

Kurzstellungnahme zum BfS-Bericht

„Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachtanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens“

**Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig,
Stand: 17.05.2016**

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.
Neumann, W.**

Abgestimmte Endfassung vom 02.03.2018

Inhaltsverzeichnis

0. Veranlassung und Vorgehensweise	2
0.1 Veranlassung	2
0.2 Vorgehensweise	3
0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen	3
1. Anlass und Aufgabenstellung	4
Sachstand BfS/BGE	4
Kommentar AGO	4
2. Bearbeitungsablauf	4
Sachstand BfS/BGE	4
Kommentar AGO	4
3. Beschreibung der Standortsituation	4
Sachstand BfS/BGE	4
Kommentar AGO	4
4. Vorliegende Prognosen bis 2020	4
4.1 Modellbeschreibung und erste Prognoserechnungen mit Versatzdrücken in Höhe des Eigengewichtes	4
Sachstand BfS/BGE	4
Kommentar AGO	5
4.2 Prognoserechnungen bis 2020 mit ansteigenden Versatzdrücken	5
Sachstand BfS/BGE	5
Kommentar AGO	5
5. Numerik, Stoffgesetze und Materialparameter	5
5.1 Berechnungsprogramm FLAC3D	5
Sachstand BfS/BGE	5
Kommentar AGO	5
5.2 Visko-elasto-plastisches Stoffmodell für Salz- und Deckgebirgsgesteine nach MINKLEY (IfG-MINKLEY)	5
Sachstand BfS/BGE	5
Kommentar AGO	5
5.3 Materialparameter	6
Sachstand BfS/BGE	6
Kommentar AGO	6
5.4 Versatzmodell und Versatzparameter	6
Sachstand BfS/BGE	6
Kommentar AGO	7
6. Beschreibung des 3D-Modells	7
6.1 Modellgröße und Symmetrie	7
Sachstand BfS/BGE	7
Kommentar AGO	7
6.2 Modellierte Geologie	7
Sachstand BfS/BGE	7
Kommentar AGO	7
6.3 Grubenhohlräume im gebirgsmechanischen Modell	7
Sachstand BfS/BGE	7
Kommentar AGO	7
6.4 Hydraulische Annahmen im Deckgebirge	8
Sachstand BfS/BGE	8
Kommentar AGO	8
7. Berechnung des Grundspannungszustandes	8
7.1 Allgemeine Ausführungen zur Berechnung des Grundspannungszustandes	8
Sachstand BfS/BGE	8
Kommentar AGO	8
7.2 Berechneter Grundspannungszustand im gebirgsmechanischen 3D-Modell	8
Sachstand BfS/BGE	8

Kommentar AGO	8
8. Gebirgsmechanische Analysen des großräumigen Systemverhaltens und Prognose.....	8
8.1 Auffahrung des Grubengebäudes im gebirgsmechanischen Modell	8
Sachstand BfS/BGE.....	8
Kommentar AGO	9
8.2 Modellierung der Bruchprozesse in den Schweben.....	9
Sachstand BfS/BGE.....	9
Kommentar AGO	9
8.3 Umgang mit Ungewissheiten.....	9
Sachstand BfS/BGE.....	9
Kommentar AGO	9
8.4 Darstellung der berechneten Verschiebungen, Spannungen und gebirgsmechanischen Schädigungen und Vergleich mit den Daten der Standortüberwachung	9
8.4.1 Konturverschiebungen und Pfeilerstauchungen bis zur Gegenwart	9
Sachstand BfS/BGE.....	9
Kommentar AGO	10
8.4.2 Berücksichtigung der bergbaulichen Variabilität bei der Firstspaltverfüllung	10
Sachstand BfS/BGE.....	10
Kommentar AGO	10
8.4.3 Darstellung ausgewählter Spannungszustände und Bewertung.....	10
Sachstand BfS/BGE.....	10
Kommentar AGO	10
8.4.4 Berechnung typischer und gebirgsmechanisch exponierter Schädigungsbereiche	10
Sachstand BfS/BGE.....	10
Kommentar AGO	10
8.5 Prognose der weiteren Systementwicklung und Interpretation der zugrunde liegenden Wechselwirkungen.....	11
Sachstand BfS/BGE.....	11
Kommentar AGO	11
9. Analyse lokaler gebirgsmechanischer Problemstellungen	11
Sachstand BfS/BGE.....	11
Kommentar AGO	11
10. Zusammenfassungen und Empfehlungen	12
Sachstand BfS/BGE.....	12
Kommentar AGO	12
Fazit der AGO	12
Literaturverzeichnis	13

0. Veranlassung und Vorgehensweise

0.1 Veranlassung

Auf der Homepage des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), das bis 25.04.2017 die Betreiberaufgaben für die Schachanlage Asse II inne hatte (die mittlerweile an die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) übertragen wurden), wurde der Bericht des Instituts für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig mit dem Titel: „Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens“ als BfS-Unterlage veröffentlicht (BfS 2016).

