

DMT GmbH & Co. KG

Geo Engineering & Exploration
Hydrogeologie & Wassermanagement
Am TÜV 1
45307 Essen



Untersuchungen des Grubenwasseranstieges auf Zollverein bis zum Niveau -600mNHN mit besonderer Berücksichtigung der möglichen Barium- Sulfat-Ausfällung

für: RAG AG
BT
Herrn Breitenstein
Wilhelmstraße 98
44649 Herne

Bestellung: 5393152/A17/DA vom 08.03.2019

Ansprechpartner DMT: Dr. M. Eckart
Dr. C. Klinger
Dr. O. Stoschek
P. Rüterkamp

Tel.-Durchwahl: 0201/172-1824
Fax: 0201/172-1891

DMT-Bearbeitungs-Nr.: GEE4-2019-00073

Essen, den 03.04.2019

DMT GmbH & Co. KG

(Eckart)

(Rüterkamp)

Dieser Bericht besteht aus 19 Seiten



INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1 Anstiegsszenario und Aufgabenstellung	3
2 Bearbeitungsschritte und zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	7
3 Maßnahmen zur Optimierung der getrennten Förderung auf Zollverein 12 und Zollverein 2	11
4 Fazit	19

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	Seite
Abbildung 1: Wasserspiegelentwicklungen und Prognose.....	4
Abbildung 2: Wasserspiegel- und Volumenstromentwicklung Prognose EMU / ZV / Lohberg	5
Abbildung 3: Darstellung der wichtigsten Fließwege	7
Abbildung 4: Frachtverhältnisse (kg/h) von Barium (magenta) und Sulfat (grün) im Mischwasser der geogenen Zuflüsse der jeweiligen Box.	8
Abbildung 5: Bariumentwicklung auf Nordstern-Süd.....	10
Abbildung 6: Sulfatentwicklung auf ZV12, Lohberg und Nordstern-Süd.....	11
Abbildung 7: Strömungsverhältnisse im Bereich Zollverein	12
Abbildung 8: Modellaufbau im Bereich Zollverein	13
Abbildung 9: Sohlnaher Salzgehalt im aktuellen Zustand und Lage des Vertikalprofils.....	15
Abbildung 10: Vertikalprofil des Salzgehaltes von Schacht 2 (Nord, linke Seite) bis Schacht 12 (Süd, rechte Seite) im aktuellen Zustand	15
Abbildung 11: Sohlnaher Salzgehalt mit Sohlschwelle und Lage des Vertikalprofils.....	17
Abbildung 12: Vertikalprofil des Salzgehaltes von Schacht 2 (Nord, linke Seite) bis Schacht 12 (Süd, rechte Seite) mit Sohlschwelle	17
Abbildung 13: Modellaufbau im Bereich Zollverein mit Anschlussstrecke.....	18

1 Anstiegsszenario und Aufgabenstellung

Derzeit wird am Standort Zollverein eine untertägige Wasserhaltung im Niveau rd. -950 mNHN betrieben. Dabei werden Grubenwässer unterschiedlicher Qualität getrennt gehoben, da bei einer Durchmischung Ausfällreaktionen von Bariumsulfat zu erwarten sind. Derartige Reaktionen könnten den Pumpbetrieb durch Verkrustungen der Betriebsmittel und Korrosion beeinträchtigen.

RAG sieht vor, das Heben von Grubenwasser am Standort Zollverein einzustellen. Das Wasser soll zukünftig über die Wasserprovinz Prosper-Haniel zum Standort Lohberg gelangen und dort gehoben werden. Hierzu werden die Übertrittstellen zwischen Zollverein und Prosper-Haniel im Niveau – 726 mNHN und zwischen Prosper-Haniel und Lohberg im Niveau -805 mNHN planmäßig überstaut.

Das Heben am Standort Lohberg wird in einem Niveau von -630 mNHN erfolgen. RAG beantragt vor diesem Hintergrund die Überleitung der Grubenwässer aus der Wassersprovinz Zollverein in die Provinz Lohberg.

Aufgabenstellung der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen ist die Prognose des Grubenwasseranstiegs und die Beurteilung von Versagensszenarien. Aus möglichen Szenarien ist der Bedarf zur Aktivierung eines Sicherungsbrunnens am Standort Zollverein abzuleiten. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf Maßnahmen zur Vermeidung von Bariumsulfat-ausfällungen am Pumpstandort gelegt, um die Notwendigkeit und Möglichkeit einer Hebung von Grubenwässern unterschiedlicher Qualität zu beschreiben.

Auf Basis des mit dem Boxmodell (EMU-CARO-V5a) berechneten Anstiegsszenario ergibt sich folgender Anstieg der Wasserspiegel ausgehend vom tiefsten Wasserhaltungsniveau bei etwa -1300 mNHN bis -600 mNHN (Abbildung 1) und für den Bereich ZV/Lohberg der Spiegelanstieg und die Volumenstromentwicklung an den Hebungsstandorten (Abbildung 2):

