



Zusammenstellung und Bewertung der ab 1988 im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase

Verfasser: Dr. N. Stockmann, Dr. G. Marggraf, Dr. T. Taylor, L. Teichmann, M. Heydorn,
Dr. G. Hensel

Stand:	Januar 2006
Revisionsnummer:	03

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS	4
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
1 EINLEITUNG	8
2 SEIT 1988 AUFTRETENDE SALZLÖSUNGEN UND GASE	10
2.1 Salzlösungen aus den Kaliabbauen	10
2.2 Gase und Salzlösungen in Inclinometer- und Extensometerbohrungen	12
2.3 Salzlösungen im Bereich der Südflanke seit August 1988	13
2.3.1 Salzlösungen in der Abbaureihe 5	13
2.3.2 Salzlösungen in der Abbaureihe 3	14
2.3.3 Versiegen der primären Zutrittsstelle aus dem Abbau 3 auf der 574-m-Sohle und Verlagerung in tiefere Bereiche des Grubengebäudes	15
3 DERZEITIG ZUTRETENDE SALZLÖSUNGEN UND DEREN VERWENDUNG IM GRUBENGEBÄUDE	18
4 PROBENAHMESTELLEN DER SALZLÖSUNGEN UND CHEMISCHE ANALYSEN	20
5 KENNNTNISSTAND ZUR HERKUNFT DER SALZLÖSUNGEN IN DEN ABBAUREIHEN 3 UND 5 AN DER SÜDFLANKE DER SCHACHTANLAGE ASSE	23
5.1 Kenntnisstand bis 1996	23
5.2 Entwicklung des Kenntnisstandes seit 1996	23
5.2.1 Geologischer Erkundungsstand	24
5.2.2 Hydrogeologischer Erkundungsstand	26
5.2.3 Geochemischer Erkundungsstand	29
5.2.4 Isotopengeochemischer Erkundungsstand	30
5.2.5 Geophysikalischer Erkundungsstand	31
5.2.6 Gebirgsmechanische Situation	32
5.3 Interpretation der Befunde und Ableitung einer Modellvorstellung	35
6 ZUSAMMENFASSUNG	43



6.1	Chronologie	43
6.1.1	Salzlösungszuflüsse	43
6.1.2	Gaszutritte	44
6.2	Modellvorstellung zur Herkunft des Salzlösungszuflusses an der Südflanke der Schachtanlage Asse	44
7	QUELLENVERZEICHNIS	46
8	GLOSSAR	51
9	TABELLEN	53
10	ABBILDUNGEN	72

Exemplar für BMBF und BMU

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II, Stand: 31.12.200153

Tabelle 2: Zuflussraten der Salzlösungen aus dem nordwestlichen Kalilager nach 194355

Tabelle 3: Zutritt von Salzlösung in der Abbaureihe 5 und im Abbau 4 auf der 637-m-Sohle auf der Südflanke der Schachanlage Asse55

Tabelle 4: Probenahmestellen der Salzlösungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse II56

Tabelle 5: Mineralzusammensetzung der AS 003 im Abbau 3/63757

Tabelle 6: Mineralzusammensetzung der AS 006/R1 (Rolloch 1 auf der 750-m-Sohle).....59

Tabelle 7: Mineralzusammensetzung der AS 006/K9 (aus dem Abbau 9/750).....60

Tabelle 8: Mineralzusammensetzung der AS 007 im Abbau 1 westlich auf der 750-m-Sohle61

Tabelle 9: Mineralzusammensetzung der AS 008 (Abzweig der Strecke zum Kaliabbau 14 West vom 3. westl. Qu. auf der 750-m-Sohle)63

Tabelle 10: Mineralzusammensetzung der AS 009 (Kreuzung: 3. westl. Qu. / nördl. Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle)64

Tabelle 11: Mineralzusammensetzung der AS 010 (3. westl. Qu. vor Kaliabbau 11 West auf der 750-m-Sohle)65

Tabelle 12: Mineralzusammensetzung der AS 011 (südwestl. Ecke im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle)66

Tabelle 13: Mineralzusammensetzung der AS 012 (Mitte südl. Stoß im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle)67

Tabelle 14: Mineralzusammensetzung der AS 013 (südöstl. Ecke im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle).....68

Tabelle 15: Mineralzusammensetzung der AS 017 (Rolloch 2 auf der 750-m-Sohle)69

Tabelle 16: Mineralzusammensetzung der AS 006/R1-725 (Rolloch 1 auf der 725-m-Sohle)70



Tabelle 17: Mineralzusammensetzung der AS 006/K3 (aus Abbau 3 auf der 725-m-Sohle)70

Tabelle 18: Übersicht zur geochemischen Bewertung der zugetretenen Salzlösungen.....71

Exemplar für BMBF und BMU

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seigerriss und Längsschnitt 1 mit projizierten Salzlösungszutrittsstellen im Bereich der Südflanke	73
Abbildung 2: Gesamter gefasster Salzlösungszufluss aus der Südflanke (Stand: 31.12.2004)	74
Abbildung 3: Wöchentlich gefasster Salzlösungszufluss aus der Südflanke bis 31.12.2004.....	75
Abbildung 4: Sohlenrissausschnitt der 637-m-Sohle, Probenahmestelle AS 003.....	76
Abbildung 5: Sohlenrissausschnitt der 658-m-Sohle, Probenahmestellen AS 011 bis AS 013	77
Abbildung 6: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Probenahmestellen AS 006/R1, AS 006-K1 und AS 017	78
Abbildung 7: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Probenahmestellen AS 008 bis AS 010	79
Abbildung 8: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Probenahmestelle AS 007.....	80
Abbildung 9: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 003	81
Abbildung 10: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/R1	82
Abbildung 11: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/K9	83
Abbildung 12: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 007	84
Abbildung 13: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 008	85
Abbildung 14: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 009	86
Abbildung 15: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 010	87
Abbildung 16: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 011	88
Abbildung 17: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 012	89
Abbildung 18: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 013	90
Abbildung 19: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 017	91

Abbildung 20: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/R1-725	92
Abbildung 21: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/K3-725	93
Abbildung 22: Chemische Zusammensetzung der Lösungstypen im Jänecke-Plot anhand ausgewählter Probenahmestellen.....	94
Abbildung 23: Entwicklung der $MgCl_2$ - und der $NaCl$ -Gehalte der primären Lösungen des Zuflusses in der Asse-Südflanke.....	95
Abbildung 24: Zutrittsstellen von Salzlösung an der Südflanke der Schachanlage Asse und vermutete Fließwege der Salzlösung innerhalb des Grubengebäudes.....	96
Abbildung 25: Zutrittsbereich von Salzlösung über die Auflockerungszone am Südstoß der Grubenbaue in das Grubengebäude und weiterer Verlauf der Salzlösungen an der Südflanke der Schachanlage Asse	97
Abbildung 26: Scherdeformationen im Deckgebirge der Schachanlage Asse im Jahr 2004	98
Abbildung 27: Zutrittsszenarien von Salzlösung über die Auflockerungszone am Südstoß der Grubenbaue in das Grubengebäude	99

1 Einleitung

Es ist seit Beginn der Arbeiten zum Abteufen des Schachtes Asse 2 über die Salzgewinnungszeit bis zum heutigen Tag zu Zutritten von Salzlösungen und Gasen im Grubengebäude der Schachanlage Asse II gekommen. Diese Zutritte werden im vorliegenden Bericht zusammenfassend von August 1988 bis 31.12.2004 dargestellt. Vor diesem Zeitraum aufgetretene Salzlösungen und Gase werden in [40] besprochen.

Abschließend wird anhand des gegenwärtigen Kenntnisstands eine Modellvorstellung zur Herkunft der Salzlösung in der Südflanke der Schachanlage Asse abgeleitet (s. Kapitel 5).

Die Laugenaustrittsstellen sind als Bestandteil des Risswerkes [1] aufgelistet (kurz: Laugenstellenverzeichnis). Das Risswerk [1] ist diesem Bericht nicht beigelegt.

Die im Bereich der Südflanke der Schachanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen sind für die Betriebssicherheit und für den Nachweis der Langzeitsicherheit von Bedeutung.

Die wesentlichen Charakteristika der Zutrittsstellen von Salzlösungen bzw. Gasen, wie

- die Nummerierung im Laugenstellenverzeichnis,
- die zeichnerische Darstellung im Grubenbild (Sohlenriss und Planquadrat),
- die Koordinaten,
- das zeitliche Auftreten,
- der Verschluss oder das Versiegen,
- die Art und
- die Menge

sind in der Tabelle 1 aufgelistet. Weiterhin werden in der Tabelle 1 der Bezug zu den beschreibenden Kapiteln hergestellt und die soweit vorhandenen Probenahmestellen angegeben.

Da der Großteil der seit August 1988 aufgetretenen Salzlösungen im Bereich der Südflanke der Schachanlage Asse liegt, sind diese im Seiger- und Längsschnitt 1 (Abbildung 1) sowie in Abbildung 24 dargestellt, um deren zeitliche und räumliche Entwicklung verdeutlichen zu können.

Die Volumina und die chemische Zusammensetzung der im Grubengebäude der Schachanlage Asse aufgefangenen Salzlösungen werden messtechnisch erfasst. Die vorliegenden Angaben über Zutrittsmengen und Mineralzusammensetzung sind in tabellarischer Form bis Stand 31.12.2004 beigelegt.

Die auftretenden Lösungen können nach Deckgebirgslösungen, Metamorphoselösungen, Betriebslösungen und Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ unterteilt werden [39].

Deckgebirgslösungen entstammen einem offenen System und haben Verbindung mit den Grundwasserleitern des Deckgebirges. Die Zuflussraten werden zum einen durch das Grundwasserangebot und zum anderen durch ggf. zuflussbegrenzende Engstellen im Zuflusssystem kontrolliert. Aufgrund ihres Restlösevermögens gegenüber Salzgesteinen (Carnallit, ggf. Steinsalz) sind Deckgebirgslösungen sowohl für die Betriebssicherheit als auch für den Nachweis der Langzeitsicherheit kritisch zu bewerten.

Metamorphoselösungen sind $MgCl_2$ -reiche Lösungen ohne Kontakt zu Deckgebirgslösungen. Diese Lösungen sind durch meist geringe, zeitlich begrenzte Zuflussmengen und eine chemisch nahezu konstante Zusammensetzung über den Beobachtungszeitraum charakterisiert. Sie zeichnen sich durch relativ hohe Br-Gehalte zwischen 2,97 und 8,09 g/l und Dichten um $1,3 \text{ g/cm}^3$ aus.

Bei den Betriebslösungen handelt es sich um $MgCl_2$ -führende Lösungen, die im Rahmen der betrieblichen Maßnahmen im Bergwerk entstehen. Die Herkunft dieser Lösungen ist anthropogen und stets bekannt. Es können Versatzlösungen, Wetterlösungen sowie Schachtropfwässer unterschieden werden. Betriebslösungen sind unkritisch für die Betriebssicherheit und den Nachweis der Langzeitsicherheit, da es sich um begrenzte Mengen bekannter, anthropogener Herkunft handelt.

Die Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ sind an Halit und Anhydrit gesättigt und haben eine Dichte von ca. $1,2 \text{ g/cm}^3$. Der Kontakt zu Deckgebirgslösungen ist bezeichnend. Charakteristisch ist die daraus hervorgehende Veränderung der chemischen Zusammensetzung über den Beobachtungszeitraum. Die NaCl-Komponente nimmt zu, die $MgCl_2$ -Komponente dagegen ab. Die Lösungen verfügen über ein hohes Lösepotential gegenüber Carnallit und sind somit für die Betriebssicherheit und den Nachweis der Langzeitsicherheit von Bedeutung.

Die Zutrittsstellen werden in folgenden beschreibenden Kapiteln anhand der ermittelten Zuflussmenge und geochemischen Zusammensetzung in diese Salzlösungstypen eingeteilt und als kritisch und unkritisch für die Betriebssicherheit und den Nachweis der Langzeitsicherheit eingestuft. Die Zuordnung der einzelnen Zutritte zu den o. g. Salzlösungstypen ist der Tabelle 16 zu entnehmen.

2 Seit 1988 auftretende Salzlösungen und Gase

2.1 Salzlösungen aus den Kaliabbauen

Bereits seit 1939 treten Salzlösungen aus dem nordwestlichen Kalilager aus (siehe [40]). Die dort beschriebenen Zutrittsstellen L6 – L8 versiegten zwischen 1939 und 1943 augenscheinlich. In den tabellarischen Aufzeichnungen [3] sind folgende Eintragungen hinsichtlich des Auftretens bzw. des Versiegens der Zutrittsstellen zu finden:

Zutrittsstelle	L6	L7	L8
Beginn des Zuflusses	01.08.39	19.05.41	20.08.41
augenscheinliches Versiegen	09.10.39	18.08.41	01.09.42

In den Jahren 1943 bis 1945 traten im Bereich der Kaliabbau der 750-m-Sohle immerhin noch 0,3 bis < 2 m³ Salzlösung pro Tag zu, 1967 waren es ca. 0,72 m³/d. Für den Zeitraum von 1967 bis 1994 liegen keine Daten vor. Es kann jedoch vermutet werden, dass während dieses Zeitraums ebenfalls geringe Mengen Salzlösung im Bereich der 750-m-Sohle zugetreten sind. Südlich der Kaliabbau sammeln sich auch heute in kleinen Sümpfen auf der 750-m-Sohle Salzlösungen aus den Carnallitbereichen. Diese werden bei Bedarf in den Laugensumpf abgeleitet. Die aufgefangenen Mengen schwanken von 0,2 bis 0,5 m³/d (Tabelle 2). Die Bezeichnung der Entnahmestellen für Salzlösungsproben sind AS 007 (Abbildung 8) sowie AS 008 bis AS 010 (Abbildung 7).

Es werden regelmäßig Proben entnommen und analysiert. Die Ergebnisse sind den Tabellen 8 bis 11 zu entnehmen. Es handelt sich um gesättigte MgCl₂-Salzlösungen mit geringen NaCl-Gehalten. Die chemische Zusammensetzung ist relativ konstant. Nach [40] handelt es sich um Metamorphoselösungen vom Typ 2 (AS 007 – AS 009) bzw. Typ 3 (AS 010). Diese Typen werden wie folgt beschrieben (siehe auch Tabelle 18 und Abbildung 22):

- Typ 2 An Halit und Polyhalit sowie teilweise Sylvit, Kainit und Carnallit gesättigte Lösung (Bereich der P-Q-Linie) und Dichten um 1,3 g/cm³.

- Typ 3 Lösungen im Bereich des Kieserit-Feldes mit Sättigung an Kieserit, Halit, Carnallit, Kainit, Anhydrit oder Polyhalit, wobei die Berechnungen eine Untersättigung für mehrere Bodenkörper ergaben.

Für die Zutritte L6 – L8 ließ sich ein isoliertes Speicherreservoir im Bereich der Kontaktfläche Kaliflöz Staßfurt/Leinsteinsalz ableiten [39]. Infolge der durch die Salzgewinnung induzierten Defor-

mationen der Schichtenfolge wurden Fließwege zwischen dem Reservoir und dem Grubengebäude geöffnet. Die Zutritte versiegten nach wenigen Monaten Aktivität von selbst. Es kann daher angenommen werden, dass das Speicherreservoir oberhalb der Zutrittsbereiche nahezu vollständig leer gelaufen ist.

Die Herkunft der aktuell zutretenden Salzlösungen kann nicht abschließend geklärt werden. Anhand der vorliegenden Angaben zur chemischen Zusammensetzung kann auf einen engen Kontakt mit Carnallit und dem Versatzmaterial der Kaliabbaue geschlossen werden, wobei auf dem Weg bis zu den Probenahmestellen Eindunstungsprozesse nicht auszuschließen sind. Da die Zuflussraten und die Lösungskonzentrationen relativ gleich bleibend sind, kann von einem geschlossenen Reservoir ausgegangen werden. Dieses Reservoir liefert seit mehr als 60 Jahren Salzlösungen. Es sind zwei Möglichkeiten der Herkunft in Betracht zu ziehen.

Zum einen könnte es sich um Salzlösungen handeln, die durch betriebliche Maßnahmen (Einbringen von Versatzmaterial in die Kaliabbaue) entstanden sind. Dafür spricht die Tatsache, dass über die gesamte 750-m-Sohle verteilt südlich der Kali-Abbaue Sümpfe angelegt sind, in denen Lösungen aus den Kali-Abbauen gesammelt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Salzlösungen aus einem Speicherreservoir innerhalb des Zechsteinsalinars zutreten. Dafür sprechen die langen Beobachtungszeiträume sowie die relative Konstanz der Zutrittsraten. Die Zuordnung zu einem bestimmten Horizont ist jedoch nicht möglich.

Die in der Vergangenheit zugetretenen geringen Mengen wurden durch bergmännische Maßnahmen sicher beherrscht. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkenntnisse ist eine Veränderung dieser Situation nicht zu erwarten. Eine Gefährdung der Betriebssicherheit ist nicht gegeben [39]. Aus diesem Grund sind diese Messstellen nicht in das Laugenverzeichnis des Risswerks aufgenommen.

2.2 Gase und Salzlösungen in Inklinometer- und Extensometerbohrungen

Im Bereich der Abbaue der Südflanke wurden im Rahmen der Pfeilerüberwachung an ausgewählten Stellen parallel zu horizontalen Extensometerbohrungen auch Inklinometerbohrungen erstellt [35], [36], [37]. Sämtliche Bohrungen befinden sich in den Pfeilern zwischen den Abbauen im Leine-Steinsalz und enden auf der Höhe des Südstoßes der Abbaue. Die Bohrungen wurden in erkundeten Bereichen erstellt, so dass sie ohne besondere Sicherheitsvorkehrungen (wie z.B. Standrohr oder Explosionsschutz) gebohrt werden konnten.

Die im Grubenbild nicht dargestellten Inklinometerbohrungen werden seit November 1997 regelmäßig mit einer Videosonde befahren. Ihr Zustand wird dokumentiert. Nach der Erstellung der Bohrlöcher wurden bei den Videobefahrungen feuchte Stellen in unterschiedlichen Bohrlochteufen festgestellt, die im Lauf der Zeit jedoch austrockneten. Lediglich in der Inklinometerbohrung im Pfeiler 5/6 der 616-m-Sohle wurde die beim Ausblasen austretende Salzlösungsmenge im Dezember 2001 mit 3 bis 5 l angegeben. Die Zutrittsstellen sind nicht im Laugenstellenverzeichnis aufgeführt.

Ebenfalls nicht im Laugenstellenverzeichnis aufgeführt ist die 1994 im Bereich des Pfeilers zwischen den Steinsalzabbauen 3 und 4 auf der 553-m-Sohle abgeteufte Extensometerbohrung, die in einer Tiefe von 1 m geringe Mengen $MgCl_2$ -Lösung antraf. Der Zutritt erfolgte beim Durchteufen der Kontaktfläche Kaliflöz Staßfurt/Leinsteinsalz. Quantitative Angaben zur chemischen Zusammensetzung liegen nicht vor.

Die feuchten Stellen und Zutritte können auf salzstockeigene Salzlösungen zurückgeführt werden, deren Menge aufgrund des Durchbauungsgrades sehr begrenzt ist, oder es handelt sich um Salzlösungen, die über Auflockerungen in den Pfeiler eingedrungen sind. Gerade die Kontaktfläche Kaliflöz Staßfurt/Leinsteinsalz wird in [39] und [40] mehrfach als lösungsführend dargestellt, wobei die Speichervolumina stets begrenzt sind. Die festgestellten Gaszutritte aus den Inklinometerbohrungen beschränken sich auf Gasgeruch anhand der Wahrnehmungen des Messtrupps beim Einführen der Messsonde. Betriebseigene Messungen und Probennahmen erbrachten keine Ergebnisse. Bei den beobachteten Gaszutritten kann es sich somit nur um Spuren handeln. Aufgrund des hohen Durchbauungsgrades und der Beanspruchung der Pfeiler können keine messbaren Gasvorkommen im Salzgestein gespeichert sein. Aus Sicherheitsgründen werden die Bohrungen vor Durchführung der Messung mit Druckluft gespült.

Die in den Inklinometer- und Extensometerbohrungen beobachteten Gase und Salzlösungen haben keine Bedeutung für die Betriebs- und Nachbetriebsphase und somit für den Nachweis der Langzeitsicherheit.

2.3 Salzlösungen im Bereich der Südflanke seit August 1988

Seit August 1988 sind - größtenteils in den Steinsalzabbauen - im Bereich der Südflanke der Schachanlage Asse II an mehreren Stellen Salzlösungszuflüsse aufgetreten, die sich mehrfach verlagert haben.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Zutrittsstellen mit den Bezeichnungen L10a und L17 bis L20. Bei der Bezeichnung wird dabei zwischen primären und sekundären Zutrittsstellen unterschieden [39]. Als primär werden Zutrittsstellen charakterisiert, die aufgrund ihrer geodätischen Lage und ihrer Position im Grubengebäude als die dem Speichervolumen bzw. Zutrittssystem am nächsten gelegene Zutrittsstelle identifiziert werden konnten. Sekundär werden Zutrittsstellen bezeichnet, die aufgrund der Migration von Salzlösungen innerhalb des Grubengebäudes auftreten. Diese sekundären Zutrittsstellen lassen sich stets einer primären Zutrittsstelle zuordnen. Die Benennung erfolgt entsprechend. So hat zum Beispiel die primäre Zutrittsstelle in der Abbaureihe 3 auf der 574-m-Sohle die Nummer L19 und die darunter liegenden sekundären die Zusätze a bis h.

Mit Hilfe der in der Tabelle 1 angegebenen Planquadrate kann die zeichnerische Darstellung im Grubenbild leichter gefunden werden. Zur Übersicht sind die Zutrittsstellen in der Abbildung 1 in die Schnittebene des Seigerrisses und Längsschnittes 1 sowie in Abbildung 24 projiziert.

Grundlage der nachfolgenden Beschreibungen sind die Kurzberichte über den Salzlösungszufluss im Bereich der Südflanke [7] sowie eine kurz gefasste Chronologie über die Ereignisse im Zeitraum Juni bis September 1988 [6].

Von den zufließenden Salzlösungen wurden Proben zwecks chemischer Analysen entnommen. Die Ergebnisse dieser Analysen können Tabelle 5 bis Tabelle 17 bzw. dem Kapitel 4 entnommen werden.

2.3.1 Salzlösungen in der Abbaureihe 5

Bei einer Routinebefahrung der Abbaue wurde am 19. August 1988 im Abbau 5 auf der 553-m-Sohle ein Salzlösungszufluss entdeckt. Die Salzlösungen traten in der Firstmitte (L17a) aus einem – am westlichen Stoß beginnend – ca. 20 m langen Spalt auf voller Länge aus. In der südwestlichen Ecke wurde eine weitere Zutrittsstelle (L17b) lokalisiert. Die zufließende Menge wurde mit ca. 10 l/min abgeschätzt. Am 22. August 1988 konnte in dem darüber liegenden Abbau 5 auf der 532-m-Sohle die primäre Zutrittsstelle (L17) festgestellt werden. Die Salzlösungen traten am südlichen Stoß unmittelbar unter der Firste aus. Im darunter liegenden Abbau 5 auf der 574-m-Sohle wurden

am selben Tag in der Abbaumitte auf einer streichenden Länge von ca. 3 m einzelne Stalaktiten entdeckt (L17c). Die Zutrittsstellen wurden in den nachfolgenden Tagen regelmäßig überwacht und die Salzlösungen aus den Abbauen 5 auf der 553-m-Sohle und 5 auf der 532-m-Sohle beprobt.

Am 1. September 1988 entdeckte man eine neue Tropfstelle (L17d) im BGR-Messfeld unterhalb der 553-m-Sohle am Rollloch zum Abbau 5 auf der 574-m-Sohle. Die geschätzte zufließende Menge betrug etwa 10 l/h, wobei im Laufe des Tages jedoch schon eine abnehmende Tendenz zu erkennen war. Am darauf folgenden Tag konnte die Salzlösung gefasst und automatisch in einen Messbehälter gepumpt werden.

Am 12. Januar 1989 wurden im Abbau 5 auf der 616-m-Sohle zwei weitere Tropfstellen entdeckt, von denen nur die Tropfstelle in der südwestlichen Ecke (L17g) aktiv war. Die Zutrittsmenge lag am 30. Juni 1989 deutlich unter 10 l/d und hatte sinkende Tendenz. Das Mittel für den Monat Juni 1989 betrug 6,3 l/d. Von der anderen vorgefundenen Stelle (L17f) hingen nur trockene Stalaktiten in der Firste des Abbaus. Am selben Tag konnte auch in der Firste des Abbaus 5 auf der 637-m-Sohle eine aktive Tropfstelle (L17h) lokalisiert werden. In der Firste des benachbarten Abbaus 4 deuteten trockene Stalaktiten auf eine vorher aktiv gewesene Tropfstelle (L18b) hin.

In Tabelle 3 sind die Angaben zu den genannten Salzlösungszuflüssen zusammengefasst. Alle vorgefundenen Tropfstellen in der Abbaureihe 5 sind im Laufe des Jahres 1989 versiegt.

2.3.2 Salzlösungen in der Abbaureihe 3

Am 23. Januar 1989 wurden in der Firste des Abbaus 3 auf der 658-m-Sohle trockene Stalaktiten festgestellt. In der Zeit vom 28. April bis 17. Mai 1989 bildeten sich an den Stalaktiten Tropfen (L19e). 17 Tage später, am 3. Juni 1989, wurde diese zwischenzeitlich trocken gefallene Zutrittsstelle wieder aktiv, wobei die Schüttungsmenge stark schwankte. Das Maximum wurde auf 15 l/d pro Tag, der Mittelwert auf 7,6 l/d pro Tag abgeschätzt.

Aufgrund der in der Abbaureihe 5 gemachten Erfahrungen nahm man an, dass es sich um eine sekundäre Zutrittsstelle handelt. Es wurde ein Fahrbohrloch in den darüber liegenden Abbau 3 auf der 637-m-Sohle erstellt. Dort wurde am 12. August 1989 in der Firste des Abbaus ein Salzlösungszufluss (L19d) festgestellt. Infolge einer anschließenden Dränierung der Sohle des Abbaus 3 auf der 637-m-Sohle stiegen die gefassten Mengen auf der 658-m-Sohle – als Summe der beiden Zutrittsstellen – im August 1989 bis auf max. 150 l/d an. Danach nahmen die gefassten Salzlösungsmengen jedoch kontinuierlich ab und betrugen zum Jahreswechsel 1989/90 rd. 17 l/d.

Nach systematischer Suche konnte am 7. September 1989 im Abbau 3 auf der 574-m-Sohle die primäre Zutrittsstelle (L19) in dieser Abbaureihe ausfindig gemacht werden. Aufgrund des schwierigen Zugangs konnte die Tropfstelle jedoch nicht für eine Mengenerfassung hergerichtet werden. Am 7. Mai 1990 versiegte diese Zutrittsstelle zwischenzeitlich, bevor sie am 7. März 1991 wieder aktiv wurde. Eine Mengenerfassung konnte nach wie vor nicht erfolgen, so dass die zutretenden Salzlösungen auch im darunter liegenden Abbau 3 auf der 595-m-Sohle (L19a), in dem bereits genannten Abbau 3 auf der 637-m-Sohle und seit dem 23. März 1991 auch im darunter liegenden Abbau 6 auf der 700-m-Sohle (L19f) austraten. Daraufhin wurde im Mai 1991 mit weiteren Bohrungen durch die Schweben der Abbaue 3 auf der 637- und 658-m-Sohle eine verbesserte Ableitung geschaffen. Die gefassten Mengen stiegen durch die kontinuierlich verbesserten Auffangmöglichkeiten bis Ende August 1991 auf rund 6 m³/d an.

Im Laufe des Jahres 1991 wurden drei weitere Salzlösungszuflüsse vorgefunden. Dabei handelte es sich zum einen um die im Oktober 1991 entdeckte Zutrittsstelle in der Firste des Abbaus 5 auf der 700-m-Sohle (L19g) und zum anderen um die am 16. Dezember 1991 in den südlichen Ecken des durch eine Bohrung zugänglich gemachten Abbaus 3 auf der 616-m-Sohle (L19b und L19c) vorgefundenen Zutrittsstellen. Bei diesen neu entdeckten Zutrittsstellen handelte es sich um sekundäre Zutrittsstellen, die vom primären Zutritt aus dem Abbau 3 auf der 574-m-Sohle gespeist wurden. Wie aus den Abbildung 1 und 24 zu erkennen ist, können die Abbaue 5 und 6 auf der 700-m-Sohle dem Lösungszutritt der Abbaureihe 3 zugeordnet werden.

Im September 1991 und im Februar 1992 wurden zwei Fahrbohrungen in die südwestliche Abbauecke – in unmittelbarer Nähe der Zutrittsstelle – des Abbaus 3 auf der 574-m-Sohle erstellt. Somit konnten von den Salzlösungen Proben entnommen und zumindest ein Teil der anfallenden Salzlösungen gefasst werden, die dann über eine Transportbohrung in den Abbau 3/658 und von dort aus in einen Auffangbehälter geleitet wurden.

2.3.3 Versiegen der primären Zutrittsstelle aus dem Abbau 3 auf der 574-m-Sohle und Verlagerung in tiefere Bereiche des Grubengebäudes

Seit Anfang April 1992 wurde eine zunehmende Austrocknung der primären Zutrittsstelle im Abbau 3 auf der 574-m-Sohle und eine Verlagerung in tiefere Bereiche beobachtet. Kurz vor ihrem Versiegen wurde die Zutrittsstelle letztmalig am 26. März 1992 beprobt. Bis Ende Oktober 1992 verlagerte sich der Lösungszutritt bis in den Bereich der durchgebrochenen Schweben zwischen den Abbauen 3 auf der 595-m-Sohle und der 616-m-Sohle. Die zusitzenden Salzlösungen konnten dort aus Sicherheitsgründen nicht mehr gefasst bzw. beprobt werden. Eine Probenahme war erst im Abbau 3 auf der 637-m-Sohle direkt unter der Abbaufirste (L19d, Probenahmestelle AS 003) mög-

lich. Von Oktober 1997 bis zum Februar 2002 war eine stetige Verringerung der hier aufgefangenen Salzlösungsmenge von rd. 6,5 m³/d über rd. 0,5 m³/d im Januar 2002 zu beobachten bis zum vollständigen Versiegen am 21. März 2002.

Parallel zu der Abnahme der Zuflussmengen im Abbau 3 der 637-m-Sohle erhöhte sich die im Abbau 3 der 658-m-Sohle aufgefangene Salzlösungsmenge (L19e, Probenahmestellen AS 011 bis AS 013) von rd. 2,7 m³/d im Juni 1997 auf rund 9,8 m³/d im Dezember 2001. Am 15. Februar 2002 wurde ein Maximalwert von 12,5 m³/d erreicht, seitdem ist ein stetiger Rückgang der Salzlösungsmenge auf rd. 11,8 m³/d im Dezember 2004 zu verzeichnen.

Die zugetretenen Salzlösungen sickerten in tiefere Bereiche der Südflanke und traten im Sommer 1993 im Bereich der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle zuerst Ende Mai 1993 am Rolloch 2 (L19h, Probenahmestelle AS017) und anschließend Mitte August 1993 am Rolloch 1 (L19k, Probenahmestelle AS 006/R1) als Tropfen aus. Zwischenzeitlich, d. h. Mitte Juli 1993, wurde ein geringfügiger Salzlösungszufluss aus der Firste des Abbaus 9/750 entdeckt. Diese Salzlösungen sickerten durch das Haufwerk des teilverfüllten Abbaus und sammelten sich im Sohlenbereich vor dem östlichen Zugang. Am 2. November 1993 wurde festgestellt, dass diese Salzlösung aus einem zwischen den Abbauen 9 auf der 750-m-Sohle und 2 auf der 725-m-Sohle angelegten Rolloch in den versetzten Bereich des Abbaus 9/750 (L19j, Probenahmestelle AS 006/K9) Zutritt. Im Mai 1997 lieferten die Zutritte L19h, L19j und L19k zusammengenommen rund 1,6 m³/d Salzlösung. Als Folge der von August 1996 bis August 1997 in den Abbauen 3 auf der 637-/658-m-Sohle durchgeführten Arbeiten verringerte sich der Lösungszufluss auf der 750-m-Sohle auf rd. 0,44 m³/d im Januar 2001. Im August bzw. Dezember 2001 wurden im östlichen und westlichen Zugang zum Abbau 9 auf der 750-m-Sohle neue Laugensümpfe eingerichtet. Die gefasste Salzlösungsmenge stieg seitdem auf rd. 0,8 m³/d an. Seit November 2003 hat sich, bedingt durch das Auffahren neuer Strecken auf der 725-m-Sohle, die Fassung des Zutritts aus Rolloch 1 auf der 750-m-Sohle (L19k) auf die 725-m-Sohle verlagert (L19l, Probenahmestelle AS 006/R1-725). Im gleichen Zeitraum versiegte auch die Tropfstelle der Kammer 9 auf der 750-m-Sohle (L19j) weitgehend und es trat stattdessen ein neuer Lösungszutritt in Kammer 3 auf der 725-m-Sohle auf (L19i, Probenahmestelle AS 006/K3).

Im Rahmen der Verfüllung der Abbaue in der Südflanke mussten diese im Firstniveau angefahren werden. Dadurch war man in der Lage, weitere Abbaue auf Zutrittsstellen zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wurden weitere Zutrittsstellen lokalisiert. Am 5. Januar 1995 wurde ein Zutritt von Salzlösung in der südwestlichen Ecke im Abbau 2 auf der 637-m-Sohle (L20b) vorgefunden. Am 24. Oktober 1996 wurde ein weiterer Zutritt von Salzlösungen (L20a) in der südwestl. Ecke des Abbaus 2 auf der 616-m-Sohle entdeckt. Im westlichen Bereich des Südstoßes vom Abbau 2 auf der 595-m-Sohle befindet sich eine weitere Zutrittsstelle (L20), die am 20. Juni 1997 entdeckt wur-

de. Wie Abbildung 1 und 24 nahe legen, besteht ein Zusammenhang der Zutrittsstellen L20 mit dem Zutritt von Salzlösung in der Abbaureihe 3 (L19).

Beim Anfahren des Steinsalzabbaus 4 im Firstniveau auf der 616-m-Sohle konnte – durch die zu diesem Zeitpunkt bereits durchgebrochene Schwebelücke – der darüber liegende Abbau 4 auf der 595-m-Sohle eingesehen werden. Dabei wurden am 24. Oktober 1996 zwei inzwischen versiegte Zutrittsstellen in der Mitte des Südstoßes (L18) und im westlichen Bereich des Südstoßes (L18a) vorgefunden.

Im Juli 1997 wurde Abbau 5 auf der 595-m-Sohle angefahren und die sekundäre Zutrittsstelle (L17e) in der Firste des Abbaus trocken vorgefunden.

Die letzte vorgefundene Zutrittsstelle in der Firste des Abbaus 9 auf der 553-m-Sohle steht im Zusammenhang mit dem in [40] beschriebenen Salzlösungszufluss L10 im Abbau 9 auf der 532-m-Sohle. Aus diesem Grund wurde diese sekundäre Zutrittsstelle mit der Bezeichnung L10a versehen. Die Stalaktiten, die sich überwiegend im östlichen Bereich dieses Abbaus befinden, sind trocken.

Im Zuge der Streckenauffahrungen der Abbaubegleitstrecken bis zur 511-m-Sohle wurde festgestellt, dass oberhalb der 616-m-Sohle bis zum Jahresende 2004 keine Salzlösung mehr zutrat.

3 Derzeitig zutretende Salzlösungen und deren Verwendung im Grubengebäude

Die derzeitig in der Südflanke aufgefangenen Mengen an Salzlösung betragen (Stand: Dezember 2004) rund 11,8 m³/d und setzen sich aus folgenden Teilmengen zusammen:

Abbau 3 auf der 658-m-Sohle (L19e: AS 011, AS 012, AS 013)	10,8	m ³ /d
2. südliche Richtstrecke auf der 750-m-Sohle (L19j, L19k, L19h: AS 006/K9, AS 006/R1, AS 017)	0,3	m ³ /d
Strecke durch die versetzten Abbaue 1 – 3 auf der 725-m-Sohle (L19l, L19i: AS 006/R1-725, AS 006/K3)	0,7	m ³ /d
Summe	11,8	m³/d

In der Abbildung 2 ist die gesamte gefasste Salzlösung im Bereich der Südflanke dargestellt. Bis heute wurden rund 45 300 m³ Salzlösung gefasst. Die Abbildung 3 zeigt die wöchentlich gefasste Salzlösung der Südflanke mit allen wesentlichen Ereignissen und bergmännischen Maßnahmen, die die aufgefangene Menge beeinflussten.

Es sammeln sich an wenigen Stellen in Sohlenvertiefungen südlich der Kaliabbaue noch Salzlösungen an (vgl. Kap. 2.1), die von Zeit zu Zeit in den Laugesumpf abgeleitet werden. Anhand der abtransportierten Mengen wurde die täglich zufließende Zutrittsmenge für die letzten acht Jahre wie folgt abgeschätzt:

1995	.....0,5	m ³ /d
1996	.....0,5	m ³ /d
1997	.....0,5	m ³ /d
1998	.....0,4	m ³ /d
1999	.....0,3	m ³ /d
2000	.....0,5	m ³ /d
2001	.....0,4	m ³ /d
2002	.....0,4	m ³ /d
2003	.....0,4	m ³ /d
2004	.....0,4	m ³ /d

Bis zur Jahresmitte 1993 wurden sämtliche aufgefangenen Salzlösungen im Laugesumpf unterhalb der 850-m-Sohle gestapelt. Danach wurden diese über eigens dafür erstellte Bohrungen in den Laugesumpf auf der 975-m-Sohle geleitet.

Seit Mitte Februar 1996 wurde die aufgefangene Salzlösung aus der Südflanke dosiert dem Versatz in den Abbauen der Südflanke zur Staubbindung zugesetzt. Außerdem wurde seit Anfang



Oktober 1996 zusätzlich zur aufgefangenen Salzlösung an jedem Arbeitstag ca. 10 m³ Salzlösung aus dem Laugesumpf in einen Sammelbehälter gepumpt und ebenfalls dem Versatz beigegeben. Die dem Versatz zugeführten Salzlösungen wurden messtechnisch erfasst und dokumentiert. Von Zeit zu Zeit werden auch geringe Mengen Salzlösung zur Staubbindung auf den Fahrbahnen bzw. für bautechnische Zwecke verwendet. Verglichen mit den Mengen, die dem Versatz beigegeben wurden, sind diese gering.

Seit Mitte 2000 wurden die an NaCl-gesättigten Salzlösungen aus dem Laugesumpf im Niveau 865 m in die Sumpfstrecken auf der 975-m-Sohle umgeleitet und bis Ende 2003 letztendlich dem Versatz in der Südflanke beigegeben. Dadurch verringerte sich die in den Laugesümpfen gespeicherte Salzlösung um ungefähr 100 m³/Monat. Seit Mitte 2004 wird auf der 975-m-Sohle keine Lauge mehr gespeichert.

Die in den Laugesümpfen gespeicherte Menge betrug Ende Dezember 2004:

Laugesumpf im Niveau 865 m	ca. 4.500 m ³
Laugesumpf auf der 975-m-Sohle	0 m ³
Summe	ca. 4.500 m³

Die Salzlösungen werden seither allein im Laugesumpf auf der 875-m-Sohle gespeichert. Ab April 2005 werden diese sowie die weiterhin aufgefangenen Salzlösungen aus der Südflanke dann nach Übertrage gefördert und abtransportiert.

4 Probenahmestellen der Salzlösungen und chemische Analysen

Die im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II eingerichteten Probenahmestellen zeigt Tabelle 4. Die Lage dieser Probenahmestellen ist in Abbildung 4 bis Abbildung 8 skizziert. Einige Probenahmestellen sind nicht mehr zugänglich, verunreinigt oder trocken gefallen. Die bedeutendsten Probenahmestellen werden nachfolgend aufgelistet:

- Probenahmestelle AS 003 im Abbau 3 auf der 637-m-Sohle (Tabelle 5),
- Probenahmestellen AS 006/R1 (Tabelle 6) und AS 006/K9 (Tabelle 7) in der Nähe des Rolllochs 1 auf der 750-m-Sohle bis Oktober 2003,
- Probenahmestellen AS 006/R1-725 (Tabelle 16) und AS 006/K3 (Tabelle 17) in der Nähe des Rolllochs 1 auf der 725-m-Sohle ab November 2003,
- Probenahmestellen AS 007 (Tabelle 8), AS 008 (Tabelle 9), AS 009 (Tabelle 10) und AS 010 (Tabelle 11) aus dem nordwestlichen Kalilager auf der 750-m-Sohle,
- Probenahmestellen AS 011 (Tabelle 12), AS 012 (Tabelle 13) und AS 013 (Tabelle 14) im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle,
- Probenahmestelle AS 017 (Tabelle 15) in der Nähe des Rolllochs 2 auf der 750-m-Sohle.

Eine kurze Darstellung der Veränderungen der Mineralzusammensetzung wird gegeben.

AS 003 im Abbau 3 auf der 637-m-Sohle

Die berechnete Mineralzusammensetzung der Lösung des Typs „Asse-Südflanke“ seit 1993 ist in Abbildung 9 dargestellt. Der NaCl-Anteil ist bis Dezember 2001 von ca. 254 auf 275 g/l gestiegen, der MgCl₂-Anteil von ca. 48 auf 33 g/l gefallen. Die Veränderungen lassen eine Zunahme des Deckgebirgslösungsanteils vermuten [10]. Die aufgefangene Lösungsmenge hatte in den letzten Jahren stetig abgenommen. Seit dem 21. März 2002 tritt keine Lösung mehr an der Probenahmestelle AS 003 zu.

AS 006/R1 und AS 006/K9 auf der 750-m-Sohle

Die berechnete Mineralzusammensetzung für den Zeitraum von 1999 bis 2003 ist in der Abbildung 10 (AS 006/R1) und Abbildung 11 (AS 006/K9) dargestellt. AS 006/R1 hat eine relativ konstante MgCl_2 -Sättigung von gemittelt 326 g/l mit einem Ausreißer im Juni 2001. Der MgCl_2 -Anteil dieser Salzlösung übersteigt den NaCl-Gehalt deutlich.

Die Mineralzusammensetzung AS 006/K9 zeigt starke Veränderungen der NaCl und MgCl_2 -Gehalte, die auf wechselnde Zutritte hinweisen. Generell übertraf bis Mitte 2000 der MgCl_2 -Gehalt den NaCl-Gehalt deutlich. Ende 2000 näherten sich die Konzentrationen von MgCl_2 und NaCl zunächst an. Seit 2001 ist ein schwacher Trend zu abnehmenden MgCl_2 - und steigenden NaCl-Konzentrationen zu verzeichnen, wobei seitdem der NaCl-Gehalt den MgCl_2 -Gehalt übersteigt. Eine Auslaugung von MgCl_2 -haltigen Mineralphasen auf den Fließwegen der Lösungen ist anzunehmen.

Bedingt durch das Auffahren neuer Strecken auf der 725-m-Sohle und das Fassen der Lösungen auf dieser Sohle sind die Zutritte AS 006/R1 und AS 006/K9 auf der 750-m-Sohle seit November 2003 weitgehend versiegt und nicht mehr beprobbar.

AS 006/R1-725 und AS 006/K3 auf der 725-m-Sohle

Bedingt durch das Auffahren neuer Strecken auf der 725-m-Sohle kam es zu einer Verlagerung der Probenahmestellen AS 006/R1 und AS 006/K9. Seit November 2003 können Salzlösungen oberhalb dieser Probenahmestellen auf der 725-m-Sohle gefasst, beprobt und analysiert werden (AS 006/R1-725, AS 006/K3). Sowohl die räumlichen Gegebenheiten im Bergwerk als auch die sehr ähnlichen Analysenwerte zeigen, dass trotz der Verlagerung der Probenahmestelle offensichtlich der gleiche Zutritt beprobt wird. Der anfänglich hohe Gehalt an NaCl in AS 006/K3 ist als Ausreißer zu interpretieren. Beide Probenahmestellen weisen, von durch Verdunstungseffekte bei der Lösungsfassung hervorgerufenen Schwankungen abgesehen, relativ konstante Salzkonzentrationen auf.

AS 007, AS 008, AS 009 und AS 010 im nord-westlichen Kalilager

Die berechnete Mineralzusammensetzung für den Zeitraum von 1997 bis 2004 ist in der Abbildung 12 (AS 007) bis Abbildung 15 (AS 010) dargestellt. Allen Lösungen ist ein hoher MgCl_2 -Gehalt im Bereich von ca. 350 bis 490 g/l gemeinsam. Der NaCl-Gehalt liegt im Mittel bei 5-18 g/l. Die mittlere Zusammensetzung der Lösungen ist über den Beobachtungszeitraum nahezu konstant. Beobachtete Schwankungen können auf unterschiedliche Probenahmebedingungen zurückgeführt

werden. Wie bereits in Kapitel 2.1 genannt, ist eine Zuordnung sowohl zu Betriebs- als auch zu Metamorphoselösungen möglich.

AS 011, AS 012 und AS 013 im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle

Die berechnete Mineralzusammensetzung für den Zeitraum von 1999 bis 2004 ist in der Abbildung 16 (AS 011) bis Abbildung 18 (AS 013) dargestellt. Die NaCl-Konzentrationen übersteigen den $MgCl_2$ -Gehalt im Durchschnitt um das Achtfache. Seit 1999 zeigt sich ein sehr schwacher Trend zu abnehmenden $MgCl_2$ -Gehalten in den Lösungen, begleitet durch eine ebenso schwache Zunahme der NaCl-Konzentrationen (vgl. Tabellen 12 bis 14).

AS 017 in der Nähe des Rollochs 2 auf der 750-m-Sohle

Die berechnete Mineralzusammensetzung für den Zeitraum von 1999 bis 2004 ist in der Abbildung 19 dargestellt. Die NaCl- und $MgCl_2$ -Gehalte sind stark schwankend und lassen entweder auf Mischungs- bzw. Umlöseprozesse oder unterschiedlich hohe Verdunstungsraten schließen. Seit Anfang 2004 übersteigt der NaCl-Gehalt den $MgCl_2$ -Gehalt deutlich. Da seit diesem Zeitpunkt aufgrund abnehmender Zuflüsse an der Zutrittsstelle aus einem vorgestellten Bottich beprobt wird, könnte dieser Effekt auf betriebliche Einflüsse zurückgeführt werden. Nicht auszuschließen ist eine Auslaugung/Aufzehrung der zu Umlöse- bzw. Mischungseffekten führenden Mineralphasen auf den Fließwegen der Lösungen.

5 Kenntnisstand zur Herkunft der Salzlösungen in den Abbaureihen 3 und 5 an der Südflanke der Schachanlage Asse

5.1 Kenntnisstand bis 1996

Seit dem Auftreten von Salzlösungszuflüssen in das Grubengebäude der Schachanlage Asse II sind in der Zeit von 1988 bis 1996 umfangreiche geophysikalische [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [30], [31], geochemische [9], [10], [11] und hydrogeologische [21], [23], [24], [27], [28], [34], [38] Erkundungsarbeiten am Standort Asse durchgeführt worden, um ein mögliches Reservoir und die Wegsamkeiten zu ermitteln. Die hauptsächlichen Ergebnisse dieses Erkundungszeitraumes sind bereits 1996 in [22] zusammenfassend dargestellt worden und lassen sich auf die folgenden Punkte komprimieren:

- Die zutretenden Salzlösungen bestehen aus zwei Komponenten. Eine Komponente stammt aus dem Deckgebirge, die andere aus dem Bereich der Salzformation selbst. Die in das Grubengebäude zutretende Salzlösung des Typs „Asse-Südflanke“ weist wechselnde Mischungsverhältnisse der Komponenten auf. Ein schwacher Trend zu abnehmenden $MgCl_2$ -Gehalten und steigenden $NaCl$ -Gehalten ist sichtbar.
- Die Zuflussmengen in das Grubengebäude sind unabhängig vom sich verändernden Chemismus und werden von den vorhandenen Wegsamkeiten und den vorliegenden hydraulischen Gradienten bestimmt. Da alle Lösungen einschließlich der Deckgebirgskomponente an Halit gesättigt sind, ist nicht mit einer Vergrößerung der Wegsamkeiten im Steinsalz durch Auflösung zu rechnen. Allerdings besitzen die Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ ein erhebliches Umlösepotential an Carnallit.
- Die Zusammenfassung aller chemischen Befunde und die Ergebnisse der geochemischen Modellrechnungen lassen den Schluss zu, dass es sich bei dem Zufluss auf der Südflanke der Schachanlage Asse um einen Zufluss mit Wegsamkeiten zum Deckgebirge handelt.
- Es wurde vermutet, dass das Zuflussgeschehen durch die Verformungsprozesse auf der Südflanke des Asse-Sattels beeinflusst wird.

5.2 Entwicklung des Kenntnisstandes seit 1996

Im Jahr 1996 wurde ein weiteres Programm zur Gewährleistung der Sicherheit für den Standort der Schachanlage Asse begonnen. Wichtige Teilziele im Hinblick auf die Herkunft der Salzlösungen waren:

- Klärung des Reservoirs, der Migrationswege und Abschätzung der Entwicklung des Salzlösungszuflusses in Wechselwirkung zwischen hydraulischen, hydrochemischen und gebirgsmechanischen Vorgängen;
- Lokalisierung von Strukturen im unmittelbaren Vorfeld an der Südflanke mit Angabe der Lage und des Volumens des Reservoirs der zutretenden Salzlösung und der Migrationswege.

Diese Arbeiten sollten auch eventuelle hydraulische Wechselwirkungen mit mechanischen Vorgängen plausibel darlegen. Die im Erkundungszeitraum von 1996 bis 2004 erzielten Ergebnisse sind in [8], [9], [10], [23], [24], [25], [26], [27], [29], [39], [42] und [44] ausführlich dokumentiert.

Die in den folgenden Kapiteln aufgelisteten Befunde und Indizien aus diesen Arbeiten sind für die Klärung der Herkunft der an der Südflanke der Schachanlage Asse zutretenden Salzlösung wichtig. Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Kali- und Steinsalzbergbau werden bei der Klärung der Herkunft mit herangezogen.

5.2.1 Geologischer Erkundungsstand

Aufgrund der Standortgegebenheiten kommen als mögliche Lösungsreservoirs im Deckgebirge nur die Einheiten des Unteren und Mittleren Muschelkalks (mu, mm) und Oberen Buntsandsteins (Röt, so) an der Südwest-Flanke des Salzsattels sowie des verstürzten Deckgebirges (i. w. Gesteine des Unteren und Oberen Buntsandsteins sowie Unteren Muschelkalks; su, so, mu) in Betracht.

Eine mögliche Herkunft der in der Südflanke des Grubengebäudes zusitzenden Salzlösungen aus dem verstürzten Deckgebirge ist aufgrund der tektonisch bedingten Zerblockung der Gesteine plausibel, da hierdurch Speicherreservoirs und Fließpfade entstehen können.

Obwohl an der Südwest-Flanke des Salzsattels davon auszugehen ist, dass insbesondere der 20 m mächtige, tonig ausgebildete Röt 3 zunächst einen wirksamen Schutz gegen größere, aus dem Unteren Muschelkalk in grubennähere Bereiche gerichtete Zuflüsse bietet [5], sind hydraulisch wirksame Verbindungen des an das Zechsteinsalinar grenzenden Röt-1 (Rötsalz) zum Röt 4 und dem Unteren Muschelkalk angesichts des Nachweises von Störungen und der gebirgsmechanischen Beanspruchung dieses Bereichs anzunehmen. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass die in Oberflächennähe beobachteten Ablaugungen und Verkarstungen der löslichen Gesteine des Oberen Buntsandsteins (Steinsalz, Anhydrit) bis über das Niveau des Zechsteinsalzspiegels hinaus in größere Tiefen reichen und die Gesteine somit auch als Lösungsreservoir dienen können.

Hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge und im Salzsattel sind als mögliche Migrationswege von Lösungen aus dem Deckgebirge zum Grubengebäude im Wesentlichen zwei Schichtenfolgen von Interesse. Zum einen handelt es sich dabei um den, an der Südflanke durch wenige Bohrungen aufgeschlossenen Rötanhydrit und zum anderen um die durch Bohrungen von der 490-m-Sohle in die Nordflanke und beim Abteufen von Schacht 2 im Top des Salzsattels angetroffenen Anhydritmittelbänke des Anhydritmittelsalzes $\text{Na}_3\eta$.

Der Rötanhydrit hat aufgrund seiner Beanspruchung bei der Bildung des Asse-Sattels im Gegensatz zum Salinar spröde reagiert, d. h. er ist sowohl von größeren Störungen als auch von feinen Mikrorissen durchzogen. Diese sind wahrscheinlich teilweise durch Steinsalz und Anhydrit verheilt, wobei sie in verrütteten höheren Partien des steil aufgerichteten Sprödgesteinskomplexes durch nicht verheilte, von Einschwemmungen tonig-siltigen Materials begleitete Klüfte abgelöst werden, die zum bergmännisch Hangenden zunehmend effektive Wegsamkeiten für Lösungen aus dem Muschelkalk und/oder dem Gipshutbereich darstellen [5]. Neben den salztektonischen Beanspruchungen mussten die Gesteine des Rötanhydrit auch die Verformungen der Südflanke im Zuge der bergbaulichen Aktivitäten durchlaufen, so dass zumindest auf Höhe der oberen Grubenbereiche möglicherweise vor Beginn des Bergbaus verheilte Kluftsysteme wieder aufgerissen sind, durch anhaltende Scherdeformationen nicht „verheilen“ können und somit hydraulisch wirksame Bereiche darstellen. In den Jahren 1953, 1954 und 1962 wurde auf der 490-m- sowie auf der 532-m-Sohle der Rötanhydrit durch insgesamt 4 Bohrungen in die Südflanke erschlossen (Bohrungen 61 u. 62/490, 41 u. 42/532) und trocken vorgefunden. In tieferen Grubenbereiche ist der Rötanhydrit ebenfalls trocken aufgeschlossen (Bohrungen 17 u. 38/750, 68/775). Aufgrund des standortspezifischen Kluftsystems ist es wahrscheinlich, dass diese Bohrungen keine lösungsführenden Partien antrafen. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Bohrungen war die bergbaubedingte gebirgsmechanische Beanspruchung des Rötanhydrits noch nicht in dem Ausmaße erfolgt, die in späteren Jahren (ab 1988) zu einem Salzlösungszutritt führte.

Die Anhydritmittel liegen im Salinar eingebettet. Ein Ausstreichen dieses Schichtkomplexes am Salzspiegel zwischen den Schächten Asse I und Asse II ist möglich, jedoch durch keine Bohrbe-funde nachgewiesen. Als Folge der Fließverformung der mächtigen Steinsalzpakete sind die Anhydritmittel sehr wahrscheinlich rupturrell beansprucht, teils boudiniert [29]. Generell ist davon aus-zugehen, wie bereits im Zusammenhang mit dem Rötanhydrit erwähnt, dass in höheren Partien über nicht verheilte Klüfte Wegsamkeiten für Lösungen aus dem Gipshut bestehen. In größerer Entfernung zum Salzspiegel ist eine sekundäre Verheilung der Klüfte durch leichtlösliche Salze anzunehmen. Eine bergbaubedingte Beanspruchung der Anhydritmittel erfolgte nur im geringen Umfang, da diese nicht im Bereich hoher Scherbeanspruchungen liegen. Die Boudinhälse bzw. die bankrechten Frakturen sind z. B. mit sekundärem, zum Teil faserig ausgebildetem Carnallit mine-

realisiert. Als weitere Mineralien treten Anhydrit, Halit und in geringen Mengen Polyhalit auf [42]. In der Grube sind die Anhydritmittel nur durch wenige Bohrungen aufgeschlossen (Schnitt 14 u. 22). Auf diese soll im Folgenden näher eingegangen werden.

Das Anhydritmittelsalz $\text{Na}_3\eta$ wurde u. a. durch 3 Bohrungen von Übertage im Bereich des Tops des Salzsattels (Schächte 2 und 4, R1) erbohrt. Beim Abteufen der Schächte 2 und 4 [40] und beim Abteufen der Bohrung R1 wurden Hinweise auf Salzlösungen in den Anhydritmitteln gefunden:

- Im Schacht Asse 2 stehen die Anhydritmittel bei 337 m, 356 m und 376 m Schachttiefe an, mehr als 100 m oberhalb der 490-m-Sohle.
- Im Schacht Asse 4 wurden die Anhydritmittel nahe ihrer Umbiegung unter dem Salzspiegel höher, ebenfalls zum Hangenden gegen den Salzspiegel noch mit mächtigerem Leine-Steinsalz bedeckt, angetroffen.
- Mit der Bohrung R1 wurden die Anhydritmittel lösungsführend angebohrt. Aus den Unterlagen der Bohrungen R2 und R4 gibt es keine Hinweise auf das Vorhandensein oder das Fehlen von Lösung.

Im Rahmen eines F + E-Programms wurden durch fünf untertägige Aufschlussbohrungen von der 490-m-Sohle in die Nordflanke des Salzsattels im Bereich des Anhydritmittelsalzes $\text{Na}_3\eta$ acht Anhydritmittelbänke erbohrt, von denen das vierte, sechste und siebente größere Mächtigkeiten von 1 bis 3 m aufweisen. Diese drei Anhydritmittelhauptbänke haben untereinander einen Abstand von jeweils 10 m. Im Bereich der 1. Anhydritmittelhauptbank (am4) trat an den Bohrlöchern westlich des Schachtes 2 (Westfeld, Bohrung 63/490 und 64/490) ein Unterdruck auf (0,1 bzw. 0,33 atm), während im Ostfeld (Bohrungen 65 – 67/490) aus dem gleichen Horizont Salzlösung unter einem Druck von etwa 10 atü zuffloss. Letztere weisen stark unterschiedliche Zutrittsraten auf. Die Ursachen hierfür müssen in lokalen Unterschieden der Klufthäufigkeit und des verfügbaren Kluftvolumens gesucht werden [29].

Ältere Explorationsbohrungen in die Nordflanke haben das Anhydritmittelsalz außerdem lösungsführend auf der 750- bzw. 700-m-Sohle (Bohrungen 25/750, 24/700) und trocken auf der 532-m-Sohle (Bohrungen 48 und 49/532) angetroffen.

5.2.2 Hydrogeologischer Erkundungsstand

1. Das Grundwasser im Deckgebirge der Asse fließt – außer in den Porenwasserleitern (Quartär, Rogenstein su- ρ , Rhätsandstein ko) – auf Klüften und kommt in den Matrixporen der Ge-

steine vor. Das Deckgebirge ist wassergesättigt. Die Grenze zum Salzsattel gilt als wasserstauend [27].

2. Neben dem Rötanhydrit sind aufgrund der praktischen Erfahrungen im Kali- und Steinsalzbergbau vor allem gebirgsmechanisch induzierte Trennflächen im Buntsandstein sowie neben dem Hauptanhydrit (A3) auch die 1. Anhydritmittelhauptbank (am4) als potentieller „Laugenbringer“ anzusehen [46].
3. In [43] wurde ein konzeptuelles Modell für die Anhydritmittel entwickelt, welches dazu dient, zu überprüfen, ob die Anhydritmittel hydraulisch in der Lage sind, die beobachtete Zutrittsrate zu liefern. Theoretisch ist es danach möglich, dass der Lösungszutritt ausschließlich durch die Permeabilität der Anhydritmittel gedrosselt wird. Mit entsprechenden Annahmen und einer aus den Lösungszutritten in den Schacht 2 (bei dessen Abteufen) und in geologischen Erkundungsbohrungen ermittelten Permeabilität ergibt sich eine Zutrittsrate, die – im Rahmen der zu erwartenden Genauigkeit – sehr gut mit der Beobachtung des Salzlösungszutritts in die Südflanke seit 1988 übereinstimmt. Die geschätzte Aufenthaltsdauer der in die Grube zutretenden Lösung in den Anhydritmitteln beträgt nach [43] etwa 100 Tage.

Hydraulisch ist die Hypothese eines Lösungszutritts über die Anhydritmittel gemäß [43] möglich, abgesehen vom Umstand, dass auf der 490-m- und der 511-m-Sohle nie ein Lösungszutritt beobachtet wurde und die Lösung somit an den Grubenbauen auf diesen Sohlen vorbei fließen müsste. Ebenfalls müsste eine durchgängige hydraulisch wirksame Verbindung über die Anhydritmittel vom Salzspiegel bis zum Grubengebäude gewährleistet sein. Wahrscheinlicher ist jedoch eine Zerblockung des spröden Materials aufgrund der Beanspruchungen während der Halokinese, wobei die einzelnen Schollen gegeneinander versetzt sein können. Gebirgsmechanisch wird der Bereich oberhalb des Grubengebäudes, in dem die Anhydritmittel im Top des Salzsattels verlaufen, auf Pressung (Druckeinspannung) beansprucht. Es ist daher nicht plausibel, dass sich im Zuge des Verformungsprozesses in diesem Bereich die Durchlässigkeit erhöht hat.

4. An der SW-Flanke des Salzsattels liegt zwischen den wasserstauenden Schichten des Röt und dem Salinar der Rötanhydrit.
5. Aufgrund der zunehmenden gebirgsmechanischen Beanspruchung des Deckgebirges ab Mitte der 80er Jahre bildete sich eine Scherspannungszone, die sich in etwa an der geologischen Trennfläche S3/D9 orientiert. Dieser auf Scherung bzw. Zerrung beanspruchte Bereich reicht von den oberen Sohlen des Grubengebäudes (574 m bis ca. 500 m Teufe) bis in den Muschenkalk. Die auf Grundlage der festgestellten Pfeilerstauchungen und übertägigen

- Senkungen mit gebirgsmechanischen Modellrechnungen ermittelten Beanspruchungen führten zu Deformationen und damit zu einer Erhöhung der Permeabilität in diesem Bereich [45]
6. Im Rahmen des hydrogeologischen Forschungsprogramms wurde im Top des Asse-Sattels der Salzspiegel erbohrt. Es wurden Gerinne mit fließenden salinen Lösungen im NW der Asse-Struktur angetroffen [21].
 7. Im Deckgebirge der Asse existiert eine strukturparallele Fließrichtung in den hydrostratigraphischen Schichtaquifere sowie im zentralen Teil der Struktur mit dem verstürzten Deckgebirge, den Hutgesteinen des Zechsteins und den Subrosionsgerinnen. Bisher konnten durch Markierungsversuche nur strukturparallele Fließrichtungen im NW-Teil des Asse-Sattels belegt werden [21].
 8. In den Geringleitern (Rötaquitard so₂ – so₄, Keuper-Tonsteine) sind die Fließrichtungen des Grundwassers querschlägig nach Südwest gerichtet und folgen damit den Hauptkluftrichtungen sowie dem Potentialgefälle zwischen dem zentralen Teil der Asse und dem tiefer gelegenen Vorland der Remlinger Mulde (z.B. Grundwassergleichenplan von SCHÖNFELD für das Asse-Deckgebirge [23]).
 9. Kurzpumpversuche und Packertests in den Tiefbohrungen Remlingen haben für die Messstellen R 5 und R 7 geringe Gebirgsdurchlässigkeiten ergeben. Deren Grundwasserspiegel zeigen keine Reaktion auf Niederschläge.
 10. Deutliche Grundwasserspiegelschwankungen sind in den Messstellen R 6 und R 8 ermittelt worden, die mit Niederschlagsereignissen korrelieren. Detaillierte Analysen des Gezeiteneinflusses auf die Grundwasserstandsänderungen in Messstelle R 6 für das hydrologische Jahr 1999 belegen, dass es sich um einen hydraulisch abgeschlossenen Bereich handelt [28]. Bei Pumpversuchen konnte keine Reaktion zwischen den Messstellen R 6 und R 8 festgestellt werden.
 11. Ein seit dem Jahr 2000 in der Messstelle R 6 laufender Markierungsversuch zeigt keine Fließverbindung zum Grubengebäude der Schachanlage Asse.
 12. Die während der Pumpversuche beobachteten Reaktionen in den Grundwassermessstellen zeigen insbesondere für die Gerinne am Salzspiegel im Westen von Schacht Asse I, die im Streichen der Struktur verlaufen, hydraulische Zusammenhänge dieses Systems über die Grenzen der topographischen Einzugsgebiete hinweg. Gleichzeitig zeigen die Reaktionen der Messstellen im Deckgebirge während der Einschwingversuche im Salzgerinne, dass hydraulische Wechselwirkungen zwischen dem Gerinne am Salzspiegel und dem Deckgebirge

bestehen. Die hochsalinen Wässer der Gerinne entwässern im Streichen der Struktur nach NW [21].

13. Die hydraulische Durchlässigkeit der Gesteine in den tieferen Bereichen (unterhalb -300 m NN) des Asse-Deckgebirges ist als gering bis sehr gering einzustufen. Die Gesteine sind als Grundwassergeringleiter anzusehen [21]. In den oberen Bereichen ist die Durchlässigkeit der Gesteine des oberen und unteren Muschelkalks und des Rätsandsteins als mittel bis hoch einzustufen (10^{-5} - 10^{-4} m/s).

5.2.3 Geochemischer Erkundungsstand

1. Wie in [9], [10] und [39] beschrieben, gehören die der Asse-Südflanke zufließenden Salzlösungen des Typs „Asse Südflanke“ genetisch zusammen. Die Tropfstelle AS 003 ist die der Übertrittsstelle am nächsten liegende Probenahmestelle. An allen anderen Tropfstellen fließen mehr oder weniger veränderte Lösungen des gleichen Lösungstyps zu. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung resultieren aus unterschiedlich starker Verdunstung und/oder Fluid-Gestein-Wechselwirkungen auf den Fließwegen der Lösungen bis zum Austrittsort ins offene Grubengebäude.
2. Die Mineralzusammensetzung der an der Südflanke zutretenden Salzlösungen hat sich seit Beginn des Zutritts 1988 verändert. Die Anteile an $MgCl_2$ und auch $MgSO_4$ waren in den ersten Monaten des Salzlösungszutritts in die Südflanke sehr hoch, fielen dann im Sommer 1991 sprunghaft ab (\pm zeitgleich mit dem Ansteigen der gefassten Lösungsmenge) und sind seit Ende der 90`er Jahre nahezu konstant. Bei graphischer Darstellung mit hoher Auflösung ist ein sehr schwacher Trend zu niedrigeren $MgCl_2$ - und KCl - sowie höheren $NaCl$ -Gehalten zu beobachten, verbunden mit einem geringfügigen Dichteabfall. Die $CaSO_4$ -Konzentrationen schwanken in einem Bereich von ca. 0,5 bis 4,0 g/l (AS 003 seit 1993).
3. Im Zeitraum von August bis Oktober 1991 wurden in insgesamt 15 Proben erhöhte $CaCl_2$ -Gehalte verzeichnet. Nach diesem Zeitraum ist die $CaCl_2$ -Konzentration auf 0 g/l gefallen. Hierbei handelt es jedoch vermutlich um analytische Ungenauigkeiten bzw. Unstimmigkeiten bei der Berechnung der fiktiven Komponenten. Dies ist plausibel, da über den gesamten Beobachtungszeitraum von 1989 bis heute mit mehr als 1000 Salzlösungsproben lediglich in den o. g. 15 Proben $CaCl_2$ auftrat. Für die weitere Interpretation und Bewertung des Salzlösungszutritts ist dies daher und wegen des relativ kurzen Zeitraums unbedeutend.

4. Die zutretenden Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ sind an Halit und Anhydrit gesättigt. Alle anderen Salzminerale wie Carnallit, Sylvit, Kainit und Polyhalit sind stark untersättigt [10], [39].
5. [10] und [44] erklären die chemische Zusammensetzung der im Bereich der primären Zutrittsstelle der Abbaureihe 3 (L19) zugetretenen Salzlösungen des Typs „Asse Südflanke“ durch Mischung einer NaCl-reichen Lösung des Unteren Muschelkalks (Deckgebirgslösung) mit einer durch Carnallitersetzung entstandenen $MgCl_2$ -Lösung. Der Anteil der Deckgebirgslösung hat sich danach von 1989 an ständig erhöht und liegt seit Mitte der 90`er Jahre bei $90 \% \pm 5 \%$. Die Verdunstung von Wasser wurde bei der zugrunde liegenden geochemischen Modellierung nicht berücksichtigt. Eine Eindunstung der Lösung bedingt einen relativ höheren $MgCl_2$ -Lösungsanteil.
6. [42] gehen plausibel begründet von einer Reaktion $CaCl_2$ -normativer Deckgebirgslösungen mit Halit, Anhydrit und Mg-Sulfat-haltigen Mineralen, insbesondere Polyhalit, aus. Dies bewirkt eine Aufnahme von $MgSO_4$ und $MgCl_2$ bzw. einen Verlust von $CaCl_2$ in den Salzlösungen.

5.2.4 Isotopengeochemischer Erkundungsstand

Um die Herkunft der auf der 637-m-Sohle aufgefangenen Salzlösung zu erkunden, wurden auch isotopengeochemische Messungen durchgeführt. In den Jahren 1996 bis 1999 wurden die Salzlösungszuflüsse auf die Isotope ^{18}O , 2H und ^{34}S [24] hin untersucht. Da ein Luftkontakt und damit verbundene Veränderungen in der Salzlösung bei der Probenahme nicht ausgeschlossen werden können, sind die Ergebnisse dieser Isotopenbestimmungen nicht belastbar. Neuere Isotopenuntersuchungen wurden 2004-2005 durchgeführt [42]. Dabei wurde u.a. das Verhältnis $^{86}Sr/^{87}Sr$ von Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ in Proben von 2000 bis Ende 2003 ermittelt und bewertet. Die in AS011 beprobten Lösungen, also dem der eigentlichen Zutrittsstelle am nächsten gelegenen und die größte Lösungsmenge liefernden Probenahmeort, haben einen konstanten $^{87}Sr/^{86}Sr$ -Wert von 0.7083 bis 0.7084. Dieser Wert ist nur vereinbar mit einer Herkunft des Sr aus dem Oberen Buntsandstein so1. Ähnliches gilt für die Lösung AS 013. Bei ihrem weiteren Weg durch das Grubengebäude verdunstet ein Teil des Lösungsmittels (Wasser) bei gleichzeitiger Aufnahme von Polyhalit, welcher hohe Sr-Konzentrationen bei niedrigen $^{86}Sr/^{87}Sr$ -Werten (z_2 , z_3) aufweist. Die an den Tropfstellen AS 006/K9 und AS 006/R1 genommenen Lösungen zeigen diese Entwicklung. Des Weiteren führt die kombinierte Betrachtung von $^{87}Sr/^{86}Sr$ -Werten und Spurenelementverteilungsmustern zu der Aussage, dass die Lösungen aus den Tropfstellen AS 006/R1, AS 007, AS 008,

AS 010 und AS 017 durch Auflösung primärer oder sekundärer Carnallitite überprägt sind. Als Quelle kommen sowohl anstehende Kaliflöze als auch Carnallitit-führender Versatz in Betracht.

5.2.5 Geophysikalischer Erkundungsstand

1. Untertägige geoelektrische Messungen von GSF / FB Asse im Zeitraum von 1993 – 2003 nach dem Wenner-Prinzip entlang der 490-m-Sohle zeigen, dass im stoßentfernten Bereich (20 – 90 m) die spezifischen Widerstände durchweg in einem sehr hohen Bereich (10^4 – $10^6 \Omega \text{ m}$) liegen. Zusätzlich wurden im Jahr 2003 auf der 490-m-Sohle Dipol-Dipol-Messungen durchgeführt. Für jedes Dipol-Dipol-Profil wurde die komplette Pseudosektion gemessen. Die Werte für die scheinbaren spezifischen Widerstände liegen zwischen $10^{2.5}$ und $10^{10.5} \Omega \text{ m}$ und nehmen mit zunehmender Eindringtiefe zu. Die Vergleichsmessungen mit Wenner- und Dipol-Dipol-Anordnung auf dem Messprofil der 490-m-Sohle haben somit in den Widerstandstiefenverteilungen insgesamt eine Übereinstimmung gezeigt. Bei allen Messungen ist davon auszugehen, dass sie durch 3D-Effekte infolge der komplexen, zeitlich veränderlichen Verfüllmaßnahmen im Grubengebäude beeinflusst sind. Leitfähige Anomaliebereiche sowohl in den Vergleichsmessungen als auch in den Wiederholungsmessungen deuten darauf hin, da die scharf abgegrenzten, lang gestreckten Anomaliebereiche in den Widerstandstiefenverteilungen eine auffällige Korrelation zur Geometrie der verfüllten Abbaue aufweisen.
2. Übertägige reflexionsseismische Messungen und bohrlochseismische Spezialmessungen führten zu einer Neubewertung der geologisch-tektonischen Situation im Deckgebirge der Südflanke der Schachanlage Asse. Durch strukturparallele Störungen und Querstörungen wird das Deckgebirge in Blöcke zerlegt. Innerhalb der Blöcke muss von einer intensiven Kleinklüftung ausgegangen werden. Die Zerblockung und Kleinklüftung ist in hohem Maße für das geomechanische Verhalten der Schichtenfolgen des Deckgebirges mitbestimmend [30].
3. Seismische Messungen mit Sprengungen im Grubengebäude und Registrierung der Signale in der Tiefbohrung R 6 haben gezeigt, dass Bereiche mit hoher seismischer Dämpfung zwischen dem Grubengebäude und der R 6 existent sind [31], die sich auf das Vorhandensein von Diskontinuitäten zurückführen lassen.
4. Bei den beiden mittels untertägigen EMR-Messungen ermittelten Reflektoren aus der Horizontalbohrung 40/553-5/51 handelt es sich nach Auffassung der Bearbeiter [18] um ein Anhydritmittel des Anhydritmittelsalzes. Dieser Darstellung kann nur bedingt gefolgt werden. Bei der Auswertung der EMR-Messungen ist zu beachten, dass bereits wenige Prozent

Wassergehalt die elektrische Leitfähigkeit und damit die Dämpfung für em-Wellen erheblich beeinträchtigen. Ebenso sind Reflexionssignale, die von Strecken und Abbauen hervorgerufen werden, störend. Die in [18] als Anhydritmittel bezeichneten Reflektoren können ebenso eine Schichtgrenze zwischen Na2 und Na3 darstellen, da zur Laufzeitauswertung allgemein gültige Werte für trockenes Steinsalz angenommen wurden. In der Folge kann die berechnete Entfernung der Reflektoren zu den Empfangsantennen durchaus im m-Bereich schwanken. Wenn es sich bei den Reflektoren jedoch wirklich um Anhydritmittel handeln sollte, sind diese als trocken anzusprechen, da ansonsten eine Messauswertung nicht möglich gewesen wäre.

5. Mit den bisher am Standort Asse eingesetzten geophysikalischen Verfahren und Methoden ist es bislang nicht gelungen, das Reservoir und die Wegsamkeiten der zutretenden Salzlösung zu beschreiben [17].

5.2.6 Gebirgsmechanische Situation

1. Im suprasalinen Deckgebirge des Asse-Sattels existiert ein Spannungszustand, der dadurch charakterisiert ist, dass die maximale Hauptspannung (σ_1) vertikal, die mittlere und minimale Hauptspannung horizontal gerichtet sind. Die mittlere Hauptspannung (σ_2) ist die Größere der Horizontalspannungen und verläuft im Streichen des Asse-Sattels. Die minimale Horizontalspannung (σ_3) ist querschlägig gerichtet. Die gebirgsmechanischen Reaktionen im Deckgebirge werden von der geologisch-tektonischen Situation geprägt. In den gebirgsmechanischen Modellrechnungen wird das Deckgebirge durch ein elastoplastisches Materialverhalten beschrieben.
2. Das Grubengebäude und das Deckgebirge bilden ein komplexes Tragsystem mit stattfindenden Reaktionen im Grenzbereich gebirgsmechanischer Beanspruchungen. Die noch vorhandene Tragfähigkeit entspricht dem Tragvermögen im Entfestigungsbereich (Pfeiler) bzw. dem Scherwiderstand im Nachbruchbereich (Deckgebirge).
3. Das Tragverhalten des Pfeiler-Schweben-Systems an der Südflanke ist über das Tragfähigkeitsverhältnis zu bewerten. Das Tragfähigkeitsverhältnis ist definiert als das Verhältnis von Langzeittragfähigkeit zu Pfeilerbelastung. Die Langzeittragfähigkeit bzw. Langzeitfestigkeit ist eine Belastbarkeitsgrenze, die materialspezifisch ist, auf neuesten standortspezifischen Untersuchungen basiert und für jedes Tragelement bzw. Tragsystem ermittelt werden kann [41].
4. Ein Großteil der Tragelemente hat, infolge seines nachgiebigen Tragverhaltens mit begrenzter Tragfähigkeit, das Tragfähigkeitsmaximum überschritten, d.h. die Pfeiler und Schweben

befinden sich im Entfestigungszustand. Der Lastabtrag erfolgt zunehmend über das Deckgebirge an der Asse-Südflanke, das seinerseits mit Scherdeformationen und Dilatanz auf die Gebirgsspannungsumlagerungen reagiert. Mit gebirgsmechanischen Modellrechnungen [45] wurde nachgewiesen, dass sich in Scherbändern und Trennflächenbereichen der Durchtrennungsgrad soweit erhöht hat, dass Salzlösungen vordringen können. Bedingt durch die damit wirkenden hydraulischen Drücke hat sich die Eigentragfähigkeit verringert, bzw. die Mobilität des Deckgebirges erhöht [41].

5. Gebirgsmechanische Modellrechnungen der Standortüberwachung des FB Asse ergaben Hinweise auf einen deutlich ausgebildeten Bereich hoher Druckeinspannung am südlichen Pfeilerkontaktbereich mit der unmittelbar vorgelagerten Steinsalzbarriere. Hingegen werden im Bereich der südlichen Abbaustöße in der Steinsalzbarriere minimale Druckeinspannungen ermittelt. Aus gebirgsmechanischer Sicht sind damit als Zutrittsorte für Salzlösungen vor allem die Südstöße der Abbaue prädestiniert. Weiterhin führt diese Belastungsverteilung zu einem abwärts gerichteten Vordringen der Salzlösung in der Auflockerungszone.
6. Die gesamte Durchbiegung der Südflanke seit Beginn der Gewinnung von Steinsalz wird im Abbauschwerpunkt aus markscheiderischen Messungen mit maximal ca. 6 m angegeben. Nach [32] ist diese Durchbiegung zu über 90 % als senkungswirksam anzusehen, wobei die Übertragung durch das Deckgebirge nach über Tage derzeit ohne signifikante Auflockerung vonstatten geht, d. h. das Volumen der Senkungsmulde über Tage entspricht weitestgehend dem untertägigen Volumenverlust.
7. Der ablaufende Entfestigungsprozess der Tragelemente im Steinsalzbaufeld an der Asse-Südflanke erfordert aus gebirgsmechanischer Sicht eine vollständige Verfüllung sämtlicher noch offener Abbaue. Im Jahr 1995 wurde mit der aufwärts gerichteten sohlenweisen Versatzeinbringung in die Südflanke begonnen. Die sohlenweise Versatzeinbringung in den ca. 1.850.000 m³ offenen Hohlraum der Abbaue des Steinsalzbaufeldes der Südflanke erfolgte durch Einblasen von täglich 1.200 t Salz der Halde Ronnenberg unter Zugabe geringer Mengen gesättigter Salzlösung.

In [34] wurde eine Bewertung des Salzlösungszuflusses in das Grubengebäude an der Südflanke der Schachanlage Asse auf der Grundlage der Erkenntnisse und Erfahrungen mit Salzlösungszuflüssen aus dem Kali- und Steinsalzbergbau und des damals am IFT (GSF - Institut für Tieflagerung) vorhandenen Erkundungs- und Wissensstandes vorgenommen. Weiterhin im Rahmen der Tragfähigkeitsanalyse das IfG die Schädigung der Deckgebirgsschichten im Hinblick auf die zu erwartende Erhöhung der Permeabilität vorgenommen. Folgende getroffene Aussagen können auf

diesen Grundlagen zur Herkunft der dem Grubengebäude zutretenden Salzlösungen getroffen werden:

8. Durch Abbaueinwirkungen verursachte Deformationen im Deckgebirge erlangen dann eine hydrogeologische Bedeutung, wenn sie zur Öffnung geschlossener oder primär nicht angelegter Fließwege führen. Eine solche Beanspruchung erfolgt insbesondere in auf Scherung und Zerrung beanspruchten Bereichen. Eine quantitative Bewertung des IfG in [45] ergibt, dass der in Abbildung 26 erkennbare Deckgebirgsbereich in einem Maße geschädigt ist, so dass von einer deutlichen Erhöhung der Permeabilität auszugehen ist. Weiterhin korrespondiert das zeitliche Auftreten und der Anstieg der Zutrittsrate mit dem signifikanten Anstieg der Deckgebirgsbeanspruchung durch die zunehmende Entfestigung der Tragelemente und einem deutlichen Anstieg der Pfeilerstauchungsraten, verbunden mit mikroakustischer Aktivität im südlichen, den oberen Sohlen vorgelagerten Deckgebirge.
9. Die jeweils nahezu 50 m mächtige Leine-Steinsalzauflage zwischen Gipshut, den Anhydritmitteln und dem Grubengebäude (Schnitt 2) in vertikaler Richtung sowie die größer als 50 m mächtige Leine-Steinsalzschiefer zwischen dem Grubengebäude und den Anhydritmitteln in horizontaler Richtung bietet eine ausreichende Barriere unter der Voraussetzung, dass die geomechanisch bedingte Beanspruchung nicht zu einem Aufreißen von Klüften führt.
10. Im Bereich der Anhydritmittel erfolgte keine relevante bergbaubedingte gebirgsmechanische Beanspruchung [45].

5.3 Interpretation der Befunde und Ableitung einer Modellvorstellung

Die Arbeiten im Rahmen der Erkundung und Neubewertung der geologisch-tektonischen Situation an der Südflanke der Schachanlage Asse, die geotechnische Sicherheitsbewertung und die gebirgsmechanischen Modellrechnungen für das Tragsystem des Grubengebäudes in der Betriebsphase und des Gesamttragsystems führten zur Entwicklung eines in sich geschlossenen Modells zur Herkunft des aktuellen Salzlösungszuflusses an der Südflanke der Schachanlage Asse. Ausgehend von dem in den vorangegangenen Kapiteln zusammengefassten Kenntnisstand an der Südflanke der Schachanlage Asse lassen sich das Reservoir und die Wegsamkeiten des Salzlösungszuflusses durch ein komplexes Zusammenfügen aller Befunde und Indizien ein- bzw. abgrenzen. Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem tätigen Kali- und Steinsalzbergbau sind bei der Entwicklung der Modellvorstellung zur Herkunft der Salzlösungen mit herangezogen worden [46].

Die geochemischen Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, dass sich die dem Grubengebäude an der Südflanke der Schachanlage Asse zutretende Salzlösung zum Großteil aus Deckgebirgslösung zusammensetzt. Dies bedeutet, dass es sich bei dem Salzlösungszutritt um ein System aus Wegsamkeiten zum Deckgebirge handelt, die hydraulisch einer Drossel entsprechen. Die Ursache für den Lösungszutritt ist primär in der zunehmenden gebirgsmechanischen Beanspruchung des Deckgebirges in den 80er Jahren zu sehen. In diesem Zeitraum führten die Scherbeanspruchungen in einer Zone, die sich ausgehend von den oberen Sohlen des Grubengebäudes (574 m bis 500 m Teufe) nach Süden ansteigend durch den Rötanhydrit und den Oberen Buntsandstein bis in den Muschelkalk erstreckt, infolge Scherdeformation zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit.

Aufgrund der Standortgegebenheiten (Abbildung 25) kommen als mögliche Lösungslieferanten im Deckgebirge nur die Einheiten des Unteren und Mittleren Muschelkalks (mu, mm), Oberen Buntsandsteins (so) und verstürzten Deckgebirges (i. w. Gesteine des Unteren und Oberen Buntsandsteins sowie Unteren Muschelkalks; su, so, mu) in Betracht. Der Gipshut im Bereich der Schachanlage Asse wurde beim Abteufen des Schachtes Asse 4 trocken angetroffen. Daraus ist allerdings nicht abzuleiten, wie die Erfahrungen aus dem Kali- und Steinsalzbergbau zeigen, dass saline Wässer nicht lokal durch den Gipshut fließen und den Salzspiegel erreichen können.

Salzlösungen aus den genannten Reservoirs im Deckgebirge könnten auf verschiedene Weise in das Grubengebäude gelangen (Abbildung 27):

1. aus dem Unteren Muschelkalk über den Scherdeformationsbereich und eventuelle Störungen durch den Oberen Buntsandstein, dort durch bzw. entlang der Flanke im Rötanhydrit

(so1A) bis zum Übertritt in dem durch Scherdeformationen geschädigten Bereich der Steinsalzbarriere (Schutzschicht) – in dem auch die Mächtigkeit der Schutzschicht am geringsten ist – in die Auflockerungszone des Grubengebäudes;

2. über das verstürzte Deckgebirge am Gipshut vorbei in den Rötanhydrit der Flanke und dort abwärts bis zum Übertritt über den geschädigten Bereich der Schutzschicht in die Auflockerungszone des Grubengebäudes;
3. über das verstürzte Deckgebirge und den Gipshut in den Rötanhydrit der Flanke und dort abwärts bis zum Übertritt über den geschädigten Bereich der Schutzschicht in die Auflockerungszone des Grubengebäudes;
4. über das verstürzte Deckgebirge und den Gipshut in die Anhydritmittel (am 4, am 6, am 7 des Na3η) und dort abwärts bis zum Übertritt in das Grubengebäude;
5. über das verstürzte Deckgebirge und den Gipshut in die Anhydritmittel und dort entlang bis zum Übertritt in den Rötanhydrit, dort abwärts bis zum Übertritt über den geschädigten Bereich der Schutzschicht in die Auflockerungszone des Grubengebäudes.

Die geochemischen und isotopengeochemischen Untersuchungen stützen die oben genannten Reservoirs. Einer intensiveren Diskussion bedürfen die möglichen Fließwege vom Reservoir zum Grubengebäude. Hierbei ist ein direkter Zufluss von Lösungen aus dem verstürzten Deckgebirge über die Anhydritmittel in das Grubengebäude (Szenario 4) zu vernachlässigen, wie die folgenden Betrachtungen zeigen.

Die derzeit dem eigentlichen Zutrittsbereich in der Auflockerungszone des Salinars am nächsten gelegene Tropfstelle, die zudem die größte Schüttungsmenge der aktuell an der Südflanke des Grubengebäudes vorhandenen Lösungszuflüsse liefert, weist eine konstante Sr-Isotopen-Signatur des Oberen Buntsandsteins auf. In jedem der oben genannten fünf Szenarien gelangt die Lösung zu irgendeinem Zeitpunkt mit Gesteinen des Oberen Buntsandsteins in Kontakt und kann dort die gezeigte Sr-Signatur aufnehmen. Die Gesteine des Buntsandsteins enthalten Ca-Sulfate, so dass sich die Lösung an CaSO_4 aufsättigen kann. Lösungen aus dem Buntsandstein, z.B. aus dem verstürzten Deckgebirge, können danach zwar CaSO_4 -gesättigt sein, aber aufgrund der geringen NaCl-Gehalte weiter Halit aufnehmen. Mit zunehmendem NaCl-Gehalt kann weiter CaSO_4 aufgelöst werden. Im Falle eines Durchfließens durch den Gipshut und die Anhydritmittel muss jedoch die Sr-Signatur des Buntsandsteins erhalten bleiben, um den heutigen Zutritt zu erklären oder die Lösung muss anschließend wieder mit Gesteinen des Buntsandsteins reagieren, um eine entsprechende Signatur aufzunehmen.

Die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit CaCl_2 -haltige Lösung aus dem Deckgebirge muss vor Eintritt in das Grubengebäude mit Sulfat-haltigen Mineralen reagieren, um CaCl_2 -frei zu werden. Dabei erhöht sich im Falle von Mg-Sulfaten, z.B. Polyhalit, der MgCl_2 -Gehalt der Lösung. Polyhalit ist in ausreichender Menge lediglich im Rötanhydrit vorhanden. Davon abgesehen, enthalten Polyhalite Sr, welches die Isotopen-Signatur der Lösung bei Reaktion durch Austausch verändert. Die Proben aus AS 011 zeigen eine konstante Sr-Signatur des Oberen Buntsandsteins. Insbesondere die schnell ablaufende Reaktion mit Polyhalit liefert wegen des nahezu vollständigen Austauschs des Sr in der Lösung eine sehr konstante Sr-Isotopie.

Es ist daher sehr unwahrscheinlich, dass eine CaCl_2 -normative, NaCl-haltige und ggf. CaSO_4 -gesättigte Lösung aus dem verstürzten Deckgebirge mit Sr-Signatur des Oberen Buntsandsteins, die bei weiterer NaCl-Aufnahme aufgrund der Änderung der CaSO_4 -Sättigungskonzentration noch CaSO_4 nachlösen kann, über den Gipshut mit dortiger Aufsättigung an NaCl unter Aufnahme von CaSO_4 (Sr-Signatur des Zechsteins) und nach Durchfließen der Anhydritmittel (Sr-Signatur des Zechsteins) sowie Eintritt in das Grubengebäude trotzdem noch die beobachtete konstante Signatur des Oberen Buntsandsteins aufweist. Selbst wenn die Lösung aus dem verstürzten Deckgebirge vor Eintritt in den Gipshut bereits NaCl- und CaSO_4 -gesättigt wäre, also kein CaSO_4 im Gipshut mehr aufnehmen könnte, darf die Lösung in der Zechstein-Formation nicht oder nur in sehr geringem Umfang mit Ca-haltigen Sulfaten (Sr-Signatur des Zechsteins), wie Polyhalit, Glauberit und Syngenit (im Gipshut nicht nachgewiesen, jedoch wahrscheinlich; in den Anhydritmitteln in geringem Umfang enthalten) reagieren, da auch dies die Sr-Isotopie überprägt.

Denkbar wäre auch eine Zumischung MgCl_2 - und MgSO_4 -haltiger Lösungen, wie sie in den Anhydritmitteln beim Abteufen von Schacht 2 und durch Bohrungen im Ostfeld der 490-m-Sohle nachgewiesen wurden. Die Buntsandstein-Signatur der Zutrittslösung könnte bis zu einem gewissen Grad der Zumischung erhalten bleiben, die Zusammensetzung der Lösung in AS 011 lässt diesen Prozess zu. Da die Dichte der MgCl_2 -reichen Lösungen aus den Anhydritmitteln wesentlich größer ist als die einer NaCl- und ggf. CaSO_4 -gesättigten (aus Gipshut) Lösung, ist eine intensive Mischung beider Lösungstypen in den Anhydritmitteln jedoch unwahrscheinlich. Im Falle des Szenarios 4 sollte deshalb zunächst nahezu das gesamte Volumen von ca. 1200 m^3 [43] der in den Anhydritmitteln gespeicherten Mg-reichen Lösung austreten. Da es jedoch zu Reaktionen zwischen den Anhydritmitteln und zutretender Deckgebirgslösung bis zur Gleichgewichtseinstellung kommt, wird der Punkt, ab dem die Lösung nahezu unverändert zutritt, frühestens nach ca. 3000 m^3 Lösung erreicht [42]. Diese Menge Lösung muss dem Grubengebäude zutreten, bevor Lösungen in entsprechender Menge und chemischen Zusammensetzung, wie seit 1991 beobachtet (Abbildung 23), zutreten können. Die Mg-Komponente im aktuellen Salzlösungszutritt entspräche

dann den verbliebenen Lösungen und/oder gelangt durch Umbildung von in den Anhydritmitteln enthaltenem Carnallit in die Lösung.

Erstmals traten Salzlösungen in der Südflanke im September 1988 in der Abbaureihe 5 der 532-m-Sohle (L17) auf und versiegten im Mai 1989 wieder. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden im Bergwerk Asse jedoch nur 57 m³ Lösung gefasst. Bezüglich des Hauptelementchemismus unterscheiden sich die Zutritte in Abbaureihe 5 der 532-m-Sohle grundsätzlich von den Lösungen, die in den Anhydritmitteln gefunden wurden. Im Gegensatz hierzu entspricht die Zusammensetzung der Lösungen der Abbaureihe 3 auf der 574-m-Sohle (L19) zu Beginn des Zutritts eher den Zusammensetzungen der Lösungen aus den Anhydritmitteln. Diese Zutritte setzten jedoch zeitlich erst deutlich nach denen in Abbaureihe 5 der 532-m-Sohle ein und die gefassten Lösungsmengen mit Mg-reicher Zusammensetzung haben ebenfalls nicht das zu erwartende Volumen. [39] deuten die Anfangs erhöhten Mg-Gehalte des Zutritts in die Südflanke mit den geringen Volumina und den damit einhergehenden Eindunstungsprozessen (vgl. Abbildung 3). Darüber hinaus scheint ein direkter Zusammenhang des Auftretens von Salzlösungen in der Abbaureihe 3 mit dem Versiegen der Zutritte in den Abbauen 5 sehr wahrscheinlich.

Das Szenario 4 als Zutrittspfad ist aus diesen Gründen außerordentlich unwahrscheinlich und vernachlässigbar.

Die Betrachtungen zeigen, dass ein Zutritt allein durch die Anhydritmittel nur unter der Annahme möglich ist, dass kein oder nur geringste Mengen Polyhalit und auch kein Glauberit und Syngenit (Sr-Isotopensignatur des Zechsteins) in den Hutgesteinen und den Anhydritmitteln vorkommt. Des Weiteren erfordert dieser Fall über die Zeit sehr konstante Mischungsverhältnisse und/oder NaCl-Konzentrationen der Deckgebirgslösungen. Im Vergleich zu einem Zutritt allein durch die Anhydritmittel erscheinen Szenarien, bei denen die Lösung vor dem Zutritt in das Grubengebäude durch den Rötanhydrit fließt und spätestens dort die Sr-Signatur des Oberen Buntsandsteins durch Reaktion mit Polyhalit, ggf. mit Anhydrit, aufnehmen kann (Szenarien 1 - 3 und 5), wesentlich wahrscheinlicher. Wenn bei diesen Szenarien von einer Ankopplung der Anhydritmittel ausgegangen wird (Szenario 5), sollten zu Beginn des Zutritts in die Südflanke größere Mengen an MgCl₂-reichen Lösungen zugetreten sein. Aufgrund des Fehlens von ca. 3000 m³ an Carnallit gesättigten oder fast gesättigten Lösungen in den dokumentierten Lösungszusammensetzung zu Beginn der Zutritte an der Asse-Südflanke erscheint eine Ankopplung der Anhydritmittel unwahrscheinlich.

Die plausibelste Erklärung für die Zusammensetzung der Zutrittslösungen liefert nach [42] ein Szenario, in dem vermutlich während des Aufstiegs des Salzstocks MgCl₂-reiche Lösungen in den Oberen Buntsandstein und den Muschelkalk ausgetreten sind. Diese Lösungen bewirkten im Rö-

tanhydrit eine Umbildung von Anhydrit zu Polyhalit und führten im Buntsandstein und Muschelkalk zur Dolomitisierung von Calcit. Dabei entstanden CaCl_2 -normative Lösungen mit relativ hohen MgCl_2 -Gehalten, wie sie z.B. in den Grundwassermessstellen H25 (so) und R7 (mu) im Bereich der Asse beobachtet wurden:

Mit der Ausdehnung des Scherdeformationsbereiches im Oberen Buntsandstein wurden solch begrenzte Reservoirs angeschlossen und traten über den Rötanhydrit und die Auflockerungszone im Salinar dem Grubengebäude zu. Der Zutritt an der Südflanke des Bergwerks Asse speist sich heute aus solchen Lösungen, die über den Scherdeformationsbereich und eventuell auch über Störungen und Klüfte (Abbildung 25) in den Rötanhydrit gelangen, sich im Rötanhydrit mit Halit sättigen und mit dem dort vorhandenen Polyhalit unter Bildung von Anhydrit reagieren.

Der Salzlösungszutritt in die Südflanke der Schachanlage Asse erfolgt demnach wahrscheinlich gemäß Szenario 1 (Lösungsfluss aus dem Unteren Muschelkalk über den gebirgsmechanisch entstandenen Scherdeformationsbereich im Oberen Buntsandstein, bis zum Übertritt über die Auflockerungszone im Salinar in das Grubengebäude).

Aus geochemischer Sicht sind auch die Szenarien 2 und 3, also ein Lösungsfluss über das verstruzte Deckgebirge durch den Gipshut oder am Gipshut vorbei in den Rötanhydrit und dort abwärts bis zum Übertritt über die Auflockerungszone im Salinar in das Grubengebäude, möglich. Da die Bereiche im Rötanhydrit oberhalb des Grubengebäudes gebirgsmechanisch im Vergleich zu dem Scherdeformationsbereich, der sich durch den Rötanhydrit und den Oberen Buntsandstein in den Muschelkalk erstreckt, wesentlich geringer beansprucht und stärker eingespannt sind, ist ein Zutritt der Lösungen vom Salzspiegel oder den Anhydritmitteln über den Rötanhydrit in die Auflockerungszone des Grubengebäudes jedoch eher unwahrscheinlich, aber nicht gänzlich auszuschließen.

Ebenfalls nicht ganz auszuschließen, wenn auch wenig wahrscheinlich, ist das Szenario 5 (Lösungsfluss über das verstruzte Deckgebirge und den Gipshut in die Anhydritmittel und dort entlang bis zum Übertritt in den Rötanhydrit, hier abwärts bis zum Übertritt über die Auflockerungszone im Salinar in das Grubengebäude).

Das Szenario 4, also ein direkter Übertritt von Lösungen aus dem verstruzten Deckgebirge bzw. dem Gipshut über die Anhydritmittel in das Grubengebäude, ist als Zutrittsfad mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auszuschließen.

Die favorisierte Modellvorstellung für den Salzlösungszufluss an der Südflanke der Schachanlage Asse lässt sich wie folgt beschreiben:

Lösungen fließen im Deckgebirge hauptsächlich in den Schichtaquiferen und dort auf Störungen und Klüften sowie schichtquerend in den Aquitarden auf Wegsamkeiten entlang von Störungen. Der Salzlösungszutritt ist eng mit den bergbaubedingten Verformungsprozessen im Grubengebäude und deren Auswirkungen auf die Deckgebirgsschichten an der Südflanke verknüpft. Unterhalb 700 m Teufe nimmt die Mächtigkeit der Steinsalzbarriere zwischen Grubengebäude und Deckgebirge deutlich zu. Dies führt zu einer vergleichsweise geringen Beanspruchung der Deckgebirgsschichten [45]. Zwischen der 700-m-Sohle und der 511-m-Sohle kommt es südlich der Abbaue zu Verformungen im Deckgebirge, die einer Durchbiegung entsprechen. Da oberhalb von 511 m Teufe der Durchbaugrad deutlich abnimmt, werden in diesem Teufenbereich, der mechanisch als harter Übergang wirkt (Abbaukante), die höchsten Beanspruchungen im Deckgebirge wirksam. Dies führt zu einer Aktivierung des geogen angelegten Trennflächengefüges im südlichen Deckgebirge zwischen der 511-m-Sohle und der 574-m-Sohle, d.h. zwischen 500 m und 574 m Teufe (Abbildung 26).

Aus dem Unteren Muschelkalk und/oder Oberen Buntsandstein treten über diesen Scherdeformationsbereich sowie geogen angelegten Störungen Salzlösungen durch den Oberen Buntsandstein dem Rötanhydrit zu.

Die Salzlösung dringt im Einflussbereich bergbauinduzierter Verformungen in den Rötanhydrit ein, wo infolge der Durchbiegung der Deckgebirgsschichten über dem Baufeld an der Südflanke und dem lastabtragenden Spannungsgewölbe im Deckgebirge an den Baufeldrändern eine gebirgsmechanische Beanspruchungssituation maximaler Scherspannung vorherrscht (Abbildung 25). Dabei überlagern sich in streichender Richtung des Asse-Sattels Zerrungen und in querschlägiger Richtung eine Entfestigung von Trennflächen. Der Durchtrennungsgrad ist darin soweit erhöht, dass weiterreichende Wegsamkeiten wirksam werden. Damit ist der Fließweg im Rötanhydrit durch vom Grubengebäude ausgehende Entfestigungsprozesse mit Spannungsumlagerungen und Deformationen im Dilatanzbereich vorgegeben. Die Salzlösung kann, entsprechend des hydraulischen Gradienten, auf diesen vorgezeichneten Bahnen im Einflussbereich bergbauinduzierter Verformungen in tiefere Bereiche des Rötanhydrit und der Auflockerungszone um das Grubengebäude vordringen.

Verantwortlich für das Vordringen der Salzlösung in das Grubengebäude ist die anhaltende Verformung des Tragsystems. Diese verlief von 1985 bis 1990/1991 durch eine weitere Entfestigung des Tragsystems beschleunigt und führte dazu, dass sich Beanspruchungszustände entwickelten, die die Salzbarriere zwischen Baufeld in der Südflanke und Rötanhydrit im Bereich der 553-m-/574-m-Sohle in ihrer Wirkung aufhoben (Dilatanz). Die sich im Deckgebirge entwickelnden Scherbänder orientieren sich vornehmlich am primär vorhandenen Trennflächengefüge, d. h. dass die Salzlösung aus dem Rötanhydrit bevorzugt an einem Kreuzungspunkt zwischen den natürlich vor-

handenen Gefügeelementen und deformationsbedingt aktivierten Trennflächen dem Grubengebäude zutritt. Durch die Zunahme der Mächtigkeit der Steinsalzbarriere und generelle Abnahme der Durchlässigkeit mit der Teufe sind weitere Salzlösungszutritte aus dem Rötanhydrit in das Grubengebäude auf tieferen Sohlen unwahrscheinlich.

Vorzugsstelle für den Zutritt ist naturgemäß der Bereich der abbaubedingten starken Reduzierung der Steinsalzbarriere gegenüber dem Deckgebirge.

Der zeitliche Zusammenhang zwischen dem Schädigungsprozess im Deckgebirge und der Entwicklung der Zutrittsrate sowie die damit im Einklang stehenden geochemischen, mikroseismischen und geophysikalischen Befunde belegen, dass die Scherdeformationszone den wesentlichen Zutrittspfad darstellt.

Darüber hinaus kann sich der Zufluss untergeordnet auch über geogen angelegte Klüfte im Rötanhydrit vom verstürzten Deckgebirge her und/oder über Reservoirs in den Kluftporenräumen des Rötanhydrits selbst speisen. Diesen möglichen Migrationspfaden liegt folgende Modellvorstellung zu Grunde.

Aus dem Grundwasserbereich im Top des Salzsattels dringen Wässer auf Störungen und Klüften über das tektonisch intensiv beanspruchte verstürzte Deckgebirge in Richtung Salzsattel bis zum Gipshut vor. Auf diesem Weg gelangen sie in den Salzwasserbereich, verbunden mit einer Zunahme ihrer Salinität. Im NW der Asse-Struktur erreichen diese Lösungen den Salzspiegel. Am Salzspiegel erfolgt eine weitere Zunahme der Salinität. Die Grenze des Salzsattels gilt als wasserstauend. Aufgrund der nach Westen aufsteigenden Sattelachse der Salzstruktur kommt der Rötanhydrit mit dem Salzspiegel in Kontakt (Abbildung 25). Im Rötanhydrit können geogen angelegte Wegsamkeiten für Lösungen aus dem Gipshutbereich wirksam sein. Im Zuge des Deformationsprozesses wurden diese Wegsamkeiten mit dem Scherspannungsbereich verbunden und so zu wirksamen Fließwegen im Rötanhydrit. Salzlösungen aus dem Bereich des Gipshuts können dann im Rötanhydrit abwärts bis zum Übertritt in die Auflockerungszone im Salinar und anschließend in das Grubengebäude fließen.

Aus den dargestellten Modellvorstellungen ergibt sich folgende Einschätzung der weiteren Entwicklung des Lösungsflusses ins Grubengebäude:

Die Entwicklung des Salzlösungszutritts seit August 1988 hinsichtlich Menge und Ort lässt die Schlussfolgerung zu, dass es sich um einen deformationsbedingten Vorgang handelt. Bei den derzeit konstanten bis leicht abnehmenden Deformationsraten ist mit keiner weitreichenden Deckgebirgsauflockerung zu rechnen. Dies wird durch den bei nahe 1 liegenden Übertragungsfaktor für die untertäglich konvergierenden Volumen zu den durch übertägige Senkung entstehenden Volu-

men des Senkungstrogens belegt (bezogen auf die jeweiligen Raten). Die Schüttungsmenge des Salzlösungszutritts wird sowohl durch die Durchlässigkeit des geogen angelegten und nicht bergbaubedingt beeinflussten Deckgebirges als auch durch die Durchlässigkeit im bergbaubeeinflussten Bereich des Deckgebirges limitiert.

Erste Salzlösungszuflüsse, aus denen sich der heutige Salzlösungszufluss entwickelt hat, wurden im Jahr 1988 im Abbau 5 der 553-m-Sohle und dann im September des gleichen Jahres unterhalb der 553-m-Sohle am Rollloch zum Abbau 5 der 574-m-Sohle entdeckt. Von da an verlagerte sich die Zutrittsstelle (Auffangstelle) von Abbau 5 nach Abbau 3 und von der 553-m-Sohle zur 637-m-Sohle. Der eigentliche Salzlösungszutritt in das Grubengebäude liegt - wie auch historisch bekannt - auf höheren Sohlen des Grubengebäudes (Bereich 532-m-/553-m-Sohle).

Daraus folgt, dass die primär im Bereich der 532-m-/553-m-Sohle aus dem Rötanhydrit zutretende Salzlösung sich innerhalb der Auflockerungszone an der Südflanke der Abbaue abwärts bis derzeit in Teufe des Abbaues 3 der 658-m-Sohle bewegt hat (Abbildung 24) und sich weiter auf tiefere Sohlen verlagern kann. Der Zutritt muss dabei nicht unbedingt auf eine Abbaureihe begrenzt sein, sondern kann auch weitere Abbaureihen betreffen, je nach Entwicklung des Spannungs- und Verformungszustandes im Bereich der Südflanke.

Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Salzlösung noch vor dem Ende der Betriebsphase die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle westlich des Hauptpfeilers erreicht.

6 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die seit August 1988 bis zum 31.12.2004 im Grubengebäude der Schachanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase chronologisch zusammen. Die Informationen über die Zutrittsstellen wurden Gutachten, Studien, Berichten etc. entnommen. Alle in diesem Bericht beschriebenen Zutrittsstellen sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

In Verbindung mit neueren Untersuchungsergebnissen wurde eine Modellvorstellung über den Lösungszutritt an der Südflanke der Schachanlage abgeleitet.

6.1 Chronologie

6.1.1 Salzlösungszuflüsse

Insgesamt konnten 32 aktive Zutrittsstellen ab 1988 recherchiert werden. Die seit Ende der 80er Jahre in den Abbauen der Südflanke aufgetretenen Salzlösungszuflüsse können hinsichtlich ihrer Volumenströme bzw. Zuflusszeiten als markant bezeichnet werden. Sie haben sich zum Teil mehrfach verlagert und bildeten sekundäre Tropfstellen, von denen einige wieder trocken gefallen sind. Technische Maßnahmen in den Abbauen 3 auf der 637- und 658-m-Sohle haben dazu geführt, dass vermutlich der größte Teil der zufließenden Salzlösungen im Grubengebäude gefasst werden kann.

Mit Ausnahme des Salzlösungszuflusses in der Abbaureihe 3 an der Südflanke sind alle übrigen Zutritte von Salzlösungen in die Schachanlage Asse II für die Betriebssicherheit sowie den Nachweis der Langzeitsicherheit ohne Bedeutung. Ihre chemische Zusammensetzung deutet auf Lösungsvorkommen innerhalb des Salzsattels hin bzw. die Zutrittsmenge ist vernachlässigbar klein.

Die derzeit im Grubengebäude der Schachanlage Asse II aufgefangenen Salzlösungen werden in Menge und chemischer Zusammensetzung erfasst. Die Angaben sind in tabellarischer bzw. graphischer Form diesem Bericht mit Stand Dezember 2004 beigelegt. Die Darstellungen werden fortgeschrieben.

Sämtliche im Grubengebäude anfallende Salzlösungen von derzeit rd. 12,2 m³/d (aus dem Bereich der Südflanke der Schachanlage Asse II und aus den Bereichen südlich der Kaliabbaue) wurden bis Ende 2003 dem Versatz in die Abbaue der Südflanke zugegeben. Seit Mitte 2004 werden die Salzlösungen im Laugensumpf auf der 875-m-Sohle vorübergehend gespeichert. Ab April 2005 werden die Salzlösungen dann nach Übertrage gefördert und abtransportiert. Die Lauge aus den

Kaliabbauen erfüllt die Anforderungen an das Schutzfluid und wird deshalb in den Tiefenaufschluss geleitet.

6.1.2 Gaszutritte

Seit 1988 waren keine bedeutenden Gaszutritte in das Grubengebäude der Schachanlage Asse II zu verzeichnen. Wenn vorhanden, dann waren diese so gering, dass sie nicht einmal bestimmt werden konnten. Sie sind für die Betriebsphase ohne Bedeutung.

6.2 Modellvorstellung zur Herkunft des Salzlösungszuflusses an der Südflanke der Schachanlage Asse

Während des Aufstiegs des Salzstocks kam es vermutlich zu einem Austritt $MgCl_2$ -reiche Lösungen in den Oberen Buntsandstein und den Muschelkalk. Diese Lösungen bewirkten im Rötanhydrit eine Umbildung von Anhydrit zu Polyhalit und führten im Buntsandstein und Muschelkalk zur Dolomitisierung von Calcit. Dabei entstanden $CaCl_2$ -normative Lösungen mit relativ hohen $MgCl_2$ -Gehalten. Durch die zunehmende gebirgsmechanische Beanspruchung des Deckgebirges entwickelte sich ausgehend von den oberen Sohlen des Grubengebäudes ein Bereich erhöhter Scherbeanspruchung der mit einer Erhöhung des Durchtrennungsgrades und somit auch der Durchlässigkeit verbunden war. In diesem Scherdeformationsbereich drangen Lösungen aus dem Muschelkalk bis in das Grubengebäude vor. Der Zutritt an der Südflanke des Bergwerks Asse speist sich heute sehr wahrscheinlich aus solchen Lösungen.

Nicht auszuschließen ist auch eine Zumischung von Salzlösungen, deren Reservoir im verstürzten Deckgebirge zu suchen ist, in diesem Scherdeformationsbereich. Diese Lösungen drangen dann bis zum Salzspiegel und anschließend in den Rötanhydrit und von dort in den Scherspannungsbereich vor.

Die favorisierte Modellvorstellung zur Herkunft des Salzlösungszuflusses in der Abbaureihe 3 an der Südflanke der Schachanlage Asse beinhaltet daher:

1. Zutritt von salinen Lösungen über den Scherdeformationsbereich aus dem Unteren Muschelkalk und/oder Oberen Buntsandstein

oder / und

Zutritt von salinen Lösungen aus dem verstürzten Deckgebirge über den Salzspiegel

in den Rötanhydrit,

2. Fließweg im Rötanhydrit mit dortiger Aufsättigung an Halit und Reaktion mit Anhydrit und Polyhalit,
3. Salzlösungszutritt in das Grubengebäude der Schachanlage Asse aus dem Scherspannungsbereich der zudem an der schwächsten Stelle der Steinsalzbarriere liegt,
4. Fließweg im Bereich des Grubengebäudes innerhalb der Auflockerungszone.

Die Versatzmaßnahme in den Abbauen der Südflanke wirkte sich bisher nicht auf die Zutrittsmenge aus. Dies ist entsprechend der gebirgsmechanischen Modellrechnungen auch nicht zu erwarten, da die Scherbeanspruchungsraten im Deckgebirge sich derzeit noch auf hohem Niveau befinden und auch bis zur vollständigen Verfüllung des Grubengebäudes mit Schutzfluid anhalten werden. Es ist davon auszugehen, dass die Schüttungsmenge des Salzlösungszutritts durch die hydraulischen Parameter einerseits des geogen angelegten und wenig bergbaubedingt beeinflussten Deckgebirges und andererseits innerhalb des bergbaubeeinflussten Bereichs des Deckgebirges limitiert wird.

Für die Standsicherheit des Tragsystems im Grubengebäude der Schachanlage Asse II geht während der Betriebsphase keine akute Gefahr von der derzeitigen Menge des Salzlösungszuflusses aus. Wohl aber besteht nach wie vor die Gefahr einer Verlagerung der Zutrittsstelle im Grubengebäude. Sollte sich der Salzlösungszutritt weiter nach unten, also unterhalb der derzeitigen Auffangstelle im Niveau der 658-m-Sohle verlagern, kann nicht ausgeschlossen werden, dass Salzlösung in die Einlagerungskammern eindringt und kontaminierte Lösung die Umsetzung der Schließungsmaßnahmen erheblich behindert.

7 Quellenverzeichnis

- [1] GSF, Forschungsbergwerk Asse, Grubenbild der Schachanlage Asse Verzeichnis der Laugenaustrittsstellen, Reg.-Nr.: Laugenver. 02, Stand : 07/00.
- [2] Hentschel (1961) Zusammenstellung der Laugenzuflüsse auf den Schachanlagen Asse I, II und III, 20.05.1961.
- [3] Burbach AG, Tabellarische Aufzeichnungen über die Laugenzuflüsse im nordwestl. Kalilager aus den Jahren 1940 bis 1943.
- [4] Kühn K., Klarr K., 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, 6. November 1967, GSF-Bericht T10.
- [5] Krieger K.-H., Schütte H., Harre M., Sauer R., Schubert J., Fleisch E. (1997) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld, Bergamt Goslar, Gefahrenabschätzung für die Schachanlage Asse, Stand: Juni 1993, NLFB-Archiv-Nr.: 109080, Tgb-Nr.: 1484/97, 01.07.1997.
- [6] Opp O., Dürr K. (1988) Laugentropfstelle in Kammer 5/532 und 5/553 – Kurzgefasste Chronologie, August / September 1988.
- [7] Schauer mann, V.: Kurzberichte über den Laugezutritt im Bereich der Südflanke, Zeitraum Januar 1990 bis Dezember 2004.
- [8] Herbert H.-J. (2000) Zur Geochemie und geochemischen Modellierung hochsalinärer Lösungen mineralischer Rohstoffe, Geologisches Jahrbuch, Reihe D, Heft SD 1, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, ISBN.
- [9] Herbert H.-J. und Sander W. (1997) Projekt Asse-Laugen. Geochemische Bewertung zum Chemismus der Salzlösungen. Berichtszeitraum 01.07.1997 bis 31.12.1997, GRS, Braunschweig, 41 Seiten, unveröffentlichter Bericht.
- [10] Herbert H.-J., Reichelt Chr. und Sander W. (1999) Projekt Asse-Laugen. Geochemische Bewertung zum Chemismus der Salzlösungen. Berichtszeitraum 27.03.1997 bis 30.06.1999, GRS, Braunschweig, 55 Seiten, unveröffentlichter Bericht.
- [11] Nishri A., Herbert H.J., Jockwer N. und Stichler W. (1988) The geochemistry of brines and minerals from the Asse Salt Mine, Germany, Applied Geochemistry, 3, 317-332.

- [12] Damm J., Jenker B., Kali und Salz Consulting GmbH Kassel (1987) Elektromagnetische Reflexions- und Durchstrahlungsmessungen auf der Schachanlage Asse II.
- [13] Blohm E.K. (1978) Bericht über Geophysikalische Messungen mit der Methode Mise a la Masse über der Salzstruktur Asse.
- [14] Damm J. und Greving A., Kali und Salz Consulting GmbH Kassel (1989) Elektromagnetische Reflexions- und Durchstrahlungsmessungen auf der Schachanlage Asse II in den Abbaukammern an der südwestlichen Salzflanke.
- [15] Richter T. und Lindner U., Kali Südharz AG (1991) Geophysikalische Testmessungen zur Erkundung der Flanke und Sattelstrukturen im Salzstock der Schachanlage Asse.
- [16] Richter T. und Lindner U., Kali Südharz AG (1992) Geophysikalische Testmessungen zur Erkundung der Flanke und Sattelstrukturen im Salzstock der Schachanlage Asse.
- [17] Yaramanci U. (1997) Bericht 1+2: Bestandsaufnahme und Bewertung aller bisher durchgeführten geophysikalischen Erkundungsarbeiten an der Südflanke der Asse mit Defizitanalyse und Empfehlungen zu ergänzenden Messungen.
- [18] Thierbach R., Schuricht R., Niedersächsisches Landesamt für Bodenkunde (NLfB) (1996) EMR-Messungen zu Erkundung von Strukturen an der Südflanke des Forschungsbergwerkes Asse.
- [19] Yaramanci U. (1999) Abschlussbericht: Bestandsaufnahme und Bewertung aller bisher durchgeführten geophysikalischen Erkundungsarbeiten an der Südflanke der Asse mit Defizitanalyse und Empfehlungen zu ergänzenden Messungen.
- [20] Seidel G., Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH (1999) Bericht: Geoelektrische Erkundung von Wegsamkeiten für einen Salzlösungszutritt im Forschungsbergwerk Asse Teil 1: Modellierung.
- [21] Batsche H., Klarr K. und von Stempel C. (1994) GSF – Forschungsbergwerk Asse, Hydrogeologisches Forschungsprogramm Asse, Abteilungsbericht, IfT 4/94, unveröffentlichter Bericht.
- [22] Stockmann N. (1996) GSF – Forschungsbergwerk Asse, Zusammenfassende Darstellung der Laugensituation am Standort Asse, unveröffentlichter Bericht.

- [23] Drost W., Pfister M. und Seiler K.-P. (1997) Ergebnisse zur Grundwasserströmung im Deckgebirge des Salzstockes Asse, Bericht GSF – Institut für Hydrologie, Neuherberg, unveröffentlichter Bericht.
- [24] Graf W., Lang, H., Seiler K.-P. und Zapata, R. (2002) Numerische Modellrechnungen zum Transport von Radionukliden und toxischen Begleitstoffen im Grundwasser des Deckgebirges der Asse und seiner Umgebung – Themenschwerpunkt Isotopenuntersuchungen, GSF – Institut für Hydrologie, Neuherberg.
- [25] Stockmann N. (1999) Programm zusätzlicher Arbeiten zur Gewährleistung der Sicherheit für den Standort des Forschungsbergwerkes Asse, internes Ergebnisprotokoll zum Sachverständigengespräch vom 25./26.02.1999.
- [26] Stockmann N. (2000) GSF – Forschungsbergwerk Asse, Geotechnische Sicherheitsanalyse für die Schachtanlage Asse – Betriebsphase, Band 1 und 2, unveröffentlichter Bericht.
- [27] Graf W., Pfister M.; Seiler K.-P. und Turberg P. (2000): Untersuchungen zur Grundwasserbewegung im Umfeld der Schachtanlage Asse II. Abschlussbericht: Textband: 55 S., Anlagenband: 13 Tab., 63 Abb., GSF – Institut für Hydrologie, Neuherberg, unveröffentlichter Bericht.
- [28] Herrmann U. und Kümpel H.-J. (2000) Analyse und Interpretation einer in der Bohrung Remlingen 6 aufgenommenen Messreihe zur Bestimmung der barometrischen Effizienz, des Skempton-Parameters, der Gezeiteneffizienz und der Phasenverschiebung der Hauptzeitenwellen M2 und O1., 22 S., Bonn, unveröffentlichter Bericht.
- [29] ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, Franzke, H.-J., Schwandt, A. (2004) Zusammenfassung der geologischen Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung der Schachtanlage Asse II, EGB 03-003, 16.06.2004, Erfurt.
- [30] GEOPHYSIK GGD (1998) Seismische Arbeiten zur Strukturerkundung des Deckgebirges im Gebiet des Forschungsbergwerkes Asse – Hauptphase, 30.04.1998, Leipzig.
- [31] Hente B. (1998) GSF – Forschungsbergwerk Asse, Seismische Ausbreitungsmessungen im Deckgebirge der Südflanke der Schachtanlage Asse, November 1998, Remlingen, unveröffentlichter Bericht.
- [32] Preusse A. und Sroka A. (2000) Bergschadenkundliches Senkungsvorausrechnungsmodell für die Schachtanlage Asse, Juni 2000, Aachen.

- [33] Kamlot P., Günther R.-M. und Menzel W. (1999) Modellierung der Betriebsphase des Bergwerkes Asse sowie der gebirgsmechanischen Erscheinungen im Deckgebirge, Juni 1999, Leipzig, unveröffentlichter Bericht.
- [34] Schwandt A. (1992) Gutachterliche Bewertung des Salzlösungsaustritts an der Südflanke der Schachanlage Asse II in den Abbauen 3 der 574-m-Sohle und 5 der 532-m-Sohle, Mai 1992, Erfurt.
- [35] Quijano Rosselli A. (2001) Dritter Bericht über visuelle Beobachtungen in den Pfeilen, GSF - Forschungsbergwerk Asse.
- [36] Quijano Rosselli A. (2001) Zweiter Bericht über visuelle Beobachtungen in den Pfeilen, GSF - Forschungsbergwerk Asse.
- [37] Quijano Rosselli A. (1998) Erster Bericht über visuelle Beobachtungen in den Pfeilen, GSF - Forschungsbergwerk Asse.
- [38] Schwandt A. (1978) Zusammenhänge zwischen Geologie und Zuflüssen von Salzlösungen und Wässern in Kali- und Steinsalzgrubenfeldern des Saale Unstrut- und Nordharz-Kaligebietes, Jahrbuch der Geologie, Bd 9/10, 175-260.
- [39] Jockel A., Rauche H., Schwandt A., Voigt H., Voigt W. (2003) Geochemische Bewertung der Salzlösungszutritte im Bergwerk Asse II, März 2003, Erfurt.
- [40] Stockmann, N., Heydorn, M., Marggraf, G., Hensel, G. (2003) Zusammenstellung und Bewertung der vor 1988 im Grubengebäude der Schachanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase, GSF - Forschungsbergwerk Asse.
- [41] Stockmann, N., Hensel, G. (2003) Geotechnisches Kontroll- und Überwachungssystem zur Gewährleistung der Sicherheit der Schachanlage Asse, Schriftenreihe des Inst. F. Markscheidewesen u. Geodäsie, Heft 1-2003, TU Bergakademie Freiberg.
- [42] Schmidt, K. (2006) Geochemische Untersuchungen zur Herkunft salinärer Lösungen - Sr- und Pb-Isotope als Tracer in Lösungen des FB Asse, Rev. 02, Januar 2006, Institut für Mineralogie und mineralische Rohstoffe, TU Clausthal.
- [43] Resele, G. (2005) Konzeptuelles Modell für den Lösungszutritt „Scherspannungsbereich S3/D9 und Anhydritmittel“, Memorandum 3331/66, Rev. 01, 17.08.2005, Colenco Power Engineering AG, Baden/Schweiz.

- [44] Bracke, G., Herbert, H.-J., Reichelt, C. (2005) Analytik, chemische Überwachung und Dokumentation der Salzlösungen des Forschungsbergwerks Asse, Berichtszeitraum 2002 bis 2004, ISTec-A-1003, Oktober 2005.
- [45] Kamlot, P., Brückner, D., Böhnel, H., Günther, R.-M. (2005) Tragfähigkeitsanalyse des Gesamtsystems der Schachanlage Asse in der Betriebsphase, Rev. 01, 30.06.2005, IfG, Leipzig.
- [46] Schwandt, A. (2005) Zum Einfluss der Bruchtektonik im Kalibergbau, S. 345 – 355 in Tagungsband zum 5. Altbergbau-Kolloquium 03.-05.November 2005, TU Clausthal.

Exemplar für BMBF und BMU

8 Glossar

Auflockerungszone(n) ⇒ Bezeichnung für durch dilatante Verformungen aufgelockerte Bereiche um Grubenbaue.

Betriebslösungen ⇒ $MgCl_2$ -führende Lösungen, die im Rahmen der betrieblichen Maßnahmen im Bergwerk entstehen. Die Herkunft dieser Lösungen ist anthropogen und stets bekannt. Es können Versatzlösungen, Wetterlösungen sowie Schachttropfwässer unterschieden werden. Betriebslösungen sind unkritisch für die Betriebssicherheit, da es sich um begrenzte Mengen bekannter, anthropogener Herkunft handelt.

Deckgebirge ⇒ Bezeichnung für die Gesamtheit der anstehenden Schichten im Hangenden der Salzflanke des Asse-Sattels bis zur Tagesoberfläche.

Deckgebirgslösungen ⇒ Lösungen, die einem offenem System entstammen und Verbindung mit den Grundwasserleitern des Deckgebirges haben. Die Zuflussraten werden zum einen durch das Grundwasserdargebot und zum anderen durch ggf. zuflussbegrenzende Engstellen im Zuflusssystem kontrolliert. Aufgrund ihres Restlösevermögens gegenüber Salzgesteinen sind Deckgebirgslösungen für die Betriebssicherheit als sehr kritisch zu bewerten.

Lösungen des Typs „Asse-Südflanke“ ⇒ NaCl-reiche Lösungen mit Kontakt zu Deckgebirgswässern. Die Lösungen sind durch eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung (Zunahme der NaCl- und Abnahme der $MgCl_2$ -Komponente) über den Beobachtungszeitraum charakterisiert. Der mengenmäßiger Verlauf des Zuflusses ist nicht vorhersagbar.

Metamorphoselösungen ⇒ salzstockinterne $MgCl_2$ -reiche Lösungen ohne Kontakt zu Deckgebirgslösungen. Diese Lösungen sind durch meist geringe, zeitlich begrenzte Zuflussmengen und eine chemisch nahezu konstante Zusammensetzung über den Beobachtungszeitraum charakterisiert. Sie zeichnen sich durch relativ hohe Br-Gehalte zwischen 2,97 und 8,09 g/l und Dichten um $1,3 \text{ g/cm}^3$ aus.

Salzlösungszutritt ⇒ Bezeichnung für einen Bereich an der Südflanke des Asse-Sattels, über den Salzlösung zwischen 500 m und 574 m Teufe aus dem Rötanhydrit – als liegende Schicht des Deckgebirges – in die Steinsalzbarriere eindringt

Steinsalzbarriere ... Steinsalzschutzschicht ⇒ Bezeichnung für das Steinsalzpaket zwischen Grubengebäude und Deckgebirge



Zutritt(e) ... Zutrittsstelle(n) ⇒ Bezeichnung für Orte, an denen Salzlösungen sichtbar in das Grubengebäude eintreten

a) *Primäre Zutrittsstelle(n)* ⇒ Zutrittsstellen, die aufgrund ihrer geodätischen Lage und ihrer Position im Grubengebäude als die dem Salzlösungszutritt am nächsten gelegene Zutrittsstelle in einer Abbaureihe identifiziert werden konnten. Benennung z.B. L19.

b) *Sekundäre Zutrittsstelle(n)* ⇒ Zutrittsstellen, die aufgrund der Migration von Salzlösungen innerhalb der Auflockerungszone des Grubengebäudes auftreten. Diese sekundären Zutrittsstellen lassen sich meist einer primären Zutrittsstelle zuordnen. Die Benennung erfolgt entsprechend, z.B. L19a bis h.

Exemplar für BMBF und BMU

9 Tabellen

Tabelle 1: Salzlösungen und Gase im Grubengebäude der Schachanlage Asse II ab 1988, Stand: 31.12.2004

Lf d. Nr.	Nr. lt. Laugenstellenverzeichnis	Zeichn. Darstellung		Lage der Zutrittsstelle	Koordinaten			Auftreten der Zutrittsstelle	Verschluss der Zutrittsstelle	Art	Menge	Beschreibung im Kapitel	Probenentnahmestellen
		Sohlen-Riss	Plan-quadrat		Rechts ⁴⁴⁰	Hoch ⁵⁷⁷	NN						
1	L6	725 m Nord	d 2	Kaliabbau 14, östl. Stoß	8844	8550	- 536	01.08.1939	augenscheinlich versiegt 09.10.1939	Lauge	max: 138 m³/d	2.1	
2	L7	725 m Nord	d 2	Kaliabbau 13, westl. Stoß	8866	8540	- 536	19.05.1941	augenscheinlich versiegt 01.09.1942	Lauge			
3	L8	725 m Nord	d 1	Kaliabbau 14, westl. Stoß	8798	8567	- 536	20.08.1941	augenscheinlich versiegt 18.08.1941	Lauge			
4	L10a	553 m	e 6	Abbau 9, Firste	9276	7978	- 344	Feb. 1999 vorgefunden		Lauge	n.b. *	2.3	
6	-	553 m	c 3	Extensometerbrg. im Pfeiler 3/4	8905	8156	- 345	05.08.1994		Lauge	n.b.		
7	L17	532 m	d 3	Abbau 5, südl. Stoß	8969	8075	- 323	22.08. 1988	25.04.1989 versiegt	Lauge	Σ : ~ 18,3 m³	2.3	
8	L17a	553 m	d 3	Abbau 5, Firste	8971	8081	- 344	19.08.1988	03.02.1989 versiegt	Lauge	Σ : ~ 15,2 m³	2.3	
9	L17b	553 m	d 3	Abbau 5, SW-Ecke	8950	8067	- 348	19.08.1988	03.02.1989 versiegt	Lauge			
10	L17c	574 m	d 3	Abbau 5, Firste	8972	8069	- 365	22.08.1988	April 1989 versiegt	Lauge	n.b.	2.3	
11	L17d	574 m	d 3	Wendelstr. BGR - Feld	8991	8089	- 358	01.09.1988	03.02.1989 versiegt	Lauge	Σ : ~ 15,8 m³	2.3	
12	L17e	595 m	d 3	Abbau 5, Firste	8971	8063	- 386	Juli 1997 trocken vorgefunden		Lauge		2.3	
13	L17f	616 m	d 3	Abbau 5, Firste	8954	8062	- 407	12.01.1989 trocken vorgefunden		Lauge		2.3	
14	L17g	616 m	d 3	Abbau 5, SW-Ecke	8946	8050	- 407	12.01.1989	27.10.1989 versiegt	Lauge	Σ : ~ 6,4 m³	2.3	
15	L17h	637 m	d 3	Abbau 5, Firste	8951	8049	- 428	12.01.1989	27.10.1989 versiegt	Lauge	Σ : ~ 3,5 m³	2.3	
16	L18	595 m	d 3	Abbau 4, Südstoß (Mitte)	8886	8082	- 400	24.10.1996 trocken vorgefunden		Lauge		2.3	
17	L18a	595 m	d 2	Abbau 4, Südstoß (westl.)	8905	8073	- 400	24.10.1996 trocken vorgefunden		Lauge		2.3	
18	L18b	637 m	d 3	Abbau 4, Firste	8920	8069	- 428	12.01.1989 trocken vorgefunden		Lauge		2.3	
19	L19	574 m	c 2	Abbau 3, SW-Ecke	8810	8118	- 379	07.09.1989 vorgefunden	07.05.1990 versiegt 07.03.1991 wieder aktiv 3/92 wieder versiegt	Lauge	n.b.	2.3	
20	L19a	595 m	c 2	Abbau 3, Südstoß (Firste)	8826	8118	- 386	April 1990 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	



Lf d. Nr.	Nr. lt. Laugenstellenverzeichnis	Zeichn. Darstellung		Lage der Zutrittsstelle	Koordinaten			Auftreten der Zutrittsstelle	Verschluss der Zutrittsstelle	Art	Menge	Beschreibung im Kapitel	Probenentnahmestellen
		Sohlen-Riss	Plan-quadrat		Rechts ⁴⁴ 0....	Hoch ⁵⁷ 7....	NN						
21	L19b	616 m	c 2	Abbau 3, SW-Ecke	8817	8129	- 407	16.12.1991 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	
22	L19c	616 m	c 2	Abbau 3, SE-Ecke	8860	8108	- 407	16.12.1991 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	
23	L19d	637 m	c 2	Abbau 3, Firste	8849	8106	- 428	12.08.1989	21.03.2002 versiegt	Lauge		2.3	AS 003
24	L19e	658 m	c 2	Abbau 3, Firste	8815	8128	- 449	23.01.1989 trocken vorgefunden	28.04.1989 wieder aktiv 17.05.1989 versiegt 03.06.1989 wieder aktiv	Lauge	z.Z. 10,8 m³/d	2.3	AS 011 bis AS 013
25	L19f	700 m	d 2	Abbau 6, östl. Stoß	8862	8097	- 492	23.03.1991 vorgefunden		Lauge	max : 1,9 m³/d	2.3	
26	L19g	700 m	c 2	Abbau 5, Firste	8882	8118	- 492	Oktober 1991 vorgefunden		Lauge	max : 0,75 m³/d	2.3	
27	L19h	750 m	d 2	2. südl. Richtstr. n. Westen, Rollloch 2	8865	8098	- 550	28.05.1993 vorgefunden		Lauge	0,3 m³/d (Σ lfd. Nr. 27, 31-32)	2.3	AS 017
28	L20	595 m	c 1	Abbau 2, Südstoß (westl.)	8762	8142	- 388	20.06.1997 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	
29	L20a	616 m	c 1	Abbau 2, SW-Ecke	8759	8160	- 407	24.10.1996 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	
30	L20b	637 m	c 1	Abbau 2, SW-Ecke	8762	8156	- 428	05.01.1995 vorgefunden		Lauge	n.b.	2.3	
31	L19j	750 m	c 1	Abbau 9, SW-Ecke	8743	8130	- 542	02.11.1993 vorgefunden		Lauge	siehe lfd. Nr. 27	2.3	AS 006/K9
32	L19k	750 m	c 1	2. südl. Richtstr. n. Westen, Rollloch 1	8733	8169	- 550	12.08.1993 vorgefunden		Lauge	siehe lfd. Nr. 27	2.3	AS 006/R1
33	L19l	725 m	c 1	Rollloch 1 in Zugangsstrecke zwischen Abbau 1 und Abbau 2	8743	8165	- 526	Juni 2003 angefahren		Lauge	siehe lfd. Nr. 34, max. 10 l/d	2.3	AS 006/R1 - 725
34	L19i	725 m	c 2	Laugensumpf in Zugangsstrecke vor Abbau 3	8806	8133	- 531	Oktober 2003 aufgefahren		Lauge	ca. 0,7 m³/d (Σ lfd. Nr. 33-34)	2.3	AS 006/K3

* n.b. = nicht bestimmbar

Tabelle 2: Zuflussraten der Salzlösungen aus dem nordwestlichen Kalilager nach 1943

Datum	Zuflussrate [m³/d]	Quelle
Anfang 1953 – Mai 1961	0,72	[2]
seit 1963	< 1	[4]
Nov. 1967	~ 0,7	[4]
1994	0,2 – 0,3	[5]
1995 – 2004	0,3 – 0,5	Siehe Kapitel 3

Tabelle 3: Zutritt von Salzlösung in der Abbaureihe 5 und im Abbau 4 auf der 637-m-Sohle auf der Südflanke der Schachanlage Asse

Tropfstelle	Bezeichnung lt. Grubenbild	Versiegt am	Gefasste Menge [m³]	Dichte [g/cm³]	NaCl [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]
532-m-Sohle, Abbau 5	L17	25.04.1989	18,3	1,22	195	90	27
553-m-Sohle, Abbau 5	L17a, L17b	03.02.1989	15,2	1,23	175	110	39
553/574-m-Sohle, BGR-Messfeld	L17d	03.02.1989	15,8	1,24	130	160	42
574-m-Sohle, Abbau 5	L17c	4/89	n.b.*				
616-m-Sohle, Abbau 5	L17g	27.10.1989	6,4	1,30	32	290	48
	L17f		Am 12.01.1989 trocken vorgefunden				
637-m-Sohle, Abbau 5	L17h	27.10.1989	3,5	1,31	23	335	33
637-m-Sohle, Abbau 4	L18b		Am 12.01.1989 trocken vorgefunden				
		Summe :	59,2				

* n.b. = nicht bestimmbar

Tabelle 4: Probenahmestellen der Salzlösungen im Grubengebäude der Schachanlage Asse

Lfd. Nr.:	Bezeichnung	Nr. lt. Laugenstellenverzeichnis	Lage der Probenahmestelle	Bemerkungen
1	AS 001	L19d	637-m-Sohle, Abbau 3, nordöstl. Ecke	nicht mehr zugänglich
2	AS 002	L19d	637-m-Sohle, Abbau 3, Südstoß	nicht mehr zugänglich
3	AS 003	L19d	637-m-Sohle, Abbau 3, Südstoß	versiegt 21.03.2002
4	AS 004	L19d	637-m-Sohle, Abbau 3, südöstl. Ecke	versiegt 21.03.2002
5	AS 005	L19d	637-m-Sohle, Abbau 3, nordwestl. Ecke	nicht mehr zugänglich
6	AS 006/K9	L19j	750-m-Sohle, 2. südl. Richtstr. n. Westen südlich von Rollloch 1	Zutritt aus Abbau 9/750, fast versiegt, nicht mehr beprobbar seit Nov.2003
7	AS 006/K3	L19i	725-m-Sohle, Zugangsstrecke vor Abbau 3 aus Laugensumpf	Zutritt aus Abbau 3/725
8	AS 006/R1	L19k	750-m-Sohle, 2. südl. Richtstr. n. Westen aus Rollloch 1	versiegt Nov.2003
9	AS 006/R1-725	L19l	725-m-Sohle, Zugangsstrecke zwischen Abbau 1 und Abbau 2 aus Rollloch 1	fast versiegt, nicht mehr beprobbar seit Nov.2004
8	AS 007	L6-L8	750-m-Sohle, 3. westl. Qu. im westl. Steinsalzabbau	
9	AS 008	L6-L8	750-m-Sohle, 3. westl. Qu. Kreuzung mit Richtstr. zum Kaliabbau 14 West	
10	AS 009	L6-L8	750-m-Sohle, 3. westl. Qu. Kreuzung mit nördl. Richtstr. nach Westen	
11	AS 010	L6-L8	750-m-Sohle, 3. westl. Qu. vor Kaliabbau 11 West	
12	AS 011	L19e	658-m-Sohle, Abbau 3, südwestl. Ecke	0,12 l/s (Dez.2004)
13	AS 012	L19e	658-m-Sohle, Abbau 3, Abbaumitte	
14	AS 013	L19e	658-m-Sohle, Abbau 3, südöstl. Ecke	0,005 l/s (Dez.2004)
15	AS 014	-	616-m-Sohle, Abbaubegleitstr. im Firstniveau auf Höhe von Abbau 1	verworfen, nur feuchte Stelle im Grenzbereich Leinesalz/K2C
16	AS 015	-	850-m-Sohle, Bohrloch in der Dammbauüberfahung	Betriebslösung, versiegt
17	AS 016	-	750-m-Sohle, 2. südl. Richtstr. n. Westen bei Rollloch 1, aus Streckensohle	trocken
18	AS 017	L19h	750-m-Sohle, 2. südl. Richtstr. n. Westen aus Rollloch 2	
19	AS 018	-	750-m-Sohle, 1 westl. Querschlag zwischen 1 und 2. südl. Richtstr. n. Westen	trocken
20	AS 019	-	975-m-Sohle, Laugensumpf	Salzlösungen aus gesamten Grubengebäude
21	AS 020	-	574-m-Sohle, Firste Abbau 9, östl. Zugang	
22	AS 021	-	875-m-Sohle, Laugensumpf	Salzlösungen aus gesamten Grubengebäude
23	AS 022	-	658-m-Sohle, Abbau 3, Extensometerbohrung KA3/658/E/0,2°- EXT01 Südstoß	
24	AS 023	-	658-m-Sohle, Abbau 3, Extensometerbohrung KA3/658/E/0,2°- EXT01 Südstoß	

Tabelle 5: Mineralzusammensetzung der AS 003 im Abbau 3/637

Datum	Laborwerte									Werte vor Ort		
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₃ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
03.12.93	3,11	0	6,03	47,50	6,09	254,20				1,205		
09.02.94	4,03	0	6,84	43,60	6,85	253,70				1,205		
20.04.94	3,75	0	6,59	43,50	6,46	258,20				1,206		
17.06.94	2,52	0	7,49	48,80	7,88	244,60				1,206		
29.09.94	2,86	0	7,45	44,70	5,92	264,10				1,208		
08.11.94	2,81	0	9,92	40,90	6,18	262,90				1,206		
13.01.95	2,76	0	6,70	41,90	6,03	254,10				1,207		
28.03.95	3,06	0	7,80	41,00	6,25	261,30				1,206		
12.06.95	2,98	0	7,41	39,60	5,99	267,70				1,205		
03.11.95	2,83	0	8,23	37,30	5,49	270,50				1,204		
28.08.96	2,59	0	7,86	34,20	6,11	269,10				1,208	28,7	1,209
04.12.96	2,40	0	8,26	36,36	5,94	262,60				1,207		
24.03.97	2,59	0	8,29	31,00	6,52	267,50				1,206	29,4	1,206
10.04.97	2,59	0	8,13	36,30	6,22	268,40				1,204	29,1	1,206
24.04.97	2,35	0	8,28	29,90	6,60	268,90				1,205	28,6	1,207
06.05.97	2,37	0	8,57	29,30	6,64	268,10				1,204	29,4	1,206
23.05.97	2,34	0	8,93	29,70	7,08	270,80				1,206	29,1	1,206
09.06.97	2,38	0	8,24	29,70	6,72	273,80				1,205	28,4	1,207
25.06.97	2,45	0	8,73	34,90	6,47	270,10				1,207	29,1	1,206
03.07.97	2,42	0	8,56	34,70	6,36	271,70				1,207	29,2	1,206
17.07.97	2,50		8,60	36,95	5,99	267,68	0,57	885,00		1,207	29,3	1,206
31.07.97	2,56		8,68	36,25	5,89	269,69	0,57	872,00		1,196	29,3	1,206
12.08.97	2,42		8,71	35,86	5,80	269,07	0,57	883,00		1,205	29,1	1,206
28.08.97	3,27		8,08	34,86	4,94	271,00	0,55	883,00		1,206	29,2	1,206
11.09.97	2,72		8,63	34,82	4,90	272,25	0,54	883,00		1,207	28,9	1,207
25.09.97	2,31	< 0,10	8,76	36,19	5,51	269,75	0,55	883,00		1,206	28,6	1,207
09.10.97	2,44	< 0,10	8,81	35,64	6,17	270,00	0,54	883,00		1,207	29,1	1,206
06.11.97	1,91		9,30	34,90	4,86	270,98	0,54	885,00		1,207	29,2	1,206
04.12.97	2,04		9,49	35,75	4,75	272,09	0,56	880,00		1,205	27,3	1,207
06.01.98	2,45		9,50	37,00	5,68	268,25	0,57	881,00		1,204	28,1	1,207
09.02.98	2,72		8,74	34,91	5,36	267,66	0,59	885,00		1,205	29,4	1,206
10.03.98	2,59		8,78	34,96	5,99	271,59	0,57	880,80		1,205	29,2	1,206
08.04.98	2,45		8,84	35,32	6,02	271,30	0,56	882,00		1,206	29,0	1,207
11.05.98	2,45		8,79	34,82	5,85	269,08	0,55	883,46		1,205	28,9	1,206
17.06.98	2,72		8,75	34,93	5,89	269,58	0,55	883,58		1,206	29,3	1,206
21.07.98	2,31		8,96	34,48	5,87	267,85	0,58	884,95		1,205	29,3	1,206
18.08.98	2,45	< 0,10	8,99	34,28	5,78	272,71	0,52	880,30		1,205	29,1	1,205
14.09.98	2,45		8,94	33,78	5,70	269,52	0,52	884,10		1,205	29,3	1,206
16.10.98	2,21		11,92	31,47	6,39	271,40	0,57	880,00		1,204	29,5	1,208
12.11.98	2,72		10,03	32,57	5,59	275,10	0,57	886,40		1,213	29,3	1,208
21.12.98	2,17		9,88	33,30	6,36	271,82	0,53	882,90		1,207	29,5	1,207
27.01.99	2,18		9,93	33,24	6,25	271,95	0,57	881,90		1,206	29,2	1,207
26.02.99	2,31		9,53	37,39	4,92	266,80	0,51	884,50		1,206	29,2	1,207
24.03.99	1,70		10,14	34,90	4,96	274,13	0,51	879,66		1,206	29,2	1,207
27.04.99	1,66		9,83	34,67	5,07	273,14	0,53	880,10		1,205	29,3	1,207
02.06.99	1,83		9,83	36,94	5,15	270,93	0,52	879,80		1,205	29,8	1,207
29.06.99	1,83		7,07	37,68	5,18	266,78	0,56	886,90		1,206	29,5	1,207
28.07.99	1,94		8,85	36,19	4,77	264,84	0,54	900,90		1,218	29,7	1,207
27.08.99	1,92	< 0,05	9,54	35,63	4,96	273,63	0,55	879,77		1,206	29,7	1,206
28.09.99	1,71	< 0,05	9,05	35,17	5,10	272,45	0,63	880,89		1,205	29,5	1,207
26.10.99	1,73	< 0,01	9,64	34,71	4,81	274,00	0,55	892,56		1,218	29,8	1,206
29.11.99	1,83	< 0,01	9,18	36,82	4,77	271,82	0,59	901,99		1,227	29,3	
22.12.99	1,70	< 0,01	9,29	34,52	4,64	274,59	0,60	881,66		1,207	29,3	1,206
26.01.00	1,90	< 0,01	9,39	34,43	5,03	273,85	0,54	880,70	0,15 *)	1,206	28,8	1,207
30.03.00	2,38	< 0,01	8,76	37,75	4,61	269,20	0,60	882,21	0,49	1,206	29,1	1,206
05.05.00	2,38	< 0,01	9,14	38,38	4,77	268,70	0,62	880,72	0,29	1,205	29,7	1,206
25.05.00	2,55	< 0,01	8,01	36,31	4,52	271,00	0,76	882,56	0,29	1,206	29,3	1,206
29.06.00	2,72	< 0,01	8,50	35,52	4,73	273,53	0,53	879,36	0,11	1,205	29,7	1,206
26.07.00	2,72	< 0,01	8,41	36,49	4,56	270,47	0,54	880,70	0,11	1,204	29,9	1,206
01.09.00	2,72	< 0,01	8,20	35,30	4,30	275,31	0,53	877,53	0,11	1,204	30,0	1,206
27.09.00	2,72	< 0,01	8,31	34,52	4,16	274,04	0,54	881,61	0,10	1,206	29,4	1,206
02.11.00	2,72	< 0,01	7,98	35,00	4,38	270,73	0,56	884,52	0,11	1,206	30,0	1,206
01.12.00	2,72	0	9,34	33,73	3,97	275,11	0,52	880,50	0,11	1,206	29,3	1,205

Datum	Laborwerte											Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ *	T [°C]	ρ [g/cm ³]	
10.01.01	2,72	< 0,01	8,33	34,52	3,97	274,95	0,51	880,88	0,12	1,206	28,9	1,207	
15.02.01	2,72	< 0,01	8,66	34,27	4,14	278,18	0,51	877,40	0,12	1,206	30,0	1,206	
15.03.01	2,72	< 0,01	8,68	33,78	4,31	274,86	0,50	881,04	0,11	1,206	29,8	1,206	
18.04.01	2,72	< 0,01	8,52	34,15	4,17	273,63	0,50	882,20	0,11	1,206	29,7	1,207	
16.05.01	2,55	< 0,01	8,76	33,80	5,77	270,37	0,49	883,12	0,14	1,205	29,8	1,206	
20.06.01	0,48	< 0,01	8,85	32,85	5,87	271,34	0,48	886,99	0,14	1,207	29,4	1,206	
11.07.01	2,72	< 0,01	8,75	32,64	4,02	273,33	0,47	883,99	0,08	1,206	29,1	1,207	
15.08.01	2,72	< 0,01	8,77	34,05	4,05	271,90	0,46	884,94	0,11	1,207	29,9	1,207	
12.09.01	2,72	< 0,01	8,87	33,20	3,59	274,84	0,49	881,22	0,07	1,205	29,7	1,207	
17.10.01	2,72	< 0,01	9,08	33,52	3,70	275,14	0,49	880,29	0,06	1,205	29,3	1,207	
08.11.01	2,72	< 0,01	8,94	32,64	3,79	274,55	0,49	882,77	0,10	1,206	29,9	1,207	
10.12.01	2,72	< 0,01	8,64	32,64	3,76	274,71	0,49	883,95	0,09	1,207	29,6	1,207	
16.01.02	2,72	0	9,48	33,64	4,14	271,54	0,46	882,93	0,09	1,205	28,8	1,207	
15.02.02	2,55	0	8,37	42,87	4,31	262,35	0,58	883,86	0,11	1,205	29,9	1,208	
Mittel	2,47		8,70	35,74	5,35	269,60	0,54	882,95	0,14	1,206	29,3	1,207	
Max	4,03		11,92	48,80	7,88	278,18	0,76	901,99	0,49	1,227	30,0	1,209	
Min	0,48		6,03	29,30	3,59	244,60	0,46	872,00	0,06	1,196	27,3	1,205	

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

*) = Mg₂B₂O₅

Bemerkung: Bis zum 03.07.1997 wurden die Proben von der GRS, danach von der KUTEC analysiert.
Die Probenahmestelle AS 003 versiegte am 21.03.2002.

Tabelle 6: Mineralzusammensetzung der AS 006/R1 (Rollloch 1 auf der 750-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
27.01.1999	0,16		59,06	304,20	37,77	30,91	5,19	869,00		1,306		
26.02.1999	0,24		61,39	316,30	35,85	23,51	5,19	865,00		1,307		
24.03.1999	0,14		55,95	321,92	37,03	23,10	5,17	863,00		1,306		
27.04.1999	0,14		55,84	315,42	44,10	26,60	5,01	860,00		1,307		
02.06.1999	0,14		55,14	304,69	41,05	25,46	4,70	870,00		1,301		
29.06.1999	0,13		53,82	305,62	40,61	24,88	5,01	872,00		1,302		
28.07.1999	0,15		53,57	303,10	41,63	34,04	4,63	875,00		1,312		
27.08.1999	0,16	< 0,05	55,76	294,61	36,80	35,37	4,81	869,00		1,297		
28.09.1999	0,12	< 0,05	54,21	300,63	38,58	29,68	4,76	872,00		1,300	32,4	1,280
27.10.1999	0,10	< 0,01	56,25	322,55	33,64	22,51	5,32	870,63		1,311	32,1	1,220
29.11.1999	0,14	< 0,01	59,07	343,23	24,08	14,51	6,09	867,88		1,315	31,6	1,316
22.12.1999	0,14	< 0,01	60,38	328,53	29,90	23,81	5,86	865,38		1,314	30,2	1,314
26.01.2000	0,17	< 0,01	56,64	333,06	33,43	23,26	5,60	869,20	0,68 *)	1,321	31,3	1,311
29.02.2000	0,18	< 0,01	63,28	323,42	31,12	24,13	4,99	860,10	4,81	1,312	31,3	1,313
30.03.2000	0,24	< 0,01	61,37	330,30	28,58	21,46	8,13	865,01	0,91	1,316	31,7	1,313
05.05.2000	0,37	< 0,01	54,55	307,17	42,18	28,29	5,83	864,96	0,65	1,304	31,7	1,306
25.05.2000	0,20	< 0,01	52,11	313,77	40,86	25,88	6,52	866,97	0,69	1,307	31,6	1,305
29.06.2000	0,11	< 0,01	50,57	312,37	40,21	27,23	5,11	868,04	0,36	1,304	31,7	1,304
26.07.2000	0,11	< 0,01	50,97	327,31	36,02	23,91	5,03	861,22	0,43	1,305	32,3	1,307
01.09.2000	0,15	< 0,01	54,83	312,11	35,73	26,31	5,76	871,75	0,36	1,307	31,9	1,290
27.09.2000	0,14	< 0,01	55,97	331,69	28,43	21,26	5,48	869,63	0,40	1,313	31,9	1,312
02.11.2000	0,12	< 0,01	53,31	318,06	38,75	25,27	5,02	870,13	0,34	1,311	31,6	1,296
01.12.2000	0,11	0	59,97	361,69	14,90	16,12	5,91	860,00	0,42	1,319	31,7	1,321
10.01.2001	0,12	< 0,01	53,89	337,26	24,52	20,84	5,83	867,06	0,48	1,310	31,8	1,313
15.02.2001	0,11	< 0,01	54,59	346,07	21,26	18,84	5,37	864,26	0,50	1,311	31,4	1,206 ¹⁾
15.03.2001	0,10	< 0,01	53,78	344,04	21,62	19,37	5,68	862,97	0,44	1,308	31,4	1,314
18.04.2001	0,12	< 0,01	63,27	369,32	10,63	13,74	6,29	864,08	0,55	1,328	31,5	1,330
16.05.2001	0,31	< 0,01	54,77	330,86	32,78	21,58	4,83	869,38	0,49	1,315	31,6	1,314
20.06.2001	0,74	< 0,01	38,83	166,57	41,99	42,78	2,07	914,81	0,21	1,208	30,9	1,208
11.07.2001	0,23	< 0,01	49,68	288,10	32,82	34,14	4,26	881,46	0,31	1,291	32,0	1,290
15.08.2001	0,16	< 0,01	53,12	301,13	34,53	27,73	4,64	879,38	0,31	1,301	32,9	1,301
12.09.2001	0,21	< 0,01	52,79	312,12	31,98	24,98	4,72	876,94	0,26	1,304	32,1	1,303
16.10.2001	0,21	< 0,01	59,19	335,92	23,03	18,41	5,26	869,68	0,30	1,312	32,2	1,315
08.11.2001	0,15	< 0,01	56,01	333,12	25,72	19,91	5,29	872,42	0,38	1,313	32,1	1,313
10.12.2001	0,14	< 0,01	60,34	357,75	15,36	15,50	5,98	863,51	0,42	1,319	31,7	1,321
16.01.2002	0,22	0	57,99	324,91	26,41	21,60	5,06	866,47	0,34	1,303	31,3	1,309
15.02.2002	0,15	0	57,48	329,55	28,72	21,01	4,91	869,83	0,35	1,312	31,8	1,313
04.03.2002	0,14	0	58,36	332,46	25,84	20,22	5,29	871,33	0,36	1,314	31,0	1,315
10.04.2002	0,13	0	58,25	353,45	1,93	17,71	5,37	877,77	0,39	1,315	30,8	1,300
13.05.2002	0,13	0	52,45	335,23	24,54	20,03	5,29	871,95	0,38	1,310	32,4	1,312
10.06.2002	0,13	0	50,11	332,70	27,27	21,21	5,45	872,80	0,33	1,310	32,3	1,309
10.07.2002	0,13	0	47,98	328,91	28,62	22,37	5,14	876,52	0,32	1,310	32,8	1,308
08.08.2002	0,13	0	49,18	331,56	27,69	21,96	5,12	874,02	0,34	1,310	32,7	1,309
17.09.2002	0,12	0	49,53	337,57	24,50	20,51	5,37	874,04	0,36	1,312	32,6	1,309
14.10.2002	0,14	0	53,06	357,11	15,38	16,45	5,68	871,79	0,39	1,320	32,2	1,314
12.11.2002	0,14	0	55,15	374,34	9,66	13,38	6,83	868,07	0,43	1,328	32,5	1,328
10.12.2002	0,13	0	49,43	429,97	3,43	8,35	7,21	853,48		1,352	32,2	1,350
22.01.2003	0,12	0	57,57	348,23	14,96	16,32	5,91	877,89		1,321	32,2	1,321
19.02.2003	0,12	0	55,98	361,36	13,21	15,58	5,83	867,92		1,320	31,9	1,332
12.03.2003	0,12	0	55,16	359,70	15,21	15,95	5,68	870,48		1,322	32,5	1,320
10.04.2003	0,11	0	56,90	383,77	8,18	11,95	6,37	868,00		1,336	31,9	1,332
08.05.2003	0,16	0	57,86	344,96	18,48	18,30	5,75	880,39		1,326	32,4	1,327
02.06.2003	0,14	0	55,68	351,04	16,51	16,59	5,78	876,16		1,322	32,8	1,319
03.07.2003	0,13	< 0,01	52,31	346,22	20,82	19,19	5,83	875,70		1,320	32,6	1,315
11.08.2003	0,16	< 0,01	48,89	339,32	25,02	20,30	5,29	878,82		1,318	32,8	1,311
08.09.2003	0,13	< 0,01	48,95	350,53	18,39	17,38	5,60	877,42		1,312	32,7	1,315
10.10.2003	0,12	< 0,01	54,23	388,60	7,59	11,79	6,52	865,55		1,334	32,4	1,331
Mittel	0,16		54,86	331,50	26,84	21,82	5,45	870,50	0,55	1,311	31,9	1,309
Max	0,74		63,28	429,97	44,10	42,78	8,13	914,81	4,81	1,352	32,9	1,350
Min	0,10		38,83	166,57	1,93	8,35	2,07	853,48	0,21	1,208	30,2	1,208

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

 *) = Mg₂B₂O₅

1) = vermutlich Messfehler

Tabelle 7: Mineralzusammensetzung der AS 006/K9 (aus dem Abbau 9/750)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
27.01.1999	0,54		37,08	142,52	24,39	145,46	3,18	885		1,238		
26.02.1999	0,71		39,02	153,60	25,57	51,32	3,51	964		1,238		
24.03.1999	0,37		41,09	154,85	26,26	132,27	2,35	884		1,241		
27.04.1999	0,09		60,82	398,39	6,83	10,09	8,25	855		1,339		
02.06.1999	0,10		58,69	400,05	5,83	6,86	8,30	860		1,340		
29.06.1999	0,10		57,07	377,71	9,15	13,93	7,87	852		1,318		
28.07.1999	0,15		57,17	323,68	38,63	25,75	5,40	883		1,334		
27.08.1999	0,17	< 0,05	58,54	341,92	25,32	17,18	6,72	867		1,317		
28.09.1999	0,12	< 0,05	57,01	322,47	36,97	22,05	6,14	874		1,319	32,4	1,304
27.10.1999	0,14	< 0,01	48,83	324,04	40,13	20,48	6,33	869		1,309	32,6	1,292
29.11.1999	0,10	< 0,01	61,66	389,49	9,08	10,03	8,56	870		1,349	32,5	1,335
22.12.1999	0,09	< 0,01	62,19	393,55	8,37	10,69	8,18	867		1,350	32,0	1,338
26.01.2000	0,10	< 0,01	57,77	377,72	9,12	12,11	8,28	893,70	1,20 *)	1,360	32,1	1,334
29.02.2000	0,14	< 0,01	60,13	360,96	15,43	16,17	7,06	856,50	8,61	1,325	32,0	1,325
30.03.2000	0,20	< 0,01	68,41	388,32	8,31	12,30	8,82	849,69	1,95	1,338	32,1	1,338
05.05.2000	0,34	< 0,01	61,22	326,68	31,58	21,91	7,82	863,98	1,47	1,315	32,4	1,308
25.05.2000	0,20	< 0,01	56,93	319,71	36,50	23,51	8,28	843,45	1,42	1,290	32,3	1,309
29.06.2000	0,12	< 0,01	49,92	323,61	37,13	23,59	6,26	866,77	0,60	1,308	32,3	1,307
26.07.2000	0,56	< 0,01	35,13	151,78	22,62	136,61	2,52	885,52	0,26	1,235	32,2	1,237
01.09.2000	0,11	< 0,01	51,51	303,41	46,55	28,14	5,60	867,21	0,47	1,303	32,5	1,304
27.09.2000	0,11	< 0,01	61,07	285,34	47,12	32,72	5,56	870,50	0,58	1,303	32,3	1,289
02.11.2000	0,53	< 0,01	34,42	148,04	21,84	140,86	2,72	886,36	0,23	1,235	32,1	1,237
15.12.2000	0,51	0	30,14	128,70	17,78	163,19	2,61	885,84	0,23	1,229	32,0	1,229
10.01.2001	0,50	< 0,01	30,51	130,50	17,81	160,42	2,23	886,78	0,25	1,229	31,7	1,219
15.02.2001	0,51	< 0,01	30,85	133,96	17,87	158,23	2,30	884,98	0,30	1,229	31,8	1,224
15.03.2001	0,45	< 0,01	30,65	133,22	18,16	156,03	2,23	887,02	0,24	1,228	31,7	1,231
18.04.2001	0,47	< 0,01	30,34	130,94	18,13	157,25	2,38	888,25	0,24	1,228	31,1	1,231
16.05.2001	1,34	< 0,01	30,12	131,95	18,62	156,67	2,15	888,85	0,30	1,230	32,3	1,230
20.06.2001	1,19	< 0,01	31,36	142,44	19,16	144,21	2,45	890,89	0,30	1,232	32,1	1,212
11.07.2001	0,60	< 0,01	30,45	129,15	17,54	158,86	2,07	890,12	0,21	1,229	32,6	1,230
15.08.2001	0,16	< 0,01	30,92	127,87	17,41	160,20	2,07	888,16	0,21	1,227	32,8	1,216
12.09.2001	0,89	< 0,01	30,28	131,13	16,15	157,79	2,19	890,42	0,15	1,229	32,2	1,230
16.10.2001	0,89	< 0,01	30,21	129,10	16,07	158,27	4,68	887,64	0,14	1,227	32,4	1,230
08.11.2001	0,66	< 0,01	30,62	129,63	16,56	158,73	2,11	889,49	0,20	1,228	32,2	1,230
16.01.2002	0,70	0	30,40	125,45	17,74	162,24	1,92	886,36	0,19	1,225	31,8	1,218
15.02.2002	0,69	0	30,19	122,91	17,75	165,44	1,92	888,91	0,19	1,228	31,9	1,219
04.03.2002	0,84	0	30,06	125,16	17,48	162,39	2,11	888,79	0,17	1,227	31,6	1,229
10.04.2002	0,68	0	30,08	120,09	16,50	170,14	1,92	887,41	0,18	1,227	30,9	1,229
13.05.2002	0,67	0	29,56	115,28	16,41	174,29	1,92	886,70	0,17	1,225	32,5	1,227
10.06.2002	0,86	0	29,20	111,42	16,85	177,22	1,84	887,45	0,17	1,225	32,1	1,227
10.07.2002	0,84	0	29,23	108,62	16,56	179,46	1,69	889,43	0,16	1,226	32,5	1,227
08.08.2002	0,59	0	29,74	108,83	16,73	180,77	1,84	888,31	0,19	1,227	32,6	1,216
17.09.2002	1,97	0	27,88	102,44	16,01	188,09	1,77	887,67	0,17	1,226	32,6	1,226
14.10.2002	1,96	0	27,86	101,63	15,66	188,14	1,69	887,89	0,17	1,225	32,2	1,226
12.11.2002	0,87	0	28,74	101,41	15,64	188,38	1,69	888,10	0,17	1,225	32,4	1,221
10.12.2002	0,77	0	28,75	96,77	16,18	190,93	1,61	890,99		1,226	31,8	1,225
22.01.2003	0,80	0	28,84	93,73	15,70	195,42	1,77	889,74		1,226	31,9	1,215
19.02.2003	0,69	0	28,98	95,80	16,07	195,31	1,38	883,87		1,222	32,0	1,219
12.03.2003	0,72	0	30,65	96,32	16,06	194,49	1,53	886,93		1,227	31,9	1,225
10.04.2003	0,76	0	29,50	97,24	16,31	192,32	1,46	890,49		1,228	32,0	1,226
08.05.2003	0,75	0	28,92	92,82	14,99	198,29	1,69	894,74		1,232	31,9	1,212
02.06.2003	0,73	0	28,55	90,07	14,78	200,78	2,07	890,02		1,227	32,3	1,224
03.07.2003	0,73	< 0,01	28,50	90,52	16,94	199,10	1,23	887,58		1,225	32,5	1,224
11.08.2003	0,71	< 0,01	28,71	90,13	16,94	199,48	1,69	896,64		1,234	32,4	1,224
08.09.2003	0,91	< 0,01	29,46	90,55	16,23	200,21	1,30	890,44		1,229	32,3	1,217
10.10.2003	0,78	< 0,01	38,75	118,10	21,38	169,52	2,15	888,82		1,240	32,3	1,234
Mittel	0,58		39,19	188,96	19,80	122,79	3,67	882,67	0,65	1,258	32,2	1,247
Max	1,97		68,41	400,05	47,12	200,78	8,82	964,00	8,61	1,360	32,8	1,338
Min	0,09		27,86	90,07	5,83	6,86	1,23	843,45	0,14	1,222	30,9	1,212

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

 *) = Mg₂B₂O₅

Tabelle 8: Mineralzusammensetzung der AS 007 im Abbau 1 westlich auf der 750-m-Sohle

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
10.04.1997	0,07	0	30,93	462,00	2,02	4,70						
06.05.1997	0,06	0	30,15	460,90	1,79	4,40						
03.07.1997	0,08		31,50	476,29	1,92	5,28	7,28	837,00		1,359		
12.08.1997	0,08		30,88	471,02	2,09	5,34	7,43	841,00		1,358		
11.09.1997	0,09		28,90	461,51	3,12	7,75	7,13	839,00		1,348		
09.10.1997	0,06		30,94	467,63	2,10	6,65	7,10	845,00		1,359		
06.11.1997	0,06		31,42	471,64	1,68	3,88	7,27	803,00		1,319		
06.01.1998	0,06		31,24	472,78	1,77	3,64	7,12	845,00		1,362		
09.02.1998	0,05		31,46	473,32	1,85	3,99	7,67	840,00		1,358		
10.03.1998	0,06		31,60	471,39	1,66	4,11	7,44	842,00		1,358		
08.04.1998	0,06		31,58	475,19	1,64	4,11	7,44	839,00		1,359		
15.05.1998	0,09		31,88	474,03	1,68	4,04	7,44	838,84		1,358		
18.08.1998	0,05	< 0,10	32,74	487,63	1,68	5,98	7,48	824,00		1,360		
17.09.1998	0,06		32,28	475,54	1,41	4,72	7,46	827,00		1,348		
16.10.1998	0,05		33,08	486,21	1,56	7,06	7,81	830,00		1,366		
12.11.1998	0,05		33,35	483,97	1,62	7,25	8,19	831,00		1,365		
21.12.1998	0,06		32,19	467,13	1,68	7,32	7,36	842,00		1,358		
27.01.1999	0,05		32,23	468,94	1,64	7,37	7,52	842,00		1,360		
26.02.1999	0,07		32,01	473,60	1,66	3,35	8,09	740,00		1,259		
24.03.1999	0,05		31,35	474,50	1,66	5,66	7,33	835,00		1,356		
27.04.1999	0,44		32,09	480,50	1,85	7,88	7,48	829,00		1,359		
02.06.1999	0,05		31,31	468,90	1,65	2,95	7,18	846,00		1,358		
29.06.1999	0,07		32,25	476,46	2,14	6,93	7,75	835,00		1,361		
28.07.1999	0,06		32,98	488,39	1,85	6,70	7,48	850,00		1,387		
27.08.1999	0,05	< 0,05	31,97	474,94	1,87	2,23	7,40	840,00		1,358		
28.09.1999	0,05	< 0,05	32,24	482,17	1,94	0,09	7,75	849,00		1,373	34,8	1,357
27.10.1999	0,07	< 0,01	32,83	476,56	2,12	6,51	7,56	847,35		1,373	34,5	1,361
29.11.1999	0,07	< 0,01	33,95	489,27	1,98	2,37	8,02	850,34		1,386	34,3	1,360
22.12.1999	0,05	< 0,01	32,58	478,00	1,98	0,39	7,87	866,13		1,387	34,1	1,360
26.01.2000	0,07	< 0,01	34,67	489,87	2,14	6,11	7,59	843,60	1,97 *)	1,386	33,9	1,359
29.02.2000	0,05	< 0,01	30,33	473,15	1,72	5,70	6,91	826,50	12,62	1,357	34,0	1,359
30.03.2000	0,10	< 0,01	31,33	476,68	1,93	5,75	7,75	834,23	2,23	1,360	34,4	1,359
05.05.2000	0,07	< 0,01	29,46	473,04	1,98	5,77	7,29	838,98	2,41	1,359	34,4	1,358
25.05.2000	0,07	< 0,01	30,47	479,80	2,12	6,25	8,59	827,66	2,04	1,357	34,3	1,358
29.06.2000	0,04	< 0,01	29,83	463,08	2,07	5,96	7,41	848,44	1,17	1,358	34,4	1,355
26.07.2000	0,05	< 0,01	30,29	455,23	2,37	6,55	6,95	846,32	1,24	1,349	34,7	1,352
01.09.2000	0,05	< 0,01	29,49	453,58	2,87	6,84	6,75	849,42	1,00	1,350	34,7	1,350
27.09.2000	0,06	< 0,01	29,28	462,01	2,38	6,55	6,94	845,49	1,29	1,354	34,5	1,352
02.11.2000	0,05	< 0,01	29,73	461,62	2,60	8,27	7,25	840,37	1,11	1,351	33,9	1,349
01.12.2000	0,05	0	31,52	473,40	1,78	5,96	7,21	833,72	1,36	1,355	34,3	1,357
10.01.2001	0,05	< 0,01	32,01	484,31	1,69	5,80	7,44	828,54	0,16	1,360	34,3	1,359
15.02.2001	0,05	< 0,01	29,78	470,81	1,71	5,30	7,14	841,65	1,56	1,358	34,2	1,359
15.03.2001	0,05	< 0,01	29,59	469,94	1,64	5,43	7,60	838,57	1,18	1,354	34,3	1,359
18.04.2001	0,51	< 0,01	28,92	466,61	1,69	5,60	7,44	845,31	0,92	1,357	34,1	1,359
16.05.2001	0,11	< 0,01	29,33	475,21	1,76	5,44	7,33	840,85	0,97	1,361	34,2	1,359
20.06.2001	0,12	< 0,01	28,23	474,64	1,77	4,71	7,86	839,16	1,51	1,358	34,5	1,359
11.07.2001	0,07	< 0,01	25,35	464,72	1,98	5,18	7,17	852,27	1,26	1,358	34,8	1,356
15.08.2001	0,06	< 0,01	25,03	451,54	2,20	5,62	6,87	860,40	1,28	1,353	34,8	1,351
12.09.2001	0,10	< 0,01	26,30	464,12	1,90	5,29	7,02	864,25	1,02	1,370	34,4	1,352
16.10.2001	0,08	< 0,01	28,69	454,34	2,40	6,02	6,79	849,65	1,03	1,349	34,4	1,349
08.11.2001	0,07	< 0,01	28,38	468,58	1,82	5,45	6,48	840,94	1,28	1,353	34,2	1,354
10.12.2001	0,07	< 0,01	28,80	474,30	1,51	4,89	7,52	838,54	1,37	1,357	34,3	1,359
16.01.2002	0,07	0	28,35	468,77	1,71	5,09	7,14	840,61	1,26	1,353	34,2	1,359
15.02.2002	0,07	0	28,42	467,68	1,76	5,15	7,29	848,34	1,29	1,360	34,3	1,358
04.03.2002	0,06	0	27,54	465,70	1,71	5,14	7,37	842,28	1,20	1,351	33,8	1,358
10.04.2002	0,06	0	29,08	469,54	1,58	5,34	7,29	844,79	1,32	1,359	34,0	1,358
13.05.2002	0,06	0	27,70	477,11	1,56	5,31	7,29	836,64	1,33	1,357	34,8	1,358
10.06.2002	0,07	0	24,92	475,98	1,67	5,42	7,83	835,40	1,71	1,353	34,6	1,355
10.07.2002	0,07	0	26,78	478,20	1,72	5,72	7,60	835,22	1,69	1,357	35,1	1,358
08.08.2002	0,08	0	25,26	475,85	1,78	5,45	7,44	837,89	1,25	1,355	35,2	1,356
17.09.2002	0,07	0	24,72	473,57	1,83	5,55	7,29	839,72	1,25	1,354	35,0	1,355
14.10.2002	0,06	0	27,03	468,09	1,62	5,10	7,44	848,40	1,26	1,359	34,5	1,358
12.11.2002	0,07	0	26,74	464,22	1,76	5,38	7,52	852,04	1,27	1,359	34,9	1,358
10.12.2002	0,06	0	27,10	464,63	1,63	5,41	7,52	852,65		1,359	34,8	1,358

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
22.01.2003	0,06	0	26,63	481,91	1,86	5,46	8,29	834,79		1,359	34,8	1,358
19.02.2003	0,06	0	25,75	481,76	1,62	5,49	7,75	832,17		1,355	34,4	1,337
12.03.2003	0,06	0	25,78	472,74	1,53	5,21	7,44	851,14		1,364	34,6	1,358
10.04.2003	0,06	0	25,80	468,87	1,52	5,14	7,29	852,22		1,362	34,7	1,358
08.05.2003	0,07	0	25,44	464,79	1,45	5,11	7,67	858,67		1,363	34,4	1,358
02.06.2003	0,06	0	25,91	466,17	1,37	5,12	7,71	854,96		1,361	34,6	1,358
03.07.2003	0,06	< 0,01	26,19	471,07	1,88	5,64	7,44	851,92		1,364	34,6	1,358
11.08.2003	0,06	< 0,01	25,82	476,77	1,90	5,65	7,52	840,08		1,358	34,3	1,358
08.09.2003	0,07	< 0,01	26,03	485,29	1,58	5,35	7,83	840,95		1,367	34,6	1,358
10.10.2003	0,07	< 0,01	26,52	471,64	1,49	5,30	8,06	844,52		1,358	34,5	1,358
18.11.2003	0,06	< 0,01	26,86	469,12	1,53	5,31	7,83	851,89		1,363	34,4	1,358
16.12.2003	0,06	< 0,01	27,86	470,32	1,54	5,39	7,75	852,28		1,365	34,4	1,358
09.01.2004	0,06	0	27,41	470,14	1,70	5,63	7,52	855,84		1,368	34,3	1,358
11.02.2004	0,07	< 0,01	26,45	466,39	1,79	5,36	7,67	853,47		1,361	34,4	1,358
17.03.2004	0,07	< 0,01	26,09	468,98	1,78	5,37	7,67	855,54		1,366	33,5	1,359
20.04.2004	0,06	< 0,01	26,33	469,84	1,68	5,29	7,52	849,08		1,360	33,8	1,359
05.05.2004	0,06	< 0,01	25,88	467,53	1,68	5,25	7,60	855,60		1,364	33,6	1,359
09.06.2004	0,06	< 0,01	26,92	467,54	1,72	5,37	7,67	852,22		1,362	34,0	1,357
13.07.2004	0,07	< 0,01	27,22	468,16	1,62	5,21	7,83	849,89		1,360	34,1	1,359
18.08.2004	0,06	< 0,01	26,47	474,11	1,73	5,39	7,90	843,94		1,360	34,4	1,358
20.09.2004	0,06	< 0,01	26,83	466,29	1,57	5,06	7,52	853,67		1,361	34,0	1,358
11.10.2004	0,05	< 0,01	27,27	471,14	1,48	5,05	7,29	848,82		1,361	33,7	1,358
01.11.2004	0,05	< 0,01	27,66	466,77	1,55	5,45	7,98	850,64		1,360	33,6	1,356
07.12.2004	0,05	< 0,01	27,16	468,28	1,47	5,38	7,37	859,99		1,370	33,8	1,352
Mittel	0,07		29,10	471,66	1,81	5,33	7,48	842,29	1,67	1,359	34,4	1,357
Max	0,51		34,67	489,87	3,12	8,27	8,59	866,13	12,62	1,387	35,2	1,361
Min	0,04		24,72	451,54	1,37	0,09	6,48	740,00	0,16	1,259	33,5	1,337

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

*) = Mg₃B₈O₁₅

Tabelle 9: Mineralzusammensetzung der AS 008 (Abzweig der Strecke zum Kaliabbau 14 West vom 3. westl. Qu. auf der 750-m-Sohle)

Datum	Laborwerte									Werte vor Ort		
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
10.04.1997	0,10	0	36,83	422,30	5,02	7,90						
06.05.1997	0,10	0	42,75	421,60	5,33	8,00						
11.09.1997	0,13		35,13	390,49	10,18	14,04	6,11	866,00		1,322		
04.12.1997	0,12		35,39	393,70	8,14	9,28	6,34	873,00		1,326		
10.03.1998	0,11		36,04	407,34	6,69	9,15	6,63	862,00		1,328		
17.06.1998	0,10		34,68	387,55	9,53	11,80	6,43	870,91		1,321		
17.09.1998	0,09		33,53	380,12	13,99	18,85	5,95	866,00		1,319		
21.12.1998	0,10		34,39	386,24	10,90	15,91	6,31	863,00		1,317		
24.03.1999	0,07		37,01	428,40	4,98	6,58	6,79	851,00		1,335		
29.06.1999	0,07		38,22	431,18	4,48	4,96	6,95	841,00		1,327		
28.09.1999	0,09	< 0,05	35,55	401,24	9,41	6,95	6,29	863,00		1,323	34,7	1,314
22.12.1999	0,09	< 0,01	36,67	416,09	6,06	6,87	7,17	875,06		1,348	34,1	1,333
30.03.2000	0,17	< 0,01	37,02	415,38	5,74	10,02	7,21	855,55	4,91	1,336	34,4	1,333
29.06.2000	0,10	< 0,01	36,69	407,55	7,51	11,25	6,72	852,84	2,34	1,325	34,7	1,328
27.09.2000	0,10	< 0,01	36,31	400,66	7,53	11,43	6,25	860,27	2,45	1,325	34,6	1,325
10.01.2001	0,10	< 0,01	36,69	404,69	7,08	11,45	6,45	857,81	2,73	1,327	34,1	1,316
18.04.2001	0,10	< 0,01	35,02	392,74	8,49	12,52	5,91	864,86	2,36	1,322	33,5	1,325
11.07.2001	0,10	< 0,01	35,52	391,87	8,69	11,35	5,87	867,40	2,20	1,323	34,0	1,323
16.10.2001	0,17	< 0,01	35,83	396,30	7,74	10,46	6,18	863,30	2,02	1,322	34,3	1,324
16.01.2002	0,10	0	38,58	420,56	4,54	8,71	6,22	858,02	2,27	1,339	33,6	1,339
10.04.2002	0,07	0	41,81	457,34	2,37	6,92	6,91	840,03	2,55	1,358	33,6	1,360
10.07.2002	0,07	0	40,58	435,29	2,59	7,23	6,68	857,56	3,01	1,353	35,1	1,353
14.10.2002	0,09	0	40,38	426,64	3,52	8,02	6,60	858,45	2,30	1,346	33,4	1,344
22.01.2003	0,08	0	41,02	438,79	2,63	6,86	6,98	858,64		1,355	34,2	1,352
10.04.2003	0,07	0	41,63	452,90	2,08	6,24	6,98	851,91		1,364	34,0	1,360
03.07.2003	0,06	< 0,01	40,55	428,12	3,86	8,08	6,68	864,75		1,352	34,9	1,346
10.10.2003	0,08	< 0,01	39,26	412,63	5,45	9,89	6,52	863,77		1,338	34,9	1,334
16.12.2003	0,09	< 0,01	39,25	414,71	4,99	9,29	6,44	873,63		1,348	34,2	1,337
17.03.2004	0,11	< 0,01	40,54	425,68	4,00	8,04	6,60	860,33		1,345	34,1	1,345
09.06.2004	0,11	< 0,01	35,46	388,73	11,30	13,32	5,99	865,79		1,321	34,4	1,321
20.09.2004	0,11	< 0,01	35,20	379,62	11,23	13,16	5,68	873,40		1,318	34,1	1,318
07.12.2004	0,09	< 0,01	37,42	396,54	7,79	11,59	5,75	868,32		1,328	33,9	1,326
Mittel	0,10		37,53	411,03	6,68	9,88	6,45	861,59	2,65	1,334	34,2	1,334
Max	0,17		42,75	457,34	13,99	18,85	7,21	875,06	4,91	1,364	35,1	1,360
Min	0,06		33,53	379,62	2,08	4,96	5,68	840,03	2,02	1,317	33,4	1,314

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 10: Mineralzusammensetzung der AS 009 (Kreuzung: 3. westl. Querschlag / nördl. Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle)

Datum	Laborwerte									Werte vor Ort		
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₆ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
10.04.1997	0,11	100,14	36,58	363,30	22,16	17,90	0					
06.05.1997	0,14	99,20	38,71	357,90	19,24	16,60	0					
03.07.1997	0,13		38,14	369,61	18,04	14,30		867,00		1,307		
09.10.1997	0,09		36,95	361,12	23,57	18,22	< 0,1	864,00		1,304		
06.01.1998	0,08		39,56	372,14	15,10	14,18	4,85	871,00		1,317		
08.04.1998	0,08		38,81	368,09	17,24	15,08	4,67	870,00		1,314		
21.07.1998	0,07		38,15	358,07	19,87	17,38	4,73	870,73		1,309		
16.10.1998	0,07		37,02	351,38	21,76	20,81	4,68	879,00		1,315		
27.01.1999	0,08		38,92	361,16	18,05	18,63	4,88	863,00		1,305		
27.04.1999	0,07		38,29	369,56	18,48	17,00	4,39	863,00		1,311		
28.07.1999	0,08		37,14	368,61	24,94	22,48	4,32	861,00		1,319		
27.10.1999	0,10	< 0,01	36,67	361,14	23,36	16,17	4,78	876,54		1,319	34,6	1,271
26.01.2000	0,07	< 0,01	38,15	363,08	20,38	18,58	4,61	865,50	0,68	1,311	33,8	1,308
05.05.2000	0,10	< 0,01	36,31	350,65	23,80	19,90	5,37	868,85	1,02	1,306	34,4	1,307
26.07.2000	0,08	< 0,01	36,76	354,64	22,96	19,39	4,01	867,70	0,46	1,306	34,5	1,307
02.11.2000	0,07	< 0,01	36,54	353,35	21,47	19,89	4,34	871,85	0,49	1,308	33,2	1,287
15.02.2001	0,07	0	37,00	357,32	20,37	18,47	4,14	867,11	0,52	1,305	34,0	1,308
16.05.2001	0,18	< 0,01	35,54	352,51	25,23	19,73	3,91	866,46	0,44	1,304	33,8	1,306
15.08.2001	0,08	< 0,01	36,22	351,47	21,39	17,59	3,88	874,97	0,40	1,306	34,6	1,305
08.11.2001	0,09	< 0,01	37,06	359,82	19,43	16,76	4,07	869,36	0,41	1,307	34,3	1,308
15.02.2002	0,09	0	35,45	352,77	23,00	18,43	3,68	871,20	0,38	1,305	33,5	1,306
13.05.2002	0,08	0	36,80	356,20	19,91	18,26	4,22	871,15	0,38	1,307	33,7	1,308
08.08.2002	0,08	0	36,53	353,40	22,40	19,24	3,91	870,08	0,36	1,306	34,7	1,307
12.11.2002	0,09	0	37,03	354,24	20,31	18,51	4,07	876,37	0,38	1,311	34,2	1,308
19.02.2003	0,08	0	36,95	352,98	20,73	19,25	3,99	872,42		1,306	33,4	1,277
08.05.2003	0,08	0	37,41	355,45	18,48	17,92	4,30	879,26		1,313	34,2	1,309
11.08.2003	0,07	< 0,01	36,54	350,69	23,36	19,09	4,37	886,58		1,321	34,4	1,307
18.11.2003	0,08	< 0,01	37,12	354,30	21,93	19,19	4,30	878,18		1,315	34,0	1,304
09.01.2004	0,08	0	38,42	360,85	18,24	17,62	4,07	872,62		1,312	33,6	1,310
20.04.2004	0,07	< 0,01	37,40	354,21	21,76	18,51	4,22	876,23		1,312	33,3	1,309
13.07.2004	0,09	< 0,01	37,80	357,01	21,03	18,08	3,99	870,90		1,309	34,2	1,310
11.10.2004	0,06	< 0,01	37,52	356,89	21,64	18,52	3,76	869,31		1,308	34,2	1,309
Mittel	0,09		37,30	358,25	20,93	18,18	4,02	871,05	0,49	1,310	34,0	1,303
Max	0,18		39,56	372,14	25,23	22,48	5,37	886,58	1,02	1,321	34,7	1,310
Min	0,06		35,45	350,65	15,10	14,18	0,00	861,00	0,36	1,304	33,2	1,271

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 11: Mineralzusammensetzung der AS 010 (3. westl. Qu. vor Kaliabbau 11 West auf der 750-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
10.04.1997	0,12	0	43,39	432,20	4,94	7,90						
06.05.1997	0,10	0	39,36	424,40	4,57	7,40						
12.08.1997	0,11		42,24	412,95	7,19	8,03	6,60	856,00		1,333		
06.11.1997	0,08		43,09	411,54	4,73	6,71	6,15	866,00		1,338		
09.02.1998	0,07		45,42	435,16	3,74	6,31	6,69	848,00		1,345		
11.05.1998	0,07		45,21	435,33	3,30	5,82	6,66	853,61		1,350		
18.08.1998	0,07	< 0,1	42,86	417,51	5,57	9,56	6,06	853,00		1,335		
12.11.1998	0,08		44,11	401,98	6,22	11,78	6,61	866,00		1,337		
26.02.1999	0,10		43,43	420,10	5,26	6,99	5,88	853,00		1,335		
02.06.1999	0,07		42,92	417,35	5,82	9,80	6,21	851,00		1,333		
27.08.1999	0,08	< 0,05	40,91	398,22	9,70	9,99	5,80	862,00		1,327		
29.11.1999	0,07	< 0,01	42,62	409,98	7,09	8,51	6,56	853,17		1,328	34,7	1,322
29.02.2000	0,08	< 0,01	43,47	429,89	3,91	8,23	6,37	845,90	6,13	1,344	34,4	1,344
25.05.2000	0,10	< 0,01	40,10	402,42	8,56	12,02	7,59	857,27	0,94	1,329	34,7	1,329
01.09.2000	0,07	< 0,01	40,85	397,05	10,01	12,52	5,91	859,02	0,57	1,326	34,9	1,322
01.12.2000	0,07	0	42,63	411,40	5,54	9,97	5,91	857,83	0,65	1,334	34,4	1,336
15.03.2001	0,07	< 0,01	44,00	421,12	4,07	8,49	6,75	854,00	0,50	1,339	34,3	1,344
20.06.2001	0,12	< 0,01	42,35	421,21	4,59	7,15	6,02	859,77	0,79	1,342	34,8	1,343
12.09.2001	0,13	< 0,01	42,33	402,30	6,57	9,92	5,72	865,58	0,45	1,333	34,8	1,329
10.12.2001	0,08	< 0,01	43,53	412,62	4,82	8,82	6,14	861,41	0,58	1,338	34,3	1,338
04.03.2002	0,08	0	43,52	414,85	6,09	9,11	6,14	863,67	0,54	1,344	34,2	1,340
10.06.2002	0,07	0	41,68	408,40	5,32	9,93	6,06	867,01	0,52	1,339	34,9	1,337
17.09.2002	0,09	0	43,22	397,04	7,36	11,24	5,83	864,70	0,52	1,330	34,9	1,323
10.12.2002	0,08	0	43,43	408,07	5,54	10,17	6,29	865,42		1,339	33,9	1,337
12.03.2003	0,08	0	43,52	407,94	5,58	9,82	5,75	864,81		1,338	34,5	1,337
02.06.2003	0,08	0	40,90	396,14	7,62	11,57	5,99	869,10		1,331	35,0	1,325
08.09.2003	0,08	< 0,01	42,76	404,20	6,15	10,22	5,75	872,34		1,342	35,0	1,334
11.02.2004	0,11	< 0,01	42,13	404,08	8,07	11,00	6,29	868,82		1,341	34,4	1,333
05.05.2004	0,07	< 0,01	42,18	400,58	7,49	11,09	5,99	867,40		1,335	34,0	1,332
18.08.2004	0,08	< 0,01	42,22	400,17	6,54	10,21	6,98	864,70		1,331	34,8	1,333
01.11.2004	0,06	< 0,01	42,83	404,21	6,60	10,56	5,91	862,93		1,333	34,4	1,332
Mittel	0,08		42,68	411,63	6,08	9,38	6,23	860,46	1,11	1,336	34,6	1,334
Max	0,13		45,42	435,33	10,01	12,52	7,59	872,34	6,13	1,350	35,0	1,344
Min	0,06		39,36	396,14	3,30	5,82	5,72	845,90	0,45	1,326	33,9	1,322

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 12: Mineralzusammensetzung der AS 011 (südwestl. Ecke im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
25.06.1997	2,10		13,20	35,39	8,22	270,09		879,00		1,208		
03.07.1997	1,91		13,93	34,94	8,62	267,90		882,00		1,209		
17.07.1997	1,88		13,63	34,46	8,22	268,86		881,00		1,208		
25.02.1999	2,14		10,85	33,51	5,85	272,50	0,50	911,00		1,236		
22.12.1999	1,63	< 0,01	9,77	34,67	5,17	271,02	0,59	910,15		1,233	30,1	1,207
25.05.2000	2,55	< 0,01	8,43	36,14	4,94	269,20	0,86	877,17	0,71	1,200	30,3	1,206
29.06.2000	2,72	< 0,01	8,65	36,02	4,97	271,75	0,55	882,23	0,11	1,207	30,5	1,206
26.07.2000	2,72	< 0,01	8,97	37,75	4,94	269,97	0,55	878,98	0,12	1,204	30,7	1,206
01.09.2000	2,72	< 0,01	8,90	39,03	4,48	269,21	0,55	880,01	0,10	1,205	30,8	1,206
27.09.2000	2,72	< 0,01	8,66	34,25	4,50	274,04	0,53	882,19	0,11	1,207	30,5	1,206
02.11.2000	2,72	< 0,01	8,44	34,63	4,63	273,02	0,59	881,86	0,11	1,206	30,6	1,206
01.12.2000	2,72	0	8,65	35,24	4,24	273,63	0,52	881,91	0,09	1,207	30,6	1,205
10.01.2001	2,72	< 0,01	8,72	34,21	4,19	274,34	0,51	880,18	0,13	1,205	30,2	1,130
15.02.2001	2,72	< 0,01	8,70	34,21	4,26	275,26	0,55	879,18	0,12	1,205	30,5	1,134
15.03.2001	2,72	< 0,01	8,76	33,95	4,34	273,95	0,50	881,67	0,11	1,206	30,2	1,206
18.04.2001	2,72	< 0,01	8,83	33,91	4,37	273,38	0,48	882,20	0,11	1,206	30,5	1,206
16.05.2001	2,55	< 0,01	9,07	34,24	6,12	269,53	0,50	883,84	0,15	1,206	30,6	1,203
20.06.2001	2,55	< 0,01	9,16	34,75	6,07	270,19	0,54	880,59	0,15	1,204	30,4	1,206
11.07.2001	2,72	< 0,01	9,00	33,39	4,18	270,87	0,48	885,27	0,09	1,206	30,7	1,206
15.08.2001	2,72	< 0,01	9,03	33,85	4,25	269,63	0,48	886,95	0,09	1,207	30,8	1,206
12.09.2001	2,72	< 0,01	8,94	33,63	3,66	274,41	0,48	882,10	0,06	1,206	30,6	1,206
16.10.2001	2,72	< 0,01	8,77	33,29	3,72	273,55	0,46	883,43	0,06	1,206	30,5	1,206
08.11.2001	2,72	< 0,01	8,76	32,30	3,87	274,22	0,49	882,54	0,10	1,205	30,6	1,206
10.12.2001	2,72	< 0,01	8,78	32,28	3,81	275,17	0,51	881,63	0,10	1,205	30,2	1,206
16.01.2002	2,72	0	9,19	33,39	4,27	272,79	0,46	881,09	0,09	1,204	30,5	1,206
15.02.2002	2,72	0	9,00	33,30	4,28	273,00	0,48	884,13	0,09	1,207	30,6	1,206
04.03.2002	2,30	0	9,18	32,25	4,28	274,46	0,50	880,95	0,08	1,204	30,4	1,206
10.04.2002	2,38	0	8,67	33,07	3,81	273,71	0,49	881,77	0,10	1,204	30,4	1,206
13.05.2002	2,13	0	8,87	33,57	3,70	272,84	0,48	882,32	0,09	1,204	30,7	1,206
10.06.2002	2,38	0	8,95	32,21	3,94	273,17	0,49	880,77	0,08	1,202	30,3	1,206
10.07.2002	2,27	0	8,91	32,55	4,02	271,67	0,48	885,01	0,09	1,205	30,8	1,206
08.08.2002	1,60	0	9,94	33,42	3,88	273,59	0,47	883,41	0,09	1,206	30,7	1,206
17.09.2002	2,42	0	8,61	32,63	3,83	273,92	0,47	883,03	0,09	1,205	30,8	1,206
14.10.2002	2,38	0	9,45	33,89	4,02	273,20	0,48	882,49	0,09	1,206	30,8	1,206
12.11.2002	2,07	0	9,25	33,73	3,69	272,99	0,61	883,57	0,09	1,206	30,8	1,206
10.12.2002	1,60	0	9,39	32,57	4,04	273,58	0,49	885,33		1,207	30,5	1,206
22.01.2003	1,81	0	9,18	32,58	3,94	271,75	0,51	885,23		1,205	30,7	1,203
19.02.2003	1,77	0	9,63	31,83	3,93	274,92	0,44	881,78		1,204	30,9	1,205
12.03.2003	1,79	0	9,03	33,23	3,88	272,04	0,48	889,25		1,210	30,8	1,206
10.04.2003	1,80	0	9,04	32,27	4,08	273,77	0,46	885,72		1,207	30,7	1,206
08.05.2003	1,79	0	9,38	32,46	3,59	272,94	0,50	886,54		1,207	30,8	1,206
02.06.2003	1,63	0	9,72	32,29	3,75	273,42	0,51	885,98		1,207	30,8	1,206
03.07.2003	1,98	< 0,01	9,35	32,82	4,79	273,14	0,48	885,44		1,208	30,8	1,206
11.08.2003	1,64	< 0,01	9,30	32,63	4,55	273,17	0,47	886,24		1,208	30,9	1,206
08.09.2003	1,58	< 0,01	9,45	32,56	3,99	274,15	0,47	885,90		1,208	30,9	1,207
10.10.2003	1,69	< 0,01	9,83	31,92	3,94	278,04	0,51	879,87		1,206	30,9	1,206
18.11.2003	1,64	< 0,01	9,40	31,82	4,09	277,37	0,49	883,29		1,208	30,8	1,206
16.12.2003	1,72	< 0,01	8,95	31,90	4,03	275,73	0,48	890,19		1,213	30,7	1,206
09.01.2004	1,71	0	9,21	31,69	3,96	275,43	0,50	889,20		1,212	30,8	1,206
11.02.2004	1,63	< 0,01	8,94	32,92	4,72	275,70	0,50	880,39		1,205	30,9	1,206
17.03.2004	1,63	< 0,01	9,35	31,64	4,67	274,98	0,49	898,94		1,222	30,7	1,207
20.04.2004	1,42	< 0,01	9,58	31,12	4,19	276,21	0,51	887,77		1,211	30,6	1,207
05.05.2004	1,64	< 0,01	9,42	31,11	4,15	276,50	0,50	889,28		1,213	30,6	1,207
09.06.2004	1,91	< 0,01	10,99	30,64	4,37	276,37	0,48	883,14		1,208	30,6	1,206

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
13.07.2004	1,92	< 0,01	9,03	31,69	4,21	275,42	0,48	884,65		1,207	30,8	1,206
18.08.2004	1,68	< 0,01	9,19	32,20	4,21	273,22	0,50	887,40		1,208	30,6	1,206
20.09.2004	1,72	< 0,01	9,30	32,09	4,20	273,73	0,49	884,27		1,206	30,5	1,206
11.10.2004	1,49	< 0,01	9,18	31,92	3,87	275,84	0,43	883,27		1,206	30,8	1,207
01.11.2004	1,47	< 0,01	9,16	32,41	3,86	275,63	0,45	883,42		1,206	30,5	1,206
07.12.2004	1,47	< 0,01	9,20	33,33	3,78	274,59	0,44	881,59		1,204	30,7	1,206
Mittel	2,14		9,38	33,29	4,47	273,31	0,50	884,50	0,12	1,208	30,6	1,203
Max	2,72		13,93	39,03	8,62	278,04	0,86	911,00	0,71	1,236	30,9	1,207
Min	1,42		8,43	30,64	3,59	267,90	0,43	877,17	0,06	1,200	30,1	1,130

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 13: Mineralzusammensetzung der AS 012 (Mitte südl. Stoß im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
25.02.99	1,53		20,21	40,73	13,00	257,00	0,77	891,00		1,224		
22.12.99	1,06	< 0,01	19,71	37,58	12,17	264,80	0,86	889,82		1,226	30,6	1,214
29.06.00	1,87	< 0,01	15,11	37,11	9,44	266,67	0,71	878,99	0,10	1,210	30,9	1,201
26.07.00	2,21	< 0,01	15,20	37,10	9,49	267,18	0,69	876,03	0,10	1,208	31,2	1,210
01.09.00	2,38	< 0,01	14,22	35,12	9,91	268,95	0,65	879,67	0,10	1,211	31,3	1,210
27.09.00	2,72	< 0,01	14,04	35,88	8,35	267,68	0,67	881,57	0,09	1,211	31,1	1,210
Mittel	1,96		16,42	37,25	10,39	265,38	0,73	882,85		1,215	31,0	1,209
Max	2,72		20,21	40,73	13,00	268,95	0,86	891,00		1,226	31,3	1,214
Min	1,06		14,04	35,12	8,35	257,00	0,65	876,03		1,208	30,6	1,201

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 14: Mineralzusammensetzung der AS 013 (südöstl. Ecke im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
25.02.1999	1,53		21,16	38,08	12,93	258,60	0,76	880,00		1,213		
22.12.1999	1,15	< 0,01	18,08	36,94	11,13	266,34	0,77	908,59		1,243	30,7	1,212
29.06.2000	2,04	< 0,01	15,85	37,18	10,22	265,90	0,75	877,96	0,10	1,210	30,6	1,212
26.07.2000	2,21	< 0,01	15,57	38,35	9,94	265,14	0,68	876,01	0,10	1,208	30,8	1,211
01.09.2000	2,38	< 0,01	14,95	36,15	10,67	266,92	0,70	876,14	0,09	1,208	31,1	1,211
27.09.2000	2,38	< 0,01	15,02	35,33	9,30	268,45	0,68	880,75	0,09	1,212	30,9	1,211
02.11.2000	2,38	< 0,01	14,68	35,61	9,05	268,70	0,66	877,82	0,10	1,209	31,0	1,211
01.12.2000	2,55	0	14,49	35,91	8,67	267,49	0,65	880,16	0,08	1,210	30,8	1,211
10.01.2001	2,72	< 0,01	14,51	34,82	8,50	268,42	0,66	878,26	0,11	1,208	30,4	1,140
15.02.2001	2,72	< 0,01	14,01	35,71	8,35	268,18	0,64	880,28	0,11	1,210	30,4	1,211
15.03.2001	2,56	< 0,01	14,20	34,46	8,57	270,39	0,64	876,07	0,11	1,207	30,3	1,210
18.04.2001	2,56	< 0,01	13,94	34,90	8,37	268,36	0,65	879,12	0,10	1,208	30,6	1,210
16.05.2001	2,98	< 0,01	13,83	34,97	10,80	265,33	0,60	882,35	0,14	1,211	30,6	1,208
20.06.2001	3,02	< 0,01	13,68	34,72	9,93	266,10	0,67	880,76	0,12	1,209	30,7	1,210
11.07.2001	2,56	< 0,01	14,02	34,29	8,04	268,15	0,58	879,29	0,07	1,207	30,9	1,210
15.08.2001	2,56	< 0,01	14,01	34,78	7,89	266,54	0,62	882,50	0,10	1,209	31,0	1,210
12.09.2001	2,72	< 0,01	13,97	34,38	7,25	270,85	0,59	877,19	0,05	1,207	30,8	1,210
16.10.2001	2,72	< 0,01	13,75	34,06	7,17	270,11	0,60	876,53	0,06	1,205	30,8	1,210
08.11.2001	2,56	< 0,01	13,62	33,76	7,24	270,22	0,60	879,91	0,09	1,208	30,8	1,210
10.12.2001	2,56	< 0,01	13,46	33,64	7,10	269,54	0,62	881,99	0,09	1,209	30,2	1,208
16.01.2002	2,55	0	13,35	33,96	7,81	268,81	0,56	880,87	0,09	1,208	30,5	1,210
15.02.2002	2,72	0	12,84	35,23	7,67	268,28	0,55	882,63	0,08	1,210	30,7	1,209
04.03.2002	1,94	0	13,41	35,08	7,54	268,10	0,58	881,28	0,07	1,208	30,5	1,209
10.04.2002	2,08	0	12,68	34,89	6,86	269,14	0,56	881,71	0,08	1,208	30,6	1,208
13.05.2002	2,16	0	12,00	34,36	6,28	270,65	0,58	878,88	0,09	1,205	31,1	1,208
10.06.2002	2,02	0	11,84	33,70	6,47	268,77	0,57	882,56	0,08	1,206	31,0	1,208
10.07.2002	2,17	0	11,22	33,85	6,34	271,20	0,57	882,57	0,07	1,208	31,2	1,208
08.08.2002	2,37	0	11,02	34,05	6,05	270,71	0,55	882,17	0,08	1,207	31,1	1,208
17.09.2002	2,34	0	10,63	34,40	5,86	269,65	0,54	883,50	0,08	1,207	31,3	1,208
14.10.2002	2,34	0	10,25	35,17	5,74	269,45	0,54	881,43	0,08	1,205	31,4	1,207
12.11.2002	1,96	0	10,77	35,49	5,57	269,71	0,55	884,87	0,08	1,209	31,1	1,207
10.12.2002	1,49	0	11,00	33,74	5,90	270,52	0,55	883,80		1,207	30,7	1,207
22.01.2003	1,86	0	10,48	33,88	5,26	269,90	0,54	884,08		1,206	30,8	1,207
19.02.2003	1,71	0	10,57	32,98	5,28	272,44	0,54	881,58		1,205	31,0	1,207
12.03.2003	1,68	0	10,48	33,05	5,25	272,07	0,60	884,47		1,208	30,9	1,207
10.04.2003	1,71	0	10,25	33,74	5,13	272,63	0,51	883,77		1,208	30,8	1,207
08.05.2003	1,78	0	10,21	33,22	4,68	273,14	0,55	884,42		1,208	30,9	1,207
02.06.2003	1,78	0	10,09	33,31	4,78	272,31	0,56	886,37		1,209	31,1	1,207
03.07.2003	1,60	< 0,01	10,62	33,97	5,97	271,72	0,52	884,60		1,209	31,2	1,207
11.08.2003	1,90	< 0,01	9,99	33,77	5,83	272,03	0,54	884,94		1,209	31,2	1,206
08.09.2003	1,44	< 0,01	10,10	33,55	5,01	272,73	0,51	886,66		1,210	31,2	1,208
10.10.2003	1,70	< 0,01	9,99	33,46	4,89	272,81	0,51	887,64		1,211	31,2	1,207
18.11.2003	1,61	< 0,01	10,16	33,37	5,06	275,58	0,55	881,87		1,208	30,9	1,206
16.12.2003	1,76	< 0,01	9,77	32,65	5,00	274,37	0,49	883,96		1,208	30,9	1,207
09.01.2004	1,73	0	9,98	32,50	4,95	274,10	0,49	886,05		1,210	30,9	1,207
11.02.2004	1,68	< 0,01	9,76	33,19	5,59	275,33	0,51	885,34		1,211	31,0	1,207
17.03.2004	1,65	< 0,01	10,24	31,88	5,67	273,84	0,50	892,22		1,216	30,8	1,208
20.04.2004	1,51	< 0,01	10,13	31,58	5,17	276,15	0,50	883,36		1,208	30,7	1,208
05.05.2004	1,67	< 0,01	9,72	31,79	5,02	276,09	0,52	881,79		1,207	30,8	1,207
09.06.2004	1,93	< 0,01	9,62	32,17	5,19	274,30	0,51	883,08		1,207	31,0	1,206
13.07.2004	1,91	< 0,01	9,70	33,53	5,32	274,27	0,54	880,93		1,206	31,1	1,207
18.08.2004	1,67	< 0,01	10,36	33,17	5,55	271,98	0,54	884,33		1,208	31,0	1,207
20.09.2004	1,65	< 0,01	10,49	33,58	5,59	271,56	0,51	883,52		1,207	30,8	1,207
11.10.2004	1,46	< 0,01	10,14	32,58	5,26	273,85	0,50	885,01		1,209	30,7	1,208
01.11.2004	1,43	< 0,01	10,65	33,63	5,26	275,17	0,48	882,48		1,209	30,7	1,208
07.12.2004	1,40	< 0,01	10,10	34,02	5,07	274,37	0,48	882,16		1,208	30,8	1,208
Mittel	2,06		12,17	34,22	6,87	270,49	0,58	882,55	0,09	1,209	30,9	1,207
Max	3,02		21,16	38,35	12,93	276,15	0,77	908,59	0,14	1,243	31,4	1,212
Min	1,15		9,62	31,58	4,68	258,60	0,48	876,01	0,05	1,205	30,2	1,140

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 15: Mineralzusammensetzung der AS 017 (Rollloch 2 auf der 750-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
27.08.1999	0,77	< 0,05	34,63	135,68	28,81	145,97	2,44	889,00		1,237		
28.09.1999	0,63	< 0,05	34,34	138,59	29,46	145,81	3,15	885,00		1,237	30,7	1,238
27.10.1999	0,44	< 0,01	47,85	224,70	35,07	70,57	4,70	880,67		1,264	29,7	1,232
29.11.1999	0,54	< 0,01	41,57	181,53	33,10	106,59	3,78	884,89		1,252	29,8	1,242
22.12.1999	0,49	< 0,01	46,09	207,02	34,25	84,68	4,71	894,76		1,272	28,5	1,260
26.01.2000	0,20	< 0,01	59,41	271,93	41,47	38,51	5,53	877,20	0,77 *)	1,295	28,4	1,290
29.02.2000	0,62	< 0,01	41,29	199,14	28,66	93,83	3,84	882,60	3,98	1,254	29,7	1,250
30.03.2000	1,26	< 0,01	41,20	193,30	33,56	96,12	4,76	891,83	0,97	1,263	31,0	1,251
05.05.2000	0,82	< 0,01	41,27	192,51	34,04	96,07	4,84	883,61	0,84	1,254	30,1	1,251
25.05.2000	0,88	< 0,01	41,19	194,53	32,74	94,24	5,76	880,31	3,35	1,253	30,0	1,244
29.06.2000	0,50	< 0,01	40,56	195,50	33,69	93,52	4,19	886,69	0,35	1,255	30,2	1,254
26.07.2000	0,58	< 0,01	37,63	182,45	31,37	107,23	3,74	882,63	0,37	1,246	31,1	1,248
01.09.2000	0,56	< 0,01	35,58	171,12	28,87	115,34	3,22	889,01	0,30	1,244	30,8	1,244
27.09.2000	0,59	< 0,01	35,54	172,34	28,89	115,59	3,49	887,25	0,31	1,244	30,9	1,245
02.11.2000	0,64	< 0,01	28,87	147,81	23,55	148,05	4,10	880,73	0,25	1,234	30,1	1,232
01.12.2000	0,38	0	43,64	222,84	32,19	74,43	4,26	883,92	0,34	1,262	30,5	1,256
10.01.2001	0,30	< 0,01	48,49	268,86	30,70	45,35	5,14	878,48	0,68	1,278	29,9	1,253
15.02.2001	0,39	< 0,01	44,88	242,68	29,98	60,10	4,45	884,05	0,47	1,267	28,9	1,269
15.03.2001	0,20	< 0,01	52,30	297,93	31,73	31,14	5,68	875,47	0,55	1,295	29,6	1,296
18.04.2001	0,51	< 0,01	37,79	199,33	26,16	92,36	3,76	889,68	0,41	1,250	29,7	1,252
16.05.2001	0,68	< 0,01	51,92	259,98	30,63	47,66	4,87	881,74	0,52	1,278	30,5	1,279
20.06.2001	1,71	< 0,01	22,53	119,47	18,12	136,28	3,11	901,49	0,29	1,203	30,2	1,206
11.07.2001	0,64	< 0,01	36,01	184,44	27,31	102,68	3,11	891,50	0,31	1,246	30,9	1,247
15.08.2001	0,69	< 0,01	35,45	182,58	27,29	106,25	3,03	890,41	0,30	1,246	31,3	1,238
12.09.2001	1,01	< 0,01	36,43	184,07	25,99	105,80	3,11	889,35	0,24	1,246	30,3	1,238
16.10.2001	0,97	< 0,01	33,94	177,27	25,11	110,66	6,41	887,39	0,25	1,242	31,0	1,244
08.11.2001	0,76	< 0,01	34,70	184,47	25,44	104,30	3,53	889,49	0,31	1,243	30,4	1,245
10.12.2001	0,62	< 0,01	40,60	216,39	27,95	75,83	4,07	889,61	0,39	1,255	29,6	1,250
16.01.2002	0,57	0	42,32	225,45	30,62	69,48	3,99	885,20	0,37	1,258	29,3	1,262
15.02.2002	0,69	0	40,09	208,14	30,81	83,30	3,68	888,95	0,34	1,256	29,6	1,257
04.03.2002	0,44	0	47,66	254,18	32,85	49,47	4,68	885,30	0,42	1,275	29,2	1,275
10.04.2002	0,53	0	42,28	217,05	30,15	76,72	3,84	887,05	0,38	1,258	29,1	1,261
13.05.2002	0,50	0	44,34	228,68	30,97	68,08	4,30	886,71	0,42	1,264	30,7	1,266
10.06.2002	0,67	0	42,09	202,67	32,24	86,76	3,84	889,39	0,34	1,258	30,7	1,258
10.07.2002	0,73	0	39,61	187,57	30,28	98,74	3,61	891,16	0,31	1,252	31,0	1,253
08.08.2002	1,98	0	36,46	172,23	29,04	113,78	3,22	889,98	0,31	1,247	30,9	1,244
17.09.2002	1,96	0	34,76	161,91	27,97	123,09	2,92	890,01	0,29	1,243	30,9	1,244
14.10.2002	1,94	0	39,69	182,25	31,21	102,40	5,83	889,36	0,32	1,253	29,7	1,253
12.11.2002	0,56	0	46,56	215,12	34,82	75,88	4,14	890,53	0,39	1,268	30,2	1,249
10.12.2002	1,60	0	43,37	196,86	35,18	89,23	3,99	890,77		1,261	28,6	1,260
22.01.2003	0,46	0	50,41	234,00	34,74	60,71	4,91	888,67		1,274	29,7	1,273
19.02.2003	0,55	0	46,74	212,97	34,68	79,62	3,91	883,73		1,262	29,0	1,243
12.03.2003	0,47	0	49,81	220,17	36,95	70,42	4,22	888,36		1,270	30,1	1,269
10.04.2003	0,31	0	55,43	250,37	38,38	50,26	4,76	885,04		1,285	29,1	1,284
08.05.2003	0,67	0	44,12	188,47	30,95	97,82	3,91	894,06		1,260	29,9	1,257
02.06.2003	0,52	0	46,88	194,40	31,96	92,05	3,76	892,03		1,262	30,6	1,233
03.07.2003	0,62	< 0,01	39,15	153,22	31,46	129,38	3,61	897,36		1,255	30,5	1,244
11.08.2003	0,64	< 0,01	36,73	136,62	29,12	145,09	2,61	893,49		1,244	34,3	1,236
08.09.2003	0,92	< 0,01	36,90	140,18	27,65	144,20	2,46	888,49		1,241	30,4	1,219
10.10.2003	0,73	< 0,01	37,35	136,84	27,31	147,64	2,99	886,64		1,240	30,1	1,240
18.11.2003	0,63	< 0,01	41,13	150,84	29,63	133,96	3,38	892,33		1,252	30,2	1,245
16.12.2003	0,79	< 0,01	56,50	134,61	25,86	149,87	2,99	869,18		1,240	30,0	1,227
09.01.2004	0,71	0	41,30	155,64	28,18	127,67	2,92	891,38		1,248	29,8	1,247
11.02.2004	0,73	< 0,01	33,60	117,06	26,16	166,15	2,84	894,76		1,241	30,4	1,225
17.03.2004	0,57	< 0,01	40,31	171,38	25,95	117,79	3,61	895,49		1,255	29,6	1,248
20.04.2004	0,75	< 0,01	27,19	96,74	20,78	194,63	2,22	886,29		1,229	28,6	1,229
05.05.2004	0,77	< 0,01	39,76	139,63	28,09	144,69	3,07	891,39		1,247	29,8	1,243
09.06.2004	0,85	< 0,01	34,23	115,72	24,03	171,12	2,46	885,39		1,234	30,3	1,234
13.07.2004	0,81	< 0,01	35,97	118,15	26,28	165,53	2,53	887,53		1,237	30,1	1,236
18.08.2004	0,91	< 0,01	30,99	99,47	22,88	186,54	1,92	889,09		1,232	30,4	1,230
20.09.2004	0,89	< 0,01	31,32	104,90	22,65	180,71	2,00	890,95		1,233	30,1	1,231

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
11.10.2004	0,69	< 0,01	31,64	101,24	22,16	186,39	1,53	887,55		1,231	29,2	1,231
01.11.2004	0,67	< 0,01	33,23	103,63	23,30	183,27	1,84	887,56		1,234	29,6	1,233
07.12.2004	0,64	< 0,01	35,36	111,34	24,46	173,87	2,15	893,08		1,241	29,3	1,237
Mittel	0,73		40,33	181,07	29,47	109,08	3,71	887,70	0,60	1,252	30,1	1,248
Max	1,98		59,41	297,93	41,47	194,63	6,41	901,49	3,98	1,295	34,3	1,296
Min	0,20		22,53	96,74	18,12	31,14	1,53	869,18	0,24	1,203	28,4	1,206

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

*) = Mg₂B₂O₅

Tabelle 16: Mineralzusammensetzung der AS 006/R1-725 (Rollloch 1 auf der 725-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
11.08.2003	0,15	< 0,01	57,93	344,07	21,03	18,32	6,06	868,94		1,317	33,0	1,319
08.09.2003	0,14	< 0,01	57,01	347,33	18,83	17,74	5,68	873,27		1,320	32,9	1,319
10.10.2003	0,13	< 0,01	58,95	353,93	18,00	17,19	6,14	869,76		1,324	33,2	1,313
18.11.2003	0,11	< 0,01	53,51	449,00	2,29	6,62	8,36	848,01		1,368	31,8	1,360
16.12.2003	0,10	< 0,01	59,81	410,78	4,57	9,91	7,37	859,66		1,352	32,1	1,350
09.01.2004	0,11	0	47,93	449,63	2,02	6,45	7,44	857,62		1,371	31,9	1,361
11.02.2004	0,13	< 0,01	60,04	414,86	4,47	9,37	7,67	862,86		1,359	31,6	1,351
17.03.2004	0,11	< 0,01	55,91	404,83	5,21	9,99	6,91	870,24		1,353	31,9	1,344
20.04.2004	0,08	< 0,01	48,91	427,32	3,33	8,92	7,83	855,81		1,352	31,7	1,352
05.05.2004	0,08	< 0,01	54,54	407,93	5,10	10,08	6,98	861,09		1,346	31,7	1,344
09.06.2004	0,10	< 0,01	52,69	418,52	4,03	8,84	7,06	858,16		1,349	32,0	1,346
13.07.2004	0,12	< 0,01	59,87	386,76	7,91	12,17	6,44	860,73		1,334	32,1	1,334
18.08.2004	0,11	< 0,01	61,86	371,97	10,90	14,62	5,99	864,75		1,330	32,2	1,330
20.09.2004	0,07	< 0,01	43,58	437,41	2,40	6,30	7,21	856,93		1,354	32,2	1,352
11.10.2004	0,08	< 0,01	52,60	454,91	7,52	1,86	6,04	841,19		1,364	31,9	1,362
01.11.2004	0,07	< 0,01	46,93	467,05	8,67	2,24	7,37	832,67		1,365	32,0	1,360
Mittel	0,11		54,50	409,14	7,89	10,04	6,91	858,86		1,347	32,1	1,344
Max	0,15		61,86	467,05	21,03	18,32	8,36	873,27		1,371	33,2	1,362
Min	0,07		43,58	344,07	2,02	1,86	5,68	832,67		1,317	31,6	1,313

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

seit mind. 07.12.2004 trocken

Tabelle 17: Mineralzusammensetzung der AS 006/K3-725 (aus Abbau 3 auf der 725-m-Sohle)

Datum	Laborwerte										Werte vor Ort	
	CaSO ₄ [g/l]	CaCl ₂ [g/l]	MgSO ₄ [g/l]	MgCl ₂ [g/l]	KCl [g/l]	NaCl [g/l]	MgBr ₂ [g/l]	H ₂ O [g/l]	Mg ₃ B ₈ O ₁₅ [g/l]	ρ * [g/cm ³]	T [°C]	ρ [g/cm ³]
18.11.2003	0,99	< 0,01	26,52	88,30	19,51	252,38	1,38				28,9	1,208
16.12.2003	0,82	< 0,01	30,15	83,33	16,13	207,56	1,46	892,75		1,232	30,3	1,216
09.01.2004	0,86	0	29,03	76,77	15,37	216,24	1,07	884,86		1,224	29,6	1,225
11.02.2004	0,68	< 0,01	30,47	87,00	17,48	202,55	1,46	888,96		1,229	30,6	1,226
17.03.2004	0,74	< 0,01	29,59	72,53	17,04	219,29	1,23	894,08		1,235	30,2	1,226
20.04.2004	0,69	< 0,01	29,32	70,92	16,17	222,16	1,15	882,49		1,223	30,5	1,225
05.05.2004	0,93	< 0,01	28,90	74,96	15,83	216,23	1,00	883,15		1,221	30,4	1,225
09.06.2004	0,90	< 0,01	28,98	75,45	16,26	215,65	1,23	882,23		1,221	31,5	1,240
13.07.2004	0,86	< 0,01	38,57	67,18	16,16	223,89	1,38	878,66		1,227	30,8	1,225
18.08.2004	0,86	< 0,01	29,01	72,89	15,70	218,00	1,23	887,71		1,225	30,8	1,224
20.09.2004	0,86	< 0,01	29,25	71,44	15,67	219,98	1,84	884,66		1,224	31,0	1,225
11.10.2004	0,67	< 0,01	29,33	72,75	15,19	219,96	1,30	885,30		1,225	30,5	1,226
01.11.2004	0,68	< 0,01	29,97	73,91	15,49	218,10	1,77	884,28		1,224	30,4	1,226
07.12.2004	0,68	< 0,01	29,97	71,88	15,12	220,33	2,00	884,02		1,224	30,2	1,225
Mittel	0,80		29,93	75,67	16,22	219,45	1,39	885,63		1,226	30,4	1,224
Max	0,99		38,57	88,30	19,51	252,38	2,00	894,08		1,235	31,5	1,240
Min	0,67		26,52	67,18	15,12	202,55	1,00	878,66		1,221	28,9	1,208

ρ * = Dichtebestimmung im Labor bei Raumtemperatur (20 - 25 °C)

Tabelle 18: Übersicht zur geochemischen Bewertung der zugetretenen Salzlösungen [39]

Nr. lt. Laugenstellenverzeichnis	Bezeichnung und Lage der Zutrittsstelle	Aktuelle Probenstellen, Daten	Bisherige Interpretation	Ergebnisse der geochemischen Bewertung
L6	Kaliabbau 14 West / 725-m-Sohle östl. Stoß	D.	MgCl ₂ -Lösungen, Metamorphoselösung	Typ 2
L7	Kaliabbau 13 West / 725-m-Sohle westl. Stoß	D.		Typ 2
L8	Kaliabbau 14 West / 725-m-Sohle westl. Stoß	D.		Typ 2
keine	Förderstrecke / 750-m-Sohle (Bereich Abbau 14)	AS 007 AS 008 AS 009 AS 010	Betriebslösung oder Metamorphoselösung	AS 007 = Typ 2 AS 008 = Typ 2 AS 009 = Typ 2 AS 010 = Typ 3
L10	Abbau 9 / 532-m-Sohle und 553-m-Sohle	D.	Metamorphoselösung	Typ 2
keine	Extensometerbohrung im Pfeiler 3-4 auf der 553-m-Sohle	k.D.	Metamorphoselösung	wahrs. Typ 2
L17	Abbau 5 / 532-m-Sohle	D.	Typ „Asse-Südflanke“	Typ 1
L17a	Abbau 5 / 553-m-Sohle Firste	D.	mehr oder weniger veränderte Lösungen des Typs „Asse- Südflanke“, die se- kundären Zutrittsstel- len zuzuordnen sind.	Typ 1
L17b	Abbau 5 / 553-m-Sohle SW-Ecke	D.		Typ 1
L17c	Abbau 5 / 574-m-Sohle	k.D.		wahrs. Typ 1
L17d	Abbau 5 unterhalb 553-m-Sohle Rolloch	D.		Typ 1
L17e	Abbau 5 / 595-m-Sohle	k.D.		wahrs. Typ 1
L17f	Abbau 5 / 616-m-Sohle	k.D.		wahrs. Typ 1
L17g	Abbau 5 / 616-m-Sohle	D.		Typ 2
L17h	Abbau 5 / 637-m-Sohle	D.		Typ 1 nach Typ 2
L18	Abbau 4 / 595-m-Sohle Mitte Südstoß	k.D.		- " -	wahrs. Typ 1
L18a	Abbau 4 / 595-m-Sohle westl. Teil Südstoß	k.D.	wahrs. Typ 1	
L18b	Abbau 4 / 637-m-Sohle Firste	k.D.	wahrs. Typ 1	
L19	Abbaureihe 3 / 574-m-Sohle	D.	Typ „Asse-Südflanke“	seit 1991 Typ 1
L19a	Abbau 3 / 595-m-Sohle	D.	- " -	Typ 1
L19b	Abbau 3 / 616-m-Sohle	k.D.		wahrs. Typ 1
L19c	Abbau 3 / 616-m-Sohle	k.D.		wahrs. Typ 1
L19d	Abbau 3 / 637-m-Sohle	AS 003	Typ „Asse-Südflanke“	Typ 1
L19e	Abbau 3 / 658-m-Sohle	AS 011 AS 012 AS 013	Typ „Asse-Südflanke“	Typ 1
L19f	Abbau 6 / 700-m-Sohle	k.D.	- " -	wahrs. Typ 1
L19g	Abbau 5 / 700-m-Sohle	k.D.	- " -	wahrs. Typ 1
L19h	Rolloch 2, 2. südl. Richtstr. n. Westen / 750-m-Sohle	AS 017	veränderte, MgCl ₂ - reiche Lösung des Typs „Asse-Südflanke“	Typ 1
L20	Abbau 2 / 595-m-Sohle	k.D.	Typ „Asse-Südflanke“	wahrs. Typ 1
L20a	Abbau 2 / 616-m-Sohle	k.D.	- " -	wahrs. Typ 1
L20b	Abbau 2 / 637-m-Sohle	k.D.	- " -	wahrs. Typ 1
L19j	Abbau 9 / 750-m-Sohle	AS 006/ K9	veränderte, MgCl ₂ - reiche Lösung des Typs „Asse-Südflanke“	Typ 2 bis Typ 3
L19k	Rolloch 1, 2. südl. Richtstr. n. Westen / 750-m-Sohle	AS 006/ R1	MgCl ₂ -Lösung	Typ 3

D. ... Datenmaterial vorhanden,
k.D. ... keine Daten verfügbar



10 Abbildungen

Exemplar für BMBF und BMU

Abbildung 1: Seigerriss und Längsschnitt 1 mit projizierten Zutrittsstellen von Salzlösung im Bereich der Südflanke.

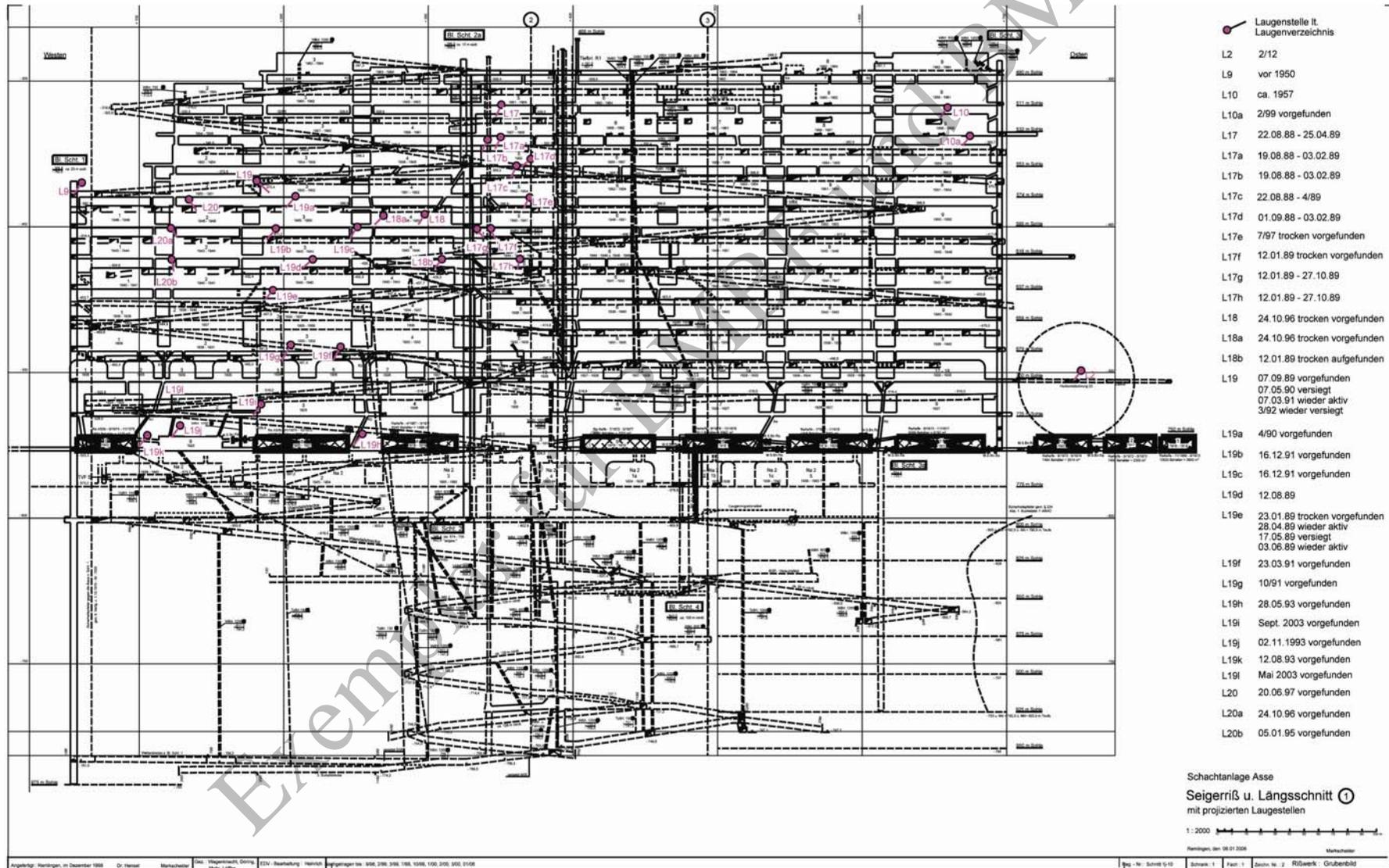


Abbildung 2: Gesamter gefasster Salzlösungszufluss aus der Südflanke (Stand: 31.12.2004).

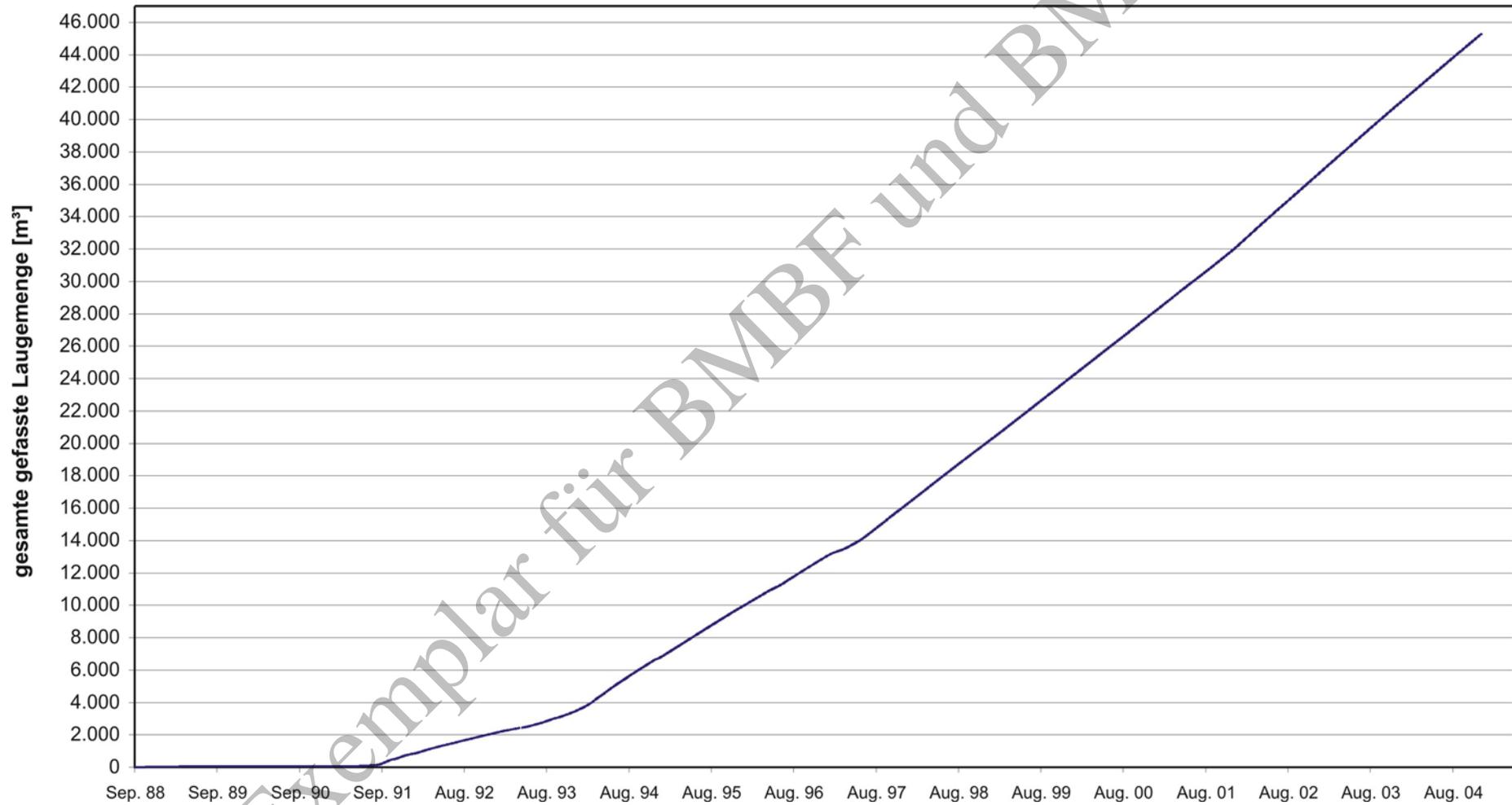


Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung des wöchentlich gefassten Salzlösungszuflusses aus der Südflanke bis 31.12.2004.

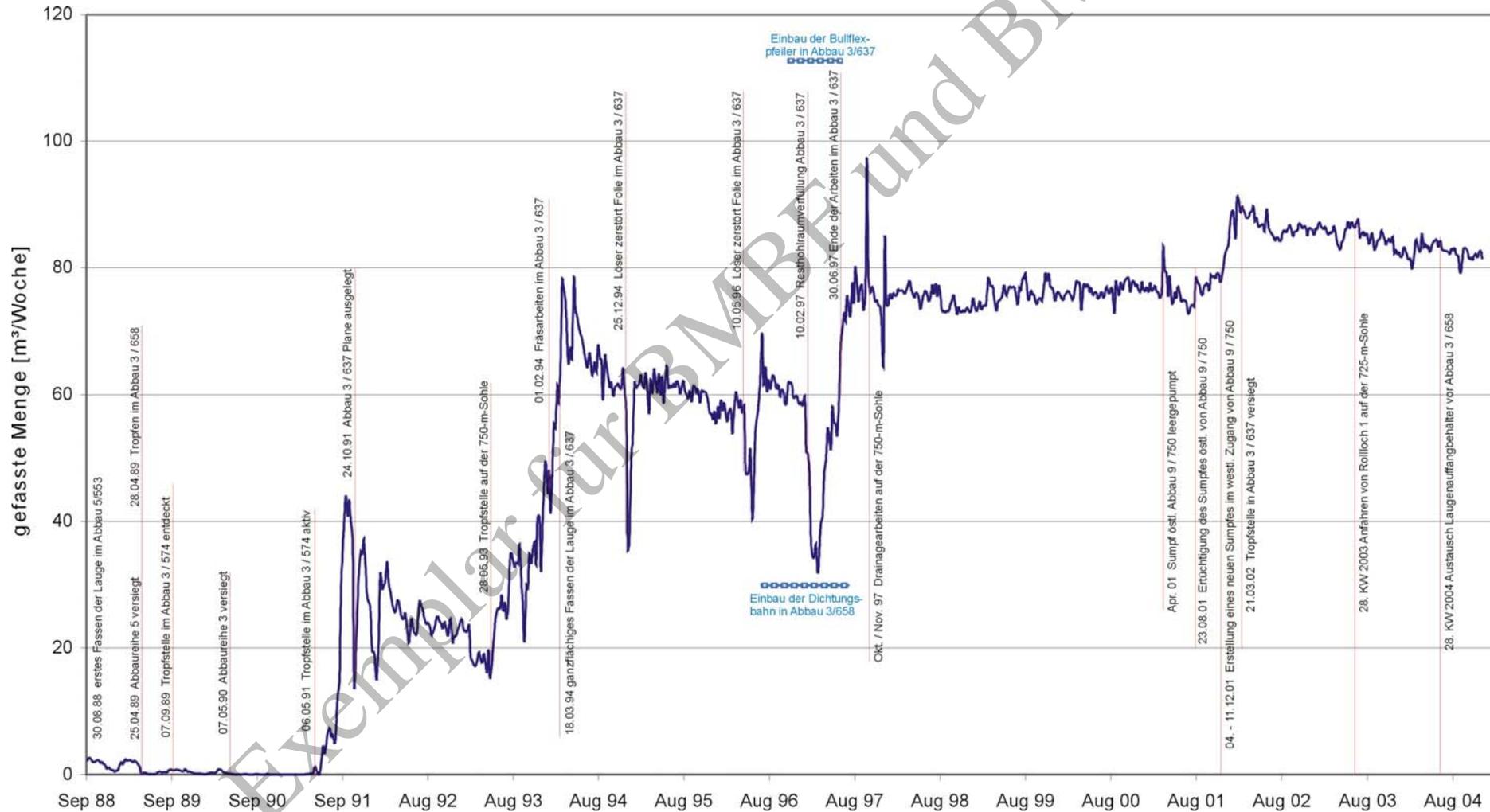


Abbildung 4: Sohlenrissausschnitt der 637-m-Sohle, Salzlösungsprobenahmestelle AS 003.

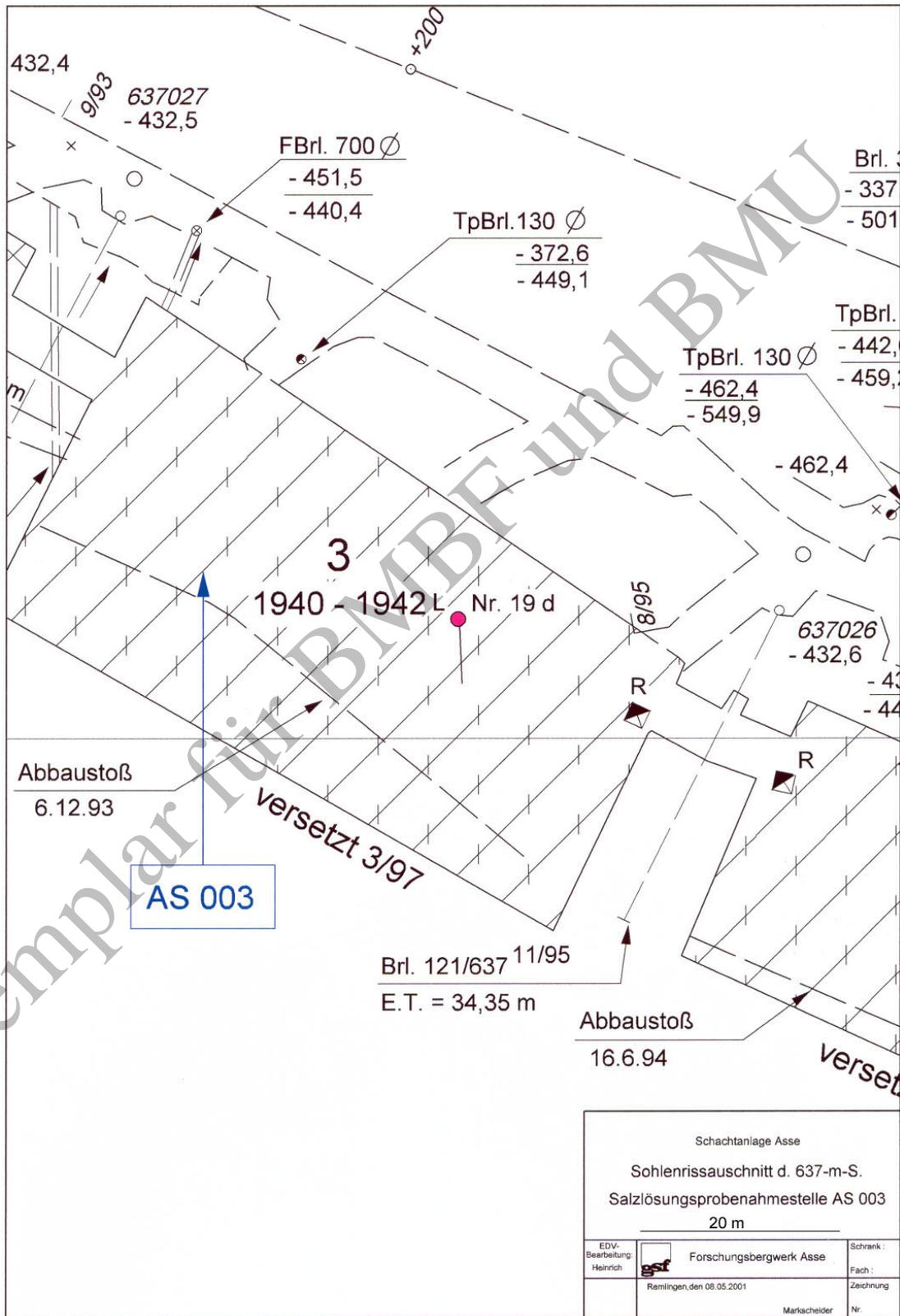
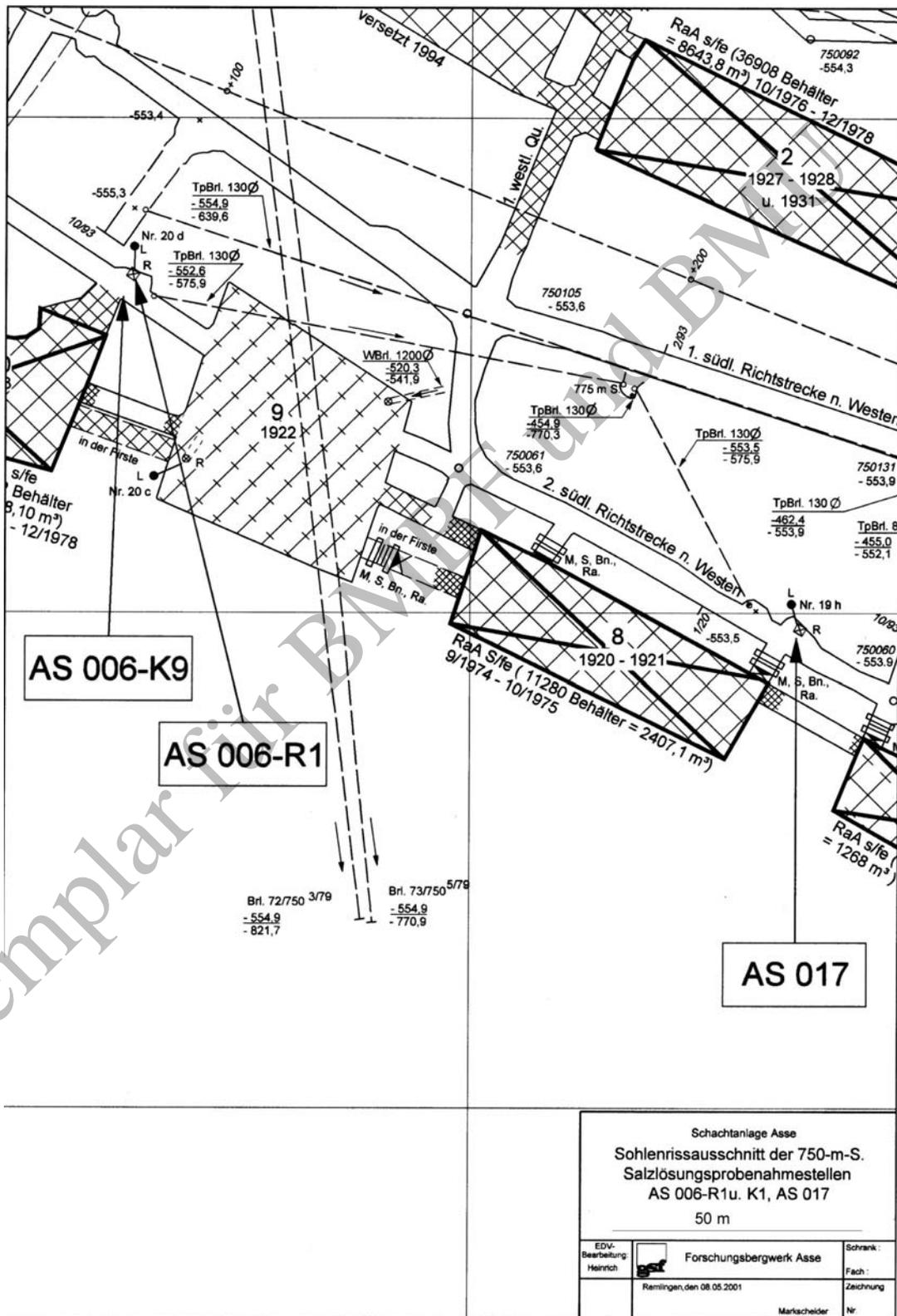


Abbildung 6: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Salzlösungsprobenahmestellen AS 006/R1, AS 006-K1 und AS 017.



Schachanlage Asse		
Sohlenrissausschnitt der 750-m-S.		
Salzlösungsprobenahmestellen		
AS 006-R1 u. K1, AS 017		
50 m		
EDV-Bearbeitung Heinrich	Forschungsbergwerk Asse	Schrank:
Remlingen, den 08.05.2001		Fach:
	Markcheider	Zeichnung
		Nr

Abbildung 7: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Salzlösungsprobenahmestellen AS 008 bis AS 010.

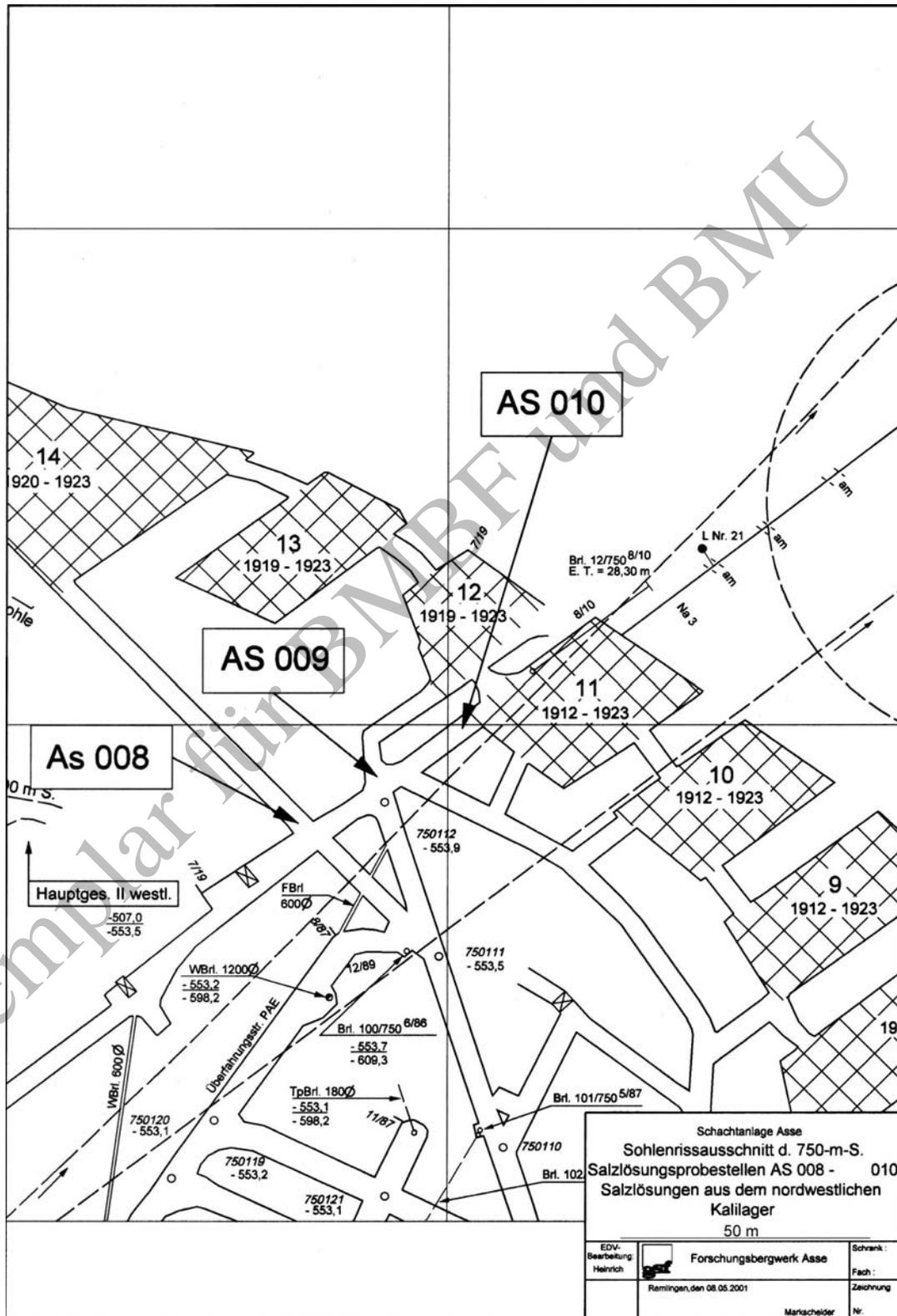


Abbildung 8: Sohlenrissausschnitt der 750-m-Sohle, Salzlösungsprobenahmestelle AS 007.

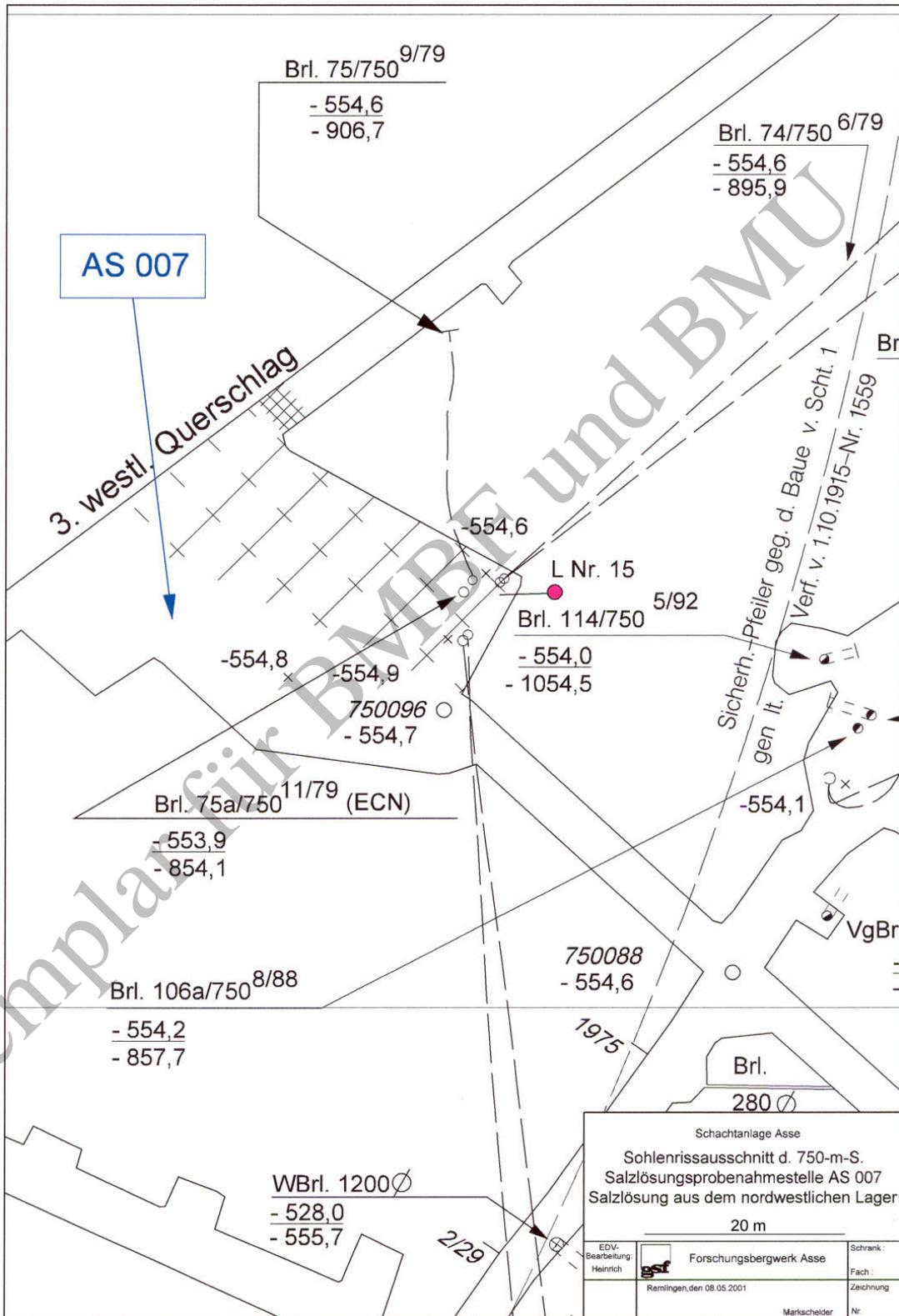


Abbildung 9: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 003.

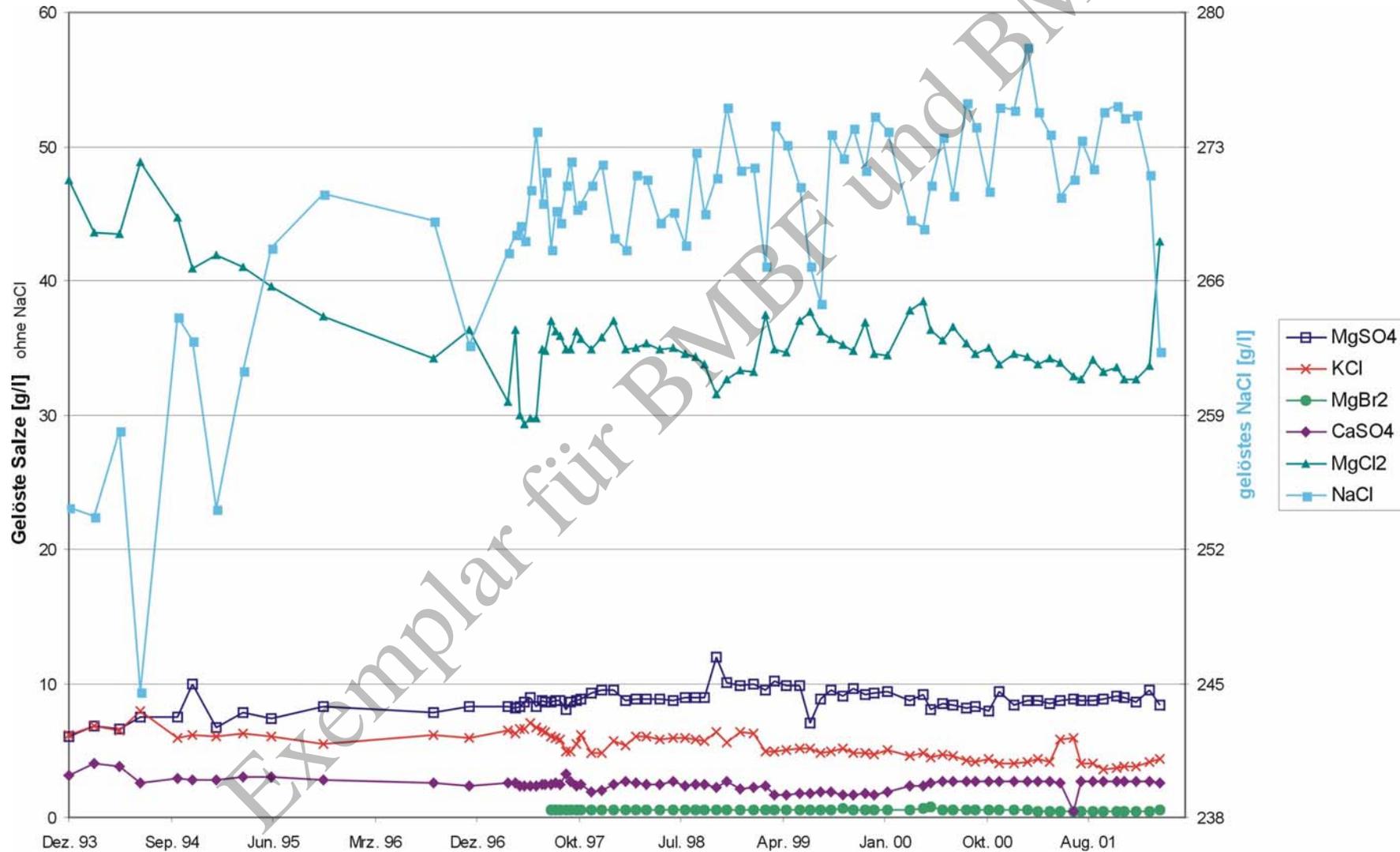


Abbildung 10: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/R1.

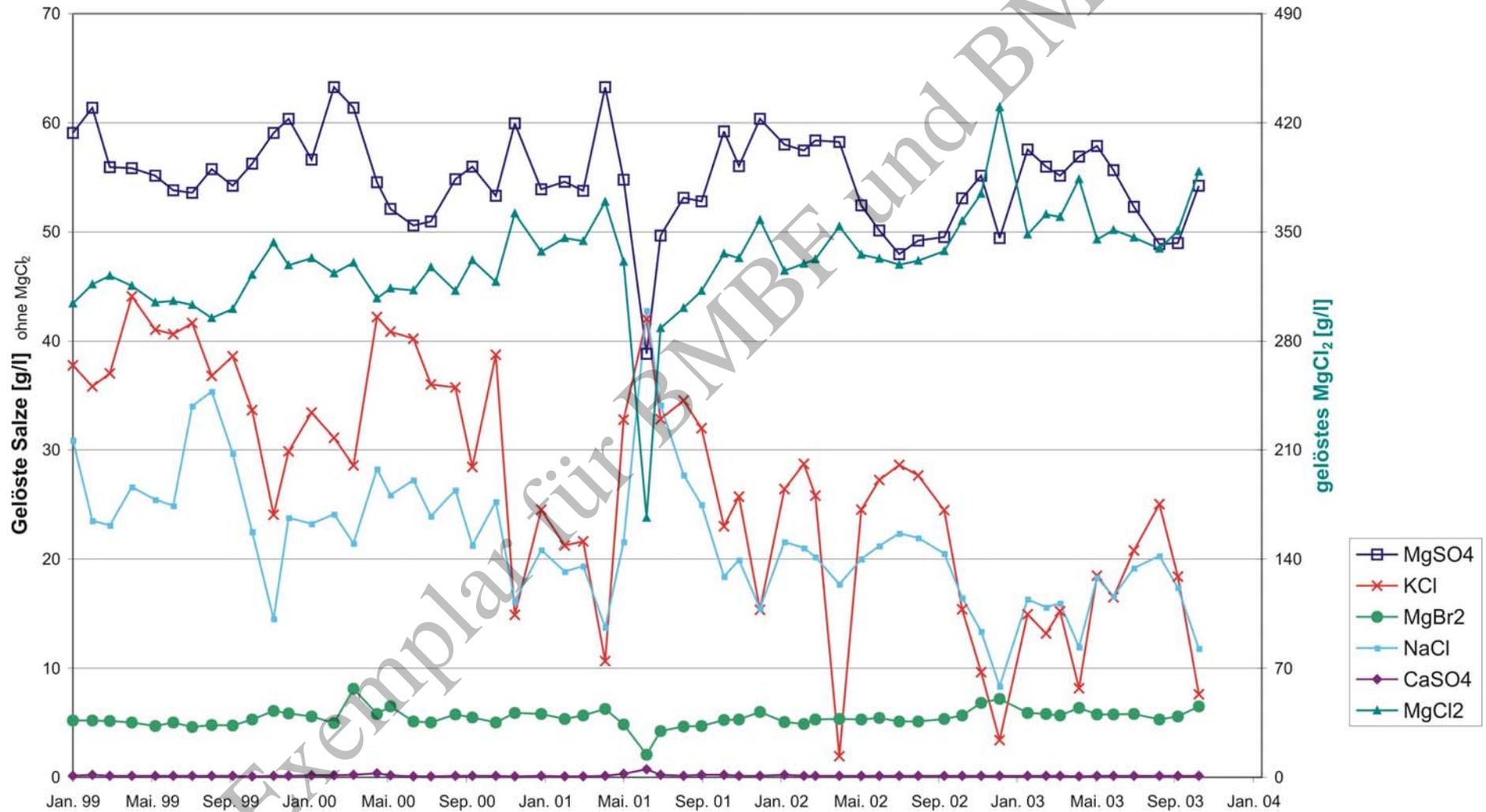


Abbildung 11: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/K9.

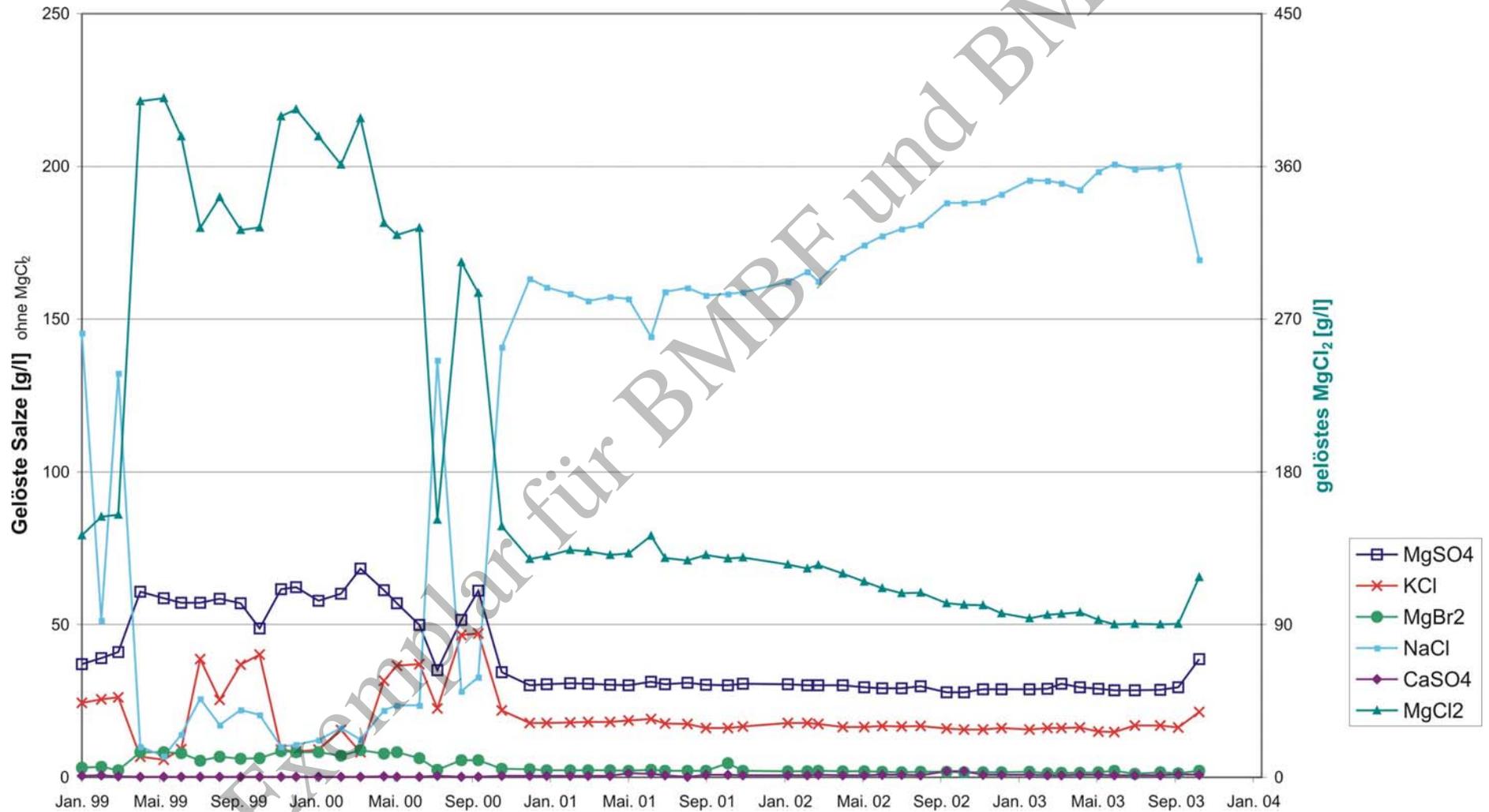


Abbildung 12: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 007.

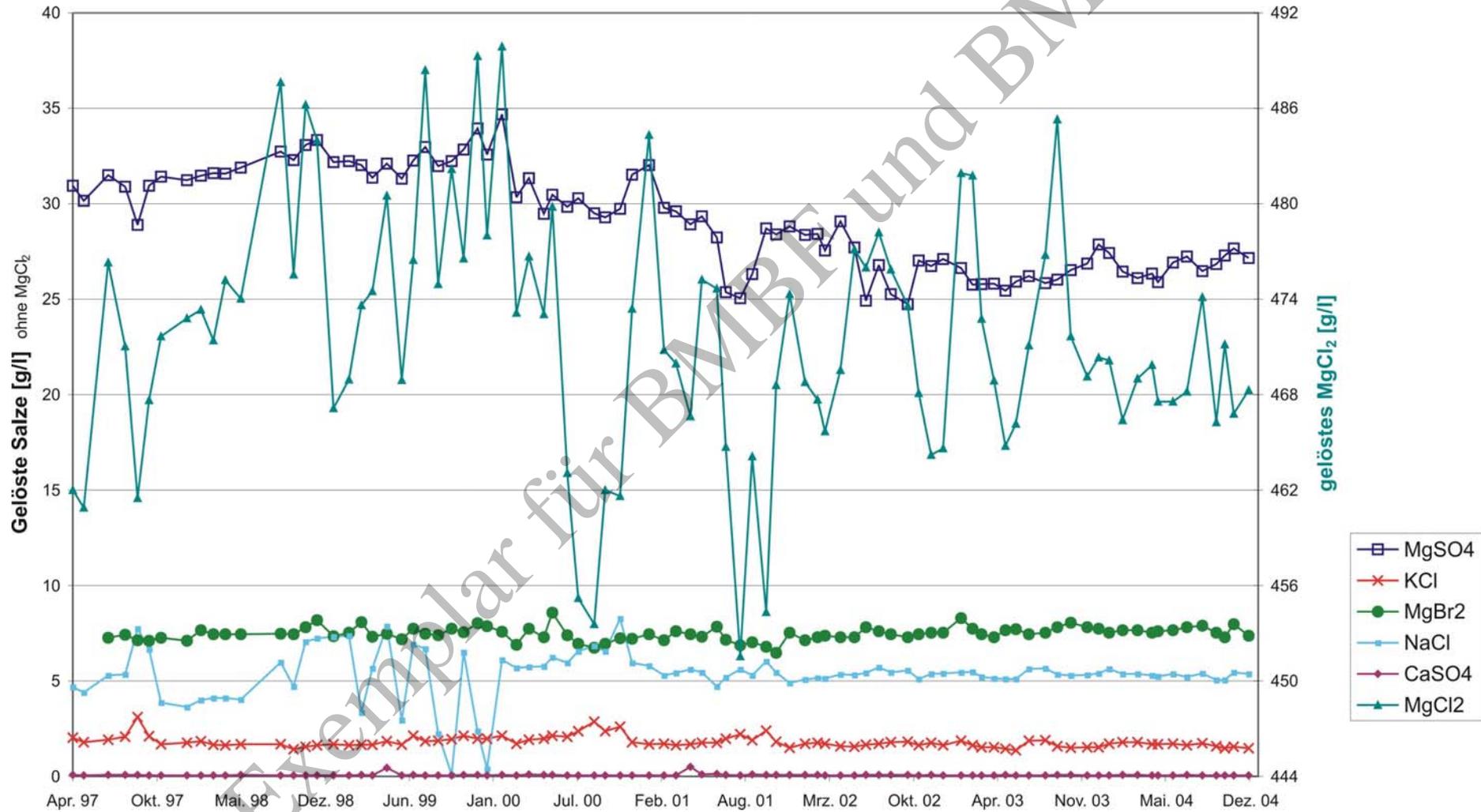


Abbildung 13: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 008.

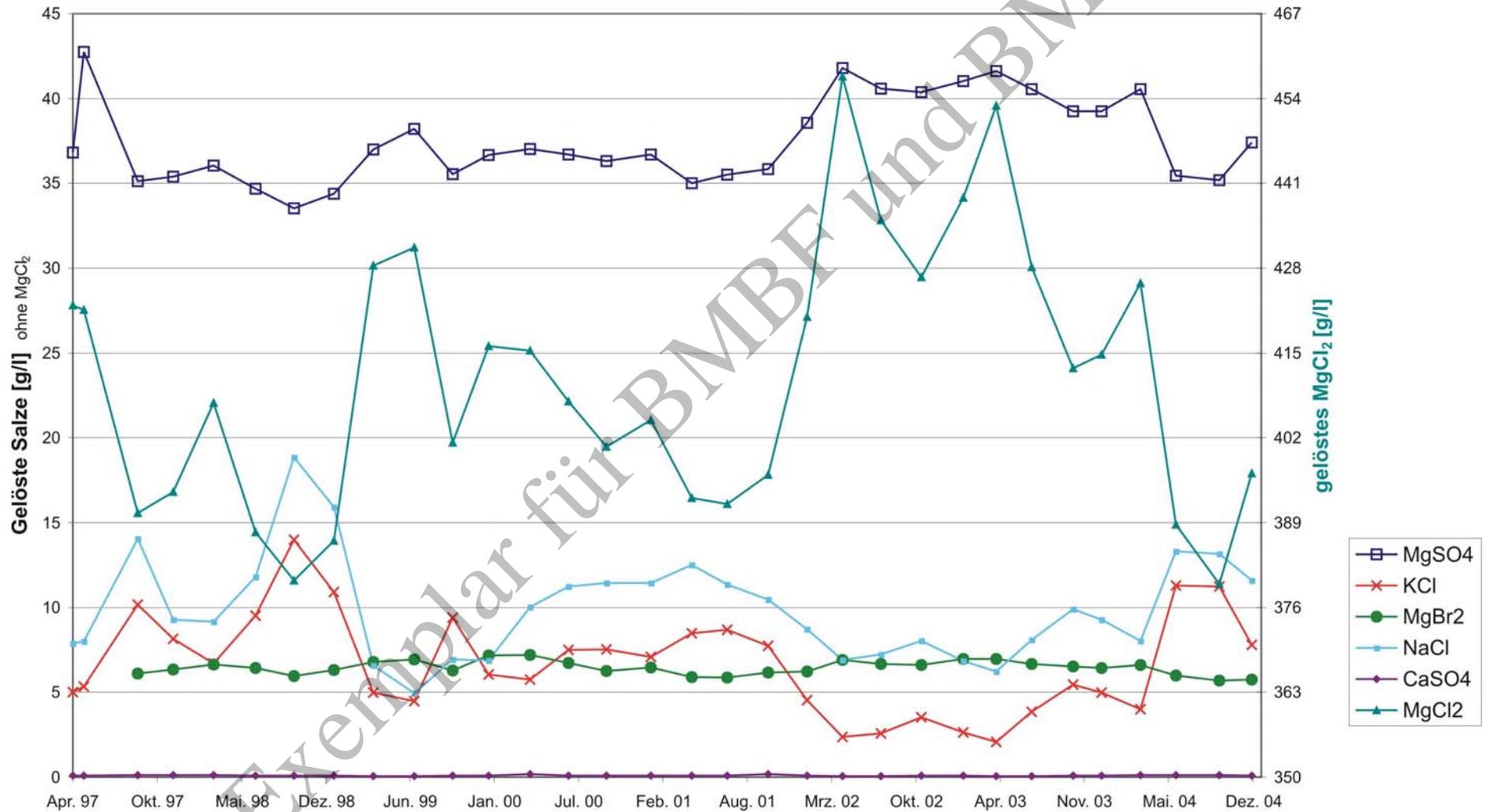


Abbildung 14: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 009.

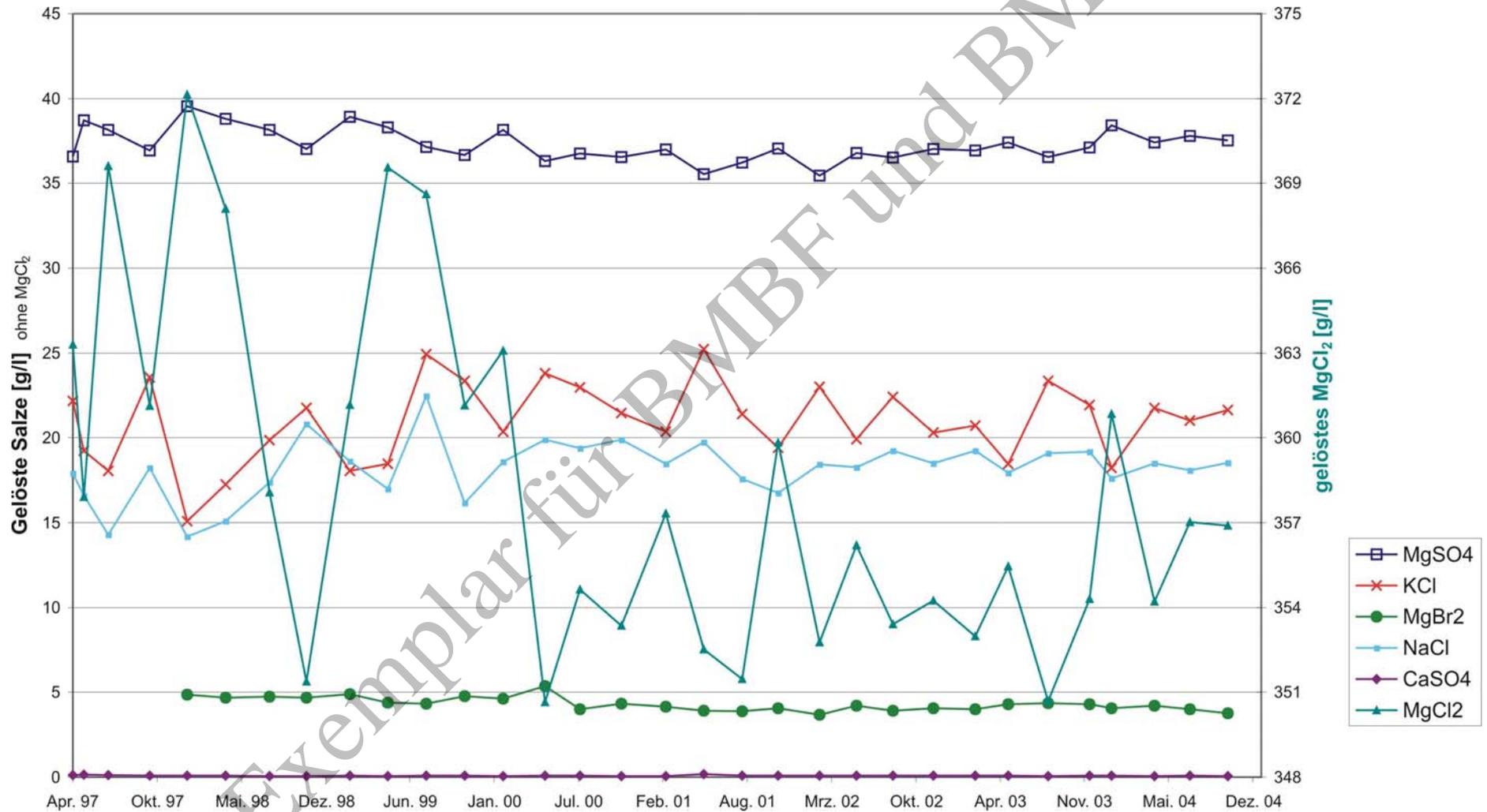


Abbildung 15: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 010.

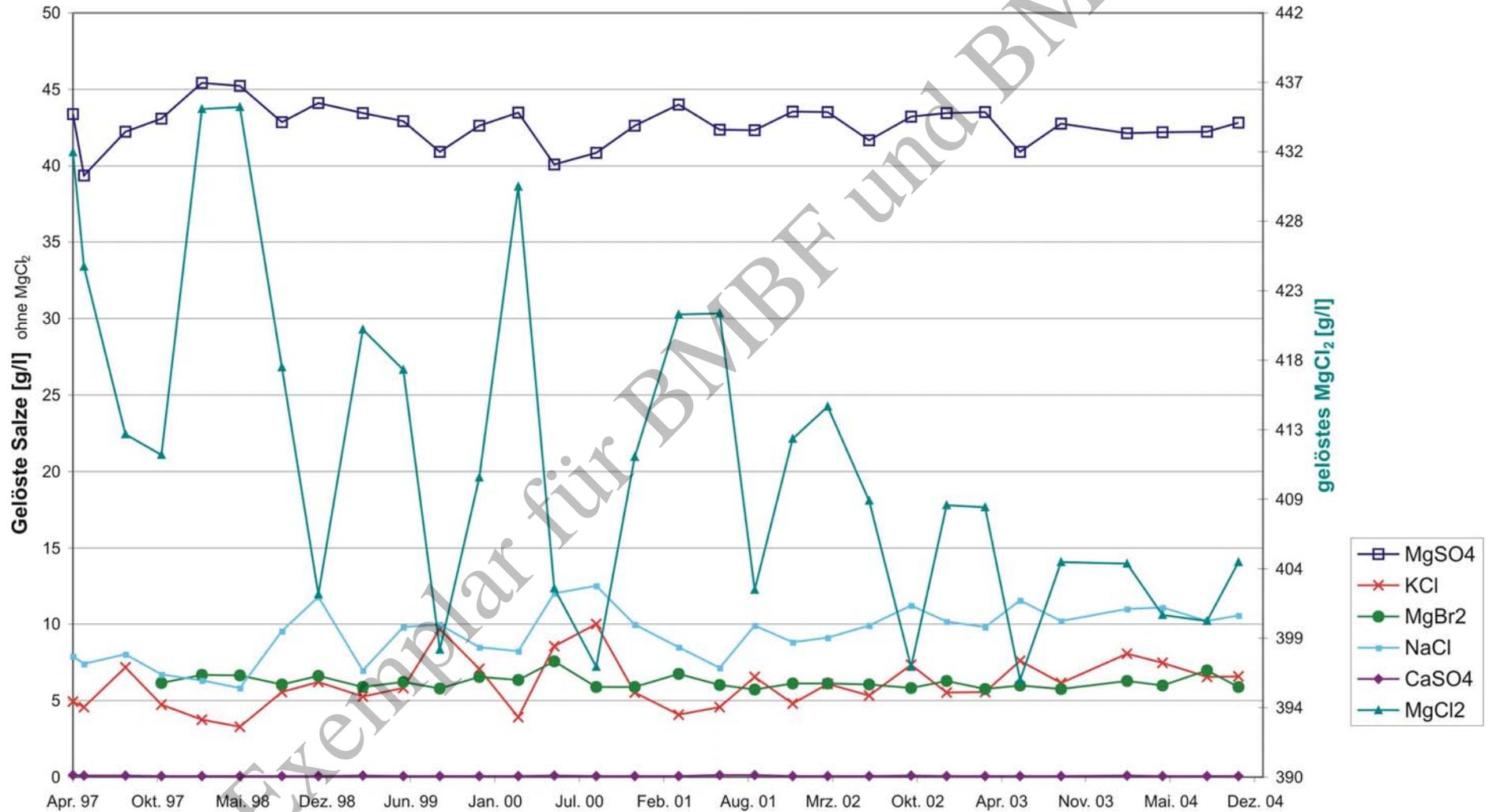


Abbildung 16: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 011.

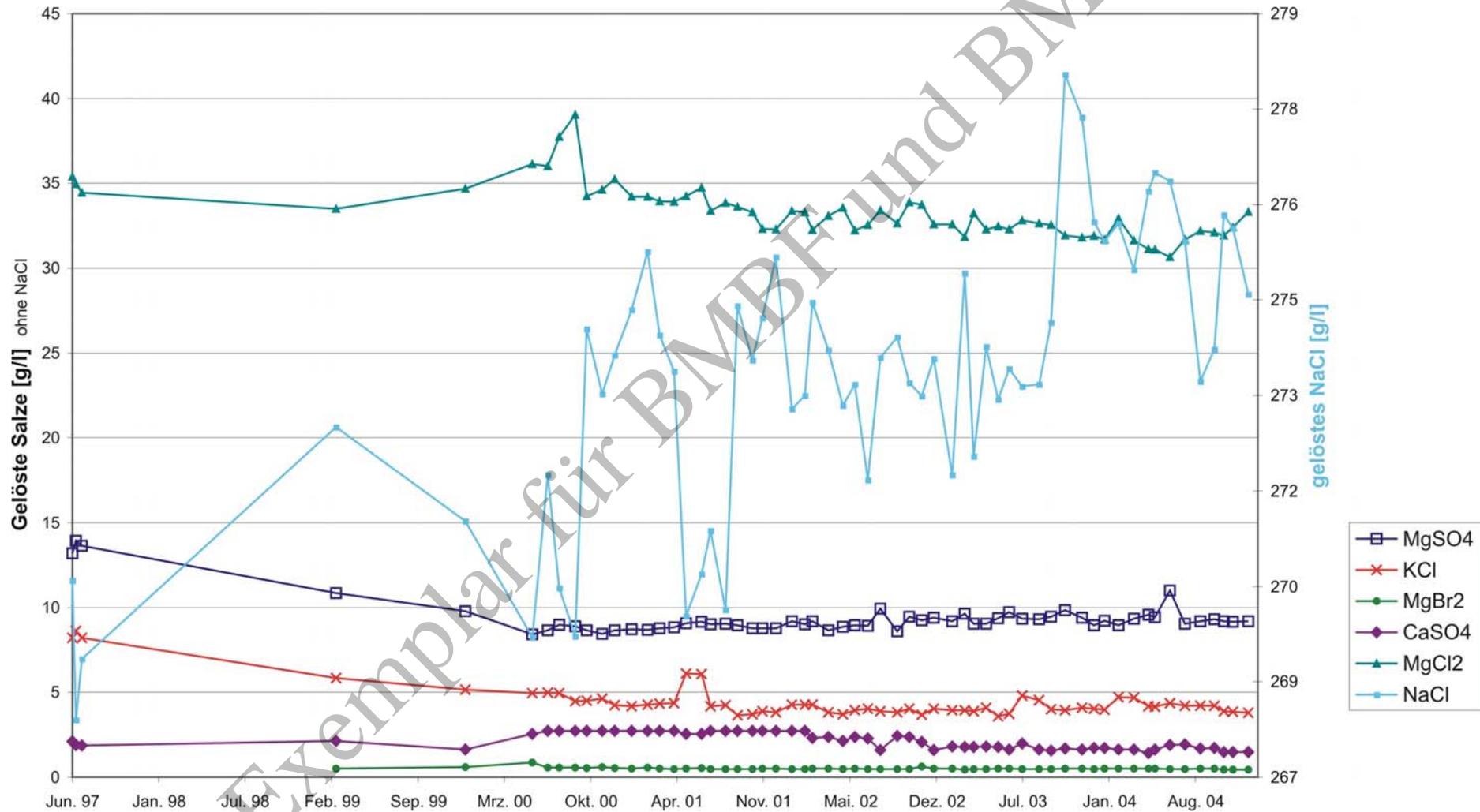


Abbildung 17: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 012.

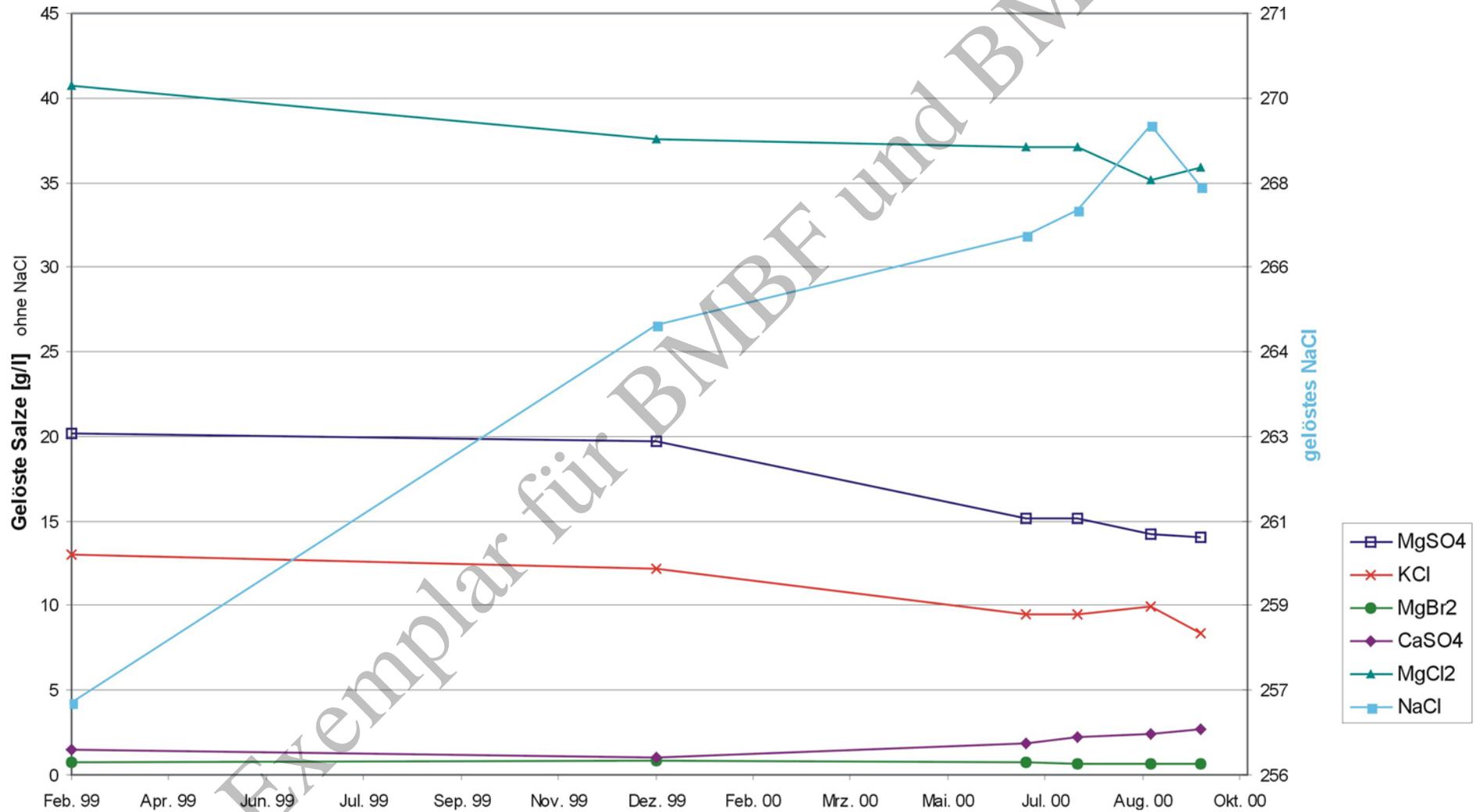


Abbildung 18: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 013.

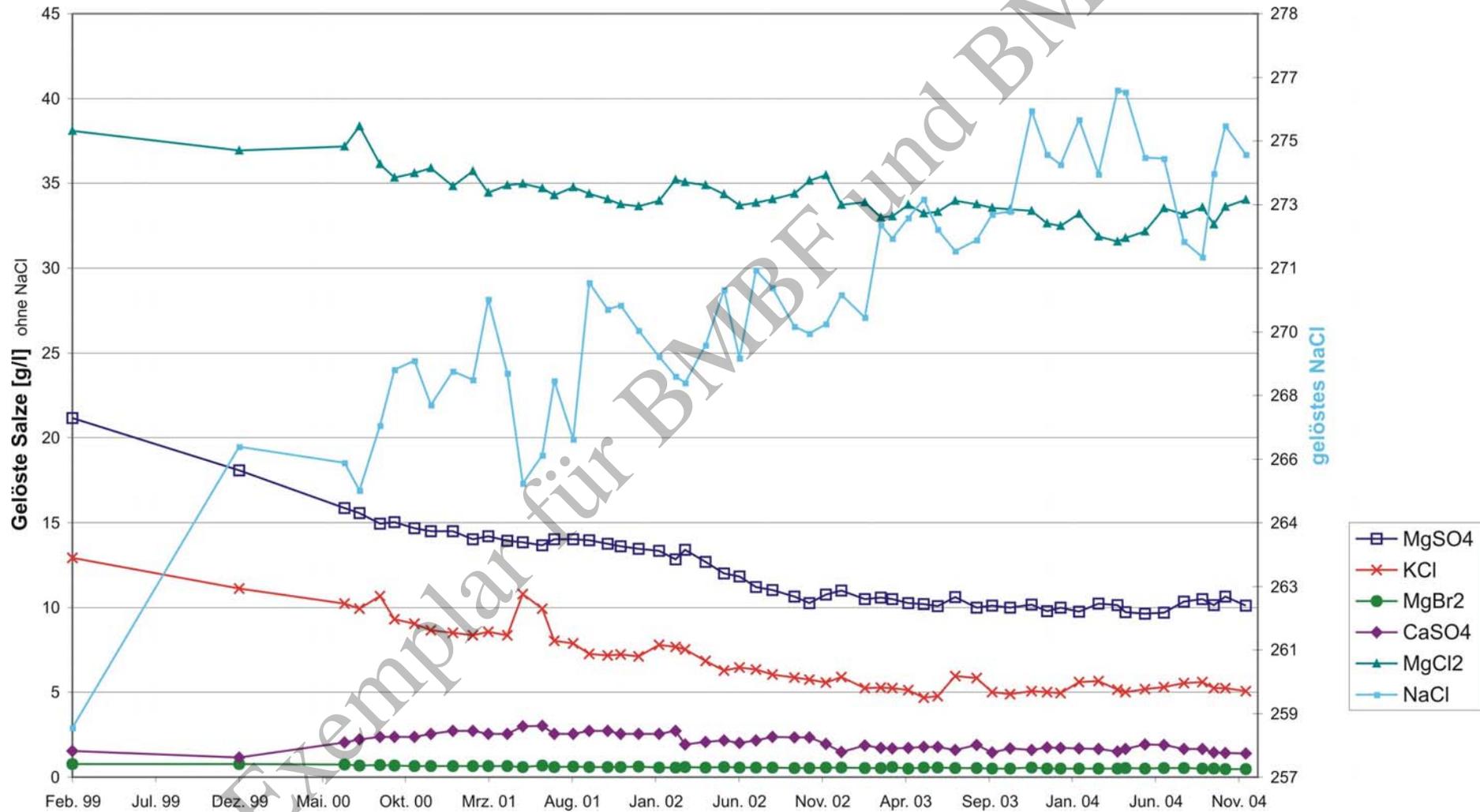


Abbildung 19: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 017.

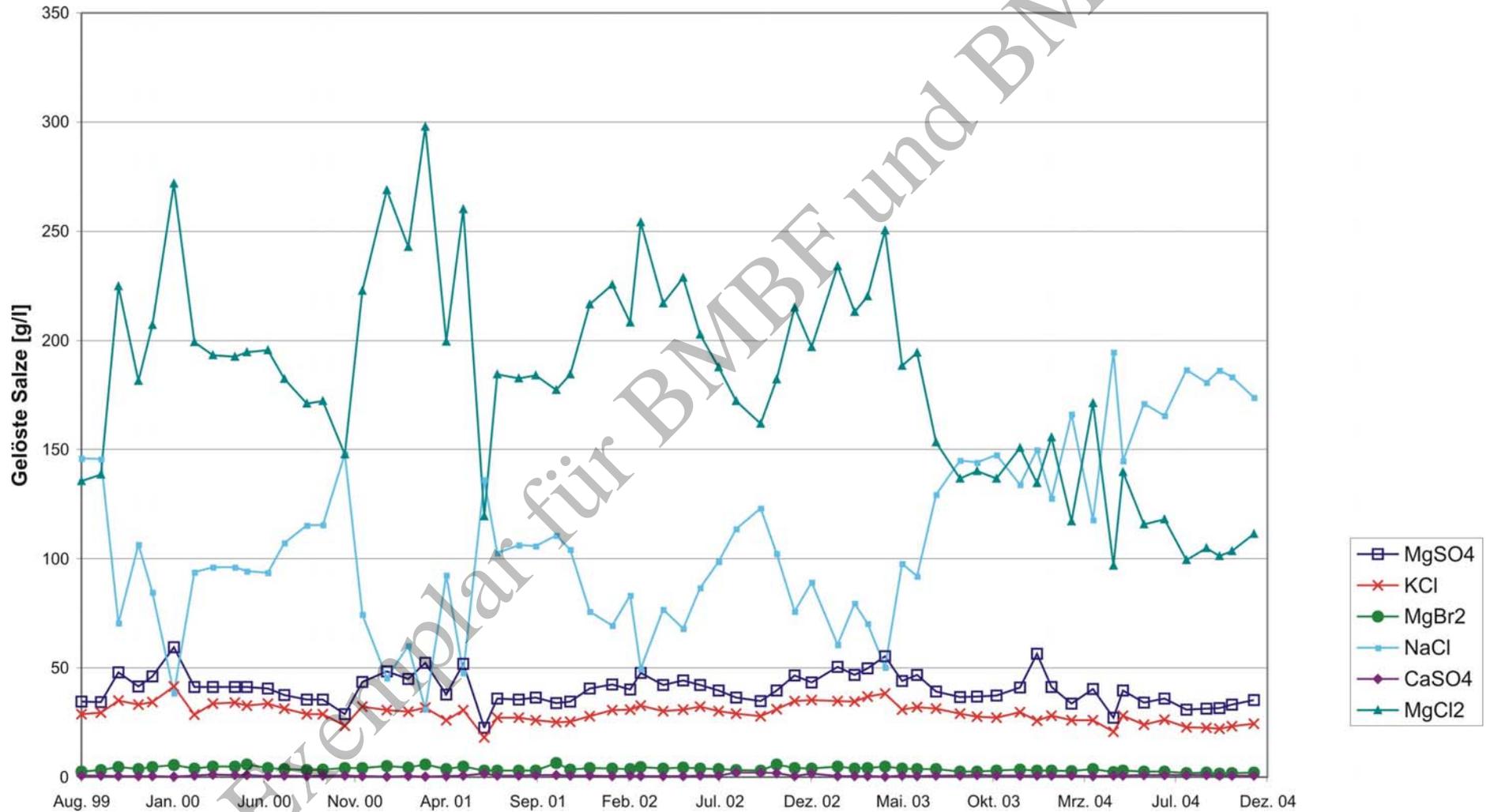


Abbildung 20: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/R1-725.

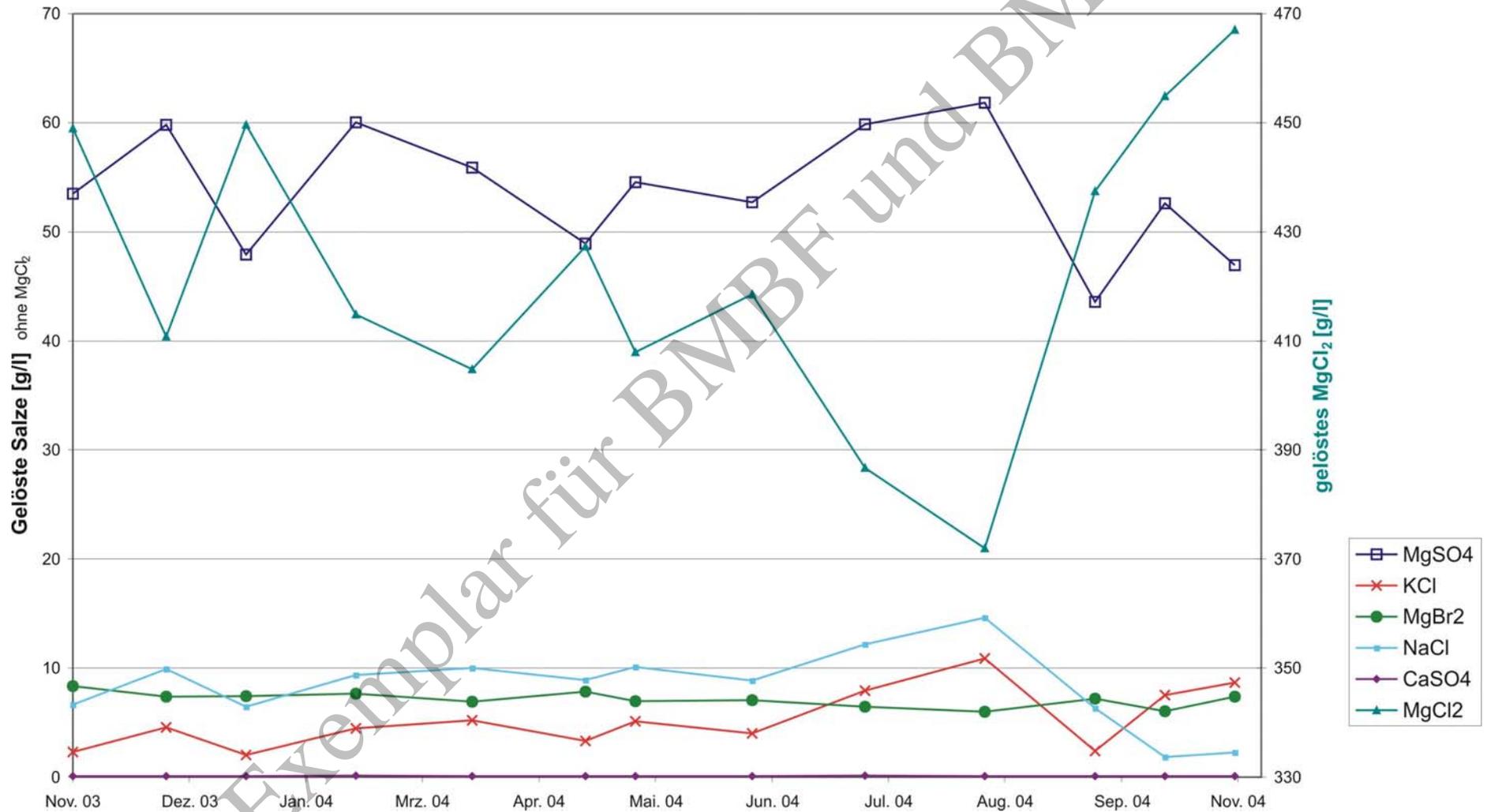


Abbildung 21: Mineralzusammensetzung der Salzlösung der Probenahmestelle AS 006/K3.

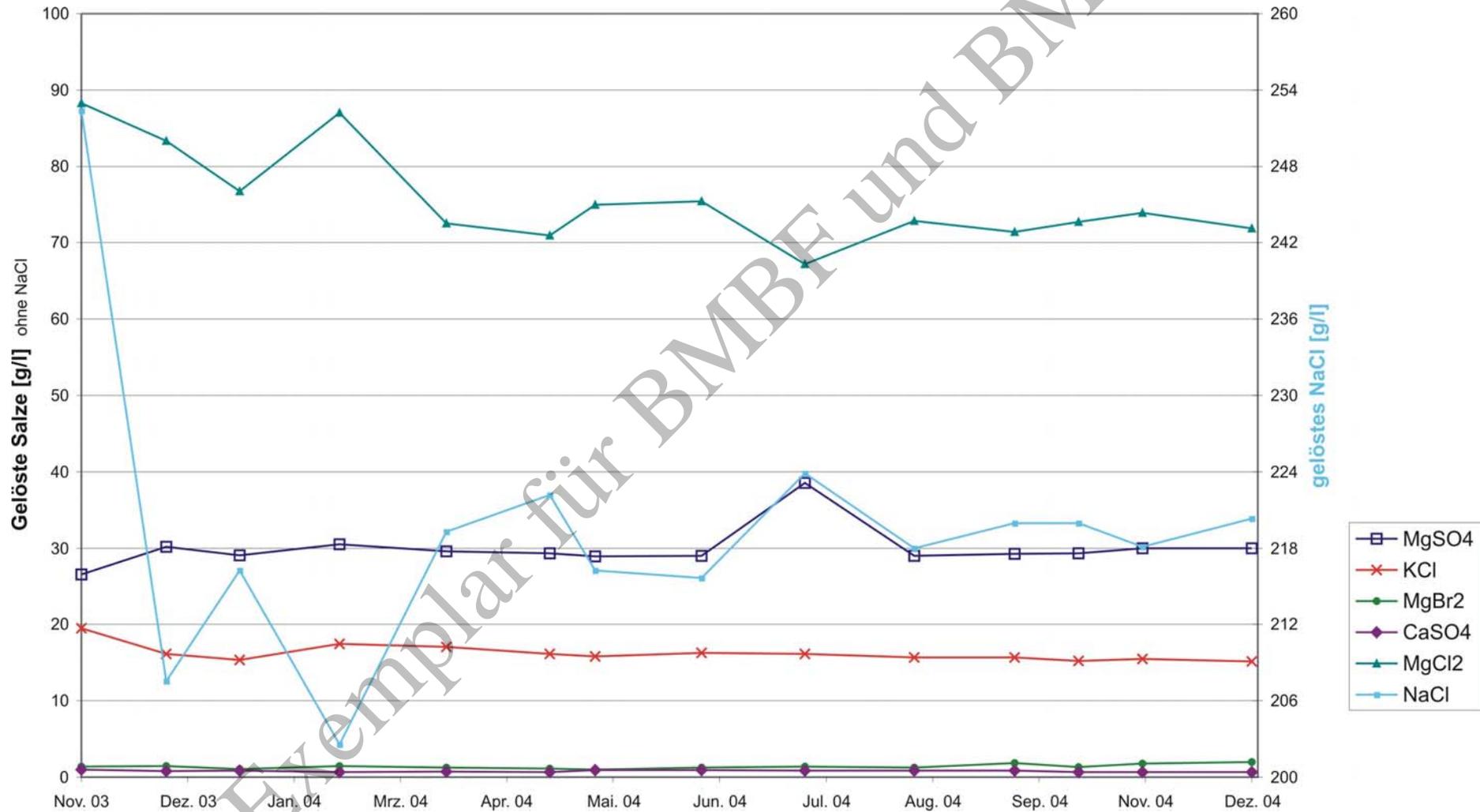


Abbildung 22: Chemische Zusammensetzung der Lösungstypen im Jänecke-Plot anhand ausgewählter Probenahmestellen [39].

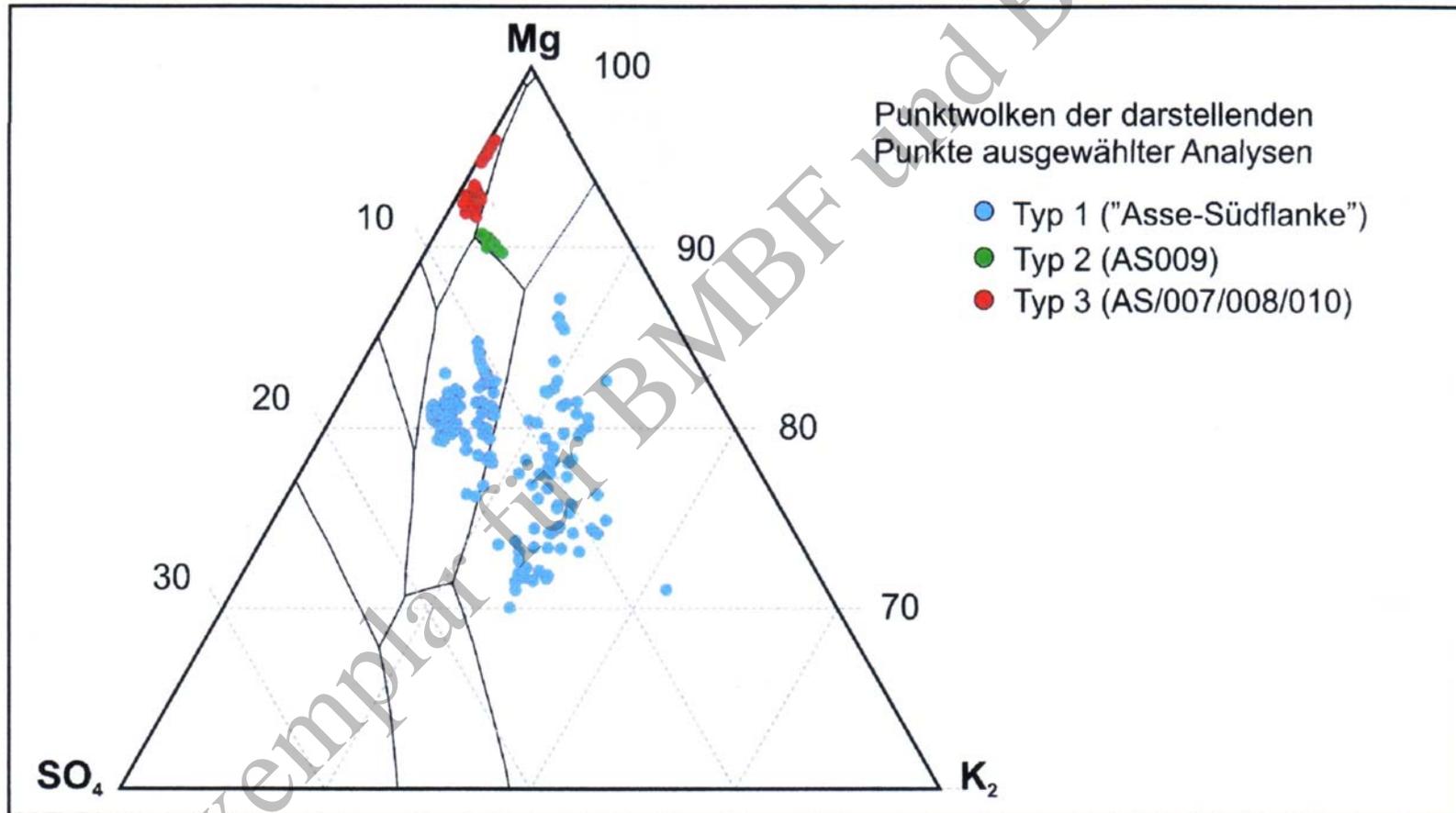


Abbildung 23: Entwicklung der $MgCl_2$ - und der $NaCl$ -Gehalte der primären Lösungen des Zuflusses in der Asse-Südflanke [44].

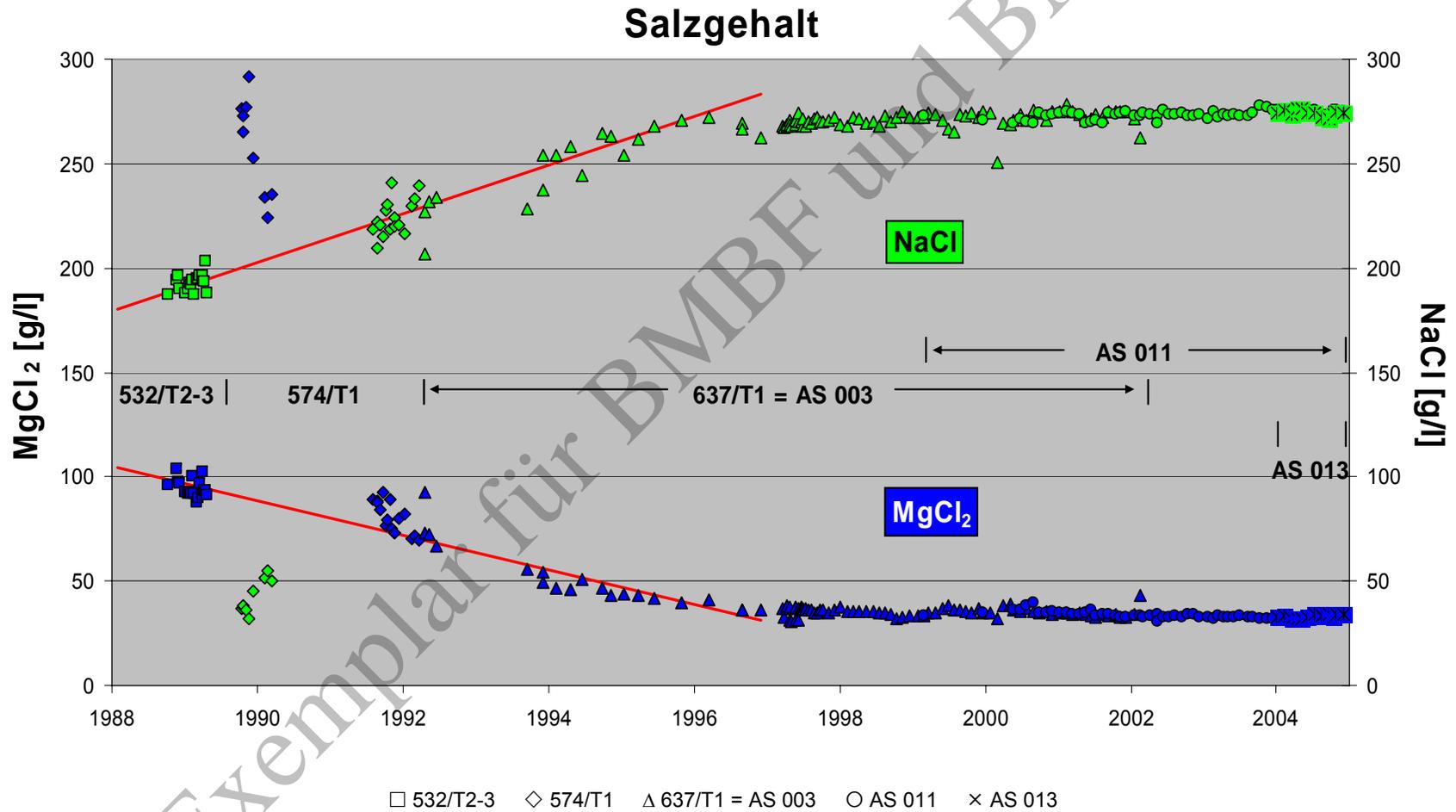


Abbildung 24: Zutrittsstellen von Salzlösung an der Südflanke der Schachtanlage Asse und vermutete Fließwege der Salzlösung innerhalb des Grubengebäudes.

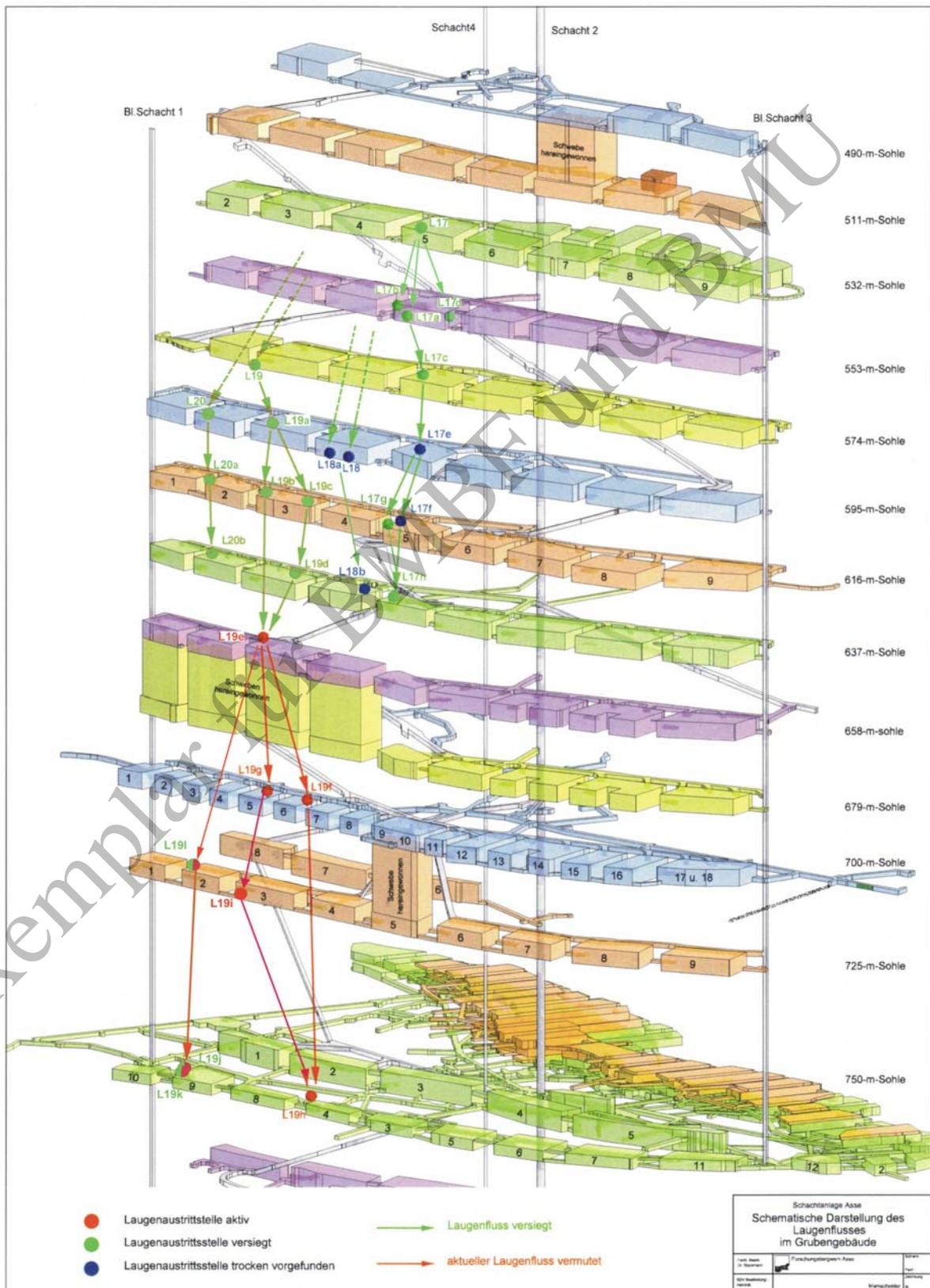


Abbildung 25: Zutrittsbereich von Salzlösung über die Auflockerungszone am Südstoß der Grubenbaue in das Grubengebäude und weiterer Verlauf der Salzlösungen an der Südflanke der Schachanlage Asse (in Grün: Rötanhydrit; am4 – 7 Na3η: Anhydritittel).

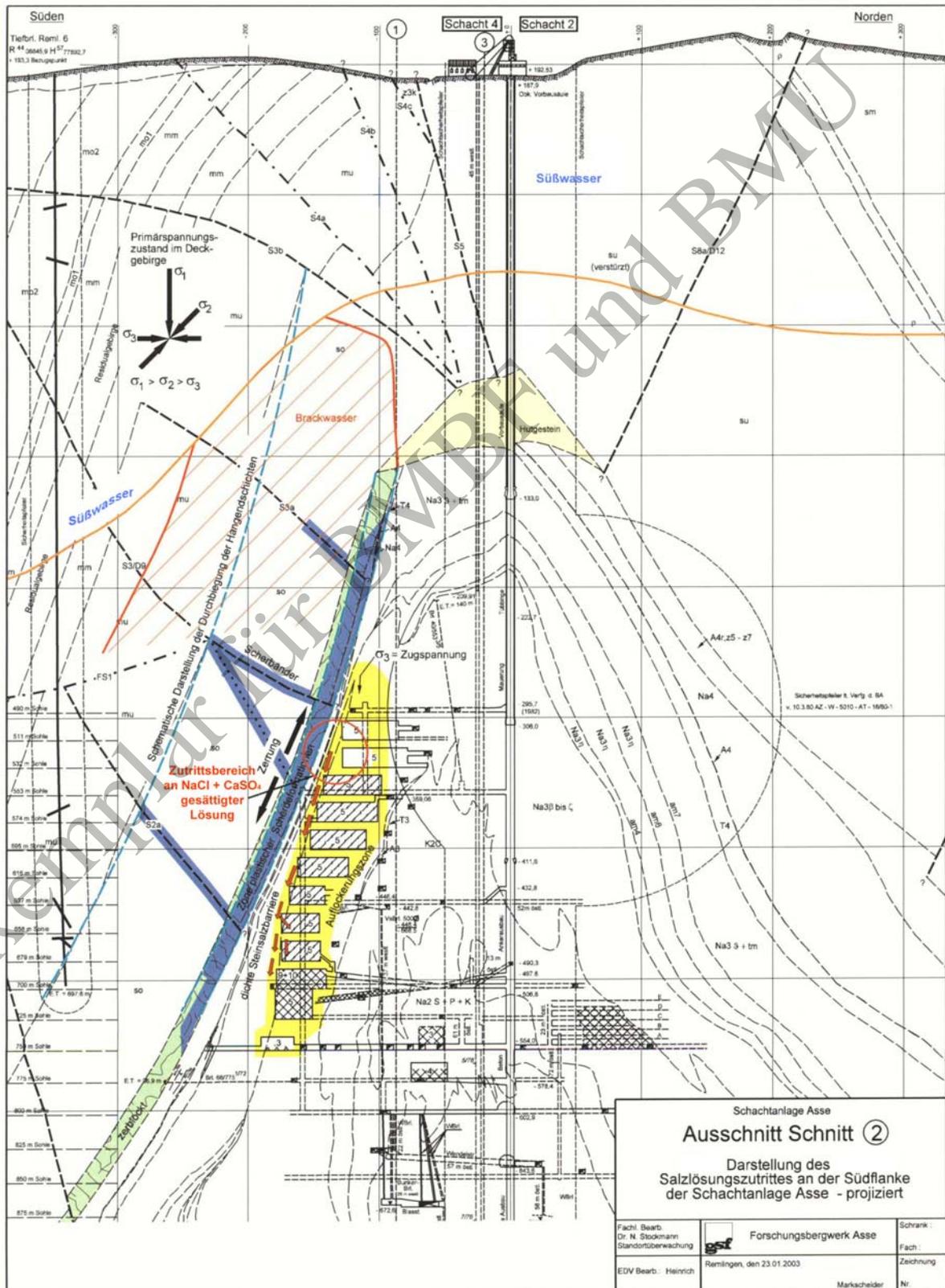


Abbildung 26: Scherdeformationen im Deckgebirge der Schachtanlage Asse im Jahr 2004 [45].

