



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

FG MULE/BGE zu PK 8 (Geomechanik) | Morsleben 14.03.2018

TOP 1 Begrüßung, TO

TOP 2 Konzept Umgang mit Ungewissheiten, BGE

TOP 3: Stand und Ergebnisse der geomechanischen Modellrechnungen
(Nachweiszeitraum, Feldesteile), BGE

TOP 4 Sonstiges

Sicherheitsanforderungen /BMU, 2010/

betreff numerischer Analysen des Langzeitverhaltens des Endlagers:

"Zusätzlich sind Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen durchzuführen, um den möglichen Lösungsraum aufzuzeigen sowie den Einfluss der Unsicherheiten einschätzen zu können. Dabei sind auch Modellunsicherheiten zu berücksichtigen. Die Einhaltung von numerischen Kriterien, die sich aus diesen Sicherheitsanalysen ergeben oder daraus abgeleitet wurden, muss unter Berücksichtigung der Unsicherheiten mit ausreichender Zuverlässigkeit gegeben sein. Bei den Analysen gegebenenfalls resultierende numerische Verletzungen dieser Kriterien sind in ihrer Relevanz zu bewerten."

Hier: Beschränkung auf Daten- und Parameterungewissheiten sowie Modellungewissheiten mit Bezug auf den Nachweis der Integrität der Salzbarriere für die Feldesteile (keine Szenarien-Ungewissheiten).

Kategorisierung:

1. Grubengebäudemodell
2. Lagerstättenmodell
3. Verfüllplan
4. Rechenmodell / Code
5. Numerisches Modell
6. Modellierung Resthohlraum
7. Stoffmodelle und Parameter

1. Erstellung Katalog der Ungewissheiten, Festlegung der Zuständigkeiten der Bewertung
↓
2. Beurteilung und Quantifizierung der Ungewissheiten,
Einschätzung der Bandbreite durch Fachleute (Literaturlauswertung, andere Belege)
↓
3. Quantifizierung der Auswirkung von Ungewissheiten in Bezug auf die Sicherheitsfunktion Integrität der Salzbarriere bspw. mittels Sensitivitätsanalysen, Bandbreitenanalysen (generische Modelle)
→ Identifikation der Ungewissheiten mit maßgeblichem Einfluss
↓
4. Ergänzende Berechnungen zu den Feldesteilen für sensitive Sachverhalte
↓
5. Prüfung der Reduzierung / Vermeidung / des in-Kauf-Nehmens der Ungewissheiten;
ggf. Ergreifen weiterer Maßnahmen zur Reduzierung

1. Erstellung Katalog der Ungewissheiten, Festlegung der Zuständigkeiten der Bewertung



2. Beurteilung und Quantifizierung der Ungewissheiten,

Einschätzung der Bandbreite durch Fachleute (Literaturlauswertung, andere Belege)



3. Quantifizierung der Auswirkung von Ungewissheiten in Bezug auf die Sicherheitsfunktion Integrität der Salzbarriere bspw. mittels Sensitivitätsanalysen, Bandbreitenanalysen (generische Modelle)

→ Identifikation der Ungewissheiten mit maßgeblichem Einfluss



4. Ergänzende Berechnungen zu den Feldesteilen für sensitive Sachverhalte



5. Prüfung der Reduzierung / Vermeidung / des in-Kauf-Nehmens der Ungewissheiten; ggf. Ergreifen weiterer Maßnahmen zur Reduzierung

- Generische Modelle mit typischer Konfiguration der einzelnen Feldesteile
- CAD-Modelle der Feldesteile für schnelle Anpassung an spezif. Fragestellungen (z.B. Diskretisierung, Lage der Hohlräume, Geologie, etc.)

