

**ZUSAMMENFASSUNG DER
GEOLOGISCHEN GRUNDLAGEN FÜR
DIE LANGZEITSICHERHEITS-
BEWERTUNG DER
SCHACHTANLAGE ASSE II**

Auftraggeber: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und
Gesundheit GmbH Forschungsbergwerk Asse
Am Walde 2
38319 Remlingen

Auftragnehmer: *ERCOSPLAN* Ingenieurgesellschaft
Geotechnik und Bergbau mbH
Arnstädter Straße 28
99096 Erfurt

und: Dr. Hans-Joachim Franzke
Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie
Leibnizstraße 10
38678 Clausthal-Zellerfeld
Dr. Arnold Schwandt
Hasenwende 23
99089 Erfurt

Projektnummer: EGB 03-003

Erfurt, den 16.06.04



Dr. Henry Rauche

INHALT

1	Veranlassung und Zielstellung der zusammenfassenden Darstellung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse	7
2	Methodisches Vorgehen und Datenbasis für die Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse	8
2.1	<i>Methodisches Vorgehen</i>	8
2.2	<i>Wertung der Datenbasis</i>	9
3	Der regionalgeologische Rahmen der Salzstruktur Asse: Das Subhercynische Becken und der SE-Abschnitt des Niedersächsischen Beckens (Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone)	11
3.1	<i>Indikationen zum präsalinaren Strukturbau</i>	13
3.2	<i>Struktureller Bau des postsalinaren Deckgebirges</i>	15
3.3	<i>Sedimentation und Tektonik im postsalinaren Deckgebirge</i>	17
4	Die Salzstruktur Asse-Heeseberg mit ihrem nördlichen und südlichen Vorland	23
4.1	<i>Das tektonische Inventar der Salzstruktur Asse-Heeseberg</i>	25
4.2	<i>Stratigraphie und Lithologie der Schichtenfolge</i>	30
4.2.1	<i>Zechstein (Oberperm, Paläozoikum)</i>	30
4.2.2	<i>Mesozoikum</i>	36
4.2.3	<i>Känozoikum</i>	46
4.3	<i>Subrosion der salinaren Schichtenfolge und Verbreitung der Residualgesteine</i>	47
4.4	<i>Regionale Aspekte der Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik</i>	49
4.4.1	<i>Infiltrations- und Exfiltrationsgebiete</i>	52
4.5	<i>Hydrogeologische Parameter der suprasalinaren Schichtenfolge</i>	53
5	Das geologische Inventar im Bergwerk Asse 2 und seinem unmittelbaren Umfeld	56
5.1	<i>Lagerungsverhältnisse der im Grubengebäude Asse 2 aufgeschlossenen salinaren Schichtenfolge</i>	59
5.2	<i>Montanhydrogeologische Aspekte und Lösungszutritte zum Grubengebäude Asse 2</i>	61
5.2.1	<i>Salzlösungszutritte im Bereich der Schachtröhre</i>	63
5.2.2	<i>Salzlösungszutritte aus Hauptanhydritschollen</i>	65
5.2.3	<i>Salzlösungszutritte aus dem Anhydritmittelsalz im nordöstlichen Teil des Grubengebäudes</i>	66
5.2.4	<i>Salzlösungszutritte aus dem Leine-Salz</i>	68
5.2.5	<i>Salzlösungszutritte im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz</i>	71
5.2.6	<i>Salzlösungszutritte im Bereich der Südflanke der Asse-Struktur</i>	79
	Zusammenfassung	86
	Literatur	87

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Übersichtskarte des Subhercynen Beckens, der Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone und des östlichen Niedersächsischen Beckens; vereinfachte Zusammenstellung nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und BEUTLER (2002; [9])	12
Abbildung 2	Stratigraphie und Lithologie der Schichtenfolge in der Schöppenstedter und der Remlinger Mulde (zusammengestellt nach BOIGK (1957; [11]), APPEL (1971; [1]), MICHAEL & PAPE (1971; [75]), KLARR (1981; [63]), PAUL & KLARR (1988; [79]), BATSCHKE ET AL. (1994; [5])	22
Abbildung 3	Bruchstörungen im Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg	24
Abbildung 4	Stratigraphie, Lithologie und hydrogeologische Charakteristik der Schichtenfolge in der Schöppenstedter Mulde, der Salzstruktur Asse und der Remlinger Mulde, (zusammengestellt nach BOIGK (1957) [11], APPEL (1971) [1], MICHAEL & PAPE (1971) [75], KLARR (1981) [63], PAUL & KLARR (1988) [79], BATSCHKE ET AL. (1994) [5])	50
Abbildung 5	Vereinfachte Übersichtskarte zur hydrogeologischen Situation im weiteren Umfeld der Salzstruktur Asse	51
Abbildung 6	3D-Darstellung der Teufenlage Oberkante Salinar (in m NN)	57
Abbildung 7	Geologischer Schnitt durch den Zentralteil des Grubengebäudes Asse 2 (zusammengestellt nach KOCKEL 1991, [67]; BALDSCHUHN ET AL. 1996, [2]; und WALLMÜLLER 2001, [107])	58
Abbildung 8	Entwicklung des Volumens der im Bereich der 750-m-Sohle aufgefangenen Lösungen im Vergleich mit den dokumentierten Zutrittsereignissen der Kaliabbau 13 West und 14 West	75
Abbildung 9	Seigerriss mit Eintragung der projizierten Zutrittsstellen im Bereich der Südflanke (nach Betriebunterlagen)	81
Abbildung 10	Entwicklung der Zutrittsraten an der Südflanke der Salzstruktur Asse	83
Abbildung 11	Schematische Darstellung der Fließwege an der Südflanke des Grubengebäudes Asse 2, dargestellt in einem geologischen Schnitt durch den Zentralteil des Grubengebäudes Asse 2 (nach STOCKMANN ET AL. 2001, [102])	85

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Gliederung des Zechstein (zusammengestellt nach: SCHÜTTE (1986; [93]), ESSAID & KLARR (1982; [27]), KLARR, RICHTER-BERNBURG & ROTFUCHS (1987; [65]), DIEM (1985; [20]))	31
Tabelle 2	Stratigraphie und Lithologie des Unteren Muschelkalks im Bereich der Salzstruktur Asse (zusammengestellt nach APPEL 1971, [1]; ESSAID & KLARR 1982, [27]; KLARR ET AL. 1991, [64], WEINBERG 1997, [108]; DIEM 1985, [20])	39
Tabelle 3	Stratigraphie und Lithologie des Mittleren Muschelkalks, dargestellt am Beispiel der Bohrung Remlingen 5 (KLARR ET AL. 1991, [64])	39
Tabelle 4	Stratigraphie und Lithologie des Oberen Muschelkalks (zusammengestellt nach: SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]; PREUSS ET AL. 2002, [81])	40
Tabelle 5	Stratigraphie und Lithologie des Unteren Keupers (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. (1991) [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108])	41
Tabelle 6	Stratigraphie und Lithologie des Mittleren Keupers (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108])	42
Tabelle 7	Stratigraphie und Lithologie des Unteren Jura (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; ESSAID & KLARR 1982, [27]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]; PREUSS ET AL. 2002, [81])	43
Tabelle 8	Stratigraphie und Lithologie der Oberkreide (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM (1985; [20]), SCHÜTTE (1986; [93]), KLARR ET AL. (1987; [65]), ESSAID & KLARR (1982; [27]), BATSCHKE ET AL. (1994; [5]), WEINBERG (1997; [108]), PREUSS ET AL. (2002; [81]))	45
Tabelle 9	Ergebnisse der hydrogeologischen Parameterermittlung für die Gesteine des Buntsandstein in den Bohrungen Remlingen 5 bis 9 (aus: KLARR ET AL. 1991, [64], BATSCHKE ET AL. 1994, [5])	53

Tabelle 10	Ergebnisse der hydrogeologischen Parameterermittlung für die Gesteine des Muschelkalks in den Bohrungen Remlingen 5 bis 8 (aus: KLARR ET AL. 1991, [64])	54
Tabelle 11	Zutrittsstellen von Wässern im Tübingausbau des Schachtes Asse II und deren dokumentierte Zutrittsraten (nach STOCKMANN ET AL. 2001, [102])	65
Tabelle 12	Dokumentierte Zutrittsraten aus dem Bereich der Anhydritmittelbank 4 (nach: STOCKMANN ET AL. 2001, [102])	68
Tabelle 13	Entwicklung der Zutrittsraten im Bereich Zutrittsstelle Querschlag zum Hauptgesenk II West (nach STOCKMANN ET AL. 2001, [102])	73
Tabelle 14	Entwicklung der Zutrittsraten im Bereich der Kaliabbaue 13 und 14 (ERCOSPLAN 2002, [26])	74
Tabelle 15	Zutrittsstellen im Bereich der Steinsalzabbaue an der Südflanke der Asse-Struktur (nach: Schwandt 1992, [95], STOCKMANN ET AL. 2001, [102])	80

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1 Bruchtektonik im Subhercynen Becken und der westlich angrenzenden Umgebung; vereinfachte Zusammenstellung teilweise nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und LUDWIG (1972; [73])
- Anlage 2 NNE-SSW-Schnitt durch das Subhercynen Becken von der Flechtingen-Roßlau Scholle bis zur Harz-Scholle
- Anlage 3 Geologisches Querprofil durch das Subhercynen Becken zwischen Harz-Scholle und Lappwald Scholle; modifiziert nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]: Schnitt 137)
- Anlage 4 Geologisches Querprofil durch das Subhercynen Becken zwischen Harz-Scholle und Weferlingen-Schönebeck-Scholle; modifiziert nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]: Schnitt 138)
- Anlage 5 Geologischer W-E-Schnitt durch das südliche Vorland der Asse-Struktur, von der Südflanke der Struktur Thiede, über den Kern der Struktur Neindorf bis in die Remlinger Mulde
- Anlage 6 Präkretazisch aktives Strukturinventar im nördlichen und westlichen Harzvorland (Alt- und jungkimmerische Tektonik); vereinfachte Zusammenstellung nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und BEUTLER (2002; [9])
- Anlage 7 Oberkretazisch aktives Strukturinventar im nördlichen und westlichen Harzvorland (Inversionsstadium des Santon/Campan); vereinfachte Zusammenstellung nach KOCKEL (1991; [67]), FRANZKE & SCHMIDT (1995; [35]), BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und BEUTLER (2002; [9])
- Anlage 8 Vereinfachter geologischer Längsschnitt durch den Scheitel der Struktur Asse, zusammengestellt nach KOCKEL (1991; [67]), BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und WALLMÜLLER (2001; [107])
- Anlage 9 Detailprofile durch die Salzstruktur Asse-Heeseberg; (a) im Bereich des Schachtes Asse I, (b) des Schachtes Asse II und (c) des Schachtes Asse III (unter Verwendung der Daten von APPEL (1971; [1]), KLARR (1981; [63]), KLARR ET AL. (1987; [65]), WEINBERG (1990; [108]), BATSCHE ET AL. (1994; [5]), BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]), WEINBERG (1997; [108]) und WALLMÜLLER (2001; [107])

1 Veranlassung und Zielstellung der zusammenfassenden Darstellung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse

Im Rahmen des *Projektes Langzeitsicherheit* werden im Forschungsbergwerk Asse (FB Asse) und durch Subauftragnehmer der *GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH* (GSF) verschiedenartige Modellbetrachtungen zur Gebirgsmechanik sowie zur Hydrogeologie und zur Radionuklidenausbreitung angestellt.

Als Teil der Nachweisführung sollen diese Modellrechnungen aufzeigen, dass die im Rahmen der Stilllegung des Bergwerkes konzipierten technischen Maßnahmen eine langzeitsichere Stilllegung des Bergwerkes und damit auch eine hinreichende Isolation der in Teilen des Grubengebäudes versuchsweise eingelagerten radioaktiven Abfälle von der Biosphäre gewährleisten.

Neben anderen Daten beziehen die Modellrechnungen als Eingangsparameter auch eine Reihe von geologischen Daten aus (a) dem weiteren Umfeld der Schachtanlage und (b) dem Grubengebäude sowie seiner unmittelbaren Umgebung ein, die damit für den Langzeitsicherheitsnachweis fundamentale Bedeutung erlangen.

Die diesem Ergebnisbericht zugrunde liegenden Untersuchungen folgten der Aufgabenstellung, aus den im FB Asse vorliegenden und weiteren publizierten Daten diese fundamentalen geologischen Eingangsparameter qualifiziert herzuleiten. Auf diese Weise ist aus der Summe des regionalgeologischen Kenntnisstandes und der standortspezifischen Erkundungsergebnisse eine synoptische und in sich konsistente Darstellung der für die Langzeitsicherheitsbewertung wesentlichen geowissenschaftlichen Grundlagen zu erstellen.

2 Methodisches Vorgehen und Datenbasis für die Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse

Die Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse stellt eine wissenschaftliche Auswertung bereits vorliegender Untersuchungsergebnisse dar, fußt daher - von wenigen Ausnahmen abgesehen - ausschließlich auf Primärdaten und/oder entsprechenden Interpretationen anderer Autoren und Arbeitsgruppen¹.

In diesem Abschnitt sollen zunächst die methodische Vorgehensweise bei der Aus- und Bewertung dieser Datenbasis beschrieben und anschließend die Herkunft und die Nutzbarkeit der Daten im Rahmen der hier zur Rede stehenden Aufgabe diskutiert werden.

2.1 Methodisches Vorgehen

Wegen der unterschiedlichen Maßstäbe der anzustellenden Modellbetrachtungen zur Langzeitsicherheit war es erforderlich, auch die Herleitung, Beschreibung und Dokumentation der geologischen Datensätze in drei verschiedenen räumlichen Bearbeitungsebenen vorzunehmen, die

- als *Fernfeld* den regionalgeologischen Rahmen der Salzstruktur Asse zwischen Subhercynen Becken, der Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone und des östlichen Bereiches der Niedersachsen-Scholle (Abschnitt 3),
- als *Mittelfeld* die Salzstruktur Asse-Heeseberg sowie die nördlich angrenzende Remlinger Mulde und die südlich angrenzende Schöppenstedter Mulde (Abschnitt 4)

sowie

- als *Nahfeld* die geologischen Verhältnisse im Bergwerk Asse 2 und seinem unmittelbaren Umfeld der Schachanlagen Asse I und Asse III (Abschnitt 5)

umfassen.

In diesen Betrachtungsmaßstäben erfolgte

- zunächst eine Analyse der vorliegenden Datensätze, soweit sie für die Betrachtungen zur Langzeitsicherheit von Belang und verwertbar waren

¹ im Folgenden als *Datenbasis* bezeichnet

und

- darauf begründet ihre Synthese zu einem in sich konsistenten synoptischen Modell des geologischen Baus und der geologischen Entwicklung der Salzstruktur Asse (Abschnitt 5).

2.2 Wertung der Datenbasis

Insbesondere über das *Fernfeld* der Salzstruktur Asse existiert eine Fülle von geologischen Untersuchungen, die sich mit Stratigraphie und Tektonik des Salinars und des mesozoisch-känozoischen Deckgebirges auseinandersetzen. Durch die Explorationstätigkeit der Erdölfirmen gibt es neben zahlreichen Bohrungen umfangreiches geophysikalisches Datenmaterial über die Norddeutsche Senke und ihren weiteren Aufgliederungen wie das Niedersächsische Becken oder das Subhercynne Becken.

Wichtige Referenzpunkte für die Teufenextrapolation der Oberflächengeologie stellen die wenigen im südniedersächsischen und die zahlreichen im sachsen-anhaltischen Raum gestoßenen Bohrungen dar. Neben den erwähnten Erdölbohrungen (HOTH ET AL. 1993, [56]) existiert auch eine Anzahl von Kartierungsbohrungen, die das gefaltete Paläozoikum erreichten und weitere Bohrungen, die der Erzprospektion (u. a. Salzgitter- und Quedlinburger Sattel) und der Erkundung von Kalisalzen (u. a. Huy, Ascherslebener Sattel) sowie zur Untersuchung von Standorten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle (Asse, Konrad, Morsleben) dienen.

Die wichtigen geologischen Ergebnisse all dieser Untersuchungen sind in zahlreichen Berichten niedergelegt, größtenteils auch publiziert worden und sind inzwischen in die offiziellen Kartenwerke von Niedersachsen und Sachsen-Anhalt eingegangen. Insbesondere soll hier der von der BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE herausgegebene „Geotektonische Atlas von NW-Deutschland“ (BALDSCHUHN ET AL. 1996, [2]) als wichtigste und flächendeckende Informationsquelle zum Deckgebirgsstockwerk NW-Deutschlands bis einschließlich des Subhercynen Beckens hervorgehoben werden.

Diese Dokumentationen repräsentieren bereits ein synoptisches Modell zum geologischen Bau und wurden im vorliegenden Bericht mit geringfügigen Modifikationen und Ergänzungen als Grundlage zur Einbindung der Salzstruktur Asse in ihren regionalen Rahmen verwendet.

Die für das *Mittelfeld*, also die Salzstruktur Asse und ihre nördlich wie südlich vorgelagerten Muldenstrukturen zur Verfügung stehende Datenbasis unterscheidet sich von der des *Fernfeldes* im wesentlichen nur durch die zusätzlich zur Verfügung stehenden Resultate der zur Standortuntersuchung des Forschungsbergwerkes Asse seit den 90er Jahren des 18. Jahrhunderts durchgeführten Bohrerkundung (Bohrungen Remlingen 1 bis 9, Bohrungen H) und Kartierungsarbeiten. Darüber

Seite 9 von 94

hinaus stehen für diesen Bereich auch begrenzt geologische Daten aus den Grubenauffahrungen bzw. den Erkundungsarbeiten der Bergwerke Asse I und Asse III zur Verfügung.

Die für das *Nahfeld* zur Verfügung stehende Datenbasis resultiert aus den bergmännischen Auffahrungen und den Erkundungsarbeiten im Bergwerk Asse II sowie weiteren, im Bergwerk (Salinar) und den unmittelbar angrenzenden Bereichen (Deck- und Nebengebirge) durchgeführten geowissenschaftlichen Untersuchungen (Spezialkartierungen, reflexionsseismische Untersuchungen).

Diese für das *Mittelfeld* und das *Nahfeld* verfügbaren Informationen wurden im Hinblick auf die Zusammenfassung der geologischen Grundlagen zunächst analysiert und im Falle ihrer Konsistenz als Bausteine in das synoptische Modell und somit in die Dokumentationen einbezogen.

3 Der regionalgeologische Rahmen der Salzstruktur Asse: Das Subhercyne Becken und der SE-Abschnitt des Niedersächsischen Beckens (Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone)

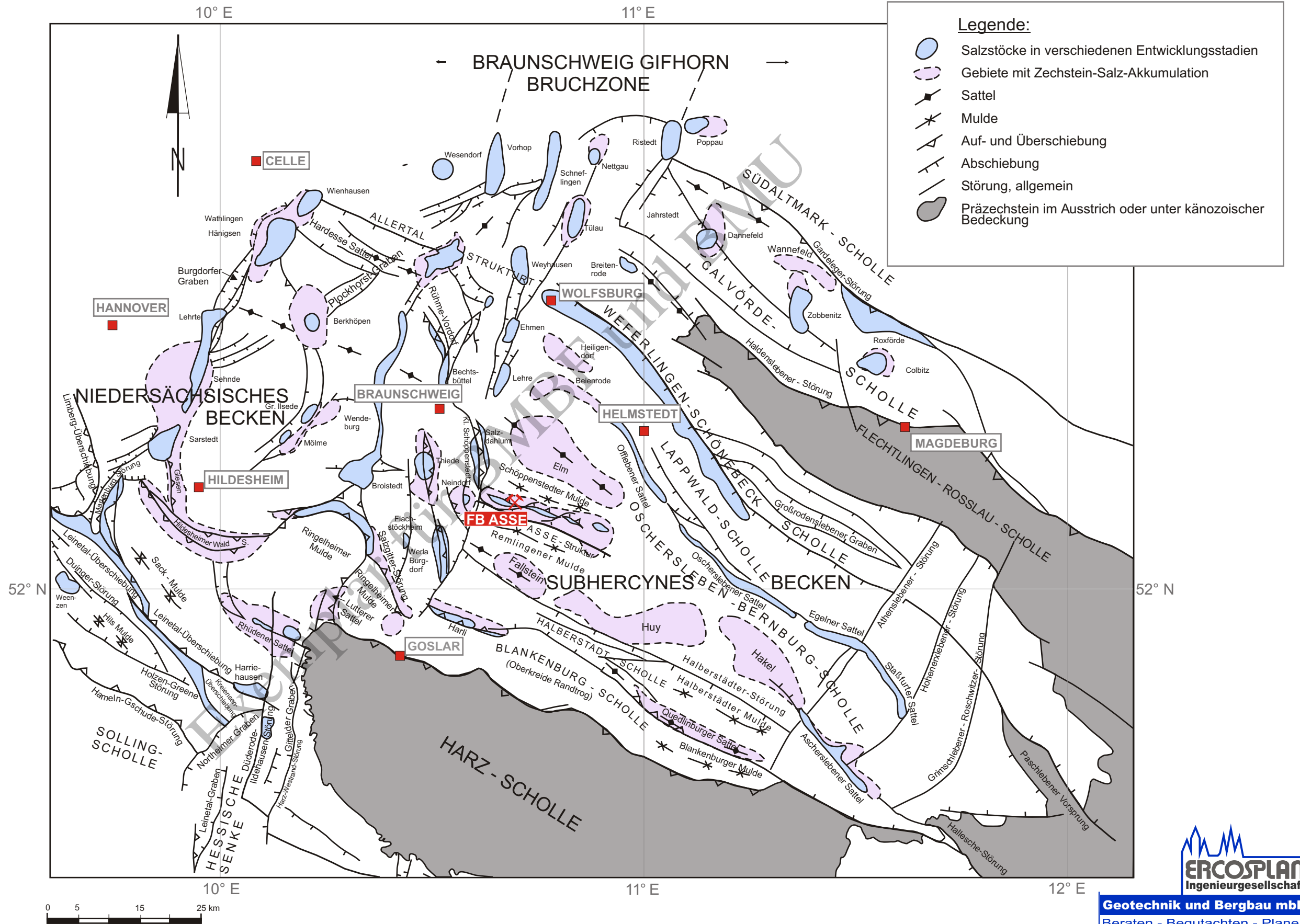
Die Salzstruktur Asse-Heeseberg ist Teil des Subhercynen Beckens (Abbildung 1), dessen südlicher oberkretazisch eingesunkener grabenbruchartiger Randtrog der Hochscholle des Harzes nordöstlich vorgelagert ist. Die Schichtenfolge umfasst hier oberhalb der salinaren Horizonte² des Zechsteins Gesteine der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper), der Jura und der Kreide, die in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes von meist geringmächtigen tertiären und quartären Lockergesteinen überlagert werden.

Der seit der Trias und verstärkt im Jungmesozoikum asymmetrisch gehobene Block des Harzes stellt mit seiner bis zu 2 km breiten Randstörungszone den südlichen Rand des Subhercynen Beckens dar. Im NE grenzt das Subhercyne Becken an die Flechtingen-Roßlau Scholle, die morphologisch als Flechtinger Höhenzug in Erscheinung tritt und eine ebenfalls asymmetrisch gehobene Leistenscholle gefalteten Altpaläozoikums und variszischer Molassesedimente mit eingeschalteten Vulkaniten des Siles und Unterperm repräsentiert (BORS DORF & FREYER 1973, [16]). Im W wird das Subhercyne Becken durch eine breit angelegte SSW-NNE-Strukturzone begrenzt, deren östlicher Rand in der Literatur als Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone (BALDSCHUHN ET AL. 1996, [2])³ bezeichnet wird und deren westlicher Teil die Hessische Senke einschließt, die im Westen am heutigen Harz Scholle vorbeistreicht. Weniger markant ist die Abgrenzung des Subhercynen Beckens im E und SE, wo für die Halle-Hedtstedter-Gebirgsbrücke und der Paschlebener Vorsprung dienen. Diese Strukturen sind der Peißener Mulde und dem Bernburger Hauptsattel vorgelagert.

Die Salzstruktur Asse-Heeseberg reicht mit ihrem westlichen Rand an die Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone heran, die selbst Teil des Niedersächsischen Beckens ist. Die postsalinare Schichtenfolge umfasst auch hier Gesteine der Trias, der Jura und der Kreide, die von meist nur wenige Meter bis Dekameter mächtigen Lockergesteinen tertiären und quartären Alters überdeckt sind.

² zusammengefasst als *Postsalinar* im stratigraphischen Sinne

³ Diese schmale, von Brüchen eingerahmte Leistenscholle, die zwischen Lias und Oberkreide eine erhebliche Subsidenz erfahren hat, wird in anderen Publikationen (z.B. BEUTLER 2002, [9]) als Braunschweig-Gifhorn-Scholle bezeichnet. Sie entspricht in ihrem Verlauf etwa dem Westrand der oberpermisch/frühmesozoischen Eichsfeld-Schwelle.



Dieser SW-Abschnitt des Niedersächsischen Beckens (Anlage 1) ist einmal durch hohe, seit der Trias bis in das Spätmesozoikum akkumulierte Subsidenzbeträge, überliefert in großen Mächtigkeiten einzelner stratigraphischer Abschnitte, und zum anderen durch die Dominanz von N-S bis NNE orientierten Bruchzonen und daran gebundene Salzstrukturen charakterisiert (vgl. Abbildung 1).

Die Auswertung der reflexionsseismischen Daten und Bohrungen sowie deren Umlage in Karten der Teufenlage der Zechstein-Basis (vgl. Anlage 1) zeigt eine NW gerichtete Tieflage bis auf -3.200 mNN unmittelbar vor dem Harzrand. Eine weitere Tieflage, die auch durch einen markanten NNE orientierten Verlauf der Isobathen angezeigt wird, ist im sog. Gifhorn-Trog erkennbar, wo die Zechstein-Basis bis auf -3.000 mNN absinkt. Diese Subsidenz-Struktur bildet posthum die Eichsfeld-Schwelle des älteren Mesozoikums nach und ist durch SSW-NNE Brüche im Fundament vorgezeichnet.

Die auf dieser Grundlage konstruierten Schnitte zeigen (Anlage 2), dass im Subhercynen Becken die Versätze der Zechstein-Basis an den einzelnen Strukturen zwar sehr verschieden, im allgemeinen aber sehr gering sind und oft unter der Nachweisgrenze reflexionsseismischer Verfahren liegen⁴.

Die Salzstruktur Asse-Heeseberg selbst sowie ihr südliches und nördliches Vorland sitzen einer plateauartigen Hochlage der Zechsteinbasis um - 2.000 mNN auf.

3.1 Indikationen zum präsalinaren Strukturbau

Das **variscische Fundament** des Gebietes gehört zur Rhenohercynischen Zone der mitteleuropäischen Varisciden. Es streicht im Harz und in der Flechtingen-Roßlau Scholle großflächig übertage aus. Durch zahlreiche Kartierungsbohrungen besonders im sachsen-anhaltischen Teil des Subhercynen Beckens (REUTER 1964, [82]) und einiger Bohrungen in Niedersachsen ist gesichert, dass sich die im Harz und der Flechtingen-Roßlau Scholle austretenden lithostratigraphischen Einheiten gut korrelieren lassen (BORS DORF & FREYER 1973, [16]) und kontinuierlich unter dem Deckgebirgsstockwerk des Subhercynen Beckens hindurchziehen (vgl. Anlage 2).

Für das weitere Umfeld der Salzstruktur Asse wird dementsprechend eine Unterlagerung von devonischen und unterkarbonischen Sedimentserien angenommen, die im Oberharz westlich des Acker-Bruchberg-Zuges und des Oberharzer Diabaszuges ausstreichen. Es sind dies die Gesteine der Clausthaler Kulmfaltenzone (unterkarbonischer Flysch) und möglicherweise des darin im Variscikum aufgewölbten Oberharzer Devonsattels (Oberems bis Oberdevon; etwa 400 bis 360 Ma⁵).

⁴ etwa 30m (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Dr. F. Kockel, Hannover)

⁵ alle absoluten Zeitangaben zu stratigraphischen Einheiten folgen der Korrelationstabelle von MENNING & DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (2002; [74])

Da sich die lithostratigraphischen Einheiten zwischen Harz und Flechtingen-Roßlau Scholle mit relativ konstanter Streichrichtung auch unter dem Subhercynen Becken gut korrelieren lassen, ist zu folgern, dass

- spät- und postvariscische Seitenverschiebungen an NW-Bruchzonen mit großen Versatzbeträgen auszuschließen sind

und

- auch das Gefügeinventar der gefalteten paläozoischen Gesteine dem der benachbarten Hochschollen entsprechen dürfte.

Demzufolge dürften die pelitisch-psammitischen Abfolgen SW-NE streichende Schichtfalten mit Amplituden im Dekameter- bis Hundert-Meter-Bereich mit einer dominierend nach SE einfallenden Achsenebenen-Schieferung aufweisen. Faltung und Verschieferung dürften wie im Harzpaläozoikum sichtbar, auch im Untergrund des Subhercynen Beckens eine Auslängung und Ausdünnung der langen SE-Schenkel der Faltenstrukturen bis hin zu Abscherung und zur Bildung NW-vergenter Auf- und Überschiebungen bewirkt haben.

Lokal sind auch im Untergrund des Subhercynen Beckens Intrusionen postkinematischer variscischer Plutone bekannt, die ähnliche Intrusionsalter wie die Brocken-, Oker- und Ramberg-Plutone im Harz haben. Diese sind die Granite von Flechtingen, Roxförde und Velpke (im Gebiet zwischen Flechtingen und Wolfsburg), deren Platznahme ebenfalls in die bereits verformten unterkarbonischen Flyschserien erfolgte (STEDINGK ET AL. 1995, [98]).

Phyllitische Gesteine silurischen und/oder ordovizischen Alters dürften in flächiger Verbreitung erst östlich des hier interessierenden Gebietes auftreten und den Gesteinsfolgen der Wippraer Zone des Osthazes und der Zonen von Bias und Rosslau entsprechen, die der Nördlichen Phyllitzone der Mitteldeutschen Kristallinzone zugeordnet werden.

Ferner ist zu erwarten, dass wie die zahlreichen WNW-ESE bis NW-SE-Bruchstrukturen des Oberharzes (hydrothermale Gangstrukturen), die annähernd äquidistant in Abständen von ein bis zwei Kilometern auftreten, analog auch im Untergrund des Subhercynen Beckens und der Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone vorhanden sind. Diese Gangstrukturen bestehen im Harzpaläozoikum immer aus einer sich bündelnden und verzweigenden Schar von Störungen, so dass sie im Querprofil bei bevorzugt mittelsteil bis steilem Einfallen (60-75°) nach SW durchaus 100 m Breite erreichen können.

Mit ihren polyphasen Mineralisationen sind diese Gangstrukturen Belege für die hydraulisch getriebene Tiefenzirkulation von Hydrothermen, die im Spätvariscikum und in mesozoisch-känozoischer Zeit phasenhaft⁶ aktiv waren (abschiebende bis schrägabschiebende Kinematik mit Versatzbeträgen im Meter- bis Dekameterbereich

⁶ Mineralisationsalter von Gangstrukturen im Harz vgl. FRANZKE (1999): mittlere/obere Trias (um 200 Ma), Jura (180-150 Ma), vereinzelt auch Oberkreide (80Ma); strukturelle Untersuchungen von Gangstrukturen im Harz vgl. FRANZKE & ZERJADTKE (1993, [37]) STEDINGK ET AL. (1995, [98]).

dominieren, additiv < 500m vertikale und horizontale Versätze). Die Mineralisationsprozesse selbst haben zur Impermeabilisierung der Bruchstrukturen geführt, was durch hydraulisch induzierte Brekzien in den Mineralgängen belegt ist (FRANZKE 1991, [33]).

Nur ein kleiner Teil der Gangmineralisationen hat das postsalinare Deckgebirge erreicht, da im näheren Umfeld des Harzes nur einzelne Klufmineralisationen von Gangarten, hauptsächlich von Baryt, bekannt sind. Daraus ist zu schließen, dass die mesozoischen Aktivierungen des Bruchmusters in diesem Gebiet zu keinem wesentlichen Fluidtransfer aus dem Präsalinar über die Migrationsbarriere des Salinars hinweg in das Postsalar geführt haben⁷, und demzufolge selbst das in tektonisch reduzierter Mächtigkeit vorhandene Salinar als hydraulisch wirksame Barriere fungiert hat.

Das (wahrscheinlich ausschließlich) unterpermische **variscische Molassestockwerk** (300 bis 258 Ma) dürfte auch im weiteren Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg wahrscheinlich 100 bis 300 m mächtig sein und hauptsächlich aus oberrotliegenden klastischen Sedimentserien bestehen. In unmittelbarer Nachbarschaft des Bergwerkes Asse 2 wurden solche Klastika durch die Bohrung Remlingen 5 nachgewiesen. Es ist zu vermuten, dass wie im 40 km nordöstlich am Flechtinger Höhenzug, wo diese Molassebildungen zutage austreichen, die Abfolge neben vorwiegend psammitischen Rotsedimenten im liegenden Abschnitt auch saure bis intermediäre Vulkanite bzw. Vulkanoklastite enthält.

Die Auflagerung der Basissedimente des Zechsteins (258 bis 251 Ma) auf dem Molassestockwerk sollte auch im Untergrund des Subhercynen Beckens ohne strukturelle Diskordanz erfolgen.

3.2 Struktureller Bau des postsalinaren Deckgebirges

Das postsalinare Deckgebirge weist im Subhercynen Becken Mächtigkeiten zwischen wenigen hundert Metern und annähernd 3.500 m auf, wobei die höchsten Werte in der Blankenburger Mulde bis nach Bad Harzburg, also unmittelbar am Rand der Harzscholle (grabenartiger Randtrog) und die Tendenz zur Mächtigkeitsreduzierung in Richtung NE festzustellen sind.

Der interne **strukturelle Bau des Subhercynen Beckens** wird durch mehrere NW-SE orientierte Hebungsstrukturen bestimmt, für deren Ausgestaltung salinartektonische Prozesse maßgeblich waren.

⁷ Das ist in Gebieten ohne ehemalige Salinarbedeckung anders (Richelsdorfer Gebirge in Hessen, Randbereiche des Thüringer Waldes, Nordschwarzwald), wo Gangmineralisationen in das Deckgebirge aufsteigen konnten und Karbonatgesteine vor allem des Zechsteins metasomatisch vererzt wurden (vgl. FRANZKE 1991, [33]).

Nach Dimension und Konfiguration der Salzakkumulation im postsalinaren Deckgebirge und den damit verbundenen Schichtverstellungen lassen sich hier

- sog. Breitsättel, an deren Flanken die postsalinaren Schichten infolge des Salzaufstieges nur gering aufgerichtet wurden (z.B. Elm, Hake);

von

- sog. Schmalsättel, an deren Flanken die postsalinaren Schichten infolge des Salzaufstieges steil aufgerichtet wurden (z.B. Harli, Quedlinburger Sattel);

unterscheiden (Anlage 3 und Anlage 4).

Diese NW streichenden Salinarstrukturen sind von SW nach NE

- der Quedlinburger Sattel zwischen Langenstein und Badeborn;
- der Harli zwischen Beuchte und Vienenburg;
- der Ascherslebener Sattel zwischen Frose und Mehringen;
- der Hake zwischen Gröningen und Cochstedt;
- der Huy zwischen Dardesheim und Schwanebeck;
- der Fallstein zwischen Hornburg und Deersheim;
- die Salzstruktur Asse-Heeseberg zwischen Denkte und Jerxheim;
- der Elm zwischen Königslutter und Schöningen;
- der Stassfurt-Egelter Sattel zwischen Egelin und Güsten;
- der Oscherslebener Sattel zwischen Hamersleben und Westeregeln;
- der Offlebener Sattel und die Struktur Beienrode Ochsendorf und Völpke
- die Lappwald-Scholle zwischen Helmstedt und Seehausen.

Die Salzoberfläche dieser Sättel und Diapire bzw. von deren subrosiven Rückstandsgesteinen (SEIDL 1921, [97]; FULDA 1935, [39]; LÖFFLER 1962, [71]) lagert hier zum Teil im Niveau des Buntsandsteins (z.B. Harli, Hake), teils im Niveau der Quartärbasis (z.B. Staßfurt-Egelter Sattel) und teilweise an der (sub-)rezenten Geländeoberfläche (z.B. Ascherslebener Sattel).

Diese Strukturelemente waren intratriasisch bereits aktiv und mindestens seit dem Spätmesozoikum reliefwirksam, bewirkten somit eine Differenzierung in einzelne, durch sie begrenzte Sedimentationsräume (vgl. Abschnitt 3.2), von denen hier

- die Blankenburger Mulde i.w.S., begrenzt durch Harz-Nordrandstörung und Quedlinburger Sattel bzw. Harli;
- die Halberstädter Mulde, begrenzt durch Quedlinburger Sattel und Hake bzw. Huy und Fallstein (Halberstädter Störung);

- die Remlinger Mulde, begrenzt durch Fallstein und die Salzstruktur Asse-Heeseberg;
- die Schöppenstedter Mulde, begrenzt durch die Salzstruktur Asse-Heeseberg und Elm,

erwähnt sein sollen.

Der **strukturelle Bau** in dem für die hier zur Rede stehende Aufgabenstellung gleichfalls relevanten **SE-Abschnitt des Niedersächsischen Beckens, die Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone** wird durch NNE und N-S streichende Abschiebungen (Anlage 5) und dazu parallel verlaufende Isopachen-Muster bestimmt (vgl. Anlage 1). Die Mächtigkeiten des postsalinaren Deckgebirges erreichen hier Werte von 2.200 m bis 3.200 m). Im Bereich der Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone sind die Salzstrukturen bevorzugt NNE ausgerichtet. Wie im Subhercynen Becken, lagern die Salzoberflächen dieser Diapire bzw. die subrosiven Rückstandsgesteine auch hier zum Teil im Niveau des Buntsandsteins, teils im Niveau der Quartärbasis (z.B. Flachstökheim, Werlaburgdorf, Salzdahlum, Bechtesbüttel) und teilweise an der (sub-)rezenten Geländeoberfläche (z.B. Neindorf, Thiede).

3.3 Sedimentation und Tektonik im postsalinaren Deckgebirge

Die lithologische Abfolge der Gesteine und ihre stratigraphische Zuordnung werden durch das Zusammenwirken von Tektonik und Sedimentation, im späteren Ablauf zusätzlich von Subrosionsvorgängen bestimmt, was nachfolgend erläutert werden soll.

Überregional werden **Sedimentation und Tektonik des Tafeldeckgebirges** im weiteren Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg maßgeblich von der thermisch kontrollierten postvariszischen Subsidenz der Norddeutsch-Polnischen Senke kontrolliert (HENK 1997, [48]). Bereits im Permosiles (ab etwa 310 Ma) setzte diese Entwicklung ein, wo entlang von vorwiegend NW-SE streichenden Abschiebungen Teilbereiche des Beckens verschieden stark absanken, was zu einer Differenzierung des Sedimentationsraumes in ein nördliches und südliches Rotliegend-Becken führte, die durch eine Schwelle im Bereich des Ringkoebing-Fyn-Schwerehochs getrennt waren (LUDWIG 1972, [73]; ZIEGLER 1978, [116]). In dem südlichen Beckenabschnitt (Germanischen Becken) wurden während des Rotliegenden Dünensande und Shabkha-Sedimente abgelagert, wobei es im Zentralteil des Beckens bereits zur Ablagerung von Evaporiten kam. Im Oberperm (Zechstein: 258 bis 251 Ma) bewirkte eine fortgesetzte Subsidenz marine Ingressionen in das Germanische Becken, was zur Bildung der zyklisch gegliederten Zechsteinsedimente führte (vgl. ZIEGLER 1979, [116]; ZIEGLER 1981, [117]).

Während des Zechsteins wurde die Senkung des Germanischen Beckens durch die mit hohen Sedimentationsraten abgelagerten Evaporitserien ausgeglichen (LUDWIG, [73]; BEER 1996, [8]), von denen für das Untersuchungsgebiet

- die Werra-Folge mit Mächtigkeiten von etwa 60 m bis 185 m (BEER 1996, [8]);
- die Staßfurt-Folge mit Mächtigkeiten von etwa 165 m bis 500 m (BEER 1996, [8]);
- die Leine-Folge mit Mächtigkeiten von etwa 100 m bis 200 m (BEER 1996, [8]);
- die Aller-Folge mit Mächtigkeiten von etwa 28 m⁸ bis 115 m⁹ (KÄDING 2000, [60]);
- die Ohre-Folge mit Mächtigkeiten von etwa 4 m⁸ bis 10 m⁹ (KÄDING 2000, [60])

von Bedeutung sind.

Die höheren Zechstein-Folgen sind in diesem Teil des Beckens nur durch rezessive Pelitfolgen überliefert (KÄDING 2000, [60]), von denen

- die Friesland-Folge mit Mächtigkeiten zwischen 9 m⁸ bis 27 m⁹

und

- die Bröckelschiefer-Folge¹⁰ mit Mächtigkeiten zwischen 16 m⁸ bis 51 m⁹ m

ausgegliedert werden können.

Während der Trias (251 bis 200 Ma) setzte sich die Subsidenz des Beckens fort, wobei vorwiegend kontinentale klastische Sedimente, im Oberen Buntsandstein auch Evaporite abgelagert wurden. Im Unteren und Mittleren Muschelkalk wurden zunächst flachmarine Karbonatgesteine gebildet, über denen wiederum evaporitische Folgen ausgeschieden wurden. Der Keuper war hauptsächlich von terrestrischer Sedimentation geprägt, in die - offenbar als Folge von periodischen Meeresspiegelanstiegen - gelegentlich marine Ton- und/oder Sulfathorizonte eingeschaltet wurden.

