

# ISIBEL und der Salzstock Gorleben

unter besonderer Berücksichtigung von

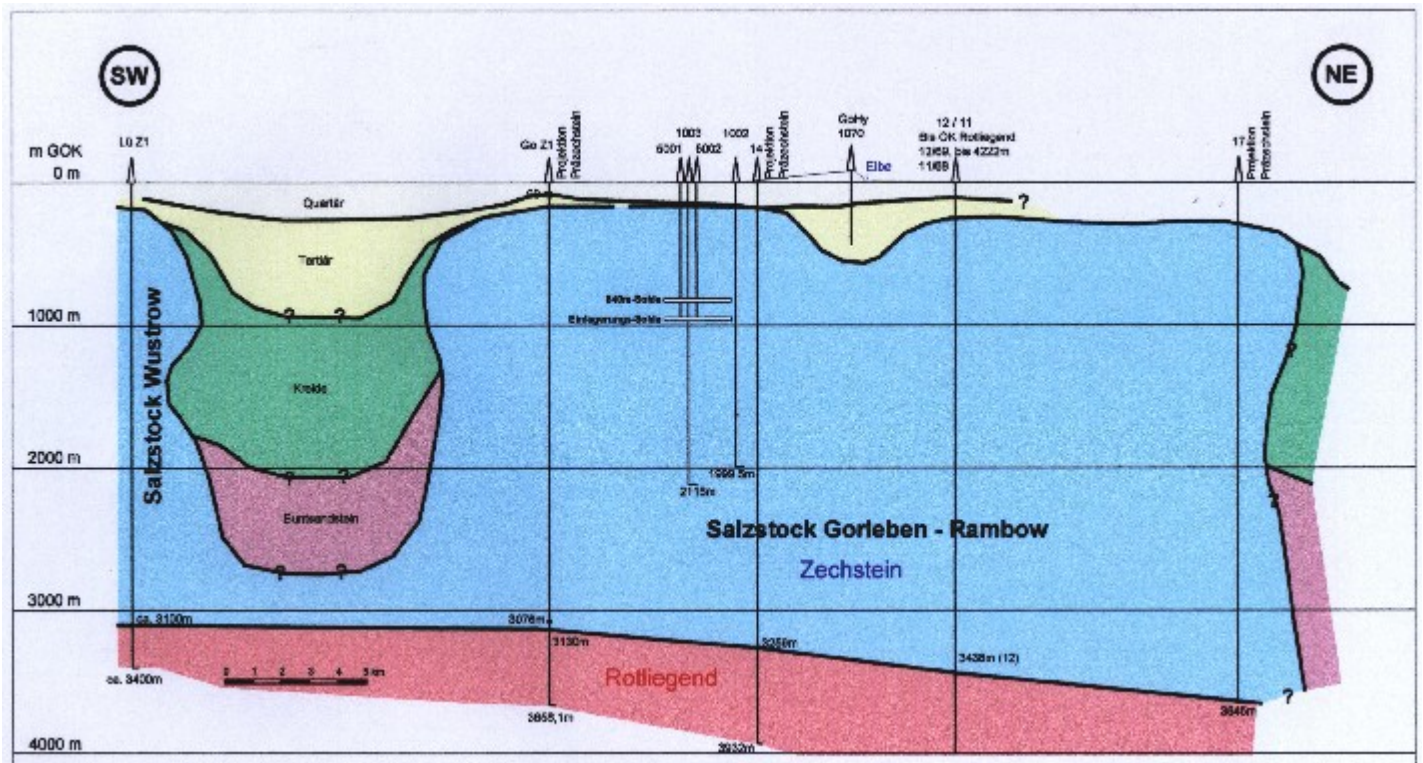
Gas-, Kohlenwasserstoff- und Laugenvorkommen

eine Kritische Betrachtung

im Auftrag der

Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V.

Verfasser: Dipl.-Geol. Ulrich Schneider



## Inhaltsverzeichnis

### 1. Einleitung

### 2. Anmerkungen zu den wesentlichen Inhalten des Referenzstandortmodells

**2.1** *Integrität der Salzbarriere aus geologischer Sicht*

**2.2** *Zerbrochener Hauptanhydrit*

**2.3** *Lösungs- und Gasvorkommen im Hauptsalz*

**2.4** *Chemisches Gleichgewicht zwischen Wirtsgestein und darin enthaltenen Lösungen*

### 3. Fazit

### 4. Literaturverzeichnis

## 1. Einleitung

In einem gemeinsamen Bericht von BGR\*, DBE Technology GmbH\* und GRS<sup>1</sup>\* mit dem Titel **„Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW“ -ISIBEL-** sind die von den benannten drei Institutionen im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie durchgeführten Arbeiten zu einem Nachweiskonzept für die sicherheitliche Bewertung von Endlagern für hochradioaktive Abfälle in der Wirtsformation Salz zusammenfassend beschrieben. Der Bericht datiert vom April 2008.

Die Autoren des Berichtes erheben dabei den Anspruch *„erstmals ein „Sicherheitsnachweiskonzept erarbeitet und angewandt zu haben, das den Vorzügen der HAW-Einlagerung im Steinsalz und damit dem Konzept des sicheren Einschlusses voll Rechnung trägt.“*

Die Autoren sind der Auffassung, dass es „auf der Grundlage der durchgängigen Analyse der Umsetzbarkeit des erarbeiteten Nachweiskonzeptes zur Gewährleistung der Endlagersicherheit möglich war, noch bestehende Defizite, Lücken und Unsicherheiten zu ermitteln, die Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein sollten.“

Die von BGR, GRS, DBE durchgeführten Arbeiten sind letztendlich der Versuch, ein Konzept für einen safety case für eine HAW-Endlager im Salz (sprich GORLEBEN) zu entwickeln. Mehrfach werden in dem Abschlussbericht die –vermeintlichen- „Vorzüge von Salz als Wirtsgestein und einschlusswirksamer geologischer Hauptbarriere“ hervorgehoben.

Das Nachweiskonzept fußt nach Auffassung der Autoren *„einerseits auf einem Referenzstandortmodell, das die jüngsten Erkenntnisse aus der im Oktober 2000 unterbrochenen Erkundung des Salzstockes Gorleben berücksichtigt und andererseits auf der Weiterentwicklung des technischen Endlagerkonzeptes für ein Endlager im Steinsalz.“*

Im Bezug auf eine Langzeitsicherheitsanalyse werden von den Autoren die folgenden Inhalte des Referenzstandortmodells als relevant und wesentlich gehalten:

- 1.) Am Referenzstandort steht ein Einlagerungsmedium (Hauptsalz) in der geforderten großen Tiefe von ca. 800 bis 1000 m für die Einlagerung von hochradioaktiven, Wärme erzeugenden Abfällen in ausreichender Menge unverritz zur Verfügung.
- 2.) Die Verteilung natürlicher Klüfte im Salzstock und der damit verbundenen Fluidvorkommen folgt bekannten Gesetzmäßigkeiten.
- 3.) Der Hauptanhydrit ist in Schollen zerbrochen, die hydraulisch voneinander isoliert sind. Fluidmigrationen zwischen Einlagerungsbereichen und Deck- und Nebengebirge über den Hauptanhydrit sind daher nicht möglich.
- 4.) Die Art, Genese und das Alter von Salzlösungsvorkommen innerhalb des Salzstocks sind bekannt und ihre Lage relativ zu einer möglichen Auffahrung der Einlagerungsbereiche vorhersehbar. Der Bereich des Hauptsalzes ist nahezu frei von Lösungsvorkommen. Sie sind untereinander nicht vernetzt. Dies gilt ebenfalls für die im zentralen Teil des Hauptsalzsattels auftretenden Kohlenwasserstoffvorkommen.

