

Bergwerk Rottleberode

Analyse der Grubenwassersituation mit Vorschlägen für eine geeignete Grubenwasserbehandlung

Arbeitsstand: Dezember 2004

Auftraggeber: GVV mbH

Am Petersenschacht 9
99706 Sondershausen

Bestellung: 5745008 vom 23.06.2004

Bearbeitung: Arbeitsgemeinschaft (DMT / HGN), bestehend aus:

a) Deutsche Montan Technologie GmbH
Safe Ground Division
Am Technologiepark 1
45307 Essen

b) HGN Hydrogeologie GmbH
Grimmelallee 4
99734 Nordhausen

Sachverständige: Dr. C. Klinger
Dipl.-Geol. P. Rüterkamp
Dipl.-Geol. U. Kurth
Dipl.-Ing. K.-V.-Gutschmidt

Nordhausen, den 22.12.2004

ARGE DMT / HGN



(Ermisch)



(Klinger)

**Arbeitsgemeinschaft
DMT / HGN**

Grimmelallee 4
99734 Nordhausen
Telefon 03631 / 657 270
Telefax 03631 / 60 07 16

**Kaufmännische Geschäftsführung
HGN
Hydrogeologie GmbH
Grimmelallee 4
99734 Nordhausen
E-Mail: v.ermisch@hgn-online.de
<http://www.hgn-online.de>**

**Technische Geschäftsführung
DMT
Deutsche
Montan Technologie GmbH
Am Technologiepark 1
45307 Essen
E-Mail: dmt@dmtd.de
<http://www.dmt.de>**

**Bankverbindung ARGE:
Deutsche Bank AG Nordhausen
BLZ 820 700 00
Konto Nr. 126 764 0**

INHALTSVERZEICHNIS**Seite**

1	Einleitung und Aufgabenstellung	6
2	Arbeitskonzept.....	7
2.1	Prinzipielle Vorgehensweise	7
2.2	Arbeitskonzept.....	7
3	Bestandsaufnahme	10
3.1	Datenbasis	10
3.2	Bestandsaufnahme der technischen Rahmenbedingungen	10
3.2.1	Historischer Abriss	10
3.2.2	Zustand der Grube, der Tagesöffnungen und der Übertagebereiche	12
3.2.2.1	Vorbemerkungen	12
3.2.2.2	Vertikale Grubenbaue	12
3.2.2.3	Horizontale Grubenbaue	16
3.2.2.4	Pingengebiet.....	17
3.3	System der Grubenwasserableitung	19
3.4	Bestandsaufnahme der natürlichen Rahmenbedingungen.....	22
3.4.1	Hydrologische Verhältnisse.....	22
3.4.2	Geologisch/hydrogeologische Verhältnisse	23
3.4.2.1	Tektonische Bedingungen.....	23
3.4.2.2	Mineralisation	24
3.4.3	Wasserhaushaltsbilanz/Einzugsgebiet	26
3.4.3.1	Wasserhaushalt/Abflussbedingungen während des Abbaubetriebes	26
3.4.3.2	Aktuelle Wasserhaushaltsbilanz/Abflussbedingungen	27
3.4.4	Wasserbeschaffenheit	31
3.4.4.1	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung	31
3.4.4.2	Wasserbeschaffenheit nach der Flutung.....	34
3.4.4.3	Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers im Bereich der Spülhalde...38	
3.4.4.4	Beprobung Hauptschacht.....	40
3.4.4.5	Vergleichende Bewertung zu den Ursachen der Beschaffenheitsentwicklung	44
3.5	Defizitanalyse	54
3.5.1	Mengenproblematik	54
3.5.2	Beschaffenheitsproblematik	55
4	Prognose	56
4.1	Mengenentwicklung.....	56
4.2	Beschaffenheitsentwicklung.....	57

5	Verfahrensalternativen	61
5.1	Maßnahmen, die sich auf den Stoffhaushalt in der Grube auswirken	61
5.2	Maßnahmen, die sich auf die abfließende Wassermenge aus der Grube auswirken	62
5.3	Maßnahmen zur Verbesserung der Beschaffenheit des Einleitwassers	63
5.3.1	Passive Grubenwasserbehandlung	63
5.3.2	Klassische Behandlungsverfahren zur Entfernung von Eisen und Mangan	64
6	Zusammenfassung	66
7	Vorschläge für die weitere Vorgehensweise	67
7.1	Vorschläge für Monitoringkonzept	67
7.2	Weitere Bearbeitungsschritte	68
8	Quellenverzeichnis	69

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abbildung 1:	Verfüllung Hauptschacht aus /5/	14
Abbildung 2:	Hauptschacht Rottleberode – oberer Teil	15
Abbildung 3:	Blick auf Pingen aus dem Altbergbau (Eisenerz)	18
Abbildung 4:	Pingengebiet mit aktuellen Brüchen (Juni 2004)	18
Abbildung 5:	Grubenwasserableitung Rottleberode (Quelle: GVV-Unterlagen)	20
Abbildung 6:	Hanggraben	20
Abbildung 7:	Tektonische Übersichtskarte der Fluoritlagerstätte Rottleberode im Niveau der Stollensohle /9/	23
Abbildung 8:	Schematische Darstellung der Mineralisationsverteilung auf der Flussschachtstörung im Bereich der Lagerstätte Rottleberode /9/	25
Abbildung 9:	Abfluss- und Einleitmengen sowie Wasserstände Hauptschacht	29
Abbildung 10:	Mengenanteile der einzelnen Abflusselemente	29
Abbildung 11:	Beziehung Niederschlag-Abfluss (Tagesmessungen)	30
Abbildung 12:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Leitfähigkeit	31
Abbildung 13:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Sulfat	32
Abbildung 14:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Hydrogenkarbonat	32
Abbildung 15:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Eisen gesamt	33
Abbildung 16:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Mangan gesamt	33
Abbildung 17:	Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: pH-Wert	34

Abbildung 18:	Wassermengen, Eisen ges.- und Mangangehalte im Einlaufwasser in die Krummschlacht	35
Abbildung 19:	Wassermengen und Mangan-Gehalte.....	36
Abbildung 20:	Wassermengen und Eisen ges.-Gehalte	36
Abbildung 21:	Wassermengen und Eisen ges.-Gehalte (Vergleich Betrieb – Flutung)	37
Abbildung 22:	Wassermengen und Mangan-Gehalte (Vergleich Betrieb – Flutung).....	38
Abbildung 23:	Entwicklung der Eisen- und Mangankonzentrationen in Grundwasser am Fuße der Spülhalde Rottleberode (Zum Vergleich sind auch die Daten der Sickerwasserbeprobung aufgeführt.).....	40
Abbildung 24:	Leitfähigkeiten und Temperaturen im Hauptschacht Rottleberode	41
Abbildung 25:	Verteilung der jährlichen Eisenfrachten auf die verschiedenen Zuflüsse aus dem Grubenbereich.....	45
Abbildung 26:	Verteilung der jährlichen Manganfrachten auf die verschiedenen Zuflüsse aus dem Grubenbereich.....	45
Abbildung 27:	Korrelation der Mittelwerte der für die verschiedenen Messpunkte vorliegenden Daten zu den Eisen- und Mangankonzentrationen.....	46
Abbildung 28:	Teufenverteilung der mittleren Sulfat- und Eisenkonzentrationen sowie deren Massenkoeffizienten	48
Abbildung 29:	Zeitliche Entwicklung der Abflussmengen und der pH-Werte in den Grubenabflüssen	49
Abbildung 30:	Vergleich der Löslichkeit von Mangan- und Eisenphasen in dem System Mn-Fe-CO ₂ -S-H ₂ O bei 25 °C und 1 atm Druck.	51
Abbildung 31:	Zeitliche Entwicklung der Abflussmengen sowie der Eisen- und Mangankonzentrationen in dem Abfluss aus dem Daubstollen im Frühjahr 2002.	53
Abbildung 32:	Zeitliche Entwicklung der Manganfrachten in den Teilströmen aus der Grube und dem Gesamtabfluss.....	57
Abbildung 33:	Zeitliche Entwicklung der Eisenfrachten in den Teilströmen aus der Grube und dem Gesamtabfluss.....	58

TABELLENVERZEICHNIS

Seite

Tabelle 1:	Bestehendes Monitoringsystem – Standort Rottleberode.....	21
Tabelle 2:	Parageneseschema der Fluoritlagerstätte Rottleberode (n. BÜCHNER & FRANZKE).....	24
Tabelle 3:	Ergebnis der Beprobung Grundwassermessstellen vom 30.08.2004	39
Tabelle 4:	Wasseranalysenergebnisse Beprobung Hauptschacht (30.08.04)	42

Tabelle 5:	Haupteigenschaften der relevanten Wasseraustritte aus dem Grubenbereich	44
Tabelle 6:	Vor- und Nachteile klassischer (aktiver) und passiver Behandlungsverfahren	65

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Übersichtskarte	1:10 000
Anlage 2:	Lageplan Bergwerk Rottleberode	1: 5 000
Anlage 3:	Lageplan Wasserableitung	1: 1 000
Anlage 4:	Lageplan Messstellen	1: 2 000
Anlage 5:	Grubenriss mit Angaben zur Verwahrung	1: 1 000
Anlage 6:	Schnitt 1-1'	
Anlage 7:	Schnitt 2-2'	

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Das Grubengebäude Rottleberode wurde gem. Zulassung zum Abschlussbetriebsplan bis November 1995 geflutet. Das aufgehende Grubenwasser wird über den Sauerbreystollen und ein Rohr-/Kanalsystem dem Vorfluter Krummschlacht unaufbereitet zugeführt. Vor Abschluss der Flutung wurde mit Schreiben vom 13.10.1993 ein Antrag auf „Wasserrechtliche Nutzungsgenehmigung“ gestellt.

Die mit Schreiben der GVV mbH vom 28.08.02 vorliegende Anfrage beinhaltet im Wesentlichen folgende Aufgabenstellung:

„Ziel der gutachterlichen Betreuung (vorerst für 3 Jahre) der Wassersituation ist es, eine dauerhafte Grubenwasserbehandlung zu vermeiden durch zielgerichtete Auswertung aller vorhandenen Unterlagen unter Beachtung des positiven Trends der letzten Jahre in Bezug auf Inhaltsstoffe (hier insbesondere Mangan).“

Daraus ergibt sich für die Gutachter-ARGE folgende Aufgabenstellung:

- Kritische Bewertung der HGN-Prognose aus dem Jahr 1991 /10/ auf der Basis der bisherigen Entwicklung und der Ist-Situation
- Prognose zur Entwicklung der Inhaltsstoffe im Grubenwasser Rottleberode

Untersuchungen der Auswirkungen der Grubenwassereinleitung in die Krummschlacht sind nicht Gegenstand der aktuellen Beauftragung.

7777
7777

2 Arbeitskonzept

2.1 Prinzipielle Vorgehensweise

Das grundsätzliche Anliegen der oben genannten Aufgabenstellung besteht in der fundierten Prüfung der Sachverhalte, der Entwicklung von Vorstellungen zu langfristigen Abflussverhältnissen und der Schaffung von Voraussetzungen, die dazu beitragen, eine Entscheidungsfindung zu einer dauerhaften, ökologisch und ökonomisch vertretbaren Grubenwassereinleitung vorzubereiten.

Folgende Schwerpunkte der Bearbeitung wurden heraus gearbeitet:

1. Prüfung der technischen Bedingungen zur Fassung der Grubenwässer, der Abflussverhältnisse und der Qualität sowie der Reduzierung der Grubenwassermenge
2. Prognose der Wassereinleitung nach Beschaffenheit und Menge einschl. Prüfung von Verfahrensalternativen und Vorschlägen für eine geeignete Grubenwasserbehandlung

In einem Zwischenbericht werden die Ergebnisse dokumentiert und Vorschläge für die weiteren Arbeitsschritte unterbreitet.

2.2 Arbeitskonzept

Bestandsaufnahme technische Rahmenbedingungen

Zur Bestandsaufnahme der technischen Rahmenbedingungen zählen

- die Prüfung der technischen Bedingungen zur Fassung der Grubenwässer mit Vorschlägen zur Verbesserung und
- die Prüfung der Abflussbedingungen und der Qualität sowie der Reduzierung der Grubenwassermenge.

Es ist zu vermuten, dass sowohl Sauerbreystollen als auch der Daubstollen, die die ehemalige Grube entwässern, zu großen Teilen verbrochen sind. Die Reduzierung der Grubenwassermengen und die Verbesserung der Qualität (soweit mit vertretbarem Aufwand möglich) und die Schaffung langfristig sicherer Abflussverhältnisse, u. a. zur Vermeidung diffuser Austritte durch mögliche Stauerscheinungen durch den Verbrauch, ist die Zielstellung dieses Aufgabenkomplexes, wobei das Gesamtsystem der Wasserfassung inkl. N-S-Stollen bis zur Einleitung in die Krummschlacht zu betrachten ist.

Nach Prüfung der vorliegenden Bedingungen sind Vorstellungen für entsprechende technische Maßnahmen zu unterbreiten.

Prognose der Wassereinleitung nach Beschaffenheit und Menge

Im Rahmen der Kenntnisstandsanalyse erfolgen:

- Sichtung der vorliegenden und der von der BST Mansfeld bereit gestellten Unterlagen, ergänzende Recherchen
- Auswertung der Daten im Hinblick auf die Entwicklung von Menge und Beschaffenheit des Einleitwassers
- Prüfung der Daten und sonstigen Angaben auf Plausibilität, Widerspruchsfreiheit, Belastbarkeit
- Analyse des Kenntnisstandes in Bezug auf die Aufgabenstellung und ggf. Ableitung von aufgabenrelevanten Kenntnisdefiziten.

Eine gesamtheitliche Auswertung des Datenbestandes zeigt möglicherweise noch Lücken im System der vorhandenen Überwachungseinrichtungen auf. Das System ist hinsichtlich seiner Funktionalität zu überprüfen, ggf. sind Vorschläge zur Optimierung zu unterbreiten.

Für die notwendige gesicherte Prognose der Entwicklung der Grubenwasserbeschaffenheit sind wasserhaushaltliche Berechnungen notwendig, wobei vorliegende Berechnungen einer kritischen Bewertung zu unterziehen sind.

Die Bewertung der Grubenwasserbeschaffenheit erfolgt komplex unter Einbeziehung

- der verschiedenen Austrittsstellen und damit im Zusammenhang zum Grubengebäude
- der Lage des Grubengebäudes und der Vererzung in Bezug zu Flutungsniveau und Sickerwasserexposition
- der Vererzung und damit der Schadstoffquelle mit den dort erfolgenden Mobilisationsprozessen
- der Zusammensetzung des Wasserkörpers in der Grube (am Auslauf)
- der unbeeinflussten Wasserbeschaffenheit im Grund- und Oberflächenwasser (natürlicher Background)
- der Abhängigkeit von der hydrologischen Situation sowie
- der Prüfung der Eingriffsmöglichkeiten.

Dazu gehört eine kritische Auseinandersetzung mit vorliegenden prognostischen Einschätzungen (s. o.) im Vergleich mit den vorliegenden Messreihen.

Zum besseren Verständnis der zu diskutierenden Beschaffenheiten der unterschiedlichen Wässer erfolgt eine erste Bewertung der Zusammensetzung der evtl. anfallenden Sickerwassermengen aus der Spülhalde. Eine ausführliche Betrachtung erfolgt im Rahmen der für 2005 geplanten Gefährdungsabschätzung im Themenkomplex „Spülhalde“.

Prüfung von Verfahrensalternativen

Im Sinne der Zielstellung, nachhaltige ökologisch vertretbare und verhältnismäßige Lösungen zu erarbeiten, wird vorgeschlagen, auch Möglichkeiten einer Verringerung insbesondere des Mangangehaltes im einzuleitenden Wasser zu untersuchen. Diese Untersuchungen beinhalten nicht die aufwändigen und langfristig kaum nachhaltigen „traditionellen technischen Aufbereitungsverfahren“, sondern alternative Möglichkeiten.

Falls die Krummschlacht über einen Verlauf von ca. 2 km die Rolle einer „Aufbereitungsanlage“ übernehmen kann, besteht ein gedanklicher Ansatz in der Prüfung der dazu erforderlichen Bedingungen, um sie außerhalb des natürlichen Gewässers zielgerichtet einzusetzen.

Untersuchungen der Krummschlacht sind nicht Gegenstand des beauftragten Aufgabenkomplexes.

natural
alternativ

3 Bestandsaufnahme

3.1 Datenbasis

Für die Bearbeitung standen neben den Hydrogeologischen Gutachten aus den Jahren 1985 und 1991 im Wesentlichen die verschiedenen Betriebspläne (Abschlussbetriebsplan, Sonderbetriebspläne) zur Verfügung. Diese sind im Quellenverzeichnis (Kap. 8) aufgeführt.

Wie aus den Quellenverweisen in den einzelnen Dokumenten zu ersehen ist, sind die verfügbaren Unterlagen nicht vollständig. Durch die unten aufgeführten Aktivitäten wurde versucht, die möglicherweise fehlenden Detailinformationen auszugleichen.

Die vorliegenden Unterlagen werden ergänzt durch Einzeldokumente wie Ergebnisse von Wasseranalysen, Schriftverkehr insbesondere zur Thematik „Einleitgenehmigung“, rissliche Unterlagen aus dem Bestand der BST Mansfeld usw.

Die Ergebnisse der seit 2001 im Rahmen des beauftragten Monitorings durchgeführten Messungen und Beprobungen wurden durch die BST Mansfeld ebenfalls zur Verfügung gestellt (letzte erfasste Beprobung – September 2004) und bilden eine wesentliche Grundlage für die Prognose der Beschaffenheit des Grubenwassers.

Im Zeitraum der Bearbeitung wurden im Rahmen von Untersuchungen der Spülhalde durch die ARGE DMT/HGN umfangreiche Aufschlussarbeiten durchgeführt. Die daraus für die Grubenwasserproblematik relevanten Sachverhalte werden in den vorliegenden Bericht eingearbeitet.

Es wurden umfangreiche Aktivitäten zum tieferen Verständnis der Bedingungen zu Produktionszeiten, über die durchgeführten Verwahrungsarbeiten sowie für eine möglichst exakte Beschreibung unternommen. Dazu zählen intensive Gespräche mit ehemaligen Mitarbeitern des Flussspatbetriebes (u.a. Herr Heinrich, Herr Nixdorf) sowie Geländebegehungen.

Um die Frage nach den Verhältnissen im oberen Teil des Hauptschachtes zu beantworten, wurde eine teufenabhängige Beprobung mit Analyse der relevanten Inhaltsstoffe durchgeführt.

3.2 Bestandsaufnahme der technischen Rahmenbedingungen

3.2.1 Historischer Abriss

Aus /1/ ist zu entnehmen:

Der Betrieb Rottleberode ist aus mindestens 4 alten Grubenfeldern am ~~Ausstrich~~ *Ausbiss* zusammengewachsen. Es fand dort ein umfangreicher Eisenerzbergbau statt, über dessen zeitliche Einordnung in den vorliegenden Unterlagen keine Informationen enthalten sind. Dabei wurden die in Limonit umgewandelten ~~Siderit~~ *H Siderit* abgebaut. Zeugen dieses Altbergbaus sind zahlreiche Pingen (Kap. 3.2.2.4).

Der Flussspatbergbau reicht, urkundlich belegt, mindestens bis in das Jahr 1504 zurück. Von 1880 bis 1990 wurde die Grube ununterbrochen betrieben.

Aufgrund des günstigen Reliefs am Ausstrich (Hanglage) wurde die Lagerstätte zunächst durch mehrere Stollen entwässert und bebaut. Seit mindestens 1701 wurde aus dem sogenannten Kunstschacht Gewinnung unterhalb der Talsohle betrieben. In diese Zeit kann auch der Betrieb der Grube „Graf Carl Martin“ eingeordnet werden, deren Schächte aber bereits vor 1900 verbrochen sind.

H biss

1908 teufte man den Hauptschacht bis zur 12. Sohle in 186 m Teufe und erschloss darüber das Ostfeld bis 800 m. 1928 wurde im Ostfeld der Stapelschacht als Blindschacht von der 2. Stollensohle bis zur 11. Sohle, 1963 bis zur 12. Sohle abgeteuft.

Mit einem Gesenk von der 12. zur 16. Sohle wurde der Teufenaufschluss am Hauptschacht erweitert und zwischen 1964 bis 1966 eine Teufenerkundung bis zur 24. Sohle (485 m Teufe) betrieben. Nach Durchbruch der Feste erreichte der Hauptschacht eine Teufe von 505 m (Rasensohle 285 m NN, Schachtsohle -220 m NN). Eine feldwärtige Erkundung, allerdings mit negativem Ergebnis, wurde nur noch auf der 20. Sohle (385 m Teufe) durchgeführt, bis zur 24. Sohle ist das Feld unverritzt.

SDY

1

Eine Westerkundung war auf dem Flussschächter Gang nicht gewinnbringend. Es wurde sich auf eine Osterkundung konzentriert und insbesondere die 12. Sohle und die 1. Stollensohle großflächig durch lange Querschläge erkundet. 1700 m östlich vom Hauptschacht erfolgte von 1965 bis 1968 durch den 44° streichenden sog. Querschlag Rottleberode die Untersuchung des Flussschächter Schersystems auf einer Länge von ca. 3200 m (N-S-Stollen).

Seit 1976 musste aus Mangel an Vorräten fluoritführender Versatz (sog. „Altbergbau“) neben anstehendem Fluorit gewonnen werden. Ab 1981 ist in Rottleberode dann nur noch „Altbergbau“ gefördert worden, da die Vorräte aus anstehendem Fluorit nicht mehr gewinnbar waren./1/.

„Altbergbau“

am Rott.
offen!

Im August 1990 wurde der Abbau aus ökonomischen Gründen eingestellt.

Es bestand im Hauptschacht eine Wasserhaltung auf der 20., der 16. und der 12. Sohle. /1/. Sie wurde im Zusammenhang mit der Verwahrung des Förderschachtes in Etappen stillgelegt.

Die Flutung begann mit den ersten Rückverfüllungsmaßnahmen im Hauptschacht 1993. Sie erfolgte in Etappen entsprechend der Rückverfüllung des Hauptschachtes und der Raubung der jeweiligen Wasserhaltungen in den o. g. Sohlen und wurde am 09.11.1995 durch den ersten Überlauf des aufgehenden Grundwassers aus dem Sauerbreystollen abgeschlossen.

Verfüllung

Nach Abschluss der Abrissarbeiten der obertägigen Anlagen dominiert heute die Spülhalde das ehemalige Betriebsgelände (siehe gesonderte Untersuchungen der ARGE DMT/HGN).

??

Die durchgeführten Verwahrungsarbeiten und der daraus abgeleitete Ist-Zustand des Grubengebäudes, insbesondere aber das vorhandene Wasserableitungssystem werden im Folgenden detailliert beschrieben.

3.2.2 Zustand der Grube, der Tagesöffnungen und der Übertagebereiche

3.2.2.1 Vorbemerkungen

Die Wasserhaltung wurde in mit dem Fortgang der Verwahrungsarbeiten abgestimmten Etappen betrieben bzw. stillgelegt. Es galt der Grundsatz, dass alle Wässer möglichst auf dem Niveau gefasst und nach Übertage geleitet werden, auf dem sie auftreten. Während der Flutung (1991) wurden aus dem Pumpensumpf der 12. Sohle sowie aus dem N-S-Stollen Wasserproben entnommen. Eine Bewertung erfolgt in Kapitel 3.4.4.

Die in der Anlage 6 dargestellten Sachverhalte dokumentieren im Wesentlichen den vorhandenen Wissensstand auf der Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen. Eine zusammenfassende Darstellung in Form einer Abschlussdokumentation zum Abschlussbetriebsplan liegt nicht vor. Nach Aussagen der BST Mansfeld erfolgen aber kontinuierliche Berichterstattungen zum Stand der Realisierung des Abschlussbetriebsplanes an das LABG.

Mit der Einstellung der Gewinnung von Flussspat in den Betriebsabteilungen Straßberg und Rottleberode wurde auch die Aufbereitungsanlage stillgelegt. Der Abbruch dieser Anlagen sowie der weiteren übertägigen Anlagen ist erfolgt. *in Oktober 1991*

3.2.2.2 Vertikale Grubenbaue

Die Schächte der Grube Graf Carl Martin (siehe auch Anlage 6) sind bereits vor 1900 verbrochen. Von den vertikalen Grubenbauen des neuzeitlichen Bergbaus sind zu nennen:

- Hauptschacht (siehe unten)
- Stapelschacht/Kabelschacht (siehe unten)
- Zentrales Wetterüberhauen 1601

Das Wetterüberhauen 1601 ist bis Stollenniveau (Rampe) verbrochen. Im Niveau der Rampe wurde es mit einer Betonplombe verschlossen, oberhalb wurde mit unklassierter Berge verfüllt. *nicht oder teilweise*

- Alter Wetterschacht (1897)
Dieser Schacht ist verbrochen.
- Waldhausüberhauen 0103
Es erfolgte eine vollständige Verfüllung.
- Kunstschacht
Der Kunstschacht ist verbrochen; im Niveau der Stollensohle wurde eine Plombe gesetzt, darüber ist der Kunstschacht verfüllt.

Stapelschacht

Für die Verwahrung des Stapelschachtes liegt ein Teilbetriebsplan von 1991 /2/ vor. In einem geotechnischen Gutachten wurde die Teilverfüllung konzipiert /3/.

Der Stapelschacht in der Mitte der Flussschächter Scherzone mit dem 2. Südlichen Trum im Süden, dem 1. Südlichen Trum, dem Backöfner Trum, dem Diagonaltrum sowie dem Flussschächter Nordtrum im Norden war ein Blindschacht mit einer Teufe von 222,83 m. Er hat über einen alten Abbau und einen Kabelschacht Verbindung zur im Wald befindlichen Tagesoberfläche.

Der Stapelschacht diente bis 1985 als Förderschacht sowohl von der 9. Sohle als auch von der 12. Sohle. Er hatte weiterhin wettertechnische Bedeutung und hatte eine Funktion im Wasserableitungssystem der Grube.

Der Stapelschacht wurde im Niveau 2. Stollensohle durch eine Betonplombe verschlossen. Für die Verfüllung des alten tagesnahen Abbaus wurde übertage der Zugang zum Kabelschacht hergestellt und der Kabelschacht bis zum Abbauniveau ausgebaut. Der Abschnitt oberhalb der 2. Sohle einschl. dem alten Abbau wurde mit Magerbeton verfüllt. Oberhalb des Magerbetons wurde der Kabelschacht mit Spülversatz verfüllt.

Hauptschacht Rottleberode

Der Hauptschacht besaß eine Gesamtteufe von 504 m. Er war kreisrund aufgefahren und aufgrund von Standsicherheitsproblemen durchgehend mit einer Ziegelmauerung umgeben. Der Durchmesser bis zur 12. Sohle (186 m Teufe) beträgt 3,5 m, über die weiteren 318 m bis zur 24. Sohle betrug der Durchmesser 4,5 m.

Der Hauptschacht besaß folgende Sohlenabgänge: 9., 10., 11., 12., 14., 15., 16., 18., 20., 22. und 24., wobei die Auffahrungen im jeweiligen Sohlenniveau vom einfachen Füllortanschluss (22. und 24. Sohle) zu umfangreichen Sohlenauffahrungen bis zu den Abbauen reichen. Der Sohlenabstand liegt bei ca. 30 m.

Im Schachtröhrenbereich steht Tonschiefer an, in dem flachlinsige Grauwacken, Kalke und, seltener, Diabase eingelagert sind. Das Gebirge ist durch eine nach SSW fallende Scherzone mit mindestens 5 Scherflächen tektonisch gestört.

Für die Verwahrung wurde ein geotechnisches Gutachten erarbeitet /4/ und in einem Teilbetriebsplan /5/ die Verwahrung geregelt.

Die Verfüllung erfolgte unterhalb der 20. Stollensohle mit Sand/Kies. Bis 25 m oberhalb der 9. Sohle wurde mit Schotter verfüllt. Ab 75 m bis übertage erfolgte das Einbringen von Halddenmaterial. An den Füllorten erfolgten keine Absperrungen, da der Schotter eine standsichere Säule bildet /5/. Die Verfüllung ist in Abbildung 1 dargestellt.

↑ das wäre neu

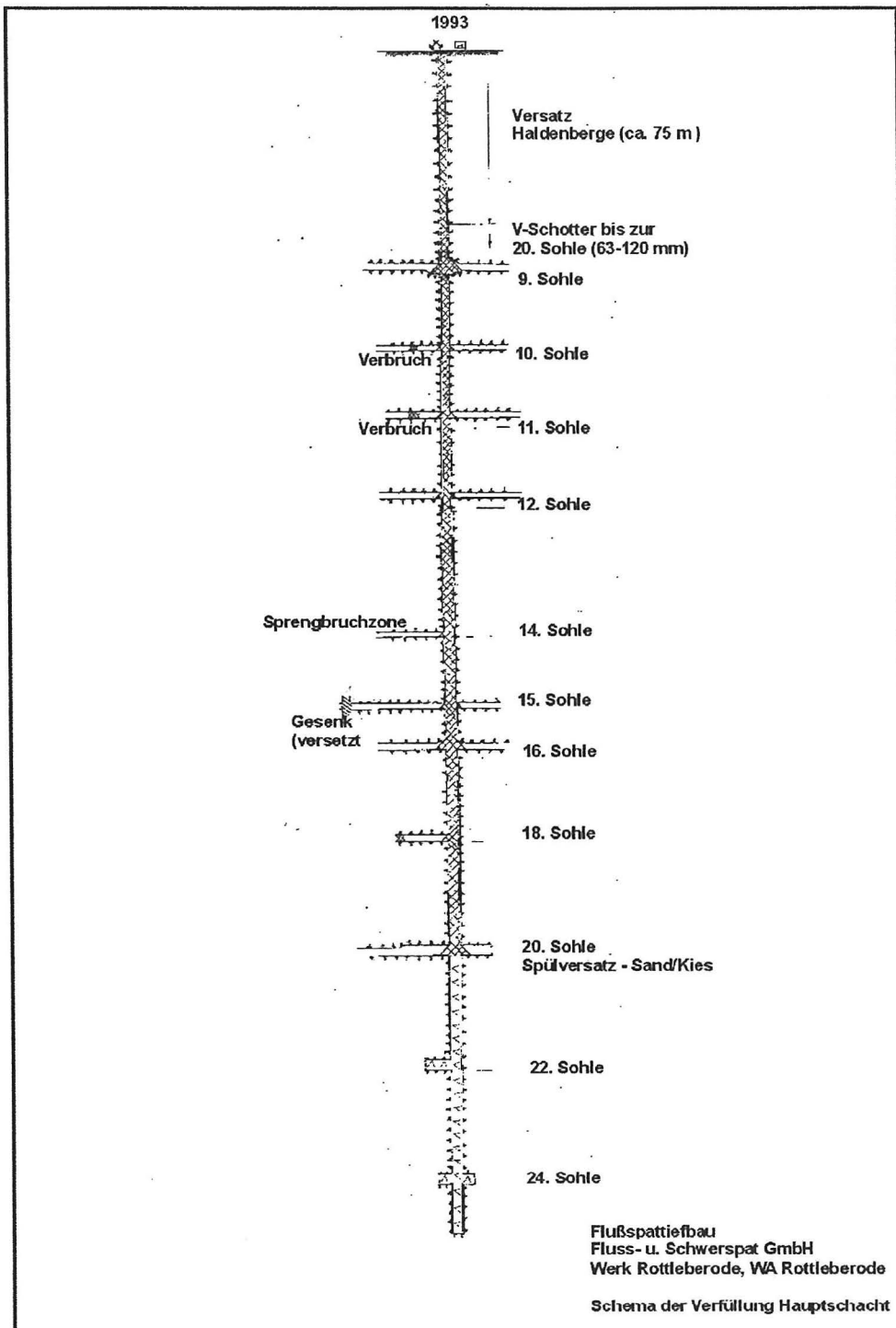


Abbildung 1: Verfüllung Hauptschacht aus /5/

In den im oberen Abschnitt mit Haldenberge verfüllten Hauptschacht wurde ein ca. 21 m langes Grundwasserbeobachtungsrohr mit einem Filterausbau zwischen 13 bis 21 m u. Gel. eingebaut. Außerdem ist im Hauptschacht ca. 1,2 m unter Rasensohle ein Überlaufrohr DN 150 eingebaut (ca. 283,5 m NN), aus dem bei hohem Wasserandrang (niederschlagsreiche Perioden) Grubenwasser in das Entwässerungssystem ablaufen kann. Dieses System ist

in Abbildung 2 dargestellt. Zur Orientierung ist auch das Niveau des Sauerbreystollens eingezeichnet. Die Nummern 1-4 kennzeichnen die Niveaus der in Kapitel 3.4.4.4 beschriebenen Beprobung.

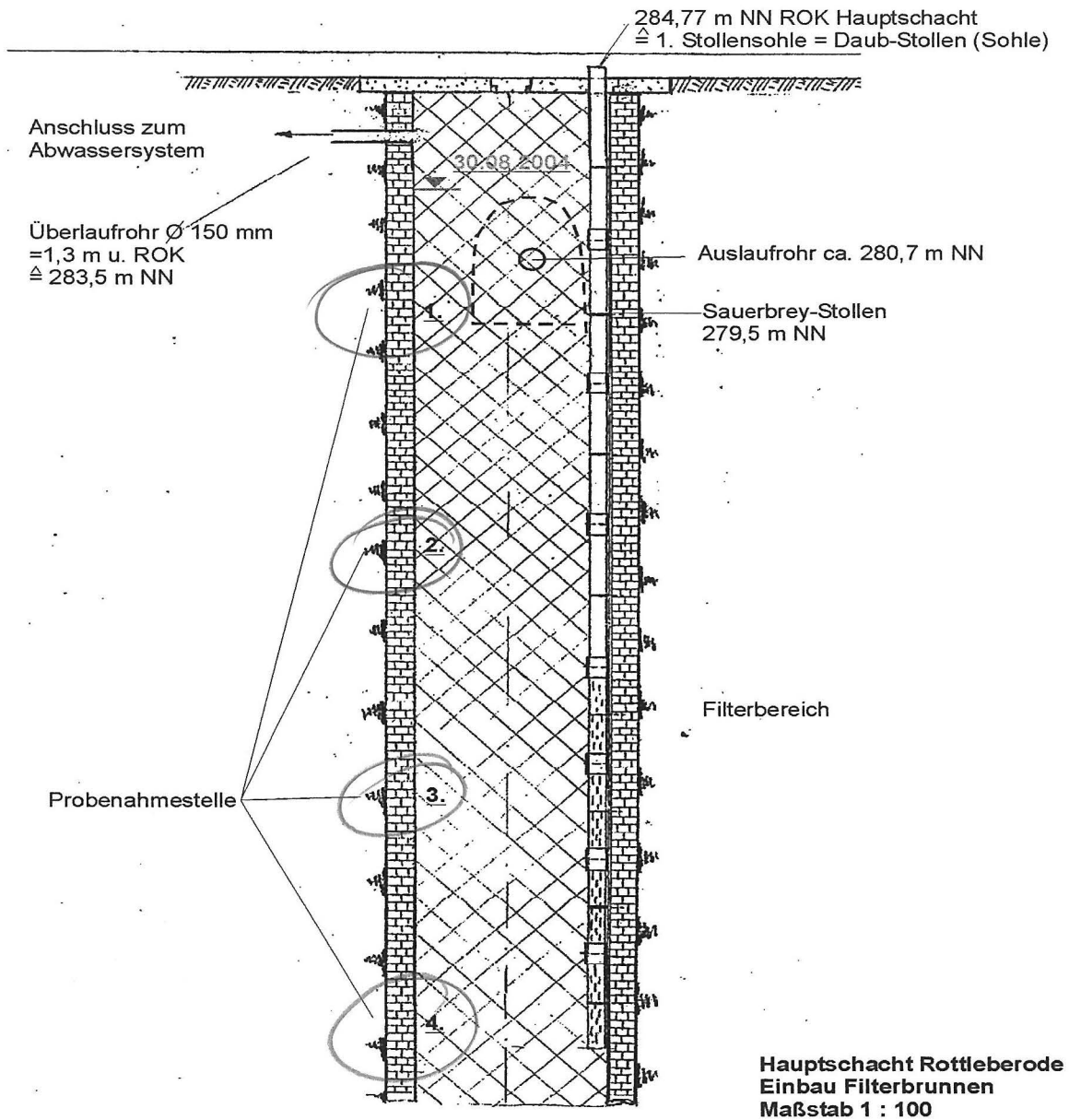


Abbildung 2: Hauptschacht Rottleberode – oberer Teil

3.2.2.3 Horizontale Grubenbaue

Von den horizontalen Grubenbauen sind von Bedeutung:

- 1. Stollensohle mit Daubstollen – siehe unten
- Sauerbreystollen (alte 1. Stollensohle) – siehe unten
- Nord-Süd-Stollen – siehe unten
- Bergestollen
Verfüllung in bruchgefährdeten Bereichen + Mauerdamm
- Rampe
Verfüllung in bruchgefährdeten Bereichen + Mauerdamm

Sauerbreystollen

Dem Sonderbetriebsplan zur Verwahrung des Sauerbreystollens /6/ kann entnommen werden:

Der Sauerbreystollen ist eine bergbauliche Anlage aus dem 19. Jahrhundert und wurde vom Fluss- und Schwerspatbetrieb nur zu Einlagerungszwecken genutzt (im Stollenmundlochbereich). Der Stollen ist im Mundlochbereich auf einer Länge von 38 m gemauert und hatte einen lichten Querschnitt von 1,30 x 2,10 m. Nach dem gemauerten Abschnitt stand der Stollen auf einer Länge von ca. 16 m ohne jeglichen Ausbau. Danach war der Stollen verbrochen. Aus alten Unterlagen ist zu entnehmen, dass der Sauerbreystollen Verbindung zum Kunstschaft und damit direkte Verbindung zum Grubensystem des neuzeitlichen Bergbaues hat. Aufgrund seiner Lage im Flussschächter Gangzug bestehen außerdem hydraulische Verbindungen zum gesamten Störungssystem. Das System der Verbindungen wurde in Anlage 5 gekennzeichnet, dem Schnitt 1-1' kann die Lage im Grubengebäude entnommen werden.

Der Sauerbreystollen (ca. 279,5 m NN) ist entsprechend Sonderbetriebsplan verwahrt worden. In 1,2 m Höhe über der Sohle wurde eine Rohrleitung mit Ablaufrohr Ø 150 mm bis zum Verbruch eingebaut. Der Stollen wurde mit Pumpbeton auf der gesamten zugänglichen Länge (54 m) vom Mundloch bis zur Firste verfüllt. Der Beton im Sauerbreystollen endet am ehemaligen Stollenmundloch. Das Stollenmundloch wurde mit Erdreich angeböschet und ist derzeit bewachsen.

Bei ca. 2,0 m Überstau (Wasserstand 282 m NN) fing ab 9.10.1995 das System an zu wirken und das Grubensystem des Hauptschachtes Rottleberode entwässert über den Sauerbreystollen in die Krummschlacht /6/.

Daubstollen

Der Daubstollen, etwa auf dem Niveau der 1. Stollensohle (Förderstrecke) des neuzeitlichen Bergbaus gelegen (ca. 285 m NN) wurde lt. Anlage 5 im Bereich des Stapelschachtes versetzt.

Er befindet sich ca. 5 m höher als der Sauerbreystollen und entwässert nur bei hohen Wasserständen sporadisch.

heiß!
Grubensystem entwässert über Daubstollen → komplett lastschach
Sauerbreystollen

falsch!

Nord-Süd-Stollen

Der Nord-Süd-Stollen wurde in den 1960er Jahren für die Osterkundung des Flussschwächer Gangzuges aufgefahen. Er hat eine Länge von 3238 m und ist heute, von Süden betrachtet, im Abschnitt zwischen 1200 m und 2070 m an mehreren Stellen verbrochen. 228

Zu Produktionszeiten mit aktiver Grubenwasserförderung war der Stollen über die „Spinne“ mit dem eigentlichen Grubenbereich verbunden. Dabei fungierte der Bereich der Spinne als Wasserscheide, d. h. die nördlich zusitzenden Wässer wurden über die Verbindung zur 1. Stollensohle dem aktiven Entwässerungssystem zugeführt. Ab der Spinne in südliche Richtung entwässerte der N-S-Stollen weit unterhalb der Grube in die Krummschlacht.

Durch die Abmauerungen im westlichen Teil der Spinne (siehe Risswerk der BST Mansfeld) ist die Entwässerung in die Grube unterbrochen. Der Stollen entwässert vollständig stromunterhalb der Grube in die Krummschlacht – ca. 250 l/min /10/.

Bedingt durch den Wiederanstieg des Grundwassers nach Einstellung der Wasserhaltung und die damit verbundene deutliche Verkleinerung des unterirdischen Einzugsgebietes befindet sich der N-S-Stollen außerhalb des aktuellen Einflussbereiches der Grube Rottleberode.

3.2.2.4 Pingengebiet

Östlich des Betriebsgeländes schließt sich ein umfangreiches Pingengebiet an, welches infolge des langjährigen Bergbaumanges entstanden ist. Die Lage des Pingengebietes kann der Anlage 2 entnommen werden.

Das gesamte Pingengebiet befindet sich im Eigentum der Waldgenossenschaft Siebenge-meindewald und wird forstwirtschaftlich genutzt. Auch künftig ist eine ausschließlich forstwirtschaftliche Nutzung vorgesehen.

Pingen aus dem Altbergbau sind zum großen Teil zwar erkennbar, zeigen aber keine Bewegungserscheinungen mehr und sind in den Waldbestand integriert. Sofern alte Pingen mit dem Neuzeitbergbau in Berührung gekommen sind, gibt es auch in diesen noch Bewegungserscheinungen. (wieso auch?)

Den größten Umfang von Bewegungen gibt es im Pingengebiet, welches mit dem in den Jahren 1976 bis 1988 durchgeführten Scheibenbruchbau in Verbindung steht. Mit dem Übergang zum Abbau „Scheibenbau mit härtendem Versatz“ im Jahr 1989 sind die Brüche in diesem Bereich vollständig zurückgegangen und die Bewegungen klingen immer mehr ab /1/.



Abbildung 3: Blick auf Pingen aus dem Altbergbau (Eisenerz)

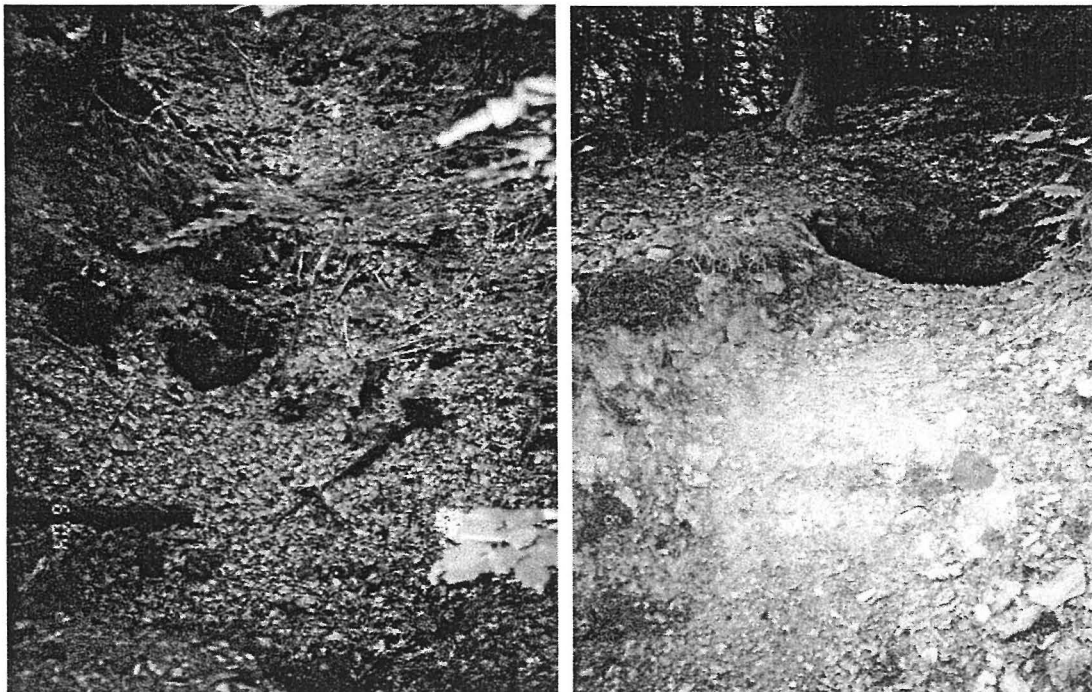


Abbildung 4: Pingengebiet mit aktuellen Brüchen (Juni 2004)

Die Verwahrung der Pingen bestand in der Beseitigung von Steilböschungen und dem Verkippen von Absenkungen mit Materialien aus der Wiederurbarmachung der Industriellen Absatzanlage.

In einem Sonderbetriebsplan /7/ wurden Verwahrungsarbeiten für das Pingengebiet südlich der ehem. Abbaue 4/1 und 4/2 geregelt. Nachdem zunächst Abböschungssprengungen über Tage an Steilböschungen der Bruchbaupingen durchgeführt worden waren, wurde in einer vorliegenden „Geomechanischen Einschätzung der Wirkungen des oberflächennahen Abbaus in der Grube Rottleberode“ vom Oktober 1991 (zitiert in /7/) festgestellt, dass mit den Sprengarbeiten eine endgültige Sanierung noch nicht erreicht werden konnte. Die Bruchgebiete der Abbaue 4/1 bis 4/3 wurden mit Haldenmaterial verfüllt und mit Raupen so geschoben, dass eine geschlossene Fläche entstand. Nach Abschluss der Arbeiten wurde das Gelände zur Nutzung als Wald übergeben. Es befindet sich weiter im Rahmen der Nachsorge unter Beobachtung/Kontrolle der BST Mansfeld.

3.3 System der Grubenwasserableitung

In /13/ ist das Schema der Wasserhaltung, als die Grube bereits bis zur 20. Sohle geflutet war, dargestellt. Es ist zu entnehmen, dass über das komplizierte System der Schächte, Stollen, Querschläge usw. das gesammelte Wasser dem Hauptschacht zugeführt und abgeleitet wurde.

Nach Abschluss der Flutung setzt sich das Grubenwasser, das in die Krummschlacht eingeleitet wird, aus folgenden Wasserströmen zusammen:

- Sauerbreystollen
- Daubstollen/Hauptschacht (zeitweise)
- Hangwasser (Altbergbaustollen).

Die Hauptmenge der Grubenwässer kommt aus dem Sauerbreystollen und wird in einer Drainage gefasst und über Rohrleitungen über das Thompsonüberfallwehr einem Absetzschacht (KS 5) zugeleitet (Abbildung 5).

Außerdem erfolgt ein weitgehend kontinuierlicher Zufluss durch die Hangentwässerung in den Hanggraben, der ebenfalls in den Absetzschacht einleitet. In den Hanggraben erfolgt weiterhin die Einleitung des nur temporär entwässernden Daubstollens bzw. von Grubenwasser aus dem Überlaufrohr im Hauptschacht.

Aus dem Absetzschacht wird das gesamte Grubenwasser in die Krummschlacht eingeleitet. Die nachstehende Abbildung 5 verdeutlicht das System der Wasserableitung. Außerdem entwässert unterhalb der Einleitstelle der Grubenwässer sporadisch der Bach aus dem Langen Tal, der verrohrt über das südliche Betriebsgelände geleitet wird, in die Krummschlacht.

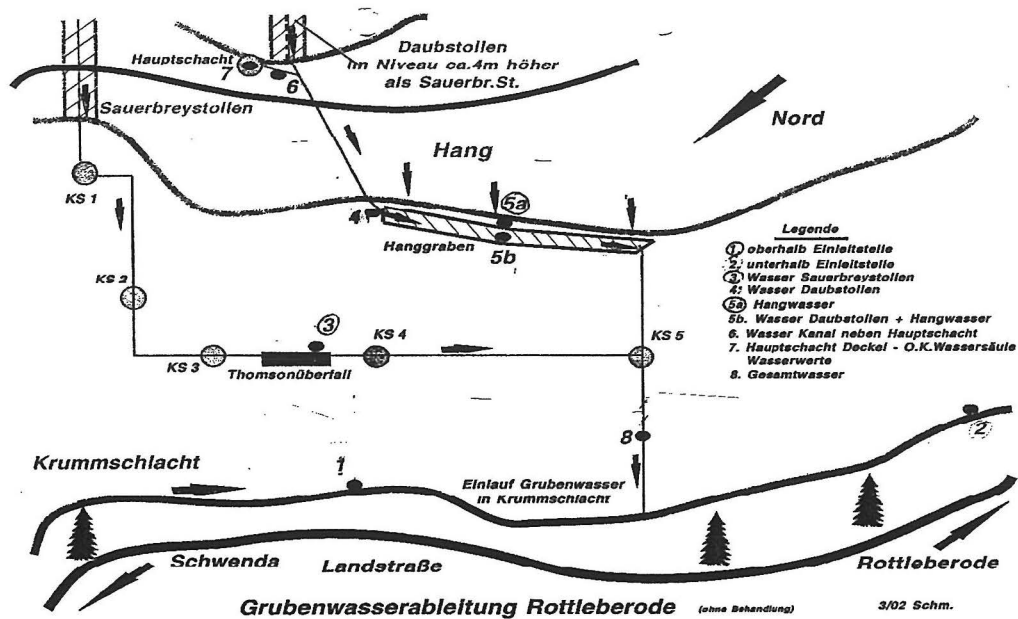


Abbildung 5: Grubenwasserableitung Rottleberode (Quelle: GVV-Unterlagen)

Die konkrete Lage der einzelnen Bestandteile des Systems kann der Anlage 3 entnommen werden. In Abbildung 6 ist ein Teil des Ableitungssystems – der Hanggraben mit Einlauf Daubstollen und Überfallwehr am Ende der Rinne – dargestellt.

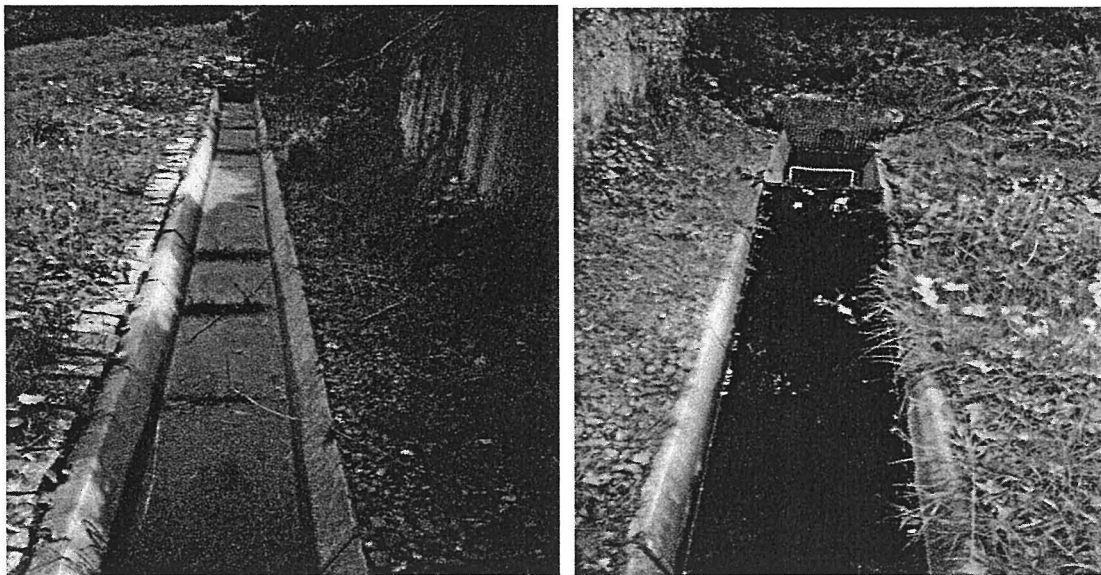


Abbildung 6: Hanggraben

Am Standort wird sowohl für die Grubenwassereinleitung als auch die Spülhalde ein Monitoring durchgeführt. Das System ist in der Anlage 4 lagemäßig dargestellt. Über Art und Häufigkeit der Probenahmen gibt die nachstehende Tabelle Auskunft.

Tabelle 1: Bestehendes Monitoringsystem – Standort Rottleberode

Bezeichnung	Nr. nach Abbildung 5	Nr. nach Anl. 4	Beprobung	Parameter	Mengen- messung
Krummschlacht oberhalb Betriebsgrundstück (gleiche Probenahmestelle wie Nr. 1 lt. Schema)		WP 1	monatlich	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	
Krummschlacht oberhalb Einleitung	1		wöchentlich	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	
Krummschlacht unterhalb Einleitung	2		wöchentlich	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	
Krummschlacht unterhalb Betriebsgrundstück		WP 3	monatlich	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	
Saubreystollen	3		wöchentlich	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	x
Daubstollen Rohrauslauf	4		wöchentlich, wenn Wasser vorhanden	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	
Hangwasser (Rinne) ohne Daubstollen	5a		wöchentlich	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	x
Daubstollen und Hangwasser (Rinne)	5b		wöchentlich, wenn Wasser vorhanden	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	x
Daubstollen am Mundloch (neben Hauptschacht)	6		wöchentlich, wenn Wasser vorhanden	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	
Hauptschacht	7		wöchentlich		Wasser- stand
Einleitung Krummschlacht	8		wöchentlich	pH, Fe _{ges.} , Fe _{gel.} , Mn, Lf	x
Rammfilterpegel		PWP 4	monatlich	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	
Rammfilterpegel „Pegel“ nahe der Schranke am Betriebseingang		PWP 5	monatlich	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	
Rammfilterpegel		PWP 6	monatlich	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	
Sickerwassermesssstelle auf Halde		SWP 7	monatlich, wenn Wasser vorhanden	pH, Lf, TOC, KW, HCO ₃ , F, Cl, SO ₄ , NO ₃ , P, NH ₄ , Na, K, Mg, Ca, Si, As, Cu, Zn, Cd, Mn, Fe	

mit redox; temp.

Eine detaillierte Darstellung und Bewertung der Messungen und Beprobungen sowie Vorschläge für ein optimiertes Monitoringprogramm erfolgen in Kapitel 7.1.

3.4 Bestandsaufnahme der natürlichen Rahmenbedingungen

3.4.1 Hydrologische Verhältnisse

Vorfluter des Untersuchungsgebietes ist die Krummschlacht, ein naturnahes Harzgewässer. Folgende hydrologische Angaben liegen für die Krummschlacht unterhalb des ehemaligen Flussspatbetriebes Rottleberode vor /8/:

NNQ	0,010 m³/s
MNQ	0,021 m³/s
MQ	0,165 m³/s
HQ ₂	2,0 m³/s
HQ ₅	4,3 m³/s
HQ ₁₀	6,2 m³/s

Während der Abbauperiode der Grube Rottleberode und der damit verbundenen Grundwasserabsenkung wurde vermutet, dass ca. 5 l/s (= 300 l/min) aus dem Krummschlachtbach durch Versinkung den Grubenbauen zusickern. Im Hydrogeologischen Gutachten von 1991 /10/ wurde dies jedoch nicht bestätigt.

Während der Betriebsperiode des Bergwerkes Rottleberode wurden ca. 550 – 770 l/min Grubenwasser gehoben und in die Krummschlacht eingeleitet.

Nach der Flutung des Grubengebäudes werden seit 1995 ca. 100 bis 2000 l/min, durchschnittlich 315 l/min, der Krummschlacht zugeführt.

Das Abflussverhalten der Krummschlacht wird durch Versickerungen beim Eintritt in den Zechsteinausstrich (unterhalb Pulvermühle) beeinflusst. Der Unterlauf fällt in Niedrigwasserperioden völlig trocken.

Unmittelbar südlich der Einleitstelle für die Grubenwässer mündet ein Bach aus dem Langen Tal in die Krummschlacht. Der Bach kreuzt den Flussschächter Gangzug mit den aus dem Abbau resultierenden Stollensystemen, wobei er das stromoberhalb gesammelte Wasser in der Störungszone an den Untergrund abgibt. Somit wirkt das Lange Tal als Oberflächenwassersammler mit einer hohen Sickerwirkung durch die Altbergbaubereiche in die offenen Grubenbaue. Auch die mit zeitlicher Verzögerung nach einer Feuchtperiode stärker aktivierten Quellschüttungen in den Seitentälern des Langen Tales führten zu erhöhten Wasserzuführungen in der Grube.

Stromunterhalb der Störungszone bis zum Eintritt in das Krummschlachtal bleibt der Bach bis auf kurzzeitige oberirdische Zuläufe bei Starkregenereignissen und Schneeschmelze ständig trocken. Der Bach wird unterirdisch verrohrt auf einer Länge von ca. 190 m durch das Betriebsgelände geleitet.

3.4.2 Geologisch/hydrogeologische Verhältnisse

3.4.2.1 Tektonische Bedingungen

Die Gänge der Fluoritlagerstätte Rottleberode stehen in einer mächtigen, durch synsedimentäre subaquatische Gleitungen primär gestörten Tonschiefer-Grauwacken-Folge, in die helle und dunkle Kieseliefer, sandige Flinzkalke sowie Diabase und zugehörige tuffogene Gesteine eingelagert sind /9/. Für die gesamte Folge kann oberdevones bis unterkarbones Alter angenommen werden. Die Tonschiefer-Grauwacke-Folge ist Hauptbestandteil der Harzgeröder Schuppenzone der Unterharz-Einheit.

Die durch die ehem. Schachanlage „Flussschacht“ des VEB Fluß- und Schwerspatbetrieb, Werk Rottleberode erschlossenen Gänge der Fluoritlagerstätte Rottleberode befinden sich im Bereich einer ESE-WNW streichender Bruchstörungen, die als Flussschachtstörung bezeichnet wird.

Im Bereich der Grubenbaue Rottleberode beträgt die Gesamtbreite des Flussschächter Gangsystems, in dem der Abbau umgegangen ist, bis zu 120 m.

≥ 600 m

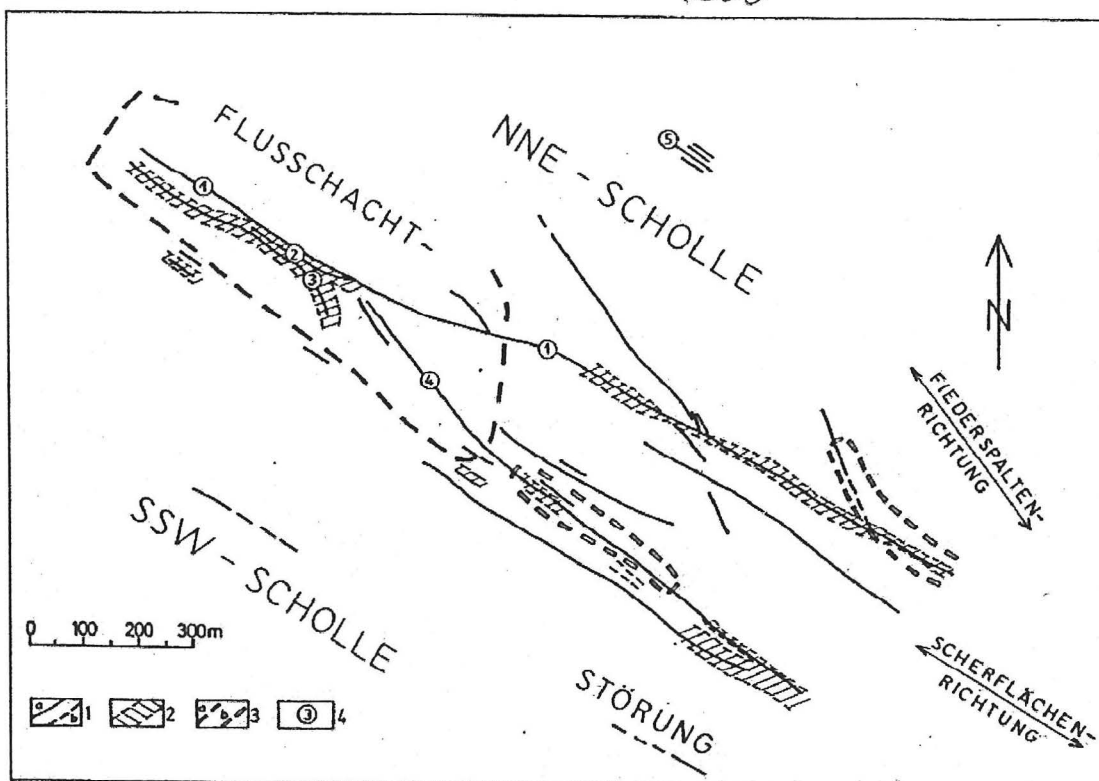


Abbildung 7: Tektonische Übersichtskarte der Fluoritlagerstätte Rottleberode im Niveau der Stollensohle /9/

1a: nachgewiesene Gänge; 1b: vermutete Gänge; 2: Bleichungszone; 3a: Bereiche intensiver Fluoritmineralisation im Niveau der Stollensohle; 3b: Bereich schwächerer Fluoritmineralisation im Niveau der Stollensohle; 4: wichtige Gänge: „Nördliches (Neben-)Trum“, „Mittleres Trum“ = Flussschächter Nordtrum, „Südliches Trum“, Backöfner Gang, Elemente des Silberbach-Louiser Gangs
Der Gangverlauf wurde z. T. von tieferen Sohlen auf das Niveau der Stollensohle projiziert.

Begrenzt werden diese mineralisierten Störungen durch Rahmenstörungen, die nicht mineralisiert sind und als abschiebende Verwerfer wirken (SW-Einfallen).

Nördlich des Flussschächter Gangsystems folgen der Louiser Gang (ca. 400 m) und der Gang am Kulmer Berg (ca. 1200 m). Beide sind mit Baryt und etwas Fluorit mineralisiert und wurden auf kurzen Abschnitten bebaut.

Südlich des Flussschächter Gangsystems folgen der sogenannte Gang am Roten Weg (ca. 600 m) und der Alfredshütter Gang (ca. 1000 m), die beide verruscht und nicht mineralisiert sind. /10/

Die Hauptstörungen sind in der Anlage 1 dargestellt.

3.4.2.2 Mineralisation

Auf dem Flussschächter Schersystem ist eine mehraktige Mineralisation abgesetzt. Die Störung ist über die gesamte streichende Länge mit Quarz, Fluorit, Baryt, Kalzit und Siderit in ausgeprägt zonaler und lateraler Verteilung mineralisiert.

Tabelle 2 zeigt das 1967 von BÜCHNER & FRANZKE /9/ für die Lagerstätte Rottleberode aufgestellte Schema der Mineralisationsabfolge. Wie auch spätere Untersuchungen zeigen, z.B. FRANZKE & ZERJADTKE, 1999 /11/, ist nur die Abfolge I mit einer vom Granit des Rambergs ausgehenden Mineralisation in Verbindung zu bringen. Die Abfolgen II und III sind, auch nach Beobachtungen in der Lagerstätte, deutlich jünger und von der Abfolge I durch markante Bewegungsphasen getrennt. Das Alter wird nach geochemischen und regional-lagerstättengenetischen Aspekten als „saxonisch“, d.h. triassisch bis spätkretazisch, eingestuft /9, 11/. Fin

Tabelle 2: Parageneseschema der Fluoritlagerstätte Rottleberode (n. BÜCHNER & FRANZKE)

Minerale		Abfolgen		
		I	II	III
Quarz	SiO ₂	○		○
Pyrit/Markasit	FeS ₂	○		
Magnetkies (Pyrrhotin)	FeS	+		
Arsenkies (Arsenopyrit)	FeAsS	+		
Zinkblende (Sphalerit)	ZnS		+	
Chalkopyrit (Kupferkies)	CuFeS ₂		○	
Galenit (Bleiglanz)	PbS		+	
Fahlerze (Tetraedrit und Tennantit)	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃ ; Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃		+	

Minerale		Abfolgen	
Ankerit	$\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$	+	+
Siderit (Eisenspat)*	$\text{Fe}(\text{II})\text{CO}_3$	□	○
Fluorit (Flussspat)	CaF_2	□	□
Calcit (Kalkspat)	CaCO_3	□	
Baryt	BaSO_4	□	
Eisenglanz (Hämatit)	Fe_2O_3	+	

○ Mineral verbreitet, ohne lagerstättenkundliche Bedeutung
 + Mineral lokal auftretend, meist sporadisch
 □ wirtschaftlich wichtige und Hauptminerale
 * Siderit hat oft hohe Gehalte an Mn (bis 10 %, Mangan-Siderit); Entstehung unter reduzierenden Bedingungen; Siderit oxidiert an der Erdoberfläche relativ schnell zu Limonit und bildet häufig mächtige „Eiserne Hüte“ aus /12/

Fluorit wird lateral von Baryt (im WNW) und von Siderit (im ESE) abgelöst. In der Tiefe wird Fluorit nach den vorliegenden Aufschlüssen durch Calcit ersetzt.

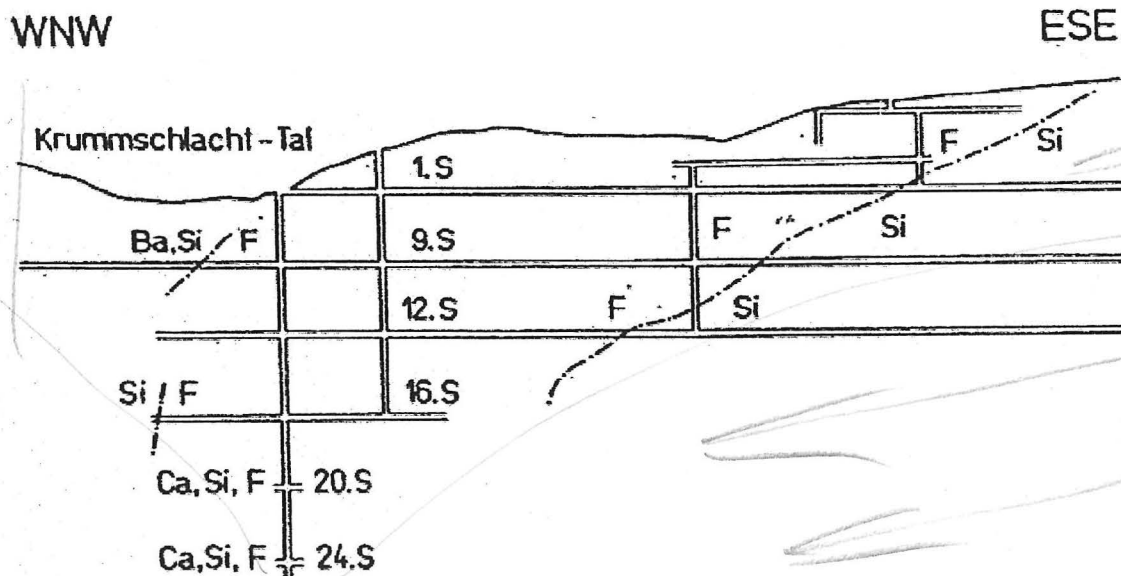


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Mineralisationsverteilung auf der Flussschachtstörung im Bereich der Lagerstätte Rottleberode /9/

F = Fluorit; Ba = Baryt; Si = Siderit; Ca = Calcit

In Abbildung 8 entspricht die 1. Stollensohle (1.S) etwa dem Niveau des Daubstollens. Der Sauerbreystollen, der aus einer früheren Abbauperiode stammt, liegt ca. 5 m tiefer.

Durch den Bergbau erfolgte eine erhebliche Veränderung der hydrologischen Situation. Mit der Schaffung von Grubenbauen (Schächte, Strecken, Überhauen, Abbaue und Wasserhebung) wurde das statische System aufgehoben, d. h. es erfolgt eine ständige Wasserbewe-

↑
stationäre

und hydrogeologisch

gung von Niederschlagswasser in die Grubenbaue. Das Wasser ist sauerstoffreich und löst Oxidationsvorgänge aus.

Dadurch haben insbesondere große Teile des Siderits erhebliche Veränderungen erfahren. Der karbonatische Siderit oxidiert unter Sauerstoffzufuhr zu Eisenhydroxid bzw. Limonit.

Als Verwitterungsmineral kommt Limonit (Goethit, Lepidokrokit) α -FeOOH häufig in Form von formlosen, zelligen und pulverigen Massen (Brauneisenerz) oder in wulstig-kollomorphen Formen (Brauner Glaskopf) vor. Es bildet durch unterschiedlichen Wassergehalt und Beimengungen oft gelbe bis gelbbraune Produkte (sog. Ocker) /12/.

Für den Gangabschnitt oberhalb der 1. Stollensohle wird in /10/ formuliert:

Der Gangabschnitt oberhalb der 1. Stollensohle wird ständig von sauerstoffreichem Oberflächenwasser passiert. Der hier hauptsächlich verbreitete Baryt ist stabil. Sulfide sind in Oberflächennähe ohnehin zerstört (Oxidationszone). Lediglich das in Form von Sideritresten und Limonit verbreitete Eisen wird in Hydroxide überführt und als Eisenocker und Eisenmulm in den Grubenbauen abgesetzt und sicher auch als brauner Absatz an den Wasseraustritten erscheinen. Es muss also mit einem erhöhten Gehalt an ungelöstem Eisen gerechnet werden.

In Oberflächennähe sind im wesentlichen 2 Lagerstätten verbreitet: Eisenspat und Flußspat. Auf Grund der Schwerlöslichkeit des Flußspates (Calciumfluorid) wird der Chemismus der Grundwassers hauptsächlich vom Eisenspat beeinflusst. Hier besitzt die Kohlensäure eine bestimmende Rolle im Verwitterungsprozess der Carbonate. Die Löslichkeit im Wasser wird erreicht mit Kohlendioxid durch Bildung von Eisen (II)-hydrogencarbonat, das weiter unter Abscheidung brauner Eisen (III)-hydroxide oxidiert.

H/B
H/B

Das im Siderit zu 5-8 % enthaltene Mangan wird sich ebenfalls in erhöhten Gehalten im Grundwasser widerspiegeln.

Weitergehende Ausführungen zu diesem Komplex erfolgen im Kapitel 3.4.4.5.

3.4.3 Wasserhaushaltsbilanz/Einzugsgebiet

3.4.3.1 Wasserhaushalt/Abflussbedingungen während des Abbaubetriebes

Der im Untersuchungsgebiet geogen vorhandene hohe tektonische Störungs- und Zerrütungsgrad wurde durch die bergbauliche Tätigkeit (Schaffung von Hohlräumen und Stollensystemen, Erschütterungen infolge Sprengarbeiten) erheblich erhöht, so dass in den natürlichen und künstlichen Kluftsystemen z. T. erhebliche Wassermengen zirkulieren, die in ihrer Größenordnung weit über den unter natürlichen Bedingungen für die paläozoischen Gesteine des Harzes charakteristischen Verhältnissen liegen.

In /13/ werden bezüglich der Grundwasserneubildung folgende Angaben gemacht:

Es wird davon ausgegangen, dass die Grundwasserströmung im Wesentlichen den morphologischen Bedingungen folgt. Das unterirdische Einzugsgebiet während des laufenden Abbaus verbunden mit einer kontinuierlichen Grundwasserförderung und Ableitung betrug

2,2 km².

Grundwasserneubildungsspende



↖ hat sich geändert

Die Grundwasserneubildungsspende wird nach ZIEGLER/GABRIEL für paläozoische Gesteine mit

4,2 l/s*km²

↖ hat nur mit spezieller Situation zu tun!

angegeben. Daraus errechnet sich eine Grundwasserneubildung von

$$2,2 \text{ km}^2 * 4,2 \text{ l/s*km}^2 = 9,24 \text{ l/s} = 554,4 \text{ l/min} = 33,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

9,2 552 33

Während des Abbaus der Lagerstätte und der damit verbundenen weiträumigen Grundwasserabsenkung waren insbesondere die Nordquerschläge in das Einzugsgebiet einbezogen: Wasserbringer mit z. T. starkem Wasserzufluss auf der 2. Stollensohle waren insbesondere Querschläge, die Parallelstrukturen wie den Silberbach-Louiser-Gang und den Gang am Kulmer Berg angefahren hatten. Das Einzugsgebiet bezog demzufolge die Ausstriche dieser Gangzonen z. T. mit ein.

Aus den Südquerschlägen war kaum zusetzendes Wasser zu verzeichnen. Ebenso kam aus dem Westfeld kein zusetzendes Wasser in die Grube.

Zum Versinken des Wassers aus dem Schotterkörper der Krummschlacht in die Grube gibt es keine eindeutigen Aussagen. Das Lange Tal wirkt nach /10/ insbesondere in Feucht-Wetter-Perioden als Oberflächenwassersammler mit einer hohen Sickerwirkung durch die Altbergbaue in die offenen Grubenbaue.

Bezüglich der Grubenwasserförderungen ist /13/ zu entnehmen:

4/83 – 12/83	9,2 l/s =	ca. 552 l/min =	ca. 33 m ³ /h
1984	12,7 l/s =	ca. 762 l/min =	ca. 45 m ³ /h
1985	11,6 l/s =	ca. 696 l/min =	ca. 41 m ³ /h.

Diese Größen zeigen eine gute Übereinstimmung mit der oben ermittelten Größe der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet.

mit SPAL überprüft?

3.4.3.2 Aktuelle Wasserhaushaltsbilanz/Abflussbedingungen

Wasserhaushaltsbilanz

Nach dem Abschluss der Flutung der Grube Rottleberode ist davon auszugehen, dass sich weitgehend natürliche Abflussbedingungen eingestellt haben. Es wird angenommen, dass das natürliche unterirdische Einzugsgebiet im wesentlichen dem oberirdischen Einzugsgebiet des Baches im Langen Tal entspricht. Inwieweit wirksame Querschläge hydraulisch wirksam sind und zusätzliche Bereiche zur 1. Stollensohle hin entwässern, ist nicht bekannt.

WEIN!!!

Das so abgegrenzte und in der Anlage 2 dargestellte Einzugsgebiet hat eine Größe von 1,1 km².

Bei einer Grundwasserneubildungsspende von 4,2 l/s*km² /13/ ergibt dies eine Grundwasserneubildung von

Hspende

$$4,62 \text{ l/s} = 277,2 \text{ l/min} = \text{ca. } 16,6 \text{ m}^3/\text{h.}$$

4,6 277

Wasserhaushaltsbilanz

wieso nur mit 1.1 und nicht 2,2 was hat sich am Einzugsgebiet geändert

Aus den vorhandenen Messungen der Gesamteinleitmenge in die Krummschlacht von 2002 bis 2004 ergibt sich eine durchschnittliche Ablaufmenge von

$$5,1 \text{ l/s} = 306 \text{ l/min} = \text{ca. } 18,4 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten derartiger Betrachtungen kann eine gute Übereinstimmung konstatiert werden.

Wasserstände

In der Anlage 6 sind die vermuteten Gefälleverhältnisse zwischen dem Forsthaus „Waldhaus“ und dem Auslauf aus dem Sauerbreystollen im Betriebsgelände dargestellt.

Die Darstellung der Grundwasseroberfläche östlich des Auslaufbereiches fußt auf folgenden Beobachtungen:

- Der Bach im Langen Tal, der aus zwei Quellbereichen ca. 0,8 und 1,2 km nordöstlich des ehemaligen Betriebsgeländes der Grube Rottleberode entspringt, versickert im Bereich des Flussschächter Gangzuges mit den entsprechenden Grubenbauen (Stollen und Schächte) vollständig (siehe auch Anlage 7).
- Die Geländehöhe im Bereich der dargestellten oberirdischen Grundwasserscheide nordwestlich des Waldhauses liegt bei ca. 450 m. Quellaustritte in der Flanke dieses Höhenrückens liegen bei ca. 420 – 430 m NN (Quelle am PW für Waldhaus; Quellbereich Hakenbach, Quellbereich Langes Tal).

Abflussbedingungen

Die Abflussmengen aus den vorliegenden Messreihen (Januar 2001 bis Oktober 2004) wurden erfasst und zusammen mit den Wasserständen im Hauptschacht in Abbildung 9 grafisch dargestellt. Der hydrologische Jahresgang (hohe Wasserstände/Schüttungsmengen im Winter/Frühjahr, niedrige Wasserstände/Schüttungsmengen im Sommer/Herbst) ist gut zu erkennen.

Wie oben bereits erläutert, ist auch das „Anspringen“ des Daubstollens sowie der Überlauf aus dem Hauptschacht vom hydrologischen Geschehen, von den Wasserständen abhängig. Abbildung 10 verdeutlicht, dass die aus dem Sauerbreystollen austretenden Wässer den Hauptanteil an der Gesamteinleitmenge bilden. Das Jahr 2004 zeigt allerdings, dass der Daubstollen trotz vergleichbar hoher Wasserstände im Hauptschacht nicht angesprungen ist. Eine zusammenhängende Bewertung des Jahres sollte hier Klärung bringen.

Oxidationsmittels Sauerstoff. Hierdurch wird Pyrit auch indirekt durch Mikroorganismen umgesetzt. Die Geschwindigkeit z. B. der bakteriellen Pyritoxidation liegt im Vergleich zur rein chemischen etwa 100-mal höher.

H Gleichzeit

H 100 - 1.000.000

Im Gesamtprozess der Pyritverwitterung werden bei vollständiger Oxidation und einer anschließenden Fällung des dabei freigesetzten Eisens als Eisenhydroxid pro Mol Pyrit insgesamt vier Mol Säure (H_3O^+) produziert:



Dass dieser Fällungsprozess auch in der Grube Rottleberode tatsächlich stattfindet, zeigt ein Vergleich der Sulfatkonzentrationen und der Eisenkonzentrationen in den Wasserproben aus der Betriebsphase (vgl. Kap. 3.4.4.1). Laut den obigen Gleichungen entstehen bei der Pyritverwitterung ein Mol Eisen (56 g) und 2 Mol Sulfat (192 g), was einem Massenverhältnis SO_4/Fe von 3,4 entspricht. Bereits das SO_4/Fe -Verhältnis auf der 1. Sohle besitzt den Wert 7 und nimmt zur Tiefe kontinuierlich zu (Abbildung 28). Dieser Effekt ist mit einer zunehmenden Belüftung auf dem Sickerweg durch die Grube und, wie die steigenden Sulfatgehalte zeigen, auch kontinuierlich zunehmender Pyritoxidation, jedoch noch stärkerer Ausfällung von Eisenhydroxiden zu erklären. Den Sulfatgehalten von 720 mg/L auf der 18. Sohle würde - ohne Ausfällungen und etwaige andere Sulfatquellen - entsprechend Gleichung (1) eine Eisenkonzentration von 210 mg/L entsprechen.

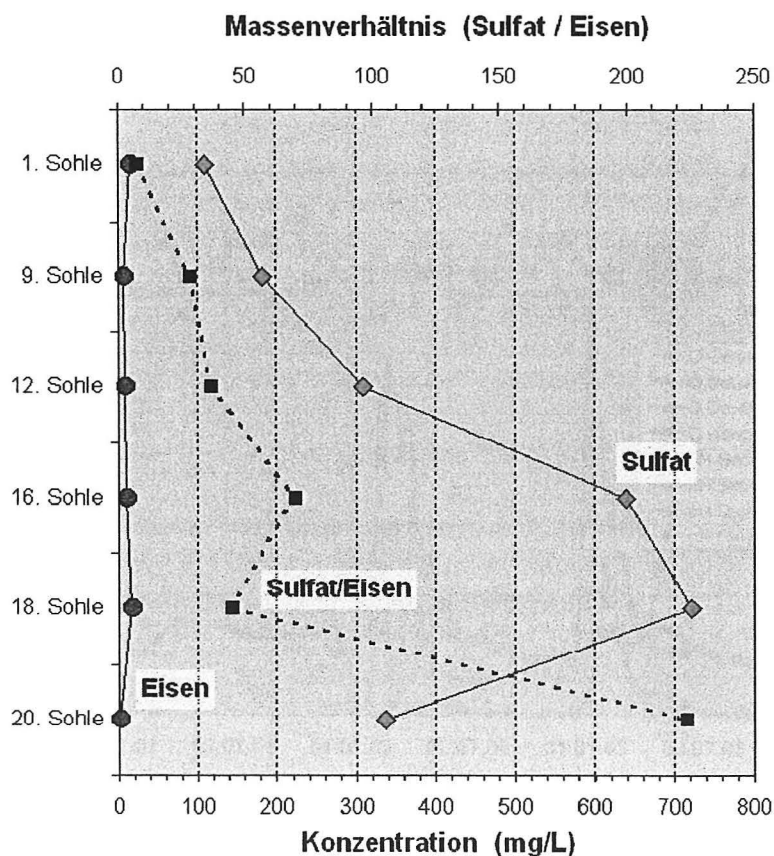
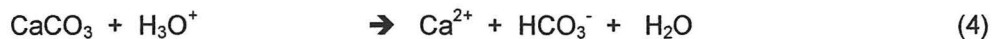


Abbildung 28: Tiefenverteilung der mittleren Sulfat- und Eisenkonzentrationen sowie deren Massenverhältnisse

Im Gegensatz zu den nach Gleichungen (1) und (3) zu entnehmenden Säureproduktionen zeigen sämtliche Wässer aus dem Bereich der Grube keine sauren pH-Werte, sondern sind im nahezu neutralen pH-Bereich gepuffert (Abbildung 29). Selbiges trifft auch für die Wässer zu, die während des Betriebes in der Grube untersucht wurden (vgl. Abbildung 17, S. 34). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass für die gebildete Säure im Gebirge ausreichende karbonatische Pufferkapazität zur Verfügung stand und auch noch steht.

Die Mineralparagenese der Grube Rottleberode weist Calcit als eines der Hauptminerale aus (Tabelle 2, S. 24). Die Pufferwirkung von Calciumkarbonat bei etwa neutralen pH-Werten beruht darauf, dass die H_3O^+ -Säureionen mit dem CO_3^{2-} -Anionen Hydrogenkarbonate (HCO_3^-) bilden:



Entsprechend dieser Reaktionsgleichung (4) finden sich in den Grubenwässern auch signifikante Konzentrationen von Calcium und Hydrogenkarbonat (Abbildung 14, S. 32). Durch diese Reaktionen sind die Hauptkomponenten im Grubenwasser in ihrer Herkunft charakterisiert.

Durch die Säureneutralisation infolge Karbonatlösung wird der pH-Wert im Bereich zwischen pH 6,2 und pH 8,6 gehalten. Die Pufferwirkung dauert so lange an, bis die Erdalkalikarbonate infolge der Auflösung weitgehend aus dem System entfernt wurden. Eine Folgereaktion der Karbonatlösung durch Schwefelsäure aus der Pyritoxidation ist die Bildung von Gips als Sekundärphase.

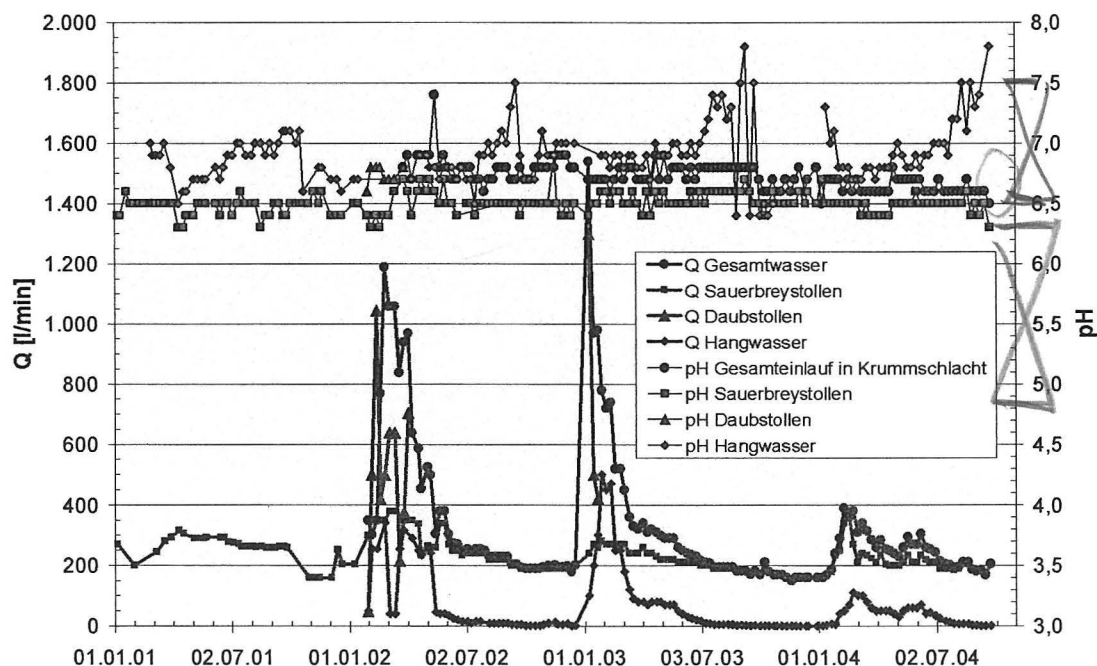
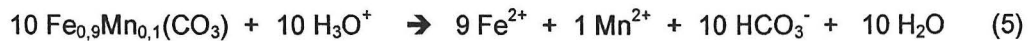


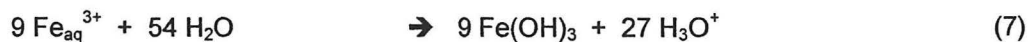
Abbildung 29: Zeitliche Entwicklung der Abflussmengen und der pH-Werte in den Grubenabflüssen

NEIN.
Calcit
puffert
bei ca
pH 6,5-7,5
Siderit bei
4,8-6,3
nicht vermehrt
w/ Abb. 17
auch
Siderit

Der bereits genannte Siderit $\text{Fe}_{0,9}\text{Mn}_{0,1}(\text{CO}_3)$ ist zwar auch ein Karbonat, ist jedoch deutlich schlechter als Calcit durch Säureangriff löslich und in seiner Pufferwirkung abhängig von der Eisenoxidation und Fällung:

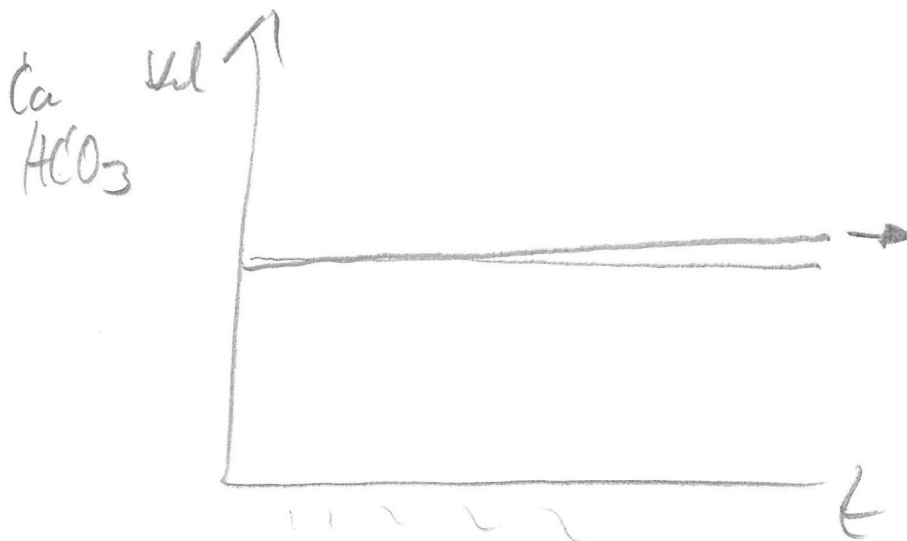


Während die reine Säurereaktion eine Pufferung bedingt, kann diese bei Oxidation des Eisens (durch Luftsauerstoff s. o.) und anschließender Ausfällung als $\text{Fe}(\text{OH})_3$ kompensiert werden (vgl. Gleichung (2)). Bei vollständiger Reaktion entsteht sogar ein Säureüberschuss:



Das bei der Sideritlösung freigesetzte Mangan besitzt von Eisen abweichende Reaktivitäten, die vergleichend in einem Eh-pH-Stabilitätsfelddiagramm für Eisen und Mangan dargestellt werden können (Abbildung 30). Zwar kann auch das gelöste Mn^{2+} oxidiert werden (zum Mn^{+4} bzw. Mn^{+5}), dies erfolgt jedoch erst bei höheren Redoxpotenzialen (bzw. Eh-Werten) als bei Eisen. Die Stabilitätsfeldgrenze zum MnO_2 liegt bei ca. +500 mV, der Übergang von Fe^{2+} zum $\text{Fe}(\text{III})(\text{OH})_3$ bei ca. +200 mV. Das bedeutet, das Eisen ($\text{Fe}_{\text{aq}}^{2+}$) einen Redoxpuffer darstellt, der erst oxidativ aufgebraucht werden muss, bevor die Redoxpotenziale unter Sauerstoffeinfluss weiter ansteigen können, das Stabilitätsfeld von Mn^{2+} verlassen wird und Manganoxide ausfallen.

Abbildung 30 zeigt, dass der Löslichkeitsbereich von Mangan im wässrigen System innerhalb der natürlichen pH-Eh-Bedingungen deutlich größer ist als bei Eisen. In dieser Übergangszone, in der Eisen nur noch als Hydroxid und Mangan gelöst nebeneinander stabil sind und die durch die Eisenoxidation gepuffert wird, dürfte sich das hydrochemische Milieu großer Teile des im Abflussniveau und darüber liegenden ungesättigten Grubengebäudes befinden. Wenn Eisen noch gelöst in höheren Konzentrationen vorliegt, ist zudem davon auszugehen, dass eine Manganfällung noch nicht bzw. nur untergeordnet erfolgt ist.