Ab dem obersten Keuper bis in den Oberen Jura (ab 208 bis 140 Ma) bildeten sich wiederum marine Sedimente, vorwiegend Tone und Mergelsteine. Mit der Malm-Ingression begann sich das Epikontinental-Meer der Norddeutsch-Polnischen-Senke auf das Niedersächsische Becken zurückzuziehen, was zur Sedimentation von hellen Kalken und Kalkmergelsteinen und schließlich zur Evaporitabscheidung im Serpilit (Sulfatbildung, Stromatolithe) sowie Dolomiten führte.

Nach der Verbreitung von Malm- und Unterkreide-Sedimenten bzw. deren Fehlen oder starker Mächtigkeitsreduktion können relativ gehobene/abgesenkte Blöcke rekonstruiert werden (BALDSCHUHN ET AL. 1996, [2]; BEUTLER 2002, [9]; Anlage 6), die Resultat der **prä-kretazischen Tektonik** sind (alt- und jungkimmerische

⁸ Bohrung Farsleben 3/85 (FAR 3/85)

⁹ Bohrung Solling 5 (SOL 5)

¹⁰ auch als Fulda-Folge bezeichnet (KÄDING 2002, [60])

Bewegungen¹¹). Die von starker Subsidenz geprägte Braunschweig-Gifhorner Scholle grenzt sich hierbei deutlich von der relativ gehobenen Subherzynyen Scholle ab. Vereinzelt sind auch innerhalb der Braunschweig-Gifhorner Scholle relative Hebungsstrukturen rekonstruierbar, die Salinarstrukturen darstellen.

Die Salzstruktur Asse-Heeseberg gehört zum Einflussbereich der relativ gehobenen Subherzynyen Scholle, wird im Westen aber direkt von der hauptsächlich jurassischen Senkungszone der Braunschweig-Gifhorn Scholle begrenzt. Die Versatzbeträge und die daraus resultierenden Auftriebsgradienten im Salinar dürften entlang dieser NNE bis N-S streichenden und nach Westen abgetreppten Abschiebungsstapel zwischen dem Westrand der Salzstruktur Asse und der benachbarten Struktur Neindorf besonders intensiv gewesen sein.

Südlich und nördlich der Salzstruktur Asse-Heeseberg lassen sich in diesem Zeitabschnitt bereits die Remlinger- und die Schöppenstedter Mulde mit erhaltenem Lias, z.T. noch etwas Dogger, rekonstruieren. Sie repräsentieren flache Einmuldungen in der insgesamt durch Hebungstendenz charakterisierten Subherzynyen Becken.

Im Sedimentationsablauf bewirkte die jungkimmerische Bruchtektonik (Wende Jura/Kreide, ca. 142 Ma) mit ihren unterschiedlichen Blockbewegungen und der damit verbundenen lokalen Abtragung und Umlagerung der Jura- und Trias-Sedimente, dass die Unterkreide-Transgression bereits auf eine partiell erodierte Sedimentfolge traf. In der Unterkreide wurden zunächst glaukonitreiche Sand- und Tonsteine abgelagert, gefolgt von der tonig-mergeligen Abfolge des Flammenmergels.

Die kimmerische Tektonik ist im nördlichen Teil aufgrund der auftretenden Schichtlücken nur relativ pauschal erfassbar, da die Kreide erst mit dem Hauterive und Barreme beginnt. Im Niedersächsischen Tektogen werden seit langem vier Phasen der kimmerischen Aktivierung unterschieden: Hils-Phase (130 Ma), Hildesheim-Phase (142 Ma), Osterwald-Phase (144 Ma) und Deister-Phase (146 Ma). Im Subherzynyen Becken sind sowohl SSW-NNE-Strukturen, SW-NE-Strukturen und NW-SE-Strukturen aktiviert worden. Es ist eine kompressionsfreie Weitungstektonik mit der Bildung von Abschiebungsstrukturen und Grabenbrüchen (Salzkolke auf dem Salzgitterer Sattel, N-S). Wichtig erscheint die Annahme von Paläosalzkissen (KOCKEL 1984, [66]), die im Laufe der kretazischen tektonischen Prozesse durch Salzabwanderung ihre Salzkerne wieder eingebüßt haben.

Unter diesem Aspekt wäre die Sedimentation der Oberkreide im Subhercynen Trog als Folge der Salzabwanderung und synchrone Sedimentation von kretazischen Sedimenten im Hangenden zu deuten oder zumindest unter Mitbeteiligung dieses Prozesses zu sehen. Dabei ist aufgrund der vorhandenen Asymmetrie des Subhercynen Beckens zwischen Flechtingener Höhenzug und Harznordrand und deren größter Eintiefung vor dem heutigen Harzrand, von einer Südwanderung des Salinars innerhalb der jeweiligen Teilschollen auszugehen. Das ist relativ deutlich am

¹¹ alt- und jungkimmerische Bewegungen: Zeitspanne Obertrias bis Unterste Kreide

(heutigen) Quedlinburger Sattel zu erkennen, wo das Salz aus den Kissenstrukturen Diefurt und Münchenhof im Bereich der heutigen Halberstädter Mulde nach Süden in den seit der Oberkreide aufsteigenden Quedlinburger Sattel umgelagert wurde. Hierdurch erklärt sich auch die Bildung des Salzkeiles an der Südflanke des Quedlinburger Sattels (Westerhäuser Störung). Die Salzabwanderung in den unterkretazischen Grabenbruch des heutigen Quedlinburger Sattels hinein und dessen Inversion vom Graben zum Sattel, ermöglichte die Sedimentation der Oberkreide in den flankierenden Oberkreidemulden der Halberstädter Mulde und wohl auch der Blankenburger Mulde. Ähnliche Situationen deuten sich auch am Harli an und sind tendenziell auch an der Struktur Asse mit der Ausbildung der beiden flankierenden Kreidemulden zu erkennen.

Mit der Oberkreide (99 bis 65 Ma) kam es zur Sedimentation von Kalk- und Kalkmergelsteinen der Plänerkalk-Fazies. Zwischen der aufsteigenden Scholle des Harzes und der Halberstädter Störung senkte sich eine Grabenstruktur, in der im Laufe der Oberkreide bis zu 2000 m Sediment abgelagert wurden (Randtrog nach VOIGT (1963; [105]).

In der höheren Oberkreide (ab 85 Ma) führten die sog. subherzynen Bewegungen zur weiteren Ausprägung der meist bereits jungkimmerisch ausgebildeten Strukturen. Am Harznordrand sind, beginnend mit der Cenoman-Transgression im Ostteil des subherzynen Randtroges, fünf oberkretazische Diskordanzen festzustellen, die sich nach Norden zum Troginnenen verlieren. Diese Diskordanzen zeigen die in verschiedene Aktivitätsphasen gegliederte Hebung der Harzscholle und die polyphase, synsedimentäre Aktivierung der Nordrandstörung (VOIGT ET.AL. 2004, [106]).

Die **oberkretazische Inversionstektonik** begann im Santon (86 bis 84 Ma), in einigen Strukturen (Leinebergland) bereits im Coniac (89 bis 86 Ma) und reicht bis in das Campan (84 bis 71 Ma). Die Inversion ist dadurch gekennzeichnet, dass jurassisch-unterkretazische Muldenstrukturen oder Sedimentfurchen zu Hochschollen invertiert wurden und an fast allen größeren NW-SE-Strukturen (Kompression), weniger an SSW bis N-S streichenden Strukturen (Transpression), Auf- und Überschiebungsbewegungen stattfanden (KOCKEL 1991, [86]; Anlage 7).

Konstruierte Querprofile zeigen, dass an den meisten NW-SE-Strukturen, so auch an der Salzstruktur Asse-Heeseberg, die vorangegangene Weitung überkompensiert worden ist (vgl. Anlage 4). Die Richtung der Auf- und Überschiebungen nach SW oder nach NE, wurde dabei offenbar von der Einfallrichtung des Fundamentbruches kontrolliert.

Am Harzrand, wo weitgehend SW-Einfallen der aufgerichteten Schichten und auch der Haupttrandstörung vorherrscht, resultieren daher ausgeprägte NNE gerichtete Überschiebungen, wogegen die Salzstruktur Asse-Heeseberg mit ihrer Asymmetrie eher eine südvergente Überschiebung anzeigt.

Im regionalen Strukturbild fällt ferner auf, dass Schleppungen an den „Querfugen“ (NE und NNE bis N-S gerichtete Bruchstrukturen) nicht erkennbar sind, daher

zumindest größere horizontale Bewegungskomponenten der spät-oberkretazischen Blocktektonik, wie sie WREDE (1988; [113]) annimmt, ausgeschlossen werden können.

Infolge der mit dem Salzaufstieg in den Diapirstrukturen verbundenen Salzabwanderung bildeten sich an den Flanken der Salzstrukturen, aber auch in Nachbarschaft der salzfreien Paläozoikum-Blöcke, charakteristische Randtröge aus, die durch höhere Schichtmächtigkeiten als ihr Umfeld gekennzeichnet wurden. Nicht ausschließlich, aber insbesondere hier bildeten sich im **Tertiär** (65 bis 1,8 Ma) lokal paralische Braunkohle- und mächtige Ton- sowie Sandablagerungen.

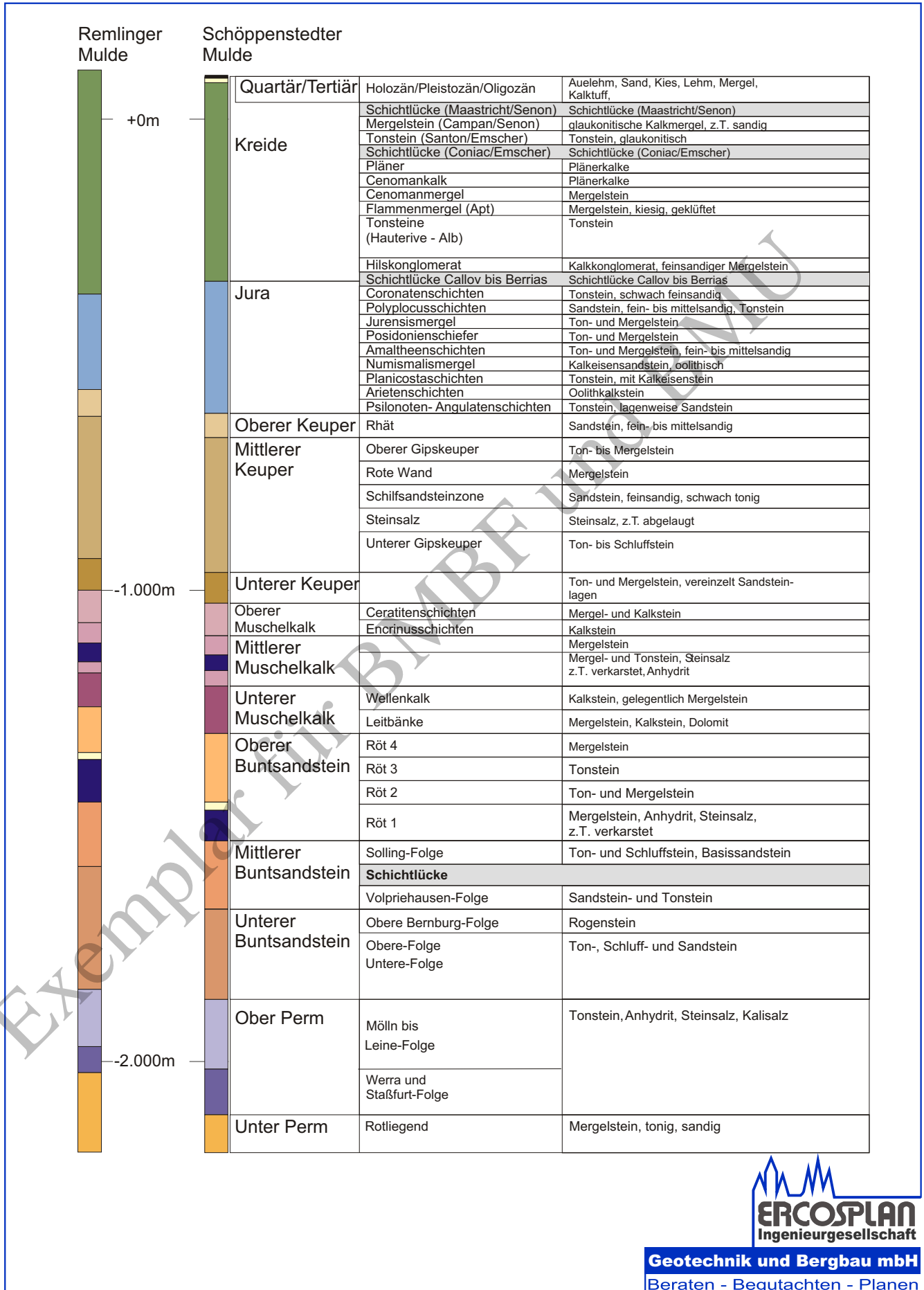
Das **Pleistozän** (1,8 Ma bis 10.000 a) umfasst vor allem Bildungen des Saale- und Elster-Glazials (DRESCHHOFF 1974, [22]; FELDMANN 2002, [28]), die lokal von weichselzeitlichen Lößablagerungen überdeckt werden.

Das **Holozän** (< 10.000 a) wird durch Auensedimente und Schwemmlagerungen aufgebaut (HINZE ET AL. 1989, [55]).

Dieser geologische Entwicklungsablauf bestimmt in seinem Wechselspiel von Sedimentation, Tektonik und Subrosion eine **stratigraphische Abfolge**, die folgende Charakteristika aufweist:

- In den Salzstrukturen ist das Zechsteinsalinär auf einige hundert Meter Mächtigkeit akkumuliert, was als Folge von Hebung zur Erosion der höheren Deckgebirgsabschnitte und mindestens ab der Oberkreide zu fehlender Sedimentation über den Salzstrukturen führte. Das suprasalinäre Deckgebirge besteht hier aus klastischen Sedimenten und geringmächtigen salinaren Folgen des Buntsandsteins, teils auch des Muschelkalks und Keupers. Känozoische Bildungen lagern (meist winkel-) diskordant über flach bis mittelsteil aufgerichteten triasischen, teils jurassischen Schichten und sind von Subrosion der salinaren Folgen, vor allem des Zechstein, beeinflusst, was in Form stark wechselnder Mächtigkeiten zum Ausdruck kommt.
- In den vorgelagerten Muldenstrukturen reicht die stratigraphische, mehr oder minder konforme Abfolge dagegen bis in die Oberkreide und/oder das Känozoikum und weist als Folge der Randtrogbildung an den Schollenrändern ab dem Oberen Jura höhere Mächtigkeiten als in der Umgebung auf.

Die stratigraphische und lithologische Abfolge der Gesteine in den der Salzstruktur Asse-Heeseberg nördlich und südlich vorgelagerten Randsenken (Abbildung 2), der Schöppenstedter und der Remlinger Mulde veranschaulicht dies exemplarisch.



Geotechnik und Bergbau mbH
 Beraten - Begutachten - Planen

Abbildung 2

Stratigraphie und Lithologie der Schichtenfolge in der Schöppenstedter- und der Remlinger Mulde (zusammengestellt nach BOIGK (1957) [11], APPEL (1971) [1], MICHAEL & PAPE (1971) [75], KLARR (1981) [63], PAUL & KLARR (1988) [79], BATSCHE, KLARR & VON STEMPEL (1994) [5])

4 Die Salzstruktur Asse-Heeseberg mit ihrem nördlichen und südlichen Vorland

Zwischen Groß Denkte und Jerxheim ist die Salzstruktur Asse-Heeseberg über etwa 25 km Länge als NW-SE streichende, in weiten Teilen asymmetrische Antiklinalstruktur ausgebildet, in deren Kern die chloridischen Gesteine der Staßfurt- (Zechstein 2), der Leine- (Zechstein 3) und der Aller-Folge (Zechstein 4) auf Mächtigkeiten bis zu 2.500 m angestaut ist. Die karbonatischen und sulfatischen Gesteine der basalen Schichten der Staßfurt-Folge und die im weiteren Umfeld chloridfreie Werra-Folge (Zechstein 1) sind in diesen diapirartigen Salzaufstieg nicht einbezogen.

Im W wird diese Salzstruktur an einer NNE-SSW-Abschiebungstaffel abgeschnitten (vgl. Anlage 5). Eine Interferenzzone von NW und NNE orientierten Strukturen ist nicht erkennbar.

Östlich von Jerxheim verflacht sich die Salzstruktur zu einem Breitsattel, der unmittelbar westlich des Großen Bruches (Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt) ausklingt.

Im Streichen zeigt die Salzstruktur Asse-Heeseberg drei strukturell verschiedene Abschnitte (Abbildung 3), die sich insbesondere in einem Längsschnitt über den Top der Salzstruktur abzeichnen (Anlage 8):

Im **NW-Abschnitt** (Strukturabschnitt Asse i.e.S.), der sich zwischen der steilen NW-Flanke nahe Groß Denkte im W und einer Diagonalstörung bei Groß Vahlberg im SE (E-W bis ENE-WSW streichende Überschiebung), abgrenzen läßt, präsentiert sich die Struktur als konkordanter Salzsattel mit Bildung eines Salzkeiles im Röt. Das Bergwerk Asse 2 liegt unmittelbar im SE-Randbereich dieses nordwestlichen Strukturabschnittes.

Der **Zentralabschnitt** (Strukturabschnitt Barnstorf-Heeseberg), der den größten Teil der Salzstruktur einnimmt und sich zwischen der Diagonalstörung von Groß Vahlberg in SE-Richtung bis zur Diagonalstörung von Jerxheim erstreckt, ist dagegen als enger Schmalsattel ausgebildet, der zumindest abschnittsweise als diskordanter Spaltendiapir das Deckgebirge durchtrennt. Im Kartenbild ist dieser Strukturabschnitt durch eine weitere Diagonalstörung bei Berklingen (ENE-WSW-streichende Abschiebung) segmentiert, ohne dass dies jedoch Auswirkungen auf den generellen Bau der Salzstruktur in diesem Abschnitt zeigt.

Der **SE-Abschnitt** (Strukturabschnitt Jerxheim) zwischen der Diagonalstörung von Jerxheim bis zum Ausklingen der Salzanstauung südöstlich Jerxheim, stellt dagegen einen ovalen Breitsattel dar, der einen konkordanten Übergang des Salinars zum Suprasalar aufweist.

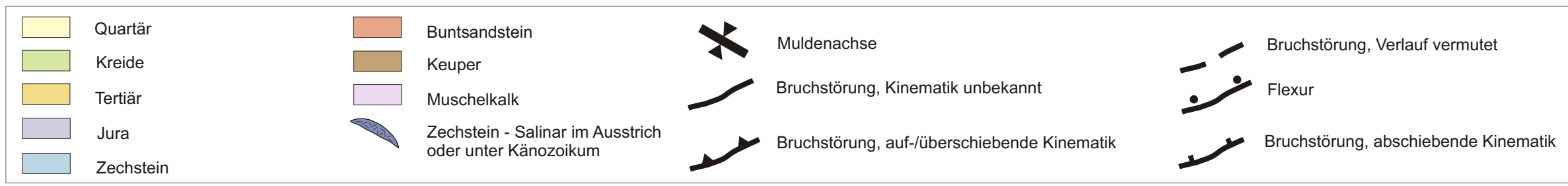
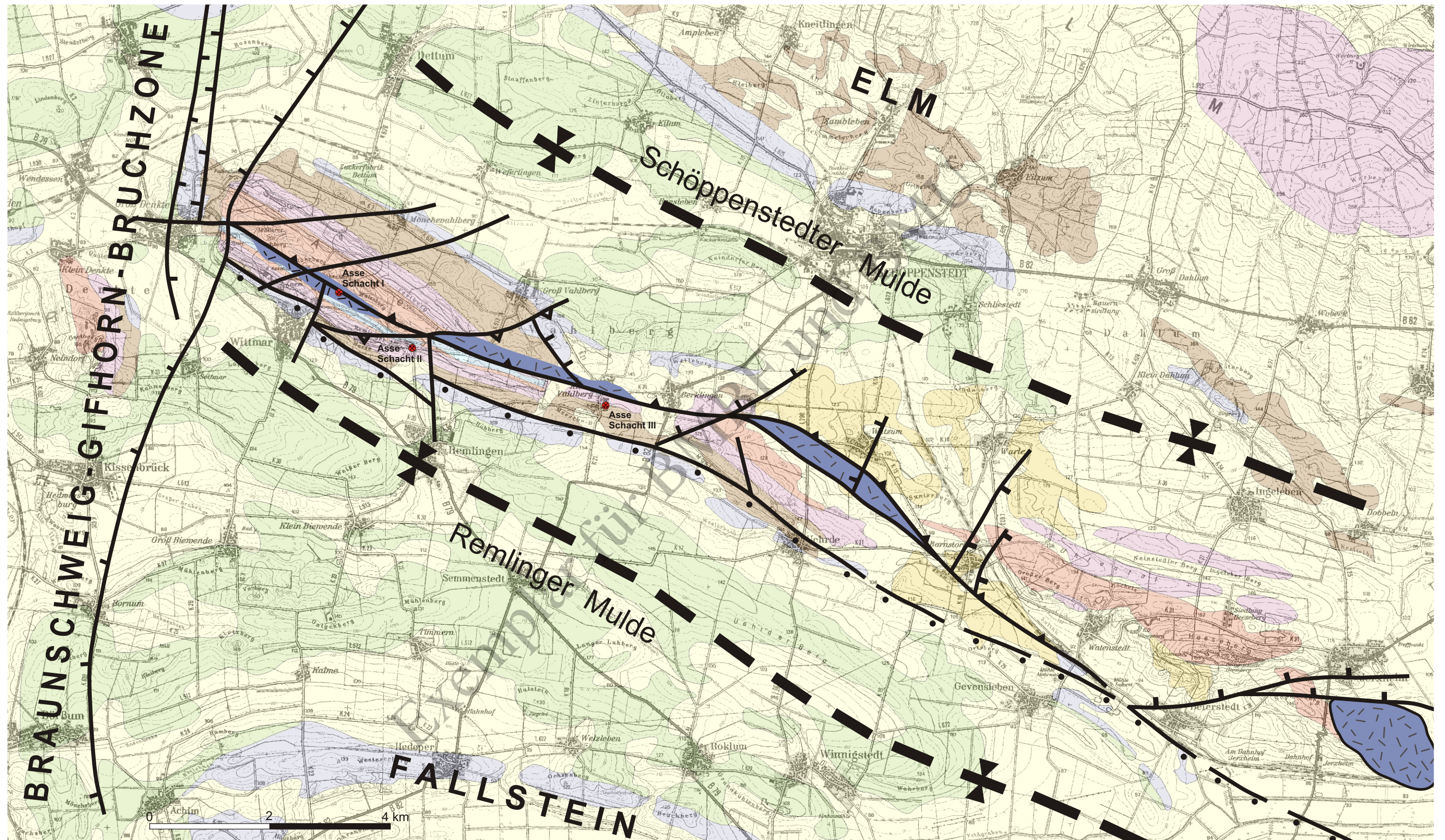


Abbildung 3 Bruchstörungen im Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg

Aus diesen Teilabschnitten und den begrenzenden Bruchstörungen entsteht im Kartenbild eine girlandenartige Anordnung der Zechsteinausbisse bzw. der einzelnen Auftragungen der Salzstruktur. An diesen diagonal verscheidenden Störungen grenzen auch Bereiche mit unterschiedlicher Einengung der Sattelstruktur im Streichen aneinander. Vor allem ist das westlich und östlich der Groß Vahlberger Störung deutlich, wo sich der Asse-Sattel nach Osten sprunghaft verschmälert.

Nachfolgend sollen zunächst das tektonische Inventar und der Strukturbau (Abschnitt 4.1), die lithologische Abfolge (Abschnitt 4.2) und dann die aus beiden resultierenden hydrogeologischen Rahmenbedingungen (Abschnitt 4.3) abgehandelt werden.

Bezüglich des strukturellen Baus im Deckgebirge wurden dabei insbesondere die Ergebnisse von WOLDSTEDT ET AL. (1931; [111]), HARK (1953; [44]), HARK (1955; [45]); HARK (1956; [46]); KALKA (1963; [61]); APPEL (1971) [1]; FRANK (1974) [32]; SCHÜTTE (1986) [93]; KLARR ET AL. (1991; [64]), BATSCHKE ET AL. (1994; [5]), WEINBERG (1997; [109]) und WALLMÜLLER (2001; [107]) und zum Strukturbau der salinaren Schichtenfolge die Resultate von HARTWIG (1957; [47]); BORNEMANN (1979; [15]), ESSAID & KLARR (1982; [27]), SCHÜTTE (1986; [93]), KLARR ET AL. (1987; [65]); BATSCHKE ET AL. (1994; [5]) einbezogen.

Die Darstellung der lithologischen und stratigraphischen Verhältnisse folgt i.W. den Auffassungen von DUNCKER (1906; [23]); HOEHNE (1911; [57]); WOLDSTEDT ET AL. (1931; [111]); WOLDSTEDT & HARBORT (1928/1931; [112]); FULDA (1931; [38]); FULDA (1938; [40]); RICHTER-BERNBURG (1955; [83]); BOIGK (1957; [11]); HARTWIG (1957; [47]); FRANK (1974; [32]); KLARR (1981; [63]); ESSAID & KLARR (1982; [27]); DIEM (1985; [20]); SCHÜTTE (1986; [93]); KLARR ET AL. (1987; [65]); KLARR ET AL. (1991; [64]); BATSCHKE ET AL. (1994; [5]); WEINBERG (1997; [109]).

Die Erläuterung der hydrogeologischen Situation gründet sich maßgeblich auf Resultate folgender Untersuchungsarbeiten: APPEL (1971) [1]; FRANK (1974) [32]; KLARR ET AL. (1991; [64]), BATSCHKE ET AL. (1994; [5]).

4.1 Das tektonische Inventar der Salzstruktur Asse-Heeseberg

Aus dem Längsschnitt über den Scheitel der Salzstruktur Asse-Heeseberg (Anlage 8) geht hervor, dass der Bereich des Grubengebäudes Asse II nicht die höchste Auftragung der Salinarstruktur Asse darstellt. Sowohl nach Westen zum Schacht Asse I hin als auch nach ESE auf Schacht Asse III zu, ist das Salinar höher aufgestiegen. Auch westlich von Barnstorf scheint dies wahrscheinlich, lässt sich aber wegen fehlender Aufschlüsse (keine Bohrungen und känozoische Bedeckung) nicht belegen.

Die Geometrie der Zechstein-Ausbisse, der einhüllenden Triasgesteine und die vorliegenden Schnitte verschiedener Autoren (KALKA 1963, [61]; KLARR 1981, [63])

Seite 25 von 94

und der für diesen Bericht angefertigten Schnitte (vgl. Anlage 3 und Anlage 4) zeigen, dass neben Spaltendiapiren auch steile konkordante Sattelbereiche, vor allem um Schacht Asse II, und im östlichen Bereich auch konkordante Breitsattel-Strukturen (Jerxheim) nebeneinander existieren.

Die Zechstein-Basis sinkt im Schnittverlauf von ESE (Großer Graben) aus ca. - 1.900 mNN allmählich bis auf ca. -2.600 mNN im Gifhorner Trog, etwa unterhalb der Salinarstruktur Thiede, ab. Dies bedeutet immerhin eine Differenz von etwa 700 m, die an der Salinarbasis durch quer verlaufende Abschiebungsbrüche, hauptsächlich, aber nicht ausschließlich, am E-Rand der Braunschweig-Gifhorner-Bruchzone realisiert sein dürfte. Der vor allem in der Unterkreide rasch eingesenkte Gifhorner Trog grenzt mit seiner östlichen Grabenschulter unmittelbar an die Asse-Struktur an. Listrisch geformte, zumeist nach W einfallende, seit dem Malm und in der Unterkreide synsedimentär aktive Bruchstörungen kennzeichnen diesen Randbereich. Die einzelnen Bruchstufen haben Versätze im Hundertmeter-Bereich, z. T. auch darüber.

Die annähernd quer zum Strukturbau im Subhercynen Becken verlaufenden Schnitte¹² (vgl. Anlage 3 und Anlage 4) zwischen dem Harznordrand bei Bad Harzburg bzw. dem Schimmerwald und der Allertalzone zeigen eine allmähliche Einsenkung der Zechstein-Basis vom Ausstrich am Flechtinger Höhenzug bis auf - 3.200 mNN unmittelbar vor dem Harznordrand. Dieser Trend der immer stärkeren Einsenkung nach Süden wird durch die Aufwölbungen der Zechstein-Basis im Bereich des Fallsteins und einer weniger deutlichen unter dem Elm unterbrochen.

Im Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg ist eine Einsenkung der Zechstein-Basis auszumachen, was für KOCKEL (1991; [67]) ein Grund war, die Sattelbildung der Asse, des Salzgitterer Sattels und des Harli durch gravitatives Gleiten des postsalinaren Deckgebirges auf der Ablösefläche des Zechsteins zu deuten.

Unter den Salinarsätteln, vor allem den Schmalsätteln Asse-Heeseberg und Harli, sind an der Zechstein-Basis geringe Verwürfe von maximal wenigen Dekametern beschrieben, die an der Grenze der Auflösungs-fähigkeit der Reflexionsseismik liegen, daher im Einzelfall nicht belegbar sind. Diese Sockelbrüche geben mit ihrer Lage und Geometrie offenbar Position und Richtung (Vergenz) der Salzstrukturen vor. Dem entspricht auch die Darstellung von BATSCHE ET AL. (1994; [5]) im Querprofil Asse 8301, wo unter der Salzstruktur zwei nordfallende Abschiebungen mit Versatzbeträgen von einigen Zehner Metern konstruiert sind (vgl. auch Anlage 9).

Durch Bohrerkundung ist die Zechstein-Basis im NW-Strukturabschnitt sowie im SE-Teil des Zentralabschnittes bei etwa -2.000 mNN¹³ (APPEL 1971, [1]) und außerhalb der Salzstruktur Asse-Heeseberg bei Königslutter (13 km nordöstlich) mit -1.700 mNN¹⁴ (BATSCHE ET AL. 1994, [5]) anzugeben.

¹² die i.W. den Schnittverläufen 137 und 138 von BALDSCHUN, FRISCH & KOCKEL (1996) entsprechen

¹³ Bohrungen R5: 2.070,1 m NN und Watenstedt Z1: 2.044,1 m NN (APPEL 1971,[1])

¹⁴ Bohrung Königslutter, ca. 13 km nordöstlich der Asse-Struktur: 1.680,8 m NN, (BATSCHE ET AL. 1994, [5])

In den quer zur Salzstruktur verlaufenden Schnitten (vgl. Anlage 3 und Anlage 4) ist die Asymmetrie im Bau und die daraus folgende SW-Vergenz zu erkennen: Auf der mittelsteil einfallenden (30...50°) NE-Flanke der Salzstruktur wird der aufgestiegene Salinarkörper konkordant vom nichtsalinaren Zechstein (Zechstein 5 und 6) bzw. mesozoischen Schichten überlagert. An der steil aufgerichteten (>65°), in Teilen auch überkippten NW-Flanke lagert das Rötosalinar mit einer strukturellen Diskordanz unmittelbar über Zechstein 3 und 4 auf. Mit einem späten Stadium des Salzaufstieges verbunden, kam es an der SW-Flanke zur Abscherung der über dem aufsteigenden Salinarkörper lagernden höheren Zechstein-Folgen und vor allem des Unteren und Mittleren Buntsandstein (Salzkeil; vgl. KOCKEL 1991, [67]). Mechanisch wurde dies durch streichende, also parallel zur Salzstruktur verlaufende Bruchstörungen realisiert, die, vom Verformungsverhalten der Gesteine kontrolliert, an lithologisch vorgezeichneten Materialgrenzen lokalisiert sind¹⁵. Für den NW-Strukturabschnitt zeigt eine auf den Oberen Buntsandstein bezogene Bilanzierung dieses Querprofils eine horizontale (summativ) Verkürzung um mehr als 5% an. Wesentlicher war der Effekt der schichtparallelen Streckung der Schichtenfolge in der SW-Flanke.

Im postsalinaren Deckgebirge wird der Strukturbau maßgeblich durch Bruchstörungen bestimmt, die wohl mehrheitlich im Vorfeld des Salzaufstieges in verschiedenen Raumlagen angelegt und im Zuge der Halokinese mit unterschiedlicher Kinematik reaktiviert und auch mitotiert wurden.

NW-SE, dh. parallel zur Salzstruktur orientierte und dazu diagonal (ENE) bis quer (NE) verlaufende Bruchstörungen kennzeichnen den strukturellen Bau im postsalinaren Deckgebirge der Salzstruktur Asse-Heeseberg (vgl. Abbildung 3).

Um den vorab skizzierten Strukturbau zu erklären sind mindestens zwei NW-SE-streichende Bruchstörungszonen anzunehmen, die abschnittsweise aus verschiedenen Störungsscharen aufgebaut werden:

Im Scheitelbereich, wo der Untere Buntsandstein der Nordflanke gegen den steil aufgerichteten Oberen Buntsandstein der Südflanke grenzt, verläuft eine über die gesamte Struktur verfolgbare Bruchstörung, die einen vertikalen Versatz von mindestens 200 m verursacht (KLARR ET AL. 1991, [64]). Unmittelbar für das Umfeld des Bergwerkes Asse 2 lässt sich aus der Bohrung R5 (285 mNN), und dem Schacht II für die Unterkante des Oberen Buntsandsteins (35 mNN) ein Vertikalversatz von ca. 250 m ableiten.

Diese **Scheitelstörung** dürfte eher als Störungsbündel, in Teilabschnitten auch als nach oben geöffneter Störungsfächer ausgebildet sein. Daraus folgt, dass sowohl SW (dominierende Schar; BATSCHE ET AL. 1994, [5]) als auch NE

¹⁵ Da diese Bruchstörungen somit entlang den Grenzen der lithostratigraphischen Einheiten verlaufen, führen Versatzbeträge nicht zu Schichtversatz, weshalb diese Störungen durch konventionelle Kartierung nicht/nur begrenzt nachweisbar sind.

einfallende Einzelflächen auftreten können, die gemeinsam eine SW-vergente Aufschiebung realisieren.

Im NW-Abschnitt und im Strukturabschnitt Barnstorf-Heeseberg treten nördlich der Scheitelstörung weitere SW-einfallende Brüche auf, wodurch über dem subrodierten Salinarkörper eine grabenartige Struktur entsteht, in der gegeneinander verkippte Schollen von verstürztem Deckgebirge auftreten¹⁶.

Dem Scheitelbereich um ca. 500 bis 800 m südlich vorgelagert verläuft im Austrich des Grenzbereiches Keuper/Jura und/oder Jura/Unterkreide eine weitere, über die Gesamtstruktur verfolgbare Bruchstörung. Da markante Schichtausfälle entlang dieser wiederum im Schichtverband lokalisierten¹⁵ **Remlinger Störung** fehlen, dürfte sie mehrheitlich als Flexurzone wirksam sein und maßgeblich zur Streckung des Schichtverbandes im Einfallen beigetragen haben.

Daneben treten verschiedene Diagonal- und Querstörungen auf, die sowohl die aufgerichtete Schichtenfolge versetzen, vor allem aber zu einer Segmentierung der Salinarstruktur führten, die in Form der Quertäler des Asse-Höhenzuges auch morphologisch sichtbar wird. Von NW nach SE sind dies:

Nördlich des Bergwerkes Asse 1 treten zwei ENE gerichtete Bruchstörungszonen auf (**Diagonalstörungen von Mönchevahlberg**), die morphologisch nur untergeordnet an der NE-Flanke in Erscheinung treten. Hinweise auf Raumlage und Kinematik dieser Störungen finden sich nicht.

Westlich von Schacht Asse I verläuft in dem den Asse-Höhenzug querenden Tal eine NNE bis NE gerichtete Bruchstörung (**Querstörung von Wittmar**). Aus dem Versatz der aufgerichteten Schichtenfolge lässt sich schlussfolgern, dass es sich hierbei um eine E-gerichtete Abschiebung (?Schrägabschiebung) handelt.

Für die Segmentierung der Salzstruktur Asse-Heeseberg besonders markant ist die E-W bis ENE-WSW streichende Störung zwischen Wittmar und Groß Vahlberg (**Groß Vahlberger Diagonalstörung**), der das Quertal zwischen Remlingen und Groß Vahlberg folgt. Ihre Geometrie und Kinematik sind nur schwierig zu beurteilen. Aus Bearbeitungen von Kleinstörungen in übertägigen Aufschlüssen ergibt sich aber, dass diese SW-NE bis E-W streichenden Störungen zumindest teilweise als SE- und NW-vergente Auf- und Überschiebungen entwickelt sind. Ab der Groß Vahlberger Störung wird der Sattelbereich südöstlich der Störung stark eingengt, so dass eine S-vergente Aufschiebung¹⁷ diese Situation plausibel machen würde.

Westlich von Schacht II scharf die Groß Vahlberger Störung in den Schichtverband ein, verflacht ihre Streichrichtung auf annähernd E-W und ist somit in ihrem weiteren Verlauf nicht mehr klar zu erfassen.

¹⁶ für das Umfeld des Bergwerkes Asse II vgl. BATSCHE ET AL. (1994; [5])

¹⁷ Ihre zeitliche Aktivierung würde damit in die späte Oberkreide (Inversionszeitraum) fallen und im zeitlichen und genetischen Kontext mit der Harznordrandstörung zu sehen sein.

Unmittelbar östlich von Schacht II tritt eine N-S-Störung auf, die in ihrem Verlauf zunächst den Asse-Höhenzug schneidet und dann dem Talverlauf der Ammerbeek (**Diagonalstörung der Ammerbeek**) folgt. Aus dem rekonstruierbaren Versatz der aufgerichteten Schichtenfolge läßt sich vermuten, dass es sich hierbei um eine W-gerichtete Abschiebung handelt.

Östlich von Berklingen ist eine NW-einfallende Bruchstörung (**Diagonalstörung von Berklingen**) mit abschiebender Kinematik deutlich.

Bei Watzum und Barnstorf treten auf der NE-Flanke der Salzstruktur drei NNE bis NE orientierte Abschiebungen (**Querstörungen von Watzum und Barnstorf**) auf, von denen die bei Watzum gelegene nach NW und die bei Barnstorf nach SE einfallen.

Südöstlich Watenstedt, wo die Scheitelstörung in die südwestlich vorgelagerte Flexurzone einschert, tritt zwischen Beierstedt und Jerxheim eine ENE streichende Abschiebungsstaffel (**Diagonalstörung von Jerxheim**) auf, die den hier breiten Salinarkörper von Jerxheim nach N hin begrenzt.

Das vorab skizzierte Bruchstörungsmuster stellt die im regionalen Maßstab der Salzstruktur Asse-Heeseberg geometrisch notwendigen Bruchstörungen dar, wie sie zur Herleitung der rekonstruierten Lagerungsverhältnisse notwendig sind. Im lokalen Maßstab (vgl. Abschnitt 5) treten weitere Elemente hinzu, ohne dass der skizzierte generelle Bauplan dadurch wesentlich abgeändert wird.

Die Sedimentgesteine des postsalinaren Deckgebirges tragen ein mehr oder minder bankrechtes **orthogonales Kluftsystem**, das in Abhängigkeit von der Lithologie Unterschiede in der Kluftdichte und -ausbildung zeigt. Die Hauptkluftrichtungen sind meist quer, seltener diagonal zum Schichtstreichen ausgerichtet (FRANK 1974, [32]).

Es dominieren meist steil nach W fallende NNE-SSW-Kluftscharen (Streichen: 5° bis 25°, Einfallen: 60° bis 80° nach W) über ebenfalls steil einfallende NE-SW-Scharen, die bevorzugt nach SE einfallen (Streichen: 50° bis 60°, Einfallen: 60° bis 80° nach SE) und E-W-Scharen, die steil nach S einfallen (Streichen: 90° bis 105°, Einfallen: 60° bis 80° nach Süden). Nahe Großdenkte treten N-S streichende Klüfte hervor. Am Nordwestende der Asse und in der Haupttrogensteinzone nördlich von Schacht II wurden E-W-Klüfte als Vorzugsrichtung festgestellt.

Klufthäufigkeiten wurden in der Bohrung R8 ermittelt (KLARR ET AL. 1991, [64]). Danach treten in der gesamten Schichtenfolge einschließlich Residualgebirge des Mittleren Muschelkalkes im Durchschnitt 6 bis 7 Klüfte/m Bohrlänge (vertikaler Abstand) auf, wobei eine besonders hohe Kluftdichte für den basalen Wellenkalk (Unterer Muschelkalk) mit 52 Klüften/m festgestellt wurde.

In allen Karbonatgesteinen, besonders aber in den Rogensteinen, sind frühdiaogenetisch angelegte Rupturen durch Drucklösung suturiert (H- und V-Stylolithen).

Im Hinblick auf die hydrogeologischen Eigenschaften des Deckgebirges kommt vor allem den Bruchstörungen, untergeordnet auch den Kluffgefügen, Bedeutung zu (vgl. Abschnitt 4.3).