In der Sitzung 12/2017 der AGO am 12.12.2017 in Salzgitter 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 (BfS 2016). Die Kurzstellungnahme folgt in der Kapitelnummerierung für die Kapitel 1 bis 10 dem Bericht des BfS. Die AGO hat über einen Entwurf der Stellungnahme auf ihren Sitzungen 01/2018 am 23.01.2018 in Hannover und 02/2018 am 21.02.2018 in Göttingen beraten. In der letztgenannten Sitzung konnte zudem noch mit den Koautoren der Studie, den Herren Dr. Kamlot und Dr. Günther vom Institut für Gebirgsmechanik (IfG) GmbH aus Leipzig diskutiert werden, die dafür dankenswerterweise zur Verfügung standen.

Im Nachgang zur letzten Sitzung wurde die Stellungnahme dann per E-Mail am 02.03.2018 abgestimmt.

0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen

Die vorliegende Kurzstellungnahme der AGO bezieht sich auf den Bericht des Instituts für Gebirgsmechanik GmbH (IfG) Leipzig (BfS 2016) und die in der Sitzung 02/2018 erläuterten Ausführungen der IfG-Vertreter (AGO 2018).

1. Anlass und Aufgabenstellung

Sachstand BfS/BGE

Der Bericht BfS (2016) schreibt die im März 2009 vom IfG vorgelegte „Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf der Basis von Standortdaten sowie 3D-Modellrechnungen“ (IfG 2009) fort. Es liegt jetzt ein 3D-Rechenmodell des halben Bergwerkes vor, mit dem die Tragwirkung der Pfeiler und Bergfesten im Bergwerk sowie der Baufeldränder simuliert werden kann. Als Fazit stellen die Autoren fest: *„... dass mit dem neuem 3D-Modell großräumig ein besseres Systemverständnis vorliegt. Da aber bei einer gebirgsmechanischen Zustandsanalyse eine ausschließliche Darstellung der großräumigen Stützwirkung aus der Versatzkompaktion in den verfüllten Abbauen unzureichend ist und die gegenwärtigen lokalen Standsicherheitsprobleme in den noch unversetzten Hohlräumen nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, wurde das Modell auch diskretisiert für ausgewählte lokale Stabilitätsbewertungen bzw. bei Bedarf wurden weitere Submodelle aufgebaut.“*

Kommentar AGO

Nach Auffassung der AGO ist die Fortschreibung und Weiterentwicklung der gebirgsmechanischen Zustandsanalyse und der damit zusammenhängenden numerischen Modelle und Prognosen eine grundlegende Voraussetzung für das Systemverständnis beim weiteren Offenhaltungsbetrieb, sowie für alle Maßnahmen der Notfallvorsorge und der Rückholung. Durch die Weiterentwicklung des „3D-Streifen-Modells“ zu dem „Halben-Bergwerk-Modell“ wird die Realitätsnähe verbessert. Mit dem neuen Modell wird auf Grundlage aktualisierter Beobachtungsdaten auch der zeitliche Prognose-Horizont von zuvor 2014, später 2020, jetzt auf 2026 fortgeschrieben und somit eine Grundlage für weitere Planungen geschaffen.

Der im Fazit der BfS-Unterlage geschilderten Umgangsweise kann grundsätzlich zugestimmt werden.

2. Bearbeitungsablauf

Sachstand BfS/BGE

In diesem Kapitel erläutert und begründet das IfG, als Vorschau auf folgende Kapitel, seine Vorgehensweise zur Erfüllung des Auftrags.

Kommentar AGO

Kein Kommentar

3. Beschreibung der Standortsituation

Sachstand BfS/BGE

Hier wird verbal das Zustandekommen und der Zustand des Tragsystems der SchachanlageASSE II beschrieben.

Kommentar AGO

Aus Sicht der AGO ist die Darstellung des bereits vielfach beschriebenen und hinlänglich bekannten Zustands zutreffend.

4. Vorliegende Prognosen bis 2020

4.1 Modellbeschreibung und erste Prognoserechnungen mit Versatzdrücken in Höhe des Eigengewichtes

Sachstand BfS/BGE

In diesem Unterkapitel wird das im März 2009 vom IfG vorgelegte Rechenmodell, welches einen querschlägigen 3D-Streifen in der Mitte des Abbaufeldes der Südflanke repräsentiert,

rekapituliert. Das Streifenmodell war bereits in der Lage, die Ergebnisse der Standortüberwachung nachzubilden und wurde daher auch für eine Prognose der weiteren Entwicklung bis 2020 verwendet.

Wegen des konservativ angesetzten Versatzdrucks traten in Prognoserechnungen ab 2014 zunehmende Tragfähigkeitsverluste mit einer Erhöhung der Deckgebirgsverschiebungsraten auf. Diese wurden damals nicht als „Zusammenbruch“ der Südflanke interpretiert, sondern als Ende des gebirgsmechanisch zulässigen Prognosezeitraumes.

Kommentar AGO

Kein Kommentar.

