Befahrungen

Der AN hat ständige, unbeschränkte Zugänglichkeit zu allen über- und untertägigen Arbeitsbereichen des Demonstrationsbauwerkes zu gewährleisten und ist für die ordnungsmäße Organisation der Befahrungen zuständig.

Die Modalitäten für die Umsetzungen der Befahrungen sind bei der Vertragsgestaltung mit dem AG abzustimmen.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

13 Qualitätssichernde Maßnahmen

13.1 Allgemeines / Begriffsdefinitionen

Die qualitätssichernden Maßnahmen umfassen die Qualitätsplanung, die Qualitätsprüfung, den Nachweis der Erfüllung der Qualitätsanforderungen und die Auswertung des Erfahrungsrückflusses bei den einzelnen Planungs- und Bauphasen sowie den Nachuntersuchungen. Da den vorgesehenen Streckenabdichtungen bei der Stilllegung des ERA Morsleben eine hohe sicherheitstechnische Bedeutung zukommt, sind bei der Herstellung des Demonstrationsbauwerkes hohe Anforderungen an die Qualität der Herstellung und an die Qualitätsdokumentation zu erbringen bzw. zu gewährleisten.

Der AN hat zu Projektbeginn einen verantwortlichen Sachbearbeiter für die Qualitätssicherung zu benennen. Dieser hat neben einer Ausbildung im Bereich der Qualitätssicherung auch Kenntnisse über die erforderlichen Dokumente und über das geforderte Berichtswesen zu verfügen.

Bei den auszuführenden Arbeiten dürfen nur Arbeitskräfte zum Einsatz kommen, welche die erforderliche Fachkunde, Erfahrung und die relevanten Qualifikationen für die Ausführung der Arbeiten besitzen. Die Qualifikationen der Arbeitskräfte sind vom AN schriftlich nachweisen.

Die aktuell gültigen Vorgaben und Regeln des Arbeitsschutzes und des Gesundheitsschutzes (z. B. DGUV Regel 101.007 – Sicherheitsregeln für Bauarbeiten unter Tage etc.) sind bei der Erstellung des QS-Planes zu berücksichtigen. Sie werden untersetzt durch Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente (SGD) Die eingesetzten Mitarbeiter sind entsprechend nachweispflichtig zu unterweisen. Die untertägig eingesetzten Mitarbeiter müssen über die erforderlichen Nachweise arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen (A1 Grubentauglichkeit, G20 Lärm etc.) zu verfügen.

Bei den qualitätssichernden Maßnahmen wird zwischen der Bauüberwachung und der fachlichen Eigen- und Fremdüberwachung unterschieden, die wie folgt definiert werden:

13.2 Überwachungen

Bauüberwachung

Die Bauüberwachung (BÜ) übernimmt in Teilen die Qualitätssicherung, in dem sie bestimmte Teilgewerke abnimmt bzw. erst nach erfolgreicher Abnahme eines Teilgewerks den nächsten Arbeitsschritt freigibt. Die Bauüberwachung wird durch den AN (Eigenüberwachung) und den AG (Fremdüberwachung) gestellt.

Fachliche Eigenüberwachung

Mit der fachlichen Eigenüberwachung (EÜ) werden fortlaufende Selbstkontrollen der ausführenden Unternehmen definiert. Bei der Eigenüberwachung wird die Erfüllung bestimmter Anforderungskriterien überprüft. Die fachliche Eigenüberwachung erfolgt je Gewerk nach einem vorgegebenen Prüfplan der auf Verlangen ausgehändigt wird.

Fachliche Fremdüberwachung

Durch die fachliche Fremdüberwachung (FÜ) werden bestimmte Probenahmen und Prüfungen von Fachunternehmen bzw. Fachpersonal von außerhalb des ausführenden Unternehmens durchgeführt. Nach derzeitigem Stand ist geplant, dass der AG die FÜ beauftragen wird.

Die fachliche FÜ prüft und überwacht die Erfüllung bestimmter Anforderungskriterien, die im QS-Plan verankert bzw. vorgegeben sind. Bei einer Nichterfüllung wird eine Anordnung von Nachbesserungsarbeiten erfolgen. Sollten die Nachbesserungsarbeiten nicht zum gewünschten Erfolg und der Erfüllung des bemängelten Anforderungskriteriums führen kann dies zur Verweigerung der Abnahme und schlimmstenfalls zum Rückbau und zur Neuerstellung des Bauwerks führen.

13.3 Qualitätssicherungsplan

Der AN hat bei Erstellung der Entwurfsplanung einen Leistungskatalog für die Qualitätssicherung (Qualitätssicherungskonzept) für die Bauwerkserrichtung und die dazugehörigen messtechnischen Untersuchungen (vor und während der Bauphase sowie im Zuge der Nachuntersuchungen) zu erarbeiten. Dieses Qualitätssicherungskonzept ist vom AN mit der Genehmigungs- und Ausführungsplanung in einen Qualitätssicherungsplan (nachfolgend: QS-Plan) zu überführen.

Mit dem QS-Plan hat der AN die Projektziele aus Sicht der Qualitätssicherung zu betrachten und Qualitätsziele zu definieren. Qualitätsrisiken sind zu identifizieren und Maßnahmen zu ihrer Eliminierung oder Kontrolle festzulegen. Daneben sind Strategien für die Vermeidung und Korrektur von Abweichungen vorzustellen, die bei Bauausführung und den Nachuntersuchungen umzusetzen sind. Im QS-Plan sind mindestens die zu erfüllenden Größen und Eigenschaften für die folgenden Sachverhalte festzuschreiben:

- Arbeitsumgebung und Infrastruktur,
- Qualifikation des Schlüsselpersonals (z.B. Bauleiter, Polier, Bohrgeräteführer),
- Vorbereitende Arbeiten,
- Qualitätssichernde Maßnahmen der Ausgangsstoffe, Herstellungsprozesse, der technischen Einrichtungen, der eingesetzten Baugeräte und Gerätschaften zur Errichtung des Bauwerkes,
- Bauüberwachung (AN und AG-seitig),
- Eigen- und Fremdüberwachung,
- Zustimmungs- und Freigabeprozesse und
- Qualitätsdokumentation.

Den QS-Plan ist mit Dokumenten, seitens AN unterschriftspflichtigen Prüfplänen (u.a. Dokumentation der vorbereitenden Arbeiten, Ausführungsplanung, Baudurchführung, Qualitätssicherung der Baustoffe, Dokumentation der Bauphase, Dokumentation der Messsysteme und der Nachuntersuchungen) zu untersetzen. Darüber hinaus sind für qualitätskritische Arbeiten, Arbeitsprozesse und/oder Gewerke zusätzlich gewerkorientiert Einzel-QS-Pläne oder QS-Programme zu erstellen.

Für die Bauausführung sind die Maßnahmen zur Qualitätssicherung hinsichtlich der Bauausführung, der verwendeten Baustoffe und deren Einbau inkl. Probenahme und der geotechnischen Instrumentierung von besonderer Relevanz. Bei diesen hat der AN die erforderlichen Prüfungen, Ergebnisprotokolle, Zertifikate, Herstellerbescheinigungen etc. zu unterlegen.

Die Maßnahmen zur Qualitätssicherung beschränken sich nicht nur auf Kontrollen, sondern umfassen in gleichem Maße Korrekturen bei Abweichungen von festgelegten Anforderungen und Standards. Als orientierende Vorlage liegt für den vom Bieter zu erstellenden Qualitätssicherungsplan lder LB in Anlage 1 der Schlussbericht In situ-Versuch „Abdichtbauwerk im Steinsalz“ und der dazugehörige Qualitätssicherungsplan (Anlage 2) aus einem vergleichbaren Projekt bei.

Wir weisen darauf hin, dass der AN den QS-Plan inkl. der dazugehörigen Dokumente (Arbeitsprogramme, Prüfpläne, gewerkorientierte QS-Programme usw.) an die von ihm konzipierten Leistungen und die für ihn relevanten Randbedingungen zur Errichtung des Demonstrationsbauwerkes anzupassen hat.

Innerhalb der Bauausführung und bei den Nachuntersuchungen ist der QS-Plan vom AN fortzuschreiben und unter Einbeziehung der anfallenden Messdaten und Zwischenergebnisse anzupassen. Änderungen am QS-Plan sind vom AN entsprechend zu dokumentieren.

14 Abschlussdokumentation

Die Hauptaufgabe der Abschlussdokumentation ist die Darstellung der Ergebnisse mit Bezug auf die Untersuchungsziele, Interpretation und Dokumentation der Planung, Bearbeitung und Ergebnisse sowie die Bereitstellung des projektrelevanten Datenmaterials.

Der AN hat den Projektfortschritt während der gesamten Leistungserbringung durch ein Berichtwesen vollumfänglich festzuhalten. Dabei sind insbesondere Projekt- und Terminrisiken zu erkennen und diese nach Feststellung dem AG schriftlich mitzuteilen.

Alle Ergebnisse sind in sich schlüssig zu dokumentieren. Sämtliche im Rahmen der Bearbeitung erstellte Dateien (Berichte, Zeichnungen, Berechnungen, Messdaten, Auswertungen der Messdaten etc.) sind dem AG in einer digitalen Form über eine von dem AG zur Verfügung gestellten Plattform zu übermitteln.

Es ist zu gewährleisten, dass der AG an allen Abbildungen die Rechte erwirbt, um diese frei verwenden zu können (s. zusätzliche Vertragsbedingungen der BGE für Urheber- und Nutzungsrechte). Die Gliederung der Abschlussdokumentation ist mit dem AG im Vorfeld abzustimmen. Darüber hinaus ist die Gestaltungsrichtlinie des AG anzuwenden.

Die Abschlussdokumentation umfasst:

- Die Zusammenstellung der in Kap. 3.4 dargestellten Unterlagen,
- Dokumentation der Ergebnisse der Standorterkundung, s. Kap. 7,
- Dokumentation der Ergebnisse aus dem Untersuchungs- und Messprogramm, s. Kap. 11,
- Dokumentation der Ergebnisse aus der Nacherkundung, s. Kap. 11.7,
- Messtechnische Dokumentation,
- Ergebnisdarstellung des Projektablaufs in Form von Statusberichten (monatlich)
- Baudokumentation; als eine der eigenständigen Anlagen ist eine Baudokumentation in Anlehnung an DIN 1076 mit aufzuführen.

  Bei der Baudokumentation sind:

  - sämtliche technischen Details,
  - statischen Berechnungen,
  - Detailpläne der Ausführung,
  - Längs- und Querschnitte der Untersuchungsstrecke/Begleitstrecke,
  - Betonierplan,
  - Bautagebuch,
  - SGD,
  - Prüfpläne,
  - QS-Dokumentationen
  - Bestandszeichnungen auf Grundlage der Einmessungen des AG und
  - sonstige geforderte Dokumentationen aufzunehmen.
- Abschlussbericht mit Bewertung der Maßnahme/Untersuchungsziele, Ableitung der hydraulischen Eigenschaften des Demonstrationsbauwerks und Ableitung von Empfehlungen für das QS-Programm für die Streckenabdichtungen bei der Stilllegung des ERA Morsleben und
- Übergabe 3D-Modell.

14.1 Dokumentation Untersuchungs- und Messprogramm

Die Dokumentation der Untersuchungs- und Messarbeiten ist wesentlicher Bestandteil der Abnahme der Leistungen. Für die Ergebnisse aus den Kapiteln 11.3 bis 11.7 ist nach Beendigung der Messungen jeweils ein Messergebnisbericht anzufertigen. Wesentlicher Bestandteil des Messergebnisberichtes sind alle Ergebnisse der Messungen inkl. tabellarischer und grafischer Darstellungen.

Inhaltliche Anforderungen

Der Inhalt des Messergebnisberichts umfasst:

- Erläuterung der Messaufgaben,
- Protokolle und Ergebnisse von durchgeführten Laboruntersuchungen,
- die Darstellung und Beschreibung der Messsysteme, der durchgeführten Messungen, die Messdaten sowie die ausgewerteten interpretierten Messergebnisse,
- die Beschreibung der äußeren Randbedingungen, die für die Bearbeitung der Aufgabe und das Verständnis der Ergebnisse wesentlich sind, insbesondere der Situation am Messort,
- die Ergebnisse der durchgeführten Bohrlochinspektion in Protokollform,
- die Beschreibung der Tätigkeiten, soweit sie zum Verständnis und zur Bewertung erforderlich sind:
    - Beschreibung der Sensortypen
    - Beschreibung der Messmethoden,
    - Beschreibung der Messarbeiten mit Hinweisen auf Besonderheiten sowie Beschreibung durchgeführter Prüfungen,
    - Beschreibung der Datenaufbereitung.

Zu den Messsystemen sind folgende Unterlagen im Rahmen der Dokumentation zu übergeben:

- Beschreibung der Messsysteme mit allen Komponenten und deren Funktionsweise,
- zeichnerische Darstellung des Gesamtsystems mit Bezeichnung der Komponenten, inkl. Darstellung der Sensoren,
- Datenblätter, Kalibriernachweise der Sensoren/Messsysteme und
- Angaben zur Genauigkeit der Messwerte und Bandbreite der erzeugten Ergebnisse.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Die Dokumentation zu den Messungen beinhaltet:

- Tagesprotokolle der durchgeführten Arbeiten, Messprotokolle, Freigabe- und Abnahmeprotokolle zu den Arbeitsschritten,
- Protokolle der vor Ort durchgeführten Prüfungen der Messsysteme,
- Protokoll der jeweiligen Messpositionen,
- Rohdaten der Messungen,
- Aufbereiten, Auswerten, Erläutern und Bewerten der Messergebnisse,
- Zusammenstellung der vom AN ausgewerteten und interpretierten Messergebnisse mit Angabe der zugehörigen Messunsicherheit.

Der AN hat dem AG regelmäßig über die laufenden Messergebnisse Bericht zu erstatten, zum einen in Form von Monatsberichten. Weiterhin sind die Messergebnisse 6 und 12 Monate nach Beginn der Messungen zusammenfassen in Berichtsform zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

14.2 QS-Dokumentation

QS-Dokumentation umfasst die standortspezifischen Prüfpläne, die notwendigen Verfahrensanweisungen zur qualitätsgerechten Durchführung der Baumaßnahmen. Die zeitliche Dichte der Prüfungen sowie die Anzahl der zu erstellenden Proben werden in dieser Dokumentation festgelegt (vgl. Anlage 2).

Alle vom AN erstellten und für den AG bestimmten Unterlagen müssen in deutscher Sprache und nach den AG-seitig vorgegebenen Gliederungsbegriffen gekennzeichnet werden. Der AN erhält im Rahmen der Vergabe die Vordrucke (Dokumentenvorlagen, Kennzeichnungsleisten). Die Kennzeichnung muss beim AG abgefragt werden.

14.3 Baudokumentation

<u>Bautagebuch</u>

Während der vorbereitenden Arbeiten und mit Beginn der Bauarbeiten eines Demonstrationsbauwerkes ist ein Bautagebuch anzulegen und tagesaktuell zu führen. Das Bautagebuch dient als Nachweis und zum Vergleich der geplanten und durchgeführten Arbeiten. Abweichungen von der Ausführungsplanung müssen ausreichend beschrieben und erläutert werden. Das Bautagebuch ist von der aufsichtsführenden Person zu führen und durch die Bauleitung zu prüfen.

In dem Bautagebuch sind alle Leistungen einschließlich eventueller Nachunternehmerleistungen und Baustofflieferung zu erfassen.

Die Mindestanforderungen an das Bautagebuch sind die Angaben über:

- Zahl und Art der auf der Baustelle beschäftigten Arbeitskräfte mit Stundenaufwand,
- Zahl und Art der eingesetzten Geräte,
- Beschreibung der durchgeführten Arbeiten und des erreichten Baufortschritts,
- Beschreibung von Unterbrechungen / Störungen,
- Angaben von Betonierungszeiten,
- Unfälle, besondere Vorkommnisse und
- Begehungen

Fotodokumentation

Für die Qualitätssicherung und zur Dokumentationszwecke der Arbeiten beim Bau eines Demonstrationsbauwerkes ist eine Fotodokumentation zu führen. Die Fotos sind jeweils zeitnah vor Beginn der Arbeiten digitaler Form zu hinterlegen und systematisch zu archivieren.

Filmdokumentation

Bei der Planung, Installation und Nutzung von Kamera-Überwachungssystemen sind rechtliche Aspekte zu berücksichtigen.

Sobald personenbezogene Daten erfasst werden und Personen individuell erkennbar sind, greifen die Bestimmungen der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG). Betroffene Personen müssen auf eine Videoüberwachung hingewiesen und mit allen relevanten Informationen versorgt werden.

Am Baustelleneingang muss ein Hinweisschild mit einem Kamerasymbol und einem Hinweis auf die Videoüberwachung inklusive Infoblatt angebracht werden.

14.4 3D-Modell

Vom AN ist ein 3D-Modell begleitend zum Demonstrationsbauwerk zu erstellen. Das 3D-Modell beinhaltet alle wesentlichen Elemente und Komponenten des Demonstrationsbauwerks, inkl. Implementierung der Ergebnisse aus der Standorterkundung, den Untersuchungen am und im Demonstrationsbauwerk sowie die notwendigen Informationen zur Begleitstrecke und Infrastrukturbereichen/-versorgung.

Folgende Informationen / Anforderungen hat dieses 3D-Modell mindestens zu enthalten bzw. zu erfüllen:

Geometrisch:

- Aufbau des Modells basierend auf einem 3D-Scan der Strecke für das Demonstrationsbauwerk und der Begleitstrecke,
- Es sollen auch die Informationen aus photogrammetrischen Aufnahmen dieser Bereiche in das Modell implementiert werden. Sofern dieses nicht möglich sein sollte, kann das Aufmatchen basierend auf stereophotogrammetrischen Aufnahmen als OBJ-Formate durch den AG erfolgen (3D-Viewer),
- Elemente des Demonstrationsbauwerks (Schalungswände, Widerlager, Streckenabdichtungssegment), Druckkammer, Verfüll- und Entlüftungsbohrungen),
- Darstellung der Komponenten der Medienversorgung und Infrastrukturbereiche im Bereich des Demonstrationsbauwerks und Begleitstrecke sowie Anbindung des Demonstrationsbauwerks und die Begleitstrecke an die Infrastrukturbereiche (z.B. Leitungsführungen; Baustoffversorgung), inkl. eindeutiger Benennung und Darstellung der geometrischen Daten/Bemaßungen,
- Geologische Einheiten und Trennflächeninventar sowie weitere Informationen aus der Standorterkundung,
- Messquerschnitte mit den entsprechenden Sensoren und Messgebern für die geophysikalischen, geotechnischen und hydraulischen Untersuchungen, inkl. eindeutiger Kennzeichnung und Darstellung der Bemaßungen,
- Darstellung der Erkundungsbohrungen und Probenahmestellen sowie Untersuchungsbereiche für die hydraulischen und geotechnischen Messungen, inkl. eindeutiger Kennzeichnung und Darstellung der Bemaßungen,
- Bohrung(-en) für die Druckbeaufschlagung der Druckkammer, inkl. eindeutiger Kennzeichnung und Darstellung der Bemaßungen,
- Darstellung von geometrischen und technischen Besonderheiten,
- Verwendung eines einheitlichen Koordinatensystems (z.B. Landesvermessungssystem, grubenspezifisches Koordinatensystem),
- Bei der Auflösung ist zwischen Strecke des Demonstrationsbauwerks und der Begleitstrecke zu unterscheiden, die Oberflächennetze sollen nur so viele Dreiecke enthalten, wie sie für die eindeutige Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die räumliche Anordnung und zeitliche Einordnung notwendig sind.

Geometrisch/zeitlich:

- Zeitliche und räumliche Darstellungen von Messergebnissen aus den begleitenden Messungen vor, während und nach der Errichtung des Demonstrationsbauwerks und
- Die geotechnischen Daten sollen in goCAD importierbar sein.

Übergeordnet:

- Das Modell soll parallel zum Gesamtprojekt aufgebaut werden und den aktuellen Stand in den verschiedenen Projektphasen widerspiegeln,
- Zwischenstände bzw. auch spezielle räumliche und zeitlich-räumliche Auswertungen sind dem AG bei Bedarf zur Verfügung zu stellen.
- Das Modell und die entsprechenden Modelldaten sind am Ende des Projektes an den AG zu übergeben und
- Das vom AN zu konzipierende Konzept für den Aufbau und den Informationsinhalt ist dem AG mit Angebotsabgabe zu übermitteln. Als Grundlage für das Verhandlungsverfahren ist ein Konzept für den Aufbau und den Informationsinhalt zu erstellen. Dieses Konzept soll auch Informationen zur räumlichen und bei den Messungen zeitlichen Auflösung liefern. Die Übergabe des 3D-Modells soll im DWG-, DXF- oder MESH-Format erfolgen. Das Layer-basierte Modell muss eine eindeutige Benennung der Layer aufweisen. Das Konzept, inkl. der Daten- und Übergabeformate werden vor Auftragsvergabe mit dem AG verbindlich im Rahmen des Verhandlungsverfahrens abgestimmt und stellt somit die Grundlage für die Kalkulation dieser Leistungen dar.

14.5 Abschlussbericht

In dem Abschlussbericht ist die Errichtung des Demonstrationsbauwerks und die Ergebnisse der Druckbeaufschlagung und der Nacherkundung inklusive der Untersuchungsziele zu dokumentieren und zu bewerten. Dabei sind die hydraulischen Eigenschaften des Demonstrationsbauwerks abzuleiten. Die Ergebnisse sind im Hinblick auf Bandbreiten und Ungewissheiten zu diskutieren und auf die Übertragbarkeit auf andere Standorte. Zudem sind Empfehlungen für das QS-Programm für die Streckenabdichtungen bei der Stilllegung des ERA Morsleben zu erarbeiten bzw. abzuleiten.

Die Abschlussdokumentation ist spätestens 90 Arbeitstage nach dem Ende der Gesamtbauzeit (inkl. Nachuntersuchungen) in 1-facher schriftlicher Ausfertigung sowie digital an den AG zu übergeben.

15 Rahmenterminplan

Die terminliche Zielvorgabe für den Abschluss des Demonstrationsbauwerks und der Übergabe der Untersuchungsergebnisse inkl. eines Abschlussberichtes ist der 14.03.2025.

Folgende Aktivitäten bzw. Meilensteine (MST) sind durch den AN mittels eines Rahmenterminplans zeitlich im Rahmen des Bieterverfahrens bei Präsentation des Ausführungskonzeptes darzustellen und dem AG mit zu übergeben, diese bestimmen auch die Abnahme von Teilleistungen und der Gesamtleistung und die damit verbundenen Vergütungen:

- Planungsphase
    - Entwurfsplanung (MST),
    - Genehmigungsplanung (MST),
    - Ausführungsplanung (MST),
    - Messtechnisches Konzept mit Standort und Instrumentierung (MST) erstellt und
    - Planung QS-Programm für die Errichtung des Demonstrationsbauwerks und der zugehörigen Maßnahmen (MST).
- Vorbereitende Arbeiten und Arbeiten zur Bauwerkserrichtung
    - Bergmännische Vorbereitung
        - Streckenauffahrung/Streckenerweiterung Demonstrationsbauwerk (MST),
        - Streckenauffahrung/Streckenerweiterung Begleitstrecke (MST),
        - Bohrungen für Baustoffeinbringung (MST),
        - Nachschnitt im Streckenabdichtungssegement mit Polierkopf durchgeführt (MST)
        - Standorterkundung, Dokumentation und Übergabe der Ergebnisse (MST) und
        - Aufweitung für Nacherkundung.
        - .
    - Bau- und Lieferleistung Bauwerkserrichtung
        - Einrichtung der jeweiligen Betriebspunkte/BE,
        - Sensorik beschafft und Funktionsnachweis erbracht (MST),
        - Geotechnische und geophysikalische Instrumentierung abgeschlossen (MST),
        - Errichtung Druckkammer und Kontrollkammer (MST),
        -
        - Errichtung Widerlager (MST),
        - Errichtung Streckenabdichtungssegment (MST),
        - Baustoffanlage einsatzbereit (MST) und
        - Baustoffe beschafft und qualitätsgesichert (MST).

- Durchführung der Untersuchungen
    - Geotechnische und geophysikalische Instrumentierung/Messtechnik betreiben / Datenerfassung,
    - Baustoffuntersuchungen Eignungsprüfung und bei Errichtung,
    - Durchführung Vor- und Haupttest Druckbeaufschlagung,
    - Bohrarbeiten zur Nacherkundung für in situ-Messungen durchgeführt (MST),
    - Durchführung von Untersuchungen in situ zur Nacherkundung (MST),,
    - Bohrarbeiten zur Nacherkundung für die Gewinnun von Probematerial durchgeführt (MST) und
    - Erfassung und Auswertung der Mess- und Untersuchungsergebnisse.
- Abschlussdokumentation (MST)
    - QS-Dokumentation,
    - Baudokumentation,
    - Dokumentation der Mess- und Untersuchungsergebnisse,
    - Abschlussbericht mit Interpretation der Ergebnisse zum Demonstrationsbauwerk und Bewertung der Eigenschaften sowie der Durchführung der Maßnahme zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks mit Blick auf die Stilllegung,
    - Erstellung QS-Programm für die Errichtung von Streckenabdichtungen im Steinsalz bei der Stilllegung und
    - Übergabe 3D-Modell.

Der Bauablauf wird in Abstimmung mit dem AG auf Grundlage der regelmäßigen Baubesprechungen angepasst und in diesen Baubesprechungen aktualisiert dem AG wöchentlichen digital als pdf-Datei und als MS-Project übergeben. Monatlich wird der aktualisierte Gesamtablaufplan dem AG durch den AN digital als pdf-Datei und als MS-Project übergeben. In dem Ablaufplan sind Teilabnahmen von technischen Maßnahmen und Unterlagen/Berichte (außer Abschlussbericht und Abschlussdokumentation von 10 Arbeitstagen durch den AG einzusplanen.