4.2 Stratigraphie und Lithologie der Schichtenfolge

Nachfolgend werden die Schichtfolgen des Zechsteins und des suprasalinaren Deckgebirges im Überblick beschrieben, wobei vor allem die lithologischen Parameter behandelt werden sollen, die im Hinblick auf die hydrogeologische Situation von Bedeutung sind.

4.2.1 Zechstein (Oberperm, Paläozoikum)

Im weiteren Umfeld der Salzstruktur Asse - Heeseberg ist der Zechstein mit den Folgen 1 bis 7 nachgewiesen. Die lithostratigraphische Untergliederung des Zechsteins stellt Tabelle 1 dar.

Im Liegenden der Staßfurt-Folge ist die **Werra-Folge (z1)** durch Tiefbohrungen im Elm (Bohrung Elm 2) sowie im Bereich Salzstruktur Asse (Bohrung Remlingen 5) nachgewiesen. Sie wird durch den Werra-Anhydrit, den Zechsteinkalk und den Kupferschiefer vertreten. Das Zechsteinkonglomerat fehlt.

Im heutigen NW- und in weiten Teilen des Zentralabschnittes kam es während des Zechsteins 1 offenbar nicht zur Evaporisation von chloridischen Salzgesteinen. Solche sind erst 12 km südöstlich von Schacht Asse II mit der Bohrung Watenstedt z1 durch 3,0 m Werra-Steinsalz nachgewiesen worden (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1989, [64]). Die Gesamtmächtigkeit der Werra-Folge beträgt im Umfeld des Bergwerkes Asse 2 ca. 58 m.

Zusammenfassung der geologischen Grundlagen
für die Langzeitsicherheitsbewertung der Schachtanlage Asse II

Tabelle 1 Gliederung des Zechstein (zusammengestellt nach: SCHÜTTE (1986; [93]), ESSAID & KLARR (1982; [27]), KLARR, RICHTER-BERNBURG & ROTFUCHS (1987; [65]); DIEM (1985; [20])

Zechstein	Symbol	Asse-Nomenklatur	Mächtigkeit [m]	
Mölln-Folge	z7	Brückelschiefer (T7)	17 m	
Friesland-Folge	z6	Friesland-Ton (T6)	4,0 m	
Ohre-Folge	z5	Ohre-Anhydrit/Salzbrockenton (A5/T5)	4,1 m	
Aller-Folge	z4			
Grenzanhydrit	z4ANb	Aller-Grenzanhydrit (A4r)	bis 16 m	
Aller-Salz	z4NA	Tonbanksalz (Na4tm)	7,0 m	
		Schneesalz / Rosensalz (Na4β+γ)	16,0 m	
		Aller-Basissalz (Na4α)	5,0 m	
Pegmatitanhydrit	z4ANa	Pegmatitanhydrit (A4)	1,3 m	
Roter Salztou	z4T	Roter Salztou (T4)	13,0 m	
Leine-Folge	z3			
Tonmittelsalz		Tonmittelsalz (Na3tm)	ca. 23 m	
Schwadensalz	z3NAh	Schwadensalz (Na39)	ca. 12 m	
Anhydritmittelsalz	z3NAg	Anhydritmittelsalz (Na3η)	35,0 m	
Buntes Salz	z3NAf	Buntes Salz (Na3ζ)	7,0 m	
Bändersalz	z3NAe	Bändersalz (Na3ε)	ca. 10 m	
Banksalz	z3NAd		ca. 10 m	
Kalisalzflöz Ronnenberg	z3KRo	Ronnenberg-Horizont Na3Ro-δ		
Orangesalz	z3NAc	Gamma-Liniensalz (Na3γ)	ca. 5 m	
Liniensalz	z3NAb	Beta-Liniensalz (Na3β)	ca. 30 m	
Basissalz	z3NAa	Leinebasissalz (Na3α)	ca. 16 m	
Hauptanhydrit	z3AN	Hauptanhydrit (A3)	ca. 30 m	
Grauer Salztou	z3T	Grauer Salztou (T3)	ca. 6 m	
Staßfurt-Folge	z2	nur selten lokal erhalten		
Deckanhydrit	z2ANb	Gebänderter Deckanhydrit (A2r)	ca. 1,5 m	
Decksteinsalz	z2NAd	Decksteinsalz (Na2r)	ca. 1 m	
Kalisalzflöz Staßfurt	z2KSt	Hartsalz (K2H) Carnallit (K2C)	ca. 40 m	
Kieserit. Übergangssalz	z2UE	Kieserit. Übergangssalz (Na2K)	1 m – 5 m	
Hangendsalz	z2NAc	Tonliniensalz (Na2T)	0 m – 25 m	
		Polyhalitbänkchensalz (Na2P)	3 m – 16 m	
		Speisesalz (Na2S)	ca. 10 m	
Hauptsalz	z2NAb	Hauptsalz (Na2β)	polyhalitisches	ca. 450 m
			anhydritisches	
Basissalz	z2NAa	Basissalz (Na2α)	-	
Basalanhydrit	z2ANa	Basalanhydrit (A2)	3,0 m	
Stinkschiefer	z2Ca	Stinkschiefer (Ca2)	2,1 m	
Werra-Folge	z1			
Werra-Anhydrit	z1AN	Werra-Anhydrit (A1)	53,2 m	
Zechsteinkalk	z1Ca	Zechsteinkalk (Ca1)	4,7 m	
Kupferschiefer	z1T	Kupferschiefer (T1)	0,02 m	

Seite 31 von 94

Die **Staufurt-Folge (z2)** (Tabelle 1) ist im weiteren Umfeld der Remlinger und Schöppenstedter Mulde und in der Salzstruktur Asse-Heeseberg, abweichend von in der Weser-Senke (DIEM 1985, [20]) vorherrschenden stratigraphischen Profilen, ausgebildet. Der basale Teil wird durch

- Stinkschiefer (z2Ca)
- Basalanhydrit (z2ANa)
- Basissalz (z2NAa)
- Hauptsalz (z2NAb)

repräsentiert. Für das ausgezeichnet untersuchte Salinar im Bergwerk Asse 2 lässt sich das **Hauptsalz (z2NAb)** in folgender Weise gliedern (vgl. APPEL 1971, [1]; DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]):

Ein bis zu 450 m mächtiges anhydritisches Hauptsalz lagert unter dem etwa 10 m mächtigen polyhalitischen Hauptsalz.

Das **anhydritische Hauptsalz** besteht aus farblos-glasklarem bis milchig-getrübbtem, grobkristallinem Steinsalz mit 1 bis 3 mm starken Anhydritlagen, die im Abstand von durchschnittlich 10 cm folgen. Im Steinsalz treten zahlreiche Kristallsalzbrocken, teils mit eingeregelt, lagenweise angeordneten Halitkristallen, auf. Der Anhydrit liegt in Korngrößen zwischen 0,1 mm und 1,1 mm, selten bis 5 mm vor. Größere Anhydritkristalle bilden eine Verzahnung zwischen Sulfatlagen und Halitlagen. Die einzelnen Anhydritlagen zeigen *single layer*-Falten, teils auch Boudinage, was auf den hohen Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix hinweist. Die gesamte Folge ist durch geringe Tongehalte verunreinigt, die meist als diffuser Saum an der Hangend- und Liegendgrenze lokalisiert ist.

Das **polyhalitische Hauptsalz**¹⁸ besteht aus weißem Steinsalz, das in einzelnen Lagen von wenigen Dezimetern bis mehreren Metern auftritt, was durch den Abstand der Sulfatlagen (meist Polyhalit) bestimmt wird. Die Korngrößen des Halits variieren zwischen <1 cm bis >5 cm, wobei zum Hangenden hin eine Tendenz zur Korngrößeminderung zu erkennen ist.

Die Mineralverteilung zeigt für das polyhalitische Hauptsalz wechselnde Halitgehalte und zum Teil erhebliche Polyhalit-Gehalte: Halit 88,8 Gew% bis 98,5 Gew%, Polyhalit 0,1 Gew% bis 8,0 Gew%, Anhydrit 0,1 Gew% bis 8,4 Gew%, in Ausnahmefällen bis 13,1 Gew% Polyhalit.

Charakteristisch sind häufig auftretende Sulfatbänkchen, die aus feinkörnigen Halit, Polyhalit und Anhydrit bestehen und 1 cm bis 5 cm Mächtigkeit erreichen. Auch diese Lagen zeigen *single layer*-Falten, worin wiederum der hohe Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix zum Ausdruck kommt. Zum Hangenden hin nehmen die Sulfatlagen zu. Sowohl an der Hangend- als auch an der Liegendgrenze treten tonige Verunreinigungen auf.

¹⁸ Übergangssalz im Sinne von APPEL (1971; [1])

Über dem Hauptsalz lagert das **Hangendsalz (z2NAc)**, dessen feinstratigraphischer Aufbau ebenfalls durch die Grubenaufschlüsse im Bergwerk Asse 2 sehr gut bekannt ist:

Der liegende Teil des Hangendsalzes wird durch das **Speisesalz** repräsentiert. Dieses fein- bis mittelkristalline, reinweiße, Steinsalz weist vereinzelt Kristallsalzeinschlüsse von mehreren Metern Durchmesser und vielfach Einschlüsse von feinsten Laugentröpfchen auf. Es ist nahezu monomineralisch aus Halit aufgebaut, wobei jedoch durchschnittlich 1,4 Gew% Polyhalit (schwankend zwischen 0,3 bis 3,0 Gew%) auftritt. Die Anhydritgehalte liegen zwischen 0 und 4 Gew%, im Durchschnitt bei 0,7 Gew%. Der Lagenbau wird durch 1 cm bis 3 cm dicke, gelblich-weiße Lagen markiert, was auf polyhalitische und/oder anhydritisch-polyhalitische Anteile zurückgeht. Das Speisesalz läßt sich im NW-Feld des Bergwerkes Asse 2 intern in drei Subeinheiten gliedern: ca. 3 m rotbräunlich gefärbter Abschnitt, 1 m kräftig rot gefärbter Abschnitt (im Bereich der 750-m-Sohle horizontbeständig), 4 m bis 5 m bräunlich gefärbtes Steinsalz. Die Mächtigkeit des Speisesalzes liegt bei durchschnittliche 10 m schwankt jedoch zwischen 8 m im NW-Feld und max. 22 m.

Über dem Speisesalz lagert das zwischen 3 und 16 m mächtige **Polyhalitbänkchensalz**, das aus fein- bis mittelkristallinem Steinsalz mit gelblichen, rötlichen oder grauen Polyhalitbänken (mm bis dm, max. 60 cm) aufgebaut wird. Sein Mineralbestand umfasst Halit mit 97,6 bis 99,8 Gew% und Polyhalit mit 0,2 bis 2,4 Gew%). Die Polyhalitbänke sind nahe dem Liegenden reinweiß, im mittleren Abschnitt cremefarben, im hangenden Abschnitt schwach bräunlich. Die Polyhalitbänke sind offenbar nicht horizontbeständig, gliedern sich auf und keilen aus. Auch diese Sulfatlagen zeigen intensive *single layer*-Falten, was den hohen Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix dokumentiert.

Das Polyhalitbänkchensalz wird vom **Tonliniensalz** überlagert, das eine gewisse fazielle Besonderheit der Salzstruktur Asse repräsentiert. Dieses fein- bis mittelkristalline Steinsalz ist grau bis tiefrot gefärbt und durch einzelne, dünne Bänkchen aus Tonmineralen und wenig Anhydrit, den sog. Tonlinien charakterisiert. Die Tonlinien treten im rhythmisch wechselnden, durchschnittlich ca. 6 cm Abstand in der gesamten max. 25 m mächtigen Abfolge auf.

Das Hangendsalz wird von den etwa 1 bis 5 m mächtigen **Kieseritischen Übergangsschichten (z2UE)** überlagert, die aus feinkristallinem Steinsalz, hellgrauem, gelblichem bis rötlichem, mit einigen Polyhalitlagen und zahlreichen Kieseritlagen bestehen. Vereinzelt treten hier unregelmäßig verteilte Nester oder Einzelkörner von Carnallit auf.

Darüber folgt das **Kalisalzflöz Staßfurt (z2KSt)**, das zumindest im Bergwerk Asse 2 vorwiegend als Trümmercarnallitit ausgebildet ist. Der untere Teil des 40 bis max. 50 m mächtigen Kalilagers ist - dort wo Schichtung bzw. Schichtungsrelikte zu

Seite 33 von 94

beobachtet sind - stark gefaltet. Das kataklastische Fließen der carnallitischen Kalisalzgesteine führte zu einer intensiven Homogenisierung. Über diesem Trümmercarnallit folgt im Niveau der 800-m-Sohle gefaserte Carnallit mit deutlich sichtbarer Schichtung, in dem die einzelnen Steinsalzbänke aber weitgehend boudiniert sind. Am Nordflügel der Salzstruktur Asse tritt der obere Teil des Lagers als halitischer Carnallit mit himbeerrotem Carnallit ebenfalls in Trümmercarnallit-Ausbildung auf. Am Südflügel hingegen ist der obere Teil des Lagers gut geschichtet und gebankt und weniger intensiv boudiniert, so dass einzelne, Steinsalzbänke von mehr als 10 cm Mächtigkeit über weite Entfernungen verfolgt werden können. Im Hangenden des carnallitischen Lagerteils befindet sich an verschiedenen Stellen im Grubengebäude ein geringmächtiger (ca. 2 m) Hartsalzabschnitt, der auch für das Bergwerk Asse 1 nachgewiesen ist (DUNCKER 1906, [23]).

Das **Decksteinsalz (z2NAd)** überlagert das Kalilager primär, ist aber in weiten Teilen tektonisch unterdrückt. Seine primäre Verbreitung ist jedoch, z.B. durch die UT-Aufschlußbohrung 750-SW-2 (73/750x5/79) nachgewiesen. Dort besteht das 0,75 m mächtige Decksteinsalz aus einem braunroten Steinsalz mit hellen schlierigen Streifen.

Der **Gebänderte Deckanhydrit (z2ANb)**, der in Mächtigkeiten von ca. 1,5 m auftritt, bildet den stratigraphischen Abschluss der Staßfurt-Folge und lithologisch den Übergang zur Leine-Folge (z3).

Der stratigraphisch tiefste Teil der **Leine-Folge (z3)** wird vom **Grauen Salzton (z3T; Leine-Ton)** aufgebaut. Der Graue Salzton ist als dunkelgrauer bis schwarzer Tonstein ausgebildet, in dem gelegentlich bräunliche Anhydritbänkchen (APPEL 1971, [1]), in Gips umgewandelt auftreten (WEINBERG 1997, [108]). Im stratigraphischen Hangenden dieser pelitischen Abfolge lagern bituminöse, feinkristalline, schwarzgraue Kalksteine, die das **Leine-Karbonat** repräsentieren. In oberflächennahen Bohrungen östlich der Schachtanlage Asse II und in den Tiefbohrungen Remlingen 5 und 9 wurde Leine-Karbonat nachgewiesen (WEINBERG 1997, [108]). Nördlich und nordöstlich des Bismarckturms, im Bereich der Klein-Vahlberger Buchen, am Südrand des Gipsgrubenwaldes sowie westlich der Schachtanlage Asse 2 streicht das Leine-Karbonat übertägig aus, das ferner durch Flachbohrungen nachgewiesen wurde.

Primär dürften Grauer Salzton und Leine-Karbonat ca. 6 m (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]) bis maximal 8 m (APPEL 1971, [1]) mächtig gewesen sein. Aufgrund der tektonischen Beanspruchung während der Diapirbildung sind diese Horizonte im Grubenfeld Asse 2 lediglich als fingernagel- bis kopfgroße isolierte Schollen überliefert, die im Grenzbereich Kalisalzflöz Staßfurt/Liniensalz reliktilsch zu finden sind. Im Grubenfeld Asse 1 dagegen, wurde der Graue Salzton in normaler Lagerung über dem Kalisalzflöz Staßfurt weit verbreitet angetroffen (DUNCKER 1906, [23]).

In der stratigraphischen Abfolge folgt über dem Grauen Salzton und dem Leine-Karbonat der **Hauptanhydrit (z3AN)**, der aufgrund seiner hohen Fließfestigkeit im Zuge der Fließverformung der Steinsalzhorizonte bei der Salzstrukturbildung fragmentiert wurde und heute in einzelnen isolierten Schollen vorkommt. In Bergwerk Asse 2 ist er lediglich an vier Stellen aufgeschlossen. Oberflächennah ist er westlich der Schachtanlage Asse II, südöstlich der L513, im Bereich des Gipsgrubenwaldes sowie der Klein-Vahlberger Buchen als Gips nachgewiesen worden (WEINBERG 1997, [108]). Der Hauptanhydrit dürfte primäre Mächtigkeiten von 25 m bis 30 m eingenommen haben (APPEL 1971, [1]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Der Hauptanhydrit wird in der stratigraphischen Abfolge vom **Basissalz** (Leine-Basissalz) (**z3NAa**) überlagert, das eine Mächtigkeit bis 16 m erreicht und zum Hangenden in das bis ca. 30 m mächtige **Liniensalz** (Beta-Liniensalz) (**z3NAb**) überleitet, einem feinkristallinen, weißen Steinsalzhorizont, mit Korngrößen von ca. 2 mm und einzelnen grauen flockig-flaserigen, meist 1 mm bis 2 mm, seltener bis 5 cm mächtigen Anhydrit- bzw. Tonlagen (APPEL 1971, [1]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]). Darüber lagert das **Orangesalz** (Gamma-Liniensalz) (**z3NAc**), das einen bis 5 m mächtigen, meist durch Anhydritbeimengungen auffällig orange gefärbten, feinkristallinen Steinsalzhorizont darstellt und in das ca. 10 m mächtige **Banksalz** (**z3NAd**) übergeht. Das **Kalisalzflöz Ronnenberg** (**z3KRo**) ist nicht aufgeschlossen (APPEL 1971, [1]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]). Sowohl das Banksalz als auch das darüber lagernde, ebenfalls etwa 10 m mächtige **Bändersalz** (**z3NAe**), stellen Wechsellagerungen von orangefarbigem Steinsalz und deutlich grobkörnigerem, weißem Steinsalz dar, die sich nur durch verschiedene Mächtigkeiten der einzelnen Lagen unterscheiden. Im Hangenden folgt das **Bunte Salz** (**z3NAf**), ein kräftig orange gefärbtes Steinsalz, das einzelne graue Anhydritlagen enthält und bis zu 7 m mächtig wird. Darüber lagert das **Anhydritmittelsalz** (**z3NAg**), das einen etwa 35 m mächtigen, durch Anhydritbänke weiter untergliederten orangefarbenen Steinsalzhorizont aufbaut. Die mächtigeren Anhydritbänke zeigen an der Basis tonige Lagen und intensive unregelmäßige Verwachsungen mit sekundärem grobkristallinem Halit, eine (sog. pegmatitische Ausbildung (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]). Die mit einem Abstand von etwa 10 m aufeinanderfolgenden 4., 6. und 7. Anhydritmittelbänke erreichen Mächtigkeiten zwischen 1 m und 3 m und werden als Anhydritmittelhauptbänke bezeichnet. Die Anhydritmittelbänke sind als Folge der Fließverformung der mächtigen Steinsalzpakete ruptuell beansprucht, teils boudiniert. Die Boudinhäse bzw. die bankrechten Frakturen sind mit sekundärem, zum Teil faserig ausgebildetem Carnallit mineralisiert.

Oberhalb der 4. Anhydritbank setzt sukzessive eine sog. Schwadensalzfazies ein, die durch einen stärkeren Eintrag pelitischen Detritus in den Sedimentationsraum den lithostratigraphischen Abschluß der Leine-Folge kennzeichnet. Im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg bildet das **Schwadensalz** (**z3NAh**) mit dem Tonmittelsalz eine fazielle Einheit, in der insgesamt 16 unreine schwadig-tonige Zonen sowie 16 reinere Steinsalzpartien in einer etwa 35 m mächtigen Wechselfolge auftreten. Die reinere Steinsalzabschnitte bestehen aus überwiegend orange- oder

Seite 35 von 94

rosafarbigem, seltener auch gelblichem und glasklarem Halit. Die verunreinigten Partien (Tonschwaden) enthalten neben Steinsalz dunkelrotbraune anhydritische Tonflocken, -brocken, -schmitzen und -lagen.

An der Basis der **Aller-Folge (z4)** tritt der etwa 13 m mächtige **Rote Salztou (z4T)** auf, der einen sand- und tonhaltigen Schluffstein mit 15% Ton, 20% Sand und 65% Schluff darstellt (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]). Vereinzelt treten darin 1 mm bis 10 mm große Anhydritknollen auf. Er wird vom **Pegmatitanhydrit (z4ANa)** überlagert. An seiner Basis tritt ein 10 cm grüner anhydritischer Ton auf. Darüber lagern zunächst hellgraue, faserige Anhydritlagen, die wegen zahlreicher großer Anhydritkristalle durch hohe Reflektanz auffallen. In den Kristallzwickeln treten wasserklare, teils auch gelblich gefärbte Halitkristalle auf. Im höheren Teil fehlen die leuchtenden Farben, da die intersertalen Verwachsungen des Anhydrits von geringerer Dimension sind. Der gesamte Pegmatitanhydrit ist 1,3 m mächtig (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]) und wird mit markanter Grenzfläche vom **Aller-Salz (z4NA)** überlagert. Im Grubenfeld Asse II ist dieser Steinsalzhorizont nur wenige Meter aufgeschlossen, jedoch durch Bohrungen (z.B. UT-Bohrung A3 Aufschlussbohrung 65/490 *1/68; Bohrung Remlingen 3) in seiner lithologischen Abfolge und Mächtigkeit untersucht worden. Das etwa 35 m mächtige Aller-Salz weist auch hier eine klassische Dreiteilung in Basis-, Schnee- und Rosensalz sowie Tonbrockensalz auf (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]).

Darüber tritt der **Grenzanhidrit (z4ANb)** auf, der als grauer, geschichteter Anhydrit ausgebildet ist, in dem drei graugrüne Mergelbänke eingelagert sind. Er wurde tektonisch bedingt in unterschiedlichen Mächtigkeiten mit Untertage-Bohrungen gegen die Südflanke mit 16 m und durch die Tiefbohrung Remlingen 3 an der Nordflanke mit 3 m bis 4 m Mächtigkeit nachgewiesen (HARTWIG 1957, [47]; APPEL 1971, [1]).

Die im regionalen Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg rezessiv ausgebildete **Ohre-Folge (z5)** bzw. **Friesland-Folge (z6)** bestehen aus einer 8 bis 14 m mächtigen, dominierend pelitischen Abfolge, in die einzelne Karbonatgesteine, meist aus massigem Dolomit und schichtigen, graugrünlichen auch rötlichen Mergeln bestehend, und ein Sulfatgesteinshorizont zwischengeschaltet sind. Als markante stratigraphische Horizonte werden der **Salzbrockenton (z5T)**, ein mit Steinsalzschiefern durchwachsender Ton-/Schluffstein, der massive **Ohre-Anhydrit (z5AN)** und der **Friesland-Ton (z6T)**, ein tonig-feinsandiger Schluffstein, ausgehalten (APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]; WEINBERG 1997, [108]). Die Pelite sind bröckelig-erdig zerfallende, bunte tonige Schluffe (Letten) mit wolkg eingesprengten, rosa oder weißen Anhydritkonkretionen (0,5 cm bis 3 cm).

Der Friesland-Ton geht konkordant in die etwa 17 m mächtige, tonig-siltige Wechsellagerungen des **Bröckelschiefers (Mölln-Folge)** über.

4.2.2 Mesozoikum

Die mesozoische Schichtenfolge umfasst Gesteine der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper), der Jura (Lias und Dogger) und der Kreide (Unter- und Oberkreide), die nachfolgend im Hinblick auf ihre Lithologie und die lithostratigraphische Abfolge beschrieben werden.

Buntsandstein (s)

Den mächtigsten Teil des postsalinaren Deckgebirges nimmt der Buntsandstein (Untere Trias) ein, der eine Gesamtmächtigkeit von etwa 550 m erreicht. Auch im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg zeigt der Buntsandstein seine typische lithostratigraphische Ausbildung, die eine Untergliederung in eine aus vorwiegend Ton- und Schluffsteinen mit eingelagerten oolithischen Kalksteinen bestehenden Unteren Buntsandstein, einen aus zyklisch sedimentierten Ton- bzw. Schluff-/Sandsteinwechsellagerungen aufgebauten Mittleren Buntsandstein und den vorwiegend durch evaporitische Sedimente und ihre Residualgesteine repräsentierten Oberen Buntsandstein (Röt) ermöglichen.

Der **Untere Buntsandstein (su)** überlagert in normaler Ausbildung die oberen Zechsteinfolgen konkordant und weist im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg eine Mächtigkeit von etwa 300 m auf.

Über dem Bröckelschiefer folgt die im Untersuchungsgebiet 167 m mächtige **Untere Folge**, die von der 115 m mächtigen **Oberen Folge** überlagert wird. Beide bestehen vorwiegend aus feinsandig- bis schluffigen Ton- bzw. Schluffsteinen, in denen cm-dicke Lagen karbonatischer Feinsandsteine eingeschaltet sind.

In der Unteren, verstärkt aber in der Oberen Folge treten Kalkoolith- und fein- bis mittelsandige Sandsteinbänke (sog. Rogensteinbänke) auf, von denen die Rogensteinzone mit einer Mächtigkeit um 40 m im Grenzbereich zum Mittleren Buntsandstein besonders markant ist. Darin tritt die sog. Hauptrogensteinbank, ein 6 m bis 6,5 m mächtiger oolithischer Kalksteinhorizont auf, der im Hinblick auf die Grundwasserführung besondere Bedeutung besitzt. Die Rogensteinzone der Oberen Folge korreliert im Sinne der lithostratigraphischen Großzyklen der Buntsandsteingliederung (BOIGK 1957, [11]; BOIGK 1959, [12]; BOIGK 1961, [13] unten) mit dem oberen Teil der **Bernburg-Folge (suB)**.

Diese stratigraphische Normalabfolge tritt an der Nordflanke und im zentralen Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg sowie in den südlich (Remlinger Mulde) und nördlich (Schöppenstedter Mulde) vorgelagerten Randmulden auf. An der Südflanke des Zentralabschnittes der Salzstruktur Asse-Heeseberg fehlen dagegen die Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins als Folge des diapirartigen Salzaufstieges (vgl. Abschnitt 4.1), so dass hier saline Gesteine des Oberen Buntsandsteins solchen des Zechsteins unmittelbar auflagern (BURBACH-KALIWERKE

Seite 37 von 94

1939, [17]; APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Der mit einer Gesamtmächtigkeit von ca. 100 m ausgebildete **Mittlere Buntsandstein (sm)** umfasst Ablagerungen der Großzyklen der Volpriehausen-Folge und der Solling-Folge.

Die Detfurth- und die Hardeggen-Folge fehlen im Untersuchungsgebiet dagegen vollständig und die Volpriehausen-Folge ist um den oberen Teil der Volpriehausen-Wechselfolge reduziert, so dass die Ton- und Schluffsteine der Solling-Folge mit einer Schichtlücke den lithologisch ähnlich aufgebauten Wechselfolgen der Volpriehausen-Folge auflagern (APPEL 1971 [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]). Die nicht vollständig ausgebildete **Volpriehausen-Folge (smV)** weist eine Mächtigkeit von ca. 45 m und die **Solling-Folge (smS)** eine Mächtigkeit von ca. 54 m auf.

Der **Obere Buntsandstein (so, Röt)** erreicht eine Gesamtmächtigkeit von ca. 150 m und zeigt eine lithologische Untergliederung in vier evaporitische Sedimentationszyklen (Röt 1 bis Röt 4; APPEL 1971, [1]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Das **Röt 1 (so1)** weist Mächtigkeiten von etwa 55 m auf beginnt mit einem knapp 4 m mächtigen anhydritisch-tonigefaserten Tonsteinhorizont. Darüber folgt in primärer Ausbildung ein mindestens 31 m mächtiges Steinsalzlager (Rötsteinsalz), das von einem ca. 16 m Anhydrit (Rötanhydrit) und einem etwa 4 m mächtigen Mergelsteinhorizont überlagert wird. Oberflächennah ist der Steinsalzhorizont subrodiert und die Anhydritbänke sind verkarstet, so dass diese stratigraphische Einheit als Wechsellagerung von Tonsteinen mit Gipssteinlagern in Erscheinung tritt.

Das **Röt 2 (so2)** ist zwischen 20 m und 25 m mächtig und besteht aus einer Abfolge von Mergelstein mit zwischengeschalteten Anhydritbänken. Oberflächennah sind die Anhydritgesteine vergipst, so dass im Ausstrich mehrere bis 3 m mächtige Gipssteinlager in violettroten und grüngrauen, seltener braunroten Tonsteinen auftreten. Die im Subherzynen Becken nachgewiesenen Steinsalzhorizonte im Röt 2 (z. B. Bohrung Elm 2; ca. 5 km nordöstlich der Asse-Struktur) sind für den Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg nicht belegt.

Das **Röt 3 (so3)** ist etwa 23 m mächtig und besteht vorwiegend aus karbonatfreien, braunroten, ungeschichteten, polygonal-bröcklig absondernden Tonsteinen.

Das **Röt 4 (so4)** hat im Untersuchungsgebiet eine Mächtigkeit von ca. 50 m und stellt eine Wechselfolge grüngrauer und violettroter Tonsteine dar. An der Basis treten daneben auch geringmächtige Lagen von Feinsand- und Schluffsteinen auf. Den Abschluss bilden 4 m bis 5 m mächtige Serien aus grauen, massigen Tonsteinen.

Seite 38 von 94

Muschelkalk (m)

Über den Peliten des Röt 4 lagern Mergelsteine des Muschelkalkes auf. Der Muschelkalk weist im Untersuchungsgebiet eine primäre Gesamtmächtigkeit von etwa 280 m auf und zeigt die aus der Germanischen Trias bekannte Untergliederung in den aus Bankkalkhorizonten mit Mergelsteinlagen aufgebauten Unteren Muschelkalk, die evaporitische Abfolge des Mittleren Muschelkalkes und den ebenfalls aus Mergel- und Kalksteinen bestehenden Oberen Muschelkalk (PHILLIPPI 1899, [80]; GRUPPE 1905, [42]; HOEHNE 1911, [57]; WOLDSTEDT ET AL. 1931, [111]; WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; ZUNCKE, 1957 [118]; STEIN 1966, [100]; STEIN 1967, [101]; HERRMANN, HINZE & STEIN 1967, [51]; FRANK 1974, [32]; KLARR 1981, [63]; ESSAID & KLARR 1982, [27]; DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Tabelle 2 Stratigraphie und Lithologie des Unteren Muschelkalks im Bereich der Salzstruktur Asse (zusammengestellt nach APPEL 1971, [1]; ESSAID & KLARR 1982, [27]; KLARR ET AL. 1991, [64]; WEINBERG 1997, [108]; DIEM 1985, [20])

Horizont	Symbol	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Schaumkalk-Bänke	muS	Mergelstein; dolomitisch, ankeritisch	12 m
Wellenkalk 3	muW3	Kalkstein	11 m
Terebratel-Bänke	muT	Kalkstein; z. T. geröllführend, Basis oolithisch	7 m
Wellenkalk 2	muW2	Kalkstein mit Tonmergelsteinlagen	32 m
Oolith-Bänke	muOB	Dolomit bis Kalkstein; mergelig, ankeritisch, bankig	7 m
Wellenkalk 1	muW1	Kalk- und Mergelstein mit Schillkalksteinlinsen	21 m
Konglomerat-Bänke	muK	Kalkstein; an Basis und Top Kalkgeröllhorizonte	14 m

Der **Untere Muschelkalk (mu)** ist im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg 104 m mächtig und besteht vor allem aus Kalksteinbänken mit zwischengeschalteten Mergelsteinlagen, mitunter auch dolomitische bzw. ankeritische Partien (KLARR ET AL. 1991 [64]). Durch das horizontbeständige Auftreten markanter Kalksteinbänke (Leitbänke) und die gelben Dolomit-Horizonte ist eine weitere feinstratigraphische Gliederung des Unteren Muschelkalkes (Tabelle 2) möglich.

Tabelle 3 Stratigraphie und Lithologie des Mittleren Muschelkalks, dargestellt am Beispiel der Bohrung Remlingen 5 (KLARR ET AL. 1991, [64])

Horizont	Symbol	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Obere Dolomitfolge	mmOD	Mergelstein (dolomitisch; ohne Sulfatanteil)	13,0 m
		Mergel- und Tonstein (dolomitisch, sulfatisch)	27,6 m
Salinarfolge	mmSF	Steinsalz (grobkristallin)	0,4 m
		Mergelstein (dolomitisch, sulfatisch)	6,0 m
		Steinsalz (Mergelsteinbrekzie)	0,5 m
		Mergelstein (dolomitisch, sulfatisch)	0,6 m
		Steinsalz (mit Anhydritlagen)	42,0 m
Untere Dolomitfolge	mmUD	Mergelstein (dolomitisch, sulfatisch)	6,0 m
		Mergelstein (dolomitisch mit geringem Sulfatanteil)	16,0 m

Der **Mittlere Muschelkalk (mm)** besteht hauptsächlich aus dolomitischen Mergel- und Tonsteinen, in die eine mächtige polyzyklische Salinarfolge, primär aus Anhydrit und Steinsalzablagerungen bestehend, eingeschaltet ist (Tabelle 3). Der Mittlere Muschelkalk weist primär eine Mächtigkeit von ca. 110 m auf, die oberflächennah aufgrund der Subrosion der Steinsalzlager auf 90 m reduziert sein kann.

Tabelle 4 Stratigraphie und Lithologie des Oberen Muschelkalks (zusammengestellt nach: SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]; PREUSS ET AL. 2002, [81])

Stratigraphischer Horizont	Symbol	Gliederung Salzstruktur Asse	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Ceratitenschichten	moCT	Ceratitenschichten	Kalkmergelstein, Ton- bis Tonmergelstein, wenige mm-dünne Feinssandsteinlagen	50 m
Grenzschichten	moGR	Enocrinusschichten	Trochitenkalk	6,0 m - 7,0 m
Spiriferina-Bank	moSB		dunkelgrauen Mergelstein	0,4 m
Gervillienbank	moGB		gelbe Basisschichten aus knauringem Kalkstein	2,0 m
Trochitenkalk	moTR			

Der **Obere Muschelkalk (mo)** weist eine Gesamtmächtigkeit von ca. 60 m auf und besteht vorwiegend aus plattigen Kalksteinen, in die Ton- und/oder Mergelsteine in verschiedenen Anteilen eingeschaltet sind, was eine weitere feinstratigraphische Untergliederung ermöglicht. Abweichend von der Gliederung des Oberen Muschelkalkes im Niedersächsischen Becken wurden für den Bereich der Salzstruktur Asse anhand der Bohrprofile die Encrinusschichten (mo1 Trochitenkalk) von Ceratitenschichten (mo2) unterschieden (Tabelle 4).

Keuper (k)

Im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg sind Gesteinseinheiten des Keupers verbreitet, die in der südlich gelegenen Remlinger Mulde und der nördlich gelegenen Schöppenstedter Mulde eine Gesamtmächtigkeit von 360 m erreichen und die klassische Untergliederung in den aus Ton- und Schluffsteinen bestehenden Unteren Keuper, den von Tonsteinen beherrschten Mittleren Keuper und den vorwiegend von Sandsteinen aufgebauten Oberen Keuper zeigen (HOEHNE 1911, [57]; JÜNGST 1928, [59]; WOLDSTEDT ET AL. 1931, [111]; WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; KUMM 1941, [70]; HERRMANN 1968, [53]; FRANK 1974, [32]; KLARR 1981, [63]; DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Der **Untere Keuper (ku)** besteht überwiegend aus Ton-, Schluff- und Mergelsteinen mit variablen Sand- und Dolomitgehalten, die sich z.T. zu Sandstein- bzw. Dolomitbänken verdichten und weist Mächtigkeiten um ca. 60 m auf. Durch die verschiedenen Anteile an Dolomit- und/oder Sandsteinlagen bzw. -bänken ist der Untere Keuper feinstratigraphisch weiter gliederbar (Tabelle 5). Abweichend vom Normalprofil fehlt im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg der Basissandstein des Unteren Lettenkohlsandsteins. Hier dominieren kalkfreie Tonsteine die Abfolge (WEINBERG 1997, [108]). Die Unteren Bunten Mergel sind im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg durch das horizontbeständige Auftreten eines Feinsandstein-Horizontes (Anaplophora-Schichten; kuAP) in eine Untere Graue-Folge und eine Obere Bunte-Folge trennbar, die gemeinsam eine Mächtigkeit von 20 m einnehmen.

Der **Mittlere Keuper (km)** erreicht eine Gesamtmächtigkeit von ca. 250 m und besteht hauptsächlich aus Tonsteinen mit unterschiedlichen Karbonatgehalten. Die Anteile von Gips, Anhydrit und/oder Feinsandstein erlauben eine weitere feinstratigraphische Untergliederung (Tabelle 6).

Der **Obere Keuper (ko Rät)** besteht aus einer ca. 50 m mächtigen, nahezu ausschließlich aus Sandsteinen in wechselnden Mächtigkeiten (Lagen- bzw. Bänke) aufgebauten Abfolge, in die nur vereinzelt Tonsteine eingeschaltet sind und hydrogeologisch von Bedeutung sind (Brunnen der damaligen Wasserversorgungen von Wittmer und Mönchewahlberg).

Tabelle 5 Stratigraphie und Lithologie des Unteren Keupers (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. (1991) [64]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108])

Horizont	Symbol	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Obere Bunte Mergel	kuTO	Wechselfolge von Ton- und Mergelstein, feinsandig zahlreiche dolomitische Kalksteinbänke	10-18 m
Hauptlettenkohlsandstein	kuSO	Feinsandstein, im unteren und oberen Abschnitt mergelige Tonsteinlagen	bis 13 m
Untere Bunte Mergel	kuTU	Tonstein, sandig, Kalk- und Sandsteinlagen, z. T. dolomitisch	bis 16 m
Unterer Lettenkohlsandstein	kuSU	Tonstein mit Sandstein, feinsandig bis tonig, dünne Tonsteinlagen, Ton- und Tonmergelstein mit wechselnden Dolomitgehalten	bis 21 m

Tabelle 6 Stratigraphie und Lithologie des Mittleren Keupers (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108])

Horizont	Symbol	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Steinmergelkeuper	kmSM	Wechselfolge von Tonsteinen mit unterschiedlichen Kalkgehalten, eingeschaltete Bänke von Kalk- bzw. Mergelstein	90-110 m
Rote Wand	kmR	Tonstein, feinsandig, kalkhaltig, gelegentlich Feinsandsteinlagen	20 m
Schilfsandsteinzone	kmS	Feinsandstein, z. T. tonig, wenig Ton- und Schluffstein	6–10 m
Gipskeuper	kmG	Tonstein oder Tonmergelstein mit Gipseinschaltungen und/oder Mergelsteinlagen	110-120 m

Jura (j)

Unmittelbar an den Flanken der Salzstruktur Asse-Heeseberg tritt lediglich der Untere Jura (Lias: Hettang bis einschließlich Pliensbach) auf, in den südlich und nördlich vorgelagerten Randsenken reichte die jurassische Sedimentation bis in den Mittleren Jura (Dogger: Aalen bis Bajoc; (HOEHNE 1911, [57]; JÜNGST 1928, [59];

WOLDSTEDT ET AL. 1931, [111]; WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; KUMM 1941, [70]; HERRMANN 1968, [53]; FRANK 1974, [32]; KLARR 1981, [63]; DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Der **Untere Jura (Lias, ju)** erreicht eine Gesamtmächtigkeit von etwa 300 m (Tabelle 7).

Das **Hettang (Lias $\alpha 1$ bis $\alpha 2$)** beginnt mit den Pilonotenschichten, einer 60 m bis 70 m mächtigen Wechsellagerung fein- bis mittelsandiger Tonsteine mit unterschiedlichen Kalkgehalten, in die reine Ton- bzw. schmutziggelbe Sandsteine eingeschaltet sind. Darüber lagern die ca. 35 m mächtigen Angulatenschichten, die aus fein- bis mittelsandigen Tonsteinen mit unterschiedlichen Kalkgehalten aufgebaut werden und lagenweise reine Ton- bzw. Sandsteine enthalten. Zum Hangenden hin treten oolithische Kalksteinlagen hinzu.

Der basale Teil des **Sinemur (Lias $\alpha 3$ bis β)** wird durch die ca. 10 m mächtigen Arietenschichten eingenommen, die fein- bis mittelsandige Tonsteine mit unterschiedlichen Kalkgehalten und Einschaltungen oolithischer Kalksteinlagen darstellen und bereits durch z. T. hohe Eisengehalte charakterisiert werden. Darüber lagern die ca. 35 m mächtigen Planicostaschichten, ein hauptsächlich aus Tonsteinen aufgebauter Horizont, der geringmächtige Lagen von Toneisensteingeoden, Kalksandsteinen und Toneisensteinen enthält.