4.2 Prognoserechnungen bis 2020 mit ansteigenden Versatzdrücken

Sachstand BfS/BGE

Ab 2005/2006 wurden deutliche, jedoch un stetig steigende Versatzdrücke beobachtet, die in der gebirgsmechanischen Zustandsanalyse und Prognose im Jahr 2009 zu berücksichtigen waren. Wegen der Unstetigkeit wurden ersatzweise die in Laborversuchen ermittelten Versatzdruckkurven zur Modellierung verwendet. Auch die mechanischen Konsequenzen verfüllter Firstspalte wurden in konservativer Weise im verbesserten 3D-Streifenmodell einbezogen. Im Tiefenabschnitt von 700 m bis 750 m wurde aufgrund verbreiteter Laugenvorkommen ein Feuchtekriechen ins Modell aufgenommen, wodurch die Prognoserechnungen eine Bandbreite aufweisen. Durch das modifizierte 3D-Streifenmodell, das die sich aufbauenden Versatzdrücke berücksichtigt, konnte für einen Prognosezeitraum bis 2020 eine Resttragfähigkeit ausgewiesen werden.

Kommentar AGO

Nach Beurteilung der AGO ist durch die Berücksichtigung weiterer Details eine größere Aussagekraft des 3D-Streifenmodells erreicht worden. Die Berücksichtigung neuer Entwicklungen in dem 3D-Streifenmodell führen zu einer Erweiterung des Prognosehorizonts.

5. Numerik, Stoffgesetze und Materialparameter

5.1 Berechnungsprogramm FLAC3D

Sachstand BfS/BGE

Der Bericht beschreibt an dieser Stelle in groben Zügen das Berechnungsprogramm für die angestellten Modellrechnungen.

Kommentar AGO

Kein Kommentar der AGO.

5.2 Visko-elasto-plastisches Stoffmodell für Salz- und Deckgebirgs-gesteine nach MINKLEY (IfG-MINKLEY)

Sachstand BfS/BGE

Hier wird das vom IfG verwendete mechanische Stoffmodell für das komplexe nichtlineare Spannungs-Verformungs-Verhalten der Gesteine (bzw. der Homogenbereiche des Modells) ausführlich erörtert.

Kommentar AGO

Die Ausführungen beschreiben den Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich des Stoffmodells nach MINKLEY. In Anbetracht der guten Beschreibung der empirischen Beobachtungsdaten durch das Modell ist die AGO nach heutigem Kenntnisstand überzeugt, dass das verwendete Stoffmodell das Verformungsverhalten angemessen beschreibt.

5.3 Materialparameter

Sachstand BfS/BGE

Im Unterkapitel 5.3 erfolgt eine Beschreibung des Festigkeits- und Kriechverhaltens von experimentell untersuchten Salzgesteins-Typen aus der Schachanlage Asse II und den daraus gewonnenen standortspezifischen Stoffmodellparametern. Die Stoffmodelle für die verschiedenen Gesteinstypen sind entsprechend einem fortgeschrittenen salzmechanischen Verständnis angepasst worden. Ebenso ist gegenüber früheren Modellrechnungen die Festigkeitsbeschreibung für das Deck- und Nebengebirge durch Verwendung eines visko-elasto-plastischen Stoffmodells weiter verbessert worden.

Anders als bisher werden im Bereich der Südflanke nun auch Anhydritschollen, die Anhydritmittel, sowie der Rote Salton explizit berücksichtigt.

In den gesteinspezifischen Unterkapiteln werden die Modellierungsansätze erklärt und begründet sowie die Verbesserungen im Einzelnen erörtert.

Kommentar AGO

Die AGO sieht in der Beschreibung des Materialverhaltens einschließlich des Feuchtekrechens eine wesentliche Fortentwicklung gegenüber früheren Berechnungsansätzen.

Für den Absatz im Bericht auf Seite 38, „In [6] wurde der Einfluss einer NaCl-Lösung auf das Festigkeits- und Dilatanzverhalten von Steinsalz (Schachanlage Asse II) analysiert. Dazu wurden Laborversuche mit trockenen und befeuchteten Steinsalz-Prüfkörpern durchgeführt. Zusätzlich erfolgten auch numerische Nachrechnungen der Laborversuche, bei denen die gleichen Stoffmodellparameter wie in Tabelle 5.1 verwendet wurden. Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen war der Nachweis, dass die für In-situ-Deformationsraten abgeleiteten Stoffmodellparameter ausreichend konservativ festgelegt sind, um auch die systematisch niedrigere Festigkeit, die mit NaCl-Lösung getränktes Steinsalz aufweist, zutreffend abzubilden“, wurde festgestellt, dass zusätzliche Erläuterungen hilfreich wären, da die Begrifflichkeiten z. T. missverständlich oder nicht eindeutig sind (z. B. „befeuchtetes / getränktes Steinsalz“, „feuchtes Steinsalz (ungeschädigt)“).

Auf diese Begrifflichkeiten und die Versuche mit befeuchteten Steinsalzprüfkörpern wurde schließlich in der AGO-Sitzung 02/2018 von den IfG-Vertretern eingegangen (AGO 2018). Der Versuchsablauf für die triaxialen Festigkeitsversuche wie das Zuführen von Salzlösung auf die Prüfkörper, die Druckbeaufschlagung, die dadurch verursachte Mikrorissbildung und das Eindringen von Salzlösung wurden dabei näher erläutert. Auch die dadurch hervorgerufenen Festigkeits- und Dilatanzänderungen wurden illustriert. Es wurde außerdem darauf hingewiesen, dass die Prüfkörper für die Kriechversuche an befeuchtetem Steinsalz auf dieselbe Weise vorbereitet wurden.