- EHR (Einzelhohlraum) → kein Anhydrit im Hangenden
 - Adaption WF → flache HR-Geom. auf (3.) 4. Sohle, Nebengebirge
 - Adaption OF → große HR-Abmessungen auf (2.-3.) 4. Sohle
- SF → geneigte Abbaureihe
- ZT/SOF/NF → mehrere Abbaureihen, überkippter Anhydrit
- MA (SA) → kein Anhydrit im Hangenden, söhlige Abbaue



TOP 3a

Betrachtungen zum Berechnungszeitraum für die feldesteilspezifischen geomechanischen Modellrechnungen

- Bewertung der Integrität der Salzbarriere für 100.000 a (auf Basis des Inventars, entsprechend Darstellung im PSG vom 06.02.18)
- Nachweiszeitraum = (sinnvoller) Berechnungszeitraum ?
 - Dominanz der Randbedingungen und deren Ungewissheiten (Klimaentwicklung, Eiszeitl. Überdeckung, geologische Entwicklungen,...)
→ keine Zunahme des Kenntniskennisgewinns wg. Ungewissheiten
 - Grenzen der Modellgültigkeit des Kontinuummodells (Bsp. Salzstockaufstieg, Absinken des Anhydrits → Modell "Salz als Flüssigkeit")
 - Zunahme numerischer Artefakte

- Für Modellrechnungen mit gleichbleibenden RB ist der Konvergenzprozess für die großräumige Spannungsentwicklung maßgebend. Ist dieser abgeschlossen, treten Zustandsverbesserungen ein (z.T. auch schon deutlich früher).
- Variantenbasierte Untersuchung der Hohlraumkonvergenz hierzu im Rahmen:
 - P-101 „Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten eines Einzelhohlraumes“
 - P-249 „Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten der Gruben Bartensleben und Marie“

→ Berechnungen mit geometrischer und struktureller Nichtlinearität

- Abschätzung zum Zeitpunkt des konvergenzbedingten Schließens der Hohlräume unter ERAM-spezifischen RB:
i.d.R. einige tausend bis wenige zehntausend Jahre,
- Bereits deutlich vorher treten Zustandsverbesserungen in der Barriere infolge Kontakt/Auflegens der Hohlraumkontur auf den Versatzkörper oder Mobilisierung eines ausreichenden Versatzwiderstandes (Salzgrus) auf.

Vorschlag für feldesteilspezifische geomechanische Modellrechnungen:

- sinnvolle Begrenzung des Berechnungszeitraums auf 30.000 a
- durch Extrapolation der Berechnungsergebnisse wird längerer Bewertungs- und Betrachtungszeitraum behandelt (unter Beibehaltung der RB)
- generische Modelle (hier Berechnungszeitraum von 100.000 a, siehe TOP 2) können als Beleg der Prognose genutzt werden
- Fortsetzung der Berechnungen über 30.000 a hinaus im Falle anhaltender signifikanter Zustandsverschlechterung oder geringer Barrierenmächtigkeit
- Betrachtung von Szenarien / zeitlich veränderlichen RB in ergänzenden Berechnungen an separaten Modellen

TOP 3b

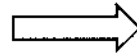
Stand und Ergebnisse der geomechanischen Modellrechnungen

Auf Basis der Prüfberichte zu den im PFV eingereichten feldesteilspezifischen Nachweisen wurde die weitere Vorgehensweise abgestimmt:

- Rechnerische Nachweise für alle Feldesteile
- Abstimmungen zu den abdeckenden Berechnungsschnitten und -modellen sowie vorzulegenden Auswertungen im Rahmen gemeinsamer FG (Gutachter MULE/Antragsteller)
- Ergänzende Auswertungen für die Feldesteile und Modelle, für die schon Berechnungsergebnisse vorlagen
- Bewertung der Integrität der Salzbarriere anhand Dilatanz- und Fluiddruckkriterium
- Ausweitung des Berechnungszeitraumes auf über 1.000 Jahre

Kriterien

- Dilatanzkriterium
- Fluiddruckkriterium
(Fluiddruckbelastbarkeit)



Nachweis der Barrierenintegrität
(Salzbarriere)

Zusätzliche Auswertungen

- Senkung der Tagesoberfläche
- Schiefelage (Schiefstellung) der Tagesoberfläche
- Temperaturerhöhungen am Salzspiegel
- Temperaturerhöhungen in der jeweils obersten Anhydritscholle
- Mechanische Belastung des Anhydrits und dessen zeitliche Entwicklung

Stufenweise Bewertung der Barrierenintegrität (Salzbarriere) hinsichtlich deren Fluiddruckbelastbarkeit:

- Stufe 1:** Bewertung des konservativ abdeckenden Fluiddruckkriteriums (Vergleich der kleinsten Hauptdruckspannung mit einem hypothetischen Lösungsdruck); bei rechnerischer Überschreitung, d.h. durchgängiger Verletzung FK zwischen Abbauen und Salzspiegel: Abbau von Konservativitäten des Berechnungsmodells oder
- Stufe 2:** Bewertung der Spannungstrajektorien (Betrachtung von Richtung und Verhältnis der Hauptspannungskomponenten σ_1 und σ_3 , um Aussagen zur Richtung einer potenziellen Fluidbewegung abzuleiten)
- Stufe 3:** hydraulisch-mechanisch (H-M) gekoppelte Berechnungen

Mit Bearbeitungsstand 2015 wurden für alle Feldesteile*

- in Fachgesprächen abdeckende Berechnungs-schnitte/-modelle abgestimmt,
- ergänzende Berechnungen zu vorliegenden P-Unterlagen durchgeführt:
 - Ostfeld, Berechnungsschnitt OF1 (2D-Modell)
 - Westfeld, Berechnungsschnitt WF3 (2D-Modell)
 - Südostfeld, Berechnungsschnitte SOF1 & SOF2 (2D-Modelle)
 - Marie, Berechnungsmodell MaSA1 (2,5D)
- ergänzende Auswertungen zu vorliegenden P-Unterlagen durchgeführt:
 - Südfeld, Berechnungsschnitt SF8s (2D-Modell)
 - Zentralteil, Berechnungsschnitte ZTN-3.1, ZTS-3.1 & ZT-3.3 (2D, 2,5D)
 - Nordfeld, Berechnungsmodelle NF3D (3D) & NFII (2,5D)

* Modelle und Ergebnisse können bei Wunsch in separaten FG vorgestellt werden

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)
Mit den bisherigen z. T. stark konservativen Modellen und Annahmen (wie z. B. der Verfüllgrade gemäß Konzeptplanung KPL 2005) kann auf Basis der vorliegenden Ergebnisse die Integrität der Barriere für einige Bereiche des ERAM nicht mit hinreichender Sicherheit belegt und somit die Zutrittsgefährdung nicht sicher ausgeschlossen werden.

→ Weiterführende Berechnungen (2015+)

- Abbau von Konservativitäten mit dem Ziel des Nachweises der Barrierenintegrität bzw. Vergrößerung deren nachgewiesener Mächtigkeit
- Anpassung der Berechnungen an aktuelle Stände der Verfüllplanung hinsichtl. Zeitpunkten und Verfüllgraden (aktuelle Planungen sehen firstbündigen Vollversatz der Abbaue auf der 1. und 2. Sohle vor).

Abbau von Konservativitäten:

(Möglichkeiten in Abhängigkeit des Feldesteils zu bewerten)

- Ansatz realistischer Lösungsdichte im Deckgebirge *
- Ansatz Lösungsspiegel unterhalb der Tagesoberfläche **
- Ansatz reduzierter wirksamer Lösungsdruck (Biot-Koeffizient $< 1,0$) **
- 2,5D oder 3D-Modellierung (Erfassen des Lastabtrags in Längsrichtung)
- Verzicht auf Wahl abdeckender Abbaukonturen (reale Geometrie)
- Berücksichtigung höherer Verfüllgrade (mehr stützender Versatz)
- Berücksichtigung des kraftschlüssigen Ablegens der Schweben auf dem Versatzkörper (geometrisch nicht-lineare Berechnung mit Kontakt)