---

<sup>1</sup>\*BGR = Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

\*DBE Technology GmbH = Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH

\*GRS = Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH

- 5.) Das Wirtsgestein befindet sich im chemischen Gleichgewicht mit darin enthaltenen Fluiden. Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sind keine von außerhalb des Salzstocks eingedrungenen Grundwässer enthalten.
- 6.) Die Entwicklung des Salzstocks ist abgeschlossen, so dass mit keinen hohen Aufstiegsraten innerhalb des Nachweiszeitraumes von einer Million Jahre gerechnet wird.
- 7.) Die Integrität der Salzbarriere ist aus geologischer Sicht gewährleistet, da sich der Referenzstandort in einer tektonisch ruhigen Zone befindet und sich nur geringe Subrosionsraten im langfristigen geologischen Mittel herleiten lassen.
- 8.) Die im Deckgebirge vorhandene Hydrodynamik bewirkt, dass das Deckgebirge im Gegensatz zum Hauptsalz als eine Barriere zu betrachten ist, die nur eine geringe Rückhaltefunktion für Radionuklide beinhaltet. Dagegen würde das Deckgebirge aufgrund der Grundwasserbewegungen einen Beitrag zur Verdünnung möglicher Radionuklidkonzentrationen in der Geosphäre liefern.

Die Autoren führen aus, dass *„von herausragender Bedeutung dabei die Erkenntnisse zur geologischen Integrität der Salzbarriere und zur geblockten Struktur des Hauptanhydrits sind und dass daraus für den Referenzstandort folgt, dass bei ungestörter Endlagerentwicklung ein Freisetzungspfad über den Hauptanhydrit ausgeschlossen werden kann.“*

Im Folgenden wird dargelegt, dass im oben zitierten „Zusammenfassenden Abschlussbericht“ bereits bei den Grundlagen (hier insbesondere dem Referenzstandortmodell) sowohl von unbewiesenen und/oder strittigen Annahmen als auch von falschen Interpretationen und Bewertungen von Befunden des bisherigen Erkundungsprogramms Gorleben ausgegangen wird.

In diesem Zusammenhang ist bereits kritisch anzumerken, dass die fachlichen Grundlagen des Referenzstandortmodells (KELLER 2007) überwiegend in unveröffentlichten Publikationen, d.h. einer kritischen Öffentlichkeit nicht zugänglichen Form niedergelegt sind und dass es sich bei den in KELLER (2007) aufgeführten 44 Literaturzitate überwiegend (27 Zitate) um hausinterne Berichte der BGR bzw. der GSF und der GRS handelt, bei denen die Möglichkeit von Zirkelschlüssen grundsätzlich nicht auszuschließen ist.

Umgekehrt finden sich jedoch in neueren Publikationen (z.B. zur tektonischen Stabilität im Norddeutschen Becken u.a.) so gut wie keine Hinweise auf die im Rahmen der Standorterkundung Gorleben ermittelten Befunde mit überregionaler Bedeutung. Ob dies allein aufgrund der Unzugänglichkeit der BGR-Berichte zurückzuführen ist oder auch auf Zweifel an deren Aussagekraft bleibt offen.

## 2. Anmerkungen zu den „wesentlichen Inhalten“ des Referenzstandortmodells

Nachstehend werden einige der oben aufgeführten „wesentlichen und relevanten“ Inhalte des Referenzstandortmodells kritisch beleuchtet.

### 2.1 Integrität der Salzbarriere aus geologischer Sicht

ISIBEL geht u.a. davon aus, dass die Integrität der Salzbarriere aus geologischer Sicht gewährleistet ist, da sich der Referenzstandort in einer tektonisch ruhigen Zone befindet.

Diese Annahme beruht nach KELLER (2007; zit. aus ZIRNGAST (1991)) u.a. auf neuerer Reflexionsseismik im postpermischen Deckgebirge und auf der Unterschiebung des Salzstock Gorleben. Danach sollen sich die von KAPUSTIN (1971) und GLUSCHKO et al. (1976) postulierten präsalinaren Sockelstörungen nicht bestätigt haben. Eine Nicht-Bestätigung ist jedoch noch kein Gegenbeweis zumal in der von KELLER herangezogenen Arbeit von ZIRNGAST (1991) in der Abb. 4 am Südende des Salzstocks Gorleben eine aus dem Zechsteinsalz bis ins Tertiär reichende Störungen (Abschiebung mit Westeinfallen) eingezeichnet ist. Diese durchschlägt somit eine annähernd 3.000 m mächtige Sedimentabfolge und war über einen Zeitraum von annähernd 100 Millionen Jahren aktiv.

Zum Publikationszeitpunkt der ISIBEL-Berichte hätten die nach RÖCKEL & LEMPP (2003) im Subsalinar des Norddeutschen Beckens zu erwartende rezente Abschiebungstektonik im Norddeutschen Becken und die Bohrbefunde der Gasbohrungen bei Lenzen auf dem Salzstock Rambow (SIEBERT 1971) zumindest diskutiert werden müssen. Letztere waren der BGR zumindest auszugsweise bereits 1991 (BGR 1991) bekannt und hätten in die Arbeit von ZIRNGAST (1991) Eingang finden können und müssen. Weitere Informationen über den tieferen Aufbau des Nordostdeutschen Beckens mit Sockelstörung im Bereich des Salzstocks Rambow finden sich auch in WOLFGRAM (2002). Auch in Arbeiten des Geo Forschungs Zentrum Potsdam zum Nordostdeutschen Becken finden sich Hinweise auf große Störungszonen im tieferen Untergrund (z.B. Arendsee-Lineament).

Für die im Top des Salzstocks Rambow niedergebrachten Bohrungen wird aufgrund der Bohrbefunde explizit ausgesagt, dass sie in einer Störungzone des Präsalinars stehen. Solche Sockelstörungen sind auch in den geologischen Profilschnitten vom Salzstock Wustrow (GDF SUEZ E&P DEUTSCH-LAND GmbH 2010) eindeutig gekennzeichnet.

Da durch die den DDR-Bohrungen vorangeschalteten seismischen Untersuchungen der DDR-Geologen und Geophysiker ebenso wie bei den Messungen der BGR keine Störungen nachgewiesen wurden, ist die Annahme berechtigt, dass die angewandten Mess- und Auswertemethoden für eine eindeutige Klärung nicht tauglich waren. Zu einer derartigen Einschätzung -zumindest für die DDR-Seismik- kommt auch SIEBERT (1971).

Der Nachweis von Rotliegend Vulkaniten in den DDR-Bohrungen 11A/69 und 14/14h/ sowie in der Bohrung Wustrow-Z1 (dort in einer Mächtigkeit von 996 m erbohrt; SIBERT (1971)) ist ein weiteres Indiz für die Existenz von alten, subsalinaren Störungen.

Ob, wann und wie diese alten Störungen reaktiviert werden ist ungewiss. RÖCKEL & LEMPP (2003) führen jedoch die rezenten bis jungen Abschiebungen in der Niederrheinischen Bucht, den Niederlanden und Belgien sowie in der Nähe von Cottbus darauf zurück, dass im tieferen Untergrund des Norddeutschen Beckens die Vertikalspannung deutlich größer ist als die Horizontalspannung. Der Referenzstandort Gorleben liegt somit allenfalls in einer vorübergehend ruhigeren Zone.

Die Feststellung, dass seit dem älteren Tertiär (vor ca. 60-64 Mio. Jahren) keine Störungen mehr aktiv seien (evtl. auch mit den derzeitigen Methoden nur nicht nachweisbar) bedeutet per se nicht, dass nach 100 Mio. Jahren Aktivität nunmehr tektonische Ruhe eingeleitet ist. Diese Feststellung kann auch dahin gehend interpretiert werden, dass die Zeit bis zur nächsten Aktivierung immer kürzer wird. Angesichts der im Norddeutschen Trog weiterhin erfolgenden Absenkung mit gleichzeitig zunehmender Sedimentmächtigkeit ist eine Reaktion der tieferen Erdkruste auf die steigende Auflast nur eine Frage der Zeit. Wann eine solche ggfs. bruchhafte Reaktion eintritt vermag derzeit wohl niemand vorauszusagen.