5.4 Versatzmodell und Versatzparameter

Sachstand BfS/BGE

Die Verformung von Versatzmassen zeigt ein elasto-plastisches Verhalten, welches einen anderen Modellansatz erfordert. Es ist zu unterscheiden zwischen den Phasen, in denen der Versatz noch in Resthohlräume ausweichen kann und Phasen, in denen er allseitig eingespannt ist und zunehmend Druckkräfte aufnehmen kann. Der Zusammenhang zwischen Volumenkompaktion und Versatzdruck wurde im Labor anhand von Ödometerversuchen bestimmt. In der Schachanlage Asse II wird bei den Versatzmaterialien zwischen Rückstandsmaterial aus der Kalisalz-Aufbereitung in den Abbaukammern im Carnallit-Baufeld, Eigenversatz aus den Auffahrungen der Versuchsfelder und Fremdversatz von der Halde Ronnenberg (Blasversatz) im überwiegenden Teil der Steinsalzabbau an der Südflanke unterschieden. Das Verhalten von Eigen- und Altversatz ist ähnlich, daher wird nur zwischen dem Verhalten von Eigen- bzw. Altversatz sowie Fremdversatz unterschieden.

Kommentar AGO

Die AGO hält die beschriebene Vorgehensweise für angemessen.

6. Beschreibung des 3D-Modells

6.1 Modellgröße und Symmetrie

Sachstand BfS/BGE

Hier wird erläutert, dass das neue Modell die westliche Hälfte des Bergwerks geometrisch nachbildet, wegen der komplizierten Lagerungsverhältnisse in querschlägiger Richtung aber weit nach SSW und NNE ins Umland ausgedehnt werden muss, um den Grundspannungszustand berechnen zu können. Der SE-Rand des Modells entspricht grob einer Symmetrieebene, sodass großräumige Wechselwirkungen im Tragsystem spiegeltbildlich interpretierbar sind. Das gilt aber nicht für detailliertere Betrachtungen.

Kommentar AGO

Die aus Gründen der Recheneffizienz notwendige Beschränkung auf eine Bergwerkshälfte ist aus Sicht der AGO ein angemessener Kompromiss.

6.2 Modellierte Geologie

Sachstand BfS/BGE

Die vom IfG im Modell implementierte geologische Situation basiert auf dem geologischen Vertikalschnitt 2, der im Wesentlichen in streichender Richtung extrapoliert wird. Ausgenommen von diesem generalisierten Vorgehen sind das Kalilager, die Anhydritmittel und die Anhydritschollen.

Kommentar AGO

In Anbetracht des Untersuchungsziels (Analyse und Prognose des Konvergenz- und Stabilitätsverhaltens) hält die AGO die Beschreibung der Geologie im Modell für angemessen.

6.3 Grubenhohlräume im gebirgsmechanischen Modell

Sachstand BfS/BGE

In diesem Unterkapitel wird beschrieben, in welcher Form die ausgebrochenen Grubenhohlräume im Rechenmodell berücksichtigt wurden und welche (vereinfachenden) Annahmen getroffen worden sind.

Kommentar AGO

Aus Sicht der AGO ist die numerische Diskretisierung der Hohlräume plausibel und die getroffenen Annahmen sind angesichts der erforderlichen Ausschöpfung von Recheneffizienz-Potentialen vertretbar. Eine Abschätzung der Auswirkungen der wichtigsten Vereinfachungen (z. B. Kammerwölbung, individuelle Kammerdimensionen, sonstige Strecken) könnte eine sinnvolle Ergänzung sein.

Z. B. rücken die Abbaufelder (750-m-Sohle) von der Symmetrieebene aus nach Osten immer näher zusammen und treffen sich am Ostrand des Grubengebäudes, während am Westrand über 300 m Gebirge zwischen den Abbauen im jüngeren Steinsalz und den Kaliabbauen liegen. Streng genommen führt dies nach Ansicht der AGO zu Einschränkungen bei der Beurteilung lokaler Effekte.

Die IfG-Vertreter haben auf der Sitzung erläutert, dass die Aussagen des Modells nur für einen größeren Gebirgsbereich der Schachanlage anwendbar sind und die zeitlichen Entwicklungen für beide Seiten des Bergwerkes berücksichtigt worden sind. Es wurden vereinfachende Annahmen zur Ausnutzung der Symmetrie bezüglich der Geometrie des Grubengebäudes,

den geologischen Gegebenheiten und der Auffahrungshistorie erläutert. Auch diese Annahmen betrachtet die AGO vor dem Hintergrund der Recheneffizienz als angemessen.