Tabelle 7 Stratigraphie und Lithologie des Unteren Jura (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM 1985, [20]; ESSAID & KLARR 1982, [27]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]; PREUSS ET AL. 2002, [81])

Stufe	Symbol	Horizont		Mächtigkeit [m]
Toarc	juct	Lias ξ	Jurensismergel	35 m – 40 m
		Lias ϵ	Posidonienschiefer	
Pliensbach	jupl	Lias δ	Amaltheenschichten	100 m
		Lias γ	Numismalismergel	15 m – 20 m
Sinemur	jusi	Lias β	Planicostaschichten	35 m
		Lias $\alpha 3$	Arietenschichten	10 m
Hettang	juhe	Lias $\alpha 2$	Angulatenschichten	35 m
		Lias $\alpha 1$	Pilonotenschichten	60 m – 70 m

Der 15 m bis 20 m mächtige Numismalm mergel bildet die Basis des **Pliensbach (Lias γ - Lias δ)**. Dieser aus oolithischen Brauneisenstein- und Kalksteingerölllagen sowie sandigen und/oder mergeligen Kalksteinen bestehende Horizont wird von den Amaltheenschichten überlagert, die eine ca. 100 m mächtige Abfolge von fein- bis mittelsandigen Tonsteinen darstellen und an deren Basis zahlreiche dünne Lagen mit Toneisensteingeoden auftreten.

Die höhere interjurassische Schichtenfolge ab dem **Toarc (Lias ϵ bis ξ)** ist nur im Bereich der nördlichen und südlichen Muldenstrukturen sowie lokal begrenzt östlich Remlingen, bei Groß Vahlberg sowie nordöstlich von Groß Denkte (Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone) verbreitet.

Die Gesamtmächtigkeit des Toarc beträgt dort 35 m bis 40 m und wird durch Ton- und Mergelsteine, die schwach bituminösen Tonsteine des Posidonien-schiefers und den Jurensis mergeln aufgebaut.

Der **Mittlere Jura (Dogger, jm)** weist in beiden der Salzstruktur Asse-Heeseberg nördlich und südlich vorgelagerten Mulden etwa 100 m Mächtigkeit auf und umfasst die Stufen Aalen (jmal) bis Bajoc (jmbj), die diskordant von unterkretazischen Grobklastika überlagert sind.

Das **Aalen (jmal)** wird im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg durch den Polyplocussandstein, einem massigen Fein- bis Mittelsandstein, und das **Bajoc (jmbj)**, durch die Coronatenschichten, die aus feinsandigen Tonsteinen mit im oberen Abschnitt auftretenden Lagen und Bänken von oolithischen Kalk- und Mergelsteinen, repräsentiert.

Kreide (kr)

Nach einer Schichtlücke greifen die basalen Grobklastika der Unterkreide, das sog. Hilskonglomerat, erosiv auf die ältere, maximal bis in das Bajoc (Mittlerer Jura) reichende Schichtenfolge über. Diese Schichtlücke ist Ausdruck der in diesem Zeitraum verstärkt wirksamen tektonischen und halokinetischen Aktivitäten (jungkimmerische Aktivitäten) im Sedimentationsraum (vgl. Abschnitt 3.3), die fortgesetzt bis in die Oberkreide andauern. Die gesamte etwa 500 m mächtige kretazische Schichtenfolge ist daher von wechselnden Mächtigkeiten sowie internen Schichtlücken gekennzeichnet und lässt sich in die beiden klassischen Subeinheiten Unter- und Oberkreide gliedern (HOEHNE 1911, [57]; JÜNGST 1928, [59]; WOLDSTEDT ET AL. 1931, [111]; WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; KUMM 1941, [70]; HERRMANN 1968, [53]; FRANK 1974, [32]; KLARR 1981, [63]; DIEM 1985, [20]; SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]; KLARR ET AL. 1991, [64]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]).

Die **Unterkreide (kru)** wird durch die drei stratigraphischen Horizonte

Flammenmergel Apt

Seite 44 von 94

Tonstein-Folge Hauterive bis Alb
Hilskonglomerat Unter-Hauterive

vertreten, die eine Mächtigkeit von ca. 300 m einnehmen.

Das **Hilskonglomerat** überlagert die ältere Schichtenfolge mit einer Erosionsdiskordanz und erreicht Mächtigkeiten von 15 m bis max. 25 m. Es besteht aus feinsandigen, geröllführenden Mergel- bis Kalkmergelsteinen, die konkordant von der bis 250 m mächtigen **Tonstein-Folge** überlagert werden. In diese homogene Folge von karbonatischen Tonsteinen sind vereinzelt Mergelsteinbänke eingeschaltet, die vor allem im hangenden Teil an Mächtigkeit zunehmen und zu dem darüber lagernden Flammenmergel überleiten. Die **Flammenmergel** weisen ca. 50 m Mächtigkeit auf und bestehen aus relativ festen Mergelsteinen mit einem wechselnden Feinsand- und Glaukonitgehalt. Hellere schlierig verteilte Zonen, die auf eine Silifizierung der pelitischen Substanz und auf Bioturbationen zurückzuführen sind, verleihen dieser Abfolge die charakteristische flammenartige Struktur.

Die **Oberkreide (kro)** setzt mit hellen Cenoman-Mergelsteinen ein, die in die Plänerkalk-Abfolge überleiten (Tabelle 8). Die Plänerkalke werden von mittel- bis obersantonen Ton- und Schluffsteinen diskordant überlagert, die ihrerseits erneut in sandige Kalkmergelsteine campanen Alters überleiten. Diese oberkretazische Abfolge ist bis zu 200 m mächtig, bildet den Abschluß des mesozoischen Deckgebirges und stellt einen hervorragenden Aquifer dar.

Tabelle 8 Stratigraphie und Lithologie der Oberkreide (Lithologie und Mächtigkeitsangaben nach DIEM (1985; [20]), SCHÜTTE (1986; [93]), KLARR ET AL. (1987; [65]), ESSAID & KLARR (1982; [27]), BATSCHE ET AL. (1994; [5]), WEINBERG (1997; [108]), PREUSS ET AL. (2002; [81]))

Stufe	Symbol	Horizont	Lithologie	Mächtigkeit [m]
Senon/Maastricht			nicht überliefert	
Campan	krca		sandiger Kalkmergelstein, z. T. stark glaukonitisch	ca. 40 m
Santon	krsa		stark glaukonitischer Schluff- bis Tonstein	8 m
Schichtlücke Mittel-Turon, Ober-Turon, Coniac, Unter-Santon, Mittel-Santon				
Turon	krt	Labiatus- bzw. Lamarckipläner		80 m bis 90 m
Cenoman	krc	Cenomankalk	Plänerkalkabfolge	etwa 30 m
		Cenomanmergel	weiche bzw. mürbe Mergelsteine	ca. 20 m

4.2.3 Känozoikum

Känozoische Bildungen (Tertiär und Quartär) treten im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg als Lockergesteine in verschiedenen Mächtigkeiten auf, von denen insbesondere das Quartär über weite Flächen die mesozoische Abfolge verdeckt gliedern (WOLDSTEDT ET AL. 1931, [111]; WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; APPEL 1971, [1]; DRESCHHOFF 1974, [22]; KLARR 1981, [63]; STÖTZEL 1983, [103]; KLARR ET AL. 1987, [65]; WEINBERG 1990, [108]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]; FELDMANN 2001, [28]; MUNDT 2003, [78]; SCHRÖDER 2003, [92]).

Tertiär (t)

Tertiäre Sedimente sind lediglich entlang der Südflanke der Salzstruktur Asse-Heeseberg als Füllung von Subrosionssenken erhalten, die als Sand- und Tonabfolgen (kalkfreie Grünsande), als sandige Tone und Mergel sowie tonig-schluffige, z.T. feinkiesführende Sande (meist oligozänen Alters) ausgebildet sind (APPEL 1971, [1]; BATSCHE ET AL. 1994, [5]; WEINBERG 1997, [108]). Diese tertiären Lockergesteine erreichen Mächtigkeiten von bis zu 23 m (BATSCHE ET AL. 1994, [5]).

Quartär (q)

Quartär wird hauptsächlich durch glazigene und periglaziale Sedimente des **Pleistozäns (qp)** vertreten, wobei Geschiebemergel bzw. -lehm (Saale-Glazial) vorherrschen und untergeordnet Sande, Kiese und Löss (Weichsel-Glazial) vorkommen.

Der Nachweis von Sedimenten der **Elster-Kaltzeit** ist unsicher, wird jedoch in den lokal auftretenden Geschiebesanden und Grundmoränen vermutet (WEINBERG 1990, [108]; WOLDSTEDT ET AL. 1931, [110]). Hauptsächlich jedoch dürfte die Elster-Vereisung überwiegend erosiv wirksam gewesen sein und war z.B. für die Ausräumung der Felsrinne bei Wittmar und des Taleinschnittes der Ammerbeek im Bereich der SW-Flanke sowie für die Quertalung entlang der Diagonalstörung von Groß Vahlberg verantwortlich¹⁹.

Sedimente der **Saale-Kaltzeit** sind als schichtungslose, unterschiedlich gefärbte Geschiebemergel bzw. -lehme nördlich unterhalb der Remlinger Herse und beiderseits der Straße nach Groß Vahlberg, auch in den Subrosionssenken des Röt 1 (NE-Flanke, nördliches Längstal; aber auch an der SW-Flanke) und als glazifluviale Sande und Kiese - darunter gutsortierte Quarz-Mittel- und Feinsande - etwa 450 m südlich Schacht Asse II, sowie am Sandberg östlich und nördlich von Remlingen verbreitet (HOEHNE 1911, [57]; STÖTZEL 1983, [103]; WEINBERG 1997, [108]).

Am NE-Hang des Heeseberges und östlich der Schachtanlage Asse II, in der Gemarkung Breite Legden treten als Bildungen des **Eem-Interglazials** humose, kalkfreie, z. T. tonige, dunkelgraue bis schwarzgraue Schluffe auf,

¹⁹ vgl. auch: COLENCO (2003), [18]

die einen feinsandigen, kalkfreien, hellgelbgrauen Schluff von etwa 5 m Mächtigkeit überlagern. Diese saalezeitlichen Bildungen werden von Löss und Fließerden überlagert, die der **Weichsel-Kaltzeit** zugeordnet werden. Im SW der Salzstruktur Asse-Heeseberg sind diese Bildungen nur vereinzelt nachgewiesen, wogegen im N und E schwach tonige, primär kalkhaltige, hellgraue Schluffe mit geringer Mächtigkeit häufiger auftreten (WEINBERG 1990, [108]; WEINBERG 1997, [108]).

Die Fließerden zeigen in der Regel eine stark von den im Untergrund anstehenden mesozoischen Festgesteinen abhängige lithologische Zusammensetzung und haben nur selten Mächtigkeiten geringer als 2 m (WEINBERG 1997, [108]).

Das **Holozän (qh)** wird durch Auffüll- und Abschlamm-Massen, ferner durch Schwemmlöß und Bodenbildungen repräsentiert. Die holozänen Auffüllungen sind mehrheitlich anthropogenen Ursprungs, stellen umgelagerte Massen mit lokal weiter Verbreitung dar, wie z.B. Lesesteindecken von Feldern, Abraummassen aus Trochitenkalk-Abbauen.

Die durchweg gering mächtigen Abschlamm-Massen bestehen aus Lößmaterial mit wechselnden Anteilen von Muschelkalkfragmenten.

Schwemmlöß findet sich in allen Talungen, wo er bis zu mehreren Metern mächtig werden kann, und weiterhin lokal in abflusslosen Hohlformen (Erdfälle) und ist als kalkfreier, humoser, brauner bis schwarzbrauner Schluff mit wechselnden Tongehalten ausgebildet.

Bei den Bodenbildungen handelt es sich vor allem um humose Oberböden, deren Mächtigkeit meist nur wenige Dezimeter beträgt und die insbesondere im Bereich ehemals und/oder derzeit kultivierter Ackerflächen stark anthropogen überprägt sind.

Die gesamte quartäre Abfolge kann Mächtigkeiten bis zu 40 m erreichen (APPEL 1971, [1]).

4.3 Subrosion der salinaren Schichtenfolge und Verbreitung der Residualgesteine

Mit der Subrosion der salinaren Gesteine des Zechsteins und der Trias sowie der Verbreitung der Residualgesteine im Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg haben sich WOLDSTEDT & HARBORT (1931, [112]) FRANK (1974, [32]), BATSCHKE & KLARR (1980, [4]), KLARR (1981, [63]), KLARR ET AL. (1991, [64]), BATSCHKE, KLARR, VON STEMPER (1994, [5]) sowie zuletzt WALLMÜLLER (2001, [107]) und COLENCO (2003, [18]) beschäftigt. Diese Untersuchungen stellen die Grundlage für den nachfolgenden Abschnitt dar.

Seite 47 von 94

Sowohl die Steinsalz-Horizonte als auch die anhydritischen Gesteine des **Oberen Buntsandsteins** (so1, so2) und des **Mittleren Muschelkalks** (mm) sind im Bereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg infolge der Einwirkung von Grund- und Oberflächenwässern subrodiert und im Gesteinsverband durch die Lösungsrückstände, zumeist tonig-siltige Sturzmassen mit wechselnden Gipsanteilen, dem sog. Residualgebirge vertreten. An der SW-Flanke, im Umfeld von Schacht II befindet sich die Grenze zwischen Residualgebirge und primären Evaporiten des Mittleren Muschelkalkes - als stratigraphisch höchstgelegenen Subrosionshorizont - im Niveau von etwa -300 mNN. In östliche Richtung sinkt sie bis in das Niveau -360 mNN ab. Im Umfeld von Schacht II ist das Röt (so1) unterhalb des Niveaus von -150 mNN nicht mehr von Subrosion erfasst, wogegen weiter östlich auch diese Subrosionsfläche auf das Niveau von etwa -280 mNN absinkt (WALLMÜLLER 2001, [107]). Als Folge dieser Subrosionsprozesse ist die Mächtigkeit des Röt auf etwa 90 m reduziert (KLARR 1981, [63]), KLARR ET AL. 1991, [64]).

Die Steinsalz-Horizonte des **Zechsteins 2 bis 4** wurden im Zentralbereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg bis in das Niveau von -80 mNN um Schacht Asse II bzw. weiter im E bis -280 mNN von Subrosion betroffen (WALLMÜLLER 2001, [107]), wobei einzelne Aufschlußpunkte einen unregelmäßigen Verlauf des sog. Salzspiegels belegen (WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]; WALLMÜLLER 2001, [107]):

Bereich Schacht I	etwa -55 mNN
westlich Schacht IV	etwa -80 mNN bis -110 mNN
östlich Schacht II	etwa -100 mNN und weiter nach E Absinken bis auf -280 mNN,
Bereich Schacht III	etwa -130 mNN

Über der Ablaugungsfläche der Zechstein-Salze lagern ebenfalls Lösungsrückstände, die sog. Hutgesteine, welche aus kavernen anhydritisch-tonigen Rückstandsbrekzien, in die unterschiedlich verteilte Knollen und/oder Lagen von Gips eingeschaltet sind. Die Mächtigkeit des Hutgesteins beträgt zwischen etwa 10 m und 15 m (Bereich Tiefbohrung Remlingen 9).

Im Zentralbereich der Salzstruktur Asse, im Umfeld von Schacht Asse II, reicht die Subrosion bis in den stratigraphischen Horizont des Anhydritmittelsalzes (z3NAg, Leine-Folge). Hier zeigt das Hutgestein eine vertikale Abfolge (BATSCHKE, KLARR, VON STEMPEL (1994, [5]) aus

- einer basalen Wechsellagerung von brekziösem Anhydrit mit Tonsteinzwickelfüllung,
 - einer Folge von Schluffstein mit unregelmäßig verteilten Gipsknollen,
- sowie
- einer kompakten Gipslage im Hangenden

und wurde in einer ungewöhnlich hohen Mächtigkeit von 60 m angetroffen (WOLDSTEDT & HARBORT 1931, [112]).

Das Hutgestein im Bereich Schacht I und nordwestlich davon, enthält an der Basis soleführende Gerinne, die zum Hangenden in geschichtete Gipse übergehen (BATSCHKE & KLARR 1980, [4]).

Nordwestlich von Schacht Asse II wurde an der Grenzfläche Salzgebirge/Hutgestein Sole angetroffen²⁰. Der Druckspiegel der Sole lag bei etwa 180 bis 190 m über dem Zutrittsniveau und fiel nach NW hin flach ab (BATSCHKE & KLARR 1980, [4]). Es wurde angenommen, dass die Salzlösungen mit dem Abtauchen der Salzstruktur im Streichen in nordwestlicher Richtung abfließen, am NW-Rand entlang von NNE-gerichteten Bruchstörungen in den bekannten Solquellen bei Groß Denkte über Tage austreten (FRANK 1974, [32]; BATSCHKE & KLARR 1980, [4]).

Damit sind rezente Subrosionsvorgänge verbunden, deren Zentrum östlich Gr. Denkte lokalisiert ist, die aber auch im Umfeld von Schacht I wirksam sind, wo sie möglicherweise durch den Bergbau eine Reaktivierung und/oder Beschleunigung erfahren haben.

Der unregelmäßige Verlauf des Salzspiegels und seine großen Niveauunterschiede dürften auf den Einfluß von Quer- und Diagonalstörungen und die hier als Folge erhöhter Permeabilitäten im Deckgebirge tiefergreifende Subrosion zurückzuführen sein.

4.4 Regionale Aspekte der Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik

Die im Abschnitt 4.2 beschriebene Schichtenfolge lässt sich in hydrogeologischer Hinsicht in eine Abfolge von Grundwasserleitern²¹ und Grundwasserstauern bzw. Grundwassergeringleitern²² untergliedern (Abbildung 4), die letztlich die aus den Höhendifferenzen der Ausstrichareale und den damit verbundenen hydraulischen Gradienten die Grundwasserbewegungen im regionalen Maßstab kontrollieren.

Die wesentlichen Aquifere der suprasalinaren Schichtenfolge im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg sind:

- der Untere Buntsandstein (su), insbesondere die Rogensteinzone (suRG);
- Sandsteinhorizonte des Mittleren Buntsandsteins
- der Untere Muschelkalk (mu);
- der Obere Muschelkalk (mo);

²⁰ Bohrung

²¹ nachfolgend als Aquifere bezeichnet

²² nachfolgend als Aquitarde bezeichnet

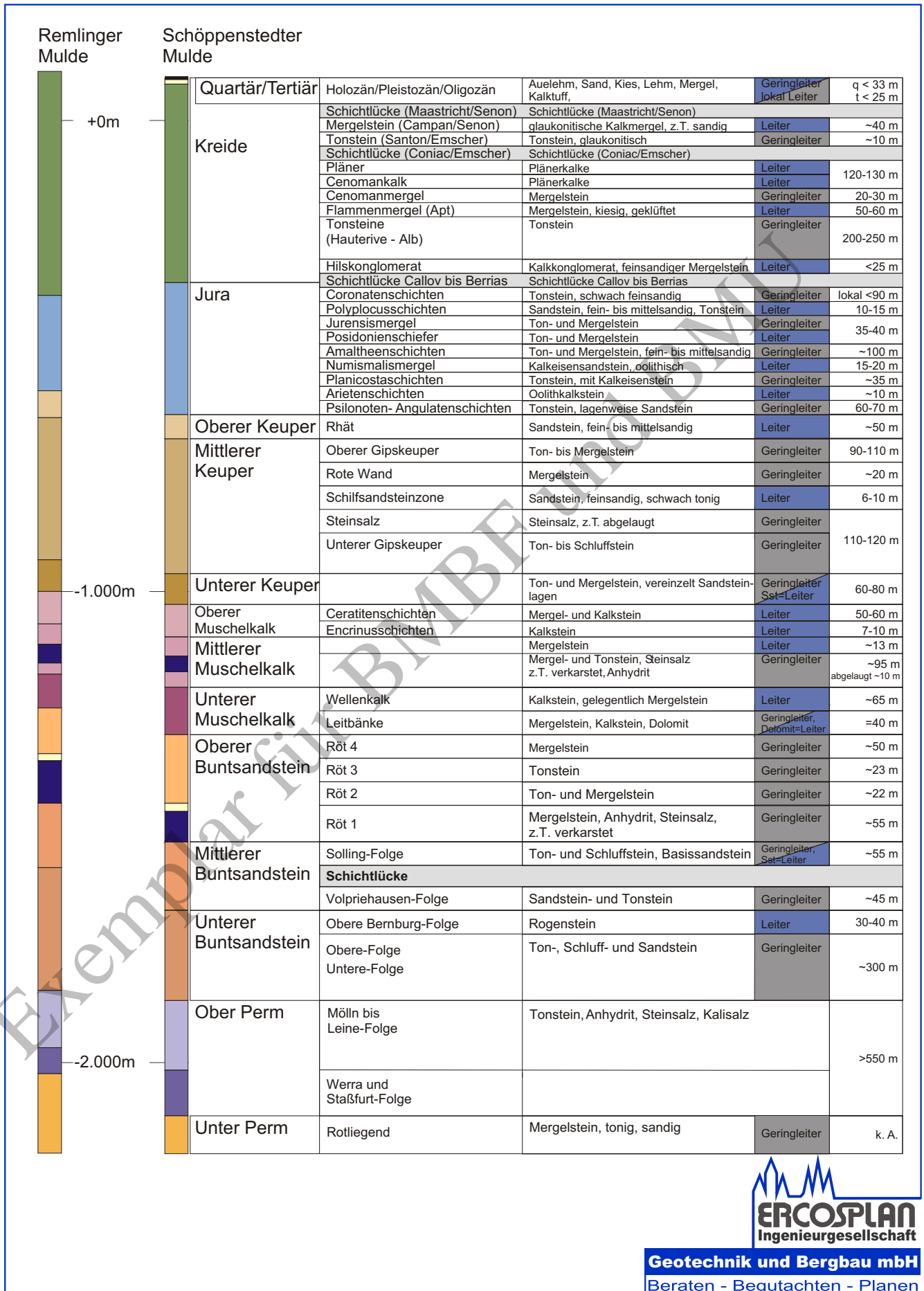


Abbildung 4

Stratigraphie, Lithologie und hydrogeologische Charakterisierung der Schichtenfolge in der Schöppenstedter Mulde, der Salzstruktur Asse und der Remlinger Mulde, zusammengestellt nach BOIGK (1957)[11], APPEL (1971)[1], MICHAEL & PAPE (1971)[75], KLARR (1981)[63], PAUL & KLARR (1988)[79], BATSCHE, KLARR & STEMPEL (1994)[5]

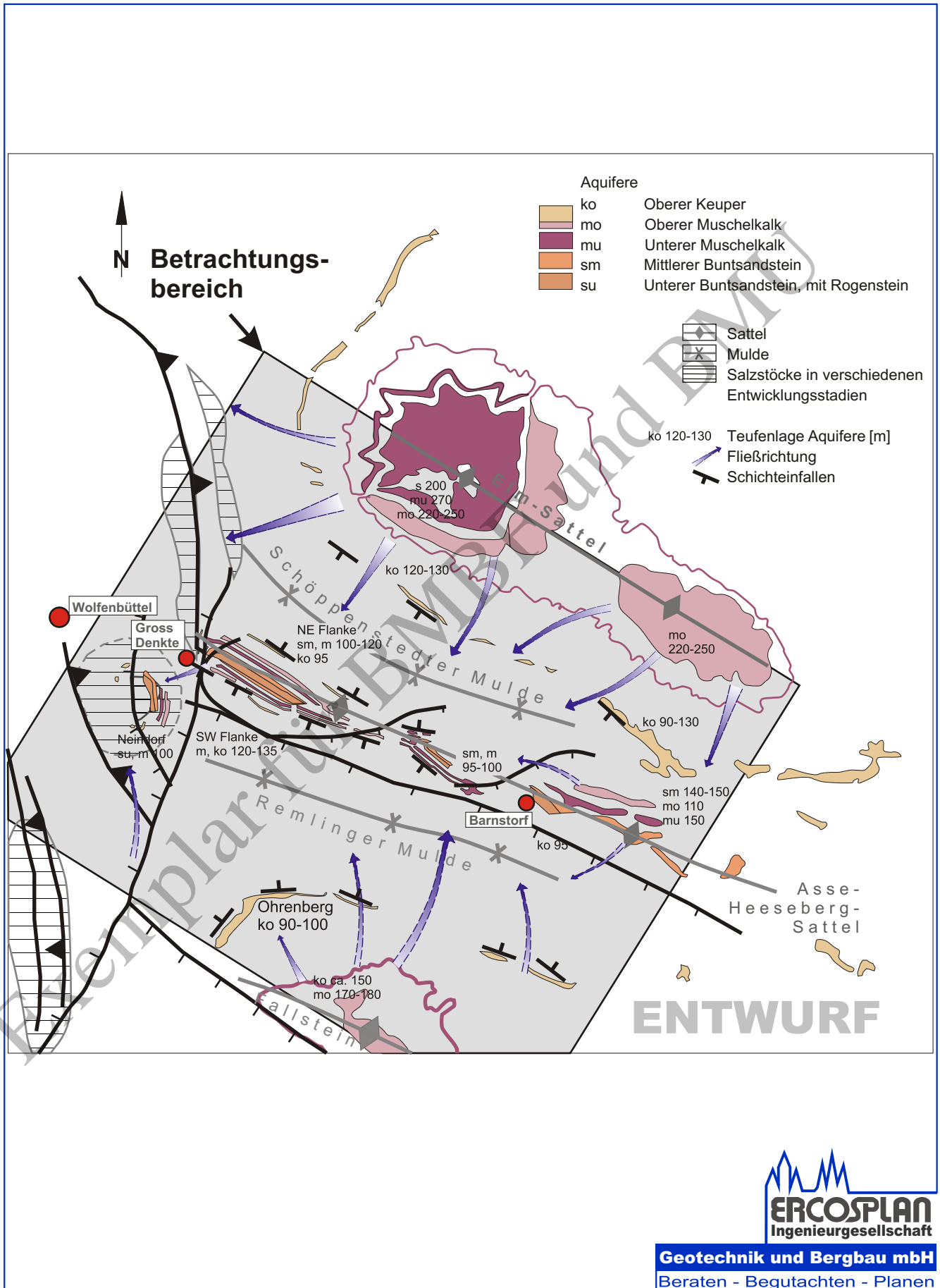


Abbildung 5

Übersichtskarte zur hydrogeologischen Situation im weiteren Umfeld der Salzstruktur Asse

- die subrosiven Residualbildungen des Salinaren im Mittleren Muschelkalk (mmSF) und im Röt (so1 und so2);
- der Rhätsandstein im Oberen Keuper (ko)

sowie

- Plänerkalke der Oberkreide.

Weitere grundwasserführende Horizonte, mit vergleichsweise geringen Mächtigkeiten jedoch örtlich hohen Ergiebigkeiten, stellen die in den mächtigen Grundwasserstauern des Lias eingeschalteten Kluftgrundwasserleiter (Abbildung 4) sowie das Hilskonglomerat bzw. der Flammenmergel der Unterkreide dar.

4.4.1 Infiltrations- und Exfiltrationsgebiete

In den der Salzstruktur Asse-Heeseberg südlich (Remlinger Mulde) und nördlich (Schöppenstedter Mulde) vorgelagerten Randsenken, sowie an ihrem westlichen Rand (Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone) werden diese Aquifere durch mächtige Aquitarde überlagert (vgl. Anlage 3 bis Anlage 5 und (Anlage 8), so dass eine maßgebliche Grundwasserinfiltration in diesen Bereichen nicht in Frage kommen kann.

Abgesehen von grundsätzlich nicht auszuschließenden, aber quantitativ vernachlässigbaren Infiltrationen entlang von Bruchstörungenzonen erfolgt die Speisung dieser Aquifere allein durch die Schichtausstriche am Höhenzug Asse - Heeseberg selbst bzw. am N- und NW-Rand der Schöppenstedter Mulde, entlang dem Elm und am S- und SE-Rand der Remlinger Mulde, entlang dem Fallstein (Abbildung 5).

Solche morphologischen Hochgebiete, in denen die Aquifere an der Oberfläche ohne oder unter nur geringmächtiger Lockergesteinsbedeckung ausstreichen und die folglich als **Areale bevorzugter Grundwasserinfiltration** wirken, sind

- der Elm
- der Große Fallstein
- der Harli

und

- der Salzgitterer Höhenzug.

Dem stehen die morphologischen Tieflagen

- im Bereich des Salzstockes Neindorf
- am Heeseberg
- westlich von Soltau
- um den Salzstock Salzdahlum
- um den Salzstock Thiede

- um den Salzstock Klein Schöppenstedt
- sowie
- am Ohrenberg nördlich des Großen Bruches
- gegenüber, die als **Bereiche bevorzugter Grundwasserexfiltration** in Erscheinung treten.

4.5 Hydrogeologische Parameter der suprasalinaren Schichtenfolge

Insbesondere die Rogen- bzw. Sandsteinlagen im hangenden Abschnitt des **Unteren Buntsandstein (su)** bilden wichtige Kluftgrundwasserleiter, die in ungestörter Lagerung von den als Grundwasserhemmern wirksamen Tonstein- bzw. Schluffsteinhorizonten hydraulisch isoliert werden. Die integrale hydraulische Leitfähigkeit des Unteren Buntsandsteins wurde in Tiefbohrungen mit $6,5 \times 10^{-9}$ m/s bis 5×10^{-7} m/s bestimmt (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9 Ergebnisse der hydrogeologischen Parameterermittlung für die Gesteine des Buntsandstein in den Bohrungen Remlingen 5 bis 9 (aus: KLARR ET AL. 1991, [64], BATSCHKE ET AL. 1994, [5])

Geologischer Horizont	Bohrung	Mittlere Testtiefe [m]	Teststrecke [m]	Transmissivität [m ² /s]	Hydraulische Leitfähigkeit [m/s]	Formationsdruck [kPa]
Zechstein / Unterer Buntsandstein						
z6 - su	R9	453,2	60,1	4×10^{-7}	$6,5 \times 10^{-9}$	3.887
Unterer Buntsandstein / Mittlerer Buntsandstein						
Su + sm	R5	1.800,20	60,44	6×10^{-8}	1×10^{-9}	20.550
Unterer Buntsandstein						
su	R9	341,2	60,1	9×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-7}$	2.940
su	R9	214,9	190,1	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-8} - 5 \times 10^{-7}$	1.090 \pm 10
su	R9	107,0	28,1	3×10^{-7}	$1,1 \times 10^{-8}$	826
Oberer Buntsandstein						
so1 - so2	R5	1.053,5	29,96	$1,5 \times 10^{-12}$	5×10^{-14}	10.500
so3 – so4	R5	990,0	29,96	$4,2 \times 10^{-12}$	$1,4 \times 10^{-13}$	11.500
so4	R6	692,3	10,50	6×10^{-10}	5×10^{-11}	4.790
	R7	898,3	21,41	$1,4 \times 10^{-10}$	$6,5 \times 10^{-12}$	8.975

Seite 53 von 94

Im **Mittleren Buntsandstein (sm)** treten die Sandsteine der Volpriehausen- und Solling-Folge als Kluftgrundwasserleiter in Erscheinung, von denen der Basissandstein der Solling-Folge besondere Bedeutung besitzt. In ungestörter Lagerung werden diese durch die als Grundwasserhemmer wirksamen Ton- und Schluffsteinabfolgen hydraulisch isoliert (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Tabelle 9).

Der gesamte **Obere Buntsandstein (so)** wirkt in ungestörter Lagerung insbesondere durch die Ton- und Schluffsteinabfolgen als Grundwasserhemmer. Im Einflussbereich der oberflächennahen Ablaugung kann bis in ca. 200 m Teufe eine hohe Wasserwegsamkeit auftreten, die von der Intensität der Verkarstung abhängig ist. Unterhalb von 200 m bis max. 300 m wurden keine Hinweise auf größere Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegsamkeiten festgestellt (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Tabelle 9).

Der gesamte **Untere Muschelkalk (mu)** tritt als Kluftgrundwasserleiter in Erscheinung, obgleich einzelne lithologische Bereiche darin als Aquitarde wirksam sind (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Tabelle 10).

Die Mergelsteine des **Mittleren Muschelkalks (mm)** wirken vorwiegend als Grundwasserhemmer. Die Salinar-Folge (mmSF) ist bis in Teufen von etwa 500 m von Subrosion erfaßt. Das Rückstandsgebirge bietet lokal sehr gute Wasserwegsamkeiten mit Leitfähigkeiten von 3×10^{-5} m/s. Unterhalb der subrosiv beeinflussten Bereiche wirkt die Salinar-Folge als hydraulische Barriere zwischen den Grundwasserleitern des Unteren und Oberen Muschelkalks (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Tabelle 10).

Der **Obere Muschelkalk (mo)** wirkt als Kluftgrundwasserleiter, wobei vor allem der untere Teil (Trochitenkalk moTR bis Gervillien-Schichten moGR) mit Leitfähigkeiten bis zu 2×10^{-7} m/s als guter Grundwasserleiter in Erscheinung tritt (BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; vgl. Abschnitt 4.2.2).

Mit Ausnahme des Hauptlettenkohlsandsteins ist die gesamte Abfolge **des Unteren Keupers (ku)** als Grundwasserhemmer wirksam. Die Schilfsandsteinzone sowie die kluftwasserführende Steinmergelbank des Oberen Gipskeupers wirken in der ansonsten als Grundwasserhemmer wirksamen Abfolge **des Mittleren Keupers (km)** als geringmächtige Aquifere. Im **Oberen Keuper (ko)** wirkt vor allem der mächtige Rhätsandstein als Poren- bzw. Kluftgrundwasserleiter.

Der **Untere Jura (ju)** bildet im äußeren Flankenbereich der Salzstruktur Asse-Heeseberg einen mächtigen Grundwasserstauer, obgleich darin einzelne Grundwasserleiter, z.B. die oolithischen Kalksteinlagen mit lokal hohen Ergiebigkeiten eingeschaltet sind. Der **Mittlere Jura (jm)** stellt einen Grundwassergeringleiter dar, wofür vor allem die geringmächtigen Fein- und Mittelsandsteine sowie die oolithischen Kalk- und Mergelsteinbänke verantwortlich sind.

*Zusammenfassung der geologischen Grundlagen
für die Langzeitsicherheitsbewertung der Schachtanlage Asse II*

Tabelle 10 Ergebnisse der hydrogeologischen Parameterermittlung für die Gesteine des Muschelkalks in den Bohrungen Remlingen 5 bis 8 (aus: KLARR ET AL. 1991, [64])

Geologischer Horizont	Bohrung	Mittlere Testteufe [m]	Teststrecke [m]	Transmissivität [m ² /s]	Hydraulische Leitfähigkeit [m/s]	Formationsdruck [kPa]
Unterer Muschelkalk						
muK – muW2	R5	887,2	60,44	3,6x10 ⁻¹⁰	6x10 ⁻¹²	8.150
muK – muW1	R6	660,0	56,97	1x10 ⁻⁷	2x10 ⁻⁹	4.080
	R7	863,5	49,43	<5x10 ⁻¹¹	<1x10 ⁻¹²	8.330
	R8	649,7	58,6	5x10 ⁻¹²	8,5x10 ⁻¹⁴	5.700
muW1 – muW2	R6	604,1	56,97	8x10 ⁻⁷	4x10 ⁻⁸	4.780
	R7	814,5	49,43	2,9x10 ⁻¹⁰	5,9x10 ⁻¹²	7.850
	R8	593,7	58,6	2x10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹⁰	4.975
muW2	R6	547,5	56,97	1x10 ⁻⁸	2x10 ⁻¹⁰	4.250
	R8	555,7	58,6	4x10 ⁻¹⁰ bis 4x10 ⁻⁹	8x10 ⁻¹² bis 8x10 ⁻¹²	
muW2 – muW3	R6	496,8	46,46	4x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁵	4.065
	R8	523,7	58,6	6x10 ⁻⁸	1x10 ⁻⁸	4.410
muW3 - muS	R6	476,1	5,16	7x10 ⁻⁶	7x10 ⁻⁶	3.890
muW2 - muS	R5	822,3	60,44	1,5x10 ⁻⁸	2,5x10 ⁻¹⁰	8.075
	R7	765,5	48,80	1,2x10 ⁻⁸	2,5x10 ⁻¹⁰	7.310
muW3 - mm	R8	473,7	58,6	2x10 ⁻⁹	1x10 ⁻¹⁰	3.980
Mittlerer Muschelkalk						
mmUD	R6	433,1	49,61	4x10 ⁻⁷	4x10 ⁻⁸	3.240
mmSF	R6	354,8	49,61	2x10 ⁻¹⁰	4x10 ⁻¹²	2.675
mmOD	R6	303,8	49,61	7,4x10 ⁻¹²	1,5x10 ⁻¹³	2.100
mm	R8	335,7	58,6	2x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁶	2.395
mm	R8	388,3	58,6	6x10 ⁻⁵	3x10 ⁻⁵	2.951
mm	R8	418,0	20,5	1x10 ⁻¹¹	6x10 ⁻¹³	3.200
Oberer Muschelkalk						
moTR - moGR	R5	619,8	16,09	1,1x10 ⁻⁸	7x10 ⁻¹⁰	5.100
	R6	201,7	26,75	5,4x10 ⁻⁶	2x10 ⁻⁷	1.535
	R7	573,2	20,47	2x10 ⁻⁸	1x10 ⁻⁹	4.550
	R8	253,3	22,6	2x10 ⁻⁵	8x10 ⁻⁷	2.129

In der **Unterkreide (kru)** sind sowohl das Hilskonglomerat sowie die Flammenmergel als gute Kluffgrundwasserleiter wirksam, die jedoch durch den Grundwassergeringleiter der mächtigen Tonsteinfolge getrennt werden.

Mit Ausnahme des Cenomanmergels sowie die Tonsteine des tieferen Obersantons, die als Grundwassergeringleiter auftreten, sind die Gesteine der **Oberkreide (kro)** überwiegend als gute bis sehr gute Kluffgrundwasserleiter wirksam.

Den Lockergesteinen des **Tertiärs (t)** kommt aufgrund ihrer lokalen Verbreitung nur eine geringe hydrogeologische Bedeutung zu, wogegen das **Quartär (q)** mit seinen Geschiebemergeln und Fließerden als Grundwassergeringleiter ausgebildet ist, in dem lokal begrenzte, an sandig-kiesigen Ablagerungen gebundene, ergiebige Grundwasservorkommen auftreten.

5 Das geologische Inventar im Bergwerk Asse 2 und seinem unmittelbaren Umfeld

Ausgehend von den vorab erläuterten geologischen Gegebenheiten im Umfeld des Bergwerkes Asse 2 sollen im nachfolgenden Abschnitt das strukturelle Inventar und die montanhydrogeologische Situation im Grubengebäude Asse 2 beschrieben werden. Diese Darstellung basiert im wesentlichen auf betrieblichen Unterlagen [29], dem Grubenrißwerk [30] sowie den Untersuchungsergebnissen von WOLDSTEDT & HARBORT (1931, [112]) FRANK (1974, [32]), BATSCHKE & KLARR (1980, [4]), KLARR (1981, [63]), SCHÜTTE (1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]) KLARR ET AL. (1991, [64]), BATSCHKE ET AL. (1994, [5]) sowie zuletzt WALLMÜLLER (2001, [107]) und COLENCO (2003, [18]).

Das Bergwerk Asse 2 schließt die saline Schichtenfolge des Zechsteins 2 bis 4 im Zentralabschnitt der Salzstruktur Asse-Heeseberg auf. Die Oberfläche des nicht subrodierten Zechstein-Salzes liegt in einem Teufenniveau von etwa -80 mNN (Abbildung 6). In diesem Teilabschnitt der Salzstruktur wird das bis zu 60 m mächtige Hutgestein von Einsturzgebirge überlagert, das hauptsächlich aus verstürztem Buntsandstein besteht (Abbildung 7). Das Grubengebäude liegt im Einflußbereich der Groß Vahlberger Diagonalstörung, die hier als SE-vergente Überschiebung ausgebildet sein dürfte.