## **2.2 Zerbrochener Hauptanhydrit**

ISIBEL geht davon aus, dass der Hauptanhydrit in Schollen zerbrochen ist, die hydraulisch voneinander isoliert sind. Fluidmigrationen zwischen Einlagerungsbereichen und Deck- und Nebengebirge über den Hauptanhydrit sind daher nicht möglich.

Diese Aussage beruht auf den beim Schachtabteufen und der beim Auffahren des Infrastrukturbereichs des EB1 gewonnenen Erkenntnissen sowie auf den Befunden der von diesen Orten aus vorgetriebenen Bohrungen. Durch geophysikalische Bohrlochmessungen (z.B. elektromagnetische Reflexionsmessungen -EMR-) wurden die in den Bohrungen und Strecken angetroffenen Verhältnisse im näheren Umfeld weiter erkundet.

Nach BORNEMANN et al (2008) kann der strukturelle Bau im Umfeld der Schächte bis zu einer Entfernung von 85 m (vom Schachtmittelpunkt aus) durch die EMR-Messungen abgebildet werden.

Die in den Tiefbohrungen eingesetzten Bohrlochsonden mittels derer Hochfrequenz-Absorptionsmessungen zur Lokalisierung von Anhydrit- und oder Salztonlagen durchgeführt wurden, erbrachten nach BORNEMANN et al (2008) „wenige für die geologische Interpretation belastbare Ergebnisse.“ Diese Messungen wurden daher im weiteren Verlauf der Untersuchungen eingestellt.

In den Schächten sind EMR-Messungen wegen der beim Gefrierverfahren entstandenen Frostrisse, die abgedichtet und verpresst werden mussten, erst ab 371 m u.GOK (Schacht 1) bzw. ab 381 m u.GOK (Schacht 2) also 119 -127 m unterhalb des Salzspiegels begonnen worden. Aus technischen Gründen sind in Schacht 1 Rundummessungen erst ab einer Teufe von 523 m durchgeführt worden (BORNEMANN et al. 2008).

Die in den BGR-Berichten gebetsmühlenartig wiederholte, pauschale Aussage, dass der Hauptanhydrit in Schollen zerbrochen sei (zerblockt) kann letztendlich nur für einen, im Verhältnis zur Gesamtgröße des Salzstocks, sehr kleinen Bereich um die Schächte (85 m) und das nähere Umfeld des Infrastrukturbereichs (hier überwiegend durch Horizontal- und Schrägbohrungen) tatsächlich belegt werden.

Auch wenn aufgrund des spröden und bei Beanspruchung oft bruchhaft reagierenden Charakters des Hauptanhydrits ein Zerreißen des ursprünglichen Verbandes nicht auszuschließen ist, liegen

bislang keinerlei Belege dafür vor, dass dies im Bereich der Schächte und des Infrastrukturbereiches sowohl zur Tiefe hin (unterhalb der Erkundungssohle bei 840 m bis zur Zechsteinbasis) als auch zum Salzspiegel hin (von 371 m – 381 m u.GOK bis ca. 254 m u.GOK) auch der Fall ist.

Die Belege für einen zerbrochenen Hauptanhydrit beschränken sich letztendlich auch nur auf einen kleinen Ausschnitt des südöstlich des Na<sub>2</sub>-Hauptsattels verlaufenden Haupt-anhydritstranges im Umfeld der Schächte. Für den nordwestlichen Strang des Hauptanhydrits nördlich des EB1 und des Na<sub>2</sub>-Hauptsattels liegen bislang keine nachprüfbaren Belege vor.

Mangels eindeutiger Beweise entbehrt somit auch die ISIBEL-Behauptung dass Fluid-migrationen zwischen Einlagerungsbereichen und Deck- und Nebengebirge über den Haupt-anhydrit nicht möglich sind, zunächst jeglicher Grundlage. Auch Wegsamkeiten von unten nach oben (z.B. für aufsteigende Gase) sind letztendlich nicht widerlegt. Diese hätten z.B. durch eine lückenlose Dokumentation der bei den Tief- und Schachtvorbohrungen auf-tretenden Gebirgsdrücke erkannt werden können. Nach Bornemann (2008) waren allerdings die Bohrungen für die Messungen derart hoher Drücke gar nicht ausgelegt.

Die aufgrund der Befunde aus den hydrogeologischen Aufschlussbohrungen, den Salzspiegel- und Tiefbohrungen im Bereich des Salzspiegels korrelierten Ausbisse des Hauptanhydrits lassen sich zwanglos zu einem den NA<sub>2</sub>-Hauptsattel an beiden Flanken begleitenden Strang verbinden und deuten zumindest im Top des Salzstocks auf ein zusammenhängendes Vorkommen mit den möglichen Wegsamkeiten nach unten hin.

In dem in BORNEMANN et al. (2008; Abb. 3, S. 42) enthaltenen geologischen Profilschnitt mit den Bohrungen GoHy 1301 bis 1305 und GoHy 1141 (Spezialdarstellung für die selektive Subrosion des Kaliflöz Staßfurt) reicht der Hauptanhydrit in nicht zerblockter, zusammenhängender Ausbildung vom Salzspiegel bis in mehr als 500 m Tiefe.

Auch wenn sich die Theorie des zerblockten Hauptanhydrits zu einem späteren Zeitpunkt für Teilbereiche des Salzstocks doch noch bestätigen sollte, bedeutet dies nicht automatisch, dass generell keine Wegsamkeiten über diesen Pfad bestehen können.

Den Ableitungen von CHEMIA, SCHMELING, KOYI (2009), mit Veränderungen der Viskosität der Salzgesteine infolge der Aufheizung durch die HAW-Einlagerung und dem damit postulierten Einsinken, Rotieren der schwereren Hauptanhydritschollen in die umgebenden, leichtere und mobileren Salzsichten ist -nach unserer Kenntnis- bislang nicht nachgegangen worden. Solange diese Annahmen nicht widerlegt worden sind, müssen sie Eingang in eine Langzeit-Sicherheitsbetrachtung finden oder zumindest in den Empfehlungen für weitergehende FuE-Arbeiten berücksichtigt werden.

### **2.3 Lösungs- und Gasvorkommen im Hauptsalz**

ISIBEL geht davon aus,

- „dass die Art, Genese und das Alter von Salzlösungsvorkommen innerhalb des Salzstocks bekannt und ihre Lage relativ zu einer möglichen Auffahrung der Einlagerungsbereiche vorhersehbar sind.
- Weiterhin wird unterstellt, dass der Bereich des Hauptsalzes nahezu frei von Lösungsvorkommen ist, die untereinander nicht vernetzt sind und dass dies

- ebenfalls für die im zentralen Teil des Hauptsalzsattels auftretenden Kohlenwasserstoffvorkommen gilt.“

Bereits durch die Formulierung „...*innerhalb des Salzstocks*..“ wird vorgetäuscht, dass diese pauschalen Aussagen für den gesamten Salzstock Gültigkeit haben. Dies ist jedoch ebenso wie beim Hauptanhydrit (s.o.) nur bedingt der Fall, denn nur für den Bereich der Schächte, dem Infrastrukturbereich, dem Erkundungsbereich 1 und teilweise für die 4 Tiefbohrungen existieren überprüfbare Informationen.

