

Kurzstellungnahme zum BGE-Bericht

„Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für einen weiteren Schacht.

Zusammenfassende Bewertung der Erkundungsergebnisse Remlingen 15 im Hinblick auf die Anforderungskriterien für den neuen Schacht“

DMT GmbH & Co. KG, K-UTEC AG Salt Technologies,
Thyssen Schachtbau GmbH.
Essen, Stand: 05.04.2018

Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO)

Projektträger Karlsruhe – Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE)
Bühler, M.; Stacheder, M.

Sachverständige der Begleitgruppe Asse-II des Landkreises Wolfenbüttel

Bertram, R.
Hoffmann, F.
Kreusch, J.
Krupp, R.

Abgestimmte Fassung vom 30.04.2019

Inhaltsverzeichnis

0. Veranlassung und Vorgehensweise	2
0.1 Veranlassung	2
0.2 Vorgehensweise.....	2
0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen	2
Kurzfassung:	2
1. Allgemeines	3
1.1 Ziel der Bohrung.....	3
1.2 Aufgabenstellung	3
2. Methodische Vorgehensweise	3
3. Gliederung des Gebirges der Bohrung Remlingen 15 in Homogen-bereiche	4
3.1 Einteilung des Gebirges anhand wesentlicher Gebirgsparameter in Homogenabschnitte.....	4
3.2 Einteilung der Ergebnisse wichtiger Gesteinsparameter in Homogenbereiche ..	5
3.2.1 Gesteinsparameter auf Basis der Laboruntersuchungen	5
3.2.2 Gesteinsparameter auf Basis der geophysikalischen Bohrlochuntersuchungen.....	6
4 Prognose der relativen Standfestigkeit des Gebirges in der.....	7
Bohrung Remlingen 15.....	7
4.1 Deckgebirge einschließlich „Hutgestein“	7
4.2 Salinar.....	8
5 Gebirgsspannungen	8
6 Gebirgswässer	8
6.1 Hydraulische Eigenschaften des Gebirges.....	8
6.2 Prognose der Gebirgswasser-Zuflüsse zum geplanten Schacht Asse 5.....	9
6.3 Chemismus, Alter und Aggressivität der untersuchten Gebirgswässer in der Bohrung Remlingen 15.....	9
7 Festlegung von Homogenabschnitten für den Schacht.....	9
8 Bewertung der ermittelten Parameter hinsichtlich der Erstellung eines Schachtes	10
8.1 Teufverfahren.....	10
8.2 Gebirgssichernde Maßnahmen	10
8.3 Schachtausbau	11
8.4 Bewertung des Standortes hinsichtlich der Anforderungskriterien	12
Fazit der AGO	12
Literaturverzeichnis	13

0. Veranlassung und Vorgehensweise

0.1 Veranlassung

Mit Datum vom 22.01.2019 wurde der AGO-Geschäftsstelle die BGE-Unterlage „Schachanlage Asse II - Konzeptplanung für einen weiteren Schacht - Zusammenfassende Bewertung der Erkundungsergebnisse Remlingen 15 im Hinblick auf die Anforderungskriterien für den neuen Schacht“ der DMT GmbH & Co. KG, K-UTEC AG Salt Technologies und Thyssen Schachtbau GmbH mit Stand vom 05.04.2018 (BGE 2018) weitergeleitet.

In der Sitzung 02/2019 der AGO am 18.02.2019 in Göttingen wurde entschieden, dass dazu eine Kurzstellungnahme der AGO erstellt werden soll.

0.2 Vorgehensweise

Diese Kurzstellungnahme der AGO befasst sich im Wesentlichen mit der Bewertung des Inhalts des vorgelegten Berichtes (BGE 2018). Sie folgt in der Kapitelnummerierung für die Kapitel 1 bis 8 dem Bericht der BGE. Die AGO hat über einen Entwurf der Stellungnahme auf ihren Sitzungen 03/2019 am 28.03.2019 und 04/2019 am 11.04.2019 in Göttingen darüber beraten.

Im Nachgang zur letzten Sitzung wurde die Stellungnahme dann per E-Mail am 30.04.2019 abgestimmt.

0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen

Die vorliegende Kurzstellungnahme der AGO bezieht sich auf den o. a. BGE-Bericht. Zu einem früheren Bericht mit dem Titel „*Schachanlage Asse II: Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15*“, datiert auf den 12.04.2017, hat die AGO bereits am 25.09.2017 eine Kurzstellungnahme vorgelegt (AGO 2017).

Kurzfassung

Stand BGE

Der Bericht fasst die aus der Erkundungsbohrung Remlingen 15 gewonnenen geologischen, geophysikalischen, geotechnischen und hydrogeologischen Informationen sowie die bergsmechanischen Eigenschaften ausgewählter Gesteinsproben zusammen und bewertet diese hinsichtlich der Anforderungskriterien für den geplanten Schacht Asse 5.

Der Bericht kommt zu dem Ergebnis, dass die Herstellung eines Schachtes am Standort der Erkundungsbohrung Remlingen 15 bei Anwendung einer geeigneten Teuftechnologie sowie Gebirgssicherungs- und Ausbaumaßnahmen technisch machbar ist, die Lage am gewählten Standort jedoch hinsichtlich der abweichenden geologischen Situation weiter zu untersuchen ist.