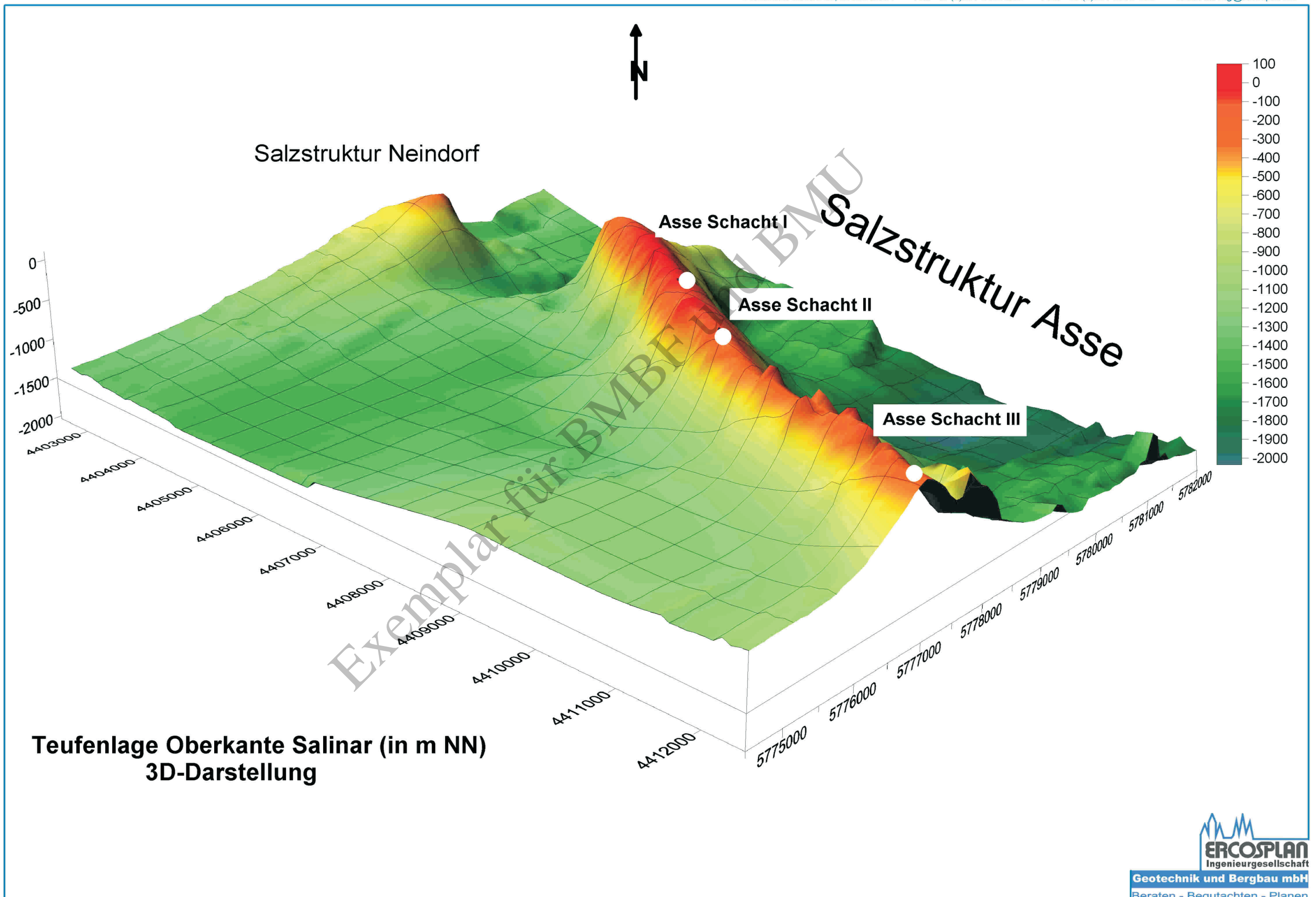
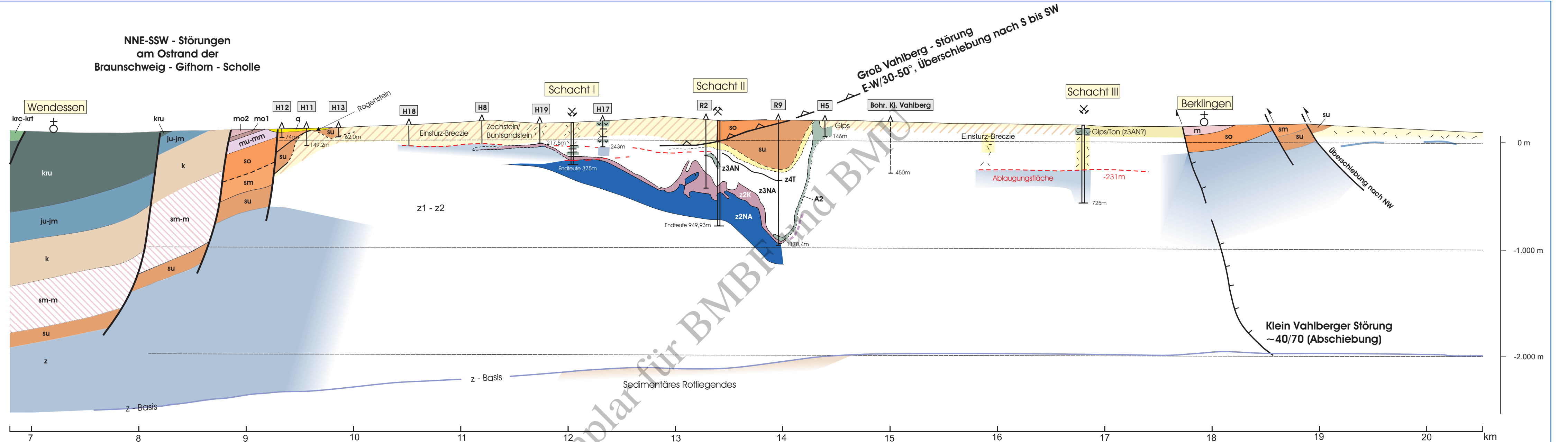


Abbildung 6

3D-Darstellung der Teufenlage Oberkante Salinar (in m NN)

NNE-SSW - Störungen
 am Ostrand der
 Braunschweig - Gifhorn - Scholle



Legende:

q/t Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)	k Keuper, undifferenziert	z Zechstein, undifferenziert	Residualbildungen:
kr Kreide, undifferenziert	ko Oberer Keuper	z4-z6 Grenzanhydrit - Friesland-Folge	z4-z6 Allgemeine Lösungsrückstände des Salinars und kollabiertes postsalinare Deckgebirge (oberer Zechstein, Trias)
krca Oberkreide, Campan	km Mittlerer Keuper	z4NA Aller-Salz	z4T+AN Roter Salztou + Pegmatitanhydrit
krsa Oberkreide, Santon	ku Unterer Keuper	z4T+ANh Schwadensalz + Tonmittelsalz	z3NAh Anhydritmittelsalz
krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon	m Muschelkalk, undifferenziert	z3NAq Anhydritmittelsalz	z3NAa-f Basissalz - Buntes Salz
kru Unterkreide	mo2 Ceratiten Schichten	z3AN Hauptanhydrit	z3T Grauer Salztou (Z3)
j Jura, undifferenziert	mo1 Trochitenkalk	z2ANb Gebänderter Deckanhydrit	z2ANd Decksteinsalz
jo Oberer Jura, Malm	mm Mittlerer Muschelkalk	z2ANa+u Hangendsalz + kieseritische Übergangsschichten	z2KSt Kalliger Staßfurt (Z2)
jm Mittlerer Jura, Dogger	Salinarfolge (Lösungsrückstände)	z2NAh+u Hangendsalz + kieseritische Übergangsschichten	z2NA Hauptsalz
ju Unterer Jura, Lias	Salinarfolge (Steinsalz)	z1+z2NA Steinsalz Werra-Folge + ungediegerte Staßfurt-Folge	ro+ru Unterrotliegend + Oberrotliegend
	mu Unterer Muschelkalk		
	s Buntsandstein, undifferenziert		
	so Oberer Buntsandstein		
	Rötsalinar (Lösungsrückstände)		
	Rötsalinar		
	sm Mittlerer Buntsandstein		
	su Unterer Buntsandstein		
			Störungen

Abbildung 7

Geologischer Schnitt durch den Zentralteil des Grubengebäudes Asse II (zusammengestellt nach KOCKEL 1991, [67]; BALDSCHUHN ET AL. 1996, [2]; und WALLMÜLLER 2001, [107])

5.1 Lagerungsverhältnisse der im Grubengebäude Asse 2 aufgeschlossenen salinaren Schichtenfolge

Im Aufschlussbereich des Bergwerkes Asse 2 sind 5 Größenordnungen halotektonischer Faltenstrukturen zu unterscheiden (vgl. Abbildung 7 und Anlage 9), die im Gefolge einer progressiven rotationalen Deformation entstanden sind (SCHÜTTE 1986, [93]). Charakteristisch ist das räumliche Nebeneinander von Breitbeulen (Breitsätteln) und Schmalsätteln im Staßfurt-Steinsalz (z2NA), das vor allem auf der 800-m- und 700-m-Sohle exemplarisch aufgeschlossen und als Ergebnis komplexer Salzfließbewegungen anzusehen ist. Die Schmalsättel im z2NA sind auf tangentiale Einengung bei gleichzeitig wirksamer subvertikaler Dehnung und Scherung zurückzuführen und sind dementsprechend Ergebnis tektonischer Verformungsprozesse unter Einbeziehung des postsalinaren Deckgebirges. Demgegenüber sind die Breitbeulen mehr als Ergebnis des schweregetriebenen Auftriebes von Salinarmassen (Halokinese) zu verstehen. Im Hauptsalz zeigen die Faltenstrukturen ein $b \perp b'$ Gefüge, das durch langgestreckte Schmalbeulen charakterisiert ist, an deren Strukturabschlüssen steil einfallende Achsen zu beobachten sind. Die gesamte Salinarabfolge ist lithologisch heterogen aufgebaut (vgl. Abschnitt 4.2), wodurch insbesondere durch geringmächtige Sulfat-Halit-Lagen, die in einer sehr mächtigen Halit-Matrix angeordnet sind, beim Verformungsprozess extreme Viskositätskontraste wirkten, die heute in Form von *single layer*-Falten (Kleinfältelung, Spezialfaltung) und/oder Boudinage-Strukturen dokumentiert sind. Alle diese Verformungsgefüge bilden gemeinsam mit den verschiedenen dimensional Falten finite Stadien einer progressiven, rotationalen Deformation ab.

Insbesondere in den Steinsalzlagen der Leine-Folge ist eine Formvorzugsregelung der Kristallite erkennbar, die einer faltenachsenebenen-parallelen Foliation entspricht.

Das im Bergwerk Asse 2 aufgeschlossene Salzgebirge baut einen asymmetrischen Sattel auf, der durch Strukturen niederer Ordnung in sich weiter gegliedert ist (SCHÜTTE 1986, [93]; KLARR ET AL. 1987, [65]). Als Faltdimension F_1 treten auf

- der Asse-Hauptsattel mit Kern aus Staßfurt-Salz;
- die südwestlich an Asse-Hauptsattel angrenzende Liniensalz-Mulde, einschließlich der Muldenumbiegung zwischen 900 m und 950 m Teufe

sowie

- die südlichen Nebensättel.

Nachfolgend sollen der Bau der F_1 -Faltenstrukturen und die geometrische Beziehung der Strukturen untereinander beschrieben werden:

Der Kern des **F_1 -Hauptsattels** (Asse-Sattel) wird von z2NA und dem z2KSt aufgebaut. Im Grubenfeld taucht seine Achse mit durchschnittlich 15° nach SE

ab, wobei lokal auch steilere Abtauchwinkel konstruierbar sind. Seine Achsenebene ist gewölbt, so dass auf den unteren Sohlenniveaus SW-Vergenz und oberhalb 637-m-Sohle NE-Vergenz zu beobachten ist.

Im Nordflügel fallen z2 bis z3 mit 20° bis 45° nach NE ein. Mit zunehmender Entfernung vom Sattelkern öffnen sich die Flanken sukzessive, so dass in den externen Bereichen konkordante Kontakte von z4 und su auftreten. Der Südflügel ist im z2KSt und z3 steil bis überkippt ausgebildet, wobei hier die gesamte Schichtenfolge in ihrer primären Mächtigkeit tektonisch stark reduziert wurde. Mit zunehmender Teufe und gegen Westen verflacht sich das Einfallen bis auf ca. 45°.

Das niedrigviskose Kalisalzflöz Staßfurt reagierte auf die Salzfließbewegung im Bereich des F₁-Hauptsattels mit der Bildung von F₂-Faltenstrukturen, die durch eine ca. 35° einfallenden NE-Flanke und eine steil einfallende, ausgedünnte SW-Flanke sowie einen spezialgefalteten Sattelkern mit einer Mächtigkeitsanstauung charakterisiert ist. Weiterhin ist über dem Sattelkern des F₁-Hauptsattels im Kaliflöz Staßfurt (z2KSt) nahe Schacht II ein nach NE abtauchender F₂-Tauchsattel mit Liniensalz im Sattelkern aufgeschlossen.

Der **F₂-Speisesalz-Sattel** gliedert den Kern des F₁-Hauptsattels. Er stellt eine isoklinale Faltenstruktur dar, in der - zumindest im Bereich der Abbausohlen - beide Flanken unmittelbar aufeinander liegen, ohne dass im Kern ältere Schichten auftreten²³ und auf diese Weise die sogenannten *Doppellager* bilden.

Innerhalb des F₁-Hauptsattels treten ferner

- die **F₂-Carnallit-Mulde** westlich von Schacht Asse II,
- der **F₂-Speisesalz-Hauptsattel** im Kern des Hauptsattels sowie zwei weitere am Nordflügel im z2KSt und im z2NA aufgesetzte **F₂-Nebensättel**

und

- an der SW-Flanke des Asse-Hauptsattels im Niveau der 750-m-Sohle ein nach SE abtauchender **F₂-Speziatsattel**

auf.

Unmittelbar über z2KSt folgt z3NA, was durch Abscherung als Folge der verschiedenenartigen Fließfestigkeiten in dieser lithologisch heterogenen Gesteinsabfolge bedingt ist. Nur lokal sind kleinere Schollen von z2NA bis z3AN als Relikte erhalten geblieben. An beiden Flanken des Hauptsattels ist die Hangendgrenze des Kalilagers durch F₂-Falten gekennzeichnet. Besonders im Bereich des Scheitels kam es zu einer starken Mächtigkeitszunahme des Kalilagers und einer intensiven F₂- bzw. F₃-Faltung. Das carnallitische Kaliflöz ist hier insgesamt vierfach in die Steinsalzfolgen des z2 eingefaltet.

Die im oberen Teil des Grubengebäudes enge NE-vergente **F₁-Liniensalz-Mulde** verläuft im Zentralteil des Grubengebäudes parallel zum F₁-Hauptsattel und wird

²³ Eine Ausnahme stellt lediglich die Kammer 5 / 750-m-Sohle dar, wo im Kern noch

im westlichen Teil in der Teufenlage von 950 m bis 1000 m durch das Carnallit-Lager begrenzt. Diese synklinale Struktur öffnet sich mit zunehmender Teufe und nach Westen, wo flacheres Einfallen der Schenkel um 45° auftritt.

Der südliche **F₁-Nebensattel** ist nur ca. 10 m bis 50 m breit und ebenfalls NE-vergent. Er wird an der Südflanke von zwei weiteren Sattelstrukturen (sog. zweiter und dritter Nebensattel) begleitet. Oberhalb der 553-m-Sohle erfasst er vor allem die jüngeren Horizonte des Leine-Steinsalzes (oberhalb z3NAc), zwischen der 637-m-Sohle und 850-m-Sohle ausschließlich das z3NAb, wobei intensive Spezialfaltungen (F2- bis F4-Falten) zu beobachten sind. Entlang der Nebensättel durchspießt das aufgepresste Staßfurt-Salz das Leine-Steinsalz bis in das Niveau der 490-m-Sohle. Das in seiner Mächtigkeit stark reduzierte Staßfurt-Salz ist hier intensiv verformt und bis ins Korngefüge überprägt („metamorphosiert“). Der Anhydrit des Hauptsalzes ist hier homogen verteilt, d.h. in einzelnen Lagen angeordnet. Das kieseritische Übergangssalz und das Speisesalz sind lokal erhalten, im Niveau der 750-m-Sohle in einer Mächtigkeit bis zu 1 m. Dagegen sind z3AN, z3T, z2ANb, z2NAd, z2KSt und z2NAc tektonisch unterdrückt und abgeschert. Im **Bereich des zweiten und dritten F₁-Nebensattels** sind Relikte von z2KSt und z3T erhalten, so dass hier der stratigraphische Verband konserviert ist.

5.2 Montanhydrogeologische Aspekte und Lösungszutritte zum Grubengebäude Asse 2

Über Salzlösungszuflüsse in das Grubengebäude Asse 2 berichten SCHMIDT & SCHRÖDER (1912; [90]), ZECHENBUCH (1915; [115]), ZAHN & BÄRTHIGER (1921; [114]), BURBACH-KALIWERK (1939; [17]), FULDA (1939; [41]), BÖRGER (1943; [14]), MOHR (1960; [76]), HENTSCHEL (1961; [49]), EBELING (1965; [25]), DEILMANN (1966; [19]), KÜHN, KLARR & BORCHERT (1967; [69]), KLARR (1981; [63]), SCHÜTTE (1986; [93]), DÜRR & OPP (1988; [24]), SCHAUERMANN (1992; [86]), SCHWANDT (1992; [95]), SCHAUERMANN (1993a; [87]), SCHAUERMANN (1993b; [88]), STOCKMANN ET AL. (2001; [102]) und ERCOSPLAN (2002; [26]), Ausgehend von diesen Datenquellen soll nachfolgend versucht werden, einen Überblick über die Zuflußentwicklung und die montanhydrogeologische Situation des Bergwerkes Asse 2 zu vermitteln.

Für das Bergwerk Asse 2 sind im Zeitraum von 1912 bis 2001 ca. 60 Salzlösungszutrittsstellen dokumentiert. Der überwiegende Teil dieser Salzlösungszutritte versiegte nach kurzer Zeit. Nur wenige Zutrittsstellen schütteten über einen längeren Zeitraum bzw. sind auch heute noch aktiv (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]; ERCOSPLAN 2002, [26]).

Unter Berücksichtigung der geologischen Rahmenbedingungen und der Position innerhalb des Grubengebäudes können die Zutrittsstellen folgenden Bereichen bzw. Speichervolumen zugeordnet werden (ERCOSPLAN 2002, [26]):

(a) Salzlösungszutritte im Bereich der Schachtröhren

- Schacht II / 336 m und 374 m Teufe
- Schacht II / Schäden im Tübbingausbau

(b) Salzlösungszutritte aus Hauptanhydritschollen ...

...an der SW-Flanke

- Horizontalbohrung 23/700^{2/12}
- Erkundungsbohrung 50/511^{5/60}

... im Zentrum

- Zutritte aus den Hauptanhydritschollen südlich Schacht Asse II

(c) Salzlösungszutritte aus dem Anhydritmittelsalz im nordöstlichen Teil des Grubengebäudes

- Horizontalbohrung 24/700^{2/12}
- Erkundungsbohrungen auf der 490-m-Sohle

(d) Salzlösungszutritte aus dem Leine-Salz ...

... an der NE-Flanke

- Horizontalbohrung 25/750^{2/12}
- Horizontalbohrung zw. den Kaliabbauen 10 und 11 West
- Erkundungsbohrung 71/750^{1/79}

... im Bereich der SW-Flanke

- Abbau 9 / 532-m-Sohle und 553-m-Sohle
- Untersuchungsbohrung Abbau 9 / 511-m-Sohle

(e) Salzlösungszutritte im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz

- Vorbohrung 18/700^{12/11}
- Richtstrecke n. Westen auf der 700-m-Sohle
- Querschlag zum Hauptgesenk II West auf der 700-m-Sohle
- Kaliabbaue 13 und 14 West / 725-m-Sohle und Förderstrecke / 750-m-Sohle
- Querschlag nördlich Blindschacht I auf der 574-m-Sohle
- Wetterstrecke zum Blindschacht 1 auf der 574-m-Sohle

- Extensometerbohrung im Pfeiler 3-4 auf der 553-m-Sohle
- Sohlenvertiefung in der Strecke zum Abbau 5 / 775-m-Sohle

(f) Salzlösungszutritte im Bereich der Südflanke der Salzstruktur Asse

- Abbau 5 unterhalb der 532-m-Sohle
- Abbau 4 unterhalb der 595-m-Sohle
- Abbau 3 unterhalb der 574-m-Sohle
- Abbau 2 unterhalb der 595-m-Sohle
- Inklinometerbohrung im Pfeiler 5-6 auf der 616-m-Sohle

Im Folgenden werden diese Zuflüsse hinsichtlich ihrer Entstehung und Lokalisierung im Grubengebäude beschrieben.

5.2.1 Salzlösungszutritte im Bereich der Schachtröhre

Der **Schacht Asse II** wurde in den Jahren 1906 bis 1908 abgeteuft. In den Teufenabschnitten zwischen 336 m und 339 m bzw. 374 m und 377 m Teufe wurden Salzlösungen angetroffen. Die Bezeichnung der Zutrittsstellen im Laugenstellenverzeichnis ist L1.

Die Salzlösungen traten aus dem Anhydritmittel 7 (zwischen 336 m und 339 m Teufe) bzw. dem Anhydritmittel 4 (zwischen 374 m und 377 m Teufe) der Leine-Folge (Anhydritmittelsalz) aus (FULDA 1938, [40]). Nach Auftreten der Zuflüsse wurden die Tübbings bis in eine Teufe von 415 m verlängert (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Seit dieser Zeit wurden für die Schachtröhre keine Zutritte im betreffenden Bereich der Anhydritmittelzone mehr nachgewiesen.

Die Zutrittsraten für den Bereich des Anhydritmittels 7 werden als gering beschrieben (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Die Zutrittsrate im Bereich des Anhydritmittels 4 betrug anfänglich 30 L/min, ging jedoch kurz nach Beginn des Zutrittseignisses auf ca. 15 L/min zurück.

Anhand der dokumentierten Entwicklung der Zutrittsrate und des Chemismus der Salzlösungen kann abgeleitet werden, dass es sich um einen Zufluss aus einem abgeschlossenen Reservoir innerhalb des Kluftvolumens der Anhydritmittelzone handelt (ERCOSPLAN 2002, [26]). Ein Kontakt dieses Reservoirs zu gering mineralisierten Wässern des Deckgebirges ist nicht belegt.

Die Mineralisation dieser Lösungen nimmt dabei mit zunehmender Teufe zu („Dichteschichtung“). Wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen (Horizontalbohrung 24/700^{2/12}, Erkundungsbohrungen auf der 490-m-Sohle), ist auch im Bereich der Salzstruktur Asse eine derartige Dichteschichtung ausgebildet.

Es wird eingeschätzt, dass das Volumen der oberhalb der Zutrittsstelle in den Anhydritmitteln gespeicherten Salzlösungen begrenzt ist. Hinweise auf eine mit fortlaufender Zeit ansteigende Zuflussrate liegen nicht vor (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Im Februar 1956 wurden im **Schacht Asse II** in einer Teufe von 137 m **Risse im Tübbingausbau** festgestellt (MOHR 1960, [76]; FULDA 1938, [40]). Im Rahmen der Sanierungsarbeiten im Jahr 1966 wurden auch in anderen Teufenbereichen Risse bzw. Beschädigungen des Tübbingausbaus beobachtet (FULDA 1938, [40]). Entsprechend den vorliegenden Unterlagen sind demnach für den Schacht II in folgenden Teufenbereichen Schäden dokumentiert:

- Horizontalrisse in 136 m bis 139 m Teufe,
 - Vertikalrisse in 173 m bis 176 m Teufe,
 - Horizontalrisse in 186 m Teufe,
 - Riss im Lagerflansch in 228 m Teufe
- und
- Übergang der Tübbingringe Nr. 179/180 in 277,8 m Teufe.

Eine eindeutige Zuordnung der Zutritte zu einer geologischen Formation ist nicht möglich. Daher wurden diese Zutritte nicht in das Laugenstellenverzeichnis des Bergwerkes Asse 2 übernommen (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Nach Auswertung des vorliegenden Schachtprofils liegen die Zutrittsstellen meist im Bereich des verstützten Unteren Buntsandsteins. Die Zutrittsstellen in 228 m und 277 m Teufe befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Top bzw. im Gipshut. Anhand der Position der Zutrittsstellen kann abgeleitet werden, dass die zutretenden Lösungen aus relativ oberflächennahen, gering bzw. nicht salinar beeinflussten Horizonten gespeist wurden. Dies wird auch durch quantitative Aussage bestätigt, dass es sich bei den zugetretenen Lösungen um Süßwasser handelt (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Die Zutritte im Teufenniveau des Gipshutes könnten ebenfalls aus dem Bereich des Unteren Buntsandsteins gespeist werden. Fehlende Angaben zur chemischen Zusammensetzung dieser Lösungen lassen jedoch eine endgültige Aussage nicht zu.

Die über die Schadstellen zutretenden Volumen sind generell gering (Tabelle 11). Mit 3,0 L/min bzw. 2,2 L/min liefern die beiden höchstgelegenen Zutrittsstellen den größten Teil der insgesamt zutretenden Wässer. Detaillierte Angaben zur Entwicklung der Zutrittsraten in der Vergangenheit bzw. zur aktuellen Zutrittsrate liegen den Bearbeitern nicht vor, so dass eine relativ konstante Zutrittsrate angenommen werden kann. Unter unveränderten Bedingungen können Prozesse die während der Betriebszeit ggf. zu einer Erhöhung der Zutrittsmenge führen ausgeschlossen werden.

Tabelle 11 Zutrittsstellen von Wässern im Tübbingausbau des Schachtes Asse II und deren dokumentierte Zutrittsraten (nach STOCKMANN ET AL. 2001, [102])

Bezeichnung	Teufe (in m)	Zutrittsrate (in L/min)
Horizontalrisse	139 – 139	3,0
Vertikalrisse	173 – 176	2,2
Horizontalrisse	186	gering
Riss im Lagerflansch	228	gering
Tübbingringe Nr. 179/180	277,8	keine Angaben

5.2.2 Salzlösungszutritte aus Hauptanhydritschollen

Die **Horizontalbohrung 23/700^{2/12}** befindet sich im Bereich der nicht fertig gestellten Verbindungsstrecke („Klein-Vahlberger-Strecke“) zum Schacht III auf der 700-m-Sohle im Ostflügel des Bergwerkes Asse 2. Die Entfernung zum Schacht II beträgt ca. 350 m (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L2.

Die Horizontalbohrung wurde im Jahr 1912 (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]) bzw. 1909 (ZAHN & BÄRTHIGER 1921, [114]) ausgehend von der „Klein-Vahlberger-Strecke“ gegen die Südwestflanke der Salzstruktur Asse gestoßen. In einer Teufe von 147,6 m wurden geringe Mengen $MgCl_2$ -Lösungen und Gas angetroffen (ZAHN & BÄRTHIGER 1921, [114]). Entsprechend des vorliegenden Sohlenrisses der 700-m-Sohle traten die Salzlösungen aus dem Hauptanhydrit aus.

Das Bohrloch wurde anschließend mit Magenesia-Zement verschlossen. Der Bohransatzpunkt wird seit dieser Zeit trocken vorgefunden (ZAHN & BÄRTHIGER 1921, [114]); KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]; STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Der Hauptanhydrit tritt im Bereich des Bergwerkes Asse 2 in isolierten Schollen auf. Zahlreiche dieser durch bergmännische Auffahrungen oder Bohrungen aufgeschlossenen Schollen lieferten geringe Mengen an Salzlösungen. Eine Verbindung zwischen diesen Schollen und Fließwegen am Salzspiegel werden für den Bereich des Bergwerkes Asse 2 ausgeschlossen.

Die **Erkundungsbohrung 50/511^{5/60}** befindet sich im Bereich des Steinsalzabbaues 3 auf der 511-m-Sohle. Sie wurde in nordöstlicher Richtung gegen den Sattelnern abgeteuft. Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L11.

Beim Abteufen der Erkundungsbohrung 50/511^{5/60} im Jahr 1960 traten geringe Mengen Salzlösungen und Gas zu (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Der Gaszutritt erfolgte während der Durchörterung einer kleinen Scholle des Grauen Salztons (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Eine Angabe zum Zutrittshorizont der

Seite 65 von 94

Salzlösungen liegt nicht vor. Es kann angenommen werden, dass es sich auch hier um geringe Mengen an Salzlösungen aus dem Hauptanhydrit handelt.

Weiterhin wurden **Zutritte aus den Hauptanhydritschollen südlich des Schachtes Asse II** beobachtet. In diesem Bereich wurde an verschiedenen Positionen isolierte Schollen des Schichtenkomplexes Grauer Salzton/Hauptanhydrit angefahren bzw. durch Bohrungen aufgeschlossen.

Während der Arbeiten wurden dabei mehrfach in unterschiedlichen Teufen Feucht- bzw. Tropfstellen dokumentiert:

- Wendelstrecke, 553-m-Sohle,
- Abbaubegleitstrecke, 574-m-Sohle,
- Abbaubegleitstrecke nördlich Abbau 4, 637-m-Sohle und
- Wendelstrecke zum Laugensumpf, 975-m-Sohle.

Die genannten Zutrittsstellen sind nicht im Laugenstellenverzeichnis eingetragen (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Für keine der genannten Feuchtstellen liegen quantitative Angaben zur Zutrittsmenge vor. Es wird davon ausgegangen, dass es sich um ein stark begrenztes Speichervolumen handelt. Zumindest die im Bereich der Wendelstrecke auf 553-m-Sohle angetroffene Zutrittsstelle wird derzeit trocken vorgefunden (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Für die übrigen Zutrittsstellen finden sich keine diesbezüglichen Angaben. Es kann dennoch davon ausgegangen werden, dass diese Zutrittsstellen ebenfalls trocken gefallen sind bzw. nur eine geringe Restfeuchte aufweisen.

Angaben zur chemischen Zusammensetzung der Salzlösungen liegen nicht vor. Aufgrund der geologischen Situation im Umfeld der Zutrittsstellen, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass es sich um $MgCl_2$ -reiche Lösungen handelt, die gegenüber dem umgebenden Gestein kein Lösepotential aufweisen.

5.2.3 Salzlösungszutritte aus dem Anhydritmittelsalz im nordöstlichen Teil des Grubengebäudes

Die **Horizontalbohrung 24/700^{2/12}** befindet sich im Bereich der nicht fertig gestellten Verbindungsstrecke zum Schacht III („Klein-Vahlberger-Strecke“) auf der 700-m-Sohle im Ostflügel des Bergwerkes Asse 2, die nach kurzer Zeit eingestellt wurde. Die Entfernung zur bereits betrachteten Bohrung 23/700^{2/12} beträgt in östlicher Richtung ca. 65 m (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L3 (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die Horizontalbohrung wurde im Jahr 1912 (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]) ausgehend von der „Klein-Vahlberger-Strecke“ gegen die Nordostflanke der Asse-Struktur gestoßen. In einer Teufe von ca. 120 m wurden nach FULDA (1938; [40]) Salzlösungen angetroffen. Bereits KÜHN ET AL. (1967; [69]) weisen jedoch darauf hin, dass entsprechende Angaben in den zeitgenössischen Dokumenten nicht enthalten sind. Hinweise auf Zutritte im Bereich der Horizontalbohrung 24/700^{2/12} liegen seit dieser Zeit nicht vor. Der gesamte Bereich wird als trocken beschrieben (u.a. KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]; STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Auf der 700-m-Sohle schließt die Bohrung 24/700^{2/12} in einer Teufe von ca. 120 m das Anhydritmittel 4 auf. Hinweise auf Vorkommen von Salzlösungen im Anhydritmittel 4 sind auch aus anderen Bereichen des Bergwerkes Asse 2 bekannt (Schacht II; Bohrungen 65/490; 66/490 und 67/490), so dass das Anhydritmittel 4 als Speicherhorizont angenommen wird (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Quantitative Angaben zur chemischen Zusammensetzung bzw. zur Entwicklung der Zutrittsrate sind nicht dokumentiert. Für den wahrscheinlichen Fall, dass die Zutrittsstellen im Bereich der 490-m-Sohle und der 700-m-Sohle das gleiche Speichervolumen (Anhydritmittel) angetroffen haben, kann im Hinblick auf die Mineralisation der Salzlösungen der Zutrittsstelle Horizontalbohrung 24/700^{2/12} abgeleitet werden, dass es sich bei den zugetretenen Lösungen um MgCl₂-reiche NaCl-Lösungen gehandelt hat. Diese befinden sich mit den umgebenden Gesteinen der Leine-Folge im Gleichgewicht. Löse- und Umbildungsprozesse die ggf. zu einer Reaktivierung der Zutrittsstelle führen könnten, sind daher auszuschließen.

Im Jahr 1968 wurden auf der **490-m-Sohle** insgesamt 5 gegen die Nordflanke gerichtete **Erkundungsbohrungen** gestoßen. Zwei der Bohrungen wurden im westlichen Teil des Grubengebäudes aus Abbau 4 (Erkundungsbohrung 63/490^{1/68} und 64/490^{1/68}), drei weitere Bohrungen im östlichen Teil des Grubengebäudes aus Abbau 8 (Erkundungsbohrungen 65/490^{1/68}, 66/490^{2/68} und 67/490^{2/68}) abgeteuft. Alle 5 Bohrungen durchörterten die 4. Anhydritmittelbank, wobei nur die letztgenannten Bohrungen Salzlösungen in Teufen zwischen ca. 60 m und ca. 110 m antrafen. Die Bezeichnung der Zutrittsstellen im Laugenstellenverzeichnis ist L12, L13 und L14.

Die Salzlöslingsführung der Anhydritmittelbank 4 ist für den östlichen Teil der Nordflanke auch durch die Bohrungen 24/700^{2/12} sowie den Zutritt im Schacht II nachgewiesen. Trotz der Annahme, dass es sich hierbei um ein durchgängiges Speicherreservoir handelt, weichen die dokumentierten Zutrittsraten stark voneinander ab (vgl. Tabelle 12). Dies gilt auch für die Bohrungen auf der 490-m-Sohle, die bei gleichem Druck von 9,6 bar Zutrittsraten von 4 L/min bis 250 L/min aufwiesen. Die Ursachen für die verschiedenen Zutrittsraten müssen in lokalen Unterschieden der Klufthäufigkeit und des verfügbaren Kluftvolumens gesucht werden.

Die Auswertung der chemischen Analysen zeigt eine Sättigung der Lösungen an Halit. Gegenüber weiteren Salzmineralen - wie Carnallit, Sylvin, Kainit und Kieserit - ist die Lösung untersättigt. Aussagen zu Ca²⁺-haltigen Mineralen - wie Polyhalit und Anhydrit - können aufgrund fehlender Ca²⁺-Analysenwerte nicht erfolgen (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Tabelle 12 Dokumentierte Zutrittsraten aus dem Bereich der Anhydritmittelbank 4
(nach: STOCKMANN ET AL. 2001, [102])

Bezeichnung	Nr. lt. Laugenstellenverzeichnis	Position	Zeit	Zutrittsrate
Schacht II	L1	374-377 m Teufe		
Horizontalbohrung 24/700 ^{2/12}	keine	700-m-Sohle	1912	nicht dokumentiert; wahrscheinlich gering
Erkundungsbohrung 65/490 ^{1/68}	L12	490-m-Sohle	1968	4 L/min
Erkundungsbohrung 66/490 ^{2/68}	L13	490-m-Sohle	1968	6 L/min
Erkundungsbohrung 67/490 ^{2/68}	L14	490-m-Sohle	1968	250 L/min

5.2.4 Salzlösungszutritte aus dem Leine-Salz

Die **Horizontalbohrung 25/750^{2/12}** befindet sich im Bereich des Kaliabbaues 11 West auf der 750-m-Sohle. Die gegen die Nordwestflanke der Asse-Struktur gerichtete Bohrung erbrachte Salzlösungen (SCHMIDT & SCHRÖDER 1912, [90]). Die Bohrung wurde offenbar auch nach dem Antreffen der Salzlösungen bis in den Roten Salzion geteuft (vgl. Sohlenriss 750-m-Sohle). Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L21 (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Bei dem angetroffenen Speichervolumen handelt es sich entweder um die mehrfach als salzlösungsführend beschriebenen Anhydritbänke (4 oder 7) oder aber um den durch Bohrung 71/750^{1/79} zumindest als lokal lösungsführend nachgewiesenen Bereich des Tonliniensalzes. Darüber hinaus ist die Zutrittsstelle nur durch wenige Dokumente belegt. Es muss angenommen werden, dass nur geringe Zutrittsraten nachgewiesen wurden. Dies könnte für einen Zutritt aus dem Bereich der Anhydritmittel sprechen, da das durch Bohrung 71/750^{1/79} angetroffene Reservoir durch sehr hohe Zutrittsraten charakterisiert ist (vgl. ff Ausführungen zur Bohrung 71/750^{1/79}). Die Erkundungsbohrungen 63/490^{1/68} und 64/490^{1/68} auf der 490-m-Sohle sowie die benachbarte Bohrung 74/750^{6/79} auf der 750-m-Sohle haben jedoch keine Salzlösungen im Niveau der Anhydritmittelbank 4 angetroffen. Das Niveau des Tonliniensalzes wurde von diesen Bohrungen nicht erreicht.

Die Frage der Herkunft der Salzlösungen der Zutrittsstelle L21 (Bohrung 25/750^{2/12}) ist durch die vorliegende Datenbasis somit nicht eindeutig zu klären. Es spricht einiges dafür, dass die Salzlösungen aus dem Bereich des Tonliniensalzes ausgetreten sind. In diesem Fall muss auch für diesen Horizont eine sehr heterogene Verteilung der Salzlösungsführung angenommen werden.

Aus den **Horizontalbohrungen zw. den Kaliabbauen 10 und 11 West** traten ebenfalls Zuflüsse aus. Hinweise auf eine Zutrittsstelle im Durchhieb zwischen den Kaliabbauen 10 und 11 West gibt FULDA (1938; [40]). Danach wurden in einer Horizontalbohrung (Teufjahr 1922 oder 1933 nach FULDA (1938; [40]) in Richtung der Nordwestflanke der Salzstruktur Asse Salzlösungen angetroffen. Nach STOCKMANN ET AL. (2001; [102]) stehen die gemachten Teufenangaben (718m) im Widerspruch zur tatsächlichen Abbausituation. Eine eindeutige Positionierung der Bohrung auf der Grundlage der vorliegenden Unterlagen erscheint daher nicht möglich.

Anhand der im Jahr 1941 beobachteten Auswaschungen wurde abgeleitet, dass erhebliche Mengen Salzlösungen geflossen sein müssen. Diese als Versatzlösungen deklarierten Volumina flossen über die versetzten Firsten der Abbaue den tiefer gelegenen Sohlen zu und wurden im Niveau der 750-m-Sohle gesammelt. Das Volumen der austretenden Mengen wurde mit 0,5 m³/d bis 0,75 m³/d angegeben. Nach FULDA (1938; [40]) wurde das Bohrloch 1941 freigelegt und vollständig trocken angetroffen.

Angaben zur chemischen Zusammensetzung der Salzlösungen liegen nicht vor. Analog zur Horizontalbohrung 25/750^{2/12} kommen auch hier prinzipiell die Reservoirs im Bereich der Anhydritmittel oder aber des Tonliniensalzes als Speicherhorizonte in Frage (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die Zutrittsstelle **Erkundungsbohrung 71/750^{1/79}** befindet sich östlich des Querschlages 3 auf der 750-m-Sohle. Der Ansatzpunkt der nach Nordwesten gerichteten Bohrung liegt am östlichen Stoß des hier aufgefahrenen Steinsalzabbaus. Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L15.

Beim Abteufen der Erkundungsbohrung 71/750^{1/79} im Jahr 1979 wurden Lösungen und Gas in 357,9 m Teufe angetroffen. Der Zutritt erfolgte im stratigraphischen Niveau des Tonliniensalzes (APPEL 1971, [1]). In der zunächst abgedichteten Bohrung baute sich ein Druck von 93 bar auf. Zur Druckentlastung wurde die Lösung mehrfach abgelassen. Die maximale Zutrittsrate wurde dabei mit 300 L/min bestimmt (APPEL 1971, [1]). Die entlastete Bohrung schüttete etwa 140 L/min und wurde im März 1979 erfolgreich zementiert (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die Auswertung der chemischen Analysen der Salzlösungen zeigt, dass eine Sättigung der Lösungen mit Halit und Carnallit vorliegt. Für weitere Salzminerale (z.B. Kainit, Bischofit, Sylvit, Kieserit) liegt die Sättigungsaktivität im Bereich zwischen ~ 0,3 (Bischofit) und ~ 0,8 (Kieserit). Aussagen zu Ca²⁺-haltigen Mineralen wie Polyhalit und Anhydrit können aufgrund fehlender Ca²⁺-Analysenwerte nicht erfolgen (ERCOSPLAN 2002, [26]). Mit den im Bereich des Speichervolumens ausgebildeten Salzgesteinen der Leine-Folge befinden sich die Salzlösungen im Gleichgewicht. Löse- und Umbildungsprozesse die zu einer Schaffung von neuen Fließwegen in das Grubengebäude führen können, sind daher auszuschließen.

Die Zutrittsstelle befindet sich in der Mitte des südlichen Stoßes in **Abbau 9 auf der 532-m-Sohle des Ostfeldes**. Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L10. Während der Gewinnungsarbeiten in den Jahren 1956 bis 1959 traten im Abbau 9 auf der 532-m-Sohle im Bereich des südlichen Stoßes Tropflaugen auf. Die Zutrittsrate betrug im November 1959 24 L/Tag und ging bis Mai 1961 auf 2 Tropfen pro Minute zurück (Hentschel 1961, [49]). Bei einer Befahrung der Zutrittsstelle im März 1999 wurde der Bereich trocken vorgefunden (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

1999 wurde im Niveau der 553-m-Sohle eine weitere, zu diesem Zeitpunkt bereits trockene Zutrittsstelle im Bereich des Steinsalzabbaues 9 festgestellt (Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis L10a). Im Bereich der Zutrittsstelle wurden lediglich Stalaktiten beobachtet, die als indirekte Hinweise für das freie Ausfließen von Salzlösungen gedeutet wurden. Die räumliche Nähe der Zutrittsstellen Abbau 9 auf der 532-m-Sohle und Abbau 9 auf der 553-m-Sohle lässt annehmen, dass die letztgenannte Zutrittsstelle durch gravitativ verfrachtete Salzlösungen der Zutrittsstelle auf der 532-m-Sohle gespeist wurde.

Die Zutrittsstelle auf der 532-m-Sohle befindet sich in einem Bereich mit intensiver tektonischer Beanspruchung (u.a. KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]); SCHÜTTE 1986, [93]). Der geologische Sohlenriss der 532-m-Sohle zeigt für diesen Bereich eine enggefaltete Struktur innerhalb des Leinsteinsalzes (Bereich Orangeaugensalz, Liniensalz). Die angetroffenen Salzlösungen wurden auf „...verpreßte Restlaugen...“ (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69], S. 19) innerhalb dieser Struktur zurückgeführt.