Lediglich die Existenz großvolumiger Salzlösungs- und Gas-/ Kondensatvorkommen kann aufgrund der durch diese Aufschlüsse verifizierten Erkenntnisse zum Internaufbau des Salzstocks Gorleben und der stratigrafischen Gliederung der bis zu ca. 300 m mächtigen salinaren Schichten im Übergang vom Kaliflöz-Staßfurt (z2SF) bis hin zum Anhydritmittelsalz (z3AM) nachvollzogen und in anderer Salzstockareale extrapoliert werden. Bevorzugt in diesem Bereich sind aufgrund der lithologischen Zusammensetzung kluff- und/oder schichtgebundene Speicherräume in der Größenordnung von bis zu mehreren 1.000 m<sup>3</sup> vorhanden.

Das Auftreten vergleichbar großer laugen- und gasgefüllter Speicherräume in anderen stratigrafischen Bereichen des Salzstocks darf aber nicht von vornherein ausgeschlossen werden.

Bislang sind im Salzstock Gorleben durch die untertägigen Erkundungsarbeiten und die 4 Tiefbohrungen eine Vielzahl von Lösungszuflüssen erfolgt, wobei die Zulaufmengen sehr unterschiedlich waren und zwischen <1 l bis ca. 165 m<sup>3</sup> lagen (BfS 2002). Für das Lösungsreservoir aus dem der Laugenzufluss in den untertägigen Aufschlussbohrungen 02YEF11 RB12 und 02YER02RB31 erfolgte (aus dem Hauptanhydrit) wird eine Minimalgröße von etwa 200 m<sup>3</sup> und eine Maximalgröße von rund 2.500 m<sup>3</sup> abgeschätzt (NOWAK et al. 2002: S. 30).

Die bislang im Rahmen der Salzstockerkundung angetroffenen Laugenvorkommen standen unter petrostatischem Druck. Die Messergebnisse sind nach BORNEMANN et al (2008, S 179) hinreichend für den Nachweis eines abgeschlossenen Reservoirs und dienen als Beleg dafür, dass keine Verbindung zum Aquifer außerhalb des Salzstocks besteht. Messungen des tatsächlichen Gebirgsdruckes sind aber nicht erfolgt.

Art, Genese und Alter von Salzlösungen innerhalb des Salzstocks müssen jedoch von Fall zu Fall analytisch verifiziert werden. Es ist im Rahmen einer Langzeitsicherheitsanalyse nicht zulässig, von den bislang gefundenen und analysierten Lösungsvorkommen auf die Gesamtheit des Salzstocks zu schließen. Die Tatsache, dass die Mehrzahl der Salzbergbaue abge-soffen ist, sollte -auch wenn es sich im Falle Gorleben nicht um ein Salz-Gewinnungsbergbau handelt- zu vorsichtigeren Aussagen Anlass geben. Lösungsreservoirs mit Anbindung an Aquiferhorizonte im Deckgebirge können nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Im Falle einer tatsächlichen Zerblickung des Hauptanhydrits, bei der die einzelnen Schollen isoliert voneinander in einer Matrix von umhüllenden Steinsalz schwimmen sollen (KELLER 2007: S. 37) ist es durchaus möglich, dass in einer Scholle alte „Urlaugen“, d.h. Restlösungen aus konzentriertem Zechstein-Meerwasser und Metamorphoselösungen aus der Entstehungsgeschichte des Salzstocks enthalten sind (hier herrschen dann petrostatische Drücke vor) während in einer anderen Scholle hydrostatische Drücke in den Speicherräumen existieren, die dann auf einen Kontakt zu den hangenden grundwasserführenden Schichten deuten. Es müsste somit von Scholle zu Scholle der

Nachweis erbracht werden, dass in ihren Hohlräumssystemen petrostatische Druckverhältnisse existieren.

Die Annahme, dass der Bereich des Hauptsalzes nahezu frei von Lösungsvorkommen ist, die untereinander nicht vernetzt sind, ist, auch wenn infolge der sehr intensiven salztektonischen Beanspruchung und der damit verbundenen Homogenisierung des für die Endlagerung vorgesehenen Hauptsalzes (z2HS) nicht mit vergleichbaren Größenordnungen wie im Hauptanhydrit gerechnet werden kann, sehr optimistisch. Eine Übersicht über die bislang im und unter der Salzstruktur Gorleben-Rambow angetroffenen Gas- und Kondensatvorkommen ist in SCHNEIDER (2011) enthalten.

Wird allein für den bislang erkundeten, für die Endlagerung von HAW vorgesehenen Bereich des EB 1 (ausschließlich z2HS1 und z2HS2) von einer Grundfläche von rund 315.000 m<sup>2</sup> und einer Mächtigkeit von 150 m (840 m-Sohle bis 990 m-Sohle) ausgegangen (insgesamt 47.250.000 m<sup>3</sup> Gesamtvolumen), entspricht das durch Strecken (Querschlag West und Ost und nördl. Richtstrecke; Gesamtlänge ca. 1580 m; Querschnittsfläche 21 m<sup>2</sup> (PTB 1982)) und Bohrungen (Bohrkerndurchmesser ca. 10 cm, Gesamtlänge ca. 1.500 m) tatsächlich auf-geschlossene Volumen des Hauptsalzes (33.200 m<sup>3</sup>) lediglich 0,07%. Es verbleibt somit viel Volumen (99,93%) für unliebsame Überraschungen. Im Vergleich zum gesamten Salzstock ist der derzeitige Kenntnisstand noch um Größenordnungen kleiner als 0,07%.

Die Feststellung, dass die geringen Lösungsvorkommen im Hauptsalz untereinander nicht vernetzt sind und dies auch für die im zentralen Teil des Hauptsalz auftretenden Kohlenwasserstoffvorkommen gilt, mag für einen intakten, in seinem natürlichen Umfeld belassenen Steinsalzkörper aus dem z2-Hauptsalz Gültigkeit haben.

Sie gilt jedoch nicht mehr, wenn z.B.

- a) in dem Steinsalzkörper Hohlräume geschaffen werden und diese infolge Konvergenz (zufließendes Salz von außen) sukzessive wieder zuwachsen.
- b) in den mit Lösungen, Kondensaten oder Gasen gefüllten, zuvor unvernetzten Hohlräumen (hier sind kleine, blasenförmige Hohlräume in der Steinsalzmatrix gemeint) die Drücke soweit ansteigen, dass der Gesteinsverband aufgesprengt wird.
- c) der innere Zusammenhalt des Gesteinsverbandes (hier die Bindungskräfte zwischen den einzelnen Salzkristallen) durch äußere Einflüsse (z.B. Wärmeeintrag) reduziert wird.

Sie gilt dann erst recht nicht mehr, wenn Kombinationen der o.a. Ereignisse vorliegen oder gar alle drei Varianten gleichzeitig auf den Steinsalzkörper wirken.

### **Im Beispielfall a**

kommt es im Umfeld des aufgefahrenen Hohlräume zu Auflockerungen des Gesteinsverbandes, die zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit (Permeabilität) um mehrere Größenordnungen führen kann (POPP 2002), während die Porosität nicht im gleichen Maßstab zunimmt. Die Erhöhung der Permeabilität ist insbesondere im Hinblick auf die Durchlässigkeit für Gase von besonderer Bedeutung. Für die Durchlässigkeit von Fluiden (z.B. Salzlösungen, Kondensate) gewinnt hingegen die Porosität (Hohlraumanteil) des durchströmten Gesteinskörpers an Bedeutung.

Die Reichweite der Auflockerungszone (nach vollständigem Zuwachsen des Hohlraums) hängt u.a. von der Querschnittsgröße des aufgefahrenen Hohlraums und den Material-eigenschaften des umgebenden Gesteins ab.

Bei einem Hohlraumquerschnitt von ca. 21 m<sup>2</sup> (Querschnittsfläche der untertägigen Erkundungsstrecken im Salzstock Gorleben) liegt die Reichweite der Auflockerungszone infolge der Druckentlastung und beginnenden Konvergenz sehr wahrscheinlich im Meter bis 10er-Meter-Bereich.