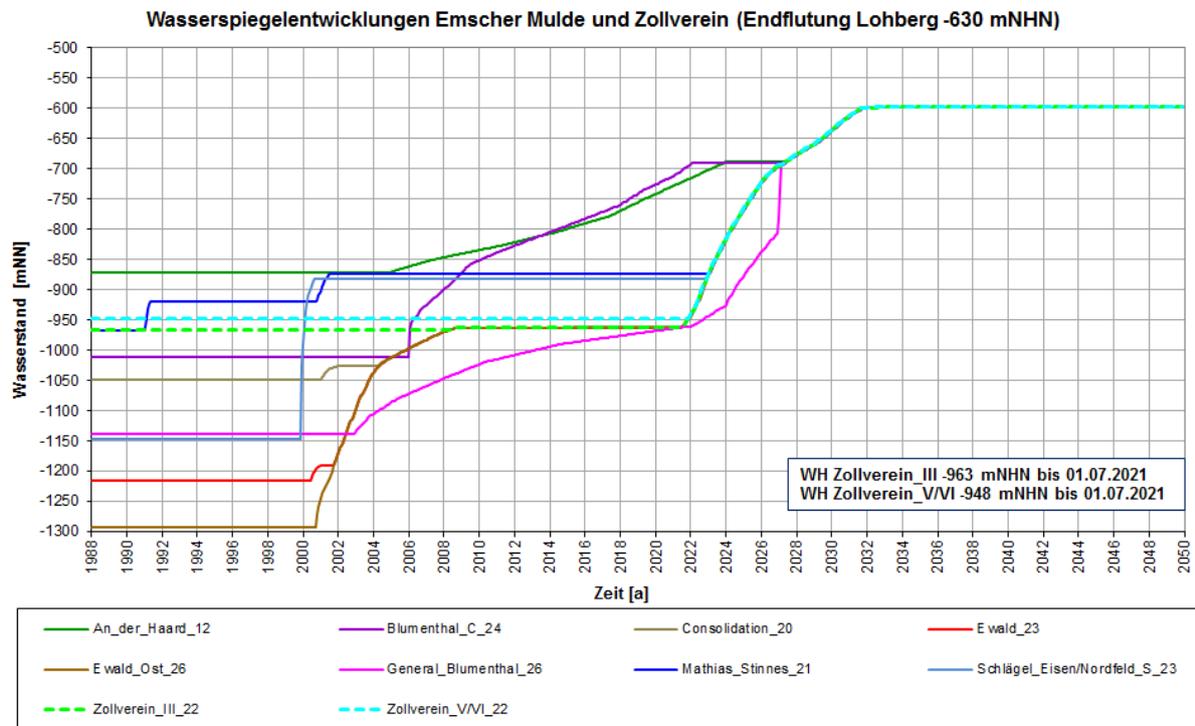


Abbildung 1: Wasserspiegelentwicklungen und Prognose

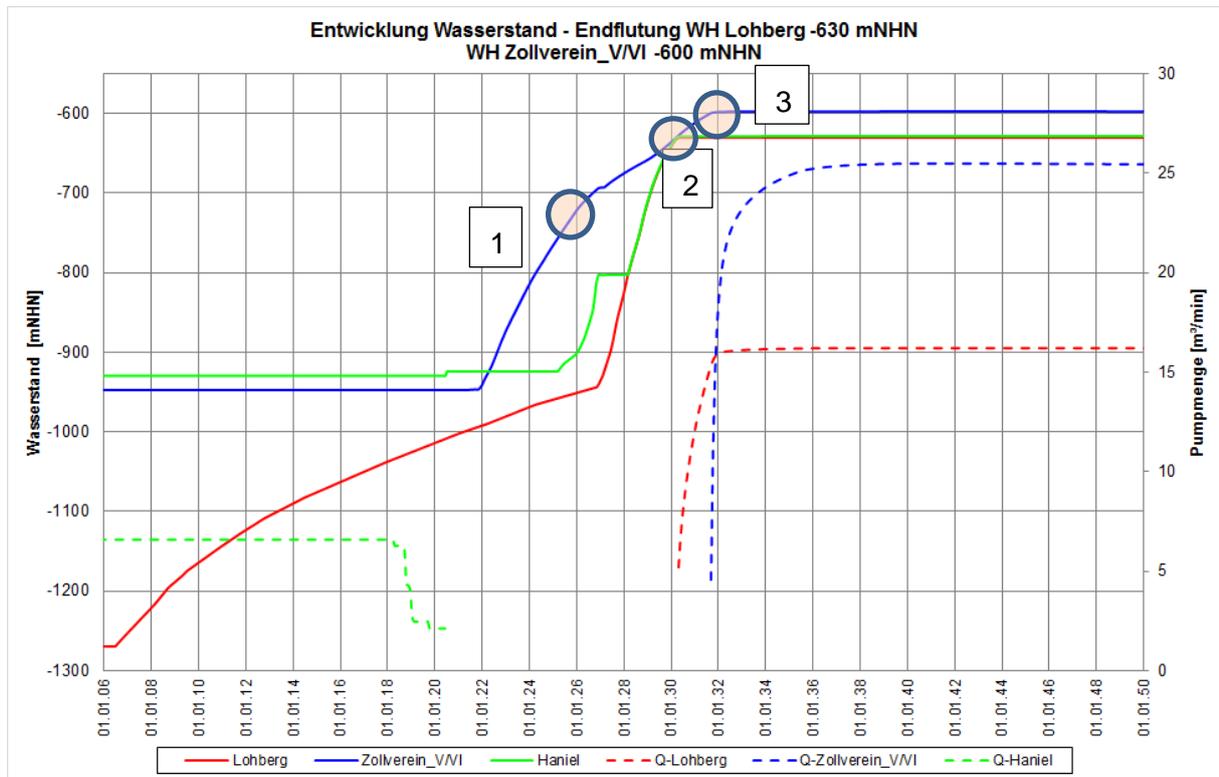


Abbildung 2: Wasserspiegel- und Volumenstromentwicklung Prognose EMU / ZV / Lohberg

Im Verlauf des Wasseranstieges ergeben sich drei Meilensteine die nachfolgend näher beschrieben werden:

Meilenstein 1

- 2026 beginnt der Wasserübertritt aus der Emschermulde in Richtung Prosper-Haniel über die Erkundungsstrecke C455 im Niveau -726mNHN.
- Das Mischwasser aus der Emschermulde setzt sich zusammen aus der Wasserprovinz Amalie, Carolinenglück und Zollverein (Teilstrom Süd, Emschermulde und Emschermulde-Ost).
- Die übertretende Wassermenge beschleunigt den weiteren Anstieg auf Prosper (Dauer ca. 1 Jahr) und bei einem Niveau von -805 mNHN beginnt der Überlauf des Grubenwassers aus Prosper-Haniel und der Emschermulde in die Wasserprovinz Lohberg hinein.
- Durch diesen Zulauf beschleunigt sich auch der Anstieg in der Wasserprovinz Lohberg bis zum Niveau -805 mNHN (Dauer ca. 1 Jahr)

- Ab diesem Niveau erfolgt der weitere Anstieg in der Wasserprovinz Prosper-Haniel und Lohberg gemeinsam bis zum Niveau -630 mNHN (Dauer ca. 2 Jahre).

Meilenstein 2

- 2030 beginnt der Pumpbeginn auf Lohberg im Niveau -630 mNHN
- Die Pumpmenge setzt sich zusammen aus der Wasserprovinz Lohberg, Prosper-Haniel und dem Zustrom aus dem Mischwasser Emschermulde
- Die gesamte Pumpmenge der ZWH Lohberg zu diesem Zeitpunkt beträgt zu Beginn ca. 5 m³/min.

Meilenstein 3

- Der weitere Anstieg hat in der Wasserprovinz Zollverein das Niveau -600 mNHN erreicht.
- Der Pumpbetrieb auf Lohberg hebt das Grubenwasser weiterhin aus dem Niveau -630 mNHN, wobei sich der Zustrom aus der Emschermulde weiter vergrößert. Die Pumpmenge erreicht im stationären Zustand ca. 16,5 m³/min.
- Zum Schutz der Übertrittsstelle aus der Wasserprovinz Zollverein in Richtung der Wasserprovinz Lippe (Fürst Leopold) bei -598 mNHN soll der Pumpbetrieb auf Zollverein Schacht 12 aufgenommen werden (Brunnenwasserhaltung).
- Der Pumpbetrieb auf Zollverein Schacht 12 nimmt kontinuierlich zu und erreicht ca. 25,5 m³/min etwa im Jahre 2036.

Die Fließrichtung der Hauptvolumenströme zum Zeitpunkt der Meilensteine 2 und 3 zeigt schematisch die folgende Abbildung (Abbildung 3).