Trotz eines $MgCl_2$ -Gehaltes von ca. 325 g/L weist die Lösung (Entnahmepunkt 532-m-Sohle, (HENTSCHEL 1961, [49]) gegenüber Carnallit ein geringes Lösevermögen auf. Gegenüber den Steinsalzhorizonten der Leine-Folge befindet sich diese Salzlösung dagegen im Gleichgewicht.

Nach HENTSCHEL (1961; [49]) wurde zur Erkundung des Lösungsvorkommens im Bereich des Abbaus 9 auf der 511-m-Sohle eine nach Süden gerichtete Untersuchungsbohrung, die **Untersuchungsbohrung Abbau 9, 511-m-Sohle** gestoßen. Nach anderen Quellen existiert auf der 511-m-Sohle keine Bohrung nach Süden (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Auch bei der Befahrung des Abbaus 9 auf der 511-m-Sohle am 27.03.2003 konnte im südlichen Abbaustoß keine zementierte Bohrung gefunden werden²⁴. Für die Existenz der Bohrung sprechen dagegen die vorliegenden Dokumentationen (geologische Beschreibung, chemische Analysen). Nach Erreichen der Kontaktfläche Leine-Salz / Staßfurt-Salz traten geringe Mengen Gas und Salzlösungen zu. Die Untersuchungsbohrung ist nicht im Sohlenriss der 511-m-Sohle verzeichnet. Wahrscheinlich aus diesem Grund wird die Zutrittsstelle nicht im Laugenstellenverzeichnis geführt (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die Untersuchungsbohrung wurde, ausgehend von der 511-m-Sohle, in südliche Richtung ins Hangende gestoßen. Die Salzlösungen traten an der auf tektonische Ursachen zurückzuführenden Kontaktfläche Leinsteinsalz/Staßfurtsteinsalz auf. Die

²⁴ mündl. Mitteilung der Herren M.O. Schmidt und V. Schauer mann (2003)

angetroffenen Salzlösungen tropften aus dem Bohrlochmund. Nach der Probenentnahme wurde die Bohrung zementiert (HENTSCHEL 1961, [49]). Weitere Zutritte von Salzlösungen sind trotz der langjährigen Beobachtung nicht verzeichnet.

Die Auswertung der vorliegenden chemischen Analysen zeigt, dass die zutretenden Lösungen lediglich gegenüber Halit gesättigt waren. Gegenüber den übrigen betrachteten Salzmineralen ist die Lösung untersättigt. Ein Vergleich dieser Werte mit denen der Zutrittsstelle Abbau 9/ 532-m-Sohle zeigt, dass beide Lösungen einen vergleichbaren Chemismus aufweisen. Es kann daher abgeleitet werden, dass beide Lösungen dem gleichen bzw. einem ähnlichen, begrenzten Reservoir innerhalb der tektonisch intensiv beanspruchten Steinsalzhorizonte entstammen (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die geringe Menge der angetroffenen Salzlösungen weist auch für diese Zutrittsstelle auf ein begrenztes Speichervolumen im Bereich der intensiv tektonisch beanspruchten Steinsalzhorizonte hin. Gegenüber den umgebenden Gesteinen waren die Lösungen gesättigt. Löse- und Umbildungsprozesse, die im Fall eventuell vorhandener weiterer Lösungsvolumina dieses Speichervolumens zu einer Veränderung der Situation und in Folge zu einer Reaktivierung der Zutrittsstelle führen könnten, sind daher nicht anzunehmen. Dieser Sachverhalt und die Verwahrung der Bohrung durch vollständige Zementation (HENTSCHEL 1961, [49]) lässt eine Gefährdung der Betriebssicherheit durch die Zutrittsstelle sicher ausschließen. Bezüglich der Nachbetriebsphase gelten die gleichen Aussagen wie für die übrigen Zutrittsstellen im Bereich der Abbaukammern 9.

5.2.5 Salzlösungszutritte im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz

Einen Zutritt von Salzlösungen aus einer nach Osten gerichteten Bohrung im Bereich der „Klein-Vahlberger-Strecke“ beschreibt (FULDA 1938, [40]). Hierbei handelt es sich wahrscheinlich um die **Vorbohrung 18/700^{12/11} / 700-m-Sohle** (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Analog zum Salzlösungszutritt Horizontalbohrung 24/700 sind für diese Zutrittsstelle keine Angaben in den verfügbaren zeitgenössischen Dokumenten enthalten. Bei einer Befahrung im März 2000 wurde der gesamte Bereich trocken vorgefunden.

Anhand der geologischen Situation im Bereich der „Klein-Vahlberger-Strecke“ und der Kenntnisse zum Verlauf der Vorbohrung besteht die Möglichkeit, dass beim Durchörtern der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz geringe Mengen Salzlösungen angetroffen wurden. Derartige Salzlösungsvorkommen sind für mehrere Stellen im Grubengebäude nachgewiesen. Die Vorkommen erwiesen sich generell als begrenzt und versiegten nach kurzer Zeit von selbst.

Die Zutrittsstelle **Richtstrecke n. Westen** befindet sich auf der **700-m-Sohle** im Südflügel des Bergwerkes Asse 2. Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L4.

Die Salzlösungen traten aus einem Speichervolumen im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz aus (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]); SCHÜTTE 1986, [93]).

Aufgrund der hohen Brom- und $MgCl_2$ -Gehalte wurden die Salzlösungen als Metamorphoselösungen interpretiert (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]); STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Chemische Analysen liegen den Bearbeitern aus den Jahren 1931 und 1932 vor (HENTSCHEL 1961, [49]). Die Auswertung dieser Daten zeigt eine Sättigung der Salzlösungen mit Halit, Kieserit und Carnallit. Die Lösungen sind durch eine hohe $MgCl_2$ -Konzentration gekennzeichnet. Gegenüber weiteren Salzmineralen ist die Lösung untersättigt. Die Schwankungen der Sättigungsaktivitäten, insbesondere für Bischofit, lassen einen Einfluss von Eindunstungsprozessen erkennen (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die Zutrittsstelle wird erstmalig im Betriebsplan für die Jahre 1912/13 erwähnt (SCHMIDT & SCHRÖDER 1912, [90]). Die Menge der zutretenden Salzlösungen wird zu diesem Zeitpunkt als gering charakterisiert. Der Betriebsplan für das Jahr 1915/16 gibt als Zutrittsrate eine Menge von 8 L/d an (ZECHENBUCH 1915, [115]). Für das Jahr 1920/21 wird ein Versiegen der Zutrittsstelle bis auf wenige Tropfen beschrieben (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Als Folge der Verdunstung, der offenbar weiterhin in geringen Mengen zutretenden Salzlösungen, kristallisierten an den Stößen und der Sohle harte, kugelförmige Aggregate aus (FULDA 1938, [40]). Ein vollständiges Versiegen der Zutrittsstelle kann zumindest bis 1932 nicht angenommen werden, da die vorliegenden chemischen Analysen der Salzlösungen aus den Jahren 1931 bzw. 1932 entstammen. Für August 1939 sind erneut Zuflüsse in geringen Mengen verzeichnet. In der Folgezeit wird die Zutrittsstelle lediglich als feucht beschrieben (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Eine Befahrung der Zutrittsstelle ist derzeit nicht möglich.

Die vorliegenden quantitativen Angaben zeigen, dass die Zutrittsstelle mit abnehmender Zutrittsrate über mehr als 26 Jahre aktiv war (ERCOSPLAN 2002, [26]). Seit etwa 1920 muss dabei die Verdunstungsrate, zumindest zeitweise, über der Zutrittsrate gelegen haben. Die vorliegenden Angaben lassen den Schluss zu, dass die Salzlösungen einem begrenzten Speichervolumen im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz entstammen.

Die Zutrittsstelle befindet sich im nordwestlichen Teil des Grubengebäudes auf der 700-m-Sohle am Ende des **Querschlages zum Hauptgesenk II West**. Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L5.

Entsprechend des geologischen Sohlenrisses der 700-m-Sohle ist im unmittelbaren Umfeld der Zutrittsstelle die Kontaktfläche Kaliflöz Staßfurt/Leinsteinsalz aufgeschlossen.

Nach STOCKMANN ET AL. (2001; [102]) liegt für diese Zutrittsstelle eine Zusammenstellung der Zutrittsraten durch die BURBACH AG für den Zeitraum vom 10.07.1939 bis 27.08.1939 vor (vgl. Tabelle 13). Seit dieser Zeit findet die Zutrittsstelle keine Erwähnung mehr. Es kann daher angenommen werden, dass die Zutrittsstelle seit August 1939 trocken vorgefunden wird.

Tabelle 13 Entwicklung der Zutrittsraten im Bereich Zutrittsstelle Querschlag zum Hauptgesenk II West (nach STOCKMANN ET AL. 2001, [102])

Datum	Zutrittsrate	
	L/min	m ³ /d
10.07.1939	22,0	31,7
12.07.1939	41,5	59,8
22.07.1939	48,0	69,1
25.07.1939	68,7	98,9
28.07.1939	48,1	69,3
08.08.1939	4,6	6,6
12.08.1939	3,9	5,6
17.08.1939	3,0	4,3
22.08.1939	1,7	2,4
26.08.1939	0,5	0,7
27.08.1939	0,0	0,0

In den Ausarbeitungen von (FULDA 1938, [40]) zu den Laugenzuflüssen auf der Schachanlage Asse 2 findet die Zutrittsstelle auf der 700-m-Sohle keine Erwähnung. Daten zur chemischen Zusammensetzung der zugetretenen Lösungen konnten trotz der vergleichsweise hohen Zutrittsraten nicht recherchiert werden.

Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Nähe zu den Zutrittseignissen im Bereich der Kaliabbau 13 und 14 West auf der 750-m-Sohle kann ein Zusammenhang zwischen den Aktivitäten im Niveau der 700-m-Sohle und den Ereignissen im Bereich der genannten Kaliabbau nicht ausgeschlossen werden.

Trotz der vergleichsweise geringen Informationsdichte zur Zutrittsstelle Querschlag zum Hauptgesenk II West auf der 700-m-Sohle können einige begründete Annahmen zur Herkunft abgeleitet werden.

Der drastische Anstieg der Zutrittsraten im Zeitraum vom 10.07.1939 bis 25.07.1939 sowie das allmähliche Versiegen im August 1939 sprechen für einen Zutritt aus einem isolierten – oberhalb der Zutrittsstelle nahezu vollständig entleerten - Speichervolumen. Als Ursache für die Aktivierung der Zutrittsstelle müssen bergbauinduzierte Deformationen der Salzgesteine angesehen werden. Infolge

Seite 73 von 94

dieser Deformationen kam es zur Ausbildung von sekundären Wegsamkeiten innerhalb des Gebirges und zu einer Verbindung des Speichervolumens mit den Grubenbauen.

Die geologische Situation im Umfeld der Zutrittsstelle ist durch einen tektonischen Kontakt zwischen dem Kalisalzflöz Staßfurt und dem Leine-Salz charakterisiert. Diese Kontaktfläche wird an verschiedenen Stellen des Bergwerkes Asse 2 als lösungsführend beschrieben. Es wird daher abgeleitet, dass die im Bereich der Zutrittsstelle Querschlag zum Hauptgesenk II West angetroffenen Salzlösungen ebenfalls diesem Speichervolumen entstammen (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Im Bereich der Förderstrecke auf der 750-m-Sohle werden seit mindestens 1939 Salzlösungszutritte beobachtet. Die graphische Darstellung (Abbildung 8) der dokumentierten Zutrittsraten zeigt für den Zeitraum vom August 1939 bis September 1942 mehrere Zutrittseignisse mit vergleichsweise hohen Schüttungsraten an. Diese Ereignisse in den **Kaliabbauen 13 und 14 West, 725-m-Sohle & Förderstrecke 750-m-Sohle** überlagern durch ihre hohen Schüttungsraten einen im Zeitraum von mindestens 1939 bis heute wiederholt nachgewiesenen Zutritt von Salzlösungen im Bereich der 750-m-Sohle. Das vorliegende Datenmaterial für die Zeit vor August 1939 sowie den Zeitraum von 1943 bis 1994 weist beträchtliche Lücken auf. Es kann jedoch vermutet werden, dass im genannten Zeitraum kontinuierlich geringe Mengen Salzlösungen zutraten. Basierend auf den dokumentierten Zutrittsraten können folgende 6 Etappen unterschieden werden (Tabelle 14):

Tabelle 14 Entwicklung der Zutrittsraten im Bereich der Kaliabbau 13 und 14 (ERCOSPLAN 2002, [26])

Etappe	Zeitraum	Zutrittsrate
1. Etappe	bis Juli 1939	< 1 m ³ /d
2. Etappe	Juli bis Oktober 1939	max. 138 m ³ /d; (deutlicher Rückgang ab 08/1939 auf 20 – 30 m ³ /d)
3. Etappe	Oktober 1939 bis Mai 1941	<1 m ³ /d (unter Berücksichtigung einer Entwässerungsphase aus Etappe 2)
4. Etappe	Mai 1941 bis September 1942	bis 3,4 m ³ /d
5. Etappe	September 1942 bis 1967	<1 bis 2 m ³ /d
6. Etappe	1967 bis heute	< 1 m ³ /d

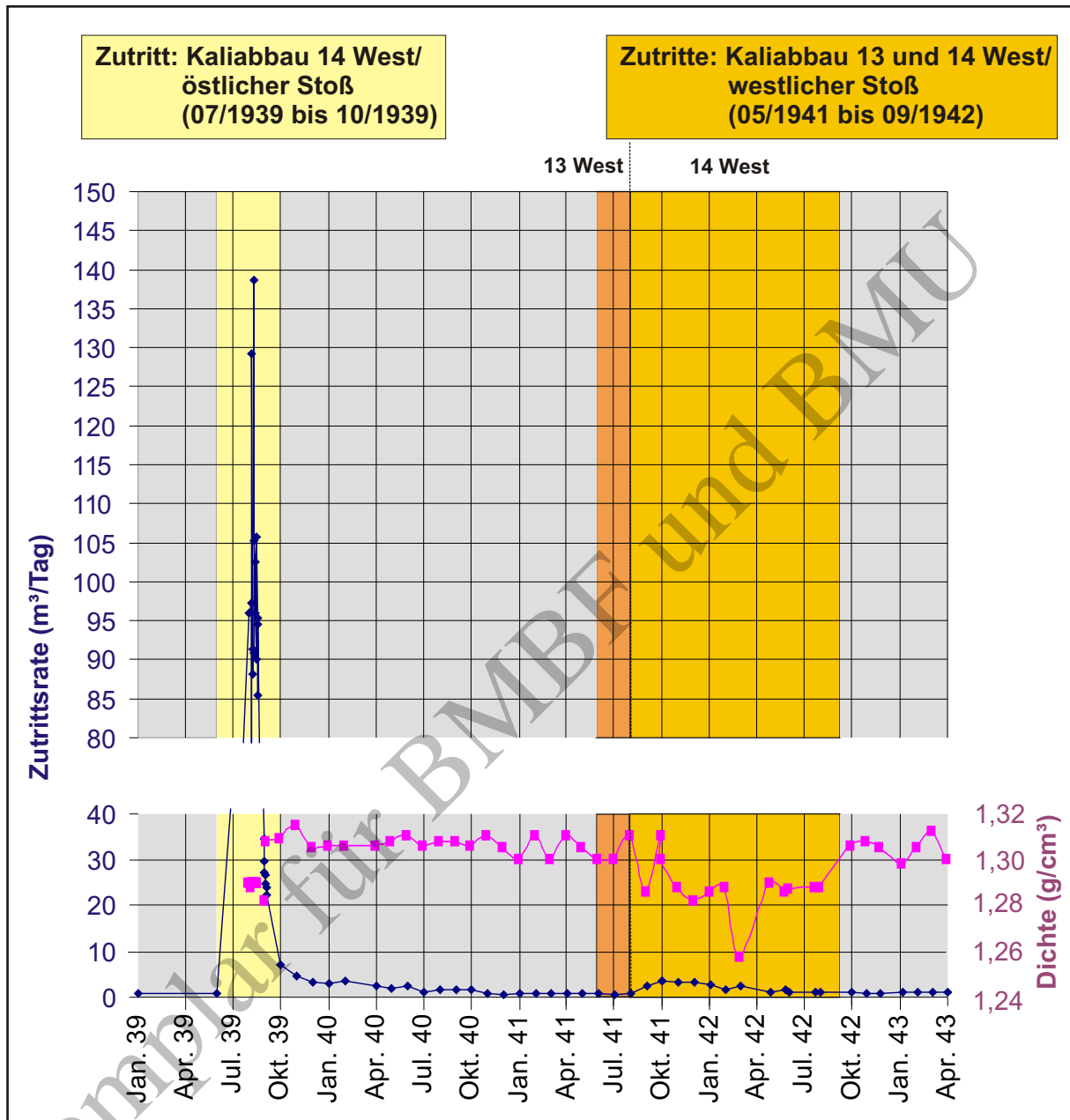


Abbildung 8

Entwicklung des Volumens der im Bereich der 750-m-Sohle aufgefangenen Lösungen im Vergleich mit den dokumentierten Zutrittsereignissen der Kaliabbau 13 West und 14 West

Auf der Grundlage der vorliegenden Dokumentationen wird nachfolgend der Verlauf der Zutrittsentwicklung im Bereich der 750-m-Sohle beschrieben und unter Berücksichtigung der geochemischen Datensätze eine mögliche Erklärung zur Herkunft der Salzlösungen abgeleitet.

Anhand des geologischen Sohlenrisses können die Salzlösungen der Zutrittsstellen L6, L7 und L8 auf einen Zutritt im Bereich der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz zurückgeführt werden (ERCOSPLAN 2002, [26]). Jedoch ist unter Berücksichtigung der Erkenntnisse zu Bohrung 25/750 auch ein Reservoir im Bereich des Leine-Salzes (Tonliniensalz) nicht auszuschließen.

Für jede der unterschiedenen Etappen liegen chemische Analysen vor. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Zeitraum von August 1939 bis April 1943 (FULDA 1938, [40]) sowie auf dem Zeitraum von Oktober 1996 bis März 2002 (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]); FORSCHUNGSBERGWERK ASSE 2003, [29]). Für den Zeitraum von April 1943 bis September 1996 liegen nur einzelne chemische Analysen vor (HENTSCHEL 1961, [49]); KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]; STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die Lösungen der Etappe 2 und der Etappe 4 zeigen eine ähnliche chemische Zusammensetzung. Die Salzlösungen sind durch $MgCl_2$ -Gehalte größer 300 g/L und vergleichsweise geringe $MgSO_4$ -Gehalte (um 10 g/L) charakterisiert. Die Dichte liegt generell über 1,28 g/cm³. Für die Salzlösungen wurde eine Sättigung an Halit ermittelt. Gegenüber weiteren Salzmineralen sind diese Salzlösungen teilweise untersättigt (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Anhand der vorliegenden quantitativen Angaben zur chemischen Zusammensetzung der Salzlösungen und zur Zutrittsrate sowie unter Berücksichtigung der geologischen Situation im Zutrittsbereich können die im Bereich der Kaliabbaue 13 und 14 zugetretenen Salzlösungen auf ein isoliertes Reservoir zurückgeführt werden. Infolge der durch die Salzgewinnung induzierten Deformationen der Schichtenfolge wurden Fließwege zwischen diesem Reservoir und dem Grubengebäude geöffnet, was letztlich zu den dokumentierten Zutritten führte. Die Lage des Reservoirs innerhalb der salinaren Schichten ist nicht zu lokalisieren (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die Lösungen der Etappe 1, Etappe 3, Etappe 5 und Etappe 6 weisen gegenüber den Salzlösungen der Etappen 2 und 4 höhere $MgSO_4$ - und KCl-Gehalte auf. Die Dichte liegt generell über 1,3 g/cm³. Die Lösungen sind an Halit, Anhydrit oder Polyhalit, Carnallit, Kainit und teilweise Kieserit gesättigt. Sie liegen im Bereich der Paragenese R des quinären Systems (entspricht IP 21 in hexären System) (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Lösungen dieser Zusammensetzung deuten auf einen engen Kontakt mit Carnallit und dem Versatzmaterial der Abbaue hin, wobei auf dem Weg bis zu den Probenentnahmestellen Eindunstungsprozesse nicht auszuschließen sind. Ein Zusammenhang zwischen den Etappen ist auf Grund ihrer gleichartigen chemischen Zusammensetzung sowie der ähnlichen Zuflussraten im Beobachtungszeitraum wahrscheinlich. Da sich die Zuflussraten in den letzten Jahren kaum verändert haben und die Lösungskonzentrationen relativ stabil sind, kann angenommen werden, dass

es sich auch hier um ein begrenztes Reservoir handelt (ERCOSPLAN 2002, [26]). Im Hinblick auf die Herkunft dieser Salzlösungen kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

Zum einen könnte es sich um Salzlösungen handeln, die durch betriebliche Maßnahmen (Einbringen von Versatzmaterial in die Kaliabbau; Wetterführung) entstanden sind. Dagegen sprechen die langen Beobachtungszeiträume sowie die relative Konstanz der Zutrittsraten.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Salzlösungen aus einem Speichervolumen innerhalb des Zechsteinsalinars zutreten. Die Zuordnung zu einem bestimmten Horizont ist jedoch nicht möglich (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die Zutrittsstelle **Querschlag nördlich Blindschacht I, 574-m-Sohle** befindet sich am westlichen Stoß des am Blindschacht I auf der 574-m-Sohle angeschlagenen Querschlages ins Liegende (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Die Bezeichnung im Laugenstellenverzeichnis ist L9.

Die geologische Situation im Bereich der Zutrittsstelle ist durch eine intensive tektonische Beanspruchung der Schichtenfolge charakterisiert. Infolge der Deformation ist eine Faltenstruktur mit lokal nördlich gerichtetem Einfallen und einem Umbiegen der Streichrichtung ausgebildet (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Durch den Querschlag ist die Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz aufgeschlossen. Entsprechend des geologischen Sohlenrisses ist in nördlicher Richtung eine Hauptanhydrit-Scholle ausgebildet, die unmittelbar an den Querschlag angrenzt.

Die Zutrittsrate wird als gering beschrieben (Feuchtstelle, geringe Tropfmengen). Derzeit wird die Zutrittsstelle trocken angetroffen (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz wurde an mehreren Positionen im Bergwerk Asse 2 als lösungsführend angetroffen. Die zutretenden Lösungen werden generell als Metamorphoselösungen mit einem begrenzten Reservoir interpretiert (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Im Bereich der **Wetterstrecke zum Blindschacht I auf der 574-m-Sohle** wurden während des Streckenvortriebes vom September bis Oktober 1986 zwei Zutrittsstellen im Firstbereich angetroffen. Eine Zutrittsstelle befindet sich nördlich, eine weitere Zutrittsstelle nordöstlich des Steinsalzabbaues 2. Keine der seit Oktober 1991 trocken angetroffenen Zutrittsstellen ist im Laugenstellenverzeichnis aufgeführt (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Entsprechend des geologischen Sohlenrisses der 574-m-Sohle ist im Bereich der nordöstlich des Steinsalzabbaus 2 gelegenen Zutrittsstelle der Grenzgebiet Kali-salzflöz Staßfurt / Leine-Salz aufgeschlossen. Die nördlich des Steinsalzabbaues 2 gelegene Zutrittsstelle befindet sich im Ausstrich des Leine-Salzes.

Quantitative Angaben zur Zutrittsrate und zum Chemismus liegen nicht vor. Die anfallenden Mengen waren so gering, dass eine verlässliche Bestimmung der Zutrittsrate nicht möglich war (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten wird angenommen, dass auch die Zutrittsstellen im Bereich der Wetterstrecke auf der 574-m-Sohle auf Salzlösungen im Speichervolumen der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz zurückzuführen ist (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Im Rahmen der gebirgsmechanischen Überwachung wurden im Niveau der 553-m-Sohle im Jahr 1994 Extensometerbohrungen abgeteuft. Die im Bereich des Pfeilers zwischen den Steinsalzabbauen 3 und 4 gelegene Bohrung traf in einer Teufe von 1m geringe Mengen $MgCl_2$ -Lösungen an. Der Zutritt erfolgte in der **Extensometerbohrung Pfeiler 3-4, 553-m-Sohle** beim Durchteufen der Kontaktfläche Kalisalzflöz Staßfurt / Leine-Salz.

Die Zutrittsstelle wird nicht im aktuellen Laugenverzeichnis aufgeführt [102]. Im Sohlenriss der 553-m-Sohle ist an der entsprechenden Position die Zutrittsstelle mit L31 gekennzeichnet.

Die Zutrittsstelle **Sohlenvertiefung in der Strecke zum Abbau 5, 775-m-Sohle** befindet sich östlich des Schachtes im Bereich des Querschlages zum Blindschacht 4 auf der 775-m-Sohle. Über die hier angesetzte, aber bereits abgemauerte Strecke zum Steinsalzabbau 5 waren die Steinsalzabbau 1b und 1c zu erreichen (vgl. Sohlenriss 775-m-Sohle). Salzlösungen sammelten sich in einer vor der Mauer gelegenen Sohlenvertiefung (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). Die zugetretenen Salzlösungen werden als Betriebslösungen interpretiert und sind daher nicht im Laugenstellenverzeichnis eingetragen (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Das Volumen der zutretenden Salzlösungen war offenbar stets gering. Die Salzlösungen wurden über Saugleitung dem Blindschacht 4 zugeführt und gemeinsam mit den im Bereich der 750-m-Sohle gesammelten Salzlösungen dem Laugensumpf auf der 850-m-Sohle zugeleitet (KÜHN, KLARR & BORCHERT 1967, [69]). In den letzten Jahren lag die Zutrittsrate im Bereich der Zutrittsstelle unter der Verdunstungsrate, so dass keine Salzlösungen dem Laugensumpf zugeführt werden mussten (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Die im Bereich der Sohlenvertiefung in der Strecke zum Abbau 5 auf der 775-m-Sohle zugetretenen Salzlösungen werden auf Salzlösungen zurückgeführt, die auf der 750-m-Sohle im Bereich der nordwestlich gelegenen Kaliabbau (vgl. u.a. Zutrittsstellen Abbau 13 und 14 West) in das Grubengebäude eintraten. Über Rolllöcher wurden diese Lösungen von der 750-m-Sohle in die Steinsalzabbau 1b bzw. 1c geleitet und traten im Bereich der genannten Strecke wieder aus (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Unter Berücksichtigung der lokalen geologischen Verhältnisse im Umfeld der genannten Steinsalzabbau sowie den Beobachtungen zum Vorkommen begrenzter Lösungsvolumina im Bereich des Staßfurt-Salzes (z.B. Firsten der Steinsalzabbau (Staßfurt-Salz) im südöstlichen Bereich der 750-m-Sohle) können die Salzlösungen auch auf Zutritte aus isolierten Speichervolumen im Bereich des Staßfurt-Salzes zurückgeführt werden (ERCOSPLAN 2002, [26]).

5.2.6 Salzlösungszutritte im Bereich der Südflanke der Asse-Struktur

Im Bereich der Steinsalzabbau an der Südflanke der Asse-Struktur werden seit 1988 Zutritte von Salzlösungen beobachtet (Tabelle 15 und Abbildung 9). Im Verlauf der Zeit verlagerten sich die Zutrittsstellen ausgehend von Abbau 5 auf der 532-m-Sohle in nordwestliche Richtung. Parallel zu dieser Nordwest-Verlagerung wurde auch eine Zunahme der Teufe verzeichnet.

Die Steinsalzabbau der Abbaue 5 befinden sich an der Südflanke des Bergwerkeses Asse 2. In diesem Bereich wurden seit August 1988 mehrere Zutrittsstellen auf verschiedenen Sohlen beobachtet. Die Zutrittsstellen werden im Laugenstellenverzeichnis unter der Nummer 17 zusammengefasst. Dabei wird zwischen der primären Zutrittsstelle (L 17) und den sekundären Zutrittsstellen (L 17a bis L 17h) unterschieden (Tabelle 15).

Im August 1988 wurde im Rahmen einer Routinebefahrung eine Zutrittsstelle im Bereich der Firste des Steinsalzabbaues 5 auf der 553-m-Sohle beobachtet (DÜRR & OPP 1988, [24]). Die Lösungen traten aus einem ca. 20m langen Spalt aus (L 17a). Eine weitere Zutrittsstelle auf der 553-m-Sohle wurde in der südwestlichen Ecke des Abbaus 5 entdeckt (L 17b). Im Rahmen gezielter Befahrungen der Abbaue 5 wurden im August die primäre Zutrittsstelle (L 17) auf der 532-m-Sohle sowie die sekundäre Zutrittsstelle auf der 574-m-Sohle lokalisiert (L 17c). Im Zeitraum von September 1988 bis Januar 1989 wurden weitere sekundäre Zutrittsstellen in den tiefer gelegenen Grubenbauen der Abbaue 5 festgestellt (L 17d bis L 17h).

Das Gesamtvolumen der im Bereich der Steinsalzabbau 5 gesammelten Salzlösungen beträgt ca. 55,7 m³ (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Die durchschnittliche Zutrittsrate im Bereich der primären Zutrittsstelle lag für den Zeitraum August 1988 bis April 1989 bei 0,05 L/min. Dabei ist jedoch zu beachten, dass für die sekundären Zutrittsstellen L 17b und L 17d max. Zutrittsraten von ca. 10 L/min im August 1988 bzw. September 1989 dokumentiert sind. Alle Zutrittsstellen der Steinsalzabbau 5 versiegten im Laufe des Jahres 1989 (Schwandt 1992, [95], STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Eine zusammenfassende Darstellung der Zutrittsentwicklung im Bereich der Südflanke der Asse-Struktur gibt Abbildung 10.

Im Januar 1989 wurden im Bereich der Firste des Steinsalzabbaues 3 auf der 658-m-Sohle trockene Stalaktiten beobachtet (L19e, vgl. Tabelle 15). Im Rahmen weiterer Befahrungen wurde für den Zeitraum von Ende April 1989 bis Mitte Mai 1989 die Bildung von Tropflaugen an diesen Stalaktiten festgestellt. Anfang Juni 1989 wurde die Zutrittsstelle aktiv. Die Zutrittsraten werden als stark schwankend charakterisiert (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Maximal wurden 15 L/Tag beobachtet, im Durchschnitt lag die Zutrittsrate bei 7,6 L/Tag. Aktuell wird die Zutrittsrate im Bereich der Südflanke mit 11,9 m³/Tag angegeben (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Dieser Wert umfasst sowohl die Zutritte im Bereich der Steinsalzabbau 3 als auch die Zutritte im Bereich der Steinsalzabbau 2.

Tabelle 15 Zutrittsstellen im Bereich der Steinsalzabbau an der Südflanke der Asse-Struktur
(nach: Schwandt 1992, [95], STOCKMANN ET AL. 2001, [102])

Nummer laut Laugenstellen- verzeichnis	Lage der Zutrittsstelle	Auftreten der Zutrittsstelle		Bemerkung
		von	bis	
L 17	Abbau 5/ 532-m-Sohle	08/1988	04/1989	primäre Zutrittsstelle
L 17a	Abbau 5/ 553-m-Sohle Firste	08/1988	02/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 17b	Abbau 5/ 553-m-Sohle SW- Ecke	08/1988	02/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 17c	Abbau 5/ 574-m-Sohle	08/1988	04/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 17d	Abbau 5/ unterhalb 553-m-S. Rollloch z. 574-m-S.	09/1988	02/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 17e	Abbau 5/ 595-m-Sohle	keine		sekundäre Zutrittsstelle
L 17f	Abbau 5/ 616-m-Sohle	Beobachtungen		sekundäre Zutrittsstelle
L 17g	Abbau 5/ 616-m-Sohle	01/1989	10/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 17h	Abbau 5/ 637-m-Sohle	01/1989	10/1989	sekundäre Zutrittsstelle
L 18	Abbau 4/ 595-m-Sohle, S-Stoß	10/1996 trocken		primäre Zutrittsstelle
L 18a	Abbau 4/ 595-m-Sohle, S-Stoß, W	10/1996 trocken		sekundäre Zutrittsstelle
L 18b	Abbau 4/ 637-m-Sohle, Firste	01/1989 trocken		sekundäre Zutrittsstelle
L 19	Abbau 3/ 574-m-Sohle	09/1989	05/1990	primäre Zutrittsstelle
		03/1991	10/1992	
L 19a	Abbau 3/ 595-m-Sohle	04/1990		sekundäre Zutrittsstelle
L 19b	Abbau 3/ 616-m-Sohle	12/1991		sekundäre Zutrittsstelle
L 19c	Abbau 3/ 616-m-Sohle	12/1991		sekundäre Zutrittsstelle
L 19d	Abbau 3/ 637-m-Sohle	08/1989		sekundäre Zutrittsstelle
L 19e	Abbau 3/ 658-m-Sohle	01/1989 trocken		sekundäre Zutrittsstelle
		04/1989	05/1989	
		06/1989		
L 19f	Abbau 3/ 700-m-Sohle	03/1991		sekundäre Zutrittsstelle
L 19g	Abbau 5/ 700-m-Sohle	10/1991		sekundäre Zutrittsstelle
L 19h	2. südl. Richtstrecke n. Westen Rollloch 2/ 750-m-Sohle	05/1993		sekundäre Zutrittsstelle
L 20	Abbaureihe 2/ 595-m-Sohle	06/1997		primäre Zutrittsstelle
L 20a	Abbaureihe 2/ 616-m-Sohle	10/1996		sekundäre Zutrittsstelle
L 20b	Abbaureihe 2/ 637-m-Sohle	01/1995		sekundäre Zutrittsstelle
L 20c	Abbaureihe 9/ 750-m-Sohle	11/1993		sekundäre Zutrittsstelle
L 20d	2. südl. Richtstrecke n. Westen Rollloch 1/ 750-m-Sohle	08/1993		sekundäre Zutrittsstelle

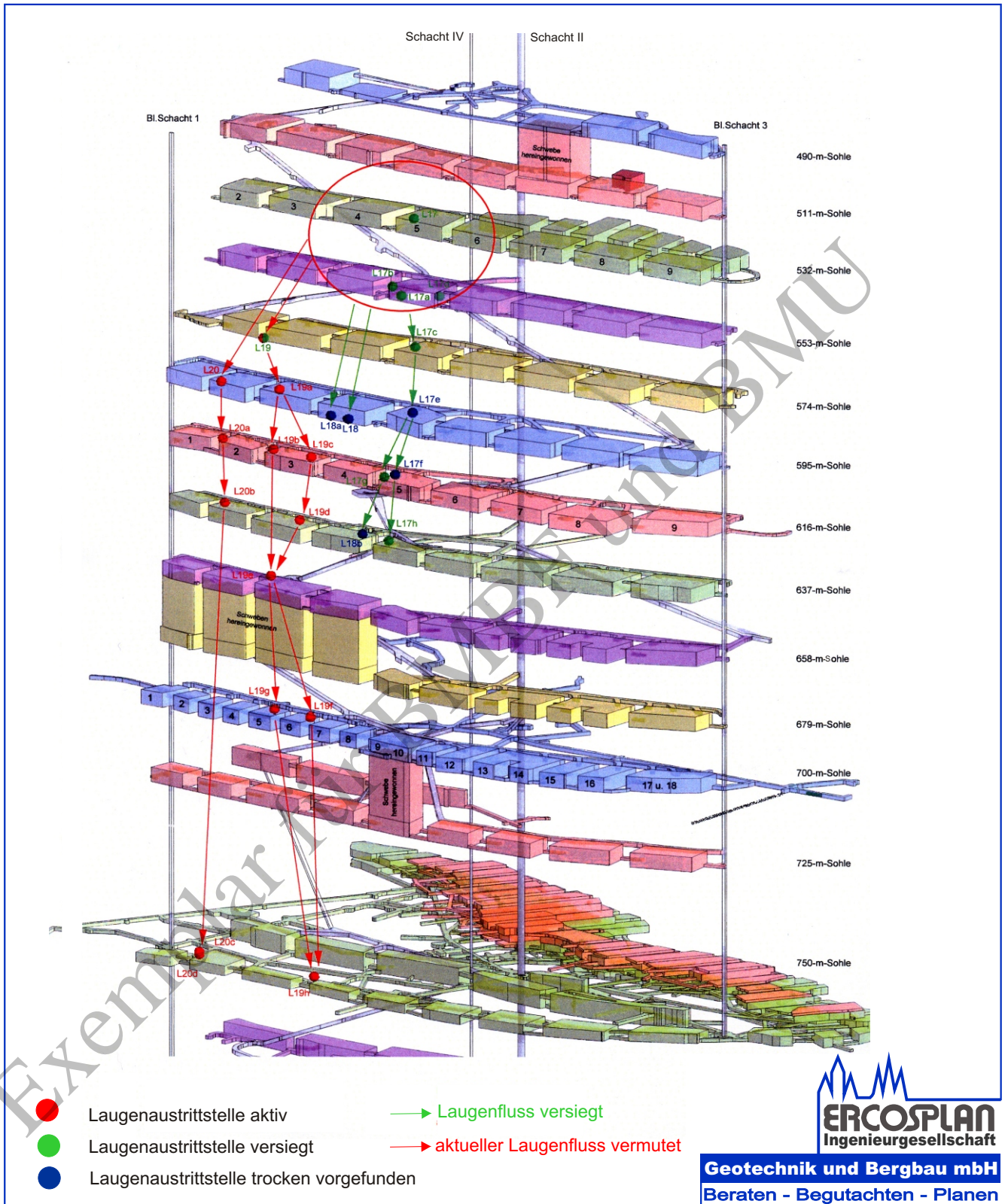


Abbildung 9

Seigerriss mit Eintragung der projizierten Zutrittsstellen im Bereich der Südflanke (nach Betriebsunterlagen)

Durch zielgerichtete Untersuchungen konnten bis einschließlich 1993 insgesamt 7 weitere sekundäre Zutrittsstellen aufgefunden werden (SCHAUERMANN 1992, [86]; SCHAUERMANN 1993a, [87]; SCHAUERMANN 1993b, [88]). Eine quantitative Bestimmung der Zutrittsrate im Bereich der als primär eingestufteten Zutrittsstelle auf der 574-m-Sohle (L19) war zunächst nicht möglich. Durch Beobachtungen wurde jedoch festgestellt, dass diese Zutrittsstelle im Zeitraum von Mai 1990 bis März 1991 keine Zuflüsse zeigte (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Die im Mai 1991 durchgeführten Arbeiten zur Fassung der Salzlösungen im Bereich der geodätisch tiefer gelegenen Zutritte führten bis Ende August 1991 dazu, dass das Volumen der täglich gesammelten Salzlösungen auf 6 m³ anstieg (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Erst im September 1991 bzw. Februar 1992 konnten durch Bohrungen die Salzlösungen im Bereich der Zutrittsstelle auf der 574-m-Sohle gefasst und beprobt werden. Die zutretenden Salzlösungen wurden über eine Transportbohrung in den Steinsalzabbau 3 auf der 658-m-Sohle geleitet.

Ab April 1992 sanken die Zutrittsraten im Bereich der primären Zutrittsstelle auf der 574-m-Sohle kontinuierlich ab. Die Zutrittsstelle wurde letztmalig im März 1992 beprobt. Bis Oktober 1992 verlagerte sich diese Zutrittsstelle in den Bereich der Schweben zwischen der 595-m-Sohle und der 616-m-Sohle. Die nicht durch die Sammelstelle im Niveau der 658-m-Sohle gefassten Salzlösungen sickerten in tiefere Bereiche des Grubengebäudes. Die hieraus resultierenden Zutrittsstellen auf der 750-m-Sohle wurden im Mai 1993 (2. südl. Richtstrecke n. Westen Rolloch 2, 750-m-Sohle (L20d)) bzw. August 1993 (2. südl. Richtstrecke n. Westen Rolloch 1, 750-m-Sohle (L19h)) vorgefunden.

Im Rahmen der Versatarbeiten wurden bis einschließlich 1997 weitere Zutrittsstellen lokalisiert (Tabelle 15). Die entsprechend ihrer Benennung als primär eingestufte Zutrittsstelle im Bereich der Steinsalzabbaureihe 2 befindet sich im Niveau der 595-m-Sohle (L20). Die zugeordneten Zutrittsstellen liegen im Niveau der 616-m-Sohle (L20a), 637-m-Sohle (L20b) sowie der 750-m-Sohle (L20c) (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Die trocken vorgefundenen Zutrittsstellen im Bereich der Steinsalzabbaureihe 4 befinden sich im Niveau der 595-m-Sohle (L18 und L18a) bzw. der 637-m-Sohle (L18b).

Die dokumentierten Veränderungen der Zutrittsraten in Abhängigkeit von der Zeit sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Abbildung verdeutlicht, dass seit Beginn der Beobachtungen im Jahr 1988 ein Anstieg der gefassten Volumen zu verzeichnen ist.

Der beobachtete sprunghafte Verlauf korreliert mit dem Beginn bzw. Abschluss der bergmännischen Arbeiten zum Fassen der Salzlösungen (vgl. hierzu STOCKMANN ET AL. 2001, [102]: Abb. 7).

Es wird angenommen, dass diese Arbeiten jeweils maßgeblichen Einfluss auf die gefasste Menge hatten und die dokumentierten erheblichen Anstiege/Sprünge zu einem großen Teil auf diese Arbeiten zurückgeführt werden können. Auch unter Berücksichtigung dieses technischen Aspektes, muss jedoch von einer Erhöhung der

Zutrittsrate im Beobachtungszeitraum ausgegangen werden. Es ist nicht auszuschließen, dass auch diese Erhöhung sprunghaft erfolgte.