### Der Beispielfall b

kann eintreten wenn **sich** z.B. infolge einer Temperaturerhöhung die in den kleinen, blasenförmigen Hohlräumen eingeschlossenen Gase und Flüssigkeiten ausdehnen bzw. wenn im Hohlraum eingeschlossene Fluide in die Gasphase übergehen (z.B. aus 1 l Wasser können 1.700 l Dampf erzeugt werden). Je dichter die gas- /fluidgefüllten Hohlräume beieinander liegen desto eher werden die zwischen ihnen liegenden Gesteinsbereiche dem wachsenden Druck nicht mehr standhalten können. Die sogenannte Dilatanzgrenze des Salzkörpers ist dann überschritten. Die Entwicklung eines –meist anisotropen (=ungeregelten) Mikro-rissnetzwerkes von Hohlraum zu Hohlraum wird dann solange fortschreiten bis ein Druckausgleich geschaffen ist oder aber durch Gesteinsbereiche mit einer höheren Dilatanzgrenze eine weitere Ausdehnung des Rissnetzes behindert wird.

POPP (2002) hat bei geomechanischen Kompressionsversuchen an Steinsalzproben aus dem Salzstock Gorleben (Endlagersalz; z2HS) festgestellt, dass die Permeabilität von Steinsalz bei mechanischer Beanspruchung von „ursprünglich nicht messbarer Permeabilität ( $<10^{-20}$  m<sup>2</sup>) um mehrere Größenordnungen bis auf  $10^{-15}$  m<sup>2</sup> zunehmen kann.“

Eine Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (Abb. 5 in POPP 2002) zeigt bis zu 3 mm lange Mikrorisse, die bei einem Kompressionsversuch an einer Probe aus dem Orangesalz (z3OS) vom Salzstock Gorleben entstanden sind. Bemerkenswert an dieser Aufnahme ist, dass sie lediglich das Porenraumskelett abbildet, das nach Tränkung der belasteten Probe mit Kunstharz und anschließender Auflösung der Steinsalmatrix übrig geblieben ist. Neben den bis zu 3 mm langen und bis zu 0,2 mm breiten, kunstharzgefüllten Mikrorissen ist das Kunstharz offensichtlich auch in die Korngrenzflächen eingedrungen. Deren Öffnungsweite liegt der Aufnahmen nach zu urteilen im Bereich von einigen µm. Es existieren somit neben den Mikrorissen auch noch weitere, wenn auch kleinere Wegsamkeiten für Fluide und Gase.

In Abb. 4 der Arbeit von POPP (2002) sind Permeabilitäts-Porositäts-Diagramme enthalten die aus Kompressionsversuchen an Steinsalzproben bei unterschiedlichen Belastungsbedingungen (2 MPa, 6 MPa; 2,4 MPa, 7,6 MPa) gewonnen wurden. Danach nimmt die Porosität von anfänglich ca. 0,1% (bei einer Permeabilität von  $10^{-19}$  m<sup>2</sup>) nach mechanisch bedingter Auflockerung des Gefüges bei einem Belastungsdruck von 2 MPa (Anwachsen der Permeabilität um 4 Größenordnungen bis auf ca.  $10^{-15}$  m<sup>2</sup>) bis auf ca. 5%, in einer Testreihe sogar bis auf 10% zu. Wegsamkeiten für Gase, Fluide etc. sind somit definitiv geschaffen worden.

Die sowohl gasgefüllten, als auch fluidgefüllten Hohlräume sind im Hauptsalz des Einlagerungsbereiches in einer nicht vorhersehbaren, keiner bislang bekannten Gesetzmäßigkeit unterliegenden räumlichen Anordnung verteilt. Dies ist und war von vornherein auch nicht zu erwarten.

FISCHER (2001) hat an Kernen aus dem Hauptsalz des Salzstocks Gorleben gefügekundliche Untersuchungen zur Verteilung von Kohlenwasserstoffen (KW) durchgeführt. Dabei wurden nach

vorangegangener UV-Bemusterung der Kerne (KW-haltige Partien im Salz fluoreszieren bei Bestrahlung mit UV-Licht) Kernabschnitte mit

- keiner bis geringer Fluoreszenz
- deutlicher Fluoreszenz
- und starker Fluoreszenz

unterschieden.

Bei den gering bis deutlich fluoreszierenden Kernabschnitten sind 20 bis 267 Mikro-hohlräume und im stark fluoreszierenden Bereich bis zu 532 Mikrohohlräume je cm<sup>3</sup> Salz-gestein gezählt worden. Mittels Rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen konnten auch die Volumina der Hohlräume ermittelt werden.

Als Mindestvolumen je m<sup>3</sup>-Steinsalz ist ein KW-Volumen von 250 ml ermittelt worden. Es wird vermutet, dass ein Großteil der ursprünglichen Hohlraumfüllung bereits bei der Probenahme (beim Bohrvorgang mit Druckentlastung/Auflockerung des ursprünglich unter petrostatischem Druck stehenden Steinsalze) und bei der Probenaufbereitung verloren-gegangen ist. Weitere Verluste sind sicherlich im Verlauf der z.T. langen Lagerzeiten der Bohrkerns eingetreten. POPP et al. (2002) halten KW-Volumina von 1,25 l bis 2,5 l/m<sup>3</sup> für möglich.

Hohlraumfreie Bereiche im untersuchten Kernmaterial hat es offensichtlich nicht gegeben. Neben den mit der UV-Methode nachweisbaren, mit KW-Gasen und/oder -kondensaten gefüllten Hohlräumen im zHS werden aber auch KW-freie, nicht durch die UV-Kartierung erkennbare Hohlräume vorhanden sein, die stattdessen mit Inertgasen wie Stickstoff, Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid gefüllt sind. Die Beschränkung auf die KW-gefüllten Hohlräume ist eben nur die halbe Wahrheit.

Die Druckerhöhung in einem abgeschlossen, gasgefüllten Hohlraum kann mit der allgemeinen Gasgleichung  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ,  $P_2 = \frac{P_1 * T_2}{T_1}$ .

P<sub>1</sub> = petrostatischer Druck im Hohlraum;

P<sub>2</sub> = Druck nach Aufheizung

T<sub>1</sub> = aktuelle Gebirgstemperatur 840 m-Sohle

T<sub>2</sub> = Temperatur nach Einlagerung von HAW

rasch abgeleitet werden. Diese ist für nahezu alle Gase gleichermaßen gültig.

Wird davon ausgegangen, dass im Bereich der 840 m-Erkundungssohle ein gasgefüllter Hohlraum unter einem petrostatischen Druck von ca. 18,5 MPa steht und durch die Einlagerung der HAW eine Temperatursteigerung von derzeit etwa 30 °C auf 200°C erfolgt, ergibt sich im Hohlraum ein Druck P<sub>2</sub> von

$$P_2 = \frac{18,5 \text{ MPa} * 200 \text{ °C}}{30 \text{ °C}} = 123,3 \text{ MPa.}$$

Dies ist eine Druckzunahme um annähernd das 7-fache und entspricht einem petrostatischen Druck wie er erst in einer Tiefe von ca. 5.600 m (bei Salzgestein) auftreten würde. Die Bildung von Rissen im Gesteinsverband ist zu erwarten.

Bei fluidgefüllten Hohlräumen hängt die Druckzunahme vom Volumenausdehnungs-koeffizienten der jeweiligen Flüssigkeit ab. Der Koeffizient ist sowohl temperatur- als auch stoffabhängig und kann in weiten Grenzen schwanken (z.B. Wasser:  $0,21 \cdot 10^{-3}/K$ ; Benzol:  $1,23 \cdot 10^{-3}/K$ ).