* alle neuen BF (außer OF) ** zunächst nicht weiterverfolgt

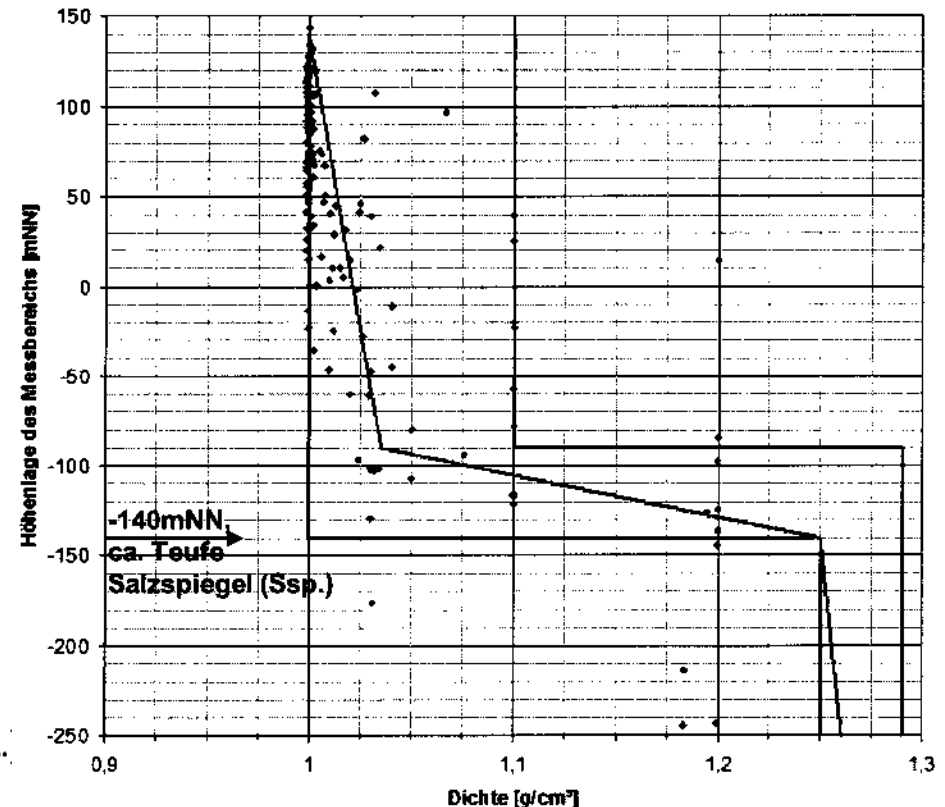
Lösungsdichteverteilung (für den Ansatz im Fluiddruckkriterium)

gemessene Grundwasserdichten /Colenco 2001/,

zu erwartende Dichteverteilung (grüne Linie)

und mögl. Dichteverteilung (blaue & rote Linie)

- GOK bis 50 m über Ssp.: lin. Zunahme von $1,00 \text{ g/cm}^3$ – $1,03 \text{ g/cm}^3$
- 50 m über Ssp. bis Ssp.: lin. Zunahme von $1,03 \text{ g/cm}^3$ – $1,25 \text{ g/cm}^3$
- Ssp. bis -372 mNN -Sohle: lin. Zunahme von $1,25 \text{ g/cm}^3$ – $1,29 \text{ g/cm}^3$
- unterhalb -372 mNN -Sohle: $1,29 \text{ g/cm}^3$ (konst.)



Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

A) Einlagerungsbereiche (I)

- Ostfeld (s. Präsentation zu TOP 4 im FG MLU/AS vom 11.11.2014)
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.

A) Einlagerungsbereiche (I)

- Ostfeld

- Modifikation des Verfüllkonzeptes; Betrachtung weitergehender Verfüllung (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und Vergrößerung der Mächtigkeit der intakten Salzbarriere)

Zusammenfassung Ostfeld

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Durch Modifikation der Verfüllgrade (firstbündiger Versatz mit stützendem Material) kann langfristiger Barrierenverzehr gestoppt und Zustandsverbesserung erzielt werden: Vergrößerung der Mächtigkeit der intakten Salzbarriere von ca. 80 m → ca. 125 m
- zu klärende Fragestellungen hinsichtlich Abbruchkriterien der Optimierung und Erfordernis Gasspeicher

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

A) Einlagerungsbereiche (II)

- Westfeld
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere und zur Salzstockflanke wird eingehalten.
 - Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere und zur Salzstockflanke wird eingehalten.
 - temporäre Verletzung des Fluiddruckkriteriums zwischen West- und Südfeld (nach Stufe 1; nach Stufe 2 gehalten)

A) Einlagerungsbereiche (II)

- Westfeld
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes und Untersuchungen zum Einfluss der Versatzsteifigkeit (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen, Variantenbetrachtung und Nutzung der Berechnungsergebnisse zum WF für den Nachweis der Barrierenintegrität SF)
 - Ansatz realistischer Lösungsdichte im Deckgebirge ($\rho_{Fl}(z)$)

Zusammenfassung Westfeld (Auswertung für das WF)