Aus dem Verlauf der Entwicklung der Zutrittsrate ist ableitbar, dass in Abhängigkeit von der Zeit eine Einbeziehung immer größerer Teile des Speicherhorizontes erfolgte. Die Ursachen hierfür sind in der fortschreitenden bergbaulich induzierten Deformation der Schichtenfolge im Zutrittsbereich zu suchen.

Im weiteren Verlauf kam es zur Verlagerung der primären Zutrittsstelle im Bereich Abbaue 3 auf die 637-m-Sohle. Diese versiegte bis März 2002 vollständig. Parallel dazu stiegen die Zutrittsmengen auf der 658-m-Sohle an (ERCOSPLAN 2002, [26]).

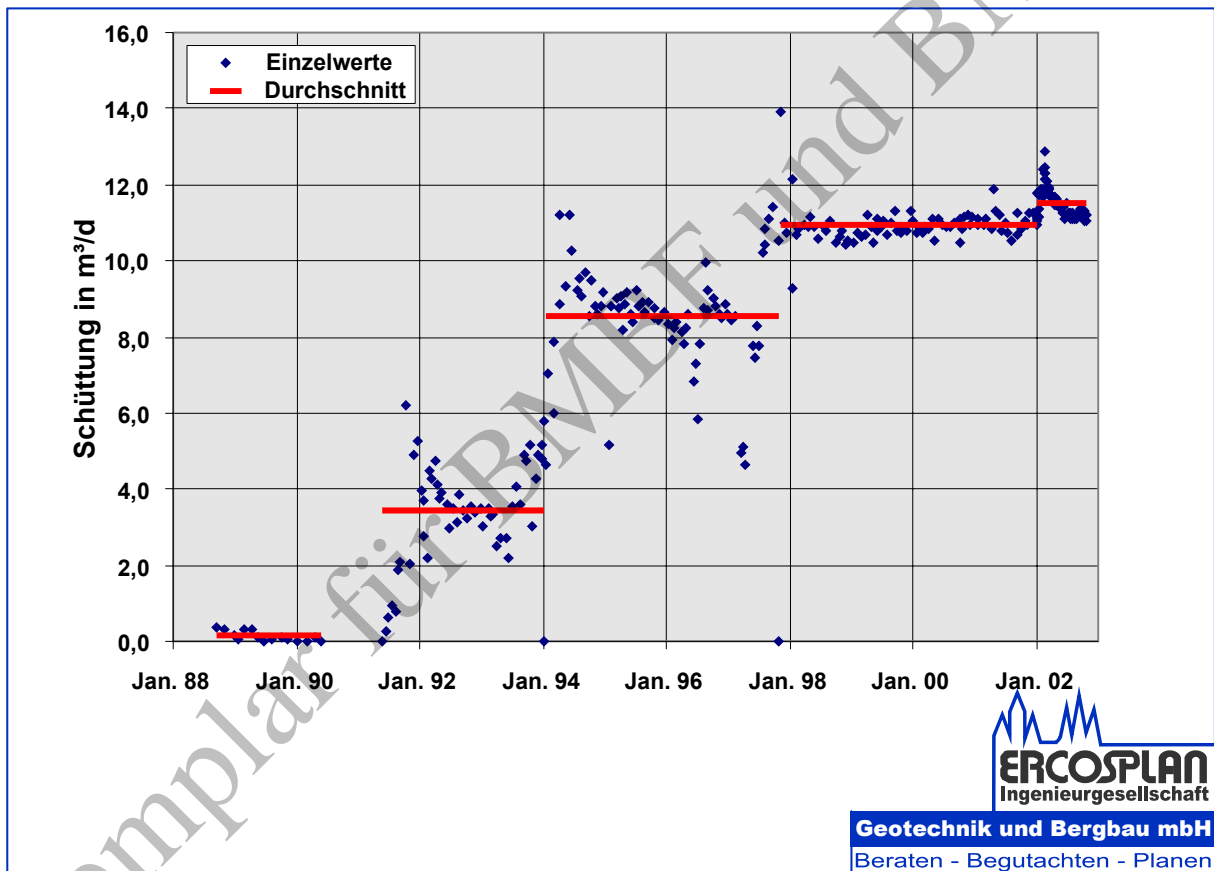


Abbildung 10 Entwicklung der Zutrittsraten an der Südflanke der Salzstruktur Asse

Obwohl sich die Schüttrate der Probenentnahmestelle AS003 (L19d) im Zeitraum von 1997 bis 2002 erheblich verringerte bis zum Versiegen im März 2002, ist nur eine geringfügige Abnahme der Mg^{2+} - und K^+ -Konzentration in der betrachteten Zeitspanne zu verzeichnen (ERCOSPLAN 2002, [26]) Lediglich kurz vor dem Versiegen

kommt es zu einem erheblichen Anstieg der Mg^{2+} -Konzentration. Die Na^+ - und Cl^- -Gehalte sind über den gesamten Zeitraum konstant.

Für die Probenentnahmestelle AS011 (L19e) ist die gleiche tendenzielle Aussage abzuleiten. Nur über einen Zeitraum von etwa einem Jahr, in dem die Beprobung nach den ERCOSPLAN zur Verfügung gestellten Unterlagen nur zweimal erfolgte, wurde eine Erhöhung aller Konzentrationen der Hauptionen festgestellt, ebenso der Dichte der Lösungen. Hier könnte es sich durchaus um einen Fehler im Datenmaterial handeln (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Analoge Feststellungen ergeben sich auch für die Probenentnahmestelle AS013 (L19e). Hier scheint der Dichtewert der Analyse vom 22.12.99 mit einem Fehler behaftet zu sein, da die Konzentrationen der Ionen keine solch erhebliche Abweichung (Zunahme) zeigen (ERCOSPLAN 2002, [26]).

Die **Inklinometerbohrungen auf der 616-m-Sohle** wurden im Rahmen der Pfeilerüberwachung an der Südflanke der Asse-Struktur gestoßen. Die seit November 1997 durchgeführten Videobefahrungen in den erstellten Inklinometerbohrungen zeigte in mehreren Bohrungen feuchte Stellen (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]).

Mit Ausnahme der im Pfeiler zwischen den Steinsalzabbauen 5 und 6 abgeteuften Bohrung werden die Inklinometerbohrungen derzeit trocken vorgefunden. Beim Ausblasen der genannten Inklinometerbohrungen traten im Dezember 2001 Salzlösungen aus (STOCKMANN ET AL. 2001, [102]). Die Zutrittsstelle ist nicht im Laugenstellenverzeichnis eingetragen.

Quantitative Angaben zur Entwicklung der Zutrittsrate liegen nicht vor. Für Dezember 2001 wird das Gesamtvolumen der ausgetretenen Salzlösungen mit 3 bis 5 Liter angegeben. Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung der Salzlösungen sind nicht dokumentiert.

Im Hinblick auf die Herkunft der Salzlösungen lassen sich jedoch prinzipiell zwei Möglichkeiten benennen (Abbildung 11): Zum einen könnte es sich um Salzlösungen handeln, die aus einem bisher nicht nachgewiesenen, begrenzten Speichervolumen innerhalb des Leine-Salzes ausgetreten sind. Zum anderen könnten die Salzlösungen - ausgehend von höher gelegenen Zutrittsstellen im Bereich des Abbaus 5 - über die Auflockerungszone des Pfeilers dem Bohrloch zugetreten sein. Für beide Varianten kann auf ein begrenztes, durch bergmännische Maßnahmen beherrschbares Salzlösungsreservoir geschlossen werden (ERCOSPLAN 2002, [26]).

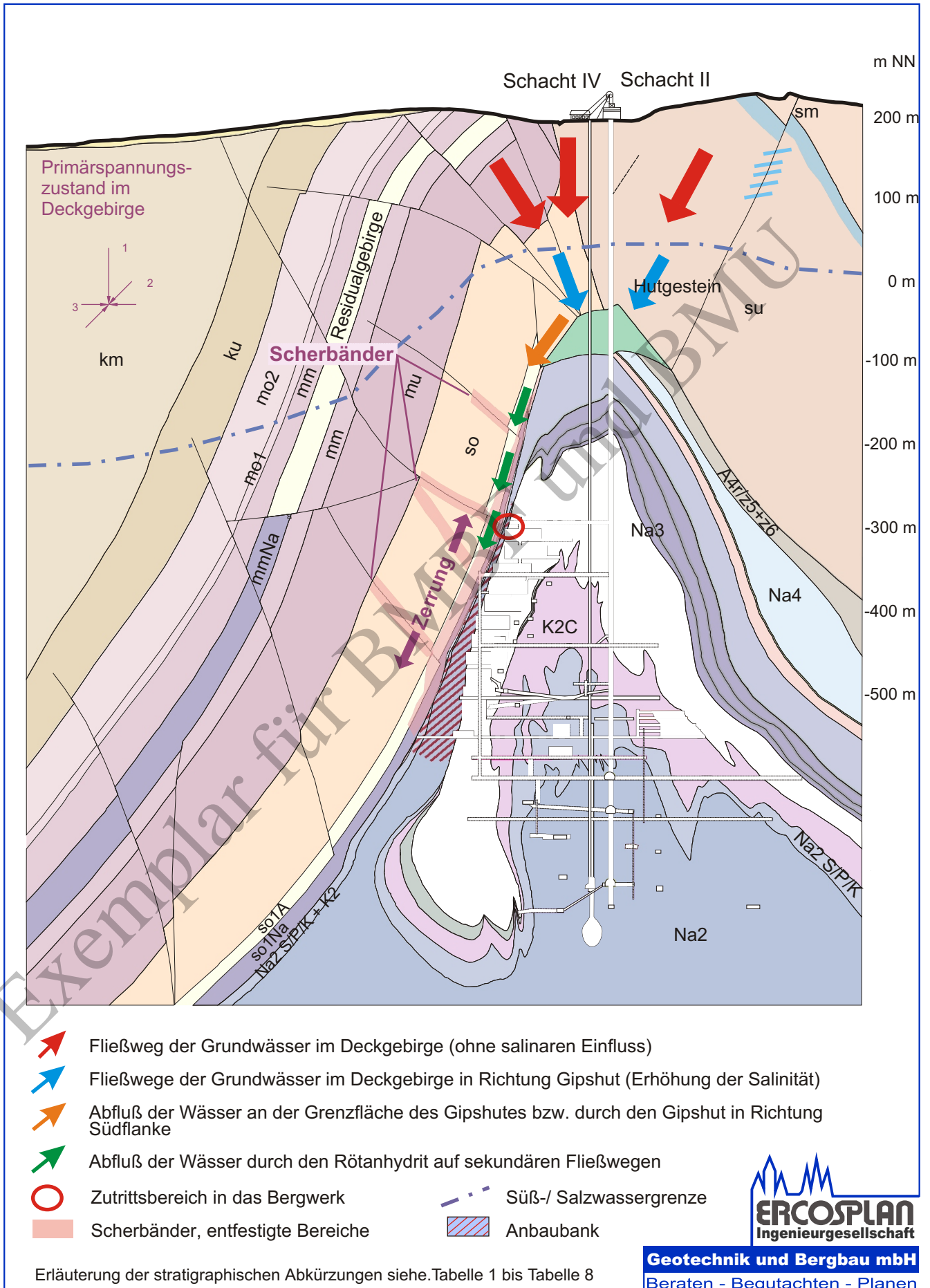


Abbildung 11 Schematische Darstellung der Fließwege an der Südflanke des Grubengebäudes Asse 2, dargestellt in einem geologischen Schnitt durch den Zentralteil des Grubengebäudes Asse 2 (nach STOCKMANN et al. 2001, [102])

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die für einen Langzeitsicherheitsnachweis erforderlichen Grundlagen zur geologischen Situation im Bereich der Salzstruktur Asse zusammengefasst.

Hierfür waren zunächst die vorliegenden und recherchierbaren Dokumentationen, Berichte und Publikationen hinsichtlich ihres Aussagegehaltes für eine Verwendung im Rahmen einer zusammenfassenden Darstellung der geologischen Grundlagen zu prüfen. Im Anschluss daran wurden die in den genannten Unterlagen dargestellten Sachverhalte und Informationen ausgewertet und mit der Zielstellung, ein belastbares, synoptisches Modell der geologischen Verhältnisse vorzulegen, zusammengefasst. Dabei waren sowohl die für weiterführende Arbeiten erforderlichen Daten abzuleiten als auch eine zwischen den unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben einheitliche Darstellung des Kenntnisstandes vorzunehmen.

Im Einzelnen werden Ausführungen

- zum regionalgeologischen Rahmen,
 - Indikationen zum präsalinaren Strukturbau
 - Struktureller Bau des postsalinaren Deckgebirges
 - Sedimentation und Tektonik im postsalinaren Deckgebirge
- dem strukturellen Bau der Salzstruktur einschließlich der angrenzenden Mulden
 - Tektonisches Inventar der Salzstruktur
 - Stratigraphie und Lithologie der Schichtenfolge
 - Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik

sowie

- dem geologische Inventar im Bergwerk Asse II
 - Lagerungsverhältnisse der im Grubengebäude aufgeschlossenen Schichten
 - Montanhydrogeologie

dargestellt.

Literatur

- [1] Appel, D. (1971): Bericht über die geologische Neuaufnahme der Asse bei Wolfenbüttel (Niedersachsen) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Quartärbedeckung und der Tektonik der Südwestflanke.- AZ.IV-1306/71, S. 129, TH Hannover, Hannover.
- [2] Baldschuhn, R., Frisch, U., Kockel, F. (1996): Geotektonischer Atlas von NW-Deutschland.- 2 Kt., Geotektonischer Atlas von NW-Deutschland, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- [3] Baldschuhn, R., Frisch, U., Kockel, F. (1998): Der Salzkeil, ein strukturelles Requisite der saxonischen Tektonik.- Deutsche Geologische Gesellschaft, Bd. 149, H.: 1, S.: 59 - 69, 5 Abbildungen, Deutsche Geologische Gesellschaft, Stuttgart.
- [4] Batsche, H., Klarr, K. (1980): Beobachtungen und Gedanken zur Gipsutgenese.- 5th Int. Symp. On Salt.- S.: 9-19, Northern Ohio Geological Survey, Cleveland/Ohio/USA.
- [5] Batsche, H., Klarr, K., von Stempel, C. (1994): Hydrogeologisches Forschungsprogramm Asse.- IFT 4/94, S. 459, 662 S. als Anlagen, Asse, Braunschweig (unveröffentlicht).
- [6] Batsche, H., von Stempel, C. (1981): Die Verteilung von Süß- und Salzwasser im Bereich des Höhenzuges der Asse und der Einfluss des Salzsattels der Asse auf die Temperatur des Grundwassers.- Deutsche Geologische Gesellschaft, Bd. 132, S.: 811-822, Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover.
- [7] Bauer, M., Küstermann, W., Deubel, K., Fischer, K.-H., Seitz, R., Vormbaum, M., (1998): Ergebnisbericht Reflexionsseismik, Bohrlochseismik, Seismische Arbeiten zur Strukturerkundung des Deckgebirges im Gebiet des Forschungsbergwerkes Asse – Hauptphase.- Geophysik GGD, 95 S. 31/170263/97/T, Asse, Remlingen.
- [8] Beer, W. W. (1996): Kalilagerstätten in Deutschland.- Kali und Steinsalz, Bd.: 12, H.: 1, S. 18-30.
- [9] Beutler, G. (2002): Tektonische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt 1: 500000, Saxonische Strukturen.- 1. Auflage, Halle/S.
- [10] Boigk (1952): Möglichkeiten und Wege zu einer Feingliederung im Mittleren Buntsandstein, erläutert an den Verhältnissen des nordwestlichen Vorharzes.- Z. deutsch. Geol. Ges., 103: 102-105; Hannover
- [11] Boigk, H. (1957): Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover.- Geol. Jb., 72, S. 325-340, Hannover.
- [12] Boigk, H. (1959): Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland.- Geol. Jb., 76, S. 597-636, Hannover.
- [13] Boigk, H. (1961): Ergebnisse und Probleme stratigraphisch-paläontologischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands.- Geol. Jb., 78, S. 123-134, Hannover.
- [14] Börger (1943): Laugenzuflüsse auf der Schachtanlage Asse II.- Vorlage Staatsarchiv WF.

*Zusammenfassung der geologischen Grundlagen
für die Langzeitsicherheitsbewertung der Schachtanlage Asse II*

- [15] Bornemann, O. (1979): Das Gefügeinventar nordwestdeutscher Salzstrukturen in Abhängigkeit von ihrer halokinetischen Stellung.- S. 119, TU Braunschweig, Braunschweig.
- [16] Borsdorf, K.-H, Freyer, G. (1973): Zur Altersstellung der Sedimentserien in der östlichen Blankenburger Zone (Harz).- geol. Wiss., Themenh. 1: 81-90; Berlin et. al. 1973
- [17] BURBACH-KALIWERKE (1939): Schreiben der Burbach an den Braunschweigischen Bergrevierbeamten über den Laugenzufluß im Kalilager 750 m-Sohle.- Burbach-Kaliwerke AG, Werk Asse, Wittmar.
- [18] COLENCO (2003): Forschungsbergwerk Asse - Hydrogeologische Modellvorstellungen.- Bericht 4956/07, Revision 2003; 145 S., 36 Tab., 51 Anl., 7 Anh., Baden/Schweiz, September 2003, unveröffentl. Bericht.
- [19] DEILMANN (1966): Bericht über die Entrostungsarbeiten im Tübbingteil des Schachtes Asse 2 in Remlingen.- Fa. Deilmann, unveröffentl. Bericht.
- [20] Diem, W. (1985): Feinstratigraphie und Petrofazies des Staßfurt-Steinsalzes (Zechstein 2) im Aufschlußbereich des Salzbergwerkes Asse II bei Braunschweig.- GSF-Bericht 29/85, S. 206, GSF, Braunschweig.
- [21] Draxler, J. K., Schwab, K. (1985 - 1987): Geophysikalische Bohrlochsondenmessungen: Abschlußberichte Remlingen 5 bis 9 - Schlumberger Verfahren im Auftrage der GSF.- Diepholz/Hannover, unveröffentl. Bericht.
- [22] Dreschhoff, G.E. (1974): Geologische Untersuchungen in den Holozänablagerungen des mittleren Okergebietes.- Dissertation, Universität Braunschweig, 170 S.
- [23] Duncker (1906): Das Kalisalzlager der Gewerkschaft Asse bei Wittmar.- Abschrift Werksunterlagen Fbw Asse, 24 S., unveröffentl. Bericht.
- [24] Dürr, K, Opp, O. (1988): Laugentropfstelle in Kammer 5/Na3 532 m-Sohle und Kammer 5/Na3 553 m-Sohle – Kurzgefasste Chronologie.- unveröffentl. Bericht.
- [25] Ebeling, V. (1965): Über den Zustand und die Sicherheit des Schachtes Asse II.- unveröffentl. Gutachten.
- [26] ERCOSPLAN (2002): Studie Geochemische Bewertung der Salzlösungszutritte im Bergwerk Asse II.- Ercosplan Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, 130 S., 34 Abb., 23 Tab., 26 Anlagen, 3 Anhänge, Erfurt.
- [27] Essaid, S., Klarr, K. (1982): Zum Innenbau der Salzstruktur Asse.- Deutsche Geologische Gesellschaft, Bd. 133, S.: 135-154, Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover.
- [28] Feldmann, L. (2001): Das Quartär zwischen Harz und Allertal mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär.- Clausthaler Geowissenschaften, 1, 149 S.
- [29] Forschungsbergwerk Asse (Stand 2003): Betriebliche Unterlagen.- unveröffentl..
- [30] Forschungsbergwerk Asse (Stand 2003): Bergmännisches und Geologisches Risswerk.- unveröffentl..
- [31] Förster, B., Hensel, G., Wallmüller, R. (2002): Arbeitsunterlage für die Szenarienentwicklung am Standort Asse – Potenzielle hydraulische Wegsamkeiten im Wirtsgestein im Bereich von Asse II durch Bohrungen.- GSF Projekt Langzeitsicherheit Asse FBW Asse, 8 S., Remlingen.

- [32] Frank, H. (1974): Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen an der Asse bei Wolfenbüttel.- R 87, S. 208, Universität München, München.
- [33] Franzke, H. J. (1991): The Structural Control of Post-Hercynian Hydrothermal Veins in Eastern Germany.- In: Geology Key Centre, University of Western Australia (ed.): Structural Geology in Mining and Exploration, Extended Abstracts: p. 73-78
- [34] Franzke, H.J. (2001): Geologische Luftinterpretation im Gebiet der Salinarstruktur Asse (Subherzynes Becken).- TU Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie, Clausthal.
- [35] Franzke, H.J., Schmidt, D. (1995): Die mesozoische Entwicklung der Harznordrandstörung – Makrogefügeuntersuchungen in der Aufrichtungszone .- Zbl. Geol. Paläont. Teil I: 1443-1457; Stuttgart.
- [36] Franzke, H.J., Rauche, H. (2003): Geohydraulische Aspekte bei der Bildung der spät- und postvariszischen hydrothermalen Gangstrukturen des Thüringer Waldes.- Beiträge zur Geologie von Thüringen, 10, S. 201-216, Jena.
- [37] Franzke, H.J., Zerjadtke, W. (1993): Structural Control of Hydrothermal Vein Mineralisations in the Lower Harz Mountains.- Monograph Series on Mineral Deposits, Berlin-Stuttgart, 30, S. 13-33.
- [38] Fulda, E. (1931): Bergbaulicher Teil.- Kap. V in Wollstedt, Fulda, Görz 1931 (siehe dort): S. 30-35, Berlin.
- [39] Fulda, E. (1935): Handbuch der vergleichenden Stratigraphie Deutschlands, Zechstein.- Verlag Gebrüder Bornträger, 409 S., Berlin
- [40] Fulda, E. (1938): Salztektunik.- Z. deut. geol. Gesel., 79, S. 178-196, Berlin.
- [41] Fulda, E. (1939): Gutachten der Reichsstelle für Bodenforschung über einen Laugenzufluß auf dem Kaliwerk Asse II.- Reichsstelle f. Bodenforschung, Gesch.-Z- IVf 8199/39, 5 S., Berlin.
- [42] Gruppe, O. (1905): Zur Stratigraphie der Trias im Gebiet des oberen Wesertales.- Jber. Niedersächs. Geol. Ver., 4, S. 1-102, Hannover.
- [43] Hanisch, J., Klarr, K. (1989): Die Entstehung der Schmalsattel Asse und Harli.- Deutsche Geologische Gesellschaft, H.: 41, S.: 44 - 45, Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover.
- [44] Hark, H.-U. (1953): Zur Tektonik am Westrand des Subherzyner Beckens.- 197 S., TH Braunschweig, Braunschweig.
- [45] Hark, H.-U. (1955): Ein Beitrag zur Tektonik am Westrand des Subherzyner Beckens.- H.: 7, S.: 46-65, Braunschweig. Wissensch. Ges., Braunschweig.
- [46] Hark, H.-U. (1956): Zur Tektogenese der Schmalsattel im Subherzynen Becken.- H.: 8, S.: 16-22, Braunschweig. Wissensch. Ges., Braunschweig.
- [47] Hartwig, G. (1957): Zur Kenntnis des Schichtenpaares „Grenzanhydrit“ und „Oberer Zechsteinletten“ an der Südwestflanke des Asse-Sattels.- Kali u. Steinsalz, 2, 5, S. 166-169, Essen.
- [48] Henk, A. (1997): Thermo-mechanical modeling of late-orogenic extension - a study from the Variscan orogen of Central Europe. - In: Zhiqin, X., Yufeng, R. & Xiaoping, Q. (ed.): Proceedings of the 30th International Geological Congress - Vol. 7: Orogenic Belts and Geological Mapping. - International Science Publishers, Zeist: 21 - 38.

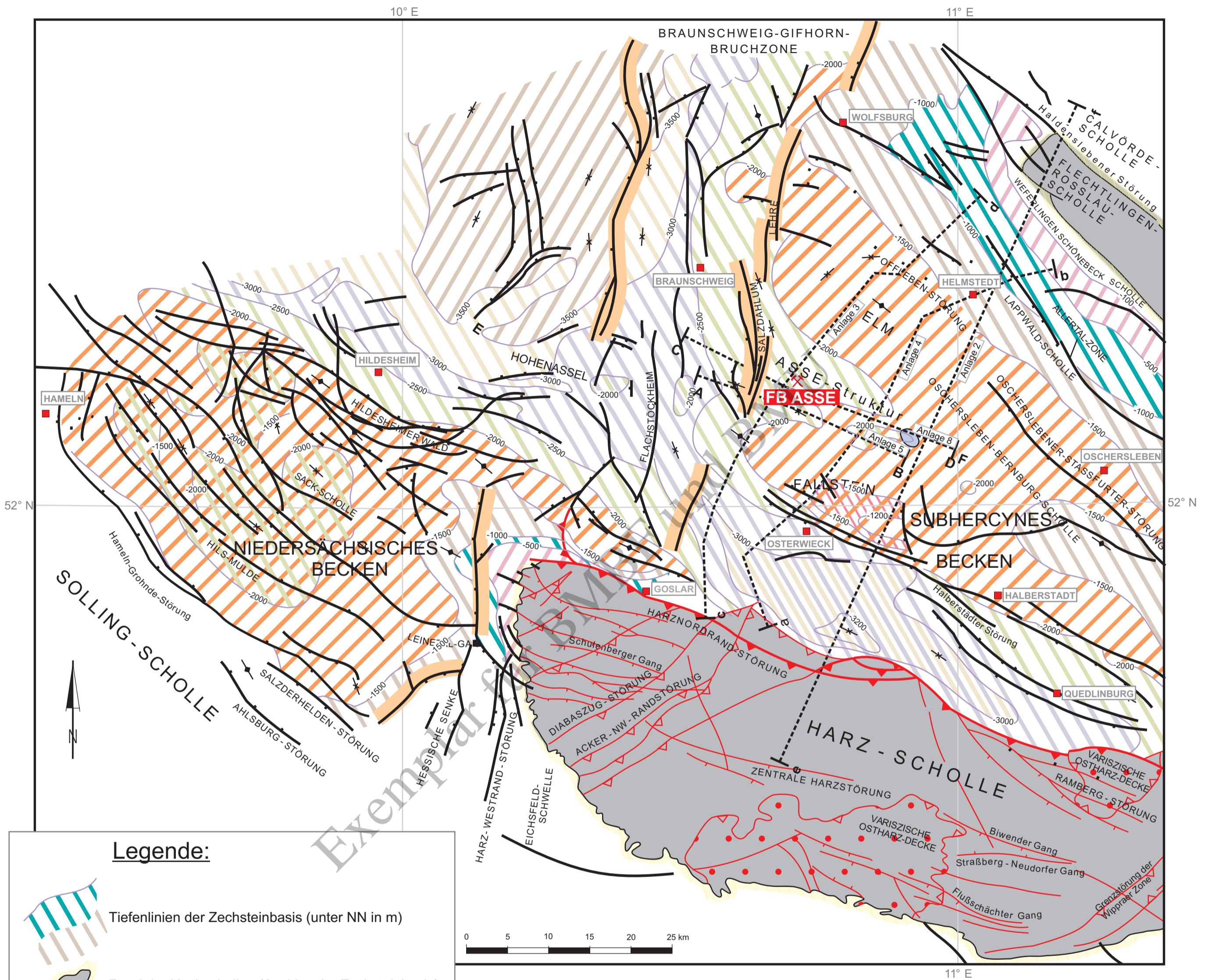
- [49] Hentschel (1961): Zusammenstellung der Laugenzuflüsse auf den Schachtanlagen Asse I, II und III.- Archiv BW Asse.
- [50] Herrmann, A. (1962): Epirogene Bewegungen im germanischen Buntsandsteinbecken und deren Bedeutung für litho-stratigraphische Parallelisierungen zwischen Nord- und Süddeutschland.- Geol. Jb., 78, S. 11-72, Hannover
- [51] Herrmann, A., Hinze, C., Stein, V. (1967): Die halokinetische Deutung der Elfas-Überschiebung im südniedersächsischen Bergland.- Geol. Jb., 84, S. 407-462, Hannover.
- [52] Herrmann, A., Hofrichter, E. (1963): Die Faziesgliederung der tieferen Solling-Folge des Mittleren Buntsandsteins Südniedersachsens.- Geol. Jb, 80, S. 653-739, Hannover.
- [53] Herrmann, M. (1968): Zur Ausbildung und Genese des Leinesteinsalzes und Hauptanhydrits (Zechstein 3) im Ostteil des Subherzynen Beckens.- Diss. TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- [54] Hinze, C. (1967): Der obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland.- Geol. Jb., 84, S. 637-716, Hannover.
- [55] Hinze, C., Jerz, H., Menke, B. & Staude, H. (1989): Geogenetische Definition quartärer Lockersedimente.- Geol. Jb. A 112, 243 S.; Hannover.
- [56] Hoth, K., Rusbült, J., Zagora, K., Beer, H., Hartmann, O. (1993): Die tiefen Bohrungen im Zentralabschnitt der Mitteleuropäischen Senke. Dokumentation für den Zeitabschnitt 1962- 1990.- Schriftenreihe für Geowissenschaften 2, Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., Berlin.
- [57] Hoehne, E. (1911): Stratigraphie und Tektonik der Asse und ihres östlichen Ausläufers, des Heeseberges bei Jerxheim.- Jahrbuch königl.-preuß. Geol. Landesanstalt, Bd. 32, T. II, S. 1-104, Berlin.
- [58] Jaritz, W. (1973): Zur Entstehung der Salzstrukturen Nordwestdeutschlands.- Geologisches Jahrbuch, Reihe A, H.: 10, S. 17, Hannover.
- [59] Jüngst, H. (1928,): Rät, Pylonoten- und Schlotheimienschichten im nördlichen Harzvorland.- Geol.- Paläont. Abh., 16, N.F., 1, 194 S., Jena.
- [60] Käding, K. C. (2000): Die Aller-, Ohre-, Friesland- und Fulda-Folge (vormals Bröckelschiefer-Folge).- Kali und Steinsalz, Bd.: 13, H.: 14, S. 760-770, Essen.
- [61] Kalka, H. (1963): Tektonische Analyse des Asse-Heeseberg-Zuges.- 122 S., Technische Hochschule Braunschweig, Braunschweig.
- [62] Kallies, H.- B. (1963): Gesteinsausbildung und Fossilführung an der Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein im südlichen Niedersachsen.- Geol. Jb., 80367-436; Hannover.
- [63] Klarr, K. (1981): Grundlagen zur Geologie der Asse.- GSF-Bericht T117, S. 92, 5 Tabellen, GSF, Braunschweig.
- [64] Klarr, K., Kolditz, H., Kull, H., Schmidt, M.W., Schweinsberg, A., Steinberg, G., Starke C., Wallmüller, R. (1991): Erstellung von Tiefbohrungen auf der Südwestflanke der Asse.- GSF-Bericht 36/90, S. 121, GSF, Neuherberg.

- [65] Klarr, K., Richter-Bernburg, G., Rotfuchs, T. (1987): Der Zechstein in der Asse südöstlich Braunschweig und geowissenschaftliche Versuche zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, Int. Symposium Zechstein 87.- Exkf. I., S.: 101 - 122, Wiesbaden.
- [66] Kockel, F. (1984): Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland, Blatt Goslar, C 4326.- Hannover, unveröffentlicht.
- [67] Kockel, F. (1991): Die Strukturen im Untergrund des Braunschweiger Landes.- Geol. Jb., A 127: 391-404; Hannover.
- [68] Krieger, K.-H., Schütte, H., Harre, M., Sauer, R., Schubert, J., Fleisch, E (1997): Gefahrenabschätzung für die Schachtanlage Asse.- NLFB-Archiv-Nr. 109 080, Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld, Bergamt Goslar, Goslar.
- [69] Kühn, K.; Klarr, H., Borchert, H. (1967): Studie über die bisherigen Laugenzuflüsse auf den Asse-Schächten und die Gefahr eines Wasser- oder Laugeneinbruchs in das Grubengebäude des Schachtes II.- Gesellschaft Strahlenforschung mbH, München; Institut für Tief Lagerung, 35 S., Clausthal.
- [70] Kumm, A. (1941): Trias und Lias.- Geologie und Lagerstätten Niedersachsens, 21 Abt., 2, Oldenburg i.O.
- [71] Löffler, J. (1962): Die Kali- und Steinsalzlagerstätten des Zechsteins in der Deutschen Demokratischen Republik – Teil III Sachsen-Anhalt.- FFH, C97/III, 347 S., Berlin.
- [72] Look, E.-R. (1984): Geologische Wanderkarte 1 : 100 000, Braunschweiger Land - 1 Kt, Erläuter.- Naturhist. Ges. Hannover & Nieders.Landesamt f.Bodenforsch., Königslutter, Hannover.
- [73] Ludwig, R. A. (1972): Strukturkarte des Untergrundes des Subherzynen Beckens.- unveröffentl. Arbeitskarte i Maßstab 1:250.000, Zentralinstitut für Physik der Erde, Akademie der Wissenschaften der DDR; Potsdam.
- [74] Menning & Deutsche Stratigraphische Kommission (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland.- Deutsche Stratigraphische Kommission, 1. Auflage, Potsdam 2002.
- [75] Michael, E. & Pape, H. (1971): Eine bemerkenswerte Bio- und Lithofazies an der Basis des Unter-Hauterivium Nordwestdeutschlands.- Mitt. Geol. Inst. Techn. Univ. Hannover, 10, 43-108, Hannover.
- [76] Mohr, F. (1960): Die Ursachen der Rissbildung im Tübbingausbau des Schachtes II des Steinsalzbergwerkes Asse, ihre Bedeutung für die Sicherheit des Schachtes und Maßnahmen zum Schutze der Standsicherheit.- unveröffentl. Gutachten.
- [77] Mohr, F. (1975): Sammlung geologischer Führer, Bd. 58, Harz (westl. Teil).- Gebr. Borntraeger, 200 S., Berlin, Stuttgart.
- [78] Mundt, A. (2003): Quartärgeologische Kartierung im Umfeld der Altenau nördlich der Asse/ Landkreis Wolfenbüttel (Niedersachsen), Selbständige geologische Kartierung.- Institut für Geologie und Paläontologie, Technische Universität Clausthal, unveröffentlicht.
- [79] Paul, J., Klarr, K. (1988): Feinstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in der Bohrung Remlingen 5.- GSF-Bericht 8/87, S. 148, GSF, Neuherberg.
- [80] Phillippi (1899): Ein Triasprofil von Ührde im Braunschweigischen.- Z. deut. geol. Gesel., 61, S. 70-73, Berlin.

- [81] Preuss, H., Vinken, R., Voss, H.-H. (2002): Symbolschlüssel Geologie.- Überarb., digitale Fassung des Symbolteiles Kapitel 3, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 164 S., Hannover.
- [82] Reuter, F. (1964): Die regionale Stellung der Flechtingen-Roßlauer Scholle.- Geologie, Beih. 40 66 S.; Berlin.
- [83] Richter-Bernburg, G. (1955): Der Zechstein zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge.- Z. deutsch. Geol. Ges., 105: 876-899; Hannover.
- [84] Sander, W. (1988): Quantitative Beschreibung der Lösungsmetamorphose beim Eindringen von Wasser in ein Bergwerk im Zechsteinsalinar.- Kali und Steinsalz, Bd. 10, Kali + Salz, Essen.
- [85] Schachl, E. (1987): Zechsteinstratigraphie und Innenbau des Salzstockes von Wathlingen-Hänigsen.- Internationales Symposium Zechstein 1987, Kassel, Hannover, Exkursionsführer I, S. 69-100, 18 Abb., 3 Tab. Wiesbaden.
- [86] Schauerermann (1992): Notizen über die Befahrung der Lauge-Tropfstellen.- Schreiben vom 09.11.1992, unveröffentl. Bericht.
- [87] Schauerermann (1993a): Notizen über die Befahrung der Lauge-Tropfstellen.- Schreiben vom 08.02.1993, unveröffentl. Bericht.
- [88] Schauerermann (1993b): Notizen über die Befahrung der Lauge-Tropfstellen.- Schreiben vom 02.11.1993, unveröffentl. Bericht.
- [89] Schirrmeyer, R. (1999): Die Positionen wechsellagernder Eisrandlagen in Norddeutschland und ihr Bezug zu unterlagernden Salzstrukturen.- Z.geol. Wiss., Bd. 27, H.:5/6, S.:111-120, Potsdam.
- [90] Schmidt, & Schröder (1912): Betriebsplan für Schacht II der Gewerkschaft Kalisalzbergwerk Asse für die Zeit vom 1. Oktober 1912 bis 30. September 1913.- Abschrift aus dem Zechenbuch des Schachtes II und I, Seite 235-237, Wittmar, unveröffentl. Bericht.
- [91] Schönfeld, E. (1986): Die Grundwasserbewegung im Deckgebirge und am Salzspiegel des Salzstocks Asse.- GSF-Bericht 26/86, S. 107, GSF, Neuherberg.
- [92] Schröder, A. (2003): Quartärgeologische Kartierung im Raum Dettum nördlich der Asse/Landkreis Wolfenbüttel, Selbständige geologische Kartierung; Institut für Geologie und Paläontologie, Technische Universität Clausthal, unveröffentlicht.
- [93] Schütte, H. (1986): Untersuchungen von Klüften und Spalten in halotektonisch verformten Salzgesteinen im Aufschlussbereich d. Schachtanlage Asse II Remlingen b. Wolfenbüttel.- Clausthaler Geowiss. Dissertation, H.: 20, S. 274, Uni Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.
- [94] Schwandt, A. (1991): Zum Hauptanhydritszenario am Beispiel der NE-Flanke des Staßfurter Sattels.- GSF-Bericht 22/91, S. 104, GSF.
- [95] Schwandt, A. (1992): Gutachterliche Bewertung der Salzlösungsaustritte an der Südflanke der Schachtanlage Asse II in den Abbauen 3 der 574-m-Sohle und 5 der 532-m-Sohle.- A. Schwandt, 38 S., 15 Abb., Erfurt.
- [96] Schwerdt, L.-O. (1984): Abschlussbericht über Reflexionsseismische Messungen: Asse 1983.- 10 S., Wathlingen, unveröffentl. Bericht.

- [97] Seidl, E. (1921): Schürfen Belegen und Schachtabteufen auf deutschen Zechstein-Salzhorsten.- Preuß. Geol. Landesanstalt, 210 S. Berlin.
- [98] Stedingk, K. Ehling, B.-C., Knoth, W., Germann, K., & Schwab, M. (1995): Epigenetic mineralizing processes in the northeastern Rhenohercynian Belt (Harz Mountains, Flechtigen-Rosslau-Block).- Proceedings of the third biennial SGA Meeting: 79-82, Prag.
- [99] Stein, A. (1999): Bestimmung der Grundwasserneubildung im Bereich Asse als Eingangsparameter für das hydrogeologische Modell.- 118 S., 35 Abbildungen, Braunschweig, unveröffentlicht.
- [100] Stein, V. (1966): Der Untere Muschelkalk zwischen Göttinger Wald und Elfas.- Wiss. Arb. 2. geol. Staatsprüfung, N.L.f.B., 74 S., 341 S. Schichtenverzeichnis., Hannover.
- [101] Stein, V. (1967): Stratigraphische Untersuchungen im Mittleren Muschelkalk Südniedersachsens.- Z. dt. geol. Gesel., 117, S. 819-829, Hannover.
- [102] Stockmann, N., Heydorn, M., Bracke, G., Hensel, G. (2001): Zusammenstellung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II.- GSF-Bericht SG 2110, 94 S., Remlingen.
- [103] Stötzel, H.C. (1983): Die Quartärgeologie im Bereich des Asse-Sattels bei Wolfenbüttel.- GSF-Forschungsbericht 31/139050/83, 43 S., 11 Anlagen, GSF, unveröffentlicht.
- [104] Szymaniak, T., Schäfer, M. (2002): Geologisch-tektonische Kartierung der Salzstruktur Asse im Subhercynien Becken.- Unveröfftl. Diplomkartierung, Technische Universität Clausthal, Institut für Geologie und Paläontologie: 91 S; Clausthal-Zellerfeld, unveröffentlicht.
- [105] Voigt, E. (1963): Über die Randtröge vor Schollenrändern und ihre Bedeutung im Gebiet der Mitteleuropäischen Senke und angrenzender Gebiete.- Z.deut. geol. Gesel., 114, S. 378-418, Hannover.
- [106] Voigt, T., v. Eynatten, H. & Franzke, H. J. (2004): Late Cretaceous Unconformities in the Subhercynian Cretaceous Basin (Germany). – Manuskript, 21 S., 13 Abb.
- [107] Wallmüller (2001): Serie von Längs- und Querschnitten durch den Asse-Höhenzug, geologische Sohlenrisse im Gebiet der Schachtanlage Asse.
- [108] Weinberg, H.J. (1990): Erdfälle in der Asse.- GSF-Bericht 19/90, 63 S., 8 Abb., 8 Tab., 1 Tafel, Neuherberg.
- [109] Weinberg, H.J. (1997): Zusammenfassender Bericht über die strukturgeologischen Untersuchungen im Asse-Sattel.- GSF-Forschungsbericht 31/170702/97/T, 52 S., 1 Abb., 4 Tab., 1 Tafel, 3 Karten, Gesellschaft für angewandte Biologie und Geol. mbH, Göttingen, unveröffentlicht.
- [110] Woldstedt, P., Fulda, D., Görz, G. (1931): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Wolfenbüttel 2094, mit einem Beitrag v. E. Fulda u. G. Görz.- 64 S., Berlin.
- [111] Woldstedt, P., Fulda, E., Görz, A. (1931): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Bl. Wolfenbüttel 2094, mit einem Beitrag v. G. Görz.- 55 S., Berlin.
- [112] Woldstedt, P., Harbort, E. (1928/1931): Geologische Karte von Preußen 1 : 25 000, Bl. Schöppenstedt 2095, mit Erläuterungen.- Preußisch-Geol. Landesanstalt, Berlin.