Im Gegensatz zu Gasen sind Flüssigkeiten kaum bis nicht kompressibel und es können mit Einsatz kleiner Kräfte große Kräfte mobilisiert werden (Prinzip Hydraulikbagger).

### **Eine Vernetzung nach dem Beispielfall c**

wenn der innere Zusammenhalt des Gesteinsverbandes -hier die Bindungskräfte zwischen den einzelnen Salzkristallen- durch äußere Einflüsse wie z.B. Wärmeeintrag reduziert wird, ist nach POPP (2002, S. 127) ebenfalls gegeben. „Die Erhöhung der Temperatur begünstigt die plastische Verformbarkeit der Steinsalzmatrix und führt zu mehr Duktilität... Dieser Effekt ist bei niedrigem Druck stärker ausgeprägt. Das generelle Einsetzen von Rissbildung ist davon aber unabhängig.“

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich lediglich auf die Bildungsmöglichkeiten von Vernetzungen von gas- und/oder fluidgefüllten Hohlräumen im Steinsalz, wobei es zunächst unerheblich ist welche Art von Gas (fossile Luft, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S etc.) oder Flüssigkeit (KW-Kondensat, H<sub>2</sub>O etc.) in den Hohlräumen enthalten ist.

Wird allein durch Druckerhöhung in den Hohlräumen die Dilatanzgrenze des umgebenden Salzgesteins überschritten, wird es zur Bildung von Mikrorissen mit Erhöhung der Permeabilität und Porosität kommen. Das Aufplatzen von Einschlüssen bei Temperaturerhöhung (Dekrepitation) ist schon seit langem bekannt und in der –jedoch von BGR, GRS und DBE offensichtlich nicht zur Kenntnis genommenen- Fachliteratur beschrieben (SCOTT 1948, ROEDDER 1984, zit. in GÖTZINGER 1991). Mikrorissbildung bereits vor Erreichen der Dilatanzgrenze haben HUNSCHE et al (2003) im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojektes festgestellt.

Die Auflockerung wird zunächst im Nahbereich der Wärmequellen (HAW) einsetzen und sich mit Ausdehnung der Wärmefront immer weiter in den Gesteinskörper fortsetzen. Diese Entwicklung hat das bei Aufheizversuchen in der ASSE beobachtete „scheinbare“ Phänomen der Wanderung von Lösungen auf die Wärmequelle zu zur Folge.

Vergleichbare Beobachtungen bei Aufheizversuchen wurden in einem Salzstock in den USA gemacht (KRAUSE 1983, zit. in HERRMAN 1988). Die Permeabilität hat sich bei diesem Versuch um 4 Größenordnungen erhöht. Als Wegsamkeiten für die Lösungen werden Mikrorisse (micro cracks) angenommen. Die Migrationsgeschwindigkeit betrug 0,57 cm/Jahr. Bezogen auf die Verhältnisse des Salzstocks Gorleben würde dies bedeuten, dass die „Barriere Salzstock“ zwischen der Erkundungssohle (840 m u.GOK) und dem Salzspiegel (hier Direktkontakt mit der Gorlebener Rinne bei ca. 315 m u.GOK (-292 mNN) in ca. 92.000 Jahren, also einem Zehntel des für eine Langzeit-Sicherheitsanalyse zugrunde zulegenden Sicherheitszeitraum, durchwandert wird.

Durch die Bildung von vernetzten Wegsamkeiten fließen die Lösungen entweder der Gravitation folgend von oben nach unten oder sie werden wegen des ihnen ursprünglich auferlegten petrostatischen Drucks dem Gefällegradienten entsprechend in Richtung des geringeren Druckes (im Umfeld des HAW-Gebindes) abwandern.

Mit Fortschreiten der Wärmefront können die vernetzten Wegsamkeiten auch bis in von der Wärmequelle weiter entfernte Salzstockareale vorgerückt sein, so dass der Druckgradient nicht mehr in Richtung Wärmequelle gerichtet ist sondern in Richtung anderer Schwachstelle im

Salzstock mit niedrigerem petrostatischem Druck (gashaltige Kaliflöze –Knistercarnallit-, Hauptanhydrit, tief reichende Frostrisse etc.).

Neben den oben beschriebenen Möglichkeiten des Vernetzung und Abwanderung von Gas-, Lösungs- und Kondensatvorkommen gibt es nach ANTONOV, GLADYSCHewa & KOSLOW (1958) aber auch ernst zu nehmende Hinweise auf die Diffusion von Kohlenwasserstoffen durch Steinsalz.

## **2.4 Chemisches Gleichgewicht zwischen Wirtsgestein und darin enthaltenen Lösungen**

ISIBEL geht davon aus, dass sich das Wirtsgestein im chemischen Gleichgewicht mit darin enthaltenen Fluiden befindet und dass im einschlusswirksamen Gebirgsbereich keine von außerhalb des Salzstocks eingedrungenen Grundwässer enthalten sind. Die Begründungen für diese Aussage sind in KELLER (2007) enthalten.

Abgesehen von dem bereits oben angeführten minimalen Kenntnisstand über das Lösungs- Gas- und Kondensatinventar im Salzstock Gorleben (<0,07%), der eine pauschalierte Übertragung von Untersuchungsbefunden auf den ganzen Salzstock zumindest für Teil-aspekte zweifelhaft erscheinen lässt, mag die obige Aussage für den Ist-Zustand des Salzstocks Gorleben im Umfeld des Erkundungsbereiches 1 zutreffend sein.

Die Begründungen für die o.a. Aussage reichen aber für den im Titel der KELLER-Arbeit mit aufgeführten Anspruch „Langzeitanalyse für ein HAW-Endlager im Salz“ bei weitem nicht aus. Für eine Langzeitanalyse sind die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Wirtsgestein und den darin enthaltenen flüssigen und gasförmigen Einschlüssen bei Veränderungen der Milieubedingungen von eminenter Bedeutung und bislang in keinsten Weise zufriedenstellend untersucht. Auch die Auswirkungen der radioaktiven Bestrahlung des Wirtsgesteins und der darin enthaltenen Einschlüsse sind nicht hinlänglich erforscht und beschrieben.

Das in ISIBEL angeführte Gleichgewicht wird durch die Eingriffe in das derzeit relativ stabile System Salzstock in vielfältiger Hinsicht gestört. Neben den bereits oben im Ansatz beschriebenen geomechanischen und thermomechanischen Auswirkungen auf die Integrität des Wirtsgesteins sind geochemische, thermochemische Reaktionen zu erwarten, die zu einer folgenschweren Verschiebung der Gleichgewichtszustände und zu einem Kollaps der Salzbarriere führen können.

So sind z.B. im Zuge einer KW-Freisetzung (z.B. aus den Einschlüssen im z2HS, aus dem Knistercarnallit oder im Extremfall aus den großen Reservoiren in Hauptanhydrit und der sogen. Gorlebenbank) Reaktionen mit Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) möglich, die unter Bildung von Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) zu einer Sulfatreduktion mit einhergehender Volumenausdehnung führt (EHLERT & FREUND 1969).

Hinweise auf diese Reaktionsmöglichkeit oder gar deren Bewertungen im Rahmen einer Sicherheitsanalyse sind in der einschlägigen Endlagerliteratur nicht zu finden und sind auch nicht den Literaturverzeichnissen der beiden ISIBEL-Berichte zu entnehmen. Offensichtlich wurden diese Reaktionsmöglichkeiten, wie so viele andere auch, bislang überhaupt nicht in Betracht gezogen.