6.4 Hydraulische Annahmen im Deckgebirge

Sachstand BfS/BGE

In diesem Unterkapitel erörtert das IfG die Wirkung der Wasserführung des Gebirges auf die modellierte Gebirgsmechanik. Es wird tiefenabhängig mit Dichten von 1.000 bzw 1.200 kg/m³ für das im Poren- und Trennflächenraum befindliche anwesende (saline) Grundwasser gerechnet. Das IfG gibt in einer Fußnote folgenden Hinweis: „Die vom IfG verwendeten Lösungsdrücke sind sinngemäß als mittlere „Bergwasserdrücke“ im Rahmen der Festigkeitsbeschreibung nach dem Effektivspannungskonzept zu verstehen.“

Kommentar AGO

Der Sinn dieser Fußnote und die damit zusammenhängenden Erläuterungen im Bericht waren für die AGO nicht nachvollziehbar.

Die IfG-Vertreter haben jedoch während der Diskussion in der AGO-Sitzung das Konzept der hydraulischen Wirkfaktoren erläutert. Dabei handelt es sich um einen hypothetischen Wert, durch welchen die gebirgsmechanische Wirksamkeit des tiefenabhängigen Porenwasserdrucks berücksichtigt wird. Die AGO sieht darin eine praktikable Herangehensweise.

7. Berechnung des Grundspannungszustandes

7.1 Allgemeine Ausführungen zur Berechnung des Grundspannungszustandes

Sachstand BfS/BGE

Die Autoren beschreiben hier das Zustandekommen des vorbergbaulichen Gebirgsspannungszustands aufgrund von geologischen Strukturen und Gesteinsdichten, wobei ein zeitlich unveränderliches System angenommen wird, d.h. langfristige geologische Entwicklungen werden vernachlässigt.

Kommentar AGO

Diese Vorgehensweise ist Standard und wird von der AGO befürwortet.

7.2 Berechneter Grundspannungszustand im gebirgsmechanischen 3D-Modell

Sachstand BfS/BGE

In diesem Unterkapitel beschreiben die Verfasser (auch anhand der Anlagen 7.1 bis 7.4) den berechneten Grundspannungszustand und interpretieren diesen geologisch hinsichtlich der Halokinese wie auch bezüglich möglicher hydraulisch aktiver Schwächezonen im Deckgebirge.

Kommentar AGO

Die Berechnungsergebnisse und Interpretationen sind für die AGO plausibel.

8. Gebirgsmechanische Analysen des großräumigen Systemverhaltens und Prognose

8.1 Auffahrung des Grubengebäudes im gebirgsmechanischen Modell

Sachstand BfS/BGE

Ausgehend von dem zuvor berechneten Grundspannungszustand modellieren die Autoren im nächsten Schritt den Einfluss der bergmännischen Auffahrungen und Verfüllmaßnahmen in der Schachanlage entsprechend ihrer Chronologie.

Kommentar AGO

Die AGO hat im Bericht eine (wenigstens qualitative) Diskussion vermisst, inwieweit sich das Bild bei Mitbetrachtung der östlichen Bergwerkshälfte eventuell ändern könnte. Dies wurde jedoch ebenfalls von den IfG-Vertretern in der Sitzung 02/2018 zur Zufriedenheit der AGO erläutert (siehe Kap. 6.3, Kommentar AGO).

8.2 Modellierung der Bruchprozesse in den Schweben

Sachstand BfS/BGE

Hier werden Verbesserungen gegenüber früheren Modellansätzen erläutert, die eine bessere Berechnung verbrochener Schweben und der Wirkung von eingebrachtem Versatz oder Sorelbeton ermöglichen. Außerdem wird jetzt auch das Gewicht der Versatzmassen berücksichtigt.

Kommentar AGO

Die AGO hält die durchgeführten Verbesserungen für wichtig und notwendig und verspricht sich davon eine größere Realitätsnähe.

8.3 Umgang mit Ungewissheiten

Sachstand BfS/BGE

Die Autoren weisen hier darauf hin, dass es entscheidend ist, die in situ beobachtete Entfestigung (bzw. das bruchhafte Versagen) von Schweben und Pfeilern mit kontinuumsmechanischen Methoden phänomenologisch adäquat zu simulieren. Die möglichst genaue Übereinstimmung mit der zeitlichen Entwicklung der Deckgebirgsverschiebungen wurde durch die Anpassung des Schwebenverhaltens (vgl. Anhang 8.2) erreicht, wozu eine Vielzahl von Variantenrechnungen erforderlich war. Die Modellierung besitzt demzufolge den Charakter einer deterministischen Berechnung mit einem qualifizierten Datensatz. Auf Seite 80 heißt es dazu: *Aus den genannten Gründen werden im Folgenden Verschiebungen, Spannungen und gebirgsmechanische Beanspruchungszustände dargestellt und diskutiert, die aus dem am besten mit der Realität übereinstimmenden Rechenfall stammen. Im Rahmen der Prognoserechnungen werden nur ausgewählte Entwicklungen simuliert, die sich jetzt schon andeuten bzw. vom Grubenbetrieb beeinflussbar sind.*

Kommentar AGO

Die AGO begrüßt diese offene Haltung der Verfasser zu den schwierig zu treffenden Entscheidungen bei der Modellbildung und Anpassung.

8.4 Darstellung der berechneten Verschiebungen, Spannungen und gebirgsmechanischen Schädigungen und Vergleich mit den Daten der Standortüberwachung

8.4.1 Konturverschiebungen und Pfeilerstauchungen bis zur Gegenwart

Sachstand BfS/BGE

Hier erläutern die Autoren anhand von Beispielen aus der Gebirgsbeobachtung von degressiven Pfeilerstauchungsraten und Konturverschiebungen, dass diese nun aufgrund von Verbesserungen des Modells gut nachgebildet werden können. Zugleich wird darauf hingewiesen, dass teilweise auch gegenläufige gebirgsmechanische Entwicklungen stattfinden und es wird auf den engen Zusammenhang zwischen Deckgebirgsbewegungen und Konvergenzerscheinungen hingewiesen. Die Verfüllmaßnahmen wirken zwar offensichtlich, haben aber noch nicht zu einer nachhaltigen Stabilisierung des Abbaufeldes geführt.

Kommentar AGO

Die AGO kann die Einschätzungen des IfG nachvollziehen und sieht die enge Interaktion zwischen dem bruchhaften Versagen des Tragsystems in der Südflanke und der hohen Reaktivität des Deckgebirges ebenso. Auch das weiterhin bestehende latente Risiko des Aufreißens neuer Grundwasserwegsamkeiten wird von der AGO ebenso gesehen.

8.4.2 Berücksichtigung der bergbaulichen Variabilität bei der Firstspaltverfüllung

Sachstand BfS/BGE

Die Autoren haben spezielle Betrachtungen für die Firstspaltverfüllungen mit unterschiedlichen Sorelbeton-Steifigkeiten durchgeführt. Die Unterschiede sind gering. Es wird empfohlen, für die noch ausstehenden Firstspaltverfüllungen die Abbaue im Baufeldzentrum prioritär in Angriff zu nehmen.

Kommentar AGO

Die AGO schließt sich dieser Empfehlung an.

8.4.3 Darstellung ausgewählter Spannungszustände und Bewertung

Sachstand BfS/BGE

Im Abschnitt 8.4.3 werden detaillierte Darstellungen zu ausgewählten Spannungszuständen präsentiert. Speziell im Anhang 8.45 wird dargestellt, wie das Minimalspannungskriterium ($MSK = \sigma_{\min}/p_{\text{Lösung}}$) ausgewertet worden ist. Nach der angegebenen Definition wären dann in allen Bereichen mit $MSK < 1,0$ hydraulische Rissbildungen möglich, also fast überall, auch in großen Teilen des Deckgebirges.

Kommentar AGO

Die AGO kommentiert hier nicht alle Darstellungen im Detail. Jedoch wirft die Darstellung in Anhang 8.45 erneut die Frage nach der Bedeutung von „ $p_{\text{Lösung}}$ “ im IfG-Modell auf, die möglicherweise nicht einfach dem hydrostatischen Druck in der jeweiligen Tiefe entspricht (siehe hierzu auch AGO-Kommentar zu Kap. 6.4, Stichwort „Wirkfaktor“).

8.4.4 Berechnung typischer und gebirgsmechanisch exponierter Schädigungsbereiche

Sachstand BfS/BGE

In diesem Abschnitt vergleichen die Verfasser die Aussagen des Rechenmodells mit physischen Schadensbildern im Bergwerk (gebrochene Schweben, Scherbändern in den Pfeilern und im Deckgebirge). Anhand zahlreicher Anhänge, im Wesentlichen 8.46 bis 8.57, werden die relevanten Befunde bildlich dargestellt.

Kommentar AGO

Aus Sicht der AGO besonders hervorzuheben sind:

- Anhang 8.46 zeigt die errechneten Verformungen ($\epsilon = \Delta/l$), wobei rot Verformungen von 20% entspricht. Diese hohen Werte werden besonders in der Baufeldmitte in weiten Bereichen erreicht, während für die Abbaue im Na3 auf der 750-m-Sohle deutlich geringere Verformungen zu verzeichnen sind. Für die AGO nicht ohne weiteres plausibel sind die hohen Verformungen entlang des Hauptquerschlags nach Süden (750-m-Sohle). Hierzu wurde von den IfG-Vertretern in der Sitzung erläutert, dass dies auch an der höheren Auflösung der Diskretisierung an der Hohlraumkontur liegt.
- In den Anhängen 8.48 und 8.49 sind die errechneten Verformungen auch im Deckgebirge dargestellt. Die Hauptverformungszonen folgen zwar deterministisch vorgegebenen Schwächezonen entlang von im geologischen Modell angenommenen

Störungen (Risswerk), sind aber zum Teil auch durch mikroseismische Cluster begründbar. (Eine zeitnahe 3D-seismische Überprüfung dieser Störungen wäre äußerst wichtig und sollte vom Betreiber zeitnah umgesetzt werden.) Für die AGO entsteht das Bild einer keilförmigen plastischen Grabenscholle, die relativ zu den Grabenschultern einsinkt und in das nachgiebige Na₃-Steinsalzabbaufeld hineindrückt. Es wäre wahrscheinlich aufschlussreich, besonders im Hinblick auf die Lösungszutritte aus dem Deckgebirge, die gebirgsmechanischen Reaktionen innerhalb dieser (lithologisch weiter zu diskretisierenden) Grabenscholle näher zu betrachten und das Modell mit den gemessenen Oberflächensenkungen und Verlagerungen des Südstoßes des Na₃-Abbaufeldes als Randbedingungen zu koppeln.

- Für die Abbildungen 8.52 und 8.53 ist nicht ersichtlich, inwieweit die Befunde aus den Querstörungsflächen heraus in y-Richtung (Sattelachse) extrapolierbar und inwieweit sie deterministisch vorgeprägt sind.
- Die Aussage der Autoren im Bericht auf Seite 100: *„Die Anhänge 8.56 und 8.57 präsentieren exemplarisch die im Deckgebirge initiierten Deckgebirgslösungsdrücke zur Simulation der in situ gemessenen Südstoßverschiebung entsprechend des im Kapitel 6.4 erläuterten hydraulisch/mechanisch gekoppelten Festigkeitskonzeptes.“* waren für die AGO zunächst unklar, wurden aber ebenfalls in der Sitzung 02/2018 von den IfG-Vertretern nachvollziehbar erläutert (siehe Kommentar der AGO in Kap. 6.4, Stichwort „Wirkfaktor“).

8.5 Prognose der weiteren Systementwicklung und Interpretation der zugrunde liegenden Wechselwirkungen

Sachstand BfS/BGE

In diesem Unterkapitel beschreiben die Verfasser die Ausnutzung des an die bisherigen gemessenen Stauchungsraten angepassten Modells für eine weitere Prognose über einen Zeitraum von 10 Jahren. Auch die Auswirkungen weiterer Firstspaltverfüllungen mit unterschiedlichen Sorelbeton-Rezepturen und einer nicht ausschließbaren Ausbreitung von Salzlösung im Grubengebäude sowie eines verstärkten Feuchtekriechens werden in unterschiedlichen Szenarien explizit betrachtet. Berechnungs- bzw. Prognoseergebnisse sind in den Anhängen 4.2 bis 4.5 sowie 8.58 bis 8.62 bildlich dargestellt.

Kommentar AGO

Die AGO entnimmt den Darstellungen, dass insbesondere eine Durchfeuchtung (gemäß Anhang 4.2) des Bereichs in 700 m bis 765 m Teufe sehr negative Auswirkungen auf die Verformungsraten (und, von der AGO impliziert, auf die Standsicherheit) haben kann. Durch das Feuchtekriechen können die Erfolge der Versatzmaßnahmen und der Firstspaltverfüllungen wieder zunichtegemacht werden (Vgl. Anhänge 4.3 bis 4.5; 8.61, 8.62). Die AGO sieht sich hierdurch in ihren früheren Aussagen bestätigt (AGO 2014b und 2014c).

9. Analyse lokaler gebirgsmechanischer Problemstellungen

Sachstand BfS/BGE

In diesem Kapitel 9 richten die Autoren den Blick verstärkt auf lokale gebirgsmechanische Probleme, insbesondere in weiterhin offen gehaltenen Hohlräumen. Dabei geht es hauptsächlich um betriebliche Sicherheitsaspekte.

Kommentar AGO

Die AGO verzichtet darauf, alle Lokalisationen im Einzelnen zu kommentieren.

Die in Unterkapitel 9.2 (Gebirgsmechanische Prozesse in den Abbauen 3 und 4 der 490-m-Sohle) für die einzelnen Bereiche ausgesprochenen Handlungsempfehlungen (die teilweise auf Empfehlungen der Asse-GmbH zurückgehen) werden von der AGO als plausibel angesehen und unterstützt.

Die im Unterkapitel 9.3 (Bewertung von Firstproblemen in der Wendel von der 725-m- zur 775-m-Sohle) erörterten Zustände sind länger bekannt und die empfohlenen Maßnahmen für den Wendelbereich sind bereits umgesetzt und wurden in einer früheren Stellungnahme der AGO (AGO 2014a) befürwortet.

Zur Thematik in Unterkapitel 9.4 (Gebirgsmechanische Bewertung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle) wurde seitens der AGO bereits umfänglich Stellung bezogen (AGO 2016a und 2016b), nicht nur aus gebirgsmechanischer Sicht. Die vom IfG genannten gebirgsmechanischen Argumente für eine Verfüllung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle (2sRnW750) sind zwar weitgehend nachvollziehbar, müssen aber gegen andere Aspekte (z. B. möglicher Lösungsaufstau in Einlagerungskammern, Durchfeuchtung des Gebirges, Korrosion der Gebinde, Kontaminationsausbreitung, etc.) abgewogen werden.

Diese Abwägung ist von BfS/BGE zugunsten einer Verfüllung der 2sRnW750 entschieden worden. Nachdem inzwischen die Ausbetonierung der 2sRnW750 vorgenommen worden ist, ist nicht auszuschließen, dass für die Rückholung teilweise von verschlechterten Randbedingungen ausgegangen werden muss.

10. Zusammenfassungen und Empfehlungen

Sachstand BfS/BGE

In diesem Kapitel wird noch einmal die Standortsituation kurz beschrieben und es werden Bewertungsgrundlagen wie Rechencode und -modell sowie Stoffgesetze zusammengefasst. Die aus den großräumigen gebirgsmechanischen Prozessen abgeleiteten Empfehlungen und die Prognose für den weiteren Offenhaltungsbetrieb werden erläutert. Es wird darauf hingewiesen, dass bis zum Beginn der Rückholung die vom Betreiber dargelegten Maßnahmen der Notfallplanung in ihrer Gesamtheit unbedingt umgesetzt werden müssen.