Wegen Abweichungen der angetroffenen Verhältnisse von der prognostizierten Geologie und noch bestehender Unsicherheiten bezüglich der geologischen Struktur des Salzsattels und seiner räumlichen Ausdehnung muss möglicherweise das obere Füllort aus der Planung herausgenommen werden und das untere Füllort auf Grundlage von Ergebnissen der untertägigen Erkundung an die tatsächlichen räumlichen Verhältnisse im Salinar angepasst werden. Eine endgültige Aussage zur Eignung des Standortes ist dem Bericht zufolge deshalb erst nach Vorliegen der Ergebnisse der untertägigen Erkundung mittels Horizontal- und Schrägbohrungen möglich.

1. Allgemeines

1.1 Ziel der Bohrung

Stand BGE

Die Stilllegung der Schachanlage Asse II soll nach Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II erfolgen. Hierzu ist ein weiterer Schacht unabdingbar. Mit der 900 m tiefen Bohrung Remlingen 15 wurden an der ausgewählten Vorzugslokation Kenntnisse und Basisdaten gewonnen, die in eine generelle geowissenschaftliche Bewertung des möglichen Schachtansatzpunktes und in die schachtbautechnische Bewertung eingehen.

Kommentar AGO:

Die Zielsetzung der Bohrung ist richtig wiedergegeben.

1.2 Aufgabenstellung

Stand BGE

Folgende Anforderungen wurden an den Schachtstandort und an den neuen Schacht gestellt:

- Ein ausreichender horizontaler Abstand der Schachtbohrung zu der Deckgebirgsgrenze und den potenziell wasserführenden Schichten des Buntsandsteins auf der Nord- und Südflanke des Assesattels.
- Fernbleiben von lösungsführenden Schichten im Salinar (z.B. Anhydrit, Anhydritmittel, etc).
- Fernbleiben von mächtigeren hygroskopisch empfindlichen Gesteinen (Carnallit u.a.).
- Eine ausreichende Hohlraumverfügbarkeit für die Füllörter und die Infrastrukturräume im Salinar.

Der vorliegende Bericht hat die Aufgabe, die Erkundungsergebnisse der Remlingen 15 im Hinblick auf Lithologie, Tektonik, Nachbruch, Verformung, Wasser, Standfestigkeit zu bewerten und Homogenbereiche anhand bautechnisch relevanter geologischer, geotechnischer und hydrogeologischer Parameter und Kenngrößen fest zu legen. Die Ergebnisse werden unter Berücksichtigung der Anforderungen an den neuen Schacht hinsichtlich folgender Aspekte diskutiert:

- In Frage kommende Schachtteufverfahren.
- Konzeption des Schachtausbaus als Gleitschacht.
- Einhaltung von Sicherheitsabständen (u.a. zum Grubengebäude, zum Deckgebirge und zu lösungsführenden Salinarschichten).

Kommentar AGO:

Die Aufgabenstellung ist nachvollziehbar und vollständig dargestellt.

2. Methodische Vorgehensweise

Stand BGE

Im ersten Arbeitsschritt wurden bautechnisch relevante Parameter für Teufenintervalle von 1 m gemittelt, um die z.T. großen Streuungen zu verringern. Hierzu zählen:

- Relativer Ton- / Schluffanteil,
- Gesteinsdichte,
- Elastizitätsparameter E-Modul und Schermodul,

- Querdehnungszahl (Poissonzahl),
- Raumlage des Trennflächengefüges (Einfallrichtung und Einfallwinkel von Schicht- und Kluffflächen,
- Lage und Tiefe von Bohrlochwandausbrüchen.

Die Ergebnisse sind auch in Anlage 1 diagrammatisch dargestellt.

Kommentar AGO:

Es findet im Wesentlichen nur eine Aufzählung der angewandten Methoden statt, und die teilweise gemittelten Messwerte sind zusammenfassend in Anlage 1 in BGE (2018) dargestellt. Die AGO vermisst hierzu jedoch eine detailliertere Darstellung der Methoden im Bericht.

In BGE (2018) auf S. 16 wird erläutert: „*Eine Unterscheidung des relativen Anteils von Ton und Schluff von den übrigen klastischen und chemischen Gesteinen der Schichtenfolge des Assesattels erfolgte indirekt mit Hilfe des Gamma- Logs (indirekter Nachweis über das K40-Isotop).*“

Diese Aussage ist insofern nicht nachvollziehbar, als es sich bei „Ton und Schluff“ um Korngrößenbereiche handelt, während das Gamma-Log (u.a.) den Anteil an kaliumhaltigen Tonmineralen abbildet. Die fehlende Differenzierung zwischen Ton-Korngrößenfraktion und Tonmineral-Anteil zieht sich auch weiter durch den gesamten Bericht hindurch.

3. Gliederung des Gebirges der Bohrung Remlingen 15 in Homogenbereiche

3.1 Einteilung des Gebirges anhand wesentlicher Gebirgsparameter in Homogenabschnitte

Stand BGE

Hier werden Gebirgsart und Gebirgstyp sowie die Gebirgsstruktur und das Trennflächengefüge näher erläutert.