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere und zur Salzstockflanke wird eingehalten.
- Temporäre Verletzung des Fluiddruckkriteriums zw. WF und SF bei Auswertung nach Stufe 1 bis wenige Jahrzehnte nach Abschluss der Verfüllmaßnahmen (bei Bewertung nach Stufe 2 ist Barriereintegrität jederzeit gegeben)
- langfristige Zustandsverbesserung mit Vergrößerung der Mächtigkeit der intakten Salzbarriere von ca. 55 m → 100 m für modifizierte Verfüllplanung

Zusammenfassung Westfeld (Auswertung für das SF)

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- langfristige Zustandsverbesserung mit Vergrößerung der Mächtigkeit der intakten Salzbarriere von ca. 45 m → 80 m für modifizierte Verfüllplanung

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

A) Einlagerungsbereiche (III)

- Südfeld , SF8s (s. Präsentation zu TOP 4 im FG MLU/AS vom 11.11.2014)
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Anhand der Bewertung des Fluidruckkriteriums (Stufe 1, konservativ abdeckend) kann die Barrierenintegrität mit dem Modell SF8s nicht nachgewiesen werden. In weiten Bereichen zw. Abbauen und Salzspiegel liegt eine durchgängige Verletzung des Kriteriums vor.
 - Bei Bewertung des Fluidruckkriteriums nach Stufe 2 wird eine intakte Barriere abgeschätzt, deren minimale Mächtigkeit mit zunehmender Standzeit auf ca. 35 m abnimmt (Betrachtungszeitpunkte > 500 Jahre).

A) Einlagerungsbereiche (III)

- Südfeld / Berechnungsschnitt SF8s (2D)
 - Anpassung Kriechklassen an aktuellen Stand
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität zum heutigen ZP und in Zukunft)
- Südfeld / Berechnungsmodell SF8n-SF9n (2,5D & „quasi-3D“)
 - Spiegelstriche s.o.
 - Erfassen des Lastabtrags in Längsrichtung (Pfeiler)
 - Modellierung mit elasto-plastischem Deckgebirge / Hutgestein
 - Vergleichsberechnung durch die BGR (3D)

Zusammenfassung Südfeld (Abbaureihen 8n – 10s)

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluidruckkriterium in der hangenden Salzbarriere und zur Salzstockflanke wird eingehalten.
- Für Modell SF8n–SF9n wird bei konservativen Berechnungsannahmen (flache Neigung Abbaureihen, später Verfüllbeginn) das Fluidruckkriterium nach Stufe 1 lokal und temporär für wenige Jahrzehnte verletzt (Stufe 2 erfüllt).
- bei Modifikation der Verfüllplanung tritt langfristig eine Zustandsverbesserung in der hangenden Salzbarriere ein.
- Für Modell SF8n–SF10s (steilere Neigung Abbaureihen, Annahme geringerer Verfüllgrade) wird das Fluidruckkriterium nach Stufe 1 für frühe Zeiträume erfüllt und lokal ab Zeitpunkten > 5000 Jahre verletzt.

A) Einlagerungsbereiche (IV)

- Südfeld / Berechnungsmodell Nördliches Südfeld nSF, Abbaureihe 1n, (3D)
 - Prüfung weiterer Abbaureihen des Südfeldes auf Integritätsverletzung der hangenden Barriere
 - Berechnungen zur Abbaureihe 1n mit dem größten Hohlraumvolumen auf der 1. Sohle; aufgrund räumlicher Gegebenheiten Abbaugeometrie und Geologie Wahl eines 3D-Modells
 - Rechnerischer Beleg der Integrität oberhalb Abbaureihe 1n

Zusammenfassung nördliches Südfeld

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Für gegenwärtige Planung (Nutzung Steinsalzabbau 1n, 1. Sohle als Versatzabbau mit offenem verbleibenden Hohlraumvolumen) kann langfristiger Barrienverzehr gestoppt werden: Mächtigkeit der intakten Salzbarriere von ca. 35 m

B) Restgrube

- Nordfeld
- Zentralteil (ZT-3.3)
- Marie
- Südostfeld (SOF1)
- Südostfeld (SOF2)

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

B) Restgrube (I)

- Nordfeld
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - starke mechanische Beanspruchung des Hauptanhydrits

B) Restgrube (I)