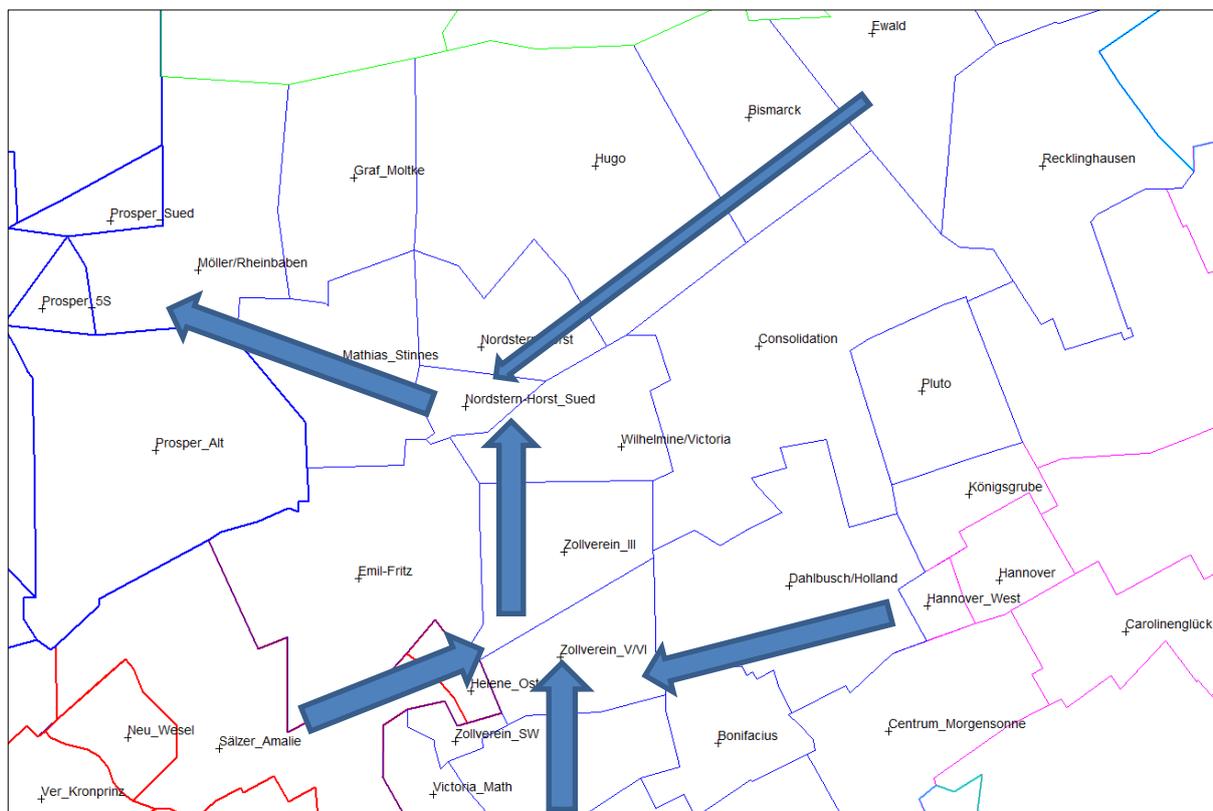


Abbildung 3: Darstellung der wichtigsten Fließwege

Als Fazit aus den Berechnungen kann festgehalten werden, dass mit der aus einem Durchleitversuch berechneten Wasserwegigkeit im Bereich der Erkundungsstrecke C455 die Fließrichtung von Zollverein nach Norden in die Emschermulde gerichtet ist. Auch bei schlechteren Wegsamkeiten bewegt sich das Wasser aus der markanten Bariumprovinz Stinnes-Möller/Rheinbaben zuerst in Richtung Prosper-Haniel.

Nachfolgende Untersuchungen beschreiben ergänzend ein Szenario mit vollständigem hydraulischem Abschluss der Emschermulde gegenüber Prosper.

2 Bearbeitungsschritte und zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Abbildung 4 zeigt eindrucksvoll die Schwerpunkt-Herkunftsbereiche der Barium- und Sulfatwässer in der Emschermulde und dem südlichen Einzugsgebiet Zollverein ohne den zusätzlichen Sulfateintrag infolge des Grundwasseranstieges (Auswaschung der Pyritfolgeprodukte) (aus: DMT-Bericht

3450-2004-036 vom 24.01.2012 „Modellbasierte Sensitivitätsanalyse von Einflussfaktoren auf Flutungsprozesse und Grubenwasserqualitäten“).

Sie stellt die Fracht der jeweils nach Reaktion und Fällung in den jeweiligen Bilanzeinheiten (Boxen) verbleibenden Komponenten (Barium, Sulfat) im Einzugsgebiet der Wasserhaltung Zollverein dar. Als Einheit für diese Größe, die proportional in Kreisgrößen übertragen wurde, ergibt sich kg/h. Die Barium- und Sulfatfrachten sind im gleichen Maßstab dargestellt. Prinzipiell entsprechen die damals dargestellten Verhältnisse auch dem heutigen Kenntnisstand.

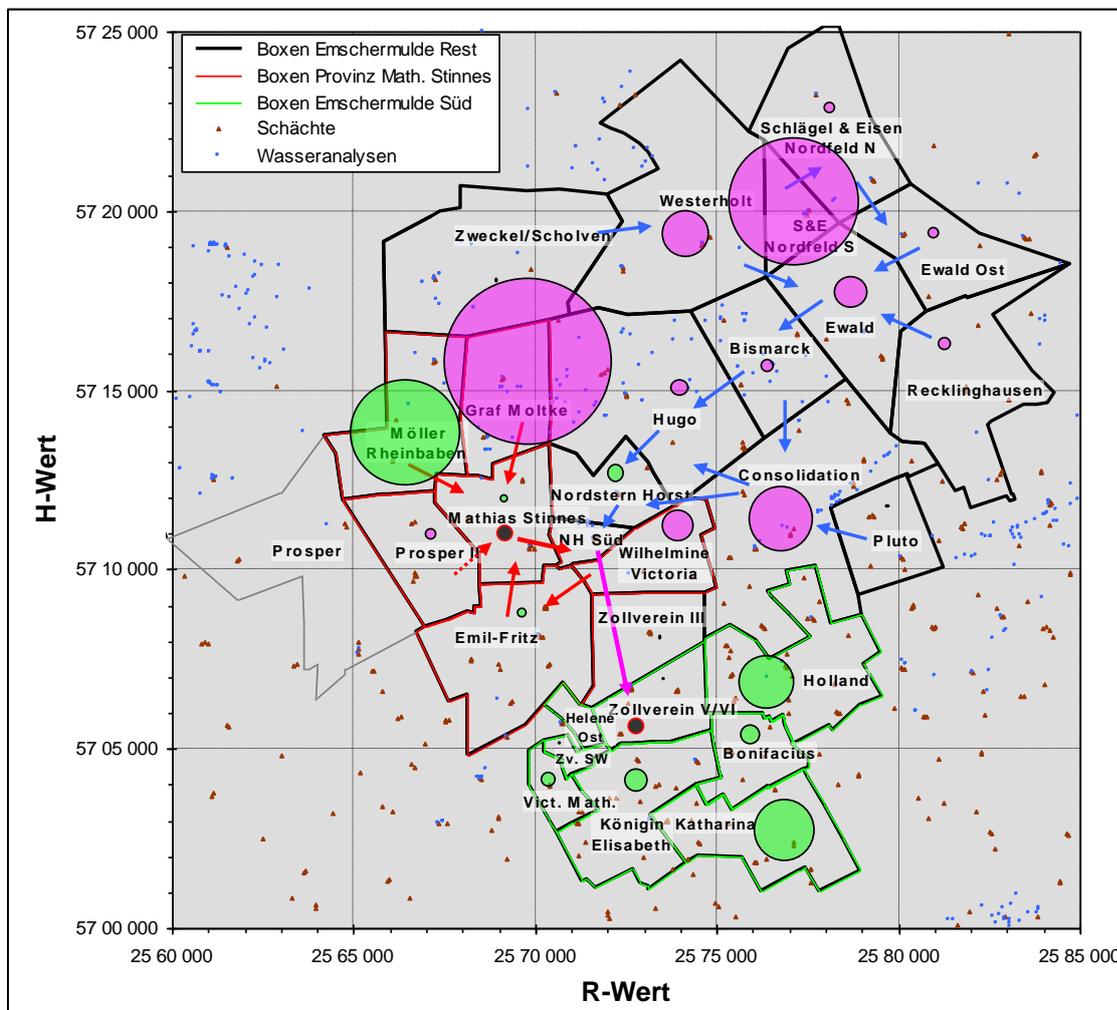


Abbildung 4: Frachtverhältnisse (kg/h) von Barium (magenta) und Sulfat (grün) im Mischwasser der geogenen Zuflüsse der jeweiligen Box.

Findet eine Wasserhebung am Standort Zollverein statt, so können dort bei bestimmten Durchlässigkeitsverhältnissen in Richtung Lohberg die bariumdominierten Wässer aus der Emschermulde (magenta) und die sulfatdominierten Wässer (grün) aus dem südlichen Einzugsbereich aufeinandertreffen und hätten bedeutende Fällmassen zur Folge. Dieser Prozess findet jedoch sehr zeitverzögert statt, da durch die Flutung und die damit verbundene zusätzliche Sulfatfreisetzung Bariumsulfat zuerst bereits in den vom Hebungsstandort entfernteren Grubenfeldern ausfällt.

Da nach Überflutung der Grubenbaue der Sauerstoffzutritt und damit die weitere Pyritoxidation verhindert wird, ist die zusätzliche Sulfatauswaschung jedoch ein zeitlich begrenzter Prozess, der zu den typischen zeitlich abklingenden Auswaschkurven führt. Dies würde tendenziell anschließend wieder zu erhöhten Bariumkonzentrationen auch im Nordbereich/Emschermulde führen. Dem wirkt entgegen, dass die Bariumzutritte aus dem geologischen Körper/Störungen mit höherem Flutungsniveau etwas zurückgehen – „abgedrückt“ werden.

Aufgrund dieser teilweise gegenläufigen Tendenzen und der Komplexität der Prozesse kann man eine Prognose nur über das über viele Jahre für solche Zwecke einkalibrierte Strömungs- und Stofftransportmodell (Boxmodell) erstellen. Wir verwenden hierfür den Modellstand 20.12. 2019. Die Ergebnisse der Anstiegsberechnung wurden bereits ausführlich im Kapitel 1 beschrieben.

Grundsätzlich ist die Barium-Sulfat-Reaktion so einzuordnen, dass sie für die Wasserhaltungen unproblematisch ist, sofern sie in ausreichender Entfernung und Verweilzeit stattfindet. Bei Zusammentreffen erst in Schacht- bzw. Pumpennähe sind jedoch unvollständige Mischungen z.B. aufgrund unterschiedlicher Dichten der Teilströme und damit unvollständige Reaktionen sowie Transfer nicht abgeschiedener Bariumsulfatpartikel möglich. Dies kann dann zu einer Mischung erst in der Pumpe und somit zu Bariumsulfatausfällungen in diesem sensiblen Bereich führen.

Auch wenn unter den gegebenen Voraussetzungen noch kein Volumenstrom von Nord nach Süd (also aus der Emschermulde in die Wasserhaltung Zollverein) einsetzt, soll die Ankunft der Bariumfront auf Nordstern-Horst-Süd – einem wichtigen Streckenknoten, der die Emschermulde, Zollverein und das Gebiet um Stinnes verbindet (siehe Abbildung 3) – als Indiz für mögliche Bariumsulfatfällungen auf Zollverein gewertet werden, falls sich die Durchlässigkeitsverhältnisse weiter verschlechtern sollten und Zollverein den Spiegel weiterhin auf -600 mNHN hält. Dies wäre nach dem folgenden Diagramm (Abbildung 5) etwa ab 2050 der Fall, wenn die hellblaue

Bariumkurve ansteigt. Es ist wie bereits eingangs erwähnt zu konstatieren, dass, solange ein geringer Volumenstrom aus dem Gebiet Stinnes/Möller/Rheinbaben/Graf Moltke in Richtung Lohberg abströmt, die starke Bariumquelle aus dem GF Graf Moltke direkt in Richtung Lohberg abströmt und nicht in den Einzugsbereich von ZV gerät. Das gilt selbst dann noch, wenn Zollverein schon einen Teilstrom von Nordstern fördern sollte.

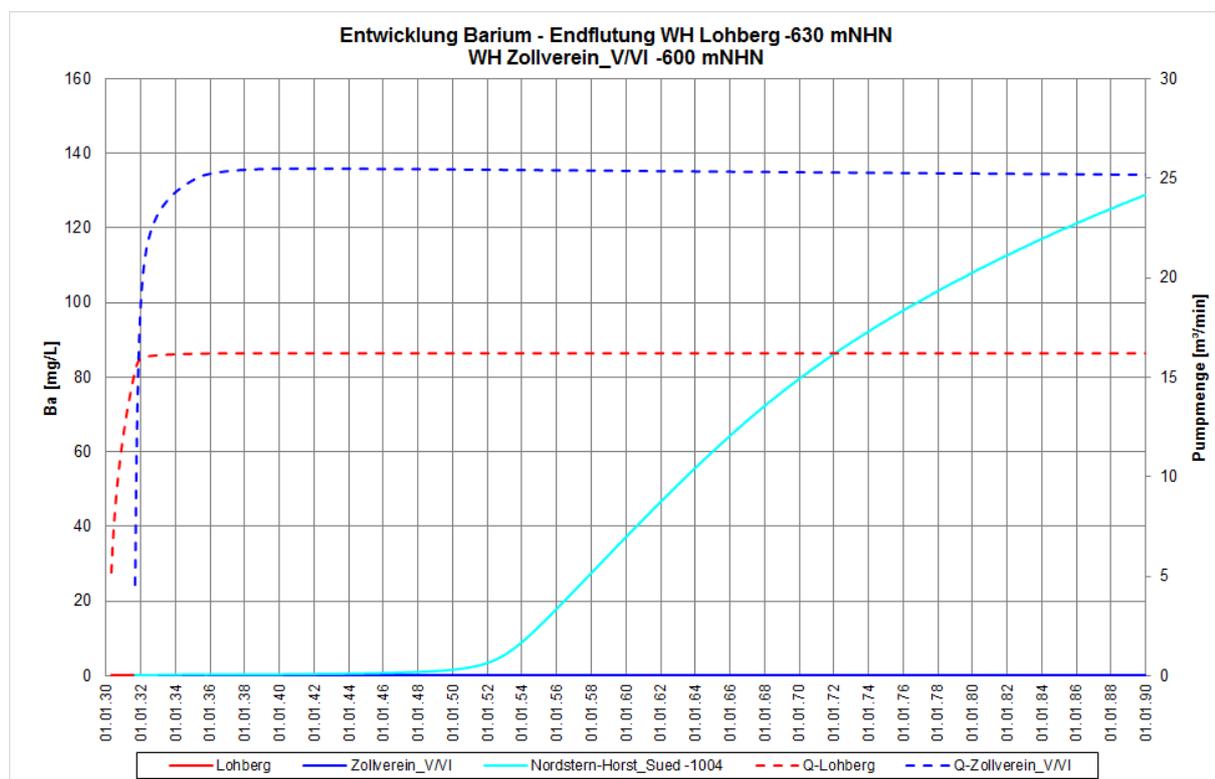


Abbildung 5: Bariumentwicklung auf Nordstern-Süd

Abbildung 6 zeigt die entsprechende Entwicklung für Sulfat auf Nordstern. Dabei ist zu beachten, dass wegen der sehr intensiven BaSO₄-Fällung eine Koexistenz von Barium und Sulfat unter Gleichgewichtsbedingungen eigentlich ausgeschlossen ist. Die Box Nordstern-Horst_Sued wurde jedoch nur angelegt, um das Zusammentreffen der wichtigsten Strecken zu erfassen und besitzt daher kein eigenes Hohlräumvolumen und damit hat das durchströmende Wasser auch eine äußerst geringe Verweilzeit. Aus diesem Grund erreicht die BaSO₄-Fällung im Modell hier nicht annähernd den Gleichgewichtszustand, weswegen Barium und Sulfat in nennenswerten Konzentrationen nebeneinander auftreten. Man erkennt für Sulfat die bereits erwähnten typischen Auswaschkurven. Dabei ist sehr interessant,

dass in Zollverein bei Pumpbeginn 2031 bereits der Zenit der Auswaschkurve deutlich überschritten ist und zuvor bereits große Volumina sulfathaltigen gering mineralisierten Wassers in die Emschermulde und damit in Richtung Lohberg abgeströmt sind.

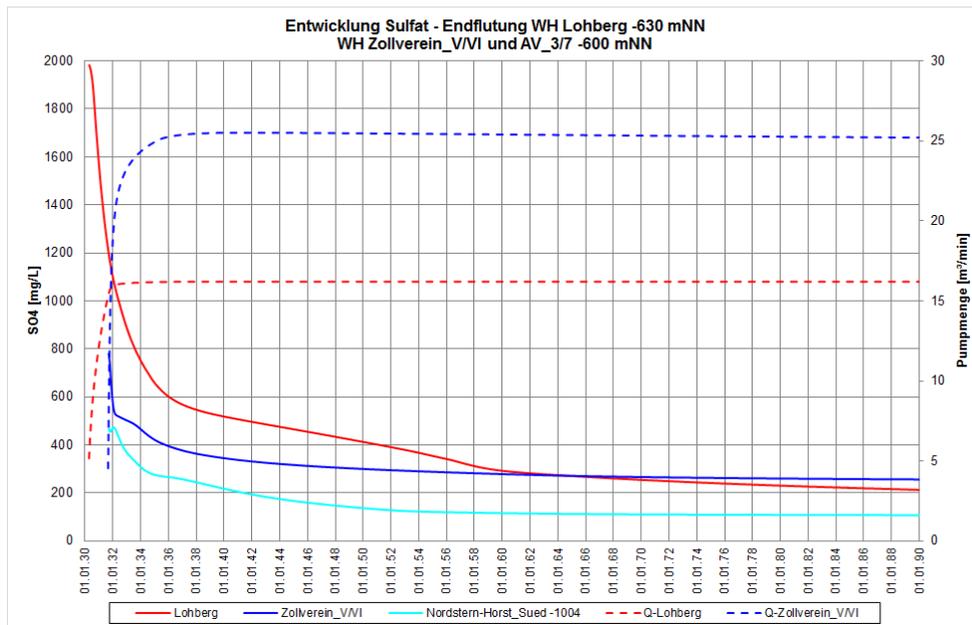


Abbildung 6: Sulfatentwicklung auf ZV12, Lohberg und Nordstern-Süd

3 Maßnahmen zur Optimierung der getrennten Förderung auf Zollverein 12 und Zollverein 2

Bei einer getrennten Hebung auf ZV 12 und ZV 2 ist sicherzustellen, dass es zu keinen Mischströmen zwischen den Standorten kommt. Bei allen Optimierungsarbeiten ist aber zu beachten, dass die Vorzugsvariante des Ruhgebietes die Überleitung der Wässer aus der EMU und ZV nach Lohberg ist und deshalb bei allen Maßnahmen abzusichern ist, dass innerhalb des noch offenen Grubengebäudes am Standort Zollverein auf der 14. Sohle der Wasserweg von Süden (Wasserannahmedamm 512) nach Norden (Stinnesdamm) sehr gut durchlässig bleibt.

Abbildung 7 zeigt den Bereich der beiden potentiellen Wasserhaltungen auf ZV. Die mit „magenta“-Pfeilen dargestellten Zuflüsse aus Norden stellen die potentiellen bariumhaltigen Wässer aus der Emschermulde dar und die blauen Pfeile repräsentieren die Zuflüsse aus Süden (ZV, Carolinenglück und Amalie).

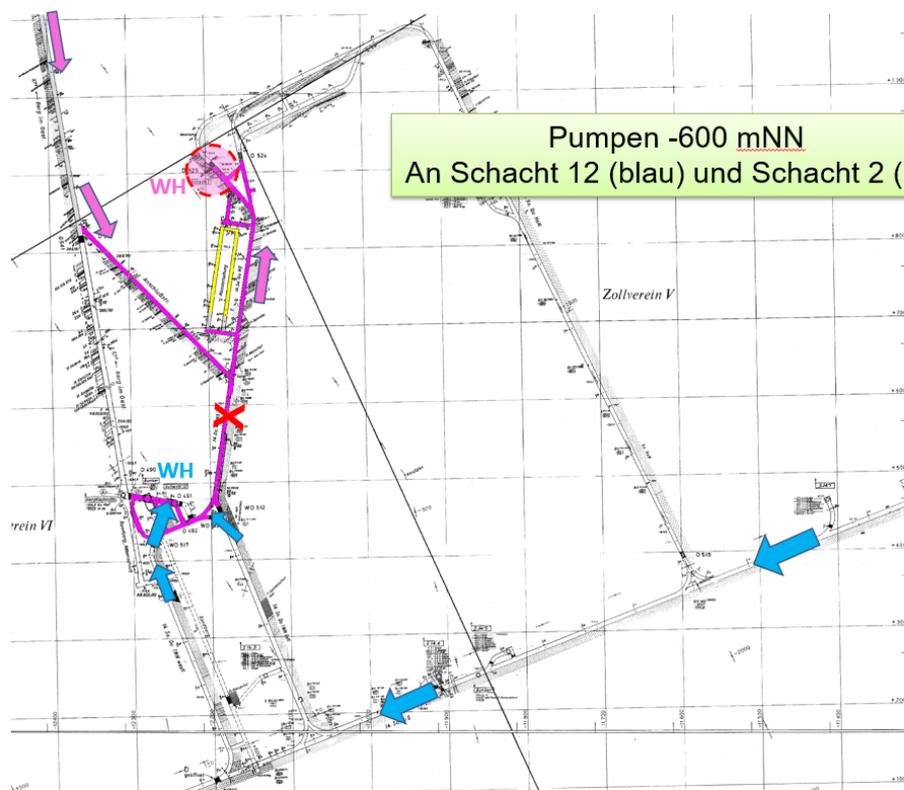


Abbildung 7: Strömungsverhältnisse im Bereich Zollverein

Im Bereich des roten Kreuzes befindet sich eine Zone, in welcher bei optimaler Einstellung der Fördermengen an den beiden Standorten hydraulische Stagnation herrschen sollte, da angestrebt wird, dass ZV 12 das gesamte gering mineralisierte Wasser von Süden und ZV 2 das höher mineralisierte Wasser von Norden pumpt.

Tatsächlich bestehen aber Bedenken, ob in diesen Bereichen aufgrund verschiedenster Prozesse wie Verwirbelung bei Umlenkung, Dichteschichtung Vermischungen der Wässer entstehen könnten.

Zur Untersuchung der Mischung der Wässer wurde ein 3 dimensionales numerisches Strömungsmodell aufgebaut. Dieses Modell ist in der Lage, die Strömungen resultierend aus dem Zulauf zu den Pumpen als auch die entstehenden Dichteströmungen zu berechnen. Hierfür wird das Gebiet zwischen den Schächten ZV 12 und ZV 2 wie in Abbildung 8 mit Quadern und Prismen 3 dimensional diskretisiert. Die Quader entlang der geraden Strecken haben eine Größe kleiner als 2 m³, die Prismen sind kleiner als 0,5m³. Die Modellelemente sind in Schichten von je 0,5 m Höhe angeordnet. Die für ein 3 dimensionales Modell dieser Größe hohe Modellauflösung erlaubt es, die Dichteströmungen in der Höhe genau zu berechnen.