Kommentar AGO:

In BGE (2018) Abbildung 1 wird die natürliche Gammastrahlung gegen die Teufe der Bohrung Remlingen 15 aufgetragen. Die großen Intensitätsunterschiede zwischen Salinar und Deckgebirge sollten näher erläutert werden. Untersuchungen zur spektralen Zusammensetzung der Gesamt-Gammastrahlung oder wenigstens Angaben zum gemessenen Energiebereich („Fenster“) wären für eine bessere Beurteilung wünschenswert.

Auf Seite 18 ist zu lesen: „*Von der Fa. Terratec wurde anhand eines Scans der Bohrlochwand mittels einer akustischen Fernsehsonde (ABF) das Einfallen der Schicht-, Kluff- und Störungsflächen untersucht.*“ Auch hier wäre ein Hinweis hilfreich gewesen, dass es sich bei dem Verfahren um eine bildgebende Ultraschall-Abtastung der Bohrlochwand handelt.

Bemerkenswert sind Nachweise offener Klüfte in Teufen von 37 bis 130 m und insbesondere die in Tabelle 3 zusammengefassten Klüfte zwischen 50 und 80 m, mit Öffnungsweiten bis 118 mm. Es fehlt jedoch eine Beschreibung der Lithologie und der stratigraphischen Einordnung der dort anstehenden Gesteine, bei denen es sich nach anderen Quellen (BGE (2017), Tabelle 8) im Wesentlichen um kalkig-mergelige Sedimentgesteine des unteren Muschelkalks handeln dürfte. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich um Verkarstungserscheinungen handelt, die durchaus einer weiteren Diskussion bedürft hätten.

Demgegenüber ist die Aussage (S. 22): „*Somit kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Teufenabschnitt mit einer hohen Gebirgsauflockerung zu rechnen ist. In den übrigen Bohrabschnitten wurden keine Öffnungsweiten bestimmt*“ nicht notwendigerweise richtig, denn

Verkarstungen haben nichts mit Gebirgsauflockerungen zu tun. Die Standfestigkeit derart weit klaffender Karstschlotten weist eher auf ein stabiles Nebengebirge hin. Andererseits wäre ihre mögliche Rolle als Wasserbringer während des Schachtabteufens einzuschätzen gewesen.

Der verstärkte Nachbruch der Bohrlochwand dürfte im speziellen Fall der Bohrung Remlingen 15 auch eine Folge der steilstehenden Schichtflächen sein. Für das Schachtabteufen könnten sich bei einem Ausbruchdurchmesser von ca. 10 m daraus Probleme durch größere schichtparallele Abschalungen ergeben, die besondere Aufmerksamkeit erfordern.

3.2 Einteilung der Ergebnisse wichtiger Gesteinsparameter in Homogenbereiche

3.2.1 Gesteinsparameter auf Basis der Laboruntersuchungen

Stand BGE:

Es werden tabellarisch und in Diagrammen verschiedene gesteinsphysikalische Parameter (einaxiale Druckfestigkeit, Kohäsion, Reibungswinkel, Dichte, elastische Moduli) dargestellt.

Kommentar AGO:

Es fehlen Aussagen zur Relevanz der gemessenen gesteinsphysikalischen Parameter für die Herstellung von Schacht 5. Lediglich bei Horizonten aus plastischen Tonvorkommen im Bereich des Deckgebirges wird zur „*besonderen Beachtung*“ hingewiesen.

Für einen Großteil der aufgeschlossenen Schichtenfolge im Salinar (anhydritisches Steinsalz mit Anhydritgehalten) werden höhere Druckfestigkeiten und eine geringere Kriechfreudigkeit im Vergleich zum Staßfurt-Steinsalz konstatiert. Weiter heißt es auf S. 30: „*Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Gesteinsdichte und dem Wassergehalt des Probenmaterials. Die Gesteinsdichten nehmen im Mittel mit der Teufe ab und der Wassergehalt nimmt im Mittel von rd. 1,6 % auf über 14 % im „Hutgestein“ zu. Neben gesteinspezifischen Unterschieden könnten ggf. auch tektonische Prozesse hieran beteiligt sind.*“ Obwohl nicht im Text von BGE (2018) beschrieben, geht die AGO davon aus, dass diese Aussage nur das Deckgebirge betreffen soll. Besonders der postulierte Einfluss tektonischer Prozesse bleibt im Unklaren, sowohl hinsichtlich der Kausalitäten als auch dahingehend, ob diese Einflüsse sich nun auf den Wassergehalt oder auf die Gesteinsdichte oder auf beide beziehen.

Der Bericht wäre wesentlich leichter lesbar, wenn die beschriebenen Gesteine auch stratigraphisch eingeordnet würden und nicht nur auf Teufenbereiche verweisen wird. Es findet auch häufig eine Vermischung von genetischen, stratigraphischen und lithologischen Bezeichnungen statt (z.B. BGE (2018), Tabelle 8, Spalte 2).

Die Einteilung der untersuchten Sedimentgesteine in 3 Gruppen (S. 31) lässt eigentlich auch keine eindeutigen Abgrenzungs- bzw. Unterscheidungskriterien erkennen. Es handelt sich der Beschreibung zufolge insgesamt um eine Wechsellagerung mit wechselnden Anteilen klastischer und evaporitischer Lagen. Etwas aussagekräftiger ist Abbildung 8, wobei nicht ersichtlich ist, weshalb Karbonate nicht als Evaporite gerechnet werden. Statt „Summe Evaporite“ hätte man dann besser „Summe Evaporite ohne Karbonate“ schreiben sollen (ungeachtet der ohnehin nicht dargestellten Relevanz der Summenbildung).

Nicht ohne Erläuterungen verständlich ist auch die Bezeichnung „*obere Abschnitt des „Hutgesteins“ (Röt1)*“. Röt 1 ist eine stratigraphische, Hutgestein eine genetische Kategorie. Man kann nur vermuten, dass damit zum Ausdruck gebracht werden soll, dass es sich bei den Residual-Gesteinen in der Hutzone um teilweise umgewandelte Anhydrite des Röt 1 handeln könnte. Weshalb nur in der Hutzone hohe Montmorillonit-Anteile vorliegen, wird nicht näher erörtert.

Der auf Seite 31 ff. auftauchende Begriff der „Wasserempfindlichkeit“, gemessen in Masse-Prozent, wird nicht definiert/erläutert. Es bleibt ungewiss, wie dieser Wert experimentell bestimmt worden ist, auf welche Lösungszusammensetzung er sich beziehen soll, und in welchem Zusammenhang diese Wasserempfindlichkeit eine Rolle spielen könnte. Gleiches gilt für die Bestimmung des „axialen Quelldrucks“.

Die auf Seite 34 zusammengefassten Anforderungen für den Schacht Asse 5 sind nur zum Teil plausibel und lassen im Übrigen die erforderliche wissenschaftliche Präzision hinsichtlich der „Quellfähigkeiten“ vermissen. Soweit es um Risiken aufgrund von Hydratationsreaktionen oder Quellfähigkeiten geht, müssen sowohl die quellbaren Mineralphasen, ihr natürlich vorhandener Hydratations- bzw. Quellzustand sowie die *in situ* vorliegenden bzw. anzunehmenden Lösungszusammensetzungen und Temperaturen betrachtet werden. Soweit das Calciumsulfat bereits als Gips vorliegt, ist eine Volumenzunahme durch Hydratation nicht mehr zu befürchten. Die Aussagen sind anhand geeigneter thermodynamischer Zustandsdiagramme für die relevanten Phasensysteme zu begründen. Die AGO verweist in diesem Zusammenhang auf ihre frühere Stellungnahme vom 25.09.2017 (AGO 2017).

3.2.2 Gesteinsparameter auf Basis der geophysikalischen Bohrlochuntersuchungen Stand BGE:

Die Verfasser schreiben in diesem Kapitel: „Zu den direkten Messungen nach Kalibrierung der Messsonden gehören u.a.

- Die Gesteinsdichte mit Hilfe der Y-Sonde
- Die Porosität mit Hilfe der Neutron-Neutron-Sonde“

Kommentar AGO:

Der Begriff „direkte Messungen“ ist hier falsch, da es sich um indirekte Messverfahren handelt. Die Ergebnisse indirekter Messverfahren erfordern immer eine Interpretation auf Grundlage konkreter Befunde (z. B. empirische Korrelationen, theoretische Modellbetrachtungen):

- Die Gesteinsdichte wird aus dem Verhältnis der emittierten Gamma-Strahlung aus einer Strahlenquelle (Cs-137 oder Co-60) und der sekundären (gestreuten) Gamma-Strahlung aus dem Nebengestein bestimmt. Daher handelt es sich um eine Gamma-Gamma-Sonde, auch als Density-Log bekannt, während das Gamma-Log die natürliche Gammastrahlung des Nebengesteins misst.
- Das Neutron-Log enthält eine Am-241/Be Quelle zur Erzeugung schneller Neutronen, welche besonders von Wasserstoffatomen stark gebremst werden und als langsame Neutronen detektiert werden. Man misst also im Wesentlichen die Menge des (gebundenen) Wasserstoffs im erfassten Volumen des Nebengesteins und zieht unter zahlreichen Annahmen (indirekte) Rückschlüsse auf den Porenraum.

Auf Seite 35 in BGE (2018) heißt es, dass die „Messergebnisse“ der Gesteinsdichten in Abbildung 11 des Berichts dargestellt sind, wobei nicht ersichtlich ist, ob es sich dabei vermutlich um die Ergebnisse der Gamma-Gamma-Messungen handeln dürfte. Im Dichteprofil lassen sich einzelne, anhand deutlicher Sprünge in den Gesteinsdichten unterscheidbare Gebirgsbereiche erkennen. Außerdem sind zahlreiche singuläre Abweichungen zu höheren und geringeren Dichtewerten erkennbar, die im Wesentlichen mit Anhydrit-Horizonten bzw. Auflockerungszonen erklärt werden.

Im Übrigen enthält die Abbildung 11 in BGE (2018) einige Ungereimtheiten, die zwar im Bericht angesprochen, aber nicht aufgelöst werden:

- S. 36: „Dennoch ist die Gesteinsdichte im Teilabschnitt von etwa 160 m bis 257 m im Vergleich zum Abschnitt 270 m bis ca. 395 m um $\Delta\rho \approx 0,5 \text{ g/cm}^3$ höher.“

- S. 37: „Auch der Bereich 874,5 m bis Endteufe unterscheidet sich nach den Ergebnissen der BGR erheblich vom Hangenden /28/. Die Dichte nimmt dort bis zur Endteufe bei 900 m auf $\rho \approx 1,9 \text{ g/cm}^3$ ab. Eine mögliche Ursache könnte eine veränderte Salzvarietät sein /28/.“

In der nachfolgenden Tabelle sind von der AGO verschiedene Mineraldichten (g/cm^3) zum Vergleich aufgelistet worden.

