

## **Der Verbruch des Rothschönberger Stollens zum Hochwasser vom 12./13.08.2002 und dessen Sanierung - Verbruchsszenarien und Sanierungsvorschläge - \***

**Dr.-Ing. habil. G. Meier**

Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Wegfarth/Freiberg

### ***Zusammenfassung***

Der Rothschönberger Stollen dient nach wie vor zur zentralen Entwässerung des Freiburger Bergbaureviers. Er wurde von 1844 bis 1877 aufgeföhren und weist eine Gesamtlänge von über 50 km auf. Bereits 1897 kam es bei einem Hochwasser zu einem Verbruch des Stollens im Kreuzungsbereich mit einem bebauten Erzgang. Infolge des Hochwassers am 12./13.08.2002 entstand in der alten Havariezone erneut ein Verschluss des Stollens, wodurch sich ein erhebliches Standwasser einstellte. Zahlreiche Verbrüche an der bebauten Geländeoberfläche im Gangausbiss verwiesen ebenfalls auf das hohe Geföhrdungspotential. Grundlage einer raschen und effektiven Havariebeseitigung bildete dabei eine komplexe Bewertung der Altbergbauverhältnisse und eine Analyse möglicher Verbruchsszenarien. Im Ergebnis werden verschiedene Sanierungsvarianten vorgestellt und diskutiert.

## **1 Problemstellung**

Das Jahrhunderthochwasser vom 12./13. August 2002 führte im Freiburger Bergbaurevier zu einer enormen Vielzahl von über- und untertägigen Verbrüchen im Altbergbau. Als ein besonderes Ereignis ist der Verbruch des Rothschönberger Stollens hervorzuheben, der als zentraler Stollen das Freiburger Bergbaurevier entwässert.

Bereits zum Hochwasser von 1897 verbrach der Stollen im Kreuzungsbereich mit dem Halsbrücker Spatgang in ca. 110 m Tiefe unter dem damaligen Halsbrücker Hüttengelände. Der eingetretene Rückstau des Wassers und direkte vertikale Zuläufe von Muldenhochwasser in die umfangreichen und weiträumigen Grubenbaue verursachten Bewegungen an der intensiv altbergbaulich beeinflussten Gangausbisszone. Auch auf anderen Gangzonen traten Schadenswirkungen an der Geländeoberfläche auf. Selbst im unmittelbaren Stadtgebiet von Freiberg kam es zu Verbrüchen, wo es z. B. in der Terrassengasse zum Einsturz von mehreren Wohnhäusern kam. In der Muldenaue selbst entstanden zahlreiche Pingenbildungen durch direkt verstützendes Muldenwasser oder durch aktivierte Massenbewegungen vor allem in alten Schächten und im bis

---

\* Veröffentlicht in: Tagungsband 3. Altbergbau-Kolloquium, TU Bergakademie Freiberg, 06. - 08.11.2003, S. 47 - 58, VGE Verlag GmbH, Essen 2003

zu 4 m mächtigen, fast vollständig abgebauten Gang. Besonders kritisch waren die beiden Kreuzungszonen der Freiburger Mulde mit dem Halsbrücker Spatgang sowie der auf mehrere hundert Meter parallel verlaufende Bereich von Mulde und Gang in der Talaue, wo es auch in früheren Jahrhunderten zu zahlreichen Wassereinbrüchen bei Hochwasserereignissen kam.

Zur Wiederherstellung der vollen Funktionalität des Rothschönberger Stollens wurde 1897 untertägig ein Umbruch um die Schadensstelle aufgeföhren und der abgeworfene defekte Stollenteil durch zwei 3 m mächtige Ziegeldämme verschlossen. Übertägig wurden im Bereich der Muldenquerungen mit dem Halsbrücker Spat so genannte „Muldengewölbe“ im Flussbett eingebaut und die Pingens in der Talaue mit Haldenberge und Verhüttungsrückständen verfüllt.

Durch das Hochwasser vom 12./13. August 2002 haben sich prinzipiell die Schadensereignisse in der Kreuzungszone des Rothschönberger Stollens mit dem Halsbrücker Spat im über- und untertägigen Bereich wiederholt.

Ein unmittelbarer Zugang zur untertägigen Verbruchsstelle war bergseitig durch den Wasserrückstau in das Bergrevier und durch die abgelagerten Verbruchmassen abstromseitig nicht möglich.

Durch die Aufarbeitung historischer Unterlagen /1/ und hydraulischer Betrachtungen /2/ sowie Messungen konnten das Schadensbild und mögliche Schadensszenarien aus geotechnisch-altbergbaulicher Sicht eingegrenzt und effektive Sanierungsvorschläge zur Beseitigung des Schadensereignisses unter Berücksichtigung von standwasserbezogenen Sicherheitsaspekten vorgeschlagen werden, um eine dauerhafte Funktionalität des Rothschönberger Stollens im Verbruchbereich wieder herstellen zu können. Die geotechnisch-altbergbaulichen Untersuchungen machen jedoch auch deutlich, dass die dauerhafte Erhaltung der Stollenentwässerung eine Komplexbetrachtung erfordert und laufende Kontroll- und bei Bedarf Unterhaltungsarbeiten im gesamten Stollenstrakt notwendiger Bestandteil der dauerhaften, sicherheitsrelevanten Maßnahmen im Unter- und Übertagebereich sind.