- Nordfeld / Berechnungsmodell NF3D / NFII
 - vorerst keine weiterführenden Berechnungen zum mittleren Nordfeld (bis Vorlage des aktualisierten Lagerstättenmodells)
- Nordfeld / Berechnungsmodell nördliches Nordfeld NFN1 (2D und 2,5D)
 - Ziel: Schließen der Wissenslücke zum nördl. NF & rechnerischer Beleg der Barrierenintegrität → „Referenzberechnung“ am Modell NFN1 (2D)
 - Abbau von Konservativitäten durch Erfassen des Lastabtrags in Längsrichtung (Berechnungen am 2,5D-Modell)
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität zum heutigen ZP und in Zukunft)

Zusammenfassung nördliches Nordfeld

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluidruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird im Referenzfall der Verfüllung langfristig nicht eingehalten (Stufe 1, Verletzung nach > 1.000 a)
- Abbau von Konservativitäten durch 2,5D-Modell wirksam, jedoch für lange Zeiträume nicht hinreichend
- Durch Modifikation der Verfüllplanung (mehrere mögliche Varianten) können rechnerisch bereichsweise Zustandsverbesserungen hinsichtl. FK erzielt und somit die langfristige Integrität der Salzbarriere gewahrt bleiben; Mächtigkeit der intakten Salzbarriere abhängig von der gewählten Verfüllvariante und der Integritätsbewertung Anhydrit

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

B) Restgrube (II)

- Zentralteil
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Fluiddruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - starke mechanische Beanspruchung des Hauptanhydrits

B) Restgrube (II)

- Zentralteil / Berechnungsmodell ZT.3.3 (2D und 3D)
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität zum heutigen ZP und in Zukunft)
 - Variantenberechnungen zu Versatzsteifigkeit
 - Abbau von Konservativitäten durch Verzicht auf abdeckende Hohlraumkonturen (Berechnungen am 3D-Modell unter Verwendung von Hohlraumgeometrien aus 3D-Grubengebäudemodell)
 - Übernahme der Geologie aus 3D-Modell Zentralteil (BGR, 2007)

Zusammenfassung Zentralteil

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluidruckkriterium in der hangenden Salzbarriere wird im Referenzfall der Verfüllung eingehalten (Stufe 1)
- Durch Modifikation der Verfüllplanung und Abbau von Konservativitäten durch 3D-Modell können rechnerisch deutliche Zustandsverbesserungen hinsichtl. FK und mechanischer Beanspruchung des hangenden Anhydrits erzielt werden; Mächtigkeit der intakten Salzbarriere abhängig von der gewählten Verfüllvariante und der Integritätsbewertung Anhydrit

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

B) Restgrube (III)

- Marie
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Anhand der Bewertung des Fluidruckkriteriums (Stufe 1) kann die Barrierenintegrität mit diesem Modell nicht nachgewiesen werden; durchgängige Verletzung des Kriteriums zw. Abbauen und Salzspiegel vor und nach Modellierung der Verfüllmaßnahmen.
 - Bei Bewertung des Fluidruckkriteriums nach Stufe 2 können potenziell migrationsgefährdete Pfade für Fluide abgeleitet werden.

B) Restgrube (III)

- Marie / Berechnungsmodell MaSA1 (2,5D)
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität zum heutigen ZP und in Zukunft; Betrachtungen zu Aufwältigung und firstbündigem Versatz der Abbaue mit Salzbeton)
 - Variantenberechnungen zu Versatzsteifigkeit (Altversatz)
 - Variantenberechnungen zu Modellierung Deckgebirge / Hutgestein
 - Hydraulisch-mechanisch gekoppelte Berechnungen (Stufe 3)

Zusammenfassung Marie (Südabteilung)

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Anhand der Bewertung des konservativ abdeckenden Fluidruckkriteriums (Stufe 1) kann die Barrierenintegrität nicht nachgewiesen werden.
- Es besteht rechnerisch eine durchgängige Verletzung des Kriteriums zw. Abbauen und Salzspiegel vor und nach Modellierung der Verfüllmaßnahmen. Lediglich für wenig wahrscheinliche Annahmen (schlaffe Auflast des Deckgebirges / Hutgesteins; hier nicht dargestellt) kann Integrität belegt werden.