Anhydrit	2,98
Carnallit	1,602
Sylvin	1,987
Halit	2,168
Bischofit	1,59
Polyhalit	2,77

Im Asse-Salinar würden Gesteinsdichten um $1,9 \text{ g/cm}^3$ laut folgendem Rechenbeispiel erhebliche Anteile von Carnallit oder Bischofit im Steinsalz verlangen:

$$1,9 = x \cdot \rho(\text{Carnallit}) + (1-x) \cdot \rho(\text{Halit})$$

$$x = 0,47$$

Das heißt, der Carnallit-Anteil müsste demnach 47 Gew.-% ausmachen, ein Anteil, der jedoch nicht vorhanden (beschrieben) ist.

Der erhebliche Dichtesprung im Deckgebirge und der Trend ab einer Teufe von 780 m in den Steinsalzdichten von rund $2,20 \text{ g/cm}^3$ auf $1,90 \text{ g/cm}^3$ sind nicht plausibel im Einklang mit der erbohrten Lithologie zu erklären und werfen Fragen auf. Hier hätte die AGO eine nähere Erläuterung erwartet.

Ungeachtet der erkannten Probleme mit den Dichtebestimmungen durch das Gamma-Gamma-Log wurden die damit ermittelten Dichtewerte zur Berechnung des dynamischen E-Moduls und Schubmoduls aus den p- und s-Wellengeschwindigkeiten verwendet. Letztere wurden mit Hilfe eines sonic-Logs gemessen. Hier sollte die Zuverlässigkeit des Verfahrens im Bericht näher erläutert werden.

Als Fazit zu den Gesteinsdichten und elastischen Moduli hält die AGO fest, dass die Beschreibung der Gesteinsdichten Lücken aufweist. Es ist nicht erkennbar, welche Dichteangaben mit welchen Methoden bestimmt worden sind. Es ist auch nicht erkennbar, wo es sich um (*in situ*) Gebirgsdichten und wo um Laborwerte von Kernproben handelt, oder ob die Gesteinsproben wassergesättigt, bergfeucht oder trocken waren. Darüber hinaus sind die berichteten Gesteinsdichten bzw. deren Trends nicht mit der beobachteten (beschriebenen) Lithologie vereinbar.

Die ermittelten dynamischen Moduli (Abbildung 12) sind schon aufgrund der hinzugezogenen Dichtewerte ebenfalls nicht als belastbar zu betrachten. Sie zeigen beispielsweise einen gleichverlaufenden Trend zu den Dichtewerten unterhalb 780 m Teufe.

4. Prognose der relativen Standfestigkeit des Gebirges in der Bohrung Remlingen 15

4.1 Deckgebirge einschließlich „Hutgestein“

Stand BGE:

Der Text ab Seite 42 ist im Wesentlichen eine verbale Umschreibung der Abbildung 16, welche eine tiefenabhängige Einschätzung der Standfestigkeit nach Gebirgsklassen (Tabelle 10) darstellt. Die Gebirgsklassen wiederum beruhen auf Erfahrungswerten.

Kommentar AGO:

Kein Kommentar

4.2 Salinar**Stand BGE:**

Hier wird das angetroffene Salinargestein näher erläutert sowie Aussagen zum Kriechverhalten und zur erwarteten Schachtdeformation formuliert.

Kommentar AGO:

Auf S. 44 heißt es im Bericht: „Für Steinsalz mit der ermittelten minimalen einaxialen Druckfestigkeit von $\sigma_c = 30 \text{ MPa}$ und einer angenommenen mittleren Gesteinsdichte aus dem Deckgebirge von $\rho = 0,025 \text{ MPa}$ und im Salinar von $\rho = 0,022 \text{ MPa}$ ergibt sich unter Ansatz einer axialsymmetrischen Spannungsverteilung und einem elastischen Materialverhalten eine Grenzteufe, ab der eine plastifizierte Zone in der Hohlraumkontur zu erwarten ist.“

Gesteinsdichten (ρ) haben die Dimension kg/m^3 , während MPa eine Spannungs- /Druckeinheit ist. Auf S. 45 in den Formalismen bezeichnet Y nicht die Dichte (Masse/Volumen) mit der Dimension $[\text{kg/m}^3]$, sondern die Wichte (Gewichtskraft/Volumen) mit der Dimension $[\text{N/m}^3]$. Weder die Wichte noch die Dichte können in der Dimension MPa (MN/m^2) angegeben werden.

Der eingeführte Index i für den Salzgesteinstyp ist nach Meinung der AGO verzichtbar, bei Verwendung sollte er dann im Text wenigsten immer klein geschrieben werden.

Die Grundaussagen über das Kriechverhalten des Salinars und die erwartete Schachtdeformation scheinen zutreffend zu sein, sollten aber dennoch überprüft werden.

5. Gebirgsspannungen**Stand BGE**

Die Untersuchungen dienen der Ermittlung des Gebirgsspannungs-Tensors im Bereich des geplanten Schachtes 5. Der Verlauf der Vertikalspannung wurde anhand der integrierten Gebirgsdichten berechnet, während die Horizontalkomponenten aus hydraulisch induzierten Rissen (Frac) bestimmt worden sind. Aus der Darstellung in Abbildung 18 ist im Deckgebirge eine ausgeprägte Spannungs-Anisotropie erkennbar. Im Salinar herrschen generell annähernd isotrope Spannungszustände vor, außer in den Anhydritbänken.

Kommentar AGO:

Kein Kommentar

6. Gebirgswässer**6.1 Hydraulische Eigenschaften des Gebirges****Stand BGE:**

Die hydraulischen Packertests dienen zur Untersuchung der Gebirgsdurchlässigkeit und der Formationswasserdrücke in ausgewählten Tiefenabschnitten. Der Gebirgswasserspiegel befindet sich auf ca. +178m NHN (ca. 38 m unter GOK). Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 und Abbildung 19 zusammengefasst.

Kommentar AGO:

Die in Tabelle 12 in BGE (2018) aufgeführten Dichten des Wassers zeigen im Wesentlichen eine nur schwache Mineralisation (deutlich unter 1 % NaCl) im Deckgebirge (Unterer

Muschelkalk bis Röt) oberhalb der Hutzone an, leider ohne Angaben zur Art der Probengewinnung, die ggf. einen Einfluss auf die Aussagekraft der Ergebnisse haben kann. Saline Lösungen werden erst ab der Hutzone berichtet. Diese Befunde aus der Remlingen 15 stehen in einer gewissen Diskrepanz zu dem lokalen Auftreten von Salzwasserquellen und den durch elektromagnetische Befliegungen (BGR (2001), zitiert in GSF (2006)) ermittelten elektrischen Gebirgswiderständen. Sie stehen auch im Widerspruch zu Angaben in Tabelle 16 in BGE (2018).

6.2 Prognose der Gebirgswasser-Zuflüsse zum geplanten Schacht Asse 5

Stand BGE:

Für das Deckgebirge wird ein kommunizierendes, hydraulisches System angenommen, das lokal durch mehr oder weniger wasserstauende Gebirgsschichten (Gebirgsblöcke?) gestört bzw. unterbrochen ist. Die Ausführungen im Bericht gehen zwar im Deckgebirge von relevanten Grundwasserzuflüssen aus, geben aber keine Hinweise auf unlösbare Probleme. Für die Hutzone und insbesondere für das Salinar wird von wasserstauenden Gebirgseigenschaften ausgegangen.

Kommentar AGO:

Die AGO vermisst hier Hinweise bzw. eine vertiefte Auseinandersetzung mit möglichen Verkarstungen im Bereich des Muschelkalks, die vom Schacht angeschnitten werden könnten. Immerhin wird dort mit Gebirgswasserzuflüssen bis 345 m³/d gerechnet (S. 60; Tabelle 15 in BGE (2018)). Zuflüsse dieser Größenordnung stellen besonders dann ein Problem dar, wenn es sich doch um Salzwasser handeln sollte, die nicht in Vorfluter eingeleitet werden können. Zuflüsse in diesen Mengen könnten durch eine vorlaufende Vergütung des Gebirges im Bereich des Muschelkalks durch z. B. Injektionen wahrscheinlich vermieden werden.

Andererseits ist auch die Lage des Grundwasserspiegels zu beachten, der erst in 38 m Tiefe erreicht wird.

Die AGO empfiehlt vor dem Hintergrund der neuen Ergebnisse zur Oberflächengeologie auch eine Verschiebung des Schachtansatzpunktes unter dem Gesichtspunkt der potentiellen Wasserzuflüsse aus dem Muschelkalk zu bewerten.

6.3 Chemismus, Alter und Aggressivität der untersuchten Gebirgswässer in der Bohrung Remlingen 15

Stand BGE:

In diesem Kapitel wird auf die für den geplanten Schacht relevanten chemischen Bestandteile und Eigenschaften der Gebirgswässer Bezug genommen.

Kommentar AGO:

Auch hier werden wiederum Ergebnisse vorgestellt, ohne Angaben über deren Herkunft oder Zuverlässigkeit. Beispielsweise werden Mischalter für Grundwasserproben genannt, ohne Hinweise auf Analyse- und Auswertemethoden. Der Chemismus der Proben wird unvollständig berichtet und es fehlen Angaben zur Probenahmetechnik und deren Zuverlässigkeit. Bezüglich der Betonaggressivität wird nur Sulfat beurteilt, nicht jedoch Magnesium, für das jegliche Angaben fehlen.

7. Festlegung von Homogenabschnitten für den Schacht

Stand BGE:

Im Bericht wird das Gebirge der Bohrung Remlingen 15 in 7 „Gebirgseinheiten“ oder Homogenbereiche unterteilt, in denen sich Kenngrößen gegenüber den angrenzenden

Abschnitten mehr oder weniger deutlich unterscheiden. Eine tabellarische Zusammenschau der für den Schachtbau wichtigen Kenngrößen und Homogenbereiche wird im Anhang 1 von BGE (2018) gegeben.

Kommentar AGO:

Vorbehaltlich der zuvor von der AGO geäußerten Kritikpunkte sind die in den Tabellen 18 bis 24 aus BGE (2018) nochmals charakterisierten Gebirgseinheiten im Wesentlichen nachvollziehbar und als Grundlage für weitere Planungsschritte verwendbar.

8. Bewertung der ermittelten Parameter hinsichtlich der Erstellung eines Schachtes

Stand BGE:

In diesem Kapitel werden die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse hinsichtlich der Anforderungskriterien an die Erstellung eines Schachtes an der untersuchten Lokation bewertet.

Kommentar AGO:

Kein Kommentar

8.1 Teufverfahren

Stand BGE:

Nach verschiedenen Erläuterungen der Vor- und Nachteile von Bohr- und Sprengarbeit, Schachtfräsen und schlagenden Teufverfahren kommt der Bericht zu der Aussage (S. 77):

„Das Gebirge erscheint im geologischen Profil der Bohrung Remlingen 15 überwiegend für das Lösen im Bohr- und Sprengbetrieb geeignet. Aufgrund der geringen Gebirgsfestigkeiten ist in jedem Fall schonendes Sprengen, vor allem im Schachtkonturbereich erforderlich, um die Auflockerungen so gering wie möglich zu halten. In tektonischen Störungsbereichen (Tabelle 4) und Abschnitten mit sehr geringen Gebirgsfestigkeiten sind ggf. alternative Löseverfahren (z.B. manuelle Verfahren) nicht auszuschließen.

Aufgrund der meist steilen Lagerungsverhältnisse und z.T. wasserführenden Gebirgsabschnitte sind in jedem Fall vorausseilende gebirgssichernde und abdichtende Maßnahmen (z.B. Präzementation) und eine von der Teufsohle mitgeführte Gebirgssicherung einzuplanen.“

Kommentar AGO:

Für die AGO ist nunmehr eine Tendenz zugunsten der Bohr- und Sprengarbeit zu erkennen. Eine abschließende Festlegung auf das Teufverfahren, insbesondere für das Salinar, ist damit aber noch nicht getroffen.

8.2 Gebirgssichernde Maßnahmen

Stand BGE:

Als Gebirgsvergütungsmaßnahmen werden das Gefrierverfahren und das Injektionsverfahren vorgestellt und diskutiert. Im Ergebnis wird im Bericht festgestellt (S. 78):

„Anhand der Ergebnisse der Erkundungsbohrung Remlingen 15 kann somit generell festgehalten werden, dass sowohl das Gefrierverfahren mit garantierter Wasserabdichtfunktion beim Teufen als auch das Injektionsverfahren zur Vergütung des Gebirges im Deckgebirge eingesetzt werden können.“

„Im Salinar wurden einzelne Trennflächen lediglich in den Anhydritbänken festgestellt. Da diese Bereiche jedoch keine signifikanten Nachbrüche und auch keine Lösungszuflüsse im Bohrloch gezeigt haben, erscheint hier nach derzeitigem Stand keine Gebirgsvergütung erforderlich zu sein.“

Kommentar AGO:

Die AGO kann sich dieser Einschätzung anschließen.

8.3 Schachtausbau

Stand BGE:

Zunächst wird im Bericht das Thema Gebirgsvergütung behandelt. Folgende wichtige Aussagen sind zu finden:

S. 80: *„Im Rahmen des Sicherheits- und Nachweiskonzeptes wurde der Gleitschachtausbau am Untersuchungsstandort der Bohrung Remlingen 15 zur Schachtauskleidung bis zum Übergang ins Salinar als Schachtausbauvariante festgelegt.“*

S. 81: *„Auf Basis der Analyse der Gebirgsverhältnisse (Klüftung, Gesteinsfestigkeiten, Wasserzutritte) ergibt sich, dass das hierfür benötigte Fundament für den Gleitschachtausbau unterhalb des Deckgebirges im oberen Teil der Salzstruktur mit ausreichendem Sicherheitsabstand zum Salzspiegel platziert werden kann.“*

S. 81: *„Aufgrund vorhandener Inhomogenitäten im Salinar ist jedoch eine Gebirgssicherung im gesamten Salinarbereich des Schachtes wahrscheinlich erforderlich. Nachteilig sind steil stehende Anhydritbänke im Nahbereich der Bohrung ...“*

S. 82: *„Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Erstellung eines Schachtes inklusive Gebirgssicherung und Schachtausbau aus schachtbautechnischer Sicht in dem angetroffenen Gebirge durch geeignete technische Maßnahmen (Teuftechnik, Gebirgsvergütung und Abdichtung gegen Gebirgswässer, Schachtausbau etc.) im Erkundungsbereich der Bohrung Remlingen 15 als machbar bewertet werden kann.“*

Weiter im gleichen Kapitel geht es um die Stoßsicherung während des Teufens. Eine Gebirgssicherung dient zunächst hauptsächlich der Arbeitssicherheit.