## **2 Altbergbauverhältnisse**

Der Rothschönberger Stollen weist vom Mundloch bis zur Havariezone eine Länge von 13,9 km auf und bringt hier im Tal der Freiburger Mulde eine Tiefe von ca. 110 m ein. Die Breite des Stollens variiert in seinem Verlauf. Sie beträgt vor dem Halsbrücker Spatgang ca. 1,8 bis 1,9 m bei einer Höhe von 3 m. Das durchschnittliche Gefälle des Stollens wird mit 0,03 % angegeben, jedoch erfolgte zwischen dem 8. Lichtloch und dem Verstufungspunkt nach dem Spatgang ein Höhenangleich, wodurch hier ein Gefälle von 0,23 % erreicht wird. Der Stollen besitzt bis zum Halsbrücker Spatgang 8 Lichtlöcher. Dieser erste Stollenabschnitt wird als fiskalischer Teil bezeichnet. Danach beginnt der Revierteil („Inneres Revier“) des Stollens mit seinen umfangreichen Stollenflügeln zur Wasserlösung, die alle Revierbereiche bis nach Langenau zum Glück-Auf-Schacht entwässern. Die vertikalen Anschlüsse an den Stollen bestehen über die zahlreichen Förderschächte des Reviers. Als nächster zugänglicher Schacht ist die „Reiche

Zeche“ zu nennen. Sie befindet sich ca. 3,5 km südöstlich der Verbruchstelle und ist bei einer Tiefe von 229 m an den Rothschönberger Stollen angeschlagen. Etwa 200 m unterhalb des Verbruchbereiches liegt das 8. Lichtloch, das zwischenzeitlich für Befahrungen und den Förderbetrieb vorgerichtet wurde.

Ein schwieriges Problem in der Schlussphase der Stollenauffahrung war das Durchörteren des als äußerst stark wasserführend bekannten Halsbrücker Spatganges. Hier waren große, wassergefüllte Gangabbau aus der Abbauzeit zwischen 1600 und 1750 zu erwarten. Es wurde eingeschätzt, dass ein freies Gangvolumen vom Stollen bis zum Niveau des Annastollens von ca. 300.000 bis 350.000 m<sup>3</sup> existiert, das zumindest zu einem Teil mit Standwasser ausgefüllt ist. Erst ab 1876 verminderten sich die Zuflüsse, nachdem der Stollenflügel der Grube „Beihilfe“ in die alten Gangabbau einschlug und das Wasser in den Stollen abfließen konnte. Am 21.12.1876 erfolgte vom 8. Lichtloch aus der Durchschlag in die alten Baue auf dem Halsbrücker Spatgang. Die Baue waren 2,25 m breit und meist leer, nur stellenweise waren die Baue mit Bergmassen ausgefüllt. Mit starker Zimmerung überbrückte man die alten Gangabbau auf dem Halsbrücker Spat. /1/ 48,5 m südlich davon erfolgte am 21.03.1877 der Durchschlag mit dem Gegenort, womit die Verbindung zum „Inneren Revier“ hergestellt war. Nach dem Absenken der Wasser wurde in der Sohle im Gang ein ca. 1,5 m dickes Gewölbe mit wasserdichter Aufmauerung eingebaut. Zur Sicherung der unmittelbaren Stollenfirste im Kreuzungsbereich kam ein mächtiges Sandsteingewölbe zur Ausführung, das auch vor Steinschlag aus dem offenen Abbauraum schützen sollte.

Beim Hochwasser am 30./31.07.1897 verbrach teilweise der ausgebaute Kreuzungsbereich. Die Verbruchstelle wurde vom 8. Lichtloch aus bergmännisch gegen das Standwasser aufgewältigt und mit stählernem und hölzernem Ausbau provisorisch gesichert. Danach wurde ein „Neuer Stollen-Umbruch“ aufgefahren und der alte Stollenteil durch zwei Dammbauwerke abgetrennt. Das Gebirge der Umbruchstrecke im Bereich des Halsbrücker Spatganges war intensiv tektonisch beansprucht. Der unverritzte Halsbrücker Spat wies eine Mächtigkeit von 3,15 m auf. Bedingt durch diese Gebirgssituation und einen spitzwinklig verlaufenden kleineren Erzgang wurde auf 25,5 m Länge der Umbruch mittels Ziegelgewölbe und einer 1 m mächtigen Stampfbetonsohle gesichert. Über Jahrzehnte wurden vom darüber liegenden Hüttengelände chemisch aggressive Wässer u. a. aus der Goldscheideanstalt in die Grubenbaue direkt verstürzt, wodurch vor allem der vorhandene Ziegelausbau im Umbruch geschwächt wurde. Von früheren Befahrungen sind in diesem Stollenteil intensive Blaufärbungen des Gebirges und Ziegelausbau in der Stollenkontur durch Fotos belegt.