Kommentar AGO

Die Zusammenfassung bringt keine neuen Gesichtspunkte und braucht daher nicht kommentiert werden.

Fazit der AGO

Die AGO begrüßt die Aktualisierung der gebirgsmechanischen Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachanlage Asse II sowie die Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens in der Unterlage (BfS 2016). Diese neue Analyse des Instituts für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig (IfG) geht über die Zustandsanalyse (IfG 2009) hinaus und führt zu deutlichen Verbesserungen der Prognosen. Die AGO hält die vom IfG gewählte Vorgehensweise für angemessen. Der im Bericht geschilderten Umgangsweise mit der Thematik kann grundsätzlich zugestimmt werden.

Die Ausführungen zum verwendeten Stoffmodell entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik und in Anbetracht der guten Beschreibung der empirischen Beobachtungsdaten durch das Modell ist die AGO überzeugt, dass das verwendete Stoffmodell das Verformungsverhalten nach heutigem Kenntnisstand angemessen wiedergibt.

Der jetzt erfolgte Übergang vom 3D-Streifenmodell zu einem 3D-Modell der westlichen Bergwerkshälfte unter Ansatz bzw. Annahme der Symmetrie bzgl. der Geometrie des Grubengebäudes, der Geologie und der Auffahrungshistorie wird von der AGO begrüßt. Sie sieht in den Verbesserungen bei der Beschreibung des Materialverhaltens einschließlich der Berücksichtigung des Feuchtekriehens oder bei der Modellierung der Bruchprozesse in den Schweben eine wesentliche Fortentwicklung gegenüber früheren Berechnungsansätzen und verspricht sich eine größere Realitätsnähe. Die AGO begrüßt ebenfalls die offene Haltung der Autoren zu den schwierig zu treffenden Entscheidungen bei der Modellbildung und Anpassung.

Die AGO gibt jedoch zu bedenken, dass durch das Feuchtekriechen die Erfolge der Versatzmaßnahmen und der Firstspaltverfüllungen wieder zunichtegemacht werden können und sieht sich hierdurch in ihren früheren Aussagen bestätigt (AGO 2014b und 2014c). Sie schließt sich aber den Empfehlungen des IfG an, die noch ausstehenden Firstspaltverfüllungen der Abbaue im Baufeldzentrum prioritär in Angriff zu nehmen.

Einige im Bericht missverständliche Begrifflichkeiten bzw. Sachverhalte konnten zudem während einer gemeinsamen Diskussion mit IfG-Vertretern auf der AGO-Sitzung 02/2018 ausgeräumt werden. Für das Zustandekommen und die Bereitschaft zu dieser Diskussion bedankt sich die AGO nochmals bei den Vertretern der BGE mbH und des IfG GmbH.

Die auf der AGO-Sitzung 02/2018 seitens der BGE angekündigten Ausführungen der nächsten Schritte (Vorbereitung des Übergangs zu einem 3D-Rechenmodell für das Gesamtbergwerk und Einpflegen neuer Erkenntnisse zur Geologie des Asse-Sattels) werden von der AGO begrüßt. Die AGO erhofft sich daraus eine weitere Verbesserung der Zustandsbewertung für die Schachtanlage Asse II auch als Basis für die Maßnahmen der Rückholung der Abfälle.

Literaturverzeichnis

AGO (2018): Protokoll der AGO-Sitzung 02/2018 mit Anlagen vom 21.02.2018, Göttingen.

AGO (2016a): Kurzstellungnahme mit Sondervotum zur Unterlage "Technische Möglichkeiten zur Offenhaltung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle", BfS (Stand: 14.08.2015), abgestimmte Endfassung vom 04.08.2016.

AGO (2016b): Stellungnahme mit Sondervotum zur Unterlage "Risikoabwägung für das weitere Vorgehen im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, 750-m-Sohle", BfS (Stand: 19.04.2016), abgestimmte Endfassung vom 18.10.2016.

AGO (2014a): Anmerkungen der AGO zum Monitoring der Wendelstrecke im Bereich der 725-m-Sohle und den daraus abgeleiteten Sanierungsmaßnahmen vom 16.05.2014.

AGO (2014b): Stellungnahme zur BfS-Unterlage "Drainage und Betonierarbeiten auf der 750-m-Sohle". Abgestimmte Endfassung vom 27.06.2014.

AGO (2014c): Stellungnahme zur BfS-Unterlage "Schachtanlage Asse II - Konzept zur Lösungsfassung und zum Lösungsmonitoring (Entwurf)", BfS (Stand: 15.08.2014). Abgestimmte Endfassung vom 17.11.2014.

BfS (2016): Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachtanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, Stand: 17.05.2016.

IfG (2009): Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf der Basis von Standortdaten sowie 3D-Modellrechnungen, IfG GmbH Leipzig (Stand 11.03.2009).