Wegen des deutlich anisotropen Spannungszustands im Deckgebirge „kommt es mit zunehmenden Abstand zur Teufsohle durch Spannungsumlagerungen zu ungleichmäßigen Gebirgsverformungen innerhalb des Gebirgstragringes. Dies würde im Fall, dass in diesem Abschnitt eine Ausbauschale eingebracht wird, zu einer ungleichförmigen Belastung über deren Umfang führen. Ein solcher Belastungszustand ist besonders kritisch, da der Beton zu Beginn des Einbringens noch nicht seine Endfestigkeit erreicht hat und somit durch die ungleichmäßige Belastung versagen kann. Deshalb ist es erforderlich, die ungleichförmigen Spannungen durch Erhalt oder Erhöhung der Eigentragfähigkeit des Gebirges in dem Bereich zwischen Schachtsohle und Einbau der gebirgsverbundenen Ausbauschale zu vergleichmäßigen.“

Am vorgesehenen Schachtstandort ist das Auftreten von steilstehenden Schichten sowohl im Deckgebirge als auch im Salinar zu beachten. Weiterhin wurde im Deckgebirge eine Vielzahl von Trennflächen festgestellt. Der Bericht kommt daher zu der Aussage (S. 79): *„Aus diesen Gründen ist für den geplanten Schacht im Deckgebirge eine Stoßsicherung zwingend erforderlich. Wie sich diese zusammensetzt (Anker, Spritzbeton, Bewehrung) sowie deren konzeptionelle Dimensionierung ist Bestandteil der nächsten Planungsschritte.“*

Kommentar AGO:

Die zitierten Kernaussagen von S. 80, 81 und 82 können von der AGO nachvollzogen werden. Dies gilt auch für die darauffolgenden Einschätzungen der BGE bezüglich der erforderlichen Stoßsicherungsmaßnahmen.

Die gebirgsmechanischen Parameter (E-Modul, Verformungsmodul, Zugfestigkeit) werden in Kapitel 3.1 rein deskriptiv abgehandelt, sie sollten aber in Bezug zum Schachtbau weiter bewertet werden.

8.4 Bewertung des Standortes hinsichtlich der Anforderungskriterien

Stand BGE:

Dieses Unterkapitel dreht sich im Wesentlichen um die Abweichungen der neueren Befunde von dem älteren geologischen Modell des Asse-Sattels und die dadurch entstandenen/erkannten Unsicherheiten hinsichtlich der Anbindungsmöglichkeiten des Schachts an das Bergwerk und dem verbleibenden Spielraum für Infrastrukturräume.

Kommentar AGO:

Aufgrund der laufenden Untersuchungen zur Erkundung der geologischen Struktur werden hier keine weiteren Kommentierungen seitens der AGO vorgenommen. Die Ergebnisse bleiben abzuwarten.

Fazit der AGO

Der hier kommentierte Bericht BGE (2018) verspricht im Titel eine *„Zusammenfassende Bewertung der Erkundungsergebnisse Remlingen 15 im Hinblick auf die Anforderungskriterien für den neuen Schacht“* und kann somit als Fortführung des eingangs genannten BGE-Berichts *„Schachtanlage Asse II: Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15“* (BGE 2017) verstanden werden, zu dem die AGO am 15.09.2017 Stellung genommen hat (AGO 2017). Diese Stellungnahme der AGO zum Ergebnisbericht ist offenbar nicht zur Kenntnis genommen worden, denn weder erscheint sie in den Quellenangaben, noch wurde die darin enthaltene Kritik der AGO berücksichtigt.

Der vorgelegte Bericht enthält auch keine Bewertung im Sinne einer kritischen Einschätzung der Richtigkeit und Zuverlässigkeit der bisherigen Ergebnisse und Aussagen, die bereits im „Ergebnisbericht“ (BGE 2017) dargestellt worden sind und hier umfänglich wiederholt werden.

Der Wert des neuen Berichts (BGE 2018) liegt hauptsächlich in der weitergehenden Konkretisierung der planerischen Voraussetzungen für den neuen Schacht Asse 5, indem jetzt (besonders im Anhang 1) abschnittsweise die gegebenen Randbedingungen zusammengefasst worden sind. Passend zu den definierten Gebirgsbereichen werden technische Verfahren und Maßnahmen erörtert.

Unbeschadet und vorbehaltlich der Kritikpunkte der AGO an dem hier befassten Bericht und zum Bericht BGE (2017) in AGO (2017), kann den planerischen Vorstellungen zur Teufung und zum Ausbau des Schachtes Asse 5 soweit gefolgt werden.

Literaturverzeichnis

- AGO (2017): AGO-Stellungnahme zum BGE-Bericht "Schachanlage Asse II: Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15 - Geowissenschaftliche Auswertung der Erkundungsergebnisse zur Bohrung Remlingen 15". ARGE Schacht 5 (Stand: 12.04.2017). Abgestimmte Endfassung vom 25.09.2017.
- BGE (2017): Schachanlage Asse II: Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15 - Geowissenschaftliche Auswertung der Erkundungsergebnisse zur Bohrung Remlingen 15. ARGE Schacht 5 (Stand: 12.04.2017).
- BGE (2018): Schachanlage Asse II - Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Zusammenfassende Bewertung der Erkundungsergebnisse Remlingen 15 im Hinblick auf die Anforderungskriterien für den neuen Schacht“. DMT GmbH & Co. KG, K-UTEC AG Salt Technologies und Thyssen Schachtbau GmbH, Essen (Stand: 05.04.2018).
- BGR (2001): Aerogeophysikalische Untersuchungen über dem Forschungsbergwerk Asse. Technischer Bericht, Karten, Messdaten, Mai 2001.
- GSF (2006): Hydrogeologische Modellvorstellungen (Colenco Bericht 4956/07).