Auch die thermische Umwandlung der im Endlagersalz enthaltenen Kohlenwasserstoffe, das sogenannte *cracken* (dieses wurde bislang nur bei der Diskussion um die Herkunft und Genese der im Salzstock angetroffenen KW-Vorkommen mit berücksichtigt) ist eine Möglichkeit der Gleichgewichtsverschiebung. Bei den infolge der HAW-Einlagerung zu erwartenden Temperaturen von bis zu 200 °C sind bei den im Salzstock nachgewiesenen Kohlenwasserstoffen (bis C<sub>35</sub>; GERLING, FABER, WEHNER 2002) thermische Umsetzungen möglich, die mit einer zusätzlichen Methangasbildung verbunden sind. Eine zusätzliche Beanspruchung des Wirtsgesteins infolge anwachsenden Gasdruckes wäre nur eine der daraus resultierenden Folgen.

Auch diese Reaktionsabläufe sind in den bisherigen Sicherheitsüberlegungen nicht umfassend und zufriedenstellend abgearbeitet.

Eine weitere Unsicherheit hinsichtlich der chemischen Gleichgewichte besteht in den Auswirkungen der sogen. Radiolyse infolge der Bestrahlung des Wirtsgesteins durch Gamma-Strahlen. In SCHULZE (2002) wird ausgeführt, dass, wenn Radiolyse im Wirtsgestein stattfinden kann, die Radiolyse von Wasser (Lösungen, Lösungseinschlüssen, Kristallwasser) mit der Bildung von freiem Wasserstoff den dominierenden Beitrag zu Gasbildung und gegebenenfalls zum Gasdruckaufbau liefert. Des Weiteren führt SCHULZE aus, dass es bei der direkten Radiolyse von Steinsalz und/oder von einer gesättigten NaCl-Lösung zur Entstehung von metallischem Natrium (Na-Kolloide) und molekularem Chlorgas kommt. Beides sind hochreaktive Elemente.

SCHULZE verfolgt in seinen weiteren Ausführungen im Wesentlichen die durch Radiolyse bedingte Gasbildung, die zu einem Druckaufbau führen kann. Während es bei der direkten Radiolyse von Steinsalz zur Bildung von ca. 2 Norm-m<sup>3</sup> / 1 m Bohrlochlagerlänge H<sub>2</sub>-Gas kommt, können bei der Radiolyse einer gesättigten NaCl-Lösung bis zu 200 N-m<sup>3</sup>/ 1 m Bohrlochlagerlänge entstehen. Da im Endlagersalz nach BGR-Aussagen keine ungesättigten Salzlösungen zu erwarten sind (wenn ja, wären es höchstwahrscheinlich Wässer aus dem Deckgebirge) ist somit von einer radiolytisch generierten Gasproduktion von bis zu 200 Norm-m<sup>3</sup>/ 1 m Bohrlochlagerlänge auszugehen.

Nicht berücksichtigt wurden weiterhin die Auswirkungen der Radiolyse auf die im Endlagersalz eingeschlossenen KW-Vorkommen sowie die möglichen Reaktionen der dabei entstehenden Spaltprodukte (KW-Radikale) mit den aus der Radiolyse von Steinsalz freigesetzten Halogenen (Chlor, Jod, Brom). Es ist nicht ausgeschlossen, dass hierbei halogenierte, bevorzugt leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) entstehen, deren Umweltrelevanz (Durchdringung von meterdicken Betonböden, Tongesteinen etc.) hinlänglich bekannt ist.

Wechselwirkungen dieser neugenerierten Stoffe mit dem natürlichen Stoffbestand des Salzstockes und den für die Einlagerung vorgesehenen Abfallstoffen (HAW) sowie die Reaktionsabläufe hierbei sind bislang nicht näher untersucht worden. Unplanmäßig ablaufende, ggfs. sich selbst organisierende und steuernde geochemische Reaktionen im Sinne von ORTELEVA et al. (1987a, b) wurden überhaupt noch nicht ausreichend berücksichtigt.

### 3. Fazit

In der am 14.06.2000 unterzeichneten Vereinbarung der Bundesregierung mit den Unternehmen der Energiewirtschaft wurde u.a. festgelegt, dass die Erkundung des Salzstocks Gorleben „bis zur Klärung konzeptioneller und sicherheitstechnischer Fragen für min. 3, längstens jedoch 10 Jahre unterbrochen“ wird.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hatte hierzu Fragestellungen erarbeitet (die 12 Zweifelsfragen), die grundsätzlich für alle in Deutschland möglichen Wirtsgesteine gelten und geklärt werden müssen.

Im November 2001 wurde die Zielsetzung wie folgt definiert:

*„Zunächst sind konzeptionelle Grundsatzfragen zu klären und Sicherheitskriterien sowie das Auswahlverfahren mit den dazugehörenden Kriterien zu entwickeln und festzulegen... eine Gorleben-spezifische Bearbeitung der Fragen ist erst anschließend sinnvoll.“*

Die kritische Auseinandersetzung mit den beiden ISIBEL-Berichten macht deutlich, dass auch mehr als 10 Jahre nach der o.a. Vereinbarung wesentliche, über den Themenkreis „Gorleben“ hinausgehende konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen offen und ungeklärt sind. Auf diese Unzulänglichkeiten der Endlagerforschung ist von SCHNEIDER (2009, S. 39) schon vor Beendigung des Gorleben-Moratoriums hingewiesen worden.

#### **Die Zeit ist nicht genutzt worden.**

In KELLER (2007) werden in leichtsinniger und unverantwortlicher Weise für die Langzeitanalyse für eine HAW-Endlager im Salz und das Geologische Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz keinerlei offene Fragen aufgeworfen und kein weiterer Forschungsbedarf benannt.

In dem Zusammenfassenden Abschlussbericht von GRS, BGR und DBE (2008) wird immerhin für Teilaspekte des Endlagerszenarios „Salz“ ein zusätzlicher Forschungsbedarf gesehen.

So wird weiterer Bedarf in den Bereichen „Integritätsnachweis der geologischen und der technischen Barriere“, „Gastransport und Freisetzungsprozesse im Grubengebäude“ und „Betriebssicherheit“ benannt.

Die Liste der noch zu klärenden bzw. bislang ungenügend oder nur teilweise beantworteten Fragen lässt sich, wie in den voranstehenden Kapiteln dargelegt, problemlos fortführen.

Einem Großteil der offenen Fragen ist gemein, dass sie geklärt werden müssen, bevor die Entscheidung für das Wirtsgestein „Salz“ getroffen werden kann, denn Klüfte, Risse, Lösungen, Gase, Kohlenwasserstoffe gehören zum normalen Stoffbestand von Salzlagerstätten (flach gelagert oder in Salzstöcken). Vorkommen, Größe, Ausdehnung, Zusammensetzung etc. folgen jedoch nicht immer bekannten Gesetzmäßigkeiten.

Den sicherlich vorhandenen positiven Eigenschaften eines Endlagermediums Salz sind andererseits mindestens ebensoviel negative entgegen zu setzen.

Solange die alte Salzscheule, die schon 1990 der Ansicht war, dass weitere Arbeiten zum Kriech- und Festigkeitsverhalten von Steinsalz und Carnallit nicht mehr nötig seien (BfS 1990), federführend in Auswahl, Durchführung, Auswertung und Bewertung von erforderlichen Grundlagenuntersuchungen ist und solange Forschungsergebnisse nur in internen Kreisen zirkulieren und nicht veröffentlicht werden, wird es keine transparente und von einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit mitgetragene Endlagerforschung geben.

Solange in den vorherrschenden Endlagerinstitutionen und –institutionen dieselbe alte Salzscheule dominant ist, wird die Politik keine objektive Beurteilung und Bewertung und somit keine sachlich fundierte Grundlage für eine von der Öffentlichkeit mitgetragene politische Entscheidung an die Hand bekommen.

Solange nicht alle wesentlichen konzeptionellen und sicherheitstechnischen Fragen einer untertägigen Einlagerung von HAW in Salz geklärt sind, ist jede Weiterführung der untertägigen Erkundung des Salzstocks Gorleben über den derzeitigen Stand hinaus überflüssig, sinnlos und ein Affront gegen die Öffentlichkeit.