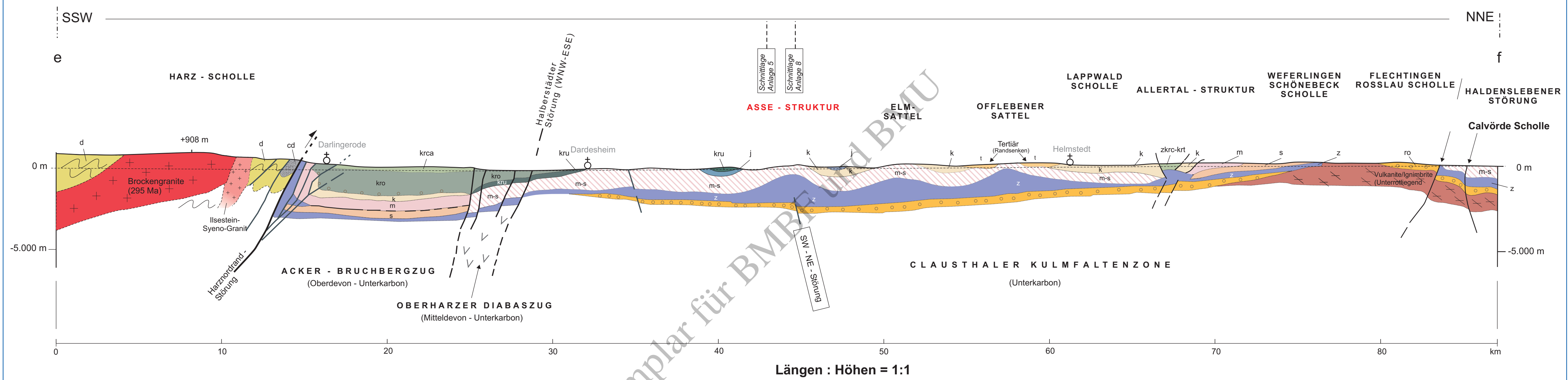
- [113] Wrede, V. (1988): Der nördliche Harzrand – flache Abscherbahn oder wrench-fault-system?. – Geol. Rdsch., 77 (1), S. 101–114; Stuttgart.
- [114] Zahn, Bärthiger (1921): Auszug aus dem Betriebsbuch Seite 398, die Horizontalbohrung 23/7002/12 betreffend.- Betriebsbuch BW Asse II, S. 398, 1 Seite, unveröffentl. Bericht.
- [115] Zechenbuch (1915): Betriebsplan für das Jahr 1915/16 – Auszug Kap. Wasserhaltung.- Zechenbuch der Schachtanlage Asse II, S. 284, unveröffentl. Bericht.
- [116] Ziegler, P.A. (1978): Northwestern Europe: Tectonics and basin development.- Geol. Mijnbouw, 57, S. 589-626, Amsterdam.
- [117] Ziegler, P.A. (1981): Evolution of sedimentary basins in North-West Europe.- Petroleum geology of the continental shelf of North-West Europe, S. 3-39, London.
- [118] Zuncke, G. (1957): Zur Stratigraphie und Tektonik der Dorm-Rieseberg-Achse.- Diss. TH Braunschweig, 101 S., Braunschweig.



Legende:

- Tiefenlinien der Zechsteinbasis (unter NN in m)
 - Rand der Hochschollen (Ausbiss der Zechsteinbasis)
 - Ränder der Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone
 - Sattelstruktur des Deckgebirges
 - Muldenstruktur des Deckgebirges
 - Bruchstrukturen im Deckgebirge, Haken weisen in Richtung der additiv gesenkten Scholle (unvollständig)
 - Überschiebungen
 - Scherzonen und Deckengrenzen
 - Abschiebungen
 - Schnittlinie
- } im Harzpaläozoikum

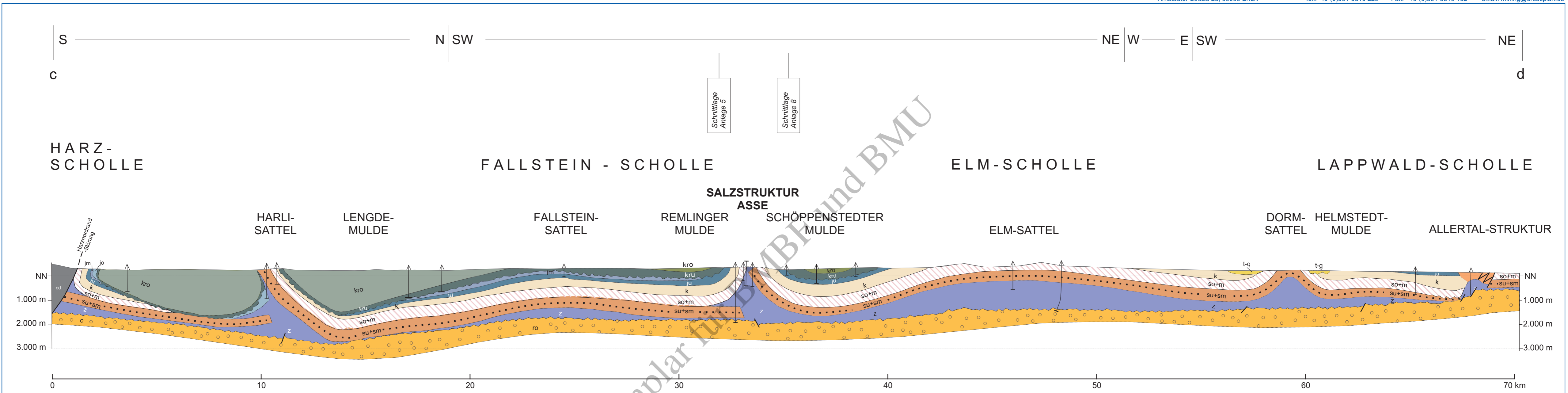
<p>Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit</p>	<p>Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt</p>	<p>Geotechnik und Bergbau mbH Berater - Begutachten - Planen</p>
<p>Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse</p>		<p>Projektnummer EGB 03-003</p>
<p>Bruchtektonik im Subhercynen Becken und der westlich angrenzenden Umgebung; vereinfachte Zusammenstellung teilweise nach BALDSCHUHN ET AL. (1996;[2]) und LUDWIG (1972;[72])</p>		
<p>File O:\Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen\Anlage1</p>	<p>Stand Januar 2004</p>	<p>Anlage 1</p>



Legende:

q/t Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)	k Keuper, undifferenziert	s Buntsandstein, undifferenziert	Unterperm Vulkanite
kr Kreide, undifferenziert	ko Oberer Keuper	so Oberer Buntsandstein	Granit Harz
kro Oberkreide	km Mittlerer Keuper	smS Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge	Bruchstörungen (unvollständig)
krca Oberkreide, Campan	ku Unterer Keuper	su Unterer Buntsandstein	Oberharzer Diabaszug
krca Oberkreide, Santon	m Muschelkalk, undifferenziert	z Zechstein	
krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon	mo Oberer Muschelkalk	ro+ru Oberrotliegend + Unterrotliegend +	
kru Unterkreide	mm Mittlerer Muschelkalk	cd Unterkarbon	
j Jura, undifferenziert	mu Unterer Muschelkalk	d Devon	
jm Mittlerer Jura, Dogger	m-s Muschelkalk bis Buntsandstein		
ju Unterer Jura, Lias			

Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt	 Geotechnik und Bergbau mbH Beraten - Begutachten - Planen
Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse		Projektnummer EGB 03-003
NNE-SSW-Schnitt durch das Subhercynische Becken von der Flechtingen-Roßlau Scholle bis zur Harz-Scholle		
File O:\Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen\Anlage 2	Stand Januar 2004	Anlage 2

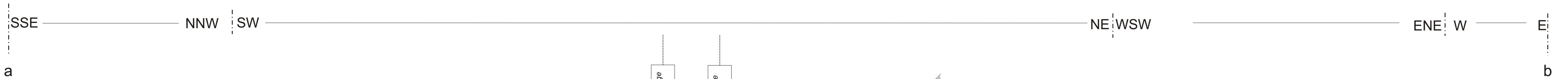


Längen : Höhen = 1:1

Legende:

q/t Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)	k Keuper, undifferenziert	s Buntsandstein, undifferenziert	Unterperm Vulkanite
kr Kreide, undifferenziert	ko Oberer Keuper	so Oberer Buntsandstein	Granit Harz
kro Oberkreide	km Mittlerer Keuper	smS Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge	Störungen
krca Oberkreide, Campan	ku Unterer Keuper	su Unterer Buntsandstein	Oberharzer Diabaszug
krsa Oberkreide, Santon	m Muschelkalk, undifferenziert	su+sm Unterer Buntsandstein + Mittlerer Buntsandstein	
krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon	mo Oberer Muschelkalk	smS+so+m Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge + Oberer Buntsandstein+Muschelkalk	
kru Unterkreide	mm Mittlerer Muschelkalk	z Zechstein	
j Jura, undifferenziert	mu Unterer Muschelkalk	ro+ru Unterrotliegend + Oberrotliegend	
jo Oberer Jura, Malm	so+m Buntsandstein + Muschelkalk	cd Unterkarbon	
jm Mittlerer Jura, Dogger		d Devon	
ju Unterer Jura, Lias			

<p>Auftraggeber</p> <p>GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit</p>	<p>Auftragnehmer</p> <p>ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt</p>	<p>Geotechnik und Bergbau mbH Beraten - Begutachten - Planen</p>
<p>Vorhaben</p> <p>Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse</p>		<p>Projektnummer</p> <p>EGB 03-003</p>
<p>Querprofil durch das Subherzyna Becken zwischen Harz-Scholle und Lappwald-Scholle; modifiziert nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]: Schnitt 137)</p>		
<p>File</p> <p>O:\@Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen\Anlage4</p>	<p>Stand</p> <p>Oktober 2003</p>	<p>Anlage 3</p>

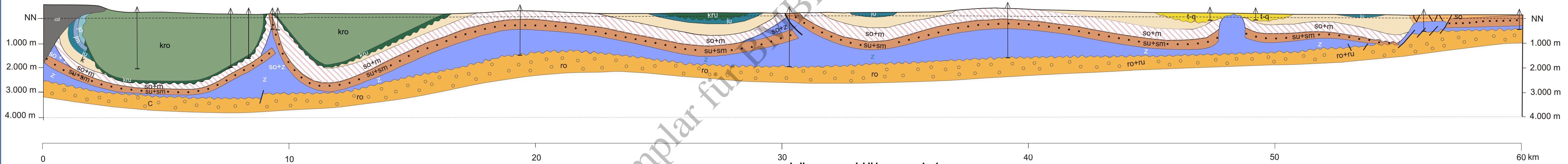


Schnittlage
Anlage 5

Schnittlage
Anlage 8

HARZ - SCHOLLE HARLI FALLSTEIN - SCHOLLE ASSE - STRUKTUR ELM - SCHOLLE LAPPWALD - SCHOLLE WEFERLINGEN - SCHÖNEBECK - SCHOLLE

Legende-Mulde Fallstein-Sattel Remlinger Mulde Schöppenstedter - Mulde Elm-Sattel Offenlebener-Sattel ALLERTAL-STRUKTUR

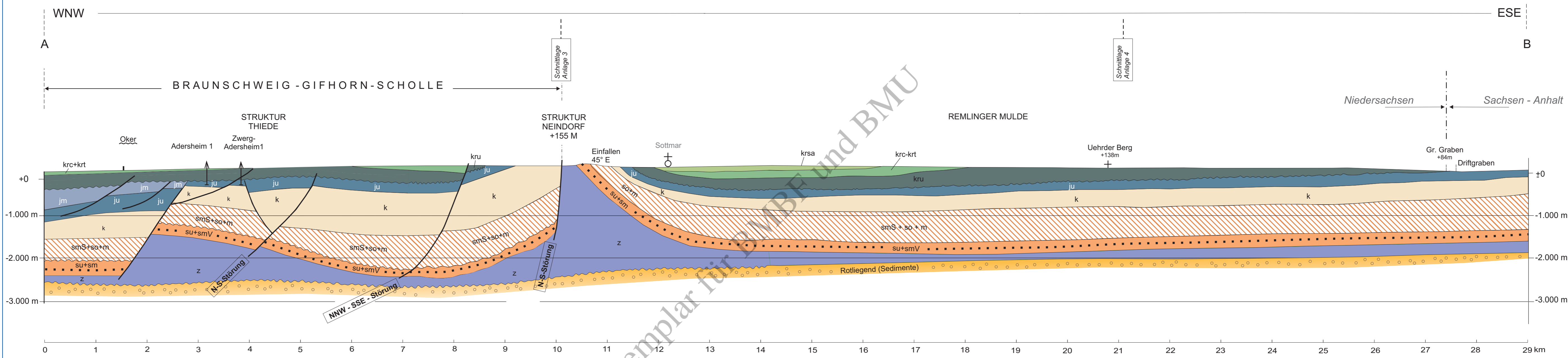


Längen : Höhen = 1:1

Legende:

q/t Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)	k Keuper, undifferenziert	s Buntsandstein, undifferenziert	z Zechstein	z Unterperm Vulkanite
kr Kreide, undifferenziert	ko Oberer Keuper	so Oberer Buntsandstein	ro+ru Unterrotliegend + Oberrotliegend	+ Granit Harz
kro Oberkreide	km Mittlerer Keuper	smS Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge	cd Unterkarbon	/ Störungen
krca Oberkreide, Campan	ku Unterer Keuper	su Unterer Buntsandstein	d Devon	∨∨ Oberharzer Diabaszug
krsa Oberkreide, Santon	m Muschelkalk, undifferenziert	su+sm Unterer Buntsandstein + Mittlerer Buntsandstein		
krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon	mo Oberer Muschelkalk	smS+so+m Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge + Oberer Buntsandstein+Muschelkalk		
kru Unterkreide	mm Mittlerer Muschelkalk			
j Jura, undifferenziert	mu Unterer Muschelkalk			
jo Oberer Jura, Malm	so+m Buntsandstein + Muschelkalk			
jm Mittlerer Jura, Dogger				
ju Unterer Jura, Lias				

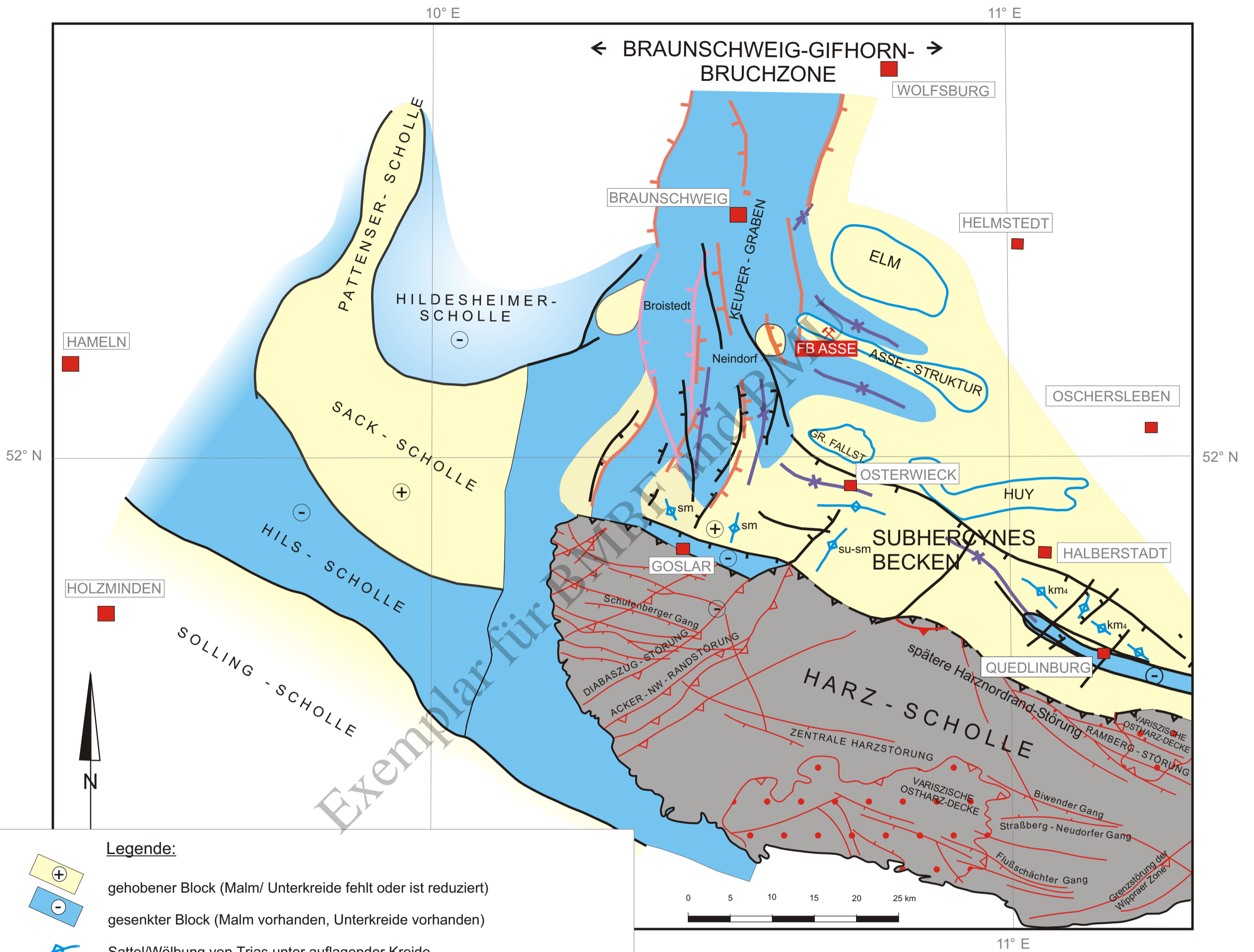
Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt	Projektnummer EGB 03-003
Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse		
Geologisches Querprofil durch das Subhercynische Becken zwischen Harz-Scholle und Weferlingen-Schönebeck-Scholle; modifiziert nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]: Schnitt 138)		
File O:\Projekte EGB aktuell\EGB 2003\EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\Anlagen\Anlage3	Stand Oktober 2003	Anlage 4



Legende:

q/t Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)	k Keuper, undifferenziert	s Buntsandstein, undifferenziert	— Bruchstörungen
kr Kreide, undifferenziert	ko Oberer Keuper	so Oberer Buntsandstein	
kro Oberkreide	km Mittlerer Keuper	smS Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge	
krca Oberkreide, Campan	ku Unterer Keuper	su Unterer Buntsandstein	
krca Oberkreide, Santon	m Muschelkalk, undifferenziert	su-smV Unterer Buntsandstein bis Volpriehausen Folge	
krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon	mo Oberer Muschelkalk	smS+so+m Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge + Oberer Buntsandstein+Muschelkalk	
kru Unterkreide	mm Mittlerer Muschelkalk	z Zechstein	
j Jura, undifferenziert	mu Unterer Muschelkalk	ro+ru Unterrotliegend + Oberrotliegend	
jm Mittlerer Jura, Dogger	m-s Muschelkalk bis Buntsandstein	cd Unterkarbon	
ju Unterer Jura, Lias		d Devon	

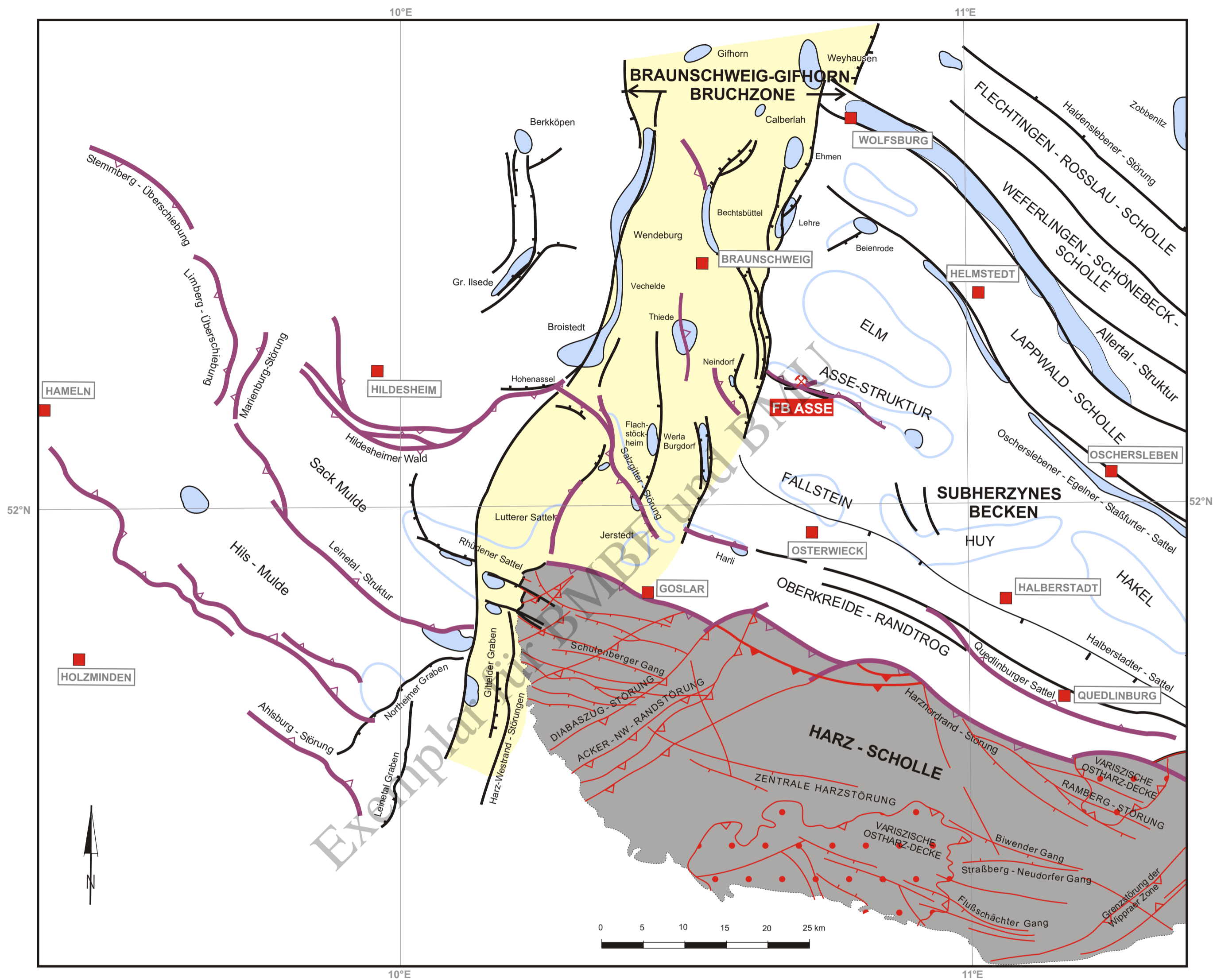
Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt	ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Berater - Begutachten - Planen
Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse		Projektnummer EGB 03-003
Geologischer W-E-Schnitt durch das südliche Vorland der Asse-Struktur, von der Südflanke der Struktur Thiede, über den Kern der Struktur Neindorf bis in die Remlinger Mulde		
File O:\@Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen\Anlage5	Stand Oktober 2003	Anlage 5



Legende:

- gehobener Block (Malm/ Unterkreide fehlt oder ist reduziert)
 - gesenkter Block (Malm vorhanden, Unterkreide vorhanden)
 - Sattel/Wölbung von Trias unter auflagernder Kreide
 - Muldenstruktur mit erhaltendem Jura
 - steile extensionale Bruchstörungen (Abschiebungen)
 - steile extensionale Bruchstörungen (Abschiebungen), aktiv im Buntsandstein (prä-H-Diskordananz ~245 Ma)
 - Bruchstörung, Kinematik unbestimmt, aktiv im Unterjura
 - Bruchstörung, Kinematik unbestimmt
 - Überschiebungen
 - Scherzonen und Deckengrenzen
 - Abschiebungen
- } im Harzpaläozoikum

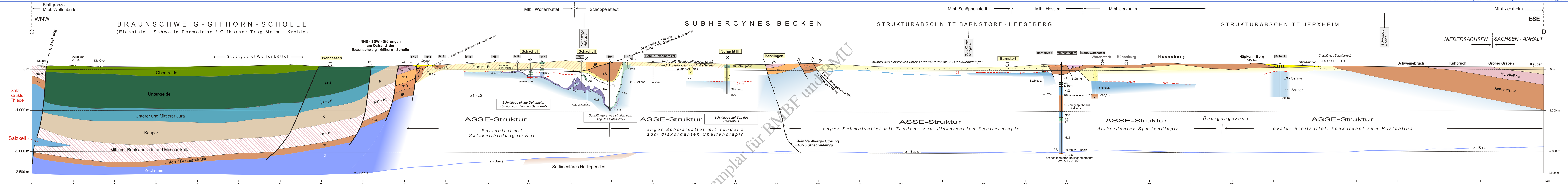
<p>Auftraggeber</p> <p>GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit</p>	<p>Auftragnehmer</p> <p>ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt</p>	<p>Geotechnik und Bergbau mbH Beraten - Begutachten - Planen</p>
<p>Vorhaben</p> <p>Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse</p>		<p>Projektnummer</p> <p>EGB 03-003</p>
<p>Präkretazisch aktives Strukturinventar im nördlichen und westlichen Harzvorland (Alt- und jungkimmerische Tektonik); vereinfachte Zusammenstellung nach BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und BEUTLER (2002; [9])</p>		
<p>File</p> <p>O:\Projekte EGB aktuell\EGB 2003\EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\Anlagen\Anlage7</p>	<p>Stand</p> <p>Januar 2004</p>	<p>Anlage 6</p>



Legende:

	Abschiebungen	
	Auf- / Überschiebungen	
	Blockgrenzen (Kinematik unbestimmt)	
	Salzkissen	
	Salz - Diapire	
	Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone	
	Überschiebungen	} im Harzpaläozoikum
	Scherzonen und Deckengrenzen	
	Abschiebungen	

Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt	 Geotechnik und Bergbau mbH Beratern - Begutachten - Planen
Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse		Projektnummer EGB 03-003
Oberkretazisch aktives Strukturinventar im nördlichen und westlichen Harzvorland (Inversionsstadium des Santon/Campan); vereinfachte Zusammenstellung nach KOCKEL (1991; [67]), FRANZKE & SCHMIDT (1995; [35]), BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und BEUTLER (2002; [9])		
File O:\Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen\Anlage8	Stand Januar 2004	Anlage 7



Längen und Höhen 1:1

Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit	Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt	Projektnummer EGB 03-003
Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse		Stand Oktober 2003
Vereinfachter geologischer Längsschnitt durch den Scheitel der Struktur Asse, zusammengestellt nach KOCKEL (1991; [67]), BALDSCHUHN ET AL. (1996; [2]) und WALLMÜLLER (2001; [107])		
File Originalprojekte: EGB aktuell/EGB 2003; EGB 03_003 BW Asse Review Geologie; Anlagen/Anlage 9	Stand Oktober 2003	Anlage 8

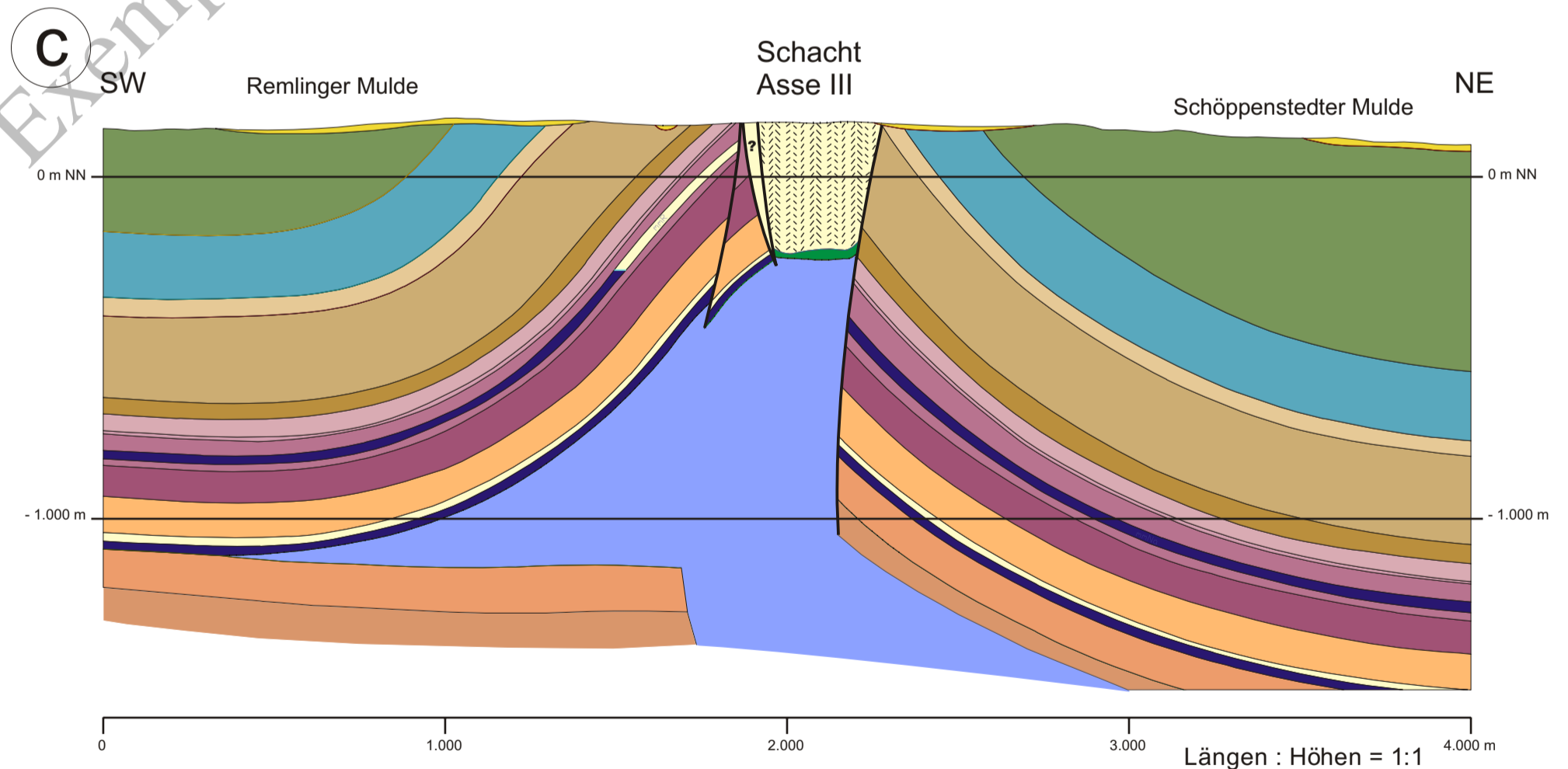
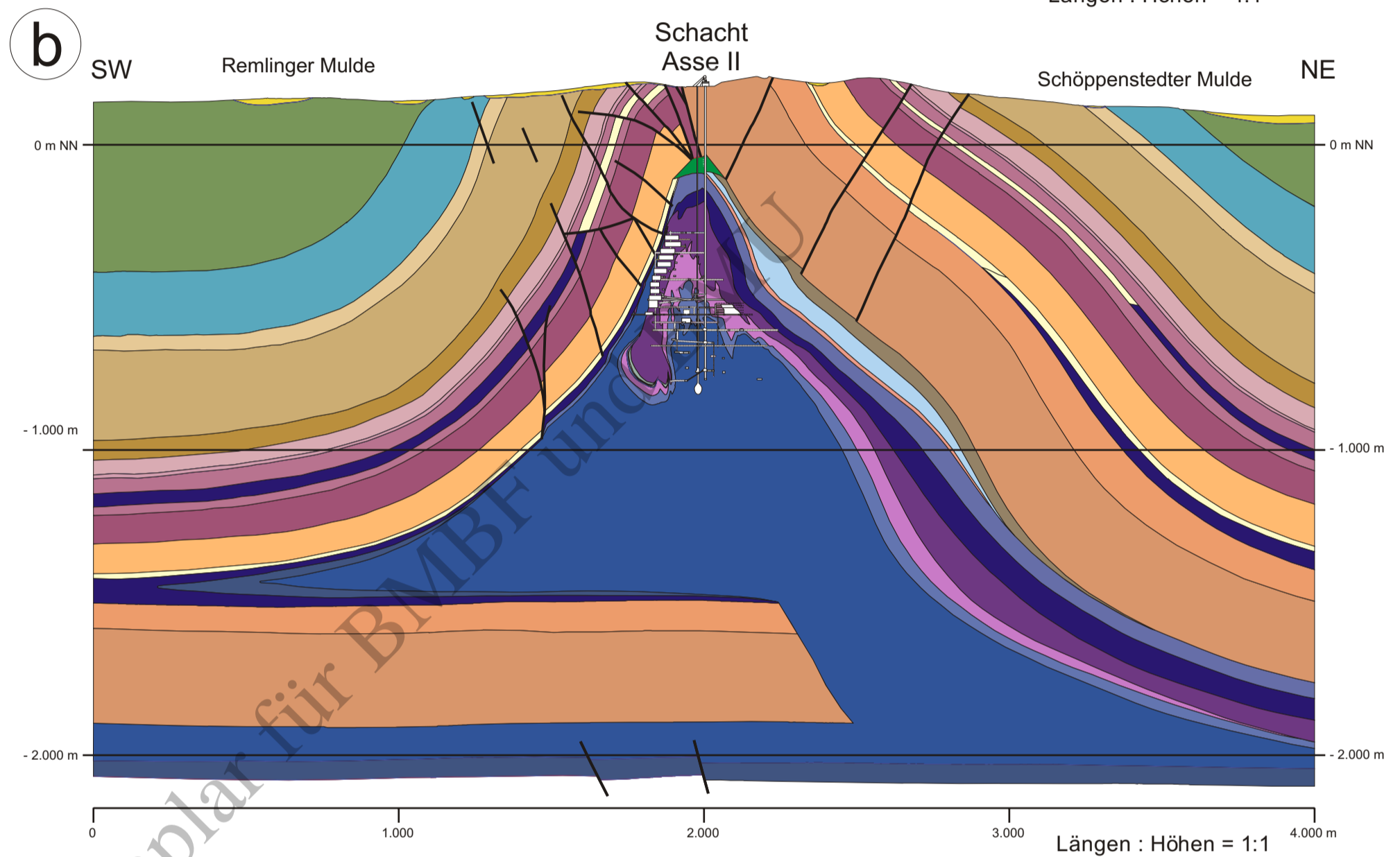
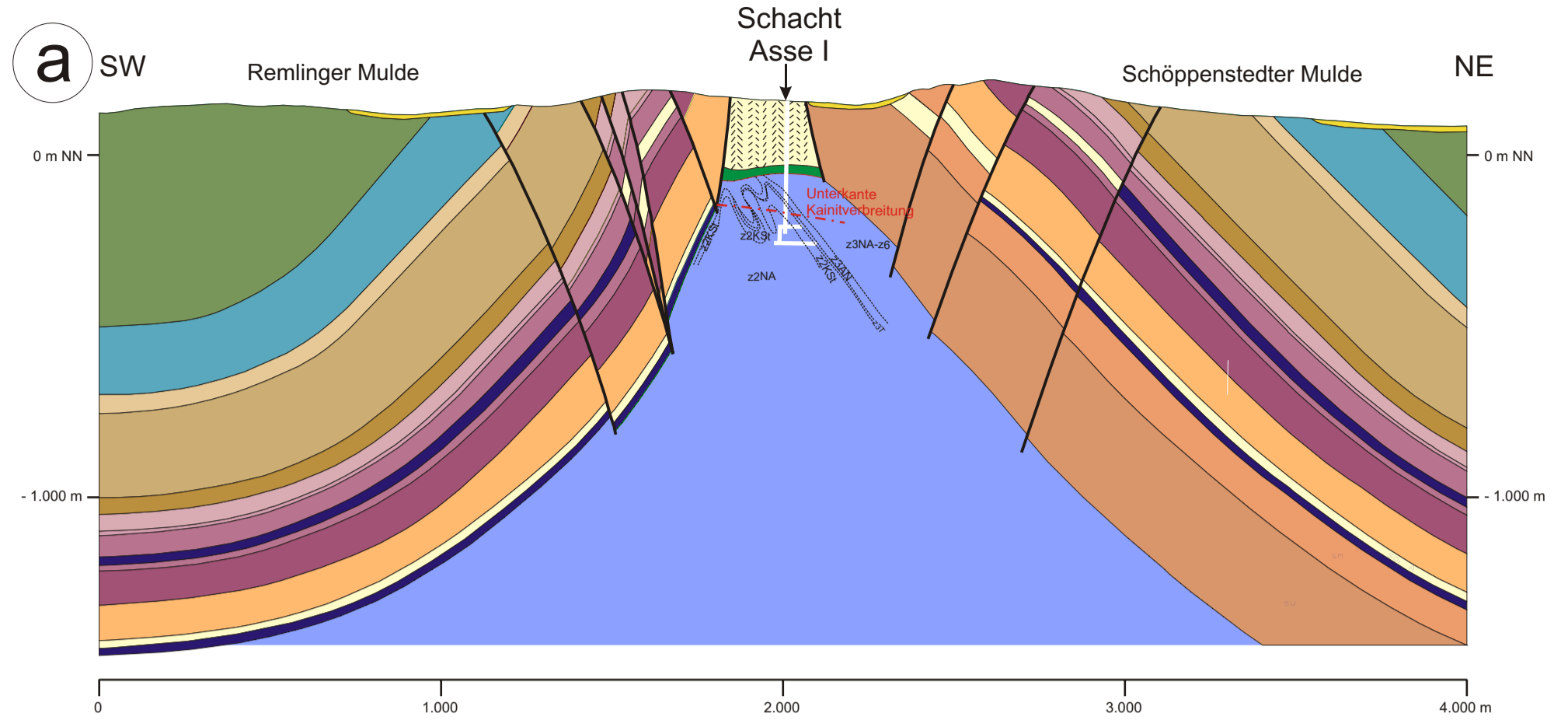
Exemplar für BMBF und BMU

Legende:

- Tertiär (hauptsächlich in Randsenken von Salzstöcken)
- kr Kreide, undifferenziert
- kro Oberkreide
- krca Oberkreide, Campan
- krsa Oberkreide, Santon
- krc-krt Oberkreide, Cenoman/Turon
- kru Unterkreide
- j Jura, undifferenziert
- jo Oberer Jura, Malm
- jm Mittlerer Jura, Dogger
- ju Unterer Jura, Lias
- k Keuper, undifferenziert
- ko Oberer Keuper
- km Mittlerer Keuper
- ku Unterer Keuper
- m Muschelkalk, undifferenziert
- mo2 Ceratiten Schichten
- mo1 Trochitenkalk
- mm Mittlerer Muschelkalk
- Salinarfolge (Lösungsrückstände)
- Salinarfolge (Steinsalz)
- mu Unterer Muschelkalk
- s Buntsandstein, undifferenziert
- so Oberer Buntsandstein
- Rötsalinar (Löserückstände)
- Rötsalinar
- sm Mittlerer Buntsandstein
- su Unterer Buntsandstein
- z Zechstein, undifferenziert
- z4-z6 Grenzanhydrit - Friesland-Folge
- z4NA Aller-Salz
- z4T+AN Roter Salztun + Pegmatitanhydrit
- z3NAh Schwadensalz + Tonmittelsalz
- z3NAg Anhydritmittelsalz
- z3NAa-f Basissalz - Buntes Salz
- z3AN Hauptanhydrit
- z3T Grauer Salztun (Z3)
- z2ANb Gebänderter Deckanhydrit
- z2NAc Decksteinsalz
- z2KSt Kalilager Staßfurt (Z2)
- z2NAc+UE Hangendsalz + kieseritische Übergangsschichten
- z2NAb Hauptsalz
- z1+z2NA Steinsalz Werra-Folge + ungegliederte Staßfurt-Folge

Residualbildungen:

- Lösungsrückstände des Salinars und verstütztes postsalinare Deckgebirge (oberer Zechstein, Trias)
- Gips
- Bruchstörungen unvollständig



<p>Auftraggeber GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit </p>	<p>Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH Dr. Hans Joachim Franzke, Clausthal Dr. Arnold Schwandt, Erfurt</p>	 Geotechnik und Bergbau mbH <small>Beraten - Begutachten - Planen</small>
<p>Vorhaben Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung des Forschungsbergwerkes Asse</p>		<p>Projektnummer EGB 03-003</p>
<p>Detailprofile durch die Salzstruktur Asse (a) im Bereich des Schachtes Asse I, (b) des Schachtes Asse II und (c) des Schachtes Asse III (unter Verwendung der Daten von APPEL 1971, [1]; KLARR 1981, [63]; KLARR ET AL. 1987, [65]; WEINBERG 1990, [108]; BATSCHKE ET AL. 1994, [5]; BALDSCHUHN, ET AL. 1996, [2]; WEINBERG 1997, [109]; WALLMÜLLER 2001, [107])</p>		
<p><small>0:\@Projekte EGB aktuell\EGB 2003\ EGB 03_003 BW Asse Review Geologie\ Anlagen 10-2003\Anlage10</small></p>		<p>Stand Oktober 2003</p>
<p>Anlage 9</p>		