### **3 Das Verbruchereignis vom 12./13.08.2002**

Flächendeckende Extremniederschläge führten insbesondere im Osterzgebirge am 12./13.08.2002 zu einem Jahrhunderthochwasser. Die Freiburger Mulde trat über die Ufer und verstürzte an mehreren Stellen in der Flussaue in den Altbergbau oder das Wasser floss über alte

Stollen in die Grubenbaue. Auch an den Nebenflüssen spielten sich ähnliche Szenarien ab. Für diese Flutwässer sind die Stollen und Grubenbaue nicht ausgelegt. Vor allem Standwasserbildungen führen durch ihre Druck- und Volumenpotentiale zu Verbrüchen und Massenumlagerungen. Durch die veränderten Eigenschaften der Lockermassen in den alten Grubenbauen werden die meist labilen Gleichgewichtsbedingungen im bergbaulich überprägten Gebirge gestört und Bewegungen sind unausbleiblich.

Es konnte festgestellt werden, dass ursächlich die im Halsbrücker Spatgang anstehenden Standwässer zu dem Schadensereignis im Rothschönberger Stollen geführt haben. Dem Stollenwasser selbst kann nur eine untergeordnete Rolle bei der Entstehung des Bruchereignisses zugestanden werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass bereits vor oder kurz nach dem Durchgang des Hochwasserscheitels der Freiburger Mulde der höher liegende Annastollen und die Grubenbaue im Halsbrücker Spatgang im Flussbereich durch den Direktversturz der Freiburger Mulde zu einem großen Teil wassererfüllt waren. 1876 wurde das Wasservolumen der alten Baue auf dem Halsbrücker Spat oberhalb des Rothschönberger Stollens mit einer durchschnittlichen Länge von ca. 2.000 m, einer Teufenerstreckung von 94,5 m und einer Restöffnungsweite von 1,73 m in der Größenordnung von 327.583 m<sup>3</sup> berechnet. /2/

Der registrierte Rückstau im Stollen und im angeschlossenen Bergrevier betrug durch das Verbruchereignis maximal 23 m über der Firse des Rothschönberger Stollens im Bereich der Lehrgrube „Reiche Zeche“. Diese Stauhöhe entspricht 28 m über der Sohle des Stollens im Kreuzungsbereich mit dem Halsbrücker Spatgang. Am 8. Lichtloch betrug der Rückstau im Stollen am 13.08.2002 ca. 15 m über dem Füllort. Am Stollenmundloch wurde zu dieser Zeit ein maximaler Durchfluss von 9,3 m<sup>3</sup>/s ermittelt. /2/

Die unmittelbare Verbruchsstelle im Stollen kann seit dem Kollaps nicht befahren werden, da Wasser und vor allem eingespülte Massen den Querschnitt des Stollens erheblich verengt haben. Für eine Beurteilung des Verbruchereignisses wurden deshalb Analysen der altbergbaulichen und hydraulischen Situation durchgeführt. /2, 3/ Durch eine Gegenüberstellung mit dem Hochwasserschaden vom 30./31.07.1897 konnten relevante Schlussfolgerungen zum aktuellen Ereignis gezogen werden.

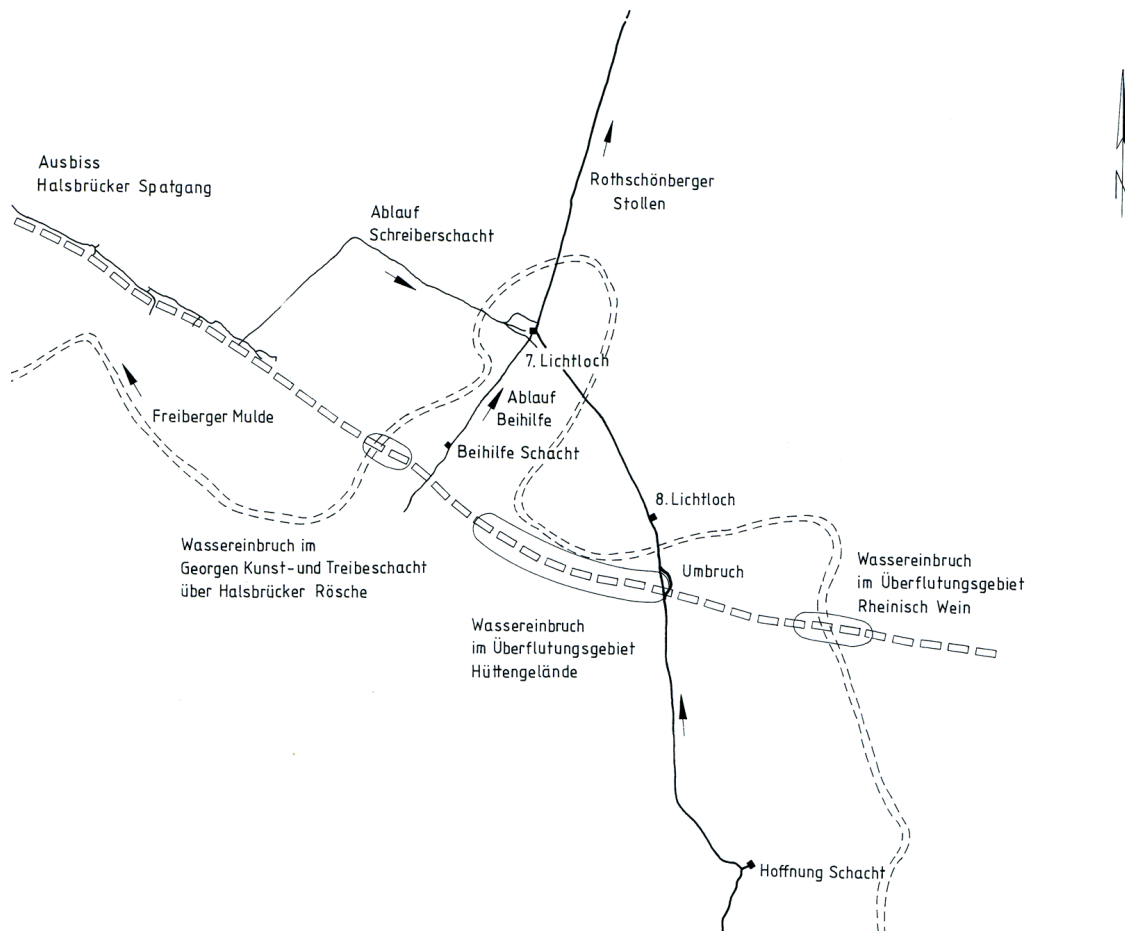


Abb.1 : Zonen möglicher Wassereintrüche der Freiburger Mulde in den Halsbrücker Spatgang

Die Verbruchmassen lagerten sich vom Stollenumbruch auf ca. 200 m im Abstrom ab, was etwa einem Volumen von  $400 \text{ m}^3$  entspricht. Die Ausbreitung des Massekegels unterscheidet sich im Vergleich mit dem Verbruchereignis von 1897 nur geringfügig.

#### 4 Analyse der Standwassersituation

Im März 2003 wurde der Standwasserdruck im Rothschönberger Stollen am Umbruch mit ca. 0,6 bar angegeben, was auf eine begrenzte Permeabilität der durchströmten Bruchmassen verweist. Ende Mai 2003 sank der Wasserstand am Umbruch auf 5,52 m über der Stollensohle. Diese Entwicklung ergab sich einerseits durch die extrem geringen Niederschlagsmengen in dieser Zeit und andererseits durch die inneren Erosionsvorgänge im Verbruchkörper selbst, wo sich vermutlich im oberen Schuttkegelbereich ein labiles „Kartenhausgefüge“ aus Steinen und Blöcken ausgebildet hatte und vom angestauten Wasser durchströmt wurde. Der untere Teil des Schuttkegels kann als undurchlässig angenommen werden.

Für die bergmännischen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten ist die hinreichende Kenntnis der Standwasserverhältnisse eine sehr wichtige sicherheitsrelevante Voraussetzung. Durch eine Detailanalyse der hydraulischen Situation, eine Befahrung des Wasserabflusses am Richtschacht „Beihilfe“ und dem Anbohren sowie späteren Öffnen des nördlichen Dammbauwerkes im

Rothschönberger Stollen konnten verschiedene Standwasserbereiche ausgegliedert werden, die ein differenziertes Arbeiten an der Verbruchsstelle erlaubten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Standwasserbereiche im Untersuchungsgebiet

Standwasserbereich	Beschreibung des Standwasserbereiches	Standwasservolumen	Standwasserhöhe <sup>1)</sup>
1	Rothschönberger Stollen einschließlich der Stollenflügel südlich des Verbruches	ca. 103.000 m <sup>3</sup>	5,52 m (entspricht 2,05 m ü. Sohle am Füllort Reiche Zeche; Stand 26.05.2003)
2	Abbaue auf dem Halsbrücker Spat auf ca. 2.000,0 m Länge und wassererfüllter Abbaubreite von 1,73 m	ca. 8.000 m <sup>3</sup>	ca. 2,3 m (korrespondiert mit Wasserstand am Füllort des Beihilfe Richtschachtes)
3	Rothschönberger Stollen zwischen den zwei Dammbauwerken im Umbruchbereich (Alter Stollentrakt)	ca. 20 m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>	ca. 0,5 m

<sup>1)</sup> Bezugshöhe: Stollensohle im Kreuzungsbereich mit dem Halsbrücker Spat

<sup>2)</sup> Standwasservolumen vor Öffnung des Grundablasses: ca. 100,0 m<sup>3</sup>

Insbesondere das Öffnen des nördlichen Dammbauwerkes ergab, dass keine maßgebliche Verbindung zum Stollenwasser unter den derzeitigen Wasserstandsverhältnissen existiert, was sich insbesondere durch Temperaturmessungen des Stollenwassers (14,9° C) und dem Wasserzufluss aus dem Spatbereich (10,0° C) zeigte. Erkundungsbohrungen erbrachten anfänglich einen Niveauunterschied von ca. 3,5 m zwischen beiden Bereichen.

Die Entlastungsbohrungen vom Stollen in den Halsbrücker Spatgang senkten das Standwasser ab, ohne den Austritt des Wassers aus dem Richtschacht „Beihilfe“ wesentlich zu verändern. Dieser Sachverhalt ist durch die extrem niedrige Niederschlagsrate im Jahr 2003 und durch die Existenz partieller Standwasserzonen innerhalb der Strossenbaue des Halsbrücker Spatganges zu erklären.

Diese äußerst günstigen Standwasserbedingungen ermöglichen auch einen reibungslosen Fortgang der eingeleiteten bergmännischen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten.

## 5 Mögliche Schadensszenarien

Durch die Nichtbefahrbarkeit der Verbruchsstelle machte sich baubegleitend zur Havarie-beseitigung eine Analyse der möglichen Schadensszenarien erforderlich, um mögliche Gefahren und Risiken rechtzeitig eingrenzen zu können. Im Rahmen durchgeführter Befahrungen, Auswertungen von historischen Unterlagen und hydraulischen Analysen im Schadensbereich ergaben sich drei grundsätzliche Schadensszenarien für das Verbruchereignis im Rothschönberger Stollen:

1. Verbruch im Neuen Stollen-Umbruch
2. Verbruch im alten Stollentrakt des Rothschönberger Stollens
3. Verbruch in mit Gewölben ausgebauten Stollenteilen südlich des Umbruches

Die Detailbetrachtungen ließen Argumente für und gegen die einzelnen Szenarien zu. Der beschriebene Verbruch von 1897 deckte sich gut mit dem Erscheinungsbild des Havarieereignisses vom August 2002, was auf gleiche Ursachen und ähnlichen Schadensumfang verwies. Durch die getrennten Standwasserbereiche war mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit das Schadensszenario 1 eingetreten. Es war dabei zu erwarten, dass der Gewölbescheitel im ausgemauerten Teil der Umfahrung verbrochen ist. Viele Indizien sprachen trotz fehlendem Gangabbau beim Vortrieb des Umbruches dafür. Insbesondere das aggressive Abwasser aus den darüber liegenden Hüttenobjekten schwächte Gebirge und Ziegelausbau. Der Absturz großer Gesteinbrocken aus dem aufgelockerten Randbereich der meist leeren Gangabbau dürfte ebenfalls die Mauerwerkszerstörung begünstigt haben.

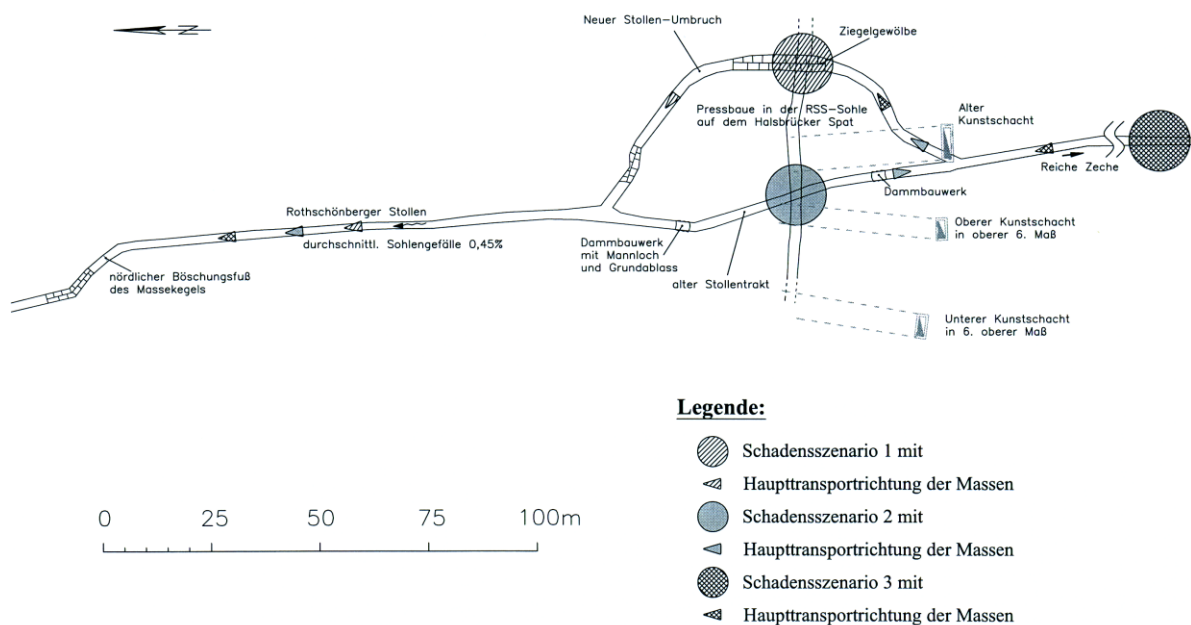


Abb.2 : Mögliche Schadensszenarien

Zum Schadensablauf ist zu vermerken, dass durch das Hochwasser die Freiburger Mulde direkt in den fast leeren Halsbrücker Spatgang insbesondere über die alten Kunstschächte etwa 110 m tief bis zum Stollenniveau verstürzte. Im Rothschönberger Stollen kann man zu diesem Zeitpunkt davon ausgehen, dass die erhöhten Wasserzuflüsse erst zeitverzögert aus dem Revier zufließen und somit war der Stollen zu einem großen Teil luftgefüllt. Infolge der großen Wassermengen von bis zu 350.000 m<sup>3</sup> und des erheblichen Druckes, der sich aufbaute, konnte das labile Gewölbe im Umbruch den Einwirkungen nicht widerstehen und es kam zum Kollaps.

Die enormen Wassermengen konnten aus der Gangzone über den Beihilfe-Richtscht mit der kleinprofiligen Abflussstrecke nicht vollständig ablaufen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die primäre Ursache des Verbruches des Rothschönberger Stollens durch den Direktversturz des Muldenwassers in die tagesnahen Grubenbaue des Halsbrücker Spatganges begründet ist. Es bestand im Bereich der Kreuzungsstelle zwischen Spatgang und Stollen keine Möglichkeit für einen Druck- und Mengenausgleich, identisch mit der Havarie-situation von 1897. Es existieren unterschiedliche hydraulische Systeme im untertägigen Bereich.

Die direkten Versturzstellen der Freiburger Mulde in die Gangabbaue und Schächte im Halsbrücker Spatgang stellen die übertägigen hydraulischen Schwachstellen besonders bei Hochwasser dar. Kritisch sind insbesondere die Kreuzungsbereiche mit der Mulde (zwei Muldengewölbe) und die tangierende Zone Gang – Mulde.

## **6 Sanierungsvorschläge**

Für mögliche Sanierungsvarianten galten unter dem Aspekt des Standwassers folgende grundlegende Prämissen:

1. Sicherheit für die Arbeitskräfte bei den bergmännischen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten
2. Herstellung der uneingeschränkten und dauerhaften Funktionalität der Wasserführung in der Havariezone

Folgende grundsätzlichen Sanierungsvarianten standen zur Diskussion:

Variante I: Aufwältigung der alten (Ia) bzw. neuen (Ib) Verbruchstelle

Variante II: Umfahrung der Verbruchstelle durch eine neue Strecke

Variante III: Überfahren der alten Verbruchstelle und Wiederherstellung des alten Stollentraktes



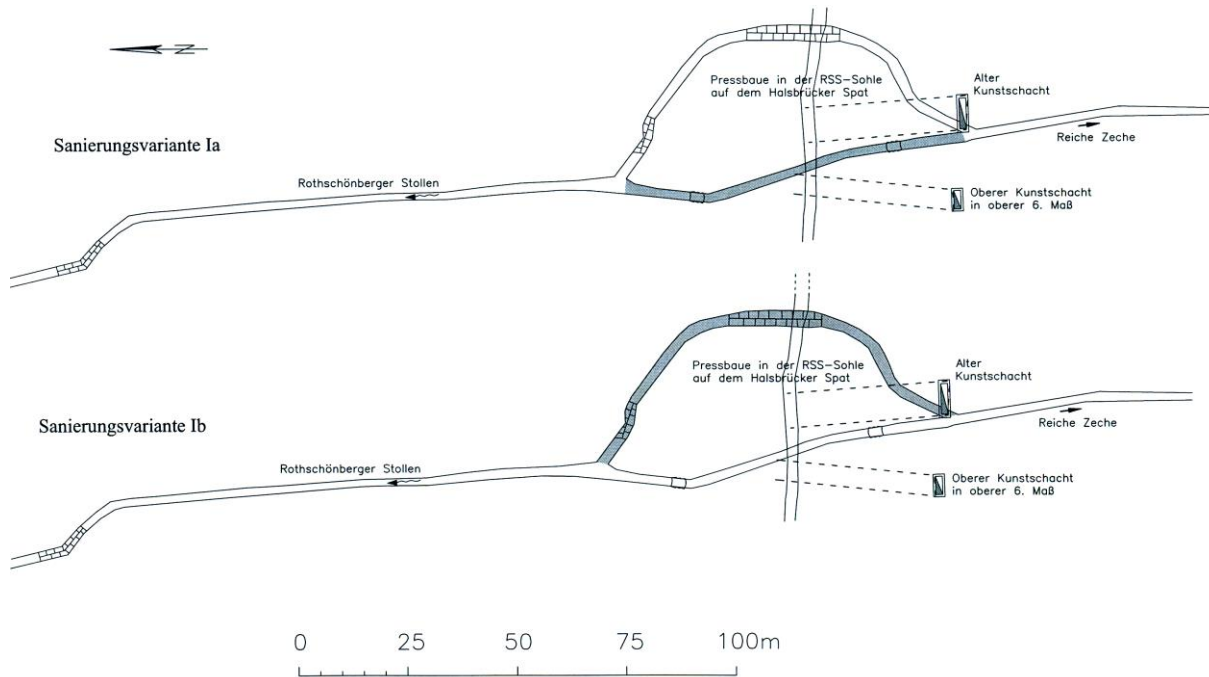


Abb.3 : Sanierungsvariante I

Ohne direkten Standwassereinfluss war nur die Variante III, jedoch war auch hier das Standwasser im Halsbrücker Spatgang zu berücksichtigen.

Durch die extrem niedrigen Niederschlagsraten in der ersten Hälfte 2003 lag eine sehr geringe Wasserführung im Stollen an, wodurch die Standwasserproblematik auf einem niedrigen Niveau lag. Auch die Erkenntnis der unterschiedlichen Standwasserbereiche machte es vertretbar, die Variante I zu wählen. Dabei wurde der abstromige Ziegeldamm schonend geöffnet und abgebrochen. Im Bereich der Gangquerung war dichter Handversatz eingebaut. Horizontale Vorbohrungen und Fächerbohrungen in Richtung Halsbrücker Spatgang klärten die Standwasserverhältnisse und dienten zur Absenkung des Standwassers. Nach dem etappenweisen Beräumen des vollständig versetzten Abschnittes von ca. 12 m Länge und Sichern durch massiven Sohlausbau im Kreuzungsbereich wurde wieder Hohlraum angetroffen.

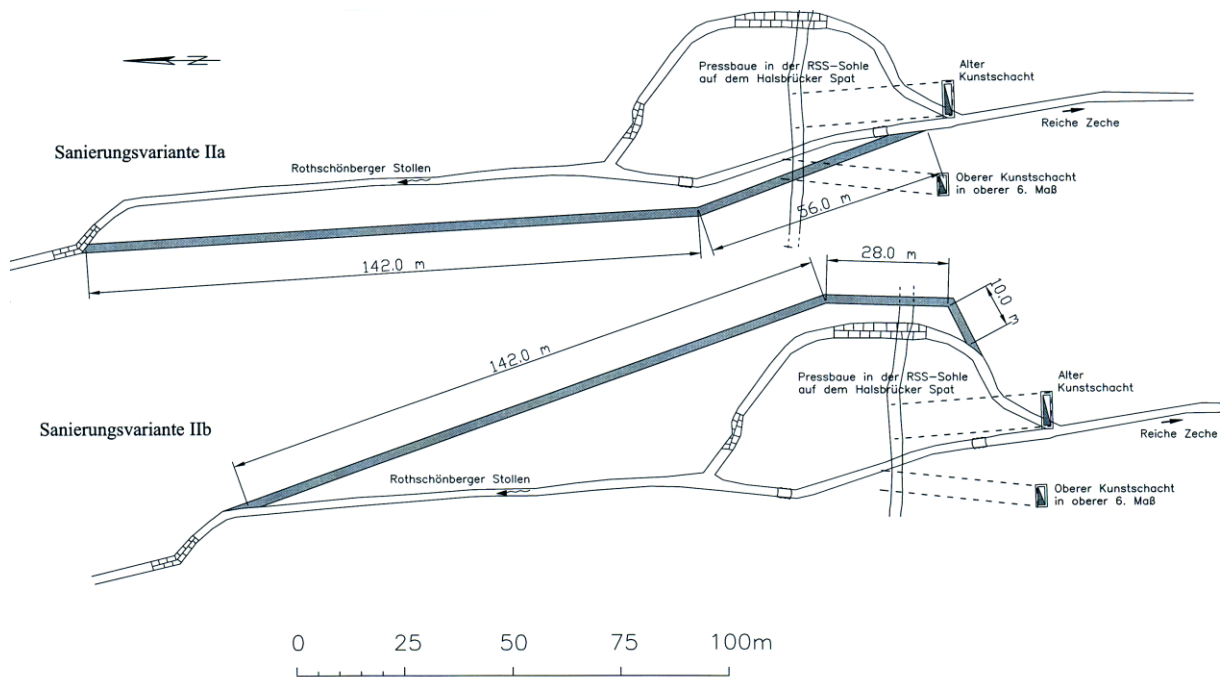


Abb.4 : Sanierungsvariante II

Nach dem Beräumen von ca. 1 m mächtigem Teilversatz und Schlamm in der Sohle folgte ein 2 m mächtiger Vollversatz, woran sich unmittelbar der obere intakte Damm anschloss. Aus einer Erkundungsbohrung in ca. 1,4 m Höhe durch den Damm strömte das Wasser aus dem erwarteten Standbereich mit einem Druck von ca. 0,5 bar. Im Schutz dieses 3 m dicken Dammes erfolgte die Sanierung der alten Verbruchsstelle mittels Spritzbeton und zusätzlichen Baustahlmatten unter Einbeziehung des eingebrachten Stahlausbaues in einer Gesamtstärke von ca. 0,5 bis 0,8 m. Die Erkundung in der Sohle der Schnittstelle Stollen / Gang verwies auf ein abgegangenes Sohlgewölbe, wodurch ein selbsttragendes, bewehrtes Betongerinne in den Ausbaubereich integriert wurde. Die Ursachen für dieses Schadensbild liegen in den lettigen Begleittrümmern im Hangenden des Ganges, die aus dem Hangenden in die abgebaute Gangzone verbrechen. Dieser labile Gebirgsabschnitt war auch bei der Sanierung zu berücksichtigen.