Die bereits seit langem bekannten Negativbefunde wie z.B.

- Soleaufstiegswasser in der Elbeniederung,
- Fehlendes Deckgebirge mit abschirmenden Eigenschaften
- Hydraulischer Kontakt der Gorlebener Rinne mit dem Endlagersalz
- Selektive Subrosion des Kaliflöz
- Scheitelstörungen
- Laugen- und Gaszutritte in den Tiefbohrungen
- Gasprobleme bei den Schachtvorbohrungen
- Großflächige Gasvorkommen im Untergrund mit Gasförderung in Wustrow und Gasexplosion bei Lenzen
- Gas-, Kohlenwasserstoff- und Kondensateinschlüsse im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Hauptsalz –z2Hs) des Salzstocks Gorleben

sind jeder für sich und in der Summe erst recht Ausschlusskriterien für den Salzstock Gorleben.

Diese können auch nicht durch Modellrechnungen beseitigt werden. Dies erst recht nicht, wenn bereits die Eingangsparameter für die Modellrechnungen nicht belastbar bzw. sogar falsch sind.

Kiel/Kothendorf, den 12.09.2011

(Ulrich Schneider)

**LITERATUR- SCHRIFTENVERZEICHNIS**

- ANTONOW, P.L., GLADYSCHewa, G.A. & KOSLOW, W.P. (1958): Die Diffusion von Kohlenwasserstoffgasen durch Steinsalz.- Zeitschr. f. angew. Geologie, Heft 8, S387-388.
- BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (1990): Schreiben vom 07.11.1990 an die BGR, z.H. Herrn Dr. Jaritz.
- BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2002): Verzeichnis der Vorkommen salinärer Lösungen im Erkundungsbergwerk Gorleben sowie in einigen Bereichen des Salzstocks Gorleben (Lösungsverzeichnis Gorleben).; Salzgitter.
- BUNDESANSTALT für GEOWISSENSCHAFTEN und ROHSTOFFE (1991): Interner Schriftverkehr BGR-Berlin / BGR-Hannover vom 14.02.1991, Dr. Putscher an B 2, Dr. Venzlaff, 1 S.
- CHEMIA, Z., SCHMELING, H., KOYI, H. (2009): The effect of salt viscosity on future evolution of the Gorleben salt diapir, Germany.- Tectonophysics 473, 446-456.
- DUPHORN, K. (2008): Salzstock Gorleben.- Wendlandlexikon, Band 2, L-Z; S325-334, 3 Abb.; Schriftenreihe des heimatkundl. Arbeitskreises Lüchow-Dannenberg, Band 13.
- ELERT, K.-H., FREUND, W. (1969): Untersuchungen zum Auftreten von feindispers verteilten Kohlenwasserstoffen im Kaliflöz „Staßfurt“. Bergakademie, 21. Jg., Heft 10, S. 584-589.
- FISCHER, M. (2001): Gefügekundliche Untersuchung von Steinsalz im Hinblick auf die Verteilung und Bindungsform von Kohlenwasserstoffen und die Bestimmung des Volumenanteils der Kohlenwasserstoff-Einschlüsse.- Dipl.-Arb. Univ. Kiel
- GDF SUEZ E&P DEUTSCHLAND GmbH (2010): Lüchow Z1 –Geologisches Profil, Bohrung zur Erschließung zusätzlicher Erdgasreserven im Bereich der Rotliegend Sandsteine in einer vertikalen Tiefe von ca. 3.400 m. Lingen (Ems).
- GLUSKO, V. V., DIRKENSTEIN; G. CH., SCHMIDT, K., GOLDBECHER, K. (1976): Zur tektonischen Rayonierung des Nordteils der DDR nach dem Alter des gefalteten Untergrunds.- Jb. Geol. Bd. 7/8, S. 9-16, 1 Abb., 24 Lit., Berlin.
- GÖTZINGER; A. (1992): Einschlüsse in Mineralen – eine Mikrowelt, die Aussagen zur Mineralentstehung ermöglicht.- Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, Bd. 130/31, Wien
- GRS, BGR, DBE-Technology GmbH (2008): Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW – ISIBEL, Peine.

- HERRMANN, A. G. (1988): Gase in marinen Evaporiten.- PTB informiert, Fachbeiträge zur Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle: 2: 33 S.; Braunschweig.
- HUNSCHE, U., SCHULZE, O., WALTER, F., PLISCHKE, I. (2003): Projekt Gorleben, Themomechanisches Verhalten von Salzgestein.- Abschlussbericht. BGR-Bericht 0123873, [Unveröff.]
- KELLER, S. (2007): Langzeitsicherheitsanalyse für ein HAW-Endlager im Salz. –Geologisches Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz-. Technischer Bericht Beitrag für das Projekt ISIBEL, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- KAPUSTIN, I. N. (1971): Die Rolle des tektonischen Faktors bei der Bildung der Salzkuppelstrukturen, Dargestellt am Beispiel der Norddeutschen Senke.- Zeitschrift f. angewandte Geologie, Bd. 17., Heft 11, 454-461.
- NOWAK, T., WEBER, J. R. & BORNEMANN, O. (2002): Gas- und Lösungsreservoir im Salzstock Gorleben.- BGR-Bericht, Arch. Nr. 121 756: 71 S., 44 Abb., 11 Tab.; Hannover.- [Unveröff.]
- ORTOLEVA, P., MERINO, E., MOORE, C., CHADAM, J. (1987): Geochemical self-organization I, reaction-transport-feedbacks and modelling approach.-American Journal of Science 287, 979-1007, Bloomington, Indiana.
- ORTOLEVA, P., CHADAM, J., MERINO, E., SEN, A. (1987): Geochemical self-organization II, the reactive-infiltration instability.- American Journal of Science 287, 1008-1040, Bloomington, Indiana.
- POPP, T. (2002): Transporteigenschaften von Steinsalz –Modellierung der Permeabilitäts-Porositäts-Beziehung.- Meyniana, 54: 113-129, 7 Abb.; Kiel.
- RÖCKEL, TH., LEMPP, CHR. (2003): Der Spannungszustand im Norddeutschen Becken.- Erdöl, Erdgas, Kohle, 119. Jg., H. 2; Hamburg-Wien.
- SCHNEIDER, U. (2009): Expertise zum Salzstock Gorleben:- Der aktuelle Kenntnisstand im Lichte der aktuellen Ereignisse bei der ASSE II. Im Auftrag der Fraktion Die Linke im Niedersächsischen Landtag, Hannover.
- , (2010): Erdgas- und Kondensatvorkommen in Salz, speziell im Salzstock Gorleben Rambow.- Literaturstudie im Auftrag von Greenpeace Deutschland e.V.
- SCHULZE, O. (2002): Auswirkung der Gasentwicklung auf die Integrität geringdurchlässiger Barrieregesteine.- BGR-Bericht: 142 S., 27 Abb., 4 Tab., Anh. A-G; Hannover. [Unveröff.]

SIEBERT, W. (1971): Abschlussbericht über die erdölgeologischen Untersuchungsarbeiten auf der Z-Struktur Rambow. (Strukturbericht Rambow – Suche und Forschung). VEB Erdöl und Erdgas Grimmen,

WOLFGRAMM, M. (2002): Fluidentwicklung und Diagenese im Norddeutschen Becken – Petrografie, Mikrothermometrie und Geochemie stabiler Isotope. Diss. Uni Halle, Wittenberg, 170 S, 10 Fototaf., 20 Anh.

ZIRNGAST, M. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Salzstocks Gorleben –Ergebnis einer struktureologischen Bearbeitung-. Geol. Jb., A 132, 3-31, 17 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover.