

# **Nutzung des gefluteten Grubengebäudes in Ehrenfriedersdorf als Retentionsraum und daraus resultierende Effekte auf die Grubenwasserhydraulik und geochemischen Bedingungen**

Dipl.-Ing. Jörg Hartmann (Betriebsleiter)

Zinnerz Ehrenfriedersdorf GmbH Am Sauberg 1 09427 Ehrenfriedersdorf

Wirkungen der Einleitung von Oberflächenwässern können durch die gezielte Nutzung des Grubengebäudes als Retentionsraum kompensiert werden. Zur Regulierung des resultierenden Grubenwasserstroms werden Varianten der kontrollierten Steuerung vorgestellt. Es werden Möglichkeiten der Abflussregelung und Optionen der Grubenwasserhydraulik diskutiert. Mit der Nutzung des Retentionsraumes Grube können direkte Wirkungen für einen verbesserten Hochwasserschutz des abströmig gelegenen Stadtgebietes prognostiziert werden. Das Grubenwasser im Revier ist geprägt durch den geogenen Hintergrund von As, Cd und Eisenhydroxiden sowie einem „noch“ bestehenden oxydativen Milieu. Mit der Oberflächenwassereinleitung werden verbesserte Bedingungen im Hinblick auf die Schadstoffchemie geschaffen. Damit ist eine Stabilisierung des Grubenwassermilieus und reduzierte Nivellierung des Schadstoffoutputs zu erwarten.

Use of flooded underground openings in the Ehrenfriedersdorf mining region for the temporary storage of surface water and resulting effects on mine water hydraulics and mine water chemistry. Negative effects of heavy rainfalls can be compensated if underground openings are used as temporary storage (retention) rooms. Different possibilities of the regulation of the underground mine water flow are discussed. Options for mine water hydraulics are given. With the use of underground openings as storage-room, a better protection of the town of Ehrenfriedersdorf in case of heavy rainfall and floods will be given. The actual mine water has contents of arsenic, cadmium and iron hydroxide in a recently oxidizing environment. With the controlled inflow of surface water into the underground openings better conditions can be created. It is expected that the ground-water environment can be improved and consequently the contamination level of the out-flowing mine water can be reduced.

---

## **1 Grubenrevier Ehrenfriedersdorf**

Ehrenfriedersdorf liegt im Zentralbereich des Erzgebirgskreises und kann auf eine lange Bergbaugeschichte (Abbildung 1) zurückblicken.

Mit der politischen Wende 1990 kam für den ansässigen Bergbaubetrieb Zinnerz Ehrenfriedersdorf GmbH die Einstellung der Gewinnungstätigkeit. Umfangreiche und schwierige Aufgaben und Entscheidungen waren im Rahmen der Verwahrung und Sanierung des Grubengebäudes sowie der überträgigen Anlagen zu treffen und zu lösen. Auf der Grundlage des Abschlussbetriebsplanes wurden bis heute über 70 Sonderbetriebspläne erarbeitet und realisiert.



**Abbildung 1 - Blick zum Sauberg in Ehrenfriedersdorf**



**Abbildung 2 - Spülhalde 2, Vordergrund Spülhalde 1**

Im Zuge der untertägigen Verwahrung wurden 420.000 t Versatz eingebracht, 20 Überhauen und 5 Altschächte verwahrt sowie zwei Wasserdämme errichtet. Für den dauerhaften und freien Wasserabtrag, nach Flutung des Grubenraumes, musste der Tiefe Sauberger Stolln rekonstruiert und circa 1,4 km neu aufgefahren werden. 1994 begann die Flutung der Hauptreviere Sauberg, Ostfeld (E-Feld) und Westfeld (W-Feld). Am 09. August 1996 war die Flutung abgeschlossen und die Grubenreviere Sauberg, E-Feld und W-Feld sind bei einem abgeschätzten Volumen von ~ 2,5 Mio. m<sup>3</sup> abgesoffen.

Bis 1995 wurden die wichtigsten untertägigen Arbeiten abgeschlossen. Anschließend galt es, die übertägigen Bergbauanlagen zurückzubauen und zu sanieren. Die Verwahrung und Sanierung der industriellen Absetzanlagen -Spülhalde 1 und 2- bilden dabei bis heute den Aufgabenschwerpunkt.

Kernpunkte der Verwahraufgaben der Spülhalden bilden:

Minimierung der belasteten Sickerwässer des Haldenkomplexes,

1. Verhinderung der Wind-/Staubemissionen
2. Herstellung der dauerhaften Standsicherheit der Halden.

Mit den Maßnahmen zur Gefahrensicherung im Zuge der Verwahrung und Sanierung des Haldenkomplexes ist abschätzbar, dass die bisherige Funktion als „Wasserspeicher“ (Abbildung 2, durch die dichtende Abdeckung) verschwinden wird. Heute stellt sich die Aufgabe, die Niederschlagswässer aus ca. 27,3 ha Haldenoberfläche und den Drainageschichten im Haldenaufbau (Abbildung 3) gezielt sicher und dauerhaft abzuleiten - und das unter effektiven wirtschaftlichen Bedingungen.



**Abbildung 3 - Plateau Spülhalde 2, im Hintergrund Stadt Ehrenfriedersdorf**

## 2 Grubenwasserregieme

Das Zinnerzrevier in Ehrenfriedersdorf umfasst sieben bebaute Grubenfelder (Abbildung 4).



**Abbildung 4 - Übersicht Grubenfelder**

Die da sind: Sauberg, E-Feld, W-Feld, Nordwestfeld (NW-Feld), Röhrenbohrer, Greifenstein-Süd (GS) und Vierung.

Das Revier Vierung wurde 1977 mittels Wasserdamm auf der 3. Sohle hydraulisch von den anderen Revieren getrennt und entwässert über den Groß Vierunger Stolln im Seifental, südöstlich der Ortslage Ehrenfriedersdorf. Die Wässer aus dem Revier Vierung fließen direkt aus dem Flutungsniveau ungespannt ab. Die Grubenwasserneubildung entsteht direkt durch versickernde Niederschläge im Oberflächeneinzugsgebiet. Langjährige Prüfungen der austretenden Stollnwässer zeigen dabei keine signifikanten Belastungen mit Schadstoffen, obwohl, seit den siebziger Jahren, belastete Haldensickerwässer aus dem nordöstlichen Haldenabschnitt der Spülhalde 2 dem Grubenrevier zu fließen. Der Mittelwert As<sub>Ges</sub> der Stollnwässer liegt bei 97 µg/l (Tabelle 1) bei einem Wasserdargebot von Ø 31,24 m<sup>3</sup>/h.

**Tabelle 1 - Großvierunger Stolln, Grubenwasseranalytik**

Mess-stelle		Q	pH	Lf	Eh	As	As <sub>Ges</sub>	Cd	Cd <sub>Ges</sub>	Fe	Fe <sub>Ges</sub>	Ni	Ni <sub>Ges</sub>	Zn	Zn <sub>Ges</sub>	F	F <sub>Ges</sub>	
		[l/s]	[µS/cm]	[mV]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
Mund-loch	MW	8,677	6,49	353	390	88	97		2		122		25	309	209	3,30	3,14	
	n	811	278	277	246	15	264		50		77		32	1	71	20	58	
	Max	138,88			502	570	270	990		15		420		200	309	1.900	4,30	8,47
	Min	0,931	5,59	4	10	4	26		1		20		10	309	70	2,25	2,15	
Stolln	s	12,312	0,20	45	52	73	67		3		68		32		214	0,57	0,80	

Im Zuge der untertägigen Verwahrung wurden die Reviere NW-Feld, Röhrenbohrer und GS ebenfalls durch Wasserdämme auf der 2. (1991) und 5. Sohle (1993) des Grubengebäudes vom Zentralteil hyd-

raulisch entkoppelt. Die hydraulische Entlastung der Grubenfelder wird über den Greifensteinstolln im Greifenbachthal gewährleistet.

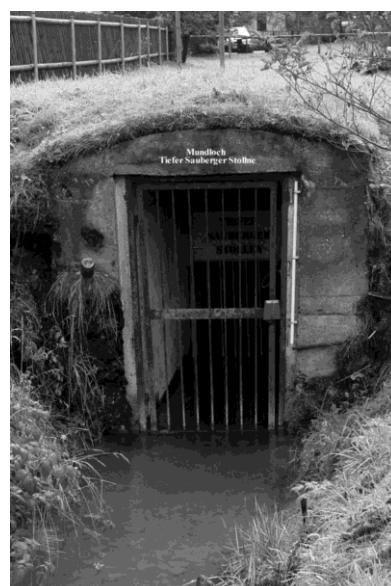
Er befindet sich zwischen den Ortslagen Geyer und Ehrenfriedersdorf. Das Absaugen dieser Grubenfelder erfolgte von Juli 1993 bis März 1995 und verfügt über ein geschätztes Wasserreservoir von ca. 770.000 m<sup>3</sup>.

**Tabelle 2 - Greifenstein Stolln, Grubenwasseranalytik**

Mess-stelle	Q	pH	Lf	Eh	As	As <sub>Ges</sub>	Cd	Cd <sub>Ges</sub>	Fe	Fe <sub>Ges</sub>	Ni	Ni <sub>Ges</sub>	Zn	Zn <sub>Ges</sub>	F	F <sub>Ges</sub>
	[l/s]	[µS/cm]	[mV]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
Mun-dloch	MW	11,416	6,66	155		14	28		4		199		34		374	1,41
	n	16	20	20		3	14		2		12		7		14	19
Greifen-stein-stolln	Max	50,000	8,96	320		28	60		7		380		50		500	1,80
	Min	1,100	5,40	100		4	12		1		100		20		70	1,15
	s	11,590	1,03	42		12	15		4		85		10		106	0,18

Die Wässer aus den abgekoppelten Revieren NW-Feld, Röhrenbohrer und GS fließen über den Röhrgraben (technisches Denkmal) nach Ehrenfriedersdorf und werden heute zur Speisung des Freibades in Ehrenfriedersdorf sowie als Brauchwasser am Standort Sauberg genutzt. Der Wasserüberschuss fließt in die Vorflut Wilisch kontinuierlich ab. Über den Greifensteinstolln entwässern die Reviere im Durchschnitt 41,1 m<sup>3</sup>/h bei einem Ø-As<sub>Ges</sub> von 28 µg/l (Tabelle 2).

Beide Stolln tragen Wässer ab, welche bezogen auf Arsen den Wert 0,1 mg/l As<sub>Ges</sub> unterschreiten. Im Vergleich mit der Vorflut (Tabelle 5) entspricht dies dem natürlichen Hintergrund der Wilisch vor der Ortslage Ehrenfriedersdorf in Fließrichtung.



**Abbildung 5 - Mundloch Tiefer Sauberger Stolln**

Der Grubenwasserabtrag im Zentralbereich wird über den Tiefen Sauberger Stolln (Abbildung 5) realisiert. Ein altes Gesenk auf dem Rothirschner Stehenden verbindet das Stollnsohlniveau mit der 3. Sohle. Hier steigen die Grubenwässer auf und laufen im freien Gefälle zum Mundloch. Im Jahresmittel werden am Gesenk circa 84,06 m<sup>3</sup>/h (Tabelle 4) gespannt abgetragen. Diese Wassermenge erhöht sich fast um den Faktor 2,5 bis zum Austritt am Mundloch, da der Stolln gleichzeitig als Wasserlösler für die östlichen Hanglagen im Verlaufe der Ortslage nach Norden (Richtung Chemnitz) fungiert.

Die im Stollnverlauf zusetzenden Wässer sind stark beeinflusst von anthropogenen Sedimenten „alter“ Hüttenstandorte im östlichen Stadtgebiet.

Der grundsätzliche Wasserabtrag aus den Revieren Sauberg, E-Feld und W-Feld erfolgt im gespannten Zustand. Diese Tatsache wurde bei der Entscheidung zum Stollnansatzpunkt der Neuauffahrung nur bedingt Beachtung beigemessen. Wirtschaftliche und zeitliche Abwägungskriterien standen zum damaligen Zeitpunkt vermutlich im Vordergrund. Heute wissen wir, dass dies nicht günstig, ja vielleicht sogar perspektivisch negativ auf die Schadstofffrachten aus dem Grubengebäude wirken kann und wird.

**Tabelle 3 - Mdl. Tiefer Sauberger Stolln, Stollnwasseranalytik**

Mess-stelle		Q	pH	Lf	Eh	As	As <sub>Ges</sub>	Cd	Cd <sub>Ges</sub>	Fe	Fe <sub>Ges</sub>	Ni	Ni <sub>Ges</sub>	Zn	Zn <sub>Ges</sub>	F	F <sub>Ges</sub>
		[l/s]		[µS/cm]	[mV]	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]								
Mund-loch	MW	57,54 2	6,6 0	490	405	336	449		4		966		90		1249	4,78	4,74
	n	1008	289	290	235	127	285		65		93		85		98	41	61
	Tiefer	Max 78	277,7 8,2 4	970	590	601	5.820		28		43.80 0		650		4.000	9,60	6,23
	Sau-berger	Min 5,000	5,8 0	63	18	23	4		0		20		24		90	0,68	3,50
	Stolln	s 4	39,80 0,2 2	77	53	90	357		4		4.496		101		715	2,41	0,52

Signifikant sind die Gehalte für Arsen, Cadmium und Zink in Bezug auf die Schwellwerte, geltend für Grundwasserkörper in Sachsen. Wenn hierzu noch die Größe des mittleren Abtrages am Mundloch von 207,15 m<sup>3</sup>/h (Tabelle 3) herangezogen wird, ergibt sich eine Arsenfracht von ~ 807,5 kg/a in die Vorflut, Wilisch.

Die Grubenfelder werden direkt durch die Niederschlagsintensität und -quantität beeinflusst. Die Grundwasserneubildung = Grubenwasserneubildung entsteht vorrangig, zu über 90 %, durch Niederschläge. In den drei Revieren gibt es nur unbedeutende Tiefenwasserspender über Kluftsysteme.



**Abbildung 6 - Messwehr am Gesenk 2. Sohle**

Damit erfolgt die gesamte hydraulische Entlastung im Grubengebäude über die 3. Sohle (Abbildung 6, Abbildung 7). Die Wässer werden somit gezwungen, Tiefenbereiche zu durchströmen. Eine Konvektion von Grubenwässern aus tieferen Sohlenniveaus ist faktisch dadurch ständig vorhanden.

Dieser Fakt widerspiegelt sich auch in den langjährigen Monitoringergebnissen.

Tabelle 4 - Gesenk 2. Sohle, Grubenwasseranalytik

Mess-stelle		Q	pH	Lf	Eh	As	As <sub>Ges</sub>	Cd	Cd <sub>Ges</sub>	Fe	Fe <sub>Ges</sub>	Ni	Ni <sub>Ges</sub>	Zn	Zn <sub>Ges</sub>	F	F <sub>Ges</sub>		
		[l/s]		[µS/cm]	[mV]	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[mg/l]										
Gesenk 2. Sohle	MW	23,35	6,3							7	1.303		146		2.754	11,81	8,99		
	n	1543	278	279	236	124	278			65		92		84	92	31	60		
	Max	70,79	7,0							29		3.360		460	8.200	23,00	10,90		
	Min	3,000	6,0	0	1.287	540	610	700				1	57	1	30	73	670	8,50	2,98
	s	12,69	0,1	3	104	45	115	92			4		493		76	1335	3,22	1,12	

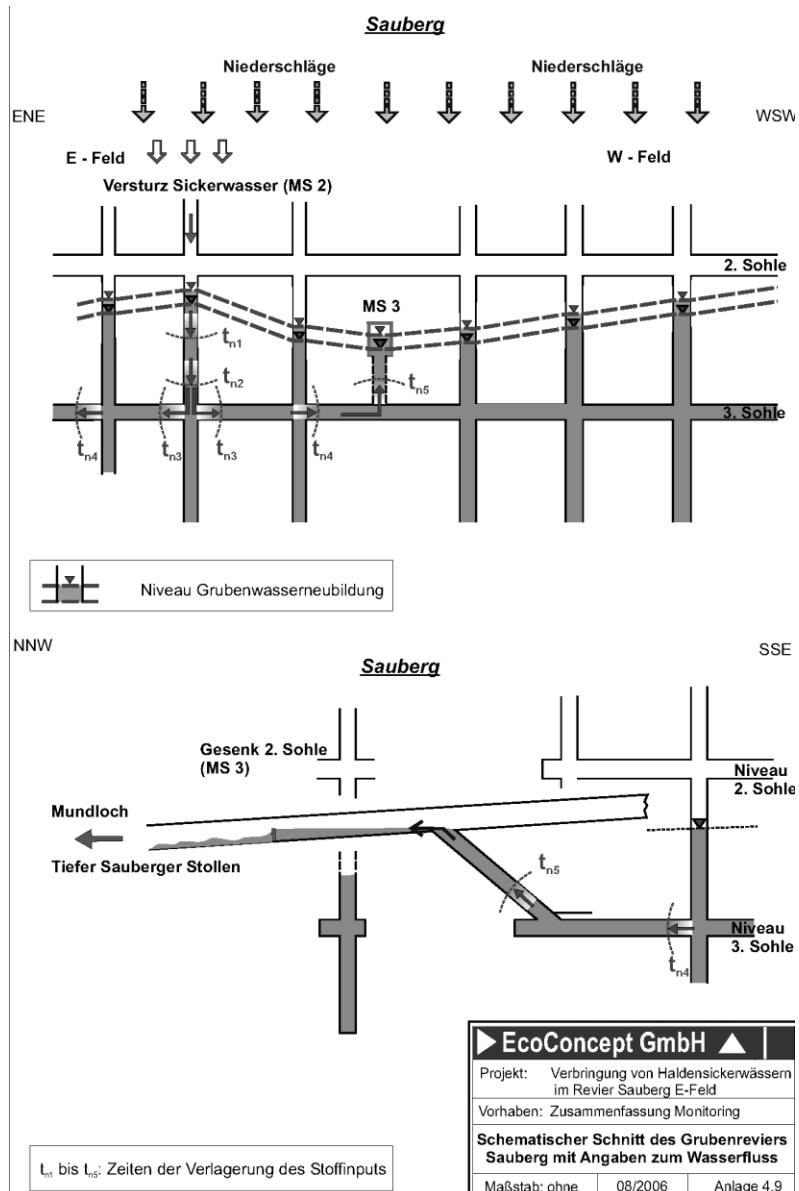


Abbildung 7 - Schematischer Schnitt, Monitoringbericht 2006

### 3 Retentionsraum – Grubengebäude

Wie bereits ausgeführt erfordert die schadlose Ableitung der Oberflächenwässer aus dem Spülhaldenkomplex eine neue Lösung. Drei Varianten wurden nach der Methodik –Altlastensanierung– untersucht:

- Ableitung über eine Kanalstrecke bis zur Vorflut -Wilisch- in der Ortslage,
- Errichtung eines Regenrückhaltebeckens (RRB),
- Ableitung in das Grubengebäude als Retentionsraum.

Diese Möglichkeiten wurden nach genehmigungsrechtlichen, wirtschaftlichen und örtlichen Kriterien bewertet.

Als effektivste Lösung für den Standort zum einen aber auch als Hochwasserschutz für die Stadt Ehrenfriedersdorf zum anderen, wird der Grubenraum als Retentionsraum favorisiert. Dieser Lösungsvorschlag wird nicht zuletzt auch durch die wirtschaftliche Bewertung als günstigste Variante herausgestellt.

Dieses Vorhaben stellt ein Novum im Genehmigungsprozess dar. Verschiedenste Aspekte der Grubenwasserhydraulik, Geochemie und Bergschadensproblematik sind zu beachten und einer eingehenden Prüfung zu unterziehen.

Es gilt die Blackbox „Retentionsraum Grube“ mit Licht zu erhellen! Hier sind alle Verfahrensbeteiligten aufgefordert mitzuwirken. Es gilt machbar nachzuweisen:

- Retentionsraumgröße,
- Definierung des Abflussregimes,
- Abschätzung der qualitativen Grubenwasserentwicklung,
- Beurteilung der Grubenbaustandsicherheit,
- Bewertung von Extremsituationen.

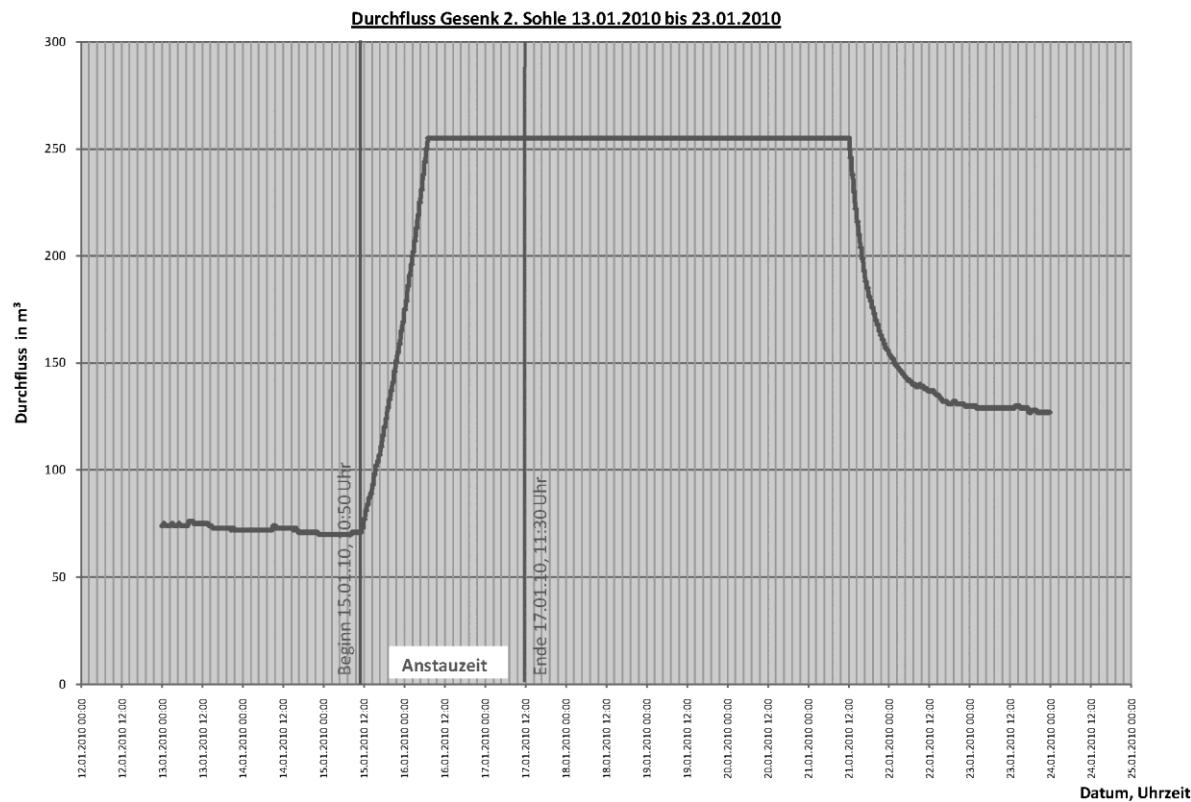
Es sind lösbare Aufgabenstellungen – sicherlich nicht sofort voll umfänglich zu klären, aber mit fortlaufendem Erkenntniszuwachs präzisiert, verdichtet und schrittweise umsetzbar.

Erste Versuche zur Retentionsraumbestimmung (Abbildung 8) haben gezeigt, dass ein Anstau der Grubenwässer am Gesenk 2. Sohle grundsätzlich unproblematisch ist und wahrscheinlich eine Endstauhöhe von 2,0 – 2,5 m ausreichend sein wird, um das äquivalente Volumen eines Regenrückhaltebeckens (RRB) von 22.500 m<sup>3</sup> zu erreichen. Weiterhin wurde festgestellt, dass diese Versuche gekoppelt mit chemischen Untersuchungen der Grubenwässer erfolgen müssen.



**Abbildung 8 - Retentionsmessung am Gesenk 2. Sohle**

### Diagramm 1 - Retentionsmessung



Das Diagramm 1 zeigt den Graph des Anstauversuches am Gesenk 2. Sohle. Das Ergebnis zeigt, dass bei einem Ø-Wasserabtrag von  $100,5 \text{ m}^3/\text{h}$  und Endstauhöhe von 30 cm (Zeitraum=48 h) insgesamt ein Stauvolumen von  $4.824 \text{ m}^3$  erreicht wurde. Also ergibt sich je 1 cm Stauhöhe ein Volumen von  $\sim 161 \text{ m}^3$ . Für den Bedarfsraum von  $22.500 \text{ m}^3$  (analog RRB) ergibt das eine Stauhöhe von mindestens 140 cm. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich mit zunehmender Stauhöhe das Volumen verringert. Dies begründet sich darin, dass das Stauniveau sich in die Bergfesten der Magazinabbaue anhebt und somit verringern wird. Es ist nach derzeitiger Einschätzung vorsorglich eine minimale Endstauhöhe von 2 m anzusetzen.

Wasseranalytische Untersuchungen in diesem Zusammenhang belegen, dass durch den gespannten Wasserabtrag über die 3. Sohle sich die Gehalte insbesondere bei Arsen dramatisch erhöhen. Folgende quantitativen Veränderungen sind nachweisbar:

Mittelwert am Gesenk 2. Sohle  $\text{As}_{\text{Ges.}} = 350 \mu\text{g/l}$   $\text{As}_{\text{gelöst}} = 98 \mu\text{g/l}$

Messwert bei Retentionsversuch am Gesenk 2. Sohle  $\text{As}_{\text{Ges.}} = 564 \mu\text{g/l}$   $\text{As}_{\text{gelöst}} = 36 \mu\text{g/l}$

Die hydraulische Wirkung bedingt eine Zunahme der Tiefenwässer aus den Bereichen der 5. und 6. Sohle.

Ein definiertes Abflussregime ist im Zuge der weiteren Bearbeitungsschritte zu erstellen. Es ist einzuhalten, um den Betrieb des Besucherbergwerkes sicher zu gestalten, die Abtragsquoten über das Mundloch möglichen Hochwasserszenarien anzupassen und natürlich die Grubenbaustandsicherheit immer zu gewährleisten.

Eine zusätzliche Oberflächenwassereinleitung würde mit Sicherheit die oxydativen Bedingungen des Grubenwassermilieus stabilisieren und integriert in Maßnahmen der Anpassung der Grubenwasserhydraulik mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer vermehrten Schadstoffrückhaltung im Grubenraum beitragen.

Die Oberflächenwässer sollen in einem Gebiet mit intensivem Bergbautätigkeiten von unseren Altvor-dern -Strossenbau- mit darunter liegenden Magazinabbauen in direkter Nachbarschaft zum Teilsoh-

lenkammerabbau 5000 E eingeleitet werden. Da die Grube bis circa 4 m unter dem Niveau 2. Sohle abgesoffen ist, kann man nur bedingt den Grubenbereich befahren. Es wird regelmäßig der Bruchrand des TSKA 5000 E im Niveau 2. Sohle kontrolliert.

Die Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen hier diesen Bereich im Jahr 2003 und aktuell 2010. Es ist eindeutig erkennbar, dass keine Veränderungen festzustellen sind. Lokale Tagesbrüche in den vergangenen Jahren im Bruchfeld übertätig sind ursächlich auf Brechen von Kappen in Strossenbauen, Versatzverdichtungen und/oder einfach begrenzte lokale Instabilitäten der Stöße und Schweben zurückzuführen. Dadurch wird aber in keinem Fall die Wasserwegsamkeit beeinträchtigt. Auf Grund der flächenhaften Ausdehnung der Abbaue im Streichen (165 m) und der Teufe (115 m) ist immer die Ableitung der Wässer bis zum Grubenwasserniveau vorhanden.



Abbildung 9 - Bruchraum 5000 E im Jahr 2003



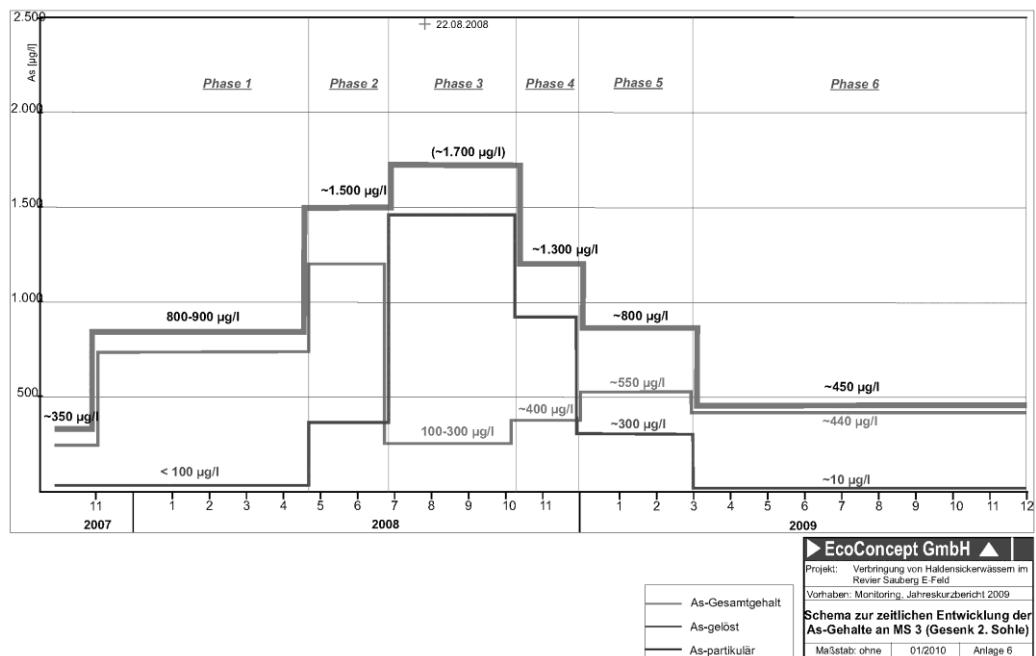
Abbildung 10 - Bruchraum 5000 E im Jahr 2010

Es gab aber in den Jahren 2007 – 2009 ein anderes Problem - was durch Bruchvorgänge in einem weiteren Teilsohlenkammerabbaugebiet ausgelöst wurde. In dem südlich ca. 450 m südöstlich entfernten intensiven Abbaugebiet des Sauberger Reviers kam es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Verdichtungssetzungen verbunden mit Nachbrüchen. Diese haben zu großen Grubenwasserverdrängungen in den Teufenlagen der 5. und 6. Sohle geführt. Dadurch sind -bildlich gesprochen- größere Grubenwassermengen angeschoben worden. Es kam zum Aufsteigen von Tiefenwässern, sicher auch begünstigt durch den gespannten Wasserabtrag über die 3. Sohle hin zum Gesenk bis zum Übertritt der Grubenwässer in den Stolln.

Die As-Entwicklung der Grubenwässer am Gesenk 2. Sohle (Diagramm 2) wird vom November 2007 an durch einen „starken“ Anstieg der As-Gehalte charakterisiert, der den langzeitlichen As-Mittelwert weit übersteigt. In mehreren Entwicklungsphasen, Diagramm 1 mit charakteristischen Merkmalen der As-Zusammensetzung, wird im Zeitraum Juni bis Oktober 2008 eine Phase der „Höchstgehalte“ auf einem Gehaltsniveau um 1.700 µg/l erreicht (**Phase 3**).

Mit dieser Entwicklung ist eine signifikante Abnahme der Gehalte von Ni, Cd und Zn und eine Zunahme von Fe (Fe<sup>II</sup>) und Mn im Grubenwasser am Gesenk verbunden.

Nach dem im Zeitraum November / Dezember 2008 (**Phase 4**) erstmals wieder sinkende As-Gehalte auf einem Konzentrationsniveau um 1.300 µg/l registriert worden sind, setzt sich die Entwicklung im I. Quartal 2009 fort (**Phase 5**). Der Gehaltsrückgang wird in erster Linie durch As (gelöst) hervorgerufen; der partikuläre Anteil steigt wieder auf 500 bis 600 µg/l an. Parallel mit dieser Entwicklung wurden wieder abnehmende Fe-/Fe<sup>II</sup>- und Mn-Gehalte registriert.

**Diagramm 2 - Grubenwasserentwicklung Gesenk 2. Sohle, Arsen, 2007-2009**

Ab April 2009 sinken die As-Gesamtgehalte weiter auf ein Niveau um 450 µg/l (Phase 6). In dieser Phase tritt das gelöste As im abfließenden Grubenwasser praktisch nicht mehr auf. Damit wird 2009 im Grubenwasser offensichtlich eine etwa 1,5 Jahre andauernde Entwicklung abgeschlossen; im Hinblick auf As und weitere Schadstoffe herrschen wieder Bedingungen, wie sie etwa vor dem Herbst 2007 wirksam waren.

Dieses Ereignis zeigt eindeutig, dass es sich hier nicht um eine Milieuänderung -vom oxydativen zum reduktiven Grubenwasserchemismus- handelt, sondern strömungsbedingte Vorgänge stattgefunden haben. Es sind also zur Entscheidungsfindung grundsätzlich Untersuchungen zu möglichen noch zu erwartenden quantitativen Versatzverdichtungen durchzuführen.

Für Aussagen der Grubenbaustandsicherheit sind weiterhin solche Grubenbereiche mit intensiver Abbaudichte und eingeschränktem bzw. technologisch bedingten geringem Versatzeinbau zu betrachten.

## 4 Grubenwasserhydraulik und -chemie

Bereits eingangs vorgestellt, besteht im Grubengebäude Ehrenfriedersdorf eine gezwungen - gespannte- Grubenwasserhydraulik.

Die natürliche Entlastung erfolgt über das Gesenk im Tiefen Sauberger Stolln aus den aufsteigenden Wässern von dem tieferen Niveau der 3. Sohle. Die Grubenwasser-Grundwasserneubildung entsteht primär durch Niederschläge, welche über Bruchflächen (tagesnahe Abbaue), Klüfte und das Deckgebirge den Grubenbauen zufließt. Es ist nicht auszuschließen, dass durch Temperatur- und Dichtegradienten eine Vermischung mit tieferen Grubenwasserzonen stattfindet. Verschiedenste Untersuchungen, auch an der TU Bergakademie Freiberg, belegen, dass Partikel  $\leq 20 \mu\text{m}$  –auch in fast stehenden Wässern- in Schwebe bleiben. Diese Partikel sind aber in der Regel chemische Verbindungen, die durch den umgebenden Gebirgskörper geprägt sind.

Das Grubenwasser im Revier ist durch den geogenen Hintergrund von Arsen, Cadmium und Eisenhydroxiden sowie einem „noch“ bestehenden oxydativen Milieu charakterisiert. Die vorhandenen hydrodynamischen Bedingungen (Abbildung 11) begünstigen somit einen laufenden Schadstoffaustrag über den Grubenwasserabtrag in die Vorflut, Wilisch.

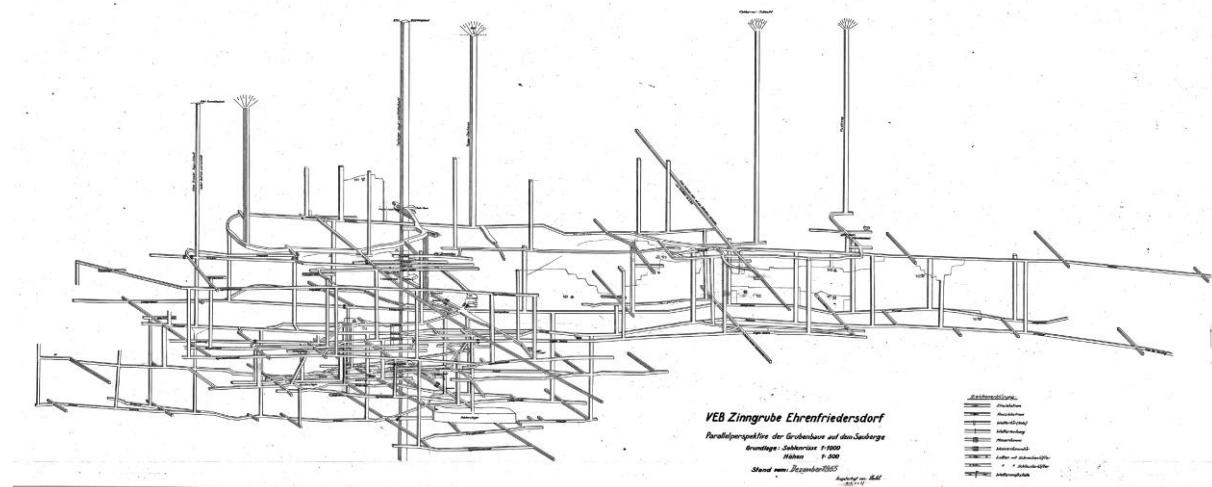


Abbildung 11 - Raumbild Revier Sauberg

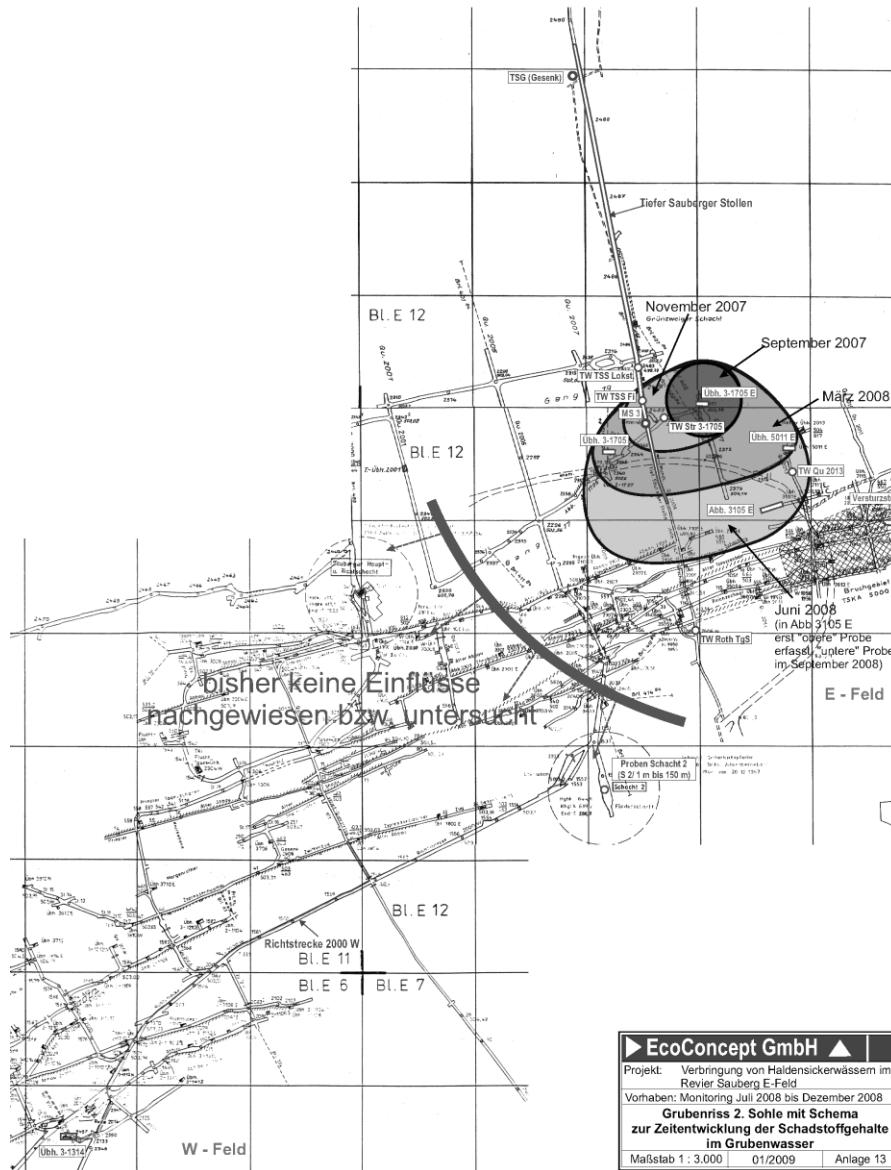


Abbildung 12 - Rissauschnitt 2. Sohle mit zeitlichen „Arsenfahnen“

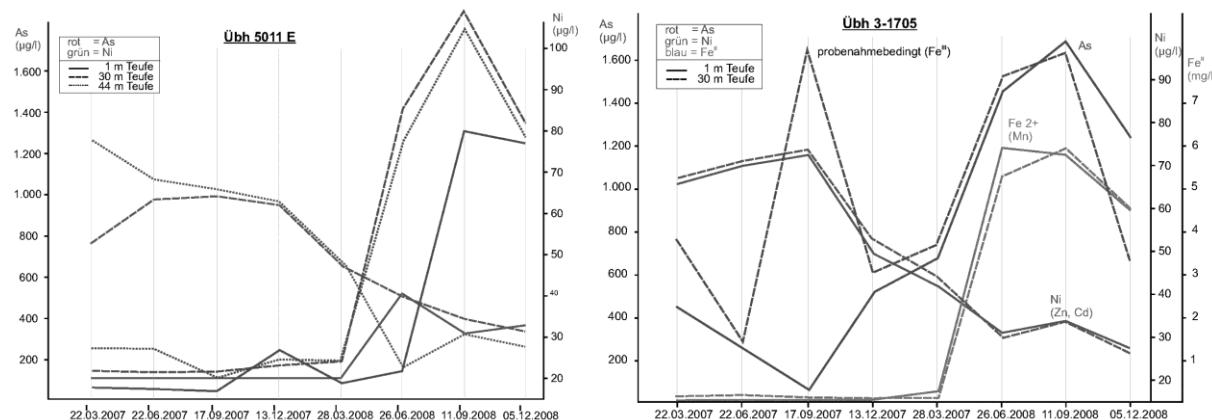
Im Verlaufe des mehrjährigen Monitoring zum Sickerwasserversturz -verbunden mit den Grubenwasseruntersuchungen- konnten keine Hinweise auf eine Wasserschichtung bestimmt werden. Es ist daher nicht hypothetisch zu sagen, dass durch die bestehende gespannte Grubenwasserhydraulik sich eine solche Schichtung gar nicht ausbilden kann.

Die Veränderungen im Chemismus der Grubenwässer 2007 – 2009, hervorgerufen durch die Bruchvorgänge über den TSKA 6014 bis hin zum TSKA 5010 E, belegen nachhaltig, dass die bestehenden hydrodynamischen Bedingungen ursächlich für den Schadstoffoutput bestimmt mit verantwortlich sind. In Abbildung 12 ist dargestellt, wie sich die „Fahne“ der Arsenkonzentrationen im Grubenwasser ausgebreitet hat.

Aufsteigende Tiefenwässer der 6. – 3. Sohle konnten nur über das Entlastungsgesenk im Stolln aufsteigen und haben in zeitlicher Abhängigkeit zunehmend die darum befindlichen Grubenbaue durchströmt. In den graphischen Darstellungen der Zeitreihenentwicklung (Diagramm 3) sind dabei deutlich die Gehaltsänderungen nachweisbar.

Markant in Abbildung 12 ist, dass am Messpunkt Abb. 3105 E erst sehr spät die Veränderungen nachgewiesen wurden. Dieser Messpunkt liegt räumlich am nächsten zum Einleitpunkt Sauberg E-Feld. Es kann abgeleitet werden, dass der Einfluss der stetigen Wassereinleitung ( $O_2$ -gesättigt) sehr positiv wirkt. Jede kontinuierliche Sauerstoff gesättigte Wassereinleitung in den Flutungsraum und somit in das Grubenwasser verbessert die oxydativen Bedingungen und begünstigt die Bildung von Eisenhydroxid. Dies wiederum verbessert die qualitativen Bedingungen im Grubenwasser, durch Bindung von Arsen. Es ist eine verstärkte Ausfällung zu prognostizieren, was letztendlich eine Schadstoffrückhaltung durch Sedimentation in den Grubenräumen und verbessernde Wasserqualitäten der Vorflut bedingen.

**Diagramm 3 - Zeitreihenentwicklung Schadstoffgehalte im Grubenwasser 2007 – 2008**



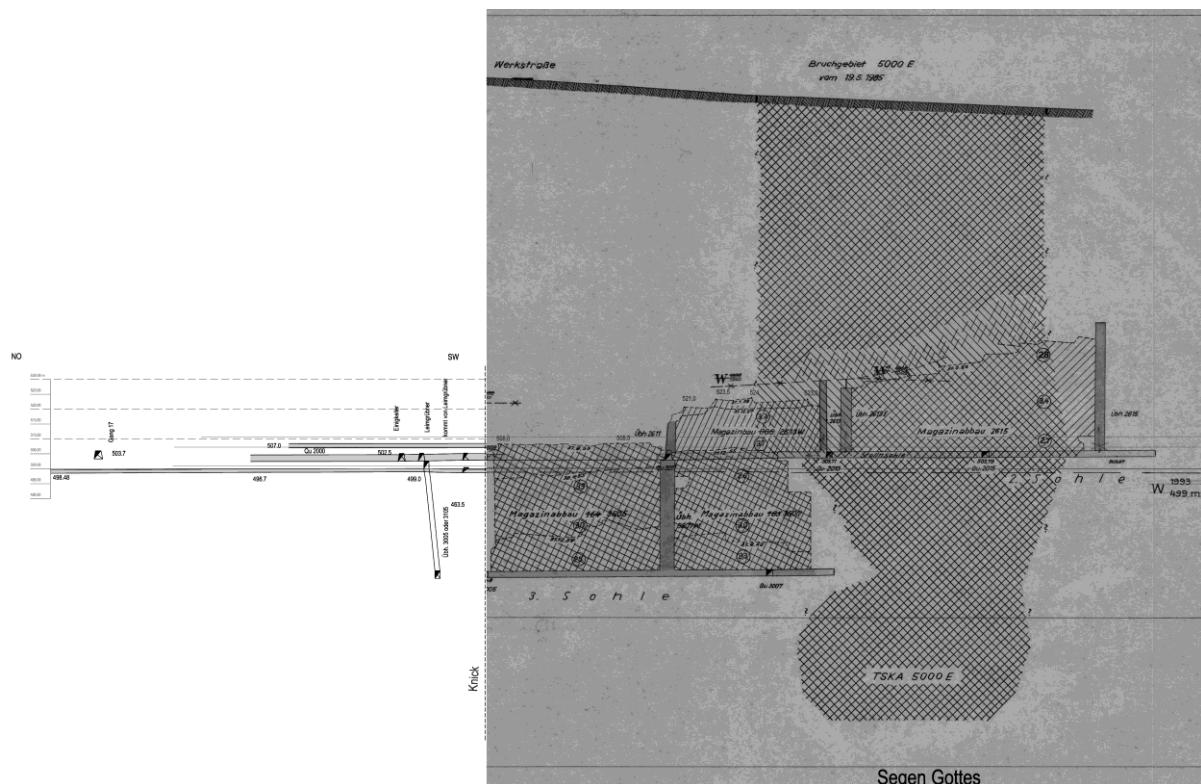
Eine Verbesserung der Grubenwasserqualitäten (Tabelle 3 bis Tabelle 5) ist zwingend notwendig.

**Tabelle 5 - Wasseranalytik Vorflut, Wilisch**

Mess-stelle	Q	pH	Lf	Eh	As	As <sub>Ges</sub>	Cd	Cd <sub>Ges</sub>	Fe	Fe <sub>Ges</sub>	Ni	Ni <sub>Ges</sub>	Zn	Zn <sub>Ges</sub>	F	F <sub>Ges</sub>
	[l/s]		[μS/cm]	[mV]	[μg/l]	[μg/l]	[mg/l]	[mg/l]								
Wilisch, Ortsaus- gang Ehren- frieders dorf	MW		7,39	416		215				420		50		890	3,20	
	n		8	8		12				1		1		1	1	
	Max		8,16	600		641				420		50		890	3,20	
	Min		6,80	334		106				420		50		890	3,20	
	s		0,53	85		142										
Wilisch, oberh. Einleit.	MW	15,000	7,23	374		35	166		1	30	247	7	8	101	417	2,20
	n	1	9	9		1	10		1	1	2	1	1	1	3	2
	Max	15,000	7,98	490		35	550		1	30	263	7	8	101	1040	3,60
	Min	15,000	6,51	295		35	53		1	30	230	7	8	101	90	0,80
	Stolln		0,51	67			155				23				540	1,98
Wilisch, Ehren- frieders dorf, Mönchs bad	MW		7,32	153		26	21							80		
	n		13	7		5	7							1		
	Max		8,20	204		45	40							80		
	Min		6,60	118		7	10							80		
	s		0,52	34		16	11									

Der Vergleich der qualitativen Eigenschaften der Vorflut (Tabelle 5) und Grubenwässer (Tabelle 4) zeigt allein bei As<sub>Ges</sub> einen Anstieg um das 2,1-fach zum Mittelwert, was sich letztendlich im Anstieg der Gehalte nach Eintritt der Wässer aus dem Tiefen Sauberger Stolln am Ortsausgang von Ehrenfriedersdorf (Tabelle 5) widerspiegelt.

Das bestehende System des Grubenwasserabtrages im gespannten Zustand ist auf den Prüfstand zu stellen.



**Abbildung 13 - Saigerrißausschnitt „SegenGottes“ mit Schnittspur zum Tiefen Sauberger Stolln**

Fachübergreifend stellt sich folgende Frage:

Kann das Grubengebäude entspannt im Flutungsniveau entlastet werden? Ja!

Es bestehen 2 Optionen:

- A) Stollnverlängerung vom Ansatzpunkt Gesenk aus bis zum nächst gelegenen Magazinabbau und Verwahrung des Gesenkes zur 3. Sohle hin.
- B) Grubenwasserabtrag mittels Pumpeneinrichtung im nächst möglichen Magazinabbau und Verwahrung des Gesenkes hin zur 3. Sohle.

In jedem Fall wäre damit gewährleistet, dass die sich ständig neubildenden Grubenwässer -ohne Strömungzwang über die 3. Sohle- abfließen können.

Jede dieser beiden Optionen ist mit Investitionen verbunden. Darüber hinaus entstehen bei Variante B für immer Betriebskosten. Solch eine Entscheidung herbeizuführen, erfordert eine tiefgründige Prüfung und Abwägung in allen Richtungen.

Es stellt sich auch die Frage der Notwendigkeit! Vor dem Hintergrund der bestehenden gesetzlichen Regelwerke und nicht zu letzt der europäischen Wasserrahmenrichtlinie sind aber alle technischen Möglichkeiten und wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmen der Schadstoffreduzierung für Fließgewässer zu prüfen. Es ist bekannt, dass ohne jegliche Veränderung der bestehenden Hydraulikbedingungen und bei Reduzierung des Sauerstoffeintrages im Grubenwasser eine Milieuänderung hin zu reduktiven Grubenwasserbedingungen eintreten wird. Der Schadstoffoutput wird steigen. Eine spätere Prozessumkehr ist dann nach heutigem Erkenntnisstand so gut wie unmöglich. Also besteht die Gefahr, dass alle austretenden Grubenwässer aus dem Revier ab einem gewissen Zeitpunkt aufzubereiten sind.

Es wäre somit mehr als ratsam heute abzuwagen, ob nicht doch mit überschaubarem Aufwand dem entgegengewirkt werden kann.



**Abbildung 14 - Luftaufnahme Sauberg**

Die Oberflächenwassereinleitung aus dem Haldenkomplex stellt einen Pfeiler der Sanierungsmaßnahmen ohne zusätzliche Kosten dar. Ja, allein die Einsparung des Regenrückhaltebeckens würde dem Freistaat Sachsen eine Kostensparung in Höhe von über 2,1 Mio. € erbringen.

Für eine Entscheidung zur ungespannten Wasserlösung im Grubengebäude sind vorlaufende Untersuchungen erforderlich. Aber auch hier zeigt sich bei einer überschlägigen Kostenabschätzung, dass z.B. eine Neuauffahrung keinesfalls die investiven Kosten einer möglichen Wasseraufbereitung erreichen würde, zu dem entstehen keine Betriebskosten.

Was die perspektivische Entwicklung der Grubenwasserchemie betrifft, kann derzeit nur auf die Ergebnisse und Aussagen der bisherigen Untersuchungen verwiesen werden. Übereinstimmend werden von allen Bewertern eine Stabilisierung des Grubenwassermilieus und reduzierte Nivellierung des Schadstoffoutputs eingeschätzt.

Den Vortrag möchte ich mit der Erwartung schließen, dass es unter heutigen gesetzlichen Rahmenbedingungen möglich sein sollte, alternative Wege bei der Schadstoffreduzierung von Grubenwässern zu gehen. Abschließend bedanke ich mich für die vielfältigen Unterstützungen seitens der EcoConcept GmbH Chemnitz, Prof. W. Schmidt, beak Consultants GmbH Freiberg, Dr. Th. Hertwig, der TU Bergakademie Freiberg sowie Herrn Prof. W. Klemm.

Glück Auf!