Zusammenfassung Marie (Südabteilung)

- Bei Bewertung des Fluiddruckkriteriums nach Stufe 2 können potenziell migrationsgefährdete Bereiche und Pfade für Fluide abgeleitet werden.
- Im Rahmen gegenwärtig laufender hydraulisch-mechanisch gekoppelter Berechnungen mit Simulation von Perkolationsprozessen werden Migrationspfade untersucht (Stufe 3).

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

B) Restgrube (IV)

- Südostfeld, SOF1 (s. Präsentation zu TOP 4 im FG MLU/AS vom 11.11.2014)
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Anhand der Bewertung des Fluiddruckkriteriums (Stufe 1) kann die Barrierenintegrität mit diesem Modell nicht nachgewiesen werden; durchgängige Verletzung des Kriteriums zwischen Abbauen und Salzspiegel.
 - Bei Bewertung des Fluiddruckkriteriums nach Stufe 2 wird eine intakte Barriere abgeschätzt, deren minimale Mächtigkeit ca. 45 m beträgt.

B) Restgrube (IV)

- Südostfeld / Berechnungsmodell SOF1 (2D, 2,5D)
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität zum heutigen ZP und in Zukunft)
 - Abbau von Konservativitäten durch Erfassen des Lastabtrags in Längsrichtung (Berechnungen am 2,5D-Modell)
 - Variantenberechnung mit abweichender Deckgebirgs-/Hutgesteinsmodellierung

Zusammenfassung Südostfeld / SOF1

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten (2D & 2,5D)
- Für Berechnungen am **2D-Modell** kann Einhaltung des Fluiddruckkriteriums nach Stufe 1 nicht gezeigt werden; durch Anpassung des Verfüllkonzeptes wird Zustandsverbesserung erzielt, die jedoch nicht hinreichend ist.
- Für Berechnungen am **2,5D-Modell** liegt für frühe Zeiträume (ZP „heute“ bis ca. 100 Jahre nach Stilllegung eine lokal begrenzte rechnerische Verletzung des Fluiddruckkriteriums nach Stufe 1 vor (Stufe 2 gehalten). Für spätere Zeitpunkte führt Modifikation der Verfüllplanung zu Zustandsverbesserungen der Salzbarriere. Eine integrale Salzbarriere kann ausgewiesen werden. Mächtigkeit der intakten Salzbarriere abhängig von der Integritätsbewertung

Anhydrit

Zusammenfassung der ergänzenden Auswertungen und Berechnungen (2015)

B) Restgrube (V)

- Südostfeld, SOF2 (s. Präsentation zu TOP 4 im FG MLU/AS vom 11.11.2014)
 - Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
 - Anhand der Bewertung des Fluidruckkriteriums (Stufe 1) kann die Barrierenintegrität mit diesem Modell nicht langfristig nachgewiesen werden; durchgängige Verletzung des Kriteriums zw. Abbauen und Salzspiegel ab ca. 100 Jahren nach erfolgten Verfüllmaßnahmen.
 - Bei Bewertung des Fluidruckkriteriums nach Stufe 2 wird für Betrachtungszeitpunkte < ca. 500 Jahre eine geringmächtige intakte Barriere abgeschätzt; ab ca. 500 ... 1.000 Jahre besteht ein potenziell migrationsgefährdeter Pfad für Fluide.

B) Restgrube (V)

- Südostfeld / Berechnungsmodell SOF2 (2D)
 - Modifikation des Verfüllkonzeptes (Zielsetzung: Anpassung an aktuelle Planungen und langfristiger Erhalt/Verbesserung der Barrierenintegrität)

Zusammenfassung Südostfeld / SOF2

- Dilatanzkriterium in der hangenden Salzbarriere wird eingehalten.
- Fluidruckkriterium in der hangenden Salzbarriere kann im Referenzfall der Verfüllung (EWP 2013) bei konservativ abdeckender Bewertung nach Stufe 1 langfristig nicht nachgewiesen werden (durchgängige Verletzung bis Salzspiegel nach wenigen hundert Jahren)
- Durch Modifikation der Verfüllplanung (mehrere mögliche Varianten) können Zustandsverbesserungen erzielt und die langfristige Integrität der Salzbarriere nachgewiesen werden; Mächtigkeit der intakten Salzbarriere abhängig von der gewählten Verfüllvariante und der Integritätsbewertung Anhydrit