16 Abnahme

Die Teil- und Gesamtabnahmen sind als Vorgänge im Rahmenterminplan abgebildet (Kapitel 15). Technische (Teil-)Abnahmen sind vom AN mind. 48 Stunden im Voraus bei dem AG anzuzeigen.

2020-10-26_PM_QMV02_ Textblatt A4 Hochformat_REV02

Treten infolge zu kurz angesetzter Fristen für die Kontrolle und ggf. Mängelbeseitigungen Verzögerungen beim Bauablauf ein, werden diese nicht als Fristverlängerung anerkannt. Ebenso können hieraus keine Mehrforderungen abgeleitet werden. Dies gilt auch für vorgezogene Teilkontrollen.

Für die Abnahme der Abschussdokumentation erfolgt sind 4 Wochen durch den AG einzuplanen. Bei der zeitlichen Kalkulation ist eine einmalige Mängelbeseitigung nach erfolgter fachlicher Prüfung und Qualitätssicherung durch den AG mit zu berücksichtigen. Nach der Prüfung durch den AG werden die notwendigen Änderungen über einen Zeitraum von maximal 2 Wochen durch den AN eingearbeitet und die Endversion zur abschließenden Freigabe dem AG übergeben.

17 Literatur / Verwendete Unterlagen

/1/ Pisconti, Angelo & Plenkers, Katrin & Philipp, Joachim & Thomas, Christine (2019), Mapping lithological boundaries in mines with array seismology and in situ acoustic emission monitoring, Geophysical Journal International, 2019, 220, S. 59-70

/2/ Manthei, Gerd & Plenkers, Katrin (2018), Review on In Situ Acoustic Emission Monitoring in the Context of Structural Health Monitoring in Mines, Applied Sciences, 2018, 8, 1595

/3/ Niederleithinger, Ernst & Effner, Ute & Behrens, Matthias & Smith, Sean & Büttner, Christoph & Friedrich, Christian & Mauke, Ralf (2019), Application of ultrasonic techniques for quality assurance of salt concrete engineered barriers: Shape, cracks and delamination, Modern2020 2nd International Conference about Monitoring in Geological Disposal of Radioactive Waste, Paris 2019

/4/ Effner, Ute & Mielentz, F. & Niederleithinger, Ernst & Friedrich, C. & Mauke, Ralf & Mayer, K. (2021)

/5/ Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung - EndlSiAnfV)

/6/ DIN EN 13395-2
Produkte und System für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren: Bestimmung der Verarbeitbarkeit – Teil2: Prüfung des Fließverhaltens von Vergussmörtel, Feinmörtel oder Mörtel, Deutsche Fassung EN 13395-2: 2002; Stand: September 2002

/7/ DIN EN 12350-7
Prüfung von Frischbeton – Teil 6: Frischbetonrohdichte; Stand: September 2019

/8/ DIN EN 196-3
Prüfverfahren für Zement - Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit; Deutsche Fassung EN 196-3:2016; Stand: März 2017

/9/ BGE (2020): Morsleben, Demonstrationsbauwerk „Streckenabdichtungssegment aus Magnesiabaustoff im Hauptanhydrit“, Geotechnisches und Geophysikalisches Messkonzept; BGE-KZL: 9M/////GC/BZ/95/0/U (Stand: 20.08.2020)

/10/ BASt Bundesanstalt für Straßenbau: ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Stand April 2019

/11/ DAfStb Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-RichtlinieSchutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) – Teil 3: Anforderungen an die Betreibe und Überwachung der Ausführung. Berlin: Beuth Verlag, Okt. 2001

/12/ Kaufmann, N.: Das Sandflächenverfahren. Ein einfaches Verfahren zur Messung und Beurteilung der Textur von Fahrbahnoberflächen. In: Straßenbau-Technik. Nr. 3, 1971, S. 131 – 135

/13/ DIN EN 1766:2017: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Referenzbetone für Prüfungen. Deutsche Fassung, Ausgabe Mai 2017

Anhang 1 Vorgaben und Randbedingungen für das ERA Morsleben

1 Überblick ERA Morsleben

Das ERA Morsleben wurde im ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerk Bartensleben errichtet, das als Grubenfeld mit dem Grubenfeld Marie eine Doppelschachtanlage bildet. Die Schächte Bartensleben und Marie wurden um 1900 geteuft. Die Rasenhängebank der Schächte liegt bei +133,8 m NN (Bartensleben) und +129,1 m NN (Marie).

Das Grubengebäude wurde im Salzgebirge aufgefahren und erstreckt sich über etwa 5,6 km im Generalstreichen der Salzlagerstätte. Die Salzstruktur ist in sich durch einen ausgeprägten Nordwest-Südost-streichenden Faltenbau gegliedert. Charakteristisch für die heterogen aufgebaute Salzstruktur sind in Steinsalz eingebettete Anhydritschollen und steil stehende Kaliflöze aus Carnallitit und Hartsalz.

In ungestörten Salzgesteinen herrscht überwiegend ein allseitig gleicher (hydrostatischer) Spannungszustand, der sogenannte Primärspannungszustand. Die Größe der Spannung nimmt mit der Teufe aufgrund des zunehmenden Gewichtes der überlagernden Schichten zu. Grubenbaue beeinflussen den Spannungszustand. Die unter Tage gemessenen Verformungen von Grubenbauen sind gering und liegen in der Regel unter 1 mm/a.

Die Salzstruktur weist einen hohen Durchbauungsgrad auf. Im Grubenfeld Bartensleben wurden vier Hauptsohlen mit einem vertikalen Abstand von rd. 40 m aufgefahren:

- -253-m NN-Sohle (1. Sohle),
- -291-m NN-Sohle (2. Sohle),
- -332-m NN-Sohle (3. Sohle) und
- -372-m NN-Sohle (4. Sohle).

Das insgesamt aufgefahrene Hohlraumvolumen beträgt etwa 9 Mio. m³, wobei ein Teil bereits verfüllt wurde. In den Grubenfeldern Bartensleben und Marie sind nahezu 5 Mio. m³ unverfüllt. Im Rahmen der Stilllegung soll der offene Hohlraum weitestgehend mit stützendem Versatz aus Salzbeton verfüllt werden. Mit dem Salzbetonversatz wird auch eine gewisse Menge an Überschusslösung in die Grube eingebracht werden (ca. 1 Ma.-%).

Im Grubengebäude der Schachtanlagen Bartensleben und Marie gibt bzw. gab es an verschiedenen Stellen Vorkommen von Salzlösungen. Diese traten beim Auffahren der untertägigen Hohlräume auf sowie während und als Folge der verschiedenen Nutzung der Gruben. Die überwiegende Anzahl der Lösungsvorkommen ist inzwischen versiegt bzw. ausgetrocknet. Aktuell werden von den fünf Zutrittsstellen von Salzlösungen im Grubengebäude nur noch zwei Lokalitäten Lager H“ und „Abbau 1a“ zzgl. der dauerhaften Zutrittsstellen in den Schächten regelmäßig überwacht und untersucht.

2020-10-26_PM_QMV02_ Textblatt A4 Hochformat_REV02

Für die Systementwicklung am Standort ERA Morsleben ist nach der Stilllegung sind nach heutigem Kenntnisstand nur der Salzlösungszutritt „Lager H“ von Bedeutung. Das Salzlösungsvor-kommen im „Abbau 1a“ ist begrenzt. Die durchschnittlichen Zutrittsmengen „Lager H“ liegen bei etwa 15 m³ pro Jahr, die Entwicklung der Zutrittsrate ist nicht prognostizierbar. Die Konzentrationen der Hauptkomponenten NaCl, $MgCl_2$ und $CaCl_2$ sowie die Konzentrationen von KCl und Mg-Sulfaten sind relativ konstant.

Die Einlagerungsbereiche befinden sich auf der 4. Sohle, der 4a-Sohle (-346 m-Sohle) und der 5a-Sohle (-395 m-Sohle) des Grubenfeldes Bartensleben. Die Verbindungsstrecken zum Grubenfeld Marie befinden sich auf der 2. und 3. Sohle.

Die Lage der Streckenabdichtungen ergibt sich aus der Anbindung der Einlagerungsbereiche an die übrige Grube, aus den bergbaulichen Gegebenheiten, aus der Anordnung der geologischen Einheiten sowie der Lage des Lösungszutritts „Lager H“. Die Standorte der Streckenabdichtungen im ERA Morsleben befinden sich auf der 1. bis 4. Sohle.

Die Lösungszutrittsstelle im Bereich des Lagers H der Grube Marie ist gegen die weiter südlich gelegenen Grubenbaue der Grube Marie und gegen die Grube Bartensleben abgedichtet. Zur Definition von Bereichen mit Einschlusswirkung (nachfolgend: BmEw) innerhalb des Grubengebäudes werden an geeigneten Stellen im Grubengebäude geotechnische Barrieren errichtet, deren Baustoffe auf die erwartete Lösungszusammensetzung ausgelegt ist. Diese Streckenabdichtungen werden gegen einen Lösungszutritt in die BmEw und einen Druckaufbau durch Gasbildung und Konvergenz in den BmEw ausgelegt. Der Lösungsdruck kann aufgrund der Teufenlage bis zu 6 MPa erreichen.

Tabelle 4: Übersicht der Lokationen für die Streckenabdichtungen im ERA Morsleben

Lokations-bezeichnung	Grubenbau-Bezeich-nung	Sohle [mNN]	Einlagerungs-be-reich	BmEw	Feldesteil	L [m][4]	A [m²][5]	N_{pot}[6]	L_{Pot}[7]
03AHB01	Ostquerschlag	-291	Ostfeld	OF	Felder-übergreifend	250	13	6	142
03AHB02 [1]	Ostquerschlag	-372				148	17	4	111
03AHB03	Verbindungsstrecke / Wetterstrecke nördlich	-253	Südfeld	ZT	Zentralteil	88	8	3	71
03AHB04	Verbindungsstrecke / Wetterstrecke nördlich	-291				38	6	1	31
03AHB05	Verbindungsstrecke / Wetterstrecke nördlich	-332				28	7	1	26
03AHB06	Ostquerschlag	-253			Felder-übergreifend	157	15	3	75
03AHB07	Ostquerschlag	-291				168	11	4	75
03AHB08	Ostquerschlag	-332				121	10	3	79
03AHB09	Ostquerschlag	-372				53	18	1	26
03AHB10	Wetterstrecke / südlich Suchstrecke / Lagerbegleitstrecke	-253			Zentralteil	97	7	3	77
03AHB11	Wetterstrecke / südlich	-291				117	12	3	85
03AHB12	Wetterstrecke / südlich	-332				115	6	4	81
03AHB13	Wetterstrecke / südlich	-372				87	9	3	67

Lokations-bezeichnung	Grubenbau-Bezeichnung	Sohle [mNN]	Einlagerungs-bereich	BmEw	Feldesteil	L [m][4]	A [m²][5]	N_{pot}[6]	L_{Pot}[7]
03AHB14	1. südliche Richtstrecke	-291			Südfeld	110	10	3	90
03AHB15	Steinsalzabbau / Bergemühle Verbindungsstrecke / Bergemühle/Wetterstrecke	-332			Zentralteil	62	8	2	40
03AHB16	1. nördliche Richtstrecke / Verbindungsstrecke Bartensleben / Marie	-291			Nordfeld	271	20	7	209
03AHB17	1. nördliche Richtstrecke / Fluchtweg Bartensleben / Marie	-332				335	10	10	217
03AHB18	Westquerschlag	-332	Westfeld	WSF	Westfeld	40	8	1	30
03AHB19 2)	Westliche Richtstrecke / nach Süden	-372			Südfeld	35	10	1	25
03AHB20	Störreservelager	-372				35	10	1	25
03AHB21	Westquerschlag	-372			Westfeld	36	15	1	25
03AHB28 3)	3. Nordquerschlag	-231	-	ZT	Nord-abteilung	85	12	2	60
03AHB29 3)	Nordstrecke B	-231				91	15	2	60
03AHB30 3)	Nordstrecke	-231				107	17	3	69
03AHB31 3)	2. Nordquerschlag	-231				75	15	2	60

1) Streckenabdichtung im Hauptanhydrit (nicht relevant für diese Ausschreibung)
2) Streckenabdichtung im Kalisalz
3) Sicherung der Zutrittsstelle des „Lager H“
4) Länge des zur Verfügung stehenden Streckenabschnitts, gerundet [m]
5) Mittlerer. Querschnittsfläche vor Nachschnitt, gerundet [m²]
6) Potentielle Anzahl Abdichtungssegmente
7) Potentielle Gesamtlänge Abdichtungssegmente

2 Streckenabdichtungen im Steinsalz im ERA Morsleben

Eine Streckenabdichtung im Steinsalz besteht aus mindestens einem Streckenabdichtungssegment und kann bis zu 10 Streckenabdichtungssegmente umfassen (s. Tabelle 4).

Die jeweilige Streckenabdichtungssegmentlänge aus Magnesiabaustoff als Massenbeton beträgt zwischen 15 m und 30 m. Die genauen Positionen für die Errichtung der Streckenabdichtungssegmente werden unter Berücksichtigung der standortcharakteristischen und bergbautechnischen Randbedingungen gewählt. Die Gesamtlängen der Streckenabdichtungssegmente pro Standort liegen zwischen 25 und nahezu 220 m. Die jeweiligen Streckenabdichtungssegmente werden stirnseitig durch Widerlager aus Magnesiabaustoff als Massenbeton begrenzt.

An den Abdichtungsstandorten im Steinsalz sind überwiegend Gesteine der Staßfurt-Folge (z2) aufgeschlossen. Dabei handelt es sich i. W. um Hangendsalz/Kristallbrockensalz (z2HS3) und das Kaliflöz Staßfurt (z2SF) und kieseritische Übergangsschichten (z2UE). Daneben sind an einigen Standorten der Streckenabdichtungen Einheiten der Leine-Folge (z3) aufgeschlossen, bestehend aus Anhydritmittelsalz (z3AM), Bank-/Bändersalz (z3BK/BD), Liniensalz (z3LS) und Hauptanhydrit (z3HA). Geologische Wechsel innerhalb eines Abdichtungssegmentes werden vermieden und entsprechend die Anordnung der Streckenabdichtungssegmente angepasst.

Aus den Permeabilitätsmessungen leitet sich zur Verbesserung des Zustands ein schonender Nachschnitt ab. In den Streckenabschnitten im Steinsalz wird auf Grundlage der Ergebnisse der Permeabilitätsmessungen (s. Tabelle 4 und
Abbildung 15) eine Mindestnachschnitttiefe für die Bereiche der Streckenabdichtungssegmente festgelegt. Bereiche mit gemessenen Permeabilitäten k > 1x10-18 m² werden als nachzuschneidend definiert.

Der Nachschnitt soll bei der Errichtung im ERA Morsleben mit einer Teilschnittmaschine erfolgen, wobei das endgültige Oberflächenprofil mit einem Polierkopf erzeugt wird. Voruntersuchungen an einer Versuchsstrecke im ERA Morsleben zeigen, dass sich die Ausdehnung der NBZ auf wenige Zentimeter Tiefe optimieren lässt.

Tabelle 5: Konturabstände mit Permeabilitäten ≤ 1,0E-^{18} m² und ermittelte minimale Hauptspannung an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz in Bartensleben

Standort	**Konturabstand mit Permeabilitäten ≤ 1,0 E^{-18} m² [m]**				**Minimale Hauptspannung [σ_{min}]**
	Firste	Stoß	Stoß	Sohle	
03AHB01	0,4	0,4	0,4	0,4	> 8 MPa
03AHB03	0,3	0,3	0,3	0,1	> 5 MPa, ~hyp. Lösungsdruck
03AHB04	0,3	0,1	0,3	0,1	> 9 MPa
03AHB05	0,4	0,1	0,3	0,3	> 10 MPa
03AHB06	0,1	0,1	0,3	1,2	8 MPa
03AHB07	0,3	0,4	0,4	0,4	> 8 MPa, 1 x 7 MPa
03AHB08	0,3	0,3	0,3	0,3	< 8 MPa, > hyp. Lösungsdruck
03AHB09	0,3	0,8	0,3	0,3	< 4 MPa, < hyp. Lösungsdruck
03AHB10	0,3	0,3	0,4	0,3	≥ 8 MPa*
03AHB11	0,3	0,1	0,3	0,1 / 0,3	< 7 MPa, ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB12	0,3	0,4	0,4	0,1	< 8 MPa, ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB13	0,4	0,6	0,8	0,3	< 9 MPa, ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB14	0,1	0,1	0,4	0,4	> 8 MPa, 1x ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB15	0,3	0,6	0,4	0,1	≤ 7 MPa, ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB16	0,4	0,3	0,4	0,4	> 8 MPa
03AHB17	0,3	0,3	0,3	0,8	~ 10 MPa
03AHB18	1,0	0,6	0,4	1,4	> 8 MPa, 2x ~ hyp. Lösungsdruck
03AHB19	0,1	0,1	0,3	0,3	> 8 MPa
03AHB20	0,1	0,3	0,4	0,1	> 8 MPa
03AHB21	0,3	0,3	0,3	0,8	> 8 MPa

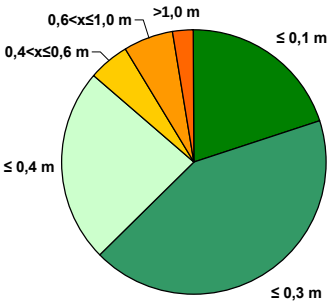


Abbildung 15: Kreisdiagramm Konturabstände mit Permeabilitäten ≤ 1,0E-18 m² an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz in Bartensleben

Für die Funktionalitätsbewertung der Streckenabdichtung im Steinsalz ist davon auszugehen, dass potenziell in das ERA Morsleben zutretende Lösung sich zunächst einseitig aufstaut. Es wird erwartet, dass die an den Streckenabdichtungen anstehende Lösung magnesiumreich und an NaCl-gesättigt sein wird (> 0,5 ± 0,6 molal). Ein Kontakt der Streckenabdichtungen mit Überschusslösung aus der Salzbetonverfüllung kann nicht ausgeschlossen werden. Nach Abschluss der Stilllegungsmaßnahmen wird in den BmEw eine Gasbildung erwartet, die bei funktionsfähigen Abdichtungen in einem Anstieg des Gasdrucks resultiert. Der Gasdruck kann durch Hohlraumkonvergenz verstärkt werden. Für die Funktionsbewertung der Streckenabdichtungen kommt den lokationsspezifischen Konvergenzraten (s. Abbildung 16) und den Gebirgsspannungen an den Standorten der einzelnen Streckenabdichtungen eine bedeutende Rolle (s. Tabelle 5) zu.

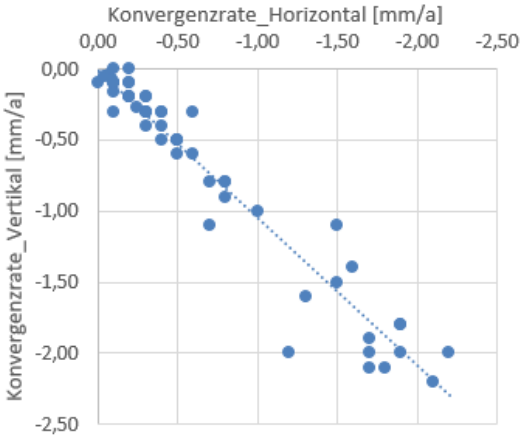


Abbildung 16: Ermittelte Konvergenzraten an Standorten der Streckenabdichtungen im Steinsalz im ERA Morsleben

Nach dem Nachschnitt im Bereich des Streckenabdichtungssegmentes werden vor deren Verfüllung die flankierenden Widerlager zwischen zwei Schalwänden errichtet.

Der Zeitrahmen zwischen dem Nachschneiden der Auflockerungszone und dem Beginn der Betonierarbeiten ist bezogen auf die Standortgegebenheiten zu berücksichtigen. Dadurch soll die Entstehung von Durchlässigkeiten durch Entspannungsvorgänge (Schädigung/Dilatanz) im konturnahen Bereich reduziert werden. Im Bereich der Widerlager wird kein Nachschnitt durchgeführt, lediglich erfolgt ein Berauben der Streckenkontur. Die Aufgabe der Widerlager ist die Gewährleistung

einer hinreichenden Einspannung der Streckenabdichtungssegmente beim Betoniervorgang und beim Aushärtungsprozess.

Die Behinderung der Ausdehnung in axialer Richtung durch die Widerlager bewirkt einen formschlüssigen Verbund zwischen Kontur und dem Streckenabdichtungssegment infolge der Volumenzunahme des Baustoffs beim Aushärten. Dadurch wird eine dauerhafte vollständige Hohlraumverfüllung gewährleistet und eine Spalt- bzw. Rissbildung ausgeschlossen. Weiterhin gewährleistet die Begrenzung des Streckenabdichtungssegmentes durch die Widerlager langzeitig eine triaxiale Einspannung des Streckenabdichtungssegmentes und verhindert damit den Aufbau von hohen Deviatorspannungen, die deren hydraulische Eigenschaften beeinträchtigen könnten.

Um eine hinreichende Einspannung des Streckenabdichtungssegments während des Betoniervorgangs und des Aushärtungsprozesses sicherzustellen, sind die Widerlager oder Widerlagerzonen (WL) so zu dimensionieren, dass deren Länge lWL mindestens dem maximalen Streckendurchmesser $Ø_{max}$, gemessen an der Stirnseite des Streckenabdichtungssegments: $l_{WL} \geq Ø_{max.}$ mindestens aber 5 m entspricht. Eine ausreichende Dimensionierung des Widerlagers gegenüber sonstigen Einwirkungen und bezüglich seiner Funktionalität ist sicherzustellen. Das Widerlager besitzt keine hydraulische, sondern ausschließlich eine mechanische Funktion. Die Funktion der Widerlager ist in Verbindung mit den geometrischen Abmessungen gewährleistet, wenn die Widerlager ebenfalls aus Magnesiabaustoff MO1 der Sorelbeton-Familie A1 hergestellt sind. Bei den Streckenabdichtungen ist die Lagestabilität zu bewerten.

Bei Streckenabdichtungssegmenten aus Magnesiabaustoff als Massenbeton wird ein vollständiger formschlüssiger Verbund durch leichtes Anschrägen, der Ausbildung eines Fließkanals in der Firste (Breite maximal Breite des Schneidkopfes) und anschließendem Betonieren gegen die Firste gewährleistet. Die Luft entweicht über den höchsten Punkt und ein einfaches Betonieren gegen die Firste ist möglich. Die Neigung der Firste orientiert sich an dem Fließwinkel der Baustoffsuspension, die Firstneigung ist größer zu wählen als der Fließwinkel des Magnesiabaustoffs. Die Betonage selbst erfolgt über Bohrungen im Firsthöchsten. bevorzugt von einem höheren Sohlenniveau. An den Standorten im ERA Morsleben, wo dieses nicht realisierbar ist, wird aus einem Hochpunkt verfüllt, wobei in diesen Fällen die Verfüll- und Entlüftungsbohrungen aus dem vorgelagerten Streckenbereich gestoßen werden. Bei diesen vorbereitenden Arbeiten wird die Firste in diesen Fällen asymmetrisch nachgeschnitten, damit der höchste Punkt der Verfüll- und Entlüftungsbohrung in der Nähe des luftseitigen Widerlagers liegt. Die Streckenabdichtungssegmente aus Magnesiabaustoff als Massenbeton werden frisch-in-frisch betoniert, die Widerlager hingegen aus dem gleichen Baustoff lagenweise (unter Berücksichtigung der Schalungswand).

Die Verfüll- und Entlüftungsbohrungen haben aufgrund ihrer Lage zu den Streckenabdichtungen den Charakter sicherheitsrelevanter Bohrungen. Die Erhärtung der Bauwerkselemente (Widerlager und Streckenabdichtungssegment) erfolgt unter Druckerhalt in den Verfüll- und Entlüftungsbohrungen, wobei Verfüllleitungen vorab gezogen werden müssen, so dass ein direkter Kontakt und Anbinden des Baustoffs an das Gebirge in den Bohrungen gegeben ist.

Entsprechend des derzeitigen Planungsstandes bestehen die Streckenabdichtungssegmente und Widerlager aus dem Magnesiabaustoff MO1. Die Feststoffkomponenten sind MgO, gebrochenes Steinsalz und Baryt. Sie werden als Vorprodukt angemischt und angeliefert. Das Vorprodukt wird bei der Stilllegung nach heutigem Planungsstand pneumatisch über den Schacht Bartensleben nach unter Tage gefördert. Die Anmachflüssigkeit ($MgCl_2$-Lösung) wird über eine Leitung im Schacht Bartensleben eingefördert. Das anforderungsgerechte Dosieren und Mischen des Vorprodukts mit der Lösung erfolgt in einer untertägigen Mischanlage. Vor dort aus wird der Baustoff zu den Abdichtungsstandorten durch Rohrleitungen verpumpt. Die Einbringung der Suspension erfolgt frisch-in-frisch. Die Erhärtung des Baustoffs beruht auf exothermen Reaktionen, so dass der Temperaturanstieg zu einem allseitigen Expansionsdruck führt. In Folge Wärmeleitung wird sich langfristig die Gebirgstemperatur einstellen. Die thermisch induzierte Expansion und Kontraktion wird durch einen Kristallisationsdruck überlagert, der sich ebenso zeitlich verändert.

Im Vergleich zum Sorelbeton A1 ist die Rezeptur MO1 länger verarbeitbar. Darüber hinaus erfolgt die Wärmefreisetzung über einen längeren Zeitraum. Während der Abkühlphase kommt es zu einer „Nachreaktion“ des Baustoffs.

3 Bewertungs- und Prognosekonzept für Streckenabdichtung im Steinsalz aus Magnesiabaustoff als Massenbeton

Im Gegensatz zur sonst im Ingenieurwesen üblichen Methodik der Nachweisführung werden für die Bewertung der Streckenabdichtungen im ERA Morsleben keine Anforderungen vorgegeben, sondern die Eigenschaften und deren Entwicklung ermittelt und in Funktionalitätsmodellen zusammengefasst. Diese werden in der Analyse des Endlagersystems verarbeitet. Auf Grundlage eines optimierten Bauwerkentwurfs für Streckenabdichtungen im Steinsalz aus Magnesiabaustoff als Massenbeton (s. Kapitel 2) wurden anhand eines Bewertungs- und Prognosekonzepts biologische, thermisch, chemische, mechanische und hydraulische Einwirkungen und Bemessungssituationen für das ERA Morsleben analysiert und bewertet.

Die Bearbeitungsschritte untergliedern sich in eine Analyse der Bauzustände und eine prognostischen Analyse mit einer Einwirkungs- und Prozessanalyse. In der Einwirkungs- und Prozessanalyse wurden unabhängig von den szenarienabhängigen Entwicklungen jene Prozesse, die zu einer Veränderung der hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtungen führen, qualitativ identifiziert.

Es erfolgt eine Identifikation und vollständige Erfassung von Einwirkungen und Prozessen auf die Streckenabdichtungen und auf deren Systemkomponenten sowie die Analyse möglicher Untersuchungs-, Mess- und Bewertungsmöglichkeiten, wie z.B. Messungen/Untersuchungen im Labor-, Technikums- und In-situ-Maßstab, analytische und numerische Berechnungen, Erfahrungen und Wissenstand aus anderen Projekten.

In Kapitel 3.1 erfolgt eine Darstellung zur Abgrenzung der Bauzustandsanalyse und prognostischen Analyse für die Bewertung der Funktionalität der Streckenabdichtungen im Steinsalz.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Anschließend werden in Kapitel 3.2 die Prozesse dargestellt, die Auswirkungen auf die hydraulischen Eigenschaften von Streckenabdichtungen haben und somit den Untersuchungsbedarf am Demonstrationsbauwerk generieren.

3.1 Abgrenzung Bauzustandsanalyse und prognostische Analyse für die Funktionalität der Streckenabdichtungen

Die bautechnischen Analysen und Maßnahmen beinhalten die Ermittlung der Eigenschaften von Streckenabdichtungen während bzw. nach Abschluss der Baumaßnahme und der damit verbundenen Prozesse.

- Startpunkt der Bauzustandsanalyse ist mit Beginn Nachschnitt des Abdichtungsstandortes und dem zu diesem Zeitpunkt vorliegenden (sekundären) Spannungs- und Verformungszustand.
- Der Endzeitpunkt für die Bauzustandsanalyse ist nach Abklingen aller relevanten Prozesse, die aus der Errichtung (Bau) der Streckenabdichtung resultieren, definiert. Die für die prognostischen Analysen relevanten Eigenschaften der Streckenabdichtungen sind abgeleitet aus den Eigenschaften am Ende der bautechnischen Analysen und Maßnahmen und werden als Anfangsbedingungen in die prognostische Analyse übernommen. Somit entspricht dieser Zeitpunkt gleichzeitig dem Startpunkt für die prognostischen Analysen.

  Vor diesem Hintergrund wird die Schnittstelle wie folgt in Hinblick auf das Demonstrationsbauwerk präzisiert:

  - Die Bauzustände enden, wenn alle aus der Herstellung der Abdichtung resultierenden Einwirkungen weitestgehend abgeklungen sind.

    Kriterium: Verbleibende Temperaturdifferenz zwischen Baukörper und umgebendem Gebirge $\Delta \leq 5$ Kelvin in der Abklingphase (berücksichtigt wird nur die Wärmeentwicklung der Kernbarriere/Streckenabdichtungssegmentes).

    Es ist nicht auszuschließen, dass nicht alle Prozesse bzgl. der Entwicklung des Baustoffs/Sorelphasen mit Erfüllung des Temperaturkriteriums abgeschlossen sind. Der Entwicklungszustand des Baustoffs (Sorelphasen, Sättigungszustand) wird daher im Rahmen der Nacherkundungen begleitend untersucht werden.

3.2 Bewertung der Eigenschaften der Streckenabdichtungen bei und nach Bauzustand

Die während der und nach den Bauzuständen zu erwartenden Einwirkungen und Prozesse mit Auswirkungen auf die hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtungen sind im Rahmen der Projektbearbeitung zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks durch den AN zu berücksichtigen. Der

AN hat diese hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die hydraulischen Eigenschaften mess- und untersuchungstechnisch zu quantifizieren. Nachfolgend werden in chronologischer Reihenfolge, d.h. der zeitlichen Abfolge des Bauablaufs für die Errichtung entsprechend, zu berücksichtigende Einwirkungen und Prozesse aufgelistet:

3.2.1 Bauzustandsanalyse / Nachschnitt bis Beginn Betonage

Im Folgenden werden die Prozesse ab Nachschnitt der Streckenkontur bis zur Betonage dargestellt, deren Bewertung im Hinblick auf die hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtungen durch die Errichtung und Untersuchungen am Demonstrationsbauwerk erfolgen soll.

- **Nachschnitt-induzierte Schädigung/Dilatanz (Meißeleinwirkung)**
  Aufgrund des Einsatzes einer Teilschnittmaschine (TSM) werden Kräfte in die Gebirgskontur eingetragen, so dass eine “nachschnittbedingte geschädigte Zone“ (NBZ) als Teil der späteren Kontaktzone entsteht. Dieser Prozess ist im Projekt vom AN messtechnisch zu untersuchen und es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Nachschnitt-induzierte Spannungsänderung und daraus resultierende Schädigung/ Dilatanz**
  Durch den Nachschnitt werden Spannungen aus den nachzuschneidenden Bereichen in konturfernere Gebirgsbereiche verlagert. Dies kann an der neu geschaffenen Hohlraumkontur oder an den dann konturnahen Gebirgsbereichen zu einer höheren Beanspruchung und somit gegebenenfalls zum Entstehen und zur Zunahme der Schädigung/Dilatanz führen. Dieser Prozess ist im Projekt vom AN messtechnisch zu untersuchen und es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Standzeitbedingte Spannungsänderung und daraus resultierende Schädigung/Dilatanz**
  Aus der offenen Standzeit kann durch Spannungsumlagerungen und Verformungen eine Schädigung/Dilatanz entstehen bzw. eine bestehende Schädigung/Dilatanz zunehmen. Dieser Prozess ist im Projekt vom AN zu bewerten und ggf. auch messtechnisch zu belegen.

3.2.2 Bauzustandsanalyse / Beginn Betonage bis Abschluss Bauzustand

Im Folgenden werden die Prozesse ab Betonage der Widerlager bis zum Abschluss der Bauzustände, d.h. bis zum Abschluss aller relevanter Prozesse durch die Betonage des Streckenabdichtungssegmentes dargestellt, deren Bewertung im Hinblick auf die hydraulischen Eigenschaften der Streckenabdichtungen durch die Errichtung und Untersuchungen am Demonstrationsbauwerk erfolgen soll.

In Bezug auf die Temperatur- und Spannungsänderung durch die lagenweise Betonage der Widerlager und eine daraus resultierende Schädigung/Dilatanz des Konturbereichs vom Streckenabdichtungssegment wird angenommen, dass eine zusätzliche Schädigung/Dilatanz aufgrund der Dicke und der thermischen Parameter der Schalwand aus Magnesiabaustoff wahrscheinlich nicht in einem relevanten Ausmaß zu erwarten ist.

Nach Einbringung der Suspension in den Bereich des Streckenabdichtungssegmentes (frisch-in-frisch-Betonage) kommt es im Zuge der Erhärtung des Baustoffs zu einer exothermen Reaktion. Die

freigesetzte Wärme führt zur thermischen Expansion des Baustoffs und zu einem allseitigen Druck innerhalb des Baukörpers (→ thermischer Expansionsdruck). Parallel hierzu tritt im Zuge der Bildung der Sorelphasen eine Volumenänderung auf. Die Reaktion führt unter den vorliegenden Einspannungsbedingungen, insbesondere durch die Widerlager, zum Entstehen eines chemischen Expansionsdrucks (Kristallisationsdruck). Die angrenzenden Bereiche (Gebirge, Widerlager) erfahren hierdurch eine zusätzliche Druckbeanspruchung. Mit abnehmender Temperatur verringert sich auch der thermische Expansionsdruck. Während der Abkühlphase kommt es zu einer exothermen Phasen-Um- und Neubildung (Nachreaktion des Magnesiabaustoffs/Sorelphasen). In vergleichbar dimensionierten Demonstrationsbauwerken wurde dies beginnend bei Durchgang durch den Temperaturbereich von ca. 45 – 55 °C in der Abkühlphase beobachtet. Die Reaktion führt unter den vorliegenden Einspannungsbedingungen zur nochmaligen Entwicklung eines Kristallisationsdrucks. Die Höhe des Kristallisationsdrucks ist u.a. von der Rezeptur und der thermischen Historie abhängig. Der chemische Expansionsdruck baut sich durch die weiterhin erfolgende thermische Kontraktion des Baustoffs und durch seine Eigenschaft unter Druckbeanspruchung zu kriechen (Relaxationsverhalten) langsam wieder ab.

Bei Wiedererreichen des Ausgangstemperaturniveaus (Gebirgstemperatur) wurden bei anderen Demonstrationsbauwerken geringe verbleibende Druckspannungen in radialer und tangentialer Richtung im Baukörper und an der Kontur gemessen. Von dem langfristigen Aufrechterhalten eines Kristallisationsdrucks in relevanter Größe wird nicht ausgegangen. Die maximalen Drücke in den Baukörpern treten grundsätzlich während der Phase mit maximaler Temperaturanstiegsrate bzw. Temperatur auf. Die temporären Beanspruchungen aus Druck/Zug werden vom Baukörper nach aktuellem Kenntnisstand schädigungsfrei aufgenommen, d.h. es werden keine Schädigungen des Baukörpers infolge (thermo-)mechanischer Druck- und Zugbeanspruchung erwartet.

Bezüglich der Schädigung der Kontakt- und Auflockerungszone infolge (thermo-)mechanischer Beanspruchung wird davon ausgegangen, dass die aus der Behinderung der thermischen Expansion resultierenden maximalen Drücke (→ Zwangsspannungen) unterhalb der Festigkeits- und Schädigungsgrenze des Gebirges liegen. Es ist nicht auszuschließen, dass während der Abkühlphase temporär und lokal die Zugspannungen oberhalb der Haftzugfestigkeit (Baukörper/Gebirge) bzw. Zugfestigkeit des Steinsalzes liegen. Allerdings wird erwartet, dass am Ende der Bauzustände ein Form- und ggf. Kraftschluss gegeben ist. Relevanten Scherspannungen in der Kontur werden nicht erwartet. Unter Umständen liegen komplexe Spannungszustände an den Stirnflächen/Eck- und Übergangsbereichen zu den Widerlagern vor.

- **Temperatur- und Spannungsänderung durch Betonage der Widerlager und daraus resultierende Schädigung/Dilatanz**

  Durch die Betonage der Widerlager wird das Temperatur- und Spannungsfeld am Standort des Streckenabdichtungssegments negativ beeinflusst. Dies kann unter Umständen zum Entstehen und zur Zunahme der Schädigung/Dilatanz führen. Diese Annahme ist im Projekt vom AN zu belegen bzw. es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Mechanische und thermo-mechanische Zwangsbeanspruchung des Baukörpers und angrenzender Gebirgsbereiche infolge Hydratation, Temperaturdifferenzen aus abfließender Hydratationswärme, thermischer Expansion/Kontraktion und Kristallisationsdruck (Verformungsbehinderung) nach Betonage des Streckenabdichtungssegments**

  Die Prozesse der thermischen Expansion/Kontraktion, des Abfließens der Hydratationswärme, der Ausbildung eines Kristallisationsdrucks und des Kriechens überlagern sich während der Bauzustände und können nur bedingt getrennt voneinander betrachtet werden (siehe Beschreibung oben). Vor diesem Hintergrund kommt den Messungen und Nachuntersuchungen sowie der Lösungsdruckbeaufschlagung der Druckkammer zur Bewertung der Auswirkungen auf die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften am Demonstrationsbauwerk eine besondere Bedeutung zu. Diese Annahme ist im Projekt vom AN zu belegen bzw. es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Wechselwirkung zwischen Anmachlösung und Gebirge**
  Es wird angenommen, dass die Anmachlösung zu keiner negativen chemischen Beeinflussung der Kontaktzone und der angrenzenden Salzkontur führt. Diese Annahme ist im Projekt vom AN zu belegen bzw. es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Spalt im Firstbereich zwischen Baukörper und Gebirge infolge Überschusslösung**
  Die Überschusslösung führt zu keiner negativen Beeinflussung im Firstbereich des Bauwerks. Gegebenenfalls temporär auftretende Überschusslösung wird später vom Baustoff während der Hydratation wiederaufgenommen und kann teilweise in der NBZ verbleiben. Diese Annahme ist im Projekt vom AN zu belegen bzw. es sind mögliche Auswirkungen zu quantifizieren.

- **Thermische Wechselwirkung Baustoff - Kalisalze (Szenario: Freisetzung Kristallwasser)**

  Die thermische Beeinflussung der gegebenenfalls anstehenden Kalisalze und daraus resultierende negative Effekte (bspw. Freisetzung von Kristallwasser) ist vernachlässigbar (bzw. wird während der Hydratation vom Baustoff wiederaufgenommen).

Störungen im Bauablauf bzw. von Planung abweichender Bauablauf und daraus resultierende Schädigung/Dilatanz

Mögliche Störungen im Bauablauf, die die Projektziele gefährden sind im Vorfeld der Baumaßnahme durch den AN zu identifizieren und zu dokumentieren. Die identifizierten Risiken sind durch den AN proaktiv durch entsprechende Maßnahmen auszuschließen.

3.2.3 Bewertung der Eigenschaften nach Bauzustand und Fluidbeaufschlagung als Grundlage für die prognostische Analyse der Eigenschaften des Demonstrationsbauwerks

Neben den mechanischen Eigenschaften nach dem Ende der Bauzustände ist auch die Funktionalität bei einem möglichen Lösungszutritt für die Langzeitsicherheitsanalyse zu bewerten (prognostische Analyse). Es wird davon ausgegangen, dass es bei langzeitlichen Lösungszutritt bedingt durch

den hohen hydraulischen Widerstand der Streckenabdichtungen zu einem Aufstau und Lösungsdruckaufbau vor diesen kommen wird. Der maximale Lösungsdruck ist im Wesentlichen abhängig von der Teufenlage des jeweiligen Streckenabdichtungsstandortes im ERA Morsleben und wird als hydrostatischer Druck resultierend aus einer fiktiven Lösungssäule bis Geländeoberkante (6 MPa, vgl. Kapitel 1) bestimmt.

Bei den Streckenabdichtungen werden in der prognostischen Analyse zwei Belastungszustände unterstellt. Zum einen der Zustand, dass der anstehende Lösungsdruck geringer ist als der gebirgsmechanische Einspanndruck der Streckenabdichtung und zum anderen der Belastungszustand, dass der Lösungsdruck den Einspanndruck überschreitet. In diesem Fall kann es zu einer Zunahme und Ausdehnung der Auflockerungszone und zu einer Erhöhung der Permeabilität im Bereich der Kontaktzone kommen.

Vor diesem Hintergrund sollen beim Demonstrationsbauwerke für die Permeabilitätsmessungen in den Messbohrungen wie auch bei der Durchführung des Druckbeaufschlagungsversuchs durch die Druckkammer zwei unterschiedliche Lastfälle berücksichtigt werden:

1. Permeabilitätsmessungen und Durchführung des Druckkammertests mit Lösungsdrücken (σ_{Fluid}) < der kleinsten Hauptspannung (σ_3) in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone (i.d.R. entsprechend der gemessenen Radialspannungen durch die Druckkissen) und

2. Permeabilitätsmessungen und Durchführung des Druckkammertests mit $\sigma_{Fluid} > \sigma_3$ in Baukörper, Kontaktzone und Auflockerungszone.

Durch die schädigende Wirkung der fluiddruckgetriebenen Infiltration ist der 1. Lastfall vor dem 2. Lastfall durchzuführen. Die Druckbeaufschlagungsrate im 2. Lastfall ist so gering zu wählen, dass es zu keinem Hydrofrac kommt. Ziel ist es, eine integrale Querschnittspermeabilität in Abhängigkeit der Differenzspannung ($\sigma Diff = \sigma Fluid - \sigma 3$) für den stationären Strömungszustand beim 2. Lastfall zu bestimmen. Wenn dieser Zustand innerhalb der Versuchszeit nicht erreicht werden kann, so ist dieser auf Grundlage der instationären Messergebnisse abzuschätzen.

Es nicht auszuschließen, dass bei Kontakt des Magnesiabaustoffs MO1 mit einer Lösung mit einem $MgCl_2$-Gehalt von mindestens 0,5 molal die ggf. vorhandene metastabile 5-1-8-Bindemittelphasen in die langzeitstabile 3-1-8 Phase umgewandelt werden. Bei diesem Prozess kommt es zu Veränderungen der Baustoffeigenschaften, verbunden mit einer Volumenzunahme der Bindemittelphase in dem unter Einspannung befindlichen Baustoff und damit zu einer Verringerung der Lösungspermeabilität. Diese Prozesse sind im Rahmen des Projektes durch den AN zu bewerten.

Anhang 2 Übersicht der vom AN zu erstellenden Konzepte (bei Angebotsabgabe)

Leistung	zu erstellendes Konzept	Angebot
Vorbereitende Maßnahmen	Ausführungskonzept	x
Standorterundung		
Geotechnische Situation (Hydrofrac- und Permeabilität)	Konzept Hydrofracmessungen (inkl. Bohrungen)	x
	Konzept Permeabilitätsmessungen ((inkl. Bohrungen)	x
Bauwerkserrichtung	Ausführungskonzept über die Gesamtmaßnahme	x
Baustoff	Ausführungskonzept Baustoffherstellung und -lieferung	x
Untersuchungs-/Messprogramm		
Geotechnische Messungen	Konzeption / Auslegung aller technischen Messsysteme inkl. Messdatenerfassung	x
Geophysikalische Messungen		
Messdatenerfassung		
Rauigkeitsmessungen	Konzeption der Rauigkeitsmessungen (nach Nachschnitt)	x
Nachuntersuchungen		
Bohrungen	Konzept Nacherkundung	x
Permeabilitätsmessungen		
3D-Modell	Konzept (Aufbau und Informationsinhalt)	x

Anhang 3 Spezifikationen Magnesiumoxid

Lehmann&Voss&Co.
LEHVOSS Group

Alsterufer 19
20354 Hamburg
Telefon 040 44 19 70
Telefax 040 44 19 72 19
Internet www.lehvoss.de
Amtsgericht Hamburg
HRA 39518

Lehmann&Voss&Co. KG · Postfach 30 34 24 · 20311 Hamburg

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
(BGE)
Eschenstr. 55
31224 Peine

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen	Durchwahl	Datum
		21/cb	(040) 44197-256	18.05.2021

Ihre Bestellung Nr. 45200245 vom 18.05.2021
1.000 kg LUVOMAG® MO F-80
unsere Auftragsbestätigung Nr. 742533

Analysenzertifikat

Charge-Nr.: 280785

MgO	%	91,37
SiO_2	%	3,29
CaO	%	2,06
Fe_2O_3	%	0,78
Al_2O_3	%	0,37
LOI	%	1,82
Zitronensäure-Aktivität		
pH 7	sec	573
pH 8,6	sec	629

Lehmann&Voss&Co. KG

i.A. Christiane Beyer

Anlieferung BGE Morsleben ca 25.05.2021

LEHVOSS Group

Magnesiumoxid

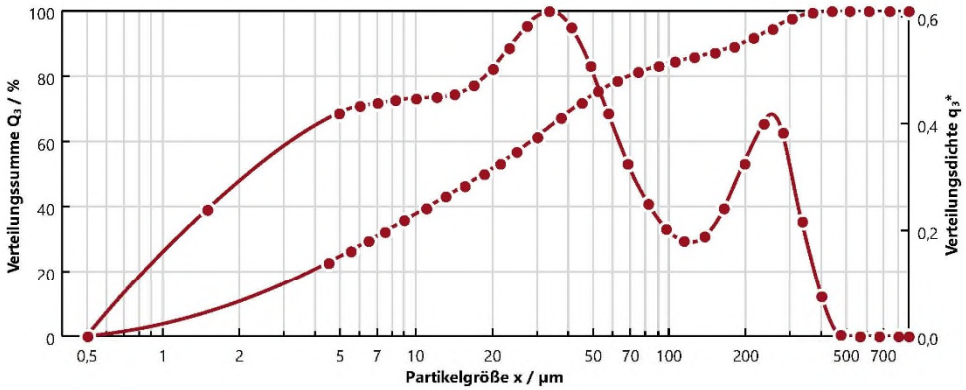
2021-09-28 09:48:18

PARTIKELGRÖSSENVERTEILUNG

PAQXOS 5.0 **FREE**

$x_{10,3}$ = 2,25 µm $x_{50,3}$ = 18,42 µm $x_{90,3}$ = 190,32 µm SMD = 7,48 µm C_{opt} = 11,28 %

$x_{99,3}$ = 351,00 µm $x_{100,3}$ = 515,00 µm



VERTEILUNGSSUMME

x_o / µm	Q_3 / %	x_o / µm	Q_3 / %
4,50	22,83	75,00	81,17
5,50	26,49	90,00	83,15
6,50	29,62	105,00	84,51
7,50	32,34	125,00	85,87
9,00	35,85	150,00	87,35
11,00	39,75	180,00	89,26
13,00	43,00	215,00	91,77
15,50	46,47	255,00	94,73
18,50	50,10	305,00	97,71
21,50	53,37	365,00	99,39
25,00	56,92	435,00	99,97
30,00	61,54	515,00	100,00
37,50	67,43	615,00	100,00
45,00	72,01	735,00	100,00
52,50	75,42	875,00	100,00
62,50	78,59		

VERTEILUNGSDICHTE (LOG.)

x_m / µm	q_3 lg	x_m / µm	q_3 lg
1,50	0,239	68,47	0,325
4,97	0,420	82,16	0,251
5,98	0,432	97,21	0,202
6,98	0,437	114,56	0,180
8,22	0,443	136,93	0,187
9,95	0,447	164,32	0,241
11,96	0,449	196,72	0,325
14,20	0,454	234,15	0,399
16,93	0,472	278,88	0,384
19,94	0,502	333,65	0,215
23,18	0,541	398,47	0,076
27,39	0,583	473,31	0,004
33,54	0,609	562,78	0,000
41,08	0,578	672,33	0,000
48,61	0,508	801,95	0,000
57,28	0,419		

SYSTEM

Gerät	HELOS (H4289) & OASISDRY/L, R5
Referenz	2021-09-28 09:48:03
Software	PAQXOS 5.0

TRIGGERBEDINGUNG

Start	Copt ≥ 1 %
Gültig	immer
Stop	3 s Copt ≤ 1 % oder 10 s Echtzeit

DISPERGIERMETHODE

Druck	3 bar
Unterdruck	96 mbar

Dosierer	VIBRI
Förderrate	60 %
Spaltweite	1,5 mm

BENUTZERDEF. PARAMETER

Messart	RODOS / R5
EK-/LA-/PA-Nr.	89...31831
Charge/Lot-Nr.	280785_1
Prüfer	Omer

KOMMENTAR

Magnesiumoxid F80
Ch.280785
20211277

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Anhang 4 Spezifikationen Barytmehl N

Barytmehl N / Barytmehl G

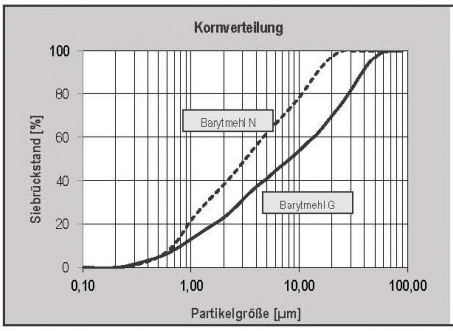
Produktinformation

Deutsche Baryt-Industrie

Barytmehl N und **Barytmehl G** werden in den Aufbereitungsanlagen der Deutschen Baryt-Industrie in Bad Lauterberg (im Harz) aus vorsortierten Konzentraten hergestellt. **Barytmehl N** ist geeignet für Anwendungen mit moderater Anforderung an die Helligkeit und **Barytmehl G** wurde speziell für die Herstellung von Leuchtmitteln in der Glasindustrie entwickelt.

Technische Daten	Methode	Werte Barytmehl N	G
Mittlere Partikelgröße / d50 [µm]	Cilas 920	ca. 3	9
Top-cut / d97 [µm]	Cilas 920	ca. 20	60
Siebrückstand bei 45 µm [%]	DIN EN ISO 787-7	< 0,5	20
Feuchtigkeit bei 105°C [%]	DIN EN ISO 787-2	< 0,3	0,3
$BaSO_4$-Gehalt [%]	DIN EN ISO 3262-2	ca. 98	98
Si-Gehalt [%]	DBI-Methode	ca. 0,5	0,5
Fe_2O_3-Gehalt [%]	DBI-Methode	ca. 0,20	0,20
Elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	DIN EN ISO 787-14	< 200	200
Helligkeit Ry / L*	DIN 53163	ca. 83 / 93	83 / 93
pH-Wert	DIN EN ISO 787-9	ca. 8	8
Dichte [g/cm³]	DIN EN ISO 787-10	ca. 4,4	4,4
Brechungszahl	Literatur	1,64	1,64
Härte [Mohs]	Literatur	3,5	3,5

Die oben genannten Werte verstehen sich als typische Erfahrungswerte und gelten nicht als zugesicherte Eigenschaften.



Typische Eigenschaften:

- Hohe Dichte
- Beständig gegen Säuren und Alkali
- Unlöslich in Wasser und organischen Lösemitteln
- Licht- und Wetterbeständig
- Hohe Strahlenabsorption
- Niedriger Bindemittelbedarf
- Geringe Abrasivität durch kontrolliert niedrigen Quarzgehalt
- Niedrige Mohs'sche Härte

Typische Anwendungen:
Fussbodenbeläge, Spachtelmassen, Pigmentzubereitungen, Klebstoffe, Kunststoffe, Gummi, Glasherstellung.

Lagerung:
Das Material ist ungestapelt in trockenen, geschlossenen Räumen bei normaler Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu lagern.
Für ein optimales Ergebnis empfehlen wir bei Einhaltung der o. g. Lagerbedingungen den Verbrauch innerhalb von 12 Monaten nach Erhalt (FIFO).

BMN-IS_02_2019_GB

Produzent:
Deutsche Baryt-Industrie
Bahnhofstr. 21 - 39
37431 Bad Lauterberg

Telefon: +49 5524 8501-0, Fax -33
Mail: info@baryt.com
Internet: www.baryt.com

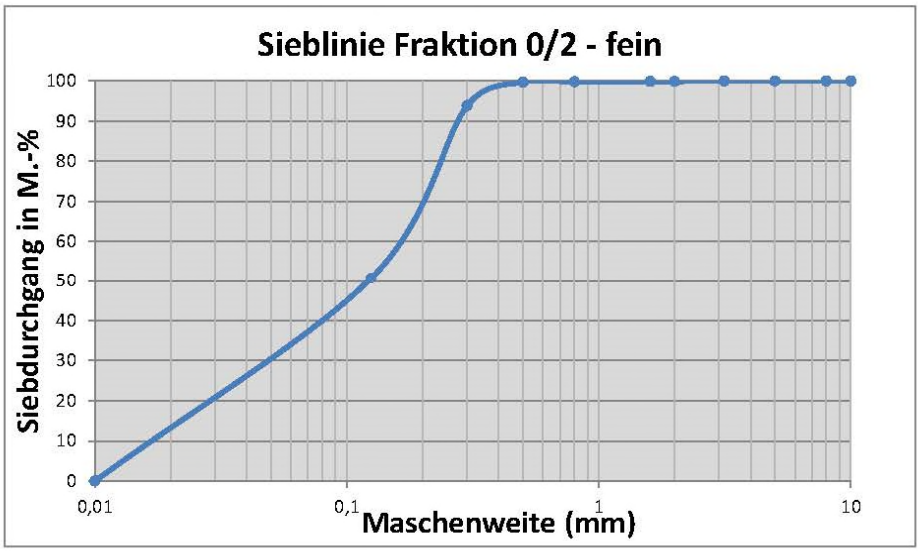
Ein Unternehmen der
SACHTLEBEN MINERALS

Anhang 5 Spezifikationen Salz

GSES

Feinsalz - Fraktion 0/2 - fein

Siebgröße (mm)	< 0,125	0,125	0,30	0,50	0,80	1,6	2,0	3,15	5,0	8,0
Durchgang (M.-%)	50,79	93,86	99,69	99,81	99,87	99,90	100	100	100	100

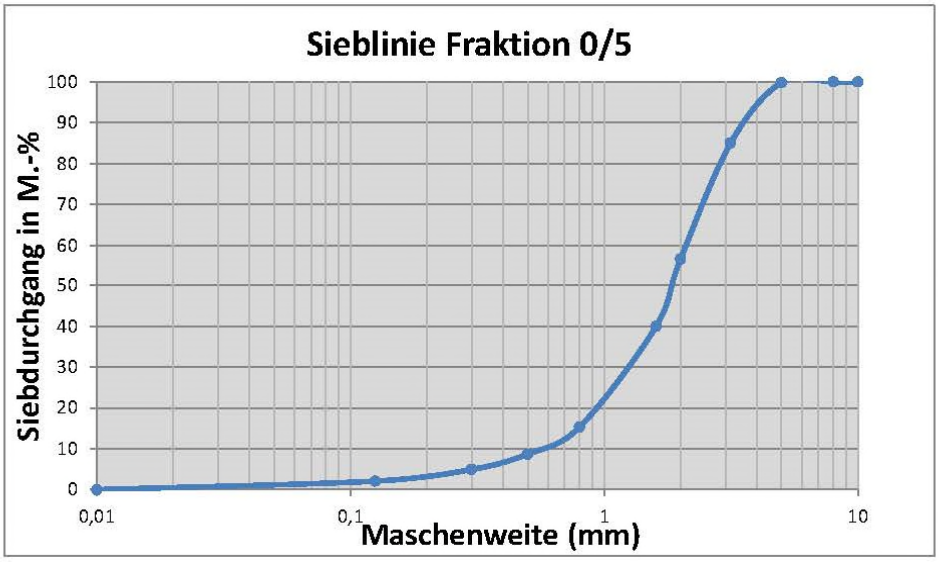


NaCl	94,9 %
$CaSO_4$	4,3 %
Unlösliches	0,36 %
Diese Angaben dienen nicht zur Spezifikationserstellung, sondern stellen lediglich Richtwerte dar.	

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Band 6 - Fraktion 0/5

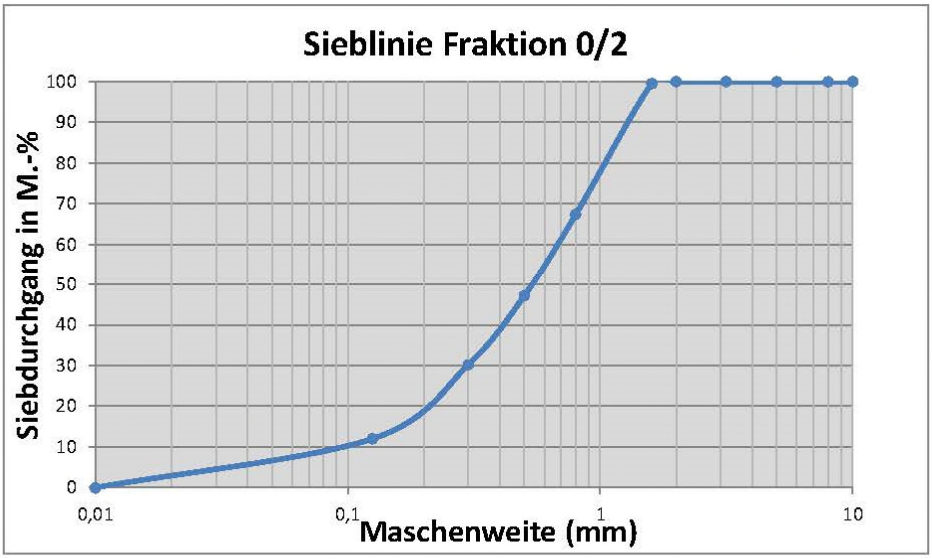
Siebgröße (mm)	< 0,125	0,125	0,30	0,50	0,80	1,6	2,0	3,15	5,0	8,0
Durchgang (M.-%)	2,1	5,0	8,7	15,3	39,9	56,7	85,1	99,8	100	100



NaCl	97,9 %
$CaSO_4$	1,7 %
Unlösliches	0,2 %
Diese Angaben dienen nicht zur Spezifikationserstellung, sondern stellen lediglich Richtwerte dar.	

Band 8 - Fraktion 0/2

Siebgröße (mm)	< 0,125	0,125	0,30	0,50	0,80	1,6	2,0	3,15	5,0	8,0
Durchgang (M.-%)	12,0	30,2	47,2	67,4	99,5	99,98	100	100	100	100



NaCl	97,6 %
$CaSO_4$	2,0 %
Unlösliches	0,18 %
Diese Angaben dienen nicht zur Spezifikationserstellung, sondern stellen lediglich Richtwerte dar.	

vollständige Analysenwerte der chemischen Zusammensetzung von den Fraktionen:

Feinsalz - Fraktion 0/2 – fein

Band 6 - Fraktion 0/5

Band 8 - Fraktion 0/2

Feinsalz Fraktion 0/2-fein									
$CaSO_4$	$MgSO_4$	$MgCl_2$	K_2SO_4	Na_2SO_4	KCl	NaCl	NaBr	$CaCl_2$	Un-lösliches
4,289	0,000	0,048	0,002	0,380	0,000	94,911	0,017	0,000	0,360

Band 6 Fraktion 0/5									
$CaSO_4$	$MgSO_4$	$MgCl_2$	K_2SO_4	Na_2SO_4	KCl	NaCl	NaBr	$CaCl_2$	Un-lösliches
1,702	0,030	0,024	0,002	0,250	0,000	97,862	0,017	0,000	0,198

Band 8 Fraktion 0/2									
$CaSO_4$	$MgSO_4$	$MgCl_2$	K_2SO_4	Na_2SO_4	KCl	NaCl	NaBr	$CaCl_2$	Un-lösliches
1,974	0,030	0,024	0,002	0,404	0,000	97,570	0,017	0,000	0,176

Sondershausen, 30.03.2020

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Anhang 6 Spezifikationen $MgCl_2$-Lösung

Stand: 23.07.2021	Spezifikation	DEUSA INTERNATIONAL GmbH

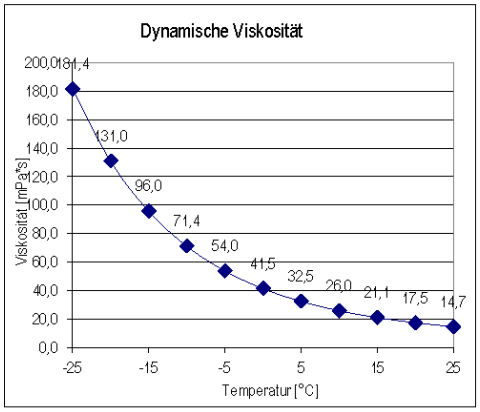
Allgemeine Produktinformationen	
Artikelbezeichnung	S_{ES} 33 %
Handelsname	Magnesiumchloridlösung
Formel	$MgCl_2$

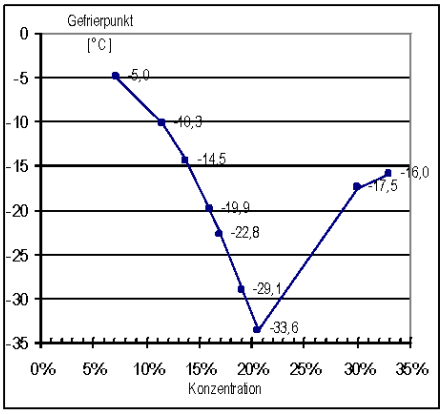
Chemische Zusammensetzung					
		Durchschnittswerte		Konzentrationsbereich	
		[g/l]	[%]	[%]	[%]
Magnesiumchlorid	($MgCl_2$)	448	33,0	32,0	
Kaliumchlorid	(KCl)	2,00	0,15		
Natriumchlorid	(NaCl)	5,20	0,35		
Magnesiumsulfat	($MgSO_4$)	38,3	2,80		3,00
Calciumsulfat	($CaSO_4$)	0,40	0,03		0,10

Forderungen nach DIN EN 16811-2							
		IST	Soll			IST	Soll
		[mg/kg]	[mg/kg]			[mg/kg]	[mg/kg]
Arsen	(As)	< 0,10	≤ 2,50	Kupfer	(Cu)	< 0,20	≤ 5,00
Blei	(Pb)	< 0,40	≤ 5,00	Nickel	(Ni)	< 0,20	≤ 5,00
Cadmium	(Cd)	< 0,10	≤ 2,00	Quecksilber	(Hg)	< 0,01	≤ 0,50
Chrom, gesamt	(Cr)	< 0,10	≤ 5,00	Zink	(Zn)	< 1,00	≤ 20,0
				Eisen	(Fe)	< 10,0	Entfällt

Physikalische und chemische Daten			
Dichte bei 20 °C	Entspricht	pH-Wert	Spez. Wärme
1,36 g/cm³	38 °Be	4 - 7	3,35 MJ / m³ - K

Eigenschaften	
Additive	Keine
Farbe	Klar, gelblich / bräunlich
Löslichkeit	Sole in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar





Anhang 7 Gefordertes Untersuchungsprogramm zur Qualitätsüberwachung der Ausgangskomponenten (AK) und des Trockenbaustoffes (TB)

Untersuchung	**Untersuchungs-zyklus**	**Material**
Kornverteilung	Pro Anlieferung	AK + TB
Feuchte nach DIN EN 9552	Pro Anlieferung	AK (MgO und Baryt)
Chemische Zusammensetzung (RFA)	Pro Anlieferung	AK
Glühverlust nach DIN 51081	Pro Anlieferung	AK (nur MgO)
Zitronensäurereaktivität (gem. Anhang 9)	Pro Anlieferung	AK (nur MgO)
Rückstellproben	Pro Anlieferung t	AK + TB
Schüttdichte (in Anlehnung an DIN EN 1097-3)	Pro Anlieferung	TB

Anhang 8 Spezifikationen Frischbeton (Stand August 2021)

Prüfung	**Angaben**	**Messwert**
Frischbetontemperatur		20 – 22 °C
Frischbetonrohdichte	In Anlehnung an DIN EN 12350-6	2,03 – 2,13 kg/m^3
Luftporengehalte	In Anlehnung an DIN EN 12350-7	1,5 – 3,4 %
Suspensionsdichte	In Anlehnung an die ASTM D 4380	2,04 – 2,1 kg/m^3
Fließrinne	In Anlehnung an DIN EN 13395-2	500 - 580 mm
Erstarrungszeit	In Anlehnung an DIN EN 196-3	Beginn: ca. 885 Min. Ende: ca. 1050 Min.

Anhang 9 Bestimmung der Reaktivität von Magnesiumoxid mit Zitronensäure-Lösung (modifiziertes Laborverfahren)

1. Einsatzgebiet

Dem MgO als Bindekomponente fällt im Rahmen der Baustofferstellung von Sorelbeton (Magnesiabaustoff) eine wesentliche Rolle hinsichtlich der Suspensions- und Betonqualität zu. Daher ist die Qualitätssicherung des MgO mit größtmöglicher Sorgfalt durchzuführen und zu dokumentieren. Da der Abbindeprozess und die damit verbundene exotherme Reaktion wesentlich von der Reaktivität des MgO beeinflusst wird und dieses unmittelbaren Einfluss auf die thermische Beanspruchung des Bauwerks bzw. Baustoffs während dieses Prozesses ausübt, dient der Reaktivitätswert als wesentliches Qualitätsmerkmal des MgO.

2. Veranlassung

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist eine Anpassung des bestehenden Verfahrens zur Bestimmung der Reaktivität mit Zitronensäure-Lösung notwendig. Das modifizierte Verfahren zeichnet sich durch zwei Merkmale aus:

a) Die Reaktivität (sec.) wird gegenüber dem herkömmlichen Verfahren nicht mit dem Zeitpunkt des Farbwechsels (Überschreiten von pH 8.6) bestimmt, sondern bei Überschreiten des messtechnisch erfassten pH-Wertes 7,0. Dieser Wert entspricht in etwa dem Umkehrpunkt der Steigungsgeraden während der Hydrolyse und Neutralisationsreaktion und ist daher exakter zu definieren, als der pH-Wert 8,6, der schon in den Bereich der asymptotischen Angleichung an den pH-Endwert der Reaktion fällt. In einer unbestimmten Übergangszeit wird zusätzlich der Zeitpunkt des Überschreitens von pH 8,6 mitbestimmt.

b) Das gesamte Verfahren unterliegt einer messtechnischen Temperatur- und pH-Wert-Kontrolle und ist damit weitgehend frei von subjektiven Einflüssen (Festlegung des Farbumschlags). Damit wird es durch den Einsatz von handelsüblicher Mess- und Datenaufzeichnungstechnik im Rahmen der Qualitätskontrolle auch dokumentierbar und reproduzierbar.

3. Erforderliche Materialien

Reagenz
- Zitronensäure (0,4 N)

Laborgeräte
- pH-Meter VVTW pH 340i Taschenmessgerät
- METTLER TOLEDO lnLab 415 pH Einstabmesskette
- Feinwaage
- Umwälzthermostat
- Magnetrührer

Software
- MultiLab pilot V 4.3 (4.31 o. höher), Fa. WTW GmbH Weilheim
- Rechner Betriebssystem Windows 95 o. höher
- MS Excel

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Hardware

- Mindestanforderung Rechner: IBM-kompatibler PC mit 486DX-Prozessor, 8 MB RAM, 20 MB freier Festplattenspeicher, eine freie serielle Schnittstelle (RS 232) Adapterkabel zum Anschluss PC / pH-Meter

4. Ablauf des Laborverfahrens

1. 100 ml Zitronensäure-Lösung (0,4 N) werden in einem doppelwandigen 250 ml Durchflusstemperierbecher mit Stabmagnet vorgelegt.
2. Der Magnetrührer wird auf ca. 200 U/min (Stufe 5) eingestellt und die Lösungstemperatur auf 30°C temperiert.
3. Das Programm MultiLab pilot wird gestartet und die Daten zur Datenaufzeichnung (Messzyklus, Dateinamen etc.) eingegeben.
   Als Dateiname wird wegen der besseren Zuordnungsbarkeit folgender Bezeichnungcode festgelegt:
   Testdatum (amerikanisches Format) / Menge der Einwaage / Art der Probe
   z.B. 050923 2g MgO Lieferung 01-09-05
4. Die Einstabmesskette zur pH-Wert-Messung wird in die Lösung eingetaucht.
5. Zeigt die Einstabmesskette eine stabile Lösungstemperatur von 30°C ± 0 ,2°C an, wird die entsprechende Einwaage des MgO - Musters in den Temperierbecher gegeben.
6. Nach Überschreitung von pH 8,6 wird die Messwertaufzeichnung beendet**.**

5. Datenaufzeichnung und -dokumentation

1. Es wird empfohlen die Datenaufzeichnung jeweils 100 Sek. vor der Zugabe des MgO - Musters zu starten. Der Zeittakt der Messwerterfassung beträgt 5 sec.
2. Nach Export der Daten nach MS Excel wird der Zeitstempel im Datensatz auf Sekunden ab Messbeginn normiert und die Zeitspanne ab Zugabe bis zum Überschreiten von pH 7,0 bzw. 8,6 ermittelt und als Reaktivitätswert dokumentiert (jeweils erster Wert nach Überschreitung). Hierbei ist zu beachten, dass die Zeitdifferenz zwischen dem Start der Datenaufzeichnung und der Zugabe des MgO-Musters vom Überschreitungszeitpunkt abgezogen werden muss.
3. Der gesamte Datensatz incl. Messprotokoll unter Angabe von Probenbezeichnung, (ggf. Chargennummer), Messdatum, Prüfperson ist vorzuhalten.

6. Anwendungsbereich

Das beschriebene Verfahren ist auf die Reaktivitätsbestimmung von handelsüblichem, reinem MgO ausgelegt. Die Probemenge beträgt jeweils 2 g.

2020-10-26_PM_QMV02_Textblatt A4 Hochformat_REV02

Anhang 10 Tabellarische Zusammenstellung der qualitätssichernden Vorgaben und Kontroll-/Prüfmaßnahmen für die einzelnen Gewerke

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Baustelleneinrichtung	Einhaltung der aktuell gültigen Vorgaben und Regeln des Arbeits- und Gesundheitsschutzes Einhaltung der Elektro-Bergverordnung (EVO) und der Regelwerke der DIN, VDMA, VDE, VDEW Einhaltung der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) Einhaltung der Erlasse des Landesamtes für Geologie und Bergwesen, Sachsen-Anhalt (LAGB) Erstellung eines Arbeitssicherheit- und Gesundheitsschutzplanes Unterweisung aller auf der Baustelle tätigen Mitarbeiter Einhaltung der Zulassungen nach § 4 GesBergV für alle eingesetzten Baustoffe und Materialien (Ausnahmen bzgl. der Zulassungen sind mit dem LAGB als Sonderfall unter Beteiligung des AG vor Angebotsabgabe zu klären)	Prüfung und bei Bedarf Instandsetzung von Sicherheitseinrichtungen, Arbeitsmittel, Geräten und Maschinen Prüfung der Vorlage eines Arbeitssicherheit- und Gesundheitsschutzplanes Prüfung Unterweisungsnachweise Mitarbeiter
Beräumung	Freiräumen von wassergefährdenden Stoffen im Bereich des Demonstrationsbauwerkes Rückbau aller nicht mehr erforderlichen elektrischen Betriebsmittel im Bereich des Demonstrationsbauwerkes Verfüllung der nicht mehr benötigten Öffnungen, Bohrungen und Nischen mit Magnesiabaustoff, die für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und bei der Interpretation der Ergebnisse störend oder hinderlich sind Aufnahme des Ist-Zustandes nach der Beräumung mittels 3D-Laserscannermessungen und mittels Photogrammetrie	Kontrolle der vollständigen Beräumung bzw. des Rückbaus aller Einbauten Kontrolle der verfüllten Öffnungen, Löcher und Nischen Prüfung des Arbeitsvorganges der Verfüll- und Reinigungstechnik Kontrolle der richtigen Positionierung der Laser Markscheiderische Kontrolle der festgelegten Vorgaben

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Auffahren der Strecke	Söhlige Streckenauffahrung, Mindestquerschnitt Streckenstummel: 5 m x 5 m Abweichungen von der Stunde in den Stößen sind mit ± 10 cm und in der Firste mit ± 5 cm einzuhalten Standzeit zwischen Permeabilitätsmessungen und Auffahrung: max. 3 Monate	Markscheiderische Prüfung der o.g. Vorgaben Kontrolle Bestandsaufnahme des Ist-Zustands vor dem Nachschnitt mittels 3D-Laserscanner und Photogrammetrie
Hydrofracmessungen Messbohrungen	Bohrung der Messlochbohrungen mit trockener Druckluft Ermittlung des Zustands der Bohrlochwand hinsichtlich Ausbrüche, Feuchtigkeit und ggf. Zutrittsstellen von Lösung Identifikation von Rissen, Klüften sowie ggf. deren Lage und Richtung Erfassung und Dokumentation von geologischen Besonderheiten hinsichtlich Schichtung, Schichtgrenzen, lithologischen Wechseln, sicherheitsrelevanten Merkmalen in Bereichen von geplanten Packersetzpunkten Identifikation von Auffüllungen in der Sohle Eingrenzgenauigkeit auf 10 cm Empfohlenes Messprogramm mit Messpunkten bei 0,25 m, 1,25 m, 2,25 m, 3,25 m, 4,25 m, bezogen auf die Mitte des Prüfraums, in jeder Messbohrung	Kontrolle Bohrvorgang auf Einhaltung der Vorgaben Prüfen der angegebenen geologischen Verhältnisse anhand der geologischen Ansprache inkl. Kerndokumentation und Kernkonservierung Kontrolle des Bohrloches mittels Kamerabefahrung Kontrolle der Arbeitsvorgänge Ausblasen sowie feuchtedichter Verschluss der Bohrung
Messungen	Empfohlenes Messprogramm mit Messpunkten bei 0,25 m, 1,25 m, 2,25 m, 3,25 m, 4,25 m, bezogen auf die Mitte des Prüfraums, in jeder Messbohrung, Geeignete Messtechnik zur Erfassung der minimalen Hauptspannung ab einem Konturabstand von 0,25 m (Mitte Prüfraum) Messergebnisse müssen den hohlraumnahen Spannungszustand bis in eine Bohrlochtiefe von 5 m sinnvoll repräsentieren Nachweis einer Messgenauigkeit des Frac- und Packerdrucks von ≤ 0,5 % v.E. des Sensors	Kontrolle der werkseitig kalibrierten Sensorik Volumenbestimmung der Test-/ Kontrollintervalle der Packergarnitur unter Laborbedingungen Prüfung Packerdichtheit und Belastungsstabilität der Packergarnitur und Messausrüstung unter Laborbedingungen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Messungen	Injektionsmenge ± 0,01 l Vorlage eines Messprogramms mit Beschreibung des Messablaufs, der ermittelten Hauptspannung	
Auffahren / Herrichten der Begleitstrecke	Ausrichtung parallel und höheres Niveau zum Demonstrationsbauwerk Keine hydraulischen Wegsamkeiten zum Demonstrationsbauwerk Gebirgsschonende Auffahrung mittels Teilschnittmaschine	Markscheiderische Prüfung der Vorgaben Kontrolle hydraulische Wegsamkeiten (z.B. anhand der geologischen Standorterkundung)
Permeabilität Messbohrungen	Bohrung der Messlochbohrungen mit trockener Druckluft Ermittlung des Zustands der Bohrlochwand hinsichtlich Ausbrüche, Feuchtigkeit und ggf. Zutrittsstellen von Lösung Identifikation von Rissen, Klüften sowie ggf. deren Lage und Richtung Erfassung und Dokumentation von geologischen Besonderheiten hinsichtlich Schichtenwechsel Identifikation von Auffüllungen in der Sohle Eingrenzgenauigkeit auf 10 cm Vorgegebenes Messprogramm mit Messintervallen 0,1 m bis 0,3 m, 0,3 m bis 0,4 m und 0,4 m bis 2,0 m in jeder Messbohrung	Kontrolle Bohrvorgang auf Einhaltung der Vorgaben Prüfen der angegebenen geologischen Verhältnisse anhand der geologischen Ansprache Kontrolle des Bohrloches mittels Kamerabefahrung Kontrolle der Arbeitsvorgänge Ausblasen sowie feuchtedichter Verschluss der Bohrung
In situ-Messungen	Vorlage eines Messprogrammes mit Ablaufbeschreibung Erstellungskontrolle eines standardisierten Messprotokolls Eine Messunsicherheit von ≤ 0,1 % v.E. des Sensors ist zu erreichen Das Messziel gilt als erreicht, wenn sich ein annähernd konstanter Wert der Permeabilität einstellt Durchführung zusätzlicher Messungen bei Grenzwertunterschreitung	Kontrolle der werkseitig kalibrierten Sensorik Volumenbestimmung der Test-/Kontrollintervalle der Packergarnitur unter Laborbedingungen Erstellungskontrolle eines standardisierten Messprotokolls Vorlage der elektrischen Überprüfung der nicht ortsfesten, elektrischen Ausrüstungsgegenstände nach den gesetzlichen Vorgaben Prüfung der Dichtheit der vor Ort montierten Messausrüstung

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
In situ-Messungen	Volumenbestimmung der Test- und Kontrollintervalle der Packergarnitur unter Laborbedingungen Prüfen Packerdichtheit und Belastungsstabilität der Packergarnitur und Messausrüstung unter Laborbedingungen Einsatz von elektrisch geprüfter Ausrüstungsgegenstände (nicht ortsfest) nach den gesetzlichen Vorgaben bzw. berufsgenossenschaftlichen Regeln Einsatz gemäß den gesetzlichen Vorgaben geprüfter Druckbehälter Durchführungskontrolle Beobachtungsphase nach dem hydraulischen Setzen der Packerelemente und Zuschaltung eines hydraulischen Druckspeichers Ausführungskontrolle zur Beurteilung von Fremdeinflüssen (Luftdruck und Feuchtigkeit)	Vorlage der TÜV-Abnahmen für die verwendeten Druckbehälter nach den gesetzlichen Vorgaben Durchführungskontrolle mit Beobachtungsphase nach dem hydraulischen Setzen der Packerelemente und Zuschaltung eines hydraulischen Druckspeichers Prüfung Packerdichtheit und Belastungsstabilität der Packergarnitur und Messausrüstung unter Laborbedingungen Ausführungskontrolle zur Beurteilung von Fremdeinflüssen (Luftdruck, Wettertemperatur)
Verfüllen mit Magnesiabaustoff	Herstellung des Magnesiabaustoffs nach Herstellerangaben / Mischanweisung	Kontrolle des gelieferten Verfüllmaterials (Menge, Sorte) Kontrolle der Verfüll- und Reinigungstechnik Kontrolle des Arbeitsvorganges (Mischanweisung, Pumpdrücke, Druckbeaufschlagung beim Abbinden, eingebrachte Menge) Prüfung der Suspensionseigenschaften des Verfüllmaterials (Temperatur, Dichte, Ausbreitmaß Fließrinnenmaß, Menge) Kontrolle der Anfertigung von Rückstellproben
Konvergenz-messungen	Messgenauigkeit von 0,1 cm	Kontrolle Einhaltung der Messgenauigkeit
Nachschnitt	Ausführung des Nachschnitts in zwei Schritten: (1) Vorprofilierung und Egalisierung First- und Stoßbereiche, (2) Nachschnitt Sohle und (3) Nachschnitt gesamte Kontur mit Polierkopf	Kontrolle der Stundenvorgabe für Nachschnitt, Kontrolle der richtigen Positionierung der Laser Kontrolle First- und Stoßschnitt im oberen Bereich (Standard- und Polierkopf) Nach Ausräumen der Salzrampe: Kontrolle Positionierung Laser für Stundenvorgabe

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Nachschnitt	Ausbildung der Firste, so dass der höchste Punkt der Befüll- und Entlüftungs-bohrung nahe der luftseitigen Schalwand liegt Der Übergang Sohle/Stoß ist abgerundet auszubilden Firstneigung von mind. 3 gon auf die gesamte Länge Maximale Abweichungen von der Stunde von ± 5 cm im Nachschnittbereich Kleine lokale Abweichungen sind tolerierbar, wobei eine negative Neigung nicht zulässig ist Durchführung von 3D-Laserscannermessungen und mittels Photogrammetrie (1) nach Rauben der alten Infrastruktur/Neuauffahrung und (2) nach Fertigstel-lung des Nachschnitts	Kontrolle Konturanpassung Übergang Stoß – Sohle und nach Fertigstellung des Nachschnitts: Soll-Ist-Vergleich zwischen der 3D-Laserscannermessung nach erstem Nachschnitt Kontrolle Stoßschnitt im unteren Bereich (Standard- und Polierkopf) und Nachschnitt Sohle
Kabelbohrungen und geotechnische Boh-rungen		
Herstellen der Bohrungen	Möglichst genaue / gerade Bohrungen (Richtungsabweichung: ± 10 cm) Möglichst glatte Bohrlöcher (keine Ausbrüche, kein Versatz) Ausblasen der Bohrlöcher mit trockener Druckluft Prüfung der Bohrlöcher mittels Videoendoskopie	Kontrolle des Aufstellungsorts des Bohrgeräts Kontrolle der Verankerung des Bohrgeräts Kontrolle der Bohrgerätlafette (Richtung und Stunde) Kontrolle der Bohrkrone und Doppelkernrohr (Durchmesser und Zustand) Kontrolle der Bohrgeschwindigkeit und des Anpressdrucks Kontrolle des Kernausbringers Ausführungskontrolle Ausblasen mit Druckluft Kontrolle der Bohrlöcher mittels Videoendoskopie Prüfen der angegebenen geologischen Verhältnisse anhand der geologischen Ansprache Markscheiderisches Einmessen der Bohrungen
Verfüllen mit Magnesiabaustoff	Die Herstellung des Magnesiabaustoffs hat nach Herstellerangaben und Mischanweisung zu erfolgen	Prüfung des gelieferten Verfüllmaterials (Menge, Sorte) Prüfung der Verfüll- und Reinigungstechnik

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Verfüllen mit Magnesiabaustoff		Prüfung des Arbeitsvorganges (Mischanweisung, Pumpdrücke, Druckbeaufschlagung beim Abbinden) Prüfung der Suspensionseigenschaften des Verfüllmaterials (Temperatur, Dichte, Fließrinnenmaß, Menge)
Herstellung Schalwände und Widerlagers	Mindestens eine Person des ausführenden Personals muss im Besitz eines gültigen E-Scheines (erweiterte betontechnologische Ausbildung) sein Auslegung der Schalwände auf den maximal auftretenden Betonier- und Expansionsdruck im Bereich des Widerlagers inkl. Vorlage einer geprüften Statik der luftseitigen Schalung (lagestabil gegenüber der Volumenausdehnung in der thermischen Expansionsphase des Abdichtungssegmentes) Mindestdicke der Schalwand: 0,75 m Einbringen von Rohröffnungen in die Schalwände am höchsten Firstpunkt für die Verfüll-/Entlüftungsleitungen (Widerlager) Für das Widerlager ist ein Magnesiabaustoff zu verwenden Einbau des MgO-Massenbaustoffs im Widerlager „lagenweise“, jeweils nach Aushärtung, (sobald kein nennenswerter horizontaler Betonierdruck mehr wirksam ist) Dokumentation der Betoniermaßnahmen	Kontrolle der Ausführungsunterlagen (Schalwände und Widerlager) Kontrolle der Statiken für die Schalwände und das Widerlager Kontrolle der verwendeten Schalsteine Kontrolle Mindestdicke Kontrolle MgO-Massenbaustoff
Herstellung der Druckkammer	Vorglätten der Ortsbrust im ersten Bearbeitungsschritt bis auf lokale Höhendifferenzen von max. ca. 2 cm Stellung einer Schalung, die im Firsthöchsten der Schalung einen Abstand von ca. 5 cm zur Ortsbrust und eine Neigung von 2 gon ± 0,2 gon aufweist Auslegung der Schalung auf den maximal auftretenden Betonier- und Expansionsdruck eine Magnesiabaustoffs (Dichte Frischebeton ca. 2,1 t/m³) im Bereich der Druckkammer inkl. Vorlage einer geprüften Statik	Vorlage einer geprüften Statik Kontrolle der Einbaupositionen der Stahlträger und Stützen Kontrolle der Schalungsbauteile bei Anlieferung auf die Baustelle auf Vollständigkeit und eventuelle Beschädigungen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Herstellung der Druckkammer	Herstellung der Befüll- und Entlüftungsöffnungen im Firsthöchsten der Schalung Planheit/Ebenheit der Flächen nach DIN 18202 von ±1 mm bei Messpunkt-abständen von ca. 5 cm bzw. ± 8 mm bei Messpunktabständen von 4 m Kontrolle der hydraulischen Dichtheit (keine klaffenden Fugen in der Trockenmauerung) Rückverankerung der Schalung in der Ortsbrust nur mittels korrisionsbeständiger Anker Verwendung von Bentheimer Sandsteinen als Trockenmauerung, bündig im Läuferverband Witterungsgeschützte Anlieferung der Sandsteine unter Tage Mindestdicke der Trockenmauerung von ca. 200 mm (1 Setzreihe) Einbringen eines Geovlieses inkl. Geogitter über Dübel an der Trockenmauer und an den Stößen in einem Schlitz mittels Moosgummi befestigt, Verputzen des Übergangs Geovlies/Geogitter-Salzkontur mit einem magnesiabaustoffbasierten Mörtel (als Putzmörtel) Teilabnahme der Druckkammer vor dem Verlegen des Geovlieses Markscheiderisches Einmessen der Druckkammer	Kontrolle der Einbaupositionen der Schalungsanker Kontrolle der Neigung der Schalhaut und Ausführung der Schalungskonstruktion nach Statik Herstellung Druckkammer (Trockenmauerung Sandsteine) mit Einlegen der Messkabel und der Porendruckgeber in die Steine, Kontrolle der Verlegung der Steine im Läuferverband, Kontrolle der Installation der Misch- und Pumptechnik durch Probelauf für die Gewährleistung der ausreichenden Materialversorgung für die Ortsbrustbetonage Herstellung des Betons der Ortsbrust nach Rezeptur, Entnahme Materialproben Kontrolle Anforderungen für die Oberflächenbeschaffenheit Prüfung Ortsbrust, Firstanbindung, inkl. Maßkontrolle Kontrolle markscheiderische Einmessung Lieferschein-Kontrolle bei Anlieferung der Sandsteine, visuelle Prüfung auf Beschädigung und Maßhaltigkeit, Prüfung witterungsgeschützter unter Tage Transport, Sicherung von Rückstellproben Herstellung, Fundament Sandsteinmauerung, Kontrolle der Neigung (2 gon, ± 0,2 gon), Ebenheit und Breite Einbaukontrolle der Geovlies-Geogitter-Putzkonstruktion im Randbereich der Sandsteinmauerung, inkl. Schlitzherstellung/Sitzkontrolle der Druckkammerdübel Qualtitäts(Teilabnahme) durch den AN
Herstellung der Kontrollkammer	Herstellung eines Schlitzes in der nachgeschnittenen Kontur mittels Fräse mit einer Schlitzbreite und -tiefe von 30 mm Toleranz der Schlitzbreite von ± 2 mm Sohlenrauigkeit ± 1 mm Einbringen eines perforierten PE-Rohres Ummanteln des perforierten PE-Rohres mit Geovlies (Dicke ca. 3,6 mm) Trennung des PE-Rohres im Bereich der Einbautaschen, Installation der	Vorlage einer geprüften Statik der Ortsbrustschalung mit geprüfter Ergänzung in Bezug auf die tatsächlichen Abmaße und den verwendeten Ankertyp (korrosionsfrei) Kontrolle der Schalungsbauteile bei Anlieferung auf die Baustelle auf Vollständigkeit und eventuelle Beschädigungen (Qualitäts-)Teilabnahme durch den AN

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Herstellung der Kontrollkammer	Porendruckgeber in die Einbautaschen mittels passenden T-Stücken Auffüllen des Schlitzes mit einem Magnesiabaustoffbasierten Mörtel Montage engmaschiges Putz-/Textilglasgitter (B: ca. 12 cm, MW: 4 x 4 mm) Einmessen der Kontrollkammer (markscheiderisch)	
Herstellung des Streckenabdichtungs-elementes	Rezeptur und Mischanweisung MgO-Massenbaustoff (vom AG vorgegeben) Einbringen des MgO-Massenbaustoffs frisch in frisch Nachweis einer firstbündigen Verfüllung	Kontrolle der Ausführung der Schalungskonstruktion nach Statik Kontrolle Membran-Druckmittler mit angebautem Manometer, Vorlage Hersteller-Prüfprotokoll mit Messbereich Kontrolle der Abspanneinrichtungen und Einbaukontrolle aller Verfüllleitungen und der entsprechenden Ziehvorrichtung für die Betonage des Abdichtbauwerks Kontrolle der Installation der Misch- und Pumptechnik über Wartungs- und Anschlussprotokolle, Vorlage Schalt- und Konstruktionspläne auf Baustelle Kontrolle der Notabschaltfunktion auf der Baustelle zur Betonpumpe Kontrolle gesamtes Betonfördersystem auf Undichtigkeiten Prüfung/Überwachung Betonageprozess anhand eines Betonageplanes Kontrolle Material- und Rückstellproben
Erst- und Güteprüfung Magnesiabaustoff **Erstprüfung Baustelle**	Einbringen des MgO-Massenbetons frisch in frisch Magnesiabaustoff als Massenbeton soll fließfähig (Fließrinne), hydraulisch förderbar und homogen sein sowie kein Überstandsflüssigkeit aufweisen Fließwinkel soll 2,5 gon sein (im stationären Zustand bzw. untertägig) Mittelwert der einaxialen Zylinderdruckfestigkeit (wirksames Betonalter 56 Tage) soll bei Erstherstellung ≥ 22 MPa +5 MPa (Vorhaltemaß) betragen Mittelwert der einaxialen Zylinderzugfestigkeit (wirksames Betonalter 56 Tage) soll bei Erstherstellung ≥ 1,75 MPa betragen	Funktionskontrolle der Wäge- und Dosiereinrichtung einschl. des Prozessrechners und der Feuchtemesseinrichtung Kalibrierung der Wägeeinrichtung nach Herstellerangaben Überprüfung der Prüfmittel gemäß Prüfmittelliste Kontrolle Qualifikations-, Schulungs- und Unterweisungsnachweise Kontrolle Konformitätszertifikat und Übereinstimmungsnachweis nach DIN EN 197-2 und DIN 1164-10 pro Hersteller (Zement) Überwachung der Eingangskontrolle der Lieferungen (Ausgangskomponenten /

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Erstprüfung Baustelle	Mittelwert des statischen E-Moduls (wirksames Betonalter 56 Tage) soll ≥ 11,5 GPa betragen (Anmerkung: Wert nach /4/ über das Hydratationsmodell umgerechnet auf ein wirksames Betonalter von 56 Tagen)	Trockenvorprodukt / $MgCl_2$-Lösung Zement) anhand der Lieferscheine
Güteprüfung	Fließwinkel soll 2,5 gon sein (im stationären Zustand bzw. untertägig) Einbautemperatur des Magnesiabaustoffs soll unter Tage ≤ 30°C betragen Adiabate Temperaturerhöhung soll gering gehalten werden	Kontrolle Rückstellproben Überprüfung Salzlösung gemäß DIN EN 1008 Kontrolle der Bestimmung des Salz- und Wassergehaltes von der Salzlösung durch Dichtemessung – Bestimmung des Aufsättigungsgrades (von jeder Entnahme aus dem Restwasserbecken)
Güteprüfung	Adiabate Temperaturerhöhung beim Salzbeton M2 bisher 45 K nach 14 Tagen Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient :Obergrenze von 4 x 10-5 1/K Mittelwert der einaxialen Zylinderdruckfestigkeit (wirksames Betonalter 56 Tage) soll bei Erstherstellung ≥ 22 MPa +5 MPa (Vorhaltemaß) betragen Mittelwert der einaxialen Zylinderzugfestigkeit (wirksames Betonalter 56 Tage) soll bei Erstherstellung ≥ 1,75 MPa betragen Statische E-Modul (wirksames Betonalter 56 Tage) soll ≥ 11,5 GPa betragen	Kontrolle der Herstellererklärung (Zusammensetzung und Herkunft des Salzes (je Lieferant)) Eingangskontrolle der Lieferungen (Salz) anhand der Lieferscheine Überprüfung auf Übereinstimmung mit der Misch- und Dosieranweisung (Rezeptur) Produktionskontrolle Magnesiabaustoff Kontrolle des Magnesiabaustoffs Kontrolle der Bestimmung des Fließwinkels Kontrolle Erstprüfung Kontrolle Erstprüfung Baustelle Kontrolle der Herstellung einer ausreichenden Anzahl von Prüfkörpern und Bereitstellung an Frischbeton zur Bestimmung der Frisch- und Festbetoneigenschaften Kontrolle der Bestimmung der Überschusslösung des Magnesiabaustoffs Kontrolle der Bestimmung des Fließrinnenmaßes (in Anlehnung an DIN EN 13395-2) oder Setzfließmaßes (in Anlehnung DafSTB-Richtlinie) Kontrolle des Salzbeton Trockenvorproduktes und MgCl2-Lösung anhand der Lieferscheine
Herstellung der Druckregelanlage	Dokumentation der DRA inkl. Funktions- und Bedienanleitung, Ablauf- und Systembilder und Prüfpläne (vom Hersteller) Anlagenabnahme (vom Hersteller, im Werk) Restvolumenbestimmung (vom Hersteller, im Werk)	Kontrolle der DRA bei Anlieferung (inkl. Fotodokumentation bei Anlieferung) Kontrolle Anlagendokumentation (Ablauf-/Systembilder und Prüfpläne) Kontrolle der Funktionalitäten der DRA Kontrolle Dichtheit der DRA

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
	Verifizierung des gepumpten Volumens der Präzisionspumpe Fotodokumentation der DRA bei der Werksabnahme Lieferung der Messdaten in ASCII oder CSV-Format Sicherung der DRA gegen Stromausfall und bergwerkbedingte Spannungsschwankungen	Kontrolle Regelverhalten DRA Kontrolle Restvolumenbestimmung Kontrolle Datenexport (in ASCII oder CSV-Format)
Geotechnische Instrumentierung **Geotechnische Messeinrichtungen**	Messunsicherheit < 0,1 % bis 0,2 % des Messbereichs Druckbeständigkeit der Sensoren mit angeschlossenen Messkabeln bis 6 MPa (fluiddruckdicht) und bis 8 MPa (mechanisch) Temperaturbeständigkeit der Messkabel und Anschlüsse im Kernbereich bis 110 °C und im Konturbereich bis 60 °C Robuste Ausführung der Sensoren und Kabel gegen Beschädigungen aus dem Betonier- und Injektionsprozess und Schutz der Kabel gegen den Kontakt der Anmachlösung des Magnesiabaustoffs	Eingangsprüfung (Sensoren, Kabel, Injektionsleitungen, Befestigungselemente) Prüfung der Werksabnahmedokumente (Werkabnahmeprotokolle, Belegungspläne, Kalibrierprotokolle) Prüfung der gelieferten Sensoren und Befestigungselemente (Vollständigkeit, Spezifikation, Unversehrtheit, Beschriftung) Prüfung der Maße (Sensoren, Kabel, Injektionsleitungen, Befestigungselemente) falls nicht in den Werksprotokollen enthalten
Geotechnische Messeinrichtungen	Beständigkeit gegen $MgCl_2$-reiche Lösung und salinare Umgebungsbedingungen Schutz der Kabel gegen den Kontakt der Anmachlösung des Magnesiabaustoffs	Funktionsprüfung der elektrischen Sensoren (Nullpunkt gemäß Kalibrierblatt bzw. Widerstand der Temperatursensoren) falls nicht in den Werksprotokollen enthalten Prüfung der vorbereiteten Montagelöcher auf Vollständigkeit und Beschriftung Prüfung der vorbereiteten Montagelöcher (räumliche Lage / Maße laut Lokationszeichnungen) Prüfung der Sensorinstallation (Montageart, Positionierung) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnungen Prüfung der Verlegung der Injektionsleitungen (Montageart, Positionierung) und des Anschlusses an Leitungen in der Bohrung gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnungen Prüfung der Verlegung der Sensorkabel (Montageart, Positionierung) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnungen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Geotechnische Messeinrichtungen		Prüfung des Anschlusses der Sensorkabel am Anschlusskasten gemäß Montageanweisung und Belegungsplan Funktionsprüfung der elektrischen Sensoren nach Einbau Prüfung des Nullpunktes gemäß Kalibrierblatt bzw. des Widerstandes der Temperatursensoren Prüfung des Vergusses des Anschlusskastens gemäß Vergussanweisung Lieferant (verbrauchte Materialmenge) Prüfung elektronische Absicherung Prüfung auf Sensibilität hinsichtlich untertägig typischer Stromschwankung Prüfung Temperaturentwicklung im Messkasten unter In-situ-Betriebsbedingungen
Anschlusskästen, Einbauten in Kabelbohrungen		Eingangsprüfung Anschlusskasten und Bohrlocheinbauten (Sammelkabel, Injektionsleitungen, Abstandshalter, Abdichtplatten) Prüfung der Werksabnahmedokumente (Belegungsplan) Prüfung der gelieferten Bauteile (Vollständigkeit, Spezifikation, Unversehrtheit, Beschriftung) Prüfung der Maße (Anschlusskasten, Sammelkabel, Injektionsleitungen, Abdichtplatte) falls nicht in Werksabnahmen enthalten Prüfung der Konfektionierung Anschlusskasten – Sammelkabel falls nicht in Werksabnahme enthalten Prüfung der Montage der Bohrungseinbauten gemäß Montageanweisung Prüfung der Montage der Abdichtplatte gemäß Montageanweisung Prüfung der Montage des Anschlusskastens (Montageart, Positionierung) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnungen
Anschlusskästen, Einbauten in Kabelbohrungen		Prüfung der Verlegung der Kabel zur Bohrung (Montageart, Positionierung) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnung Prüfung der Verlegung der Kabel zur Grundstrecke (Montageart, Positionierung, Verwahrnische) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnungen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Messwerteerfassungs-anlage mit Steuerungsrechner		Prüfung der Werksdokumente der Komponenten unter Tage; MEA, Klimastation (Werksprotokolle der Funktionstüchtigkeit, Teildokumentation, Belegungspläne, Kalibrierprotokolle) Prüfung der Werksdokumente der Komponenten über Tage: Steuerrechner, Signalisierungseinheit (Werksprotokolle der Funktionstüchtigkeit, Teildokumentation, Belegungspläne) Prüfung der gelieferten Komponenten unter Tage: MEA, Klimastation, (Vollständigkeit; Spezifikation, Unversehrtheit, Beschriftung) Prüfung der gelieferten Komponenten über Tage (Steuerrechner, Signalisierungseinheit (Vollständigkeit, Spezifikation, Unversehrtheit, Beschriftung) Prüfung der Installation und Funktion des Gesamtsystems Prüfung der Montage der MEA und Netzwerkanschluss (Montageart, Positionierung, Kabel) gemäß Montageanweisung und Lokationszeichnung Prüfung des Anschlusses der Sammelkabel an die MEA gemäß Belegungsplan Prüfung der Konfiguration der MEA und der Steuer-, Visualisierungs- und Signalisierungssoftware (Messkanäle, Kalibrierparameter der Sensoren, Steuerparameter, Grenzwerte und Störungsmeldungen) Funktionsprüfung der Messwerterfassung durch Anfangsmessung mit MEA und manueller Messung am Anschlusskasten für jeden Sensor Funktionsprüfung des Messwerterfassungssystems (MEA Steuerrechner, mobiler PC) bezüglich Programmierung der MEA, Datenauslesung und Absetzen von Störungsmeldungen per E-Mail Funktionsprüfung des Messwerterfassungssystems (MEA, Steuerrechner, mobiler PC) bezüglich Online-Visualisierung von Messdaten Funktionsprüfung des Gesamtsystems (MEA, Steuerrechner, mobiler PC, Signalisierungseinheit) bezüglich Signalisierung von Störungen per SMS gemäß LB

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Geophysikalische Messungen	Testen der Funktionsfähigkeit der Messsysteme unter Randbedingungen Druck, Temperatur und chemische Beständigkeit. Beständigkeit der Sensoren gegen Temperatureinwirkungen. Beständigkeit der Sensoren gegen mechanische Drücke oder Fluiddrücke. Beständigkeit der Sensoren gegen $MgCL_2$-NaCl-Lösung und Magnesiabaustoff bzw. Magnesiabaustoffsuspension. Die Messungen sind automatisiert zu erfassen und zeitnah nach aktuellem Stand der Wissenschaft und angepasst an die Untersuchungsziele auszuwerten. Archivierung der Rohdaten/Messergebnisse der geophysikalischen Messungen bis zur Beendigung der Untersuchungen zum Demonstrationsbauwerk. Ein automatisiertes Einlesen der Daten in Datenbanken ist sicherzustellen. Bei Bedarf Festlegen der Lokationen / Parameter der Bohrungen für die Ultraschallmessungen für die Nachuntersuchungen in Abhängigkeit der vorherigen (geotechnischen) Messungen festgelegt.	Prüfung der Werksabnahmedokumente (Werkabnahmeprotokolle, Belegungspläne, Kalibrierprotokolle) Prüfung der gelieferten Sensoren und Befestigungselemente (Vollständigkeit, Spezifikation, Unversehrtheit, Beschriftung) Kontrolle des Funktionsfähigkeitstests Funktionsprüfung der elektrischen Sensoren falls nicht in den Werksprotokollen enthalten Prüfung der Maße (Sensoren, Kabel, Injektionsleitungen, Befestigungselemente) falls nicht in den Werksprotokollen enthalten
Baustoffuntersuchungen (baubegleitend)	Regelmäßige Prüfung der Frischbetoneigenschaften (direkt nach Herstellung), bei Wieder-(Anfahren) der Misch-/Förderanlage halbstündlich und im Dauerbetrieb mindestens stündlich Ermittlung der Frischebetontemperatur Ermittlung des Fließrinnenmaßes in Anlehnung an die DIN EN 13395-2	Kontrolle Frischbetontemperaturmessungen Kontrolle der ermittelten Fließrinnenmaße Kontrolle der Luftporengehaltmessungen Kontrolle der Suspensionsmessungen Kontrolle der Frischebetonuntersuchungen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
	Ermittlung des Luftporengehaltes in Anlehnung an die DIN EN 12350-7 Ermittlung der Suspensionsdichte in Anlehnung an die ASTM D 4380 Dokumentation der Frischbetonuntersuchungen mit Protokollen der Misch- und Einwaagemengen	Kontrolle Ergebnisse der quasidiabatischen Temperaturentwicklung Kontrolle Probekörperherstellung, Qualität, Geometrie Kontrolle Rückstellprobenherstellung. Menge, Qualität
Baustoffuntersuchungen (baubegleitend)	Erfassung der quasiadiabatischen Temperaturentwicklung (24/14) mittels Datalogger in einem KG-Rohr (DN 110) gemäß vom AG nach Auftragsvergabe vorzulegenden Versuchsaufbau Herstellen von Probekörpern für Druckfestigkeitsprüfungen, Bestimmung des Ersatzkompaktionsmodul und der Lösungspermeabilität Entnahme von Rückstellproben für noch nicht festgelegte Untersuchungen und zur Beweissicherung	
Druckbeaufschlagung **Dichtigkeitstest**	Prüfung der Dichtheit der vor Ort montierten Messausrüstung Protokollierung der Dichtigkeitsmessung	Prüfung der Lage der Sensoren in der Kontur? Kontrolle der Dichtigkeitsmessung?
Pneumatischer Vortest	Abstimmung des Versuchsregimes mit dem AG vor Versuchsbeginn Versuchsdurchführung mittels Gas Versuchsdurchführung als Impulstest oder mit konstantem Druck, darf der AN das festlegen? Erhöhung des Gasdrucks (vor Versuchsbeginn) in der Druckkammer, Anpassung der Druckhöhe an die mechanischen Spannungen (Bauwerk – Gebirge)	Kontrolle Abstimmung des Versuchsregimes Kontrolle der Ergebnisse der mechanischen Spannungsverhältnisse (Bauwerk – Gebirge) Kontrolle (Gas)Druckerhöhung in der Druckkammer (vor Versuchsbeginn) Kontrolle der Dichtheit der vor Ort montierten Messausrüstung
Haupttest	Anpassung des Versuchsregimes anhand der Ergebnisse des Vorversuchs Abstimmung des angepassten Versuchsregimes mit dem AG Druckanpassung des Versuchsregimes anhand der Vortestergebnisse Verwendung von einer gegenüber dem Baustoff / Gebirge inerter Lösung	Kontrolle des angepassten Versuchsregimes durch den AN und den AG Freigabe des angepassten Versuchsregimes durch den AG Kontrolle (Rest)Gasmenge im System/der Druckkammer vor Versuchsbeginn Kontrolle (Lösungs)Befüllung der Druckkammer (vor Versuchsbeginn)

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
	Befüllen der Druckkammer mit Lösung (vor Versuchsbeginn)	

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Nacherkundung **Herstellung der Bohrungen**	Die Richtungsabweichung von der festgelegten Bohrachse soll möglichst gering ausfalle und richtet sich nach dem Untersuchungsprogramm des AN Scherversuche Kontaktzone: Die Materialstärke im Bohrkern soll von einem Material mindestens 30 mm betragen, prüfen Permeabilitätsuntersuchungen Kontaktzone: Die Materialien sollen im Bohrkern möglichst eine gleichmäßige 50/50-Verteilung aufweisen prüfen In situ-Gaspermeabilitätsuntersuchungen (Bohrung): ergänzen Materialuntersuchungen Magnesiabaustoff: Die Bohrung soll möglichst genau erfolgen (Richtungsabweichung ±10 cm). Festlegung der Lage der Messpunkte in Abstimmung mit dem AG Die Bohrlochwandung ist möglichst glatt auszubilden (ohne Riefen, ohne Ausbrüche) Rückstellung der gewonnenen Bohrkerne Markscheiderische Einmessung der Bohrungen	Kontrolle des Aufstellungsortes des Bohrgerätes Kontrolle der Verankerung des Bohrgerätes Kontrolle der Lafette des Bohrgeräts auf Richtung und Neigung Kontrolle Durchmesser und Zustand der Bohrkrone sowie des Doppelkernrohrs Kontrolle Andruck und Bohrgeschwindigkeit Ausführungskontrolle Ausblasen mit Druckluft und feuchtedichter Verschluss der Bohrung
Herstellung der Bohrungen	Bohrlochinspektion per Kamera/Videoendoskop im Hinblick auf Risse, Klüfte, Lage und Richtung, geologische Besonderheiten und Anbindung ans Gebirge Auswahl der Packergarnituren, so dass die einzelnen Bereiche „Bauwerk“, „Kontaktzone“ und „Gebirge“ erfasst werden können	
Gewinnung von Bohrungen		Kontrolle des Kernausbringers Kontrolle der Materialverteilung im Bohrkern, ggf. Stoßen einer Ersatzbohrung Erstellung eines Bohrkernverzeichnisses
Probematerial aus Bohrungen	Prüfkörperherstellung in Anlehnung an DIN EN 12390-2 inkl. Beschriftung, Fotografie und Bestimmung von Abmessungen, Masse und Dichte Einhalten der geforderten Normen, DIN, DIN EN oder ISO Verfahren	Kontrolle der Prüfkörperherstellung inkl. der Dokumentation Kontrolle der Prüfkörpergeometrie Kontrolle der Prüfmaschinen

Gewerk/Maßnahme	Vorgaben	Kontroll-/Prüfmaßnahmen
Probematerial aus Bohrungen	Gewährleistung der Temperaturkonstanz bei Versuchsdurchführung Gewährleistung der bestmöglichen Prüfkörpergeometrie Einsatz servohydraulischer Prüfmaschinen nach DIN EN 12390-13 für die mechanischen Prüfungen, sofern erforderlich Dokumentation der Prüfungen	Kontrolle der Prüfprotokolle

Leistungsverzeichnis

KZL 9M/432200020/GH/KR/0045/00

Inhaltsverzeichnis

Projekt: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**
LV: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**

Titel	Bezeichnung	Seite
1.	Standort für das Demonstrationsbauwerk	137
1.1.	Standort - Bauwerkserrichtung und Nacherkundungen	137
1.2.	Standort nach Errichtung und Nacherkundung	139
2.	Standorterkundung	140
2.1.	Bergbauliche Standortcharakterisierung	140
2.2.	Geologische Standortcharakterisierung	141
2.3.	Geotechnische Standortcharakterisierung	142
2.4.	Integrale Querschnittspermeabilität (Funktionalität)	145
3.	Planungsleistungen	146
3.1.	Entwurfsplanung	146
3.2.	Genehmigungsplanung	147
3.3.	Ausführungsplanung	148
4.	Vorbereitende Arbeiten	149
4.1.	Baustelleneinrichtung	149
4.2.	Beräumung	151
4.3.	Auffahren und Nachschnitt der Strecke (Demonstrationsbauwe	152
4.4.	Auffahren und Herrichten Begleitstrecke	153
4.5.	Durchführung Rauigkeitsmessungen	154
4.6.	Baustoffproduktion	155
5.	Markscheiderische Arbeiten	161
5.1.	Markscheiderische Vermessungen	161
6.	Bauwerkerrichtung	162
6.1.	Druckkammer	162
6.2.	Kontrollkammer	163
6.3.	Schalwände und Widerlager	164
6.4.	Streckenabdichtungssegment	165
6.5.	Baustoff liefern und vorhalten	166
6.6.	Druckregelanlage (DRA)	167
7.	Untersuchungs- und Messprogramm	169
7.1.	Geotechnische Untersuchungen	169
7.2.	Geophysikalische Untersuchungen	171
7.3.	Nacherkundungen	174
8.	Qualitätssicherende Maßnahmen	176
8.1.	Qualitätssicherung	176
9.	Dokumentation und Ergebnisdarstellung	177
9.1.	Dokumentation und Ergebnisdarstellung	177
10.	Besprechungen	178
10.1.	Teilnahme an Besprechungen	178
10.2.	Fahrkostenpauschalen	179
11.	Bedarfspositionen	180
11.1.	Bedarfspositionen ohne Gesamtpreisbildung	180
11.2.	Stundenlohnarbeit	183
11.3.	Verrechnungssatz Baumaschinen, Fahrzeuge und Geräte	185
	Zusammenstellung	188

Hinweise zur Kalkulation

Grundlage der Kalkulation ist die Leistungsbeschreibung (LB, KZL 9M/432200020/GH/KR/0045/00).

Der Bieter erkennt mit Abgabe des Angebotes die zur Verfügung gestellten Unterlagen als ausreichend für die Bearbeitung der Kalkulation an.

Es wird vorausgesetzt, das sich der Bieter vor Durchführung der Kalkulation vom Umfang der erforderlichen Bauleistungen informiert hat, insbesondere zu Positionen, die pauschal abgerechnet werden. Nachforderungen, die auf Grund mangelnder Ortskenntnisse entstehen, werden nicht anerkannt. Es sind alle in der LB und im Leistungsverzeichnis (LV) aufgeführten Leistungen einzukalkulieren. Auf das Fehlen von zur Leistungserbringung gemäß Leistungsbeschreibung (LB) erforderlichen LV-Positionen ist mit Angebotsabgabe hinzuwiesen.

Alle zur Leistungserbringung erforderlichen Teilleistungen sind einzukalkulieren. Leistungen, welche positionell nicht in allen Abschnitten und/oder Teilen vorgesehen sind, können im ausführungsbereich anderer Abschnitte und / oder Teile abgerufen werden. Der AN kann hieraus keine Änderung der entsprechenden EP oder anderer Zusatzkosten ableiten.

Grundvoraussetzung für die Herstellung des Demonstrationsbauwerkes ist die Gestellung eines externen Bergwerkstandortes im Steinsalzgebirgeb inkl. der zur Leistungserbringung erforderlichen Infrastruktur und des Personals.

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

1. Standort für das Demonstrationsbauwerk

1.1. Standort - Bauwerkserrichtung und Nacherkundungen

1.1.10. Standort - Bauwerkserrichtung

Bereitstellung eines Standort gemäß den Vorgaben des Kap. 3.5 und 5 der LB) vor und während der Errichtung des Demonstrationsbauwerkes.

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der erforderlichen Lager- und Stellflächen für die zur Bauwerkserrichtung und Versuchsdurchführung erforderlichen Mess- und Prüftechnik und für die benötigten Materialien und Baustoffe im Bereich des Demonstrationsbauwerks ausgenommen von den Baustoffen ist der Magnesiabaustoff für das Abdichtungsssegment. Dieser wird in einer gesonderten Position abgefragt..

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der technischen Infrastruktur (Bewetterung, Medienversorgung) für alle zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks erforderlichen Grubenbereiche inkl. der Begleitstrecke.

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der jeweils erforderlichen bau- und materiallogistischen Infrastruktur (Transportkapazitäten, erforderliche Maschinentechnik), die zur vertragsgemäßen Erfüllung der Vorerkundung und der Bauleistung erforderlich sind.

6,000 Mon ....

1.1.20. Standort - Nacherkundung

Aufrechterhaltung des Standortes nach Abschluss der Errichtung des Demonstrationsbauwerk für die Durchführung der Nacherkundung (LB s. Kap. 11).

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der erforderlichen Lager- und Stellflächen für die zur Durchführung der Nacherkundungen erforderlichen Mess- und Prüftechnik und für die benötigten Materialien und Baustoffe im Bereich des Demonstrationsbauwerks.

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der technischen Infrastruktur (Bewetterung, Medienversorgung)der für die Nacherkundungen erforderlichen Grubenbereiche inkl. der Begleitstrecke.

Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der jeweils erforderlichen bau- und materiallogistischen Infrastruktur (Transportkapazitäten, erforderliche Maschinentechnik), die zur vertragsgemäßen Erfüllung der nach Bauwerkserrichtung durchzuführenden Nacherkundungen erforderlich sind.

24,000 Mon ....

Projekt: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**
LV: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
Summe 1.1.	**Standort - Bauwerkserrichtung ..**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1.2.	**Standort nach Errichtung und Nacherkundung**				
1.2.10.	**Standort - Vorhaltung nach Errichtung und Nacherkundung** Aufrechterhaltung des Standortes nach Beendigung der Bauwerkserrichtung und der Nachuntersuchungen für durchzuführende Zusatzuntersuchungen (z.B. Verlängerung Druckbeaufschlagungstest). Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der erforderlichen Lager- und Stellflächen für die zur Durchführung der Zusatzuntersuchungen erforderlichen Mess- und Prüftechnik und für die benötigten Materialien und Baustoffe im Bereich des Demonstrationsbauwerks. Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der technischen Infrastruktur (Bewetterung, Medienversorgung) für die erforderlichen Grubenbereiche inkl. der Begleitstrecke. Inklusive Stellen, Vorhalten und Betreiben der jeweils erforderlichen bau- und materiallogistischen Infrastruktur (Transportkapazitäten, erforderliche Maschinentechnik), die zur vertragsgemäßen Erfüllung der nach Bauwerkserrichtung durchzuführenden Zusatzuntersuchungen erforderlich sind.	24,000	Mon	.....	.....
Summe 1.2.	**Standort nach Errichtung und ..**				**.....**
Summe 1.	**Standort für das Demonstrations..**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

2. Standorterkundung

Hinweise Standorterkundung / Standortcharakterisierung

Die Standorterkundung bzw. Standortcharakterisierung mit Aufnahme der bergbaulichen Situation sowie der geometrischen, geologischen und geotechnischen Verhältnisse dient als Grundlage für die Erstellung der Planungsunterlagen sowie die Errichtung des Bauwerks und ist deswegen mit entsprechender Sorgfalt und Qualität durchzuführen.

Die Leistungen sind entsprechend den Anforderungen der LB und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung zu erbringen.

2.1. Bergbauliche Standortcharakterisierung

2.1.10. Durchführung Bergbauliche Standortcharakterisierung
Durchführung der bergbaulichen Standortcharakterisierung für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung gemäß dem dafür vom AN zu erstellenden Untersuchungs-Konzept unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

1,000 psch .....

2.1.20. Dokumentation Bergbauliche Standortcharakterisierung
Dokumentation der in der Position 2.1.10 ermittelten bzw. aufgenommenen bergbaulichen Verhältnisse des Standortes unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Die Ergebnisse der bergbaulichen Standorterkundung bzw. -charakterisierung sind zusammenzufassen, zu erläutern und zu bewerten sowie in einem Ergebnisbericht mit graphischer Darstellung der aufgenommenen Verhältnisse (Grundriss, Längs- und Querschnitte, Profile etc.) zu dokumentieren.

Der Ergebnisbericht der bergbaulichen Standorterkundung wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 2.1. Bergbauliche Standortcharakteri.. .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

2.2. Geologische Standortcharakterisierung

2.2.10. Durchführung Geologische Standortcharakterisierung

Durchführung der geologischen Standortcharakterisierung für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung gemäß dem dafür vom AN zu erstellenden Untersuchungs-Konzept unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Hinweis:
Aus den Bohrungen zur geotechnischen Untersuchungen gewonnenes Kernmaterial (Pos. 2.3.10) kann für die geologische Standortcharakterisierung genutzt werden.

1,000 psch .....

2.2.20. Dokumentation Geologische Standortcharakterisierung

Dokumentation der in der Position 2.2.10 ermittelten bzw. aufgenommenen geologischen Verhältnisse des Standortes unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die Ergebnisse der geologischen Standorterkundung bzw. -charakterisierung sind zusammenzufassen, zu erläutern und zu bewerten sowie in einem Ergebnisbericht mit graphischer Darstellung der aufgenommenen Verhältnisse (Grundriss, Längs- und Querschnitte, Profile etc.) zu dokumentieren.

Der Ergebnisbericht der geologischen Standorterkundung wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Hinweise Neukartierung

Eine bereichsweise oder vollständige Neukartierung oder Nach-Erkundung ist nur bei nicht eindeutiger, lückenhafter oder fehlender Datengrundlage vorzunehmen.

Die Kosten einer Neuauffahrung sind in die LV Position 11.1.10. einzukalkulieren.

Summe 2.2. Geologische Standortcharakteri.. .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

2.3. Geotechnische Standortcharakterisierung

Hinweise Konvergenzmessungen

Befinden sich am Standort oder in Standortnähe eine oder mehrere Messstationen zur Erfassung von Gebirgskonvergenzen, sind alle für die Bauwerkserrichtung relevanten Messdaten in den Ergebnisbericht für die geotechnische Standorterkundung einzuarbeiten, sofern geologische und standortcharakteristische Begebenheiten eine sinnvolle Übertragung der Messwerte auf den Standort des Demonstrationsbauwerks zulassen.

2.3.10. Durchführung Geotechnische Standortcharakterisierung

Durchführung der geotechnischen Standortcharakterisierung für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung gemäß dem dafür vom AN zu erstellenden Untersuchungs-Konzept unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Der AN hat vorab ein entsprechendes Untersuchungskonzept für die Durchführung der geotechnischen Standortcharakterisierung zu erstellen.

Gemäß den Vorgaben der LB sind für die geotechnische Standortcharakterisierung mindestens folgenden Leistungen zu erbringen :

- Herstellen der Hydrofracbohrungen
- Herstellung der Permeabilitätsbohrungen
- Lithologische Aufnahme der Bohrkerne
- Archivierung der Bohrkerne
- Durchführung von Bohrlochinspektionen
- Durchführung der Hydrofracmessungen
- Durchführung der Permeabilitätsmessungen
- Verschließen der Hydrofracbohrungen
- Verschließen der Permeabilitätsbohrungen
- Durchführung der Oberflächenpermeabilitätsmessungen
- Auswertung der Hydrofracmessungen
- Auswertung der Permeabilitätsmessungen
- Auswertung von Konvergenzmessungen (sofern vorhanden)
- Einrichten von Konvergenzmessstrecken
- Konvergenzmessungen inkl. Auswertung

Alle für die geotechnische Standortcharakterisierung erforderlichen Leistungen (Erstellen der Messbohrungen, Durchführung

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

und Auswertung der Messungen Pemeabilitätsmessungen, Bohrlochinspektionen, Verschießen von Bohrlöchern etc.) sind in den Pauschalpreis einzukalkulieren.

1,000 psch .....

2.3.20. Herstellen der Messbohrungen Hydrofrac- und Permeabilitätsmessungen

Fachgerechtes Herstellen aller erforderlichen Bohrungen mit Luftspülung für die Hydrofrac- und Permeabilitätsmessungen im rahmen der geotechnischen Standorterkundungdes Demonstrationsbauwerks erforderlichen gemäß dem dafür von AN zu erstellen Bohrkonzept unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

Inkl. Vorhalten, Stellen, Betreiben der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung für das Bohrgerät und aller weiteren, dafür erforderlichen Geräte, Materialien, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Hinweis:
Für den Zeitraum der Bohrarbeiten ist für eine ausreichende Bewetterung zu sorgen. Sofern erforderlich, ist eine entsprechende Sonderbewetterung einzuplanen. Der Bedarf ist auf den Maschineneinsatz abzustimmen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten ist:

- jede Bohrung zur Vorbereitung der Kamerabefahrung / Videoendoskopie sorgfältig trocken zu reinigen.
- jede Bohrung durch die Markscheiderei des AN einzumessen.

1,000 psch .....

2.3.30. Verschließen der Messbohrungen Hydrofrac- und Permeabilitätsmessungen

Fachgerechtes, hydraulisch dichtes Verschließen aller der in der Vorposition erstellten und nicht mehr benötigten Bohrungen mit Magnesiabaustoff unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7).

1,000 psch .....

2.3.40. Dokumentation Geotechnische Standortcharakterisierung

Dokumentation der in der Position 2.3.10 ermittelten bzw. aufgenommenen geotechnischen Verhältnisse des Standortes unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die Ergebnisse der geotechnischen Standorterkundung bzw.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

-charakterisierung sind zusammenzufassen, zu erläutern und zu bewerten sowie in einem Ergebnisbericht mit graphischer Darstellung der aufgenommenen Verhältnisse (Grundriss, Längs- und Querschnitte, Profile etc.) zu dokumentieren.

Der Ergebnisbericht der geotechnischen Standorterkundung bzw- charakterisierung wird als Bestandteil in die Abschluss-dokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 2.3. Geotechnische Standortcharakter.. .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.4.	**Integrale Querschnittspermeabilität (Funktionalität)**				
2.4.10.	**Untersuchungsprogramm Integrale Querschnittspermeabilität** Erstellung eines realisierbaren Untersuchungsprogramms zur Ermittlung der integralen Querschnittspermeabilität (Funktionalität) u.a. mit Nachuntersuchungen nach Errichtung des Demonstrationsbauwerks mittels In situ Untersuchungen in Bohrungen der Nachuntersuchungen und mittels Druckbeaufschlagungstest. Durchführung von Videoendoskopien in Bohrungen. Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften der mit Magnesiabaustoff verschlossenen Verfüll- und Entlüftungsbohrungen, Permeabilitätsmessungen. Das Untersuchungsprogramm ist unter Berücksichtigung der Vorgaben der LB (s. Kap. 11, 11.6 und Anhang 1 (Kap. 3)) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) zu erstellen.	1,000	psch	.....	.....
2.4.20.	**Ermittlung Integrale Querschnittspermeabilität** Durchführung aller erforderlichen Untersuchungen des in Vor-Position 2.4.10 genannten Untersuchungsprogramms zur Ermittlung der integralen Querschnittspermeabilität als Komplettleistung. Alle auszuführenden Untersuchungen sind unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11 und insbes. Anhang 1 (Kap. 3)) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) durchzuführen. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zur Ermittlung der integralen Querschnittspermeabiltät sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, auszuwerten, zu erläutern und zu interpretieren. Inkl. regelmäßige Bereichterstattung zu den laufenden Messergebnissen und deren Bewertung in Form von Monatsberichten.	1,000	psch	.....	.....
Summe 2.4.	**Integrale Querschnittspermeabil..**				**.....**
Summe 2.	**Standorterkundung**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

3. Planungsleistungen

Die Leistungen sind entsprechend der Anforderungen der LB und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung zu erbringen.

Die hiermit ausgeschriebenen Planungen Sund nicht mit den Inhalten der Leistungsphasen gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) vergleichbar - die Leistungsphasen der HOAI kommen nicht zur Anwendung.

3.1. Entwurfsplanung

3.1.10. Erstellung Entwurfsplanung
Erstellung einer realisierbaren Entwurfsplanung auf Basis der LB für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kapitel 3.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Die Entwurfsplanung wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 3.1. Entwurfsplanung .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

3.2. Genehmigungsplanung

3.2.10. Erstellung Genehmigungsplanung

Erstellung einer Genehmigungsplanung auf Grundlage der Entwurfsplanung zur Erlangung einer bergrechtlichen Genehmigung für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kapitel 3.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Das Einreichen der Genehmigungsanträge und das Erwirken der bergrechtlichen Genehmigung bei der zuständigen Bergbehörde sind in diese Position mit einzukalkulieren.

Die Genehmigungsplanung wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 3.2. Genehmigungsplanung .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

3.3. Ausführungsplanung

3.3.10. Erstellung Ausführungsplanung

Erstellung einer Ausführungsplanung auf Grundlage der genehmigten Genehmigungsplanung für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kapitel 3.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Die Fortschreibung der Ausführungsplanung bei Bauausführung auf Grundlage der gewerkeorientierten Bearbeitung ist in diese Position mit einzukalkulieren.

Die Ausführungsplanung wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 3.3. Ausführungsplanung .....

Summe 3. Planungsleistungen .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.	**Vorbereitende Arbeiten**				
4.1.	**Baustelleneinrichtung**				
4.1.10.	**Baustelle einrichten** Einrichten der Baustelle (inkl. erforderliche Begleitstrecke und der vom AN benötigten Stell- /Lagerflächen) für die vertragsgemäße Durchführung der Komplettleistung zur Herstellung des definierten Sollzustandes des Demonstrationsbauwerks gemäß den Vorgaben und Anforderungen der LB und aller in den nachfolgenden Titeln beschriebenen Leistungen, insoweit nicht als gesonderte BE-Position aufgeführt. Einschließlich aller Geräte, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.	1,000	psch	.....	.....
4.1.20.	**Baustelle vorhalten und betreiben - Bauwerkerrichtung** Vorhalten, Unterhalten, Betreiben und Sichern der in der Vorposition 4.1.10 beschriebenen Baustelleneinrichtung für die Dauer der vertraglich erforderlichen Ausführungsfrist der Standorterkundung (LB Kap. 7) und Bauwerkserrichtung (LB Kap. 9).	6,000	Mon	.....	.....
4.1.30.	**Baustelle vorhalten und betreiben - Nacherkundungen** Vorhalten, Unterhalten, Betreiben und Sichern der in der Vorposition 4.1.10 beschriebenen Baustelleneinrichtung für die Dauer der vertraglich erforderlichen Ausführungsfrist der Nacherkundungen (LB s. Kap. 11.7). Art und Umfang der Baustelleneinrichtung sind an die Leistungen der Nacherkundungen anzupassen.	24,000	Mon	.....	.....
4.1.40.	**Baustelle vorhalten ohne Baubetrieb** Vorhalten und Sichern des Standortes ohne Baubetrieb nach Bauwerkerrichtung und nach Durchführung der Nachuntersuchungen. Art und Umfang der Baustelleneinrichtung der in Position 4.1.10 beschriebenen Baustelleneinrichtung sind an den fehlenden Baubetrieb anzupassen.	24,000	Mon	.....	.....
4.1.50.	**Baustelle räumen** Baustelle nach Fertigstellung aller Leistungen von allen Geräten, Anlagen, Einrichtungen und dgl. räumen. Benutzte Flächen und Wege entsprechend der betrieblichen Belange ordnungsgemäß herrichten. Verunreinigungen beseitigen. Schlussreinigung der vom AN genutzten Flächen.				

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Soweit nicht für bestimmte Leistungen, z.B. Bedarfsleistungen, für das Räumen der Baustelle gesonderte Positionen im LV enthalten sind, gilt die Pauschale für alle Gewerke dieses LV´s.

1,000 psch .....

Summe 4.1. Baustelleneinrichtung .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.2. Beräumung

Hinweise Beräumung

Die Beräumung der Strecke für das Demonstrationsbauwerk ist unter Beachtung der in der LB beschriebenen Anforderungen (s. Kap. 8) und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) durchzuführe.

Die Beräumung umfasst alle Dinge, Materialien, Einbauten im Bereich des Demonstrationsbauwerkes, der Begleitstrecke und der benötigten Lager-/Stellflächen, die bei der Errichtung des Demonstrationsbauwerkes störend oder hinderlich oder die Qualtität des Bauwerkes negativ beeinträchtigen könnten.

Die Kosten für die ordnungsgemäße Entsorgung/Verwertung der beräumten Dinge, Materialien, Einbauten sind in die Beräumung der Strecke einzukalkulieren.

4.2.10. Beräumung der Strecke
Die in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 8) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) sind dabei zu berücksichtigen und einzukalkulieren.

1,000 psch .....

Summe 4.2. Beräumung .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.3. Auffahren und Nachschnitt der Strecke (Demonstrationsbauwerkt)

Hinweise Auffahren, Herrichten und Nachschnitt der Strecke

Die Leistungen zum Auffahren, Herrichten und Nachschnitt der Strecke sind entsprechend der Anforderungen der LB und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung zu erbringen.

Grundlage für den Umfang des Nachschnitts bilden u. a. die Ergebnisse der geotechnischen Messungen und die gebirgsmechanischen Bewertungen (s. Kap. 7 der LB).

4.3.10. Herrichten einer bestehenden Strecke

Auffahren bzw. Herrichten des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes einer bestehenden Strecke für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 8) genannten Vorgaben .und deren Anforderungen zur Qualtitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. Bereitstellung der zeitlich erforderlichen Maschinentechnik (bspw. Teilschnittmaschine, Sohlenfräse, Polierköpfe, Gerüste, Hubgeräte, Kleingeräte etc.).

1,000 psch .....

Summe 4.3. Auffahren und Nachschnitt der .. ..

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.4. Auffahren und Herrichten Begleitstrecke

Hinweise Begleitstrecke

Die Leistungen zum Herrichten der Begleitstrecke sind entsprechend der Anforderungen der LB und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung zu erbringen.

4.4.10. Auffahren und Herrichten der Begleitstrecke

Herrichten bzw. Auffahren des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes einer Begleitstrecke und der benötigten Lager- und Stellflächen für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 8) und Anforderungen zur Qualtitätssicherung (s. Kap. 13)..

Inkl. Bereitstellung der zeitlich erforderlichen Maschinentechnik (bspw. Teilschnittmaschine, Sohlenfräse, Gerüste, Hubgeräte, Kleingeräte etc.).

Inkl. mindestens folgender Leistungen:

- Freiräumen von wassergefährdenden Stoffen
- Rückbau aller nicht mehr erforderlichen Betriebsmittel
- Verfüllung aller Öffnungen, die das Demonstrationsbauwerk negativ beeinflussen könnten

Hinweis:
Falls keine geeignete Begleitstrecke in der Nähe des Demonstrationsbauwerkes vorhanden ist, ist eine Begleitstrecke neu aufzufahren.

1,000 psch .....

Summe 4.4. Auffahren und Herrichten Beglei.. .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.5.	**Durchführung Rauigkeitsmessungen**				
4.5.10.	**Durchführung Rauigkeitsmessungen** Durchführung von Rauigkeitsmessungen im Bereich des Abdichtungssegmentes des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 7.4.3) genannten Vorgaben und Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13). Die Rauigkeitsmessungen sind nach dem Einsatz des Polierkopfes (Nachschnitt) durchzuführen.	1,000	psch	.....	.....
4.5.20.	**Dokumentation Rauigkeitsmessungen** Dokumentation der in der Position 4.5.20 ermittelten bzw. durchgeführten Rauigkeitsmessungen unter Beachtung der in der LB (insbes. Kap. 7.4.3) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Die Ergebnisse der Rauigkeitsmessungen sind zusammenzufassen, zu erläutern und zu bewerten sowie in einem Ergebnisbericht mit graphischer Darstellung der aufgenommenen Verhältnisse zu dokumentieren. Der Ergebnisbericht der Rauigkeitsmessungen wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation (LB s. Kap. 14) einfließen.	1,000	psch	.....	.....
Summe 4.5.	**Durchführung Rauigkeitsmessungen**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.6. Baustoffproduktion

Hinweise Allgemein

Die Vorgaben, Rahmen- und Randbedingungen sind u.a. in Kap. 8.4 der LB beschrieben.

Es ist eine in allen Teilen betriebsbereite, den gesetzlichen Bestimmungen und technischen Normen entsprechende Baustoffanlage zu errichten, auch wenn in der LB und der LV einzelne Positionen für Zubehör etc., nicht gesondert aufgeführt oder nicht eindeutig oder erschöpfend beschrieben sind.

Hinweise Herstellerplanung

Unebenheiten und Neigungen des Untergrundes (Fahrbahn) in Längs- und Querrichtung müssen durch konstruktiv vorgesehene Verstellmöglichkeiten ausgeglichen werden können. Überschlägig kann der AN davon ausgehen, dass in Querneigung 10 cm und in Längsneigung ca. 30 cm auszugleichen sind.

4.6.10. Erstellung Herstellerplanung Baustoffanlage

Erstellung einer Herstellerplanung für eine Baustoffproduktionsanlage für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 8.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die Herstellerplanung beinhaltet die Konzeption und die Dimensionierung der Anlage bzw. Anlagenteile unter Berücksichtigung der Rahmen- und Randbedingungen des von AN gewählten Bergwerks.

1,000 psch .....

4.6.20. Konzeption und Bemessung Leitungen für Anmachflüssigkeit

Konzeption und Bemessung der Rohrleitungen für die Anmachflüssigkeit für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Bei der Konzeption und Bemessung der Rohrleitungen hat der AN die Rahmen- und Randbedingungen des von ihm gestellten Bergwerks und seiner gewählten Anlagentechnik (Pos. 4.6.10) zu berücksichtigen und einzuplanen.

1,000 psch .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.6.30. **Konzeption und Bemessung Leitungen für den Baustoff**

Konzeption und Bemessung der Rohrleitungen für den Baustoff für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Bei der Konzeption und Bemessung der Rohrleitungen hat der AN die Rahmen- und Randbedingungen des von ihm gestellten Bergwerks und seiner gewählten Anlagentechnik (Pos. 4.6.10) zu berücksichtigen und einzuplanen.

1,000 psch .....

4.6.40. **Erstellung Genehmigungsplanung Baustoffanlage**

Erstellung einer Genehmigungsplanung für die Baustoffproduktionsanlage zur Erlangung einer bergrechtlichen Genehmigung für die Errichtung des Demonstrationbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Für die Genehmigungsplanung werden vom AN voraussichtlich folgende Unterlagen benötigt:

- Beschreibung der Gesamtanlage mit Einzelkomponenten,
- R+I-Fließschema der Anlage,
- Zusammenstellung der Auslegungsdaten,
- Stromlaufpläne,
- Kurzschlussberechnung,
- Beschreibung Montageablauf inkl.Darstellung der Dauer der Arbeiten,
- Beschreibung der zu verwendenen Arbeits- und Hilfsmittel,
- Beschreibung der sicherheitsrelevanten Einrichtungen,
- Auslegungsberechnung von drucklegungsbelasteten Anlagenteilen und von Verlagerungen,
- DIN-Sicherheitsdatenblätter bei Verwendung von Gefahrstoffen und
- Angaben über Art und Menge von anfallenden Abfällen und Reststoffen.

Das Einreichen der Genehmigungsanträge und das Erwirken der bergrechtlichen Genehmigung bei der zuständigen Bergbe

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

hörde sind in diese Position mit einzukalkulieren.

Die Leitungssysteme für die Anmachlösung und den Trockenbaustoff sind bei der Genehmigungsplanung zu berücksichtigen und mit einzukalkulieren.

1,000 psch .....

4.6.50. Leistungsbereich: 007 Untertagebauarbeiten
Fertigung und Montage Baustoffanlage inkl. Werkabnahme
Fertigung und Montage der Baustoffproduktionsanlage gemäß der genehmigten Genehmigungsplanung (Pos. 4.6.40) als Komplettleistung unter Berücksichtigung der Vorgaben der LB deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Einschließlich aller Geräte, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Inklusive Werkabnahme der Baustoffanlage durch den AG beim Hersteller.

1,000 psch .....

4.6.60. Leistungsbereich: 007 Untertagebauarbeiten
Fertigung Leitungen Anmachflüssigkeit
Fertigung der Leitungen für die Anmachflüssigkeit unter Berücksichtigung der genehmigten Genehmigungsplanung (s. Pos. 4.6.40) des AN als Komplettleistung und unter Beachtung der Vorgaben der LB und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Einschließlich aller Geräte, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

1,000 psch .....

4.6.70. Leistungsbereich: 007 Untertagebauarbeiten
Fertigung Leitungen Baustoff
Fertigung der Leitungen für den Baustoff unter Berücksichtigung der genehmigten Genehmigungsplanung (Pos. 4.6.40) des AN als Komplettleistung und unter Beachtung der Vorgaben der LB und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.

Einschließlich aller Geräte, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

1,000 psch .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.6.80. **Liefern Baustoffanlage (unter Tage)**
Liefern, unter Tage bringen, Aufbauen, Installieren und Vorhalten der kompletten, betriebsfähigen und technisch einwandfreien Baustoffproduktionsanlage (Pos. 4.6.50) einschließlich aller Personal- Material- und Nebenkosten.

Die einzelnen Bauteile bzw. Baugruppen sind gemäß Planung des AN funktionstüchtig aufeinander abzustimmen, die Nennweiten, der Zu-, Über- und Abgänge der einzelnen Rohrleitungen sind mit dem erforderlichen Durchsatzvolumen abzugleichen.

In die EP sind alle erforderlichen Lade- und Transportkosten einzurechnen.

1,000 psch .....

4.6.90. **Liefern Leitungen Anmachflüssigkeit (unter Tage)**
Liefern, unter Tage bringen, Aufbauen, Installieren und Vor- halten aller erforderlichen, betriebsfähigen und technisch einwandfreien Leitungen für die Anmachflüssigkeit (Pos. 4.6.60), inkl. aller Personal- Material- und Nebenkosten.

In die EP sind alle erforderlichen Lade- und Transportkosten einzurechnen.

1,000 psch .....

4.6.100. **Liefern Leitungen Baustoff (unter Tage)**
Liefern, unter Tage bringen, Aufbauen, Installieren und Vorhalten der erforderlichen, betriebsfähigen und technisch einwandfreien Leitungen für den Baustoff (Pos. 4.6.70), inkl. aller Personal- Material- und Nebenkosten.

In die EP sind alle erforderlichen Lade- und Transportkosten einzurechnen.

1,000 psch .....

4.6.110. **Montage Leitungen Anmachflüssigkeit (unter Tage)**
Fachgerechte und betriebsfertige Montage aller zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks erforderlichen Leitungen für die Anmachflüssigkeit (Pos. 4.6.60), einschließlich aller Personal-, Material- und Nebenkosten. Inkl. Funktionsprüfung der betriebsfertig installierten Leitungen.

Vorhalten, Wartung und Instandhaltung aller Leitungen für die erforderliche Bauzeit.

1,000 psch .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
4.6.120.	**Montage Leitungen für Baustoff (unter Tage)** Fachgerechte und betriebsfertige Montage aller zur Errichtung des Demonstrationsbauwerks erforderlichen Leitungen für den Baustoff (s. Pos. 4.6.70), einschließlich aller Personal-, Material- und Nebenkosten. Inkl. Funktionsprüfung der betriebsfertig installierten Leitungen. Vorhalten, Wartung und Instandhaltung aller Leitungen für die erforderliche Bauzeit.	1,000	psch		.....
4.6.130.	**Inbetriebnahme Baustoffanlage mit Abnahme- und Leistungsversuch** Inbetriebnahme der unter Pos.4.6.80 unter Tage gelieferten Baustoffanlage durch den AN. Durchführung eines Abnahme- und Leistungsversuches durch den AN gemäß den Vorgaben der LB (s. Kap. 8.4) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Die Baustoffanlage ist unter Tage einer Erstprüfung mit einem Magnesiabaustoff gemäß den Vorgaben der LB und deren Anforderungen zur Qualitätssicher- ung zu unterziehen.	1,000	psch		.....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

4.6.140. Betrieb Baustoffanlage

Betrieb der unter Pos.4.6.80 unter Tage gelieferten Baustoffanlage für die Betonage des konzipierten und definierten Sollzustandes des Streckenabdichtungssegmentes und Widerlager gemäß den Vorgaben der LB (s. Kap. 9) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die Erfahrungen und Ergebnisse der Erstprüfung (ehem. Eignungsprüfung) Baustoff, Erstprüfung unter Baustellenbedingungen und Güteprüfung während der Betonage sind bei dem Betrieb kostenmäßig zu berücksichtigen.

Inkl. sämtlicher anfallender Kosten für:

- erforderliches Personal und
- Wartungs- und Reinigungsarbeiten.,

Die Anzahl der notwendigen Mitarbeiter mit entsprechender Qualifikation obliegt dem AN (schriftlich nachzuweisen). Bergbautauglichkeit wird vorausgesetzt.

Der im Rahmen der Errichtung des Demonstrationsbauwerks erforderliche Magnesiabaustoff ist in einer gesonderten LV-Position (6.5.10) einzurechnen.

1,000 psch .....

4.6.150. Dokumentation Baustoffanlage

Erstellung einer Dokumentation für die bergrechtlich genehmigte Baustoffanlage (vgl. Pos. 4.6.40 und 4.6.50) unter Beachtung der in der LB (s. 8.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

1,000 psch .....

Summe 4.6. Baustoffproduktion .....

Summe 4. Vorbereitende Arbeiten .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
5.	**Markscheiderische Arbeiten**				
5.1.	**Markscheiderische Vermessungen**				
5.1.10.	**Markscheiderische Vermessungen** Durchführung aller erforderlichen markscheiderischen Ein- bzw. Vermessungen, die für die Erlangung des definierten Sollzustandes des Demonstrationsbauwerks als Komplettleistung unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB gemachten Anforderungen (s. Kap. 6) und Vorgaben zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) erforderlich sind. Die Mess- und Datendichte der markscheiderischen Ein- bzw. Vermessung und der 3D-Lasermessungen muss so gewählt sein, dass darauf aufbauend die Erstellung eines 3D-Modells (vgl. Kap. 14.4 der LB) durch den AN möglich ist. Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.	1,000	psch	.....	.....
Summe 5.1.	**Markscheiderische Vermessungen**				**.....**
Summe 5.	**Markscheiderische Arbeiten**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

6. Bauwerkerrichtung

Hinweise

Die einzelnen Leistungen, die der AN zur Errichtung des Demonstrationsbauwerk zu erbringen hat, sind in Kap. 9 der LB beschrieben

Bei der Errichtung von Druck- und Kontrollkammer liegt es im Ermessen des AN, inwieweit er die in der LB aufgeführten Erfahrungen des AG für seine Planung übernimmt oder ob er ein alternatives Verfahren zur Druckkammererrichtung und zur Erfassung der Lösungsfront plant bzw. einsetzt..

Die in der LB genannten Rahmen- und Randbedingungen sind in die Postitionen einzukalkulieren.

6.1. Druckkammer

6.1.10. Herstellung Druckkammer
Herstellen des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes der Druckkammer als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB formulierten Anforderungen (s. Kap. 9.2) und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

1,000 psch .....

6.1.20. Herstellung Druckkammerbohrung
Herstellen des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes der Druckkammerbohrung als Komplettleistung unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB (s. Kap. 9.2 und 9.5) gemachten Anforderungen und deren Vorgaben zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. Vorhalten, Stellen, Betreiben der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung für das Bohrgerät und aller weiteren, dafür erforderlichen Geräte, Materialien, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

1,000 psch .....

Summe 6.1. Druckkammer .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
6.2.	**Kontrollkammer**				
6.2.10.	**Herstellung Kontrollkammer** Herstellen des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes der Kontrollkammer als Komplettleistung unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB formulierten Anforderungen (Kap. 9.3) und den Vorgaben zur Qualitätssicherung (Kap. 13). Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.	1,000	psch		.....
Summe 6.2.	**Kontrollkammer**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
6.3.	**Schalwände und Widerlager**				
6.3.10.	**Herstellung Schalwände und Widerlager** Herstellen des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes der Schalwände und des Widerlagers als Komplettleistung unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB formulierten Anforderungen (s. Kap. 9.4) und Vorgaben zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.	1,000	psch		.....
Summe 6.3.	**Schalwände und Widerlager**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
6.4.	**Streckenabdichtungssegment**				
6.4.10.	**Herstellung Streckenabdichtungssegement** Herstellen des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes des Streckenabdichtungssegements als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 9.5) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc. Die Kosten für den Magnsiabinder-Massenbaustoff werden in einer separaten LV Position erfasst	1,000	psch		.....
Summe 6.4.	**Streckenabdichtungssegment**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
6.5.	**Baustoff liefern und vorhalten**				
6.5.10.	**Baustoff liefern und vorhalten** Lieferung, Herstellung und Einbringung eines homogen durchmischten Magnesiabaustoffs mittels Baustoffanlage (s. LV Pos. 4.6.140), hergestellt aus dem Vorprodukt und Anmachlösung gemäß der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 8.4, Kap. 10 und Kap. 11.5) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.	800,000	m³	.....	.....
Summe 6.5.	**Baustoff liefern und vorhalten**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
6.6.	**Druckregelanlage (DRA)**				
6.6.10.	**Erstellung Herstellerplanung DRA** Erstellung einer Herstellerplanung für eine DRA für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 9.6) genannten Vorgaben und Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Die Herstellerplanung beinhaltet die Konzeption und die Konzeption und die Dimensionierung der Anlage bzw. Anlagenteile unter Berücksichtigung der Rahmen- und Randbedingungen des von AN gewählten Bergwerks.	1,000	psch	.....	.....
6.6.20.	**Fertigung, Installation und Prüfung DRA (werkseitig)** Fertigen und Montieren des vom AN konzipierten und definierten Sollzustandes der DRA im Werk des Herstellers als Komplettleistung unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB genannten Anforderungen (s. Kap. 9.6) und Vorgaben zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Inklusive werkseitiger Funktonsprüfung. Inkl. aller Geräte, Messtechnik, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc. Werksabnahme durch den Hersteller im Werk mit Erstinbetriebnahme und Durchführung des Prüfprogramms. Demontieren, Verpacken und zur Abholung bereitstellen der DRA für den Transport zum Bergwerk des AN.	1,000	psch	.....	.....
6.6.30.	**Lieferung, Installation und Prüfung DRA unter Tage** Liefern der in Position 6.6.20 aufgeführten DRA zum Aufstellort unter Tage, Installation der DRA inkl. eventuell notwendiger Fundamente, Inbetriebnahme und Durchführung Prüfprogramm entsprechend der QS-Vorgaben durch des AN, Endabnahme der DRA.	1,000	psch	.....	.....
6.6.40.	**Betrieb DRA Druckbeaufschlagungstest** Betrieb der unter Pos.6.6.30 unter Tage gelieferten DRA für die Durchführung des vom AN konzipierten und definierten Druckbeaufschlagungstests unter Berücksichtigung der Vorgaben der LB (s. Kap. 11.6) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).				

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Wesentlich für die Ermittlung der integralen Querschnitts-permeabilität sind die Vorgaben der LV Pos. 2.4.20.

Inkl. regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Messergebnissen und deren Bewertung in Form von Monatsberichten.

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Durchführung und Ergebnisse sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Berich zusammenfassend zu dokumentieren, auszuwerten bzw. zu interpreteiren und zu erläutern.

Inkl. sämtlicher anfallender Kosten für:

- Wartungs- und Reinigungsarbeiten,
- Material-, Medien- und Baustoffe,

Laufzeit: 2 Jahre (ab Inbetriebnahme der DRA unter Tage)

1,000 psch .....

6.6.50. Betrieb DRA - Verlängerung Druckbeauftschlagungstest

Lieferung wie Pos. 7.5.40, jedoch Verlängerung für jeweils einen weiteren Monat.

12,000 Mon ....

6.6.60. Dokumentation DRA

Erstellen und Liefern einer Dokumentation der vom AN konzi-pierten und montierten DRA (Pos. 6.6.10) unter Beachtung bzw. Einhaltung der in der LB genannten Vorgaben.

1,000 psch .....

Summe 6.6. Druckregelanlage (DRA) .....

Summe 6. Bauwerkerrichtung .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

7. Untersuchungs- und Messprogramm

Hinweise Allgemein

Die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes wird durch ein umfangreiches Untersuchungs- und Messprogramm begleitet. Das Untersuchungs- und Messprogramm (s. Kap. 11 der LB) umfasst Messungen vor und während der Bauwerksherstellung, im Zeitraum nach Fertigstellung des Bauwerks bis Beginn der Druckbeaufschlagung, bei der Durchführung der Druckbeaufschlagung und Maßnahmen der Nacherkundung.

7.1. Geotechnische Untersuchungen

7.1.10. Geotechnische Instrumentierung
Geotechnische Instrumentierung des Demonstrationsbauwerks als Komplettleistung unter Beachtung des vom AN zu erstellenden Untersuchungs- und Messkonzept unter Berücksichtigung der in der LB (s. Kap. 11) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die zu erfassenden Parameter sind in der LB (s. Kap. 11.3) beschrieben Inkl. aller Geräte, Messwerteerfassungsanlagen, Sensoren, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Inkl. Messsystem- und Einbaudokumentation: Die Installation und der Einbau der Sensoren und Messsystem sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

Die Ergebnisberichte werden als Bestandteile in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

7.1.15. Geotechnische Messungen
Durchführung aller erforderlichen geotechnischen Messungen im Demonstrationsbauwerk gemäß dem vom AN konzipierten Messkonzept als Komplettleistung.unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

Inkl. regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Messer

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

gebnissen und deren Bewertung in Form von Monatsberichten.

Inkl. wöchentliche Übergabe der durch die MEA erfassten Rohdaten und berechnete Messgrößen in digitaler Form in einem Format nach Rücksprache mit dem AG.

Die Ergebnisberichte werden als Bestandteile in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

7.1.20. Bohrungen geotechnische Instrumentierung

Fachgerechtes Herstellen aller erforderlichen Bohrungen mit Luftspülung für die geotechnische Instrumentierung des Demonstrationsbauwerks gemäß dem dafür von AN zu erstellen Bohrkonzept unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

Inkl. Vorhalten, Stellen, Betreiben der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung für das Bohrgerät und aller weiteren, dafür erforderlichen Geräte, Materialien, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Hinweis:
Für den Zeitraum der Bohrarbeiten ist für eine ausreichende Bewetterung zu sorgen. Sofern erforderlich, ist eine entsprechende Sonderbewetterung einzuplanen. Der Bedarf ist auf den Maschineneinsatz abzustimmen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten ist:

- jede Bohrung zur Vorbereitung der Kamerabefahrung / Videoendoskopie sorgfältig trocken zu reinigen.
- jede Bohrung durch die Markscheiderei des AN einzumessen.

1,000 psch .....

7.1.30. Verschließen Bohrungen geotechnische Instrumetierung

Fachgerechtes, hydraulisch dichtes Verschließen aller aus Vorposition nicht mehr benötigten Bohrungen der geotechnischen Instrumentierung mit Magnesiabaustoff unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

1,000 psch .....

Summe 7.1. Geotechnische Untersuchungen .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

7.2. Geophysikalische Untersuchungen

7.2.10. Bohrungen geophysikalische Untersuchungen

Fachgerechtes Herstellen aller erforderlichen Bohrungen mit Luftspülung für die geophysikalischen Untersuchungen des Demonstrationsbauwerks gemäß dem dafür von AN zu erstellen Bohrkonzept unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

Inkl. Vorhalten, Stellen, Betreiben der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung für das Bohrgerät und aller weiteren, dafür erforderlichen Geräte, Materialien, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Hinweis:
Für den Zeitraum der Bohrarbeiten ist für eine ausreichende Bewetterung zu sorgen. Sofern erforderlich, ist eine entsprechende Sonderbewetterung einzuplanen. Der Bedarf ist auf den Maschineneinsatz abzustimmen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten ist:

- jede Bohrung zur Vorbereitung der Kamerabefahrung / Videoendoskopie sorgfältig trocken zu reinigen.
- jede Bohrung durch die Markscheiderei des AN einzumessen.

1,000 psch .....

7.2.20. Verschließen Bohrungen geophysikalische Untersuchungen

Fachgerechtes, hydraulisch dichtes Verschließen aller nicht mehr benötigten Bohrungen aus der Vorposition, geophysikalische Untersuchungen mit Magnesiabaustoff unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

1,000 psch .....

7.2.30. Georadarmessungen

Durchführung aller erforderlichen Georadarmessungen im Demonstrationsbauwerk gemäß dem vom AN konzipierten Messkonzept als Komplettleistung.unter Beachtung der in der LB (s. 11.4) genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (LB s. Kap. 13).

Inkl. aller Geräte, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten. Die

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Durchführung der Messungen.

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

7.2.40. Ultraschallmessungen im Baukörper bei Betonage und im Anschluss

Durchführung aller erforderlichen Ultraschallmessungen im Demonstrationsbauwerk gemäß dem vom AN konzipierten Messkonzept als Komplettleistung.unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11.4.3.1) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. aller Geräte, Messwerteerfassungsanlagen, Sensoren, Vorverstärker, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Inkl. Messsystem- und Einbaudokumentation: Die Installation und der Einbau des Messsystems sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

Inkl. regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Messergebnissen und deren Bewertung in Form von Monatsberichten.

Inkl. wöchentliche Übergabe der durch die MEA erfassten Rohdaten und berechnete Messgrößen (Rissortungen) in digitaler Form in einem Format nach Rücksprache mit dem AG.

Die Ergebnisberichte werden als Bestandteile in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

7.2.50. Mikroakustische Messungen bei Betonage und im Anschluss

Durchführung aller erforderlichen mikroakustischen Messungen im Demonstrationsbauwerk gemäß dem vom AN konzipierten Messkonzept als Komplettleistung.unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11.4.3.2) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. aller Geräte, Messwerteerfassungsanlagen, Sensoren, Vorverstärker, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Inkl. Messsystem- und Einbaudokumentation: Die Installation und der Einbau des Messsystems sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Durchführung und Ergebnisse der Messungen sind 6 Monate und 12 Monate nach Beginn der Messungen in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

Inkl. regelmäßige Berichterstattung zu den laufenden Mess- ergebnissen und deren Bewertung in Form von Monats- berichten.

Inkl. wöchentliche Übergabe der durch die MEA erfassten Rohdaten und berechnete Messgrößen (Rissortungen) in digitaler Form in einem Format nach Rücksprache mit dem AG.

1,000 psch .....

Summe 7.2. Geophysikalische Untersuchungen .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

7.3. Nacherkundungen

Hinweise Nachuntersuchungen

Mit Angebotsabgabe ist vom AN ein Nacherkundungsprogramm vorzulegen, in dem die konzeptionellen Planungen vorgestellt werden, um die in Kapitel 11.7.1 der LB genannten Annahmen zu belegen und Untersuchungsziele durch in situ-Messungen zu erreichen und durch eine zielgerichtete Anordnung von Bohrungen das notwendige Probematerial für Laboruntersuchungen in ausreichender Menge zu gewinnen, zu lagern und für den AG fachgerecht bereitzustellen.

7.3.10. Bohrungen Nacherkundungen

Fachgerechtes Herstellen aller erforderlichen Bohrungen mit Luftspülung für die Nacherkundungen des Demonstrationsbauwerks gemäß dem dafür von AN zu erstellen Kozept unter Beachtung der Anforderungen der LB (s. Kap. 10.7)

Inkl. Vorhalten, Stellen, Betreiben der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung für das Bohrgerät und aller weiteren, dafür erforderlichen Geräte, Materialien, Betriebsstoffe, Verbrauchsmaterialien etc.

Hinweis:
Für den Zeitraum der Bohrarbeiten ist für eine ausreichende Bewetterung zu sorgen. Sofern erforderlich, ist eine entsprechende Sonderbewetterung einzuplanen. Der Bedarf ist auf den Maschineneinsatz abzustimmen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten ist:

- jede Bohrung zur Vorbereitung der Kamerabefahrung / Videoendoskopie sorgfältig trocken zu reinigen.
- jede Bohrung durch die Markscheiderei des AN einzumessen.

1,000 psch .....

7.3.20. Durchführung Nacherkundungen

Durchführung und Umsetzung aller Maßnahmen des vom AN konzipierten Nacherkundungsprogramms unter Berücksichtigung der Vorgaben der LB (s. Kap. 11.7) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s- Kap. 13) als Komplettleistung.

1,000 psch .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

7.3.30. Dokumentation Nacherkundungen

Erstellung einer Dokumentation über das in den Vorpositionen 7.3.10. durchgeführte Nacherkundungsprogramm unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11.7) und Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Die Ergebnisse des durchgeführten Nacherkundungsprogramms sind zusammenzufassen, zu erläutern, zu bewerten und in einem Ergebnisbericht mit allen erforderlichen Anlagen (Darstellung der Messquerschnitte, der Messtechnik, der Mess- und Prüfprotokolle, zeichnerische Darstellungen etc.) zu dokumentieren.

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch .....

Summe 7.3. Nacherkundungen .....

Summe 7. Untersuchungs- und Messprogramm .....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
8.	**Qualitätssicherende Maßnahmen**				
8.1.	**Qualitätssicherung**				
8.1.10.	**Qualitätssicherungsplan** Erstellung eines realisierbaren Qualitätssicherungsplanes auf Basis der LB für die Errichtung des Demons trationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 13 und Anhang 10) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung.	1,000	psch		.....
8.1.20.	**Umsetzung der Qualitätssicherungmaßnahmen** Umsetzung und Durchführung der qualitätssichernden Anforderungen aus dem in der Vorposition erstellten Qualitätssicherungsplanes und dessen Vorgaben bei der Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und den Nachuntersuchungen als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben und Anforderungen. Inkl. Anpassung des QS-Planes und den daraus resultierenden Anforderungen innerhalb der Bauausführung und bei den Nachuntersuchungen unter Einbeziehung der anfallenden Messdaten und Zwischenergebnisse.	1,000	psch		.....
8.1.30.	**Dokumentation der Qualtitätssicherungmaßnahmen** Dokumentation der bei der Errichtung des Demonstrationsbauwerkes und der Nacherkundung durchgeführten qualitätssichernden Maßnahmen in einem zusammenfassenden Bericht gemäß den Anforderungen der LB (s. Kap. 13 und 14). Der Ergebnisbericht der wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.	1,000	psch		.....
Summe 8.1.	**Qualitätssicherung**				.....
Summe 8.	**Qualitätssicherende Maßnahmen**				.....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
9.	**Dokumentation und Ergebnisdarstellung**				
9.1.	**Dokumentation und Ergebnisdarstellung**				
9.1.20.	**Abschlussbericht** Erstellung einer Dokumentation (Abschlussbericht) über die durchgeführte Bauwerksherstellung (s. LV Pos. 6) inklusive der Nacherkundung (s. LV Pos. 8.3) unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 14.5) und Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Die Ergebnisse der durchgeführten Bauwerkserrichtung und der Nacherkundung inkl. der Untersuchungsziele sind zusammenzufassen, zu erläutern, zu bewerten und in einem Ergebnisbericht inkl. aller erforderlicher Anlagen (Messquerschnitte, der Messtechnik, der Mess- und Prüfprotokolle, zeichnerische Darstellungen etc.) zu dokumentieren. Der Abschlussbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.	1,000	psch	.....	.....
9.1.30.	**Dokumentation 3D Modell** Dokumentation des für die Errichtung des Demonstrationsbau werks inkl. der Nacherkundungen eingesetzten messtechnischen Instrumentierung erstellten digitalen 3D-Modell des unter Beachtung der in der LB (s. Kap. 14.4) genannten Vorgaben und Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13). Inklusive Übergabe des 3D-Modells in digitaler Form im DWG-, DXF- oder MESH-Format (vgl. LB, Kap. 14.4) am Projetende.	1,000	psch	.....	.....
9.1.40.	**Abschlussdokumentation** Erstellung der Abschlussdokumentation für die Errichtung des Demonstrationsbauwerk inkl. der Nachuntersuchungen gemäß den Anforderungen der LB (s. Kap. 14) und deren Vorgaben zur Qualtitätssicherung (s. Kap. 13).	1,000	psch	.....	.....
Summe 9.1.	**Dokumentation und Ergebnisdarst..**				**.....**
Summe 9.	**Dokumentation und Ergebnisdarst..**				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
10.	**Besprechungen**				
	Hinweise Besprechungen:				
10.1.	**Teilnahme an Besprechungen**				
10.1.10.	**Teilnahme an Besprechungen - Projektleiter/-in** Stundensatz für die Teilnahme Projektleiter/-in an einer Besprechung.	400,000	h	.....	.....
10.1.20.	**Teilnahme an Besprechungen - wiss.Mitarbeiter/-in, Techniker/-in** Stundensatz für die Teilnahme wiss. Mitarbeiter/-in oder Techniker/-in an einer Besprechung.	200,000	h	.....	.....
	Summe 10.1. Teilnahme an Besprechungen				**.....**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
10.2.	**Fahrkostenpauschalen**				
10.2.10.	**Fahrkostenpauschale Besprechung ERA Morsleben/Magdeburg - Transportmittel** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung im ERA Morsleben oder Magdeburg (Hin-/Rückfahrt, Transportmittel)	3,000	Stck	.....	.....
10.2.20.	**Fahrkostenpauschale Besprechung ERA Morsleben/Magdeburg - Projektleiter/-in** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung im ERA Morsleben oder Magdeburg (Hin-/Rückfahrt, Reisezeitl Projektleiter/-in)	2,000	Stck	.....	.....
10.2.30.	**Fahrkostenpauschale Besprechung ERA Morsleben/Magdeburg - wiss. Mitarbeiter/-in** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung im ERA Morsleben oder Magdeburg (Hin-/Rückfahrt, Reisezeit wiss. Mitarbeiter/-in oder Techniker/-in)	1,000	Stck	.....	.....
10.2.40.	**Fahrkostenpauschale Besprechung Peine - Transportmittel** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung in Peine (Hin-/Rückfahrt, Transportmittel)	3,000	Stck	.....	.....
10.2.50.	**Fahrkostenpauschale Besprechung Peine - Projektleiter/-in** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung in (Hin-/Rückfahrt, Reisezeitl Projektleiter/-in)	2,000	Stck	.....	.....
10.2.60.	**Fahrkostenpauschale Besprechung Peine - wiss. Mitarbeiter/-in** Fahrtkostenpauschale für eine Besprechung in Peine (Hin-/Rückfahrt, Reisezeit wiss. Mitarbeiter/-in oder Techniker/-in)	1,000	Stck	.....	.....
Summe 10.2.	**Fahrkostenpauschalen**				.....
Summe 10.	**Besprechungen**				.....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

11. Bedarfspositionen

11.1. Bedarfspositionen ohne Gesamtpreisbildung

11.1.10. *** Bedarfsposition ohne GB
Neukartierung
Nacherkundung bzw. Neukartierung der geologischen Verhältnisse im Bereich des Demonstrationsbauwerks zur Durchführung der in Position 3.2.10 genannten Standortcharakterisierung als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB (insbesondere Kap. 7) genannten Vorgaben und Anforderungen zur Qualitätssicherung (Kap. 13).

Die Ergebnisse der geologischen Nacherkundung bzw. Neukartierung sind zusammenzufassen, zu erläutern und in einem Ergebnisbericht zu dokumentieren.

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch ..... Nur Einh.-Pr.

11.1.20. *** Bedarfsposition ohne GB
Auffahren einer neuen Strecke
Neuauffahren einer vom AN konzipierten und definierten Strecke für die Errichtung des Demonstrationsbauwerkes als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben und deren Anforderungen zur Qualtitätssicherung.

1,000 psch ..... Nur Einh.-Pr.

11.1.30. *** Bedarfsposition ohne GB
Vorversuche geotechnische Untersuchungen
Durchführung aller erforderlichen Vorversuche und Voruntersuchungen für die geotechnischen Untersuchungen (Pos. 7.1) zur Feststellung der grundsätzlichen Eignung der vom AN gewählten Messsysteme inkl. aller Komponenten gemäß den Vorgaben der LB (s. Kap. 11.2 und 11.3) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung als Komplettleistung. Inklusive Funktionstests der vom AN gewählten Messsysteme und aller Komponenten derMesssysteme.

Die Nachweise für die o.g. Messsysteme beinhalten auch die Nachweise für alle relevanten Komponenten wie z.B. Sensoren, Signal- und Verbindungskabel und die Anschlussverbindungen.

Die Ergebnisse der Vorversuche und der Voruntersuchungen sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch ..... Nur Einh.-Pr.

11.1.40. *** Bedarfsposition ohne GB
Vorversuche geophysikalische Untersuchungen
Durchführung aller erforderlichen Vorversuche und Voruntersuchungen für die geophysikalischen Untersuchungen (Pos. 7.2) zur Feststellung der grundsätzlichen Eignung der vom AN gewählten Messsysteme inkl. aller Komponenten gemäß den Rahmenbedingungen und Vorgaben der LB (s. Kap. 11.4) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13) als Komplettleistung, inkl. Funktionstests der vom AN gewählten Messsysteme und aller Komponenten der Systeme.

Die Nachweise für die o.g. Messsysteme beinhalten auch die Nachweise für alle relevanten Komponenten wie z.B. Sensoren, Vorverstärker, Signal- und Verbindungskabel und die Anschlussverbindungen.

Inkl. Mess- und Dokumentationsbericht: Die Ergebnisse der Vorversuche und der Voruntersuchungen sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren, zu erläutern und zu bewerten. Die Übergabe des Berichts an den AG erfolgt von Instrumentierung der geophysikalischen Sensoren im Baukörper des Demonstrationsbauwerks.

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch ..... Nur Einh.-Pr.

11.1.50. *** Bedarfsposition ohne GB
Ultraschallmessungen in Bohrungen im Rahmen der Nacherkundungen
Durchführung aller erforderlichen Ultraschallmessungen in Bohrungen zur Bewertung des potenziellen Rissinventars gemäß dem vom AN konzipierten Messkonzept als Komplettleistung unter Beachtung der in der LB genannten Vorgaben (s. Kap. 11.4.3.3) und deren Anforderungen zur Qualitätssicherung (s. Kap. 13).

Inkl. Messsystem- und Einbaudokumentation: Die Installation und der Einbau des Messsystems sind in einem Bericht zusammenfassend zu dokumentieren und zu erläutern. Die Übergabe des Berichtes an den AG erfolgt 6 Wochen nach Abschluss der Installationsarbeiten.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Der Ergebnisbericht wird als Bestandteil in die Abschlussdokumentation einfließen.

1,000 psch ..... Nur Einh.-Pr.

Summe 11.1. Bedarfspositionen ohne Gesamtpr..

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

11.2. Stundenlohnarbeit

Personaleinsatz, der auf Nachweis über Stundenlohnsätze verrechnet werden soll, erfolgt ausschließlich auf besondere schriftliche Anweisung und unter Abstimmung über Art und Dauer des Einsatzes mit dem AG.

Die Leistungen sind arbeitstäglich von der Bauüberwachung des AG abzeichnen zu lassen.

Der Verrechnungssatz für die jeweilige Arbeitskraft umfasst sämtliche Aufwendungen, insbesondere den tatsächlichen Lohn einschließlich vermöglenswirksamer Leistungen mit den Zuschlägen für Gemeinkosten (Sozialkassenbeiträge, Winterbauumlage und dgl.) sowie Lohn- bzw. Gehaltsnebenkosten und Zuschlägen für Überstunden.

Zuschläge für Nacht-, Sonntags- und Feiertagsabeit werden gesondert vergütet.

Zuschläge für Nacht- Sonntags- und Feiertagsarbeit
(vom Bieter anzugeben):

Zuschläge für Nachtarbeit (22:00 - 06:00 Uhr) .....%

Zuschläge für Sonntagsarbeit .....%

Zuschläge für Feiertagsarbeit .....%

(Vom Bieter jeweils einzutragen)

Regiestunden für leitendes Personal (auch Polier) werden nur vergütet, wenn am gleichen Tage keine anderen Arbeiten gemäß Leistungsverzeichnis ausgeführt wurden.

Der Bieter erklärt mit Abgabe des Angebotes, dass die angebotenen Verrechnungssätze unter Beachtung der preisrechtlichen Vorschriften ermittelt wurden.

11.2.10. *** Bedarfsposition ohne GB
Bauleiter
Stundenlohnarbeiten durch Arbeitskräfte auf schriftliche Anweisung des AG ausführen.

Der Verrechnungssatz für die jeweilige Arbeitskraft umfasst sämtliche Aufwendungen, insbesondere den tatsächlichen Lohn einschließlich vermögenswirksamer Leistungen mit den Zuschlägen für Gemeinkosten (Sozialkassenbeiträge, Winterbauumlage und dgl.) sowie Lohn - bzw. Gehaltsnebenkosten und Zuschlägen für Überstunden.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
Fortsetzung...					
	Zuschläge für Nacht-, Sonntags- und Feiertagsarbeit werden gesondert vergütet.				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.20.	*** Bedarfsposition ohne GB **Ingenieur** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Ingenieur				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.30.	*** Bedarfsposition ohne GB **Techniker** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Techniker				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.40.	*** Bedarfsposition ohne GB **Hlfskräfte** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Hilfskräfte				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.50.	*** Bedarfsposition ohne GB **Polier** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Polier				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.60.	*** Bedarfsposition ohne GB **Baufacharbeiter** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Baufacharbeiter				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
11.2.70.	*** Bedarfsposition ohne GB **Bauhelfer** Lieferung wie Pos. vor, jedoch Bauhelfer				
		1,000	h	.....	Nur Einh.-Pr.
	Summe 11.2. Stundenlohnarbeit				

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

11.3. Verrechnungssatz Baumaschinen, Fahrzeuge und Geräte

Der Einsatz von Geräten, Fahrzeugen und Maschinen, der auf Nachweis über Stundenlohnsätze verrechnet werden soll, erfolgt ausschließlich auf besondere schriftliche Anweisung und unter Abstimmung über Art und Dauer des Einsatzes mit dem AG.

Die Leistungen sind arbeitstäglich von der Bauüberwachung des AG abzeichnen zu lassen.

Der Verrechnungssatz für das jeweilige Gerät umfasst sämtliche Aufwendungen für den Einsatz, insbesondere Gerätevorhalte- und Betriebskosten, sowie sämtliche Zuschläge einschließlich der Kosten für das Bedienpersonal inkl. ggf. erforderlicher Einweisung, Bedienung und aller Betriebsmittel (Kraftstoff, Schmierstoffe, Filter etc.)

Der Verrechnungssatz gilt für das zum Zeitpunkt des Abrufes einsatzbereit auf der Baustelle befindliche Gerät

11.3.10. *** Bedarfsposition ohne GB
Einsatz Frontlader / Raupenlader / Planierraupe bis 50 kW
Frontlader / Raupenlader / Planierraupe, Leistung bis 50 kW

1,000 h ..... Nur Einh.-Pr.

11.3.20. *** Bedarfsposition ohne GB
Einsatz Drucklufthammer, Gewicht bis 30 kg
Drucklufthammer, Gewicht bis 30 kg

1,000 h ..... Nur Einh.-Pr.

11.3.30. *** Bedarfsposition ohne GB
Einsatz Hubarbeitsbühne
Liefern, Aufbauen und Einrichten von einer fahrbaren Hubarbeitsbühne inkl. aller erforderlichen Hilfsmittel, Kleinteile, Betriebsmittel. Die Arbeitsplattform soll Platz für mindestens zwei Personden inkl. Material (Platzbedarf mind. 1 m², Tragkraft mind. 300 kg) bieten und teleskopierbar sein. Die Hebebühne ist so auszuwählen, dass enge Lücken (Breite: ca. 1,2 m, Höhe: 2,0 m) passiert werden können und durch einen Wendekreis (ca. 2,0 m) eine gute Manövrierfähigkeit erreicht wird.

Sämtliche Kosten inkl. Umsetzten und Betreiben sind in die EP einzurechnen.

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

Hersteller / Typ: '

.....' vom Bieter einzutragen

1,000 h ..... Nur Einh.-Pr.

11.3.40. *** Bedarfsposition ohne GB

Mobile Gerüsten für Instrumentierung an der Kontur

Liefern, Aufbauen und Einrichten von fahrbaren Gerüsten inkl. aller erforderlichen Hilfsmittel, Kleinteile, Betriebsmittel, für die Dauer der Instrumentierung an der Kontur. Die Arbeitsplattform sollen Platz für mindestens zwei Personden inkl. Material (Platzbedarf mind. 1m², Tragkraft mind. 300 kg) bieten.

Sämtliche Kosten inkl. Umsetzten und Betreiben sind in die EP einzurechnen.

Hersteller / Typ: '

.....' vom Bieter einzutragen

1,000 d ..... Nur Einh.-Pr.

11.3.50. *** Bedarfsposition ohne GB

Hubarbeitsbühnen für Instrumentierung an der Kontur

Liefern, Aufbauen und Einrichten von zwei fahrbaren Hubarbeitsbühnen inkl. aller erforderlichen Hilfsmittel, Kleinteile, Betriebsmittel, für die Dauer der Instrumentierung an der Kontur. Die Arbeitsplattform sollen Platz für mindestens zwei Personen inkl. Material (Platzbedarf mind. 1m², Tragkraft mind. 300 kg) bieten und teleskopierbar sein.

Sämtliche Kosten inkl. Umsetzten und Betreiben sind in die EP einzurechnen.

Hersteller / Typ: '

.....' vom Bieter einzutragen

1,000 d ..... Nur Einh.-Pr.

11.3.60. *** Bedarfsposition ohne GB

Hubarbeitsbühne für die Instrumentierung im Querschnitt

Liefern, Aufbauen und Einrichten von einer fahrbaren Hubarbeitsbühne inkl. aller erforderlichen Hilfsmittel, Kleinteile, Betriebsmittel, für die Dauer der Instrumentierung im Querschnitt.

Die Arbeitsplattform soll Platz für mindestens zwei Personen inkl. Material (Platzbedarf mind. 1m², Tragkraft mind. 300 kg) bieten und teleskopierbar sein. Die Hebebühne ist so auszuwählen,

...Fortsetzung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR

Fortsetzung...

dass enge Lücken (Breite: ca. 1,2 m, Höhe: 2,0 m) passiert werden können und durch einen Wendekreis (ca. 2,0 m) eine gute Manövrierfähigkeit erreicht wird.

Sämtliche Kosten inkl. Umsetzten und Betreiben sind in die EP einzurechnen.

Hersteller / Typ: '

.....' vom Bieter einzutragen

1,000 d	.....		Nur Einh.-Pr.

Summe 11.3. Verrechnungssatz Baumaschinen, ..

Summe 11. Bedarfspositionen

Zusammenstellung

Projekt: Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)
LV: Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in EUR
1.	**Standort für das Demonstrationsbauwerk**	
1.1.	Standort - Bauwerkserrichtung und Nacherkundungen	.....
1.2.	Standort nach Errichtung und Nacherkundung	.....
	Summe 1. Standort für das Demonstrations..	**.....**
2.	**Standorterkundung**	
2.1.	Bergbauliche Standortcharakterisierung	.....
2.2.	Geologische Standortcharakterisierung	.....
2.3.	Geotechnische Standortcharakterisierung	.....
2.4.	Integrale Querschnittspermeabilität (Funktionalität)	.....
	Summe 2. Standorterkundung	**.....**
3.	**Planungsleistungen**	
3.1.	Entwurfsplanung	.....
3.2.	Genehmigungsplanung	.....
3.3.	Ausführungsplanung	.....
	Summe 3. Planungsleistungen	**.....**
4.	**Vorbereitende Arbeiten**	
4.1.	Baustelleneinrichtung	.....
4.2.	Beräumung	.....
4.3.	Auffahren und Nachschnitt der Strecke (Demonstrations..	.....
4.4.	Auffahren und Herrichten Begleitstrecke	.....
4.5.	Durchführung Rauigkeitsmessungen	.....
4.6.	Baustoffproduktion	.....
	Summe 4. Vorbereitende Arbeiten	**.....**
5.	**Markscheiderische Arbeiten**	
5.1.	Markscheiderische Vermessungen	.....
	Summe 5. Markscheiderische Arbeiten	**.....**
6.	**Bauwerkerrichtung**	
6.1.	Druckkammer	.....
6.2.	Kontrollkammer	.....
6.3.	Schalwände und Widerlager	.....
6.4.	Streckenabdichtungssegment	.....
6.5.	Baustoff liefern und vorhalten	.....
6.6.	Druckregelanlage (DRA)	.....
	Summe 6. Bauwerkerrichtung	**.....**
7.	**Untersuchungs- und Messprogramm**	
7.1.	Geotechnische Untersuchungen	.....
7.2.	Geophysikalische Untersuchungen	.....

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung		Betrag in EUR
7.3.	Nacherkundungen		.....
	Summe 7.	**Untersuchungs- und Messprogramm**	**.....**
8.	**Qualitätssicherende Maßnahmen**		
8.1.	Qualitätssicherung		.....
	Summe 8.	**Qualitätssicherende Maßnahmen**	**.....**
9.	**Dokumentation und Ergebnisdarstellung**		
9.1.	Dokumentation und Ergebnisdarstellung		.....
	Summe 9.	**Dokumentation und Ergebnisdarst..**	**.....**
10.	**Besprechungen**		
10.1.	Teilnahme an Besprechungen		.....
10.2.	Fahrkostenpauschalen		.....
	Summe 10.	**Besprechungen**	**.....**
11.	**Bedarfspositionen**		
11.1.	Bedarfspositionen ohne Gesamtpreisbildung		
11.2.	Stundenlohnarbeit		
11.3.	Verrechnungssatz Baumaschinen, Fahrzeuge und Geräte		
	Summe 11.	**Bedarfspositionen**	
LV	**100**		
1.	Standort für das Demonstrationsbauwerk		.....
2.	Standorterkundung		.....
3.	Planungsleistungen		.....
4.	Vorbereitende Arbeiten		.....
5.	Markscheiderische Arbeiten		.....
6.	Bauwerkerrichtung		.....
7.	Untersuchungs- und Messprogramm		.....
8.	Qualitätssicherende Maßnahmen		.....
9.	Dokumentation und Ergebnisdarstellung		.....
10.	Besprechungen		.....
11.	Bedarfspositionen		
	Summe LV	**100 Demonstrationsbauwerk Stein..**	**.....**

Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer in Höhe von 19,00 % ..... EUR

..... EUR

Projekt: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**
LV: **Demonstrationsbauwerk Steinsalz (MgO-Massenbaustoff)**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in EUR

Das LV besteht aus den Seiten 135 bis 190

(Ort)	(Datum)	(rechtsgültige Unterschrift)