Randwerte

- Pumpe
- Offener Modellrand

Modellauflösung:
Rechtecke $\leq 4\text{m}^2$
Dreiecke $\leq 1\text{m}^2$

Schichtdicke $\leq 0,5\text{m}$

Elementvolumen $\leq 0,5$ bzw. 2m^3

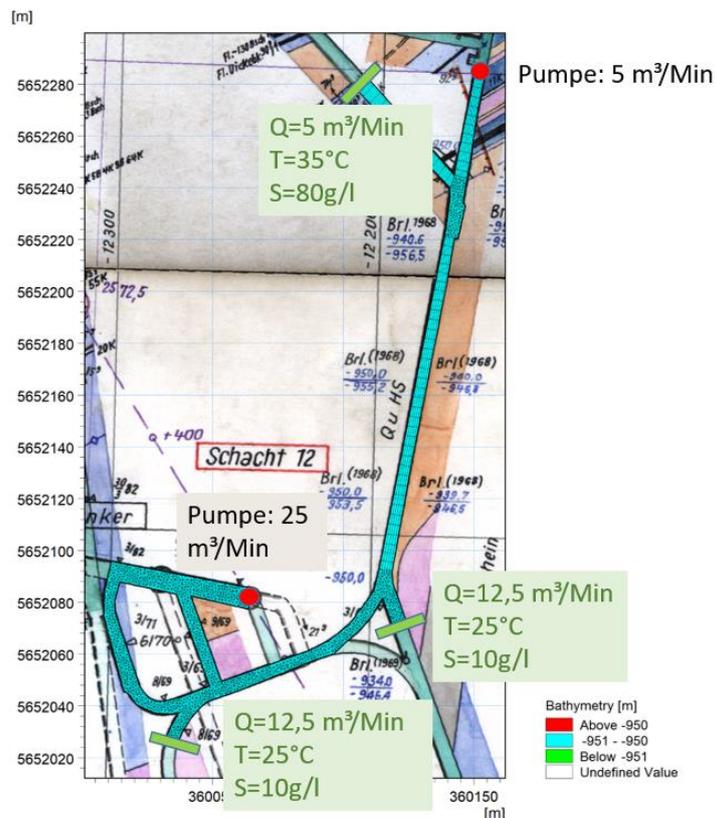


Abbildung 8: Modellaufbau im Bereich Zollverein

Als Randwert zur Modellsteuerung wird ein kontinuierlicher Zulauf im Norden von 5 m³/min mit einer Temperatur von T=35°C und einer Salinität von S=80 g/l eingesteuert. Im Süden laufen über 2 offene Ränder je 12,5 m³/min Wasser mit einer Temperatur T=25°C und einer Salinität von S=10 g/l in das Modellgebiet ein (Abbildung 8). Jeweils an den Schächten wird das Wasser wieder aus dem Untersuchungsgebiet entnommen. An Schacht 2 beträgt die Förderleistung 5 m³/Min und an Schacht 12 25 m³/min. Das Modell startet mit dem SO₄ haltigen Wasser (25°C und 10 g/L Salz). Das bariumhaltige Wasser aus dem Norden läuft im Laufe der Simulation in das Modellgebiet ein. Im Folgenden wird jeweils der sich einstellende stationäre Endzustand hinsichtlich der Salzverteilung dargestellt.

In einer ersten Simulation wurde untersucht, ob und wie sich die unterschiedlichen Grubenwässer mischen, wenn der Wasserweg komplett offen bleibt und keine strömunglenkenden Einbauten vorgenommen wurden. Nach rund 3 Tagen zeigt sich ein stabiler Zustand, der im Folgenden beschrieben wird.

Die Abbildung 9 zeigt den sohnahen Salzgehalt im Untersuchungsgebiet. Hier zeigt sich, dass sich aufgrund der relativ horizontalen Sohle das bariumhaltige schwere Wasser bis zum Schacht 12 verteilt hat.

Zusätzlich ist in die Abbildung 9 die Lage eines Vertikalprofils eingezeichnet. Dieses Vertikalprofil wird in Abbildung 10 dargestellt und reicht von Schacht 2 im Norden bis zum Schacht 12 im Süden. Hier ist die Schichtung des Wassers klar zu erkennen. An der Oberfläche findet sich stark SO₄-haltiges Wasser während sich an der Sohle stark bariumhaltiges Wasser befindet. An den Pumpen wird im Norden (Schacht 2) Wasser mit einem Salzgehalt von bis zu 16 g/L und im Süden (Schacht 12) mit bis zu 15 g/L entnommen.

Der hier gezeigte nahezu stabile Endzustand hat sich bereits nach rund 3 Tagen eingestellt und resultiert vorrangig aus der einer dichteinduzierten Strömung an der Sohle in Richtung Süden und an der Oberfläche Richtung Norden. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind in der Regel < 0,1 m/s.

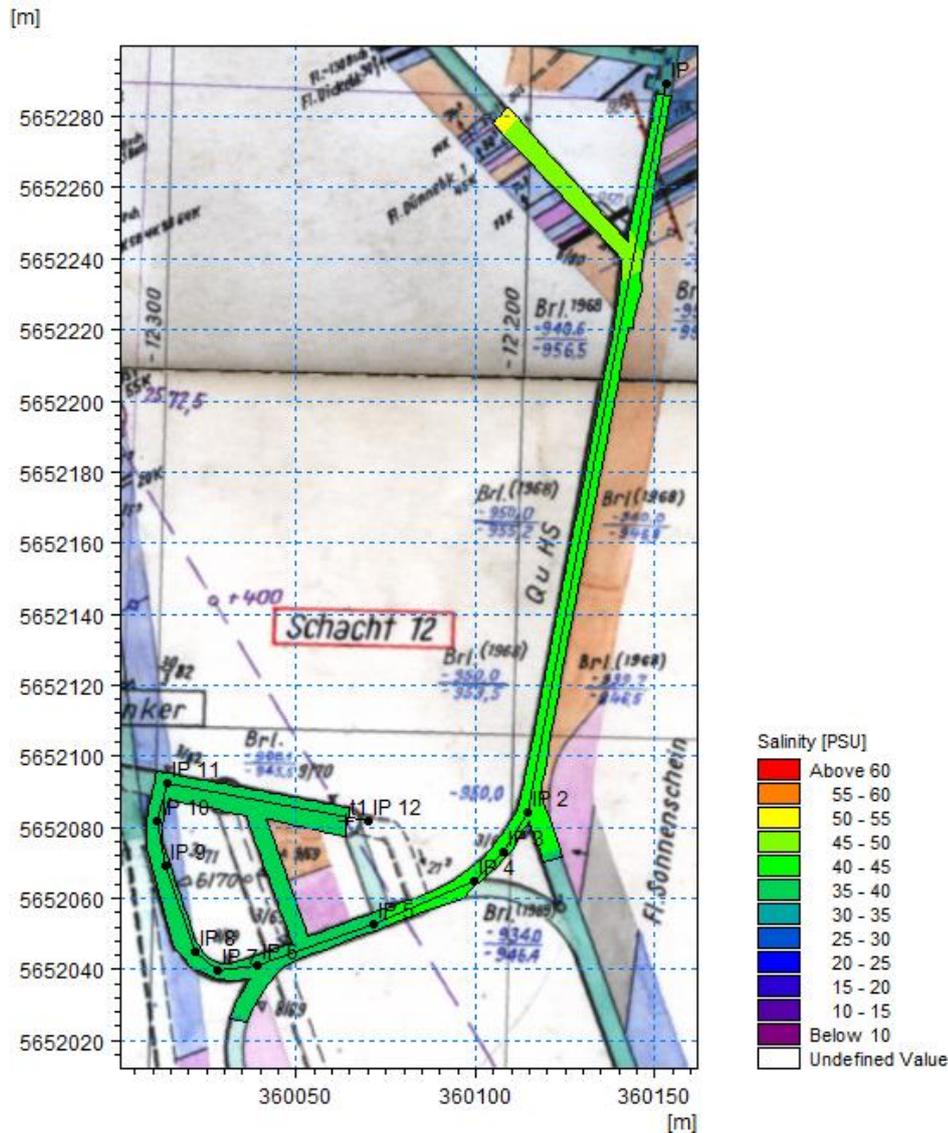


Abbildung 9: Sohlnaher Salzgehalt im aktuellen Zustand und Lage des Vertikalprofils

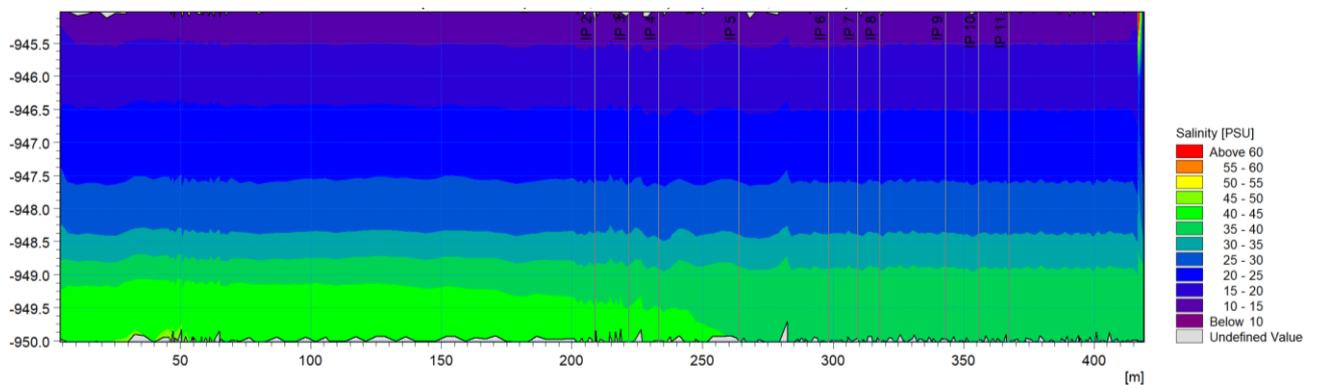


Abbildung 10: Vertikalprofil des Salzgehaltes von Schacht 2 (Nord, linke Seite) bis Schacht 12 (Süd, rechte Seite) im aktuellen Zustand

Zur Verminderung des Wasseraustausches zwischen den beiden Schächten wurde in der Mitte des Verbindungsstollens eine Sohlschwelle in der Höhe von 4 m im Modell eingebaut. Diese Sohlschwelle soll die sohlnahe Ausbreitung des schweren bariumhaltigen Wassers eingrenzen. In der Abbildung 10 ist die sohlnahe Salzgehaltsverteilung in einem stabilen Endzustand dargestellt. Dieser Zustand wird nach rund 3 Tagen erreicht und zeigt eine deutliche Abgrenzung des bariumhaltigen Wassers. Diese Trennung zeigt sich auch im Vertikalschnitt zwischen den beiden Schächten in der Abbildung 12. Ein geringer Teil des bariumhaltigen Wassers läuft über die Sohlschwelle während an der gesamten Oberfläche in allen Bereichen sulfathaltiges Wasser ansteht. An Schacht 2 wird Wasser mit einem Salzgehalt von 25 g/L entnommen während an Schacht 12 Wasser mit einem Salzgehalt von rd. 12 g/L anfällt. Eine Vermischung der beiden Wässer findet weiterhin statt.

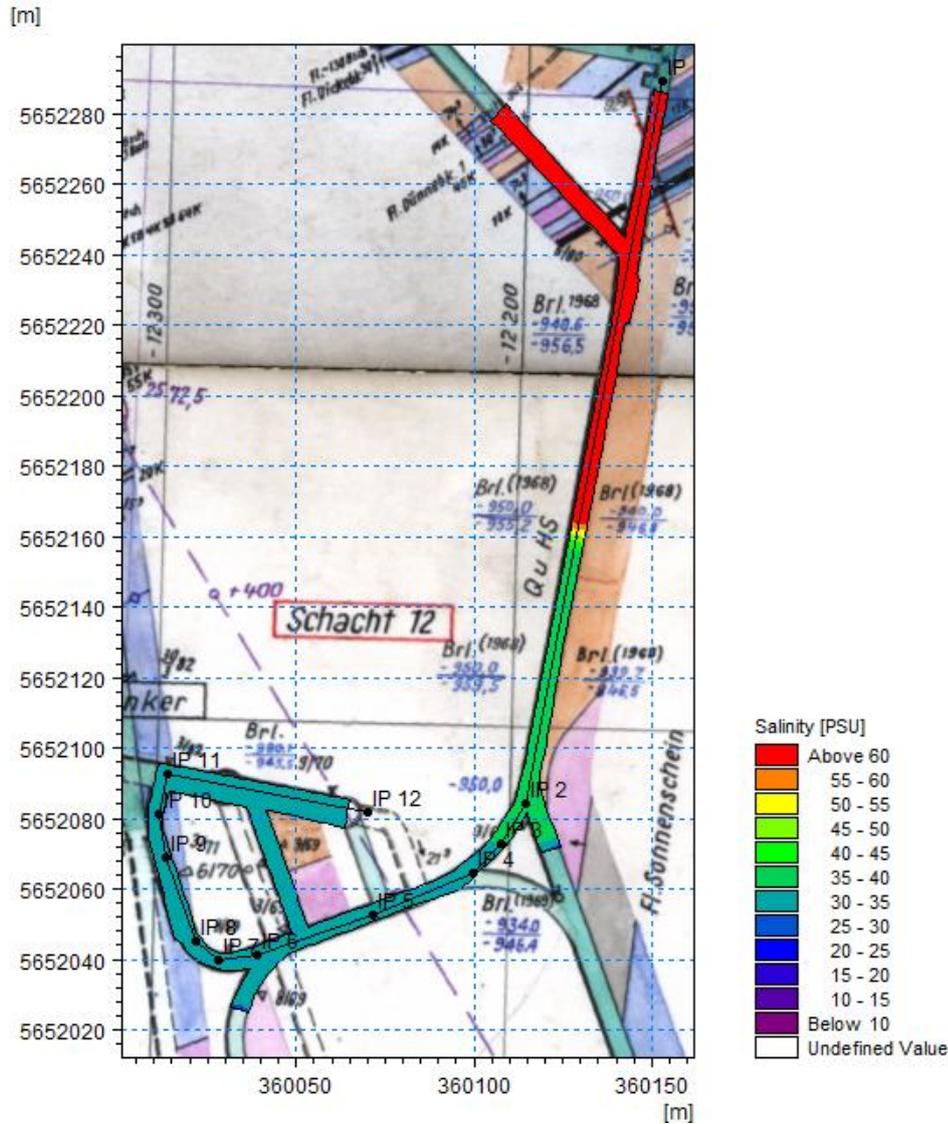


Abbildung 11: Sohlner Salzgehalt mit Sohlschwelle und Lage des Vertikalprofils

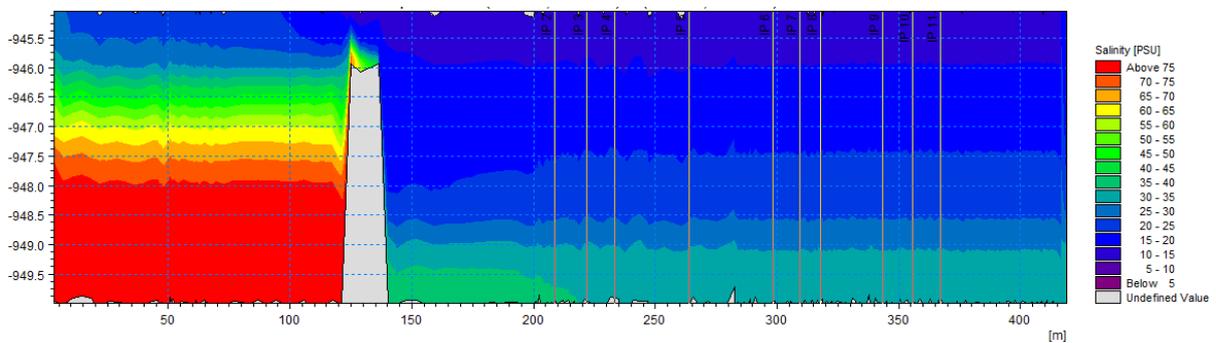


Abbildung 12: Vertikalprofil des Salzgehaltes von Schacht 2 (Nord, linke Seite) bis Schacht 12 (Süd, rechte Seite) mit Sohlschwelle

Zur Vermeidung von bariumhaltigen Einträgen in die Strecken wird eine Absaugung nördlich der Anschlussstrecke empfohlen. Hierzu wird davon ausgegangen, dass der Abzweig zu Schacht 2 geschlossen wird. Durch diesen Damm und entlang der Anschlussstrecke wird ein Rohr mit DN500 bis auf - 954 mNHN gelegt (Abbildung 13). Das Modell wurde entsprechend entlang der Anschlussstrecke Richtung Norden verlängert und endet bei einer Sohlage von - 954 mNHN.

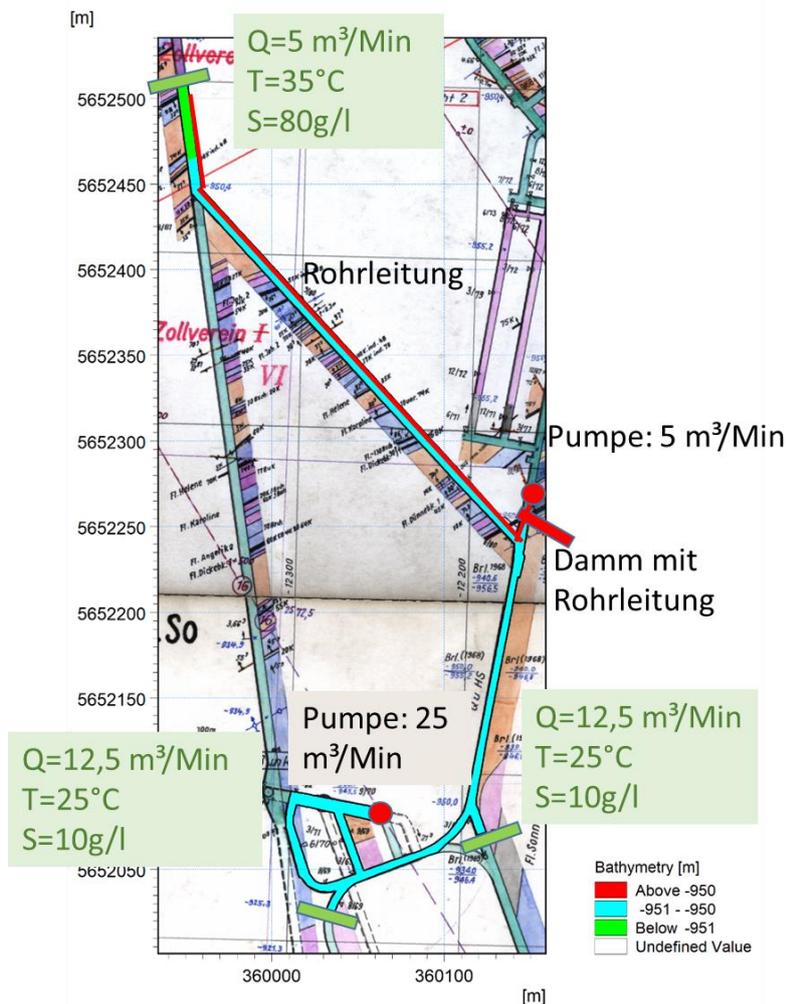


Abbildung 13: Modellaufbau im Bereich Zollverein mit Anschlussstrecke

Mit der Installation dieses Dammes zzgl. eines Rohres bis in den Stinnesberg hinein und einer entsprechenden erzwungenen Förderrate auf Schacht ZV 2 kann die Vermischung der bariumhaltigen Wässer von Norden und der sulfathaltigen Wässer von Süden sicher vermieden werden. Der Hauptströmungsweg von Zollverein in die Emschermulde wird nicht blockiert.

4 Fazit

Mit einem Teilabstrom aus der Emschermulde über den Bereich Möller/Rheinbaben in Richtung Prosper-Haniel kann der Sicherungsbrunnen Zollverein mit einem Pumpenstandort Schacht 12 im Pumpniveau -600 mNHN sicher betrieben werden.

Nach der Planungsvariante wird auf ZV auch bei Halten des Wasserstandes auf -600 mNHN kein Wasser aus der Emschermulde angenommen. Zum Zeitpunkt des Beginns einer solchen Wasserhaltung im Jahr 2031 ist der Zenit der Auswaschung von Pyritoxidationsprodukten bereits überschritten.

Für den Fall, das sich der Fließweg in Richtung Prosper-Haniel verschlechtert, werden ergänzende Maßnahmen nötig. Das bariumhaltige Grubenwasser aus der Emschermulde würde dann durch den aktiven Sicherungsbrunnen Schacht 12 in Richtung der Wasserhaltung Zollverein gezogen. Das Grubenwasser muss deshalb für einen sicheren dauerhaften Pumpbetrieb getrennt auf Schacht 12 und Schacht 2 getrennt gehoben werden.

Dichteabhängige 3D-numerische Berechnungen haben gezeigt, dass es ohne zusätzliche Maßnahmen zu einer Durchmischung der jeweiligen Wässer aus der Emschermulde und von Zollverein Süd kommt. Einfache Maßnahmen wie die Errichtung einer Solsperre reichen zur Verhinderung dieses Effektes nicht und behindern zudem den unbedingt funktionstüchtig zu haltenden Hauptfließweg.

Deshalb müssen untertägige Maßnahmen vor dem Abwerfen der Grube ausgeführt werden. Es wird empfohlen, den Zugang auf der 14. Sohle zum Schacht 2 durch einen Damm zu versperren und an diesem eine Rohrleitung anzusetzen. Diese Rohrleitung führt bis in den Stinnesberg. Wenn dann der Pumpbetrieb am Schacht 2 im Niveau -600 mNHN aufgenommen wird, kann das bariumhaltige Grubenwasser (Zulauf aus der Emschermulde über den Stinnesberg) über diese Leitung sicher zum Pumpenstandort Schacht 2 gelangen, ohne sich mit den sulfathaltigen Wässern aus Süden zu vermischen. Der Hauptströmungsweg von Zollverein in die Emschermulde wird nicht blockiert.