Die Nutzung der vorhandenen Altgewölbe als Übergabestellen aus dem Halsbrücker Spat in den Rothschönberger Stollen, bei möglichem Extremwasser rechtzeitig einen Druck- und Mengenausgleich herzustellen, musste verworfen werden.

Nach der vollständigen Sanierung der alten Verbruchsstelle wird der obere Damm beseitigt und die Umfahrung im oberen Bereich verplombt.

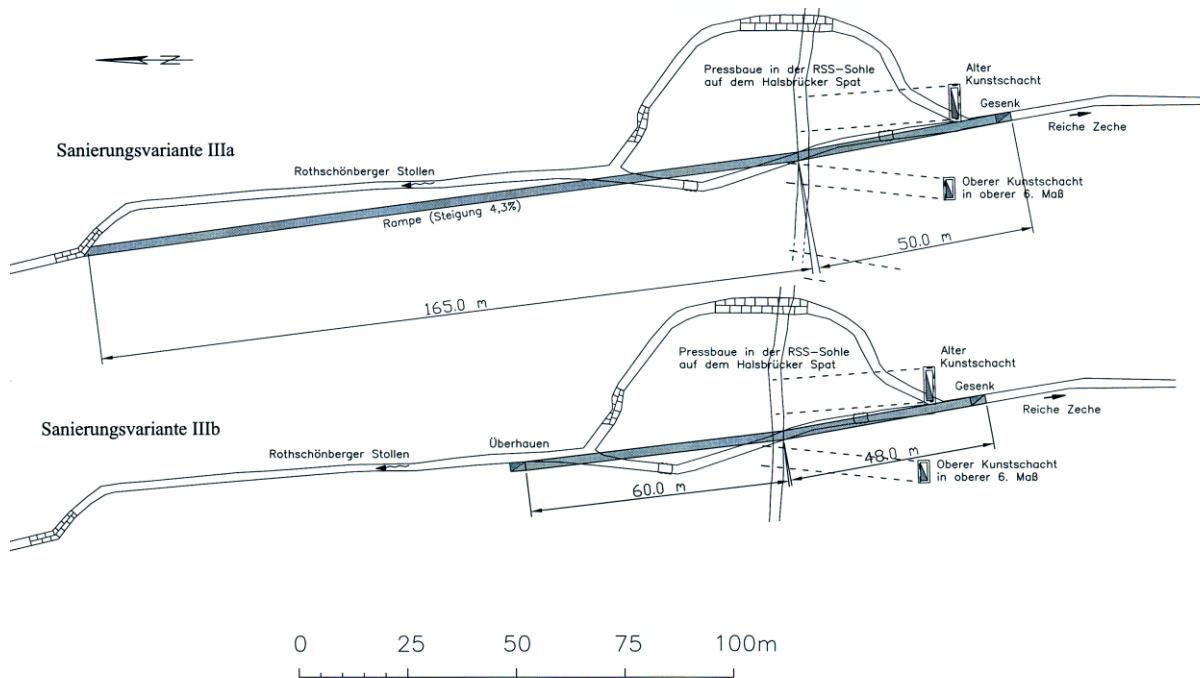


Abb.5 : Sanierungsvariante III

Abstromig sollte der Umbruch bis zur Verbruchsstelle beräumt werden, um den Havariebereich erkunden und bewerten zu können.

Eine Übergabestelle von Extremwasser aus dem Halsbrücker Spatgang in den Rothschönberger Stollen reduziert dabei einen möglichen Druck- und Mengenaufbau in den offenen Grubenbauen des Spatganges bei Hochwassereinwirkungen. Ein permanentes Monitoring der verschiedenen Standwasserbereiche war aus Sicherheitsgründen während der Sanierungsarbeiten unumgänglich.

## Literatur

- /1/ WAGENBRETH, O.: Zur Vollendung des Rothschönberger Stollens vor einhundert Jahren (1877). - Neue Bergbautechnik 8 (1978) 11, S. 654 - 660
- /2/ MUCKE, D.: Analyse der hydraulischen Verhältnisse im Verbruch- und Rückstauereich des Rothschönberger Stolln. - GEOMONTAN Gesellschaft f. Geologie und Bergbau mbH & Co. KG, Rothenfurt, 05.03.2003 (unveröff.)
- /3/ BENTHIN, A.; TITTES, M.; KUGLER, J.: Erkundung und Sanierung des Verbruches vom Rothschönberger Stolln im Bereich des Halsbrücker Spates – Lagerstättenkundliche Bewertung / Montanhistorische Analyse. - GLU Geologische Landesuntersuchung GmbH, Freiberg, 28.02.2003 (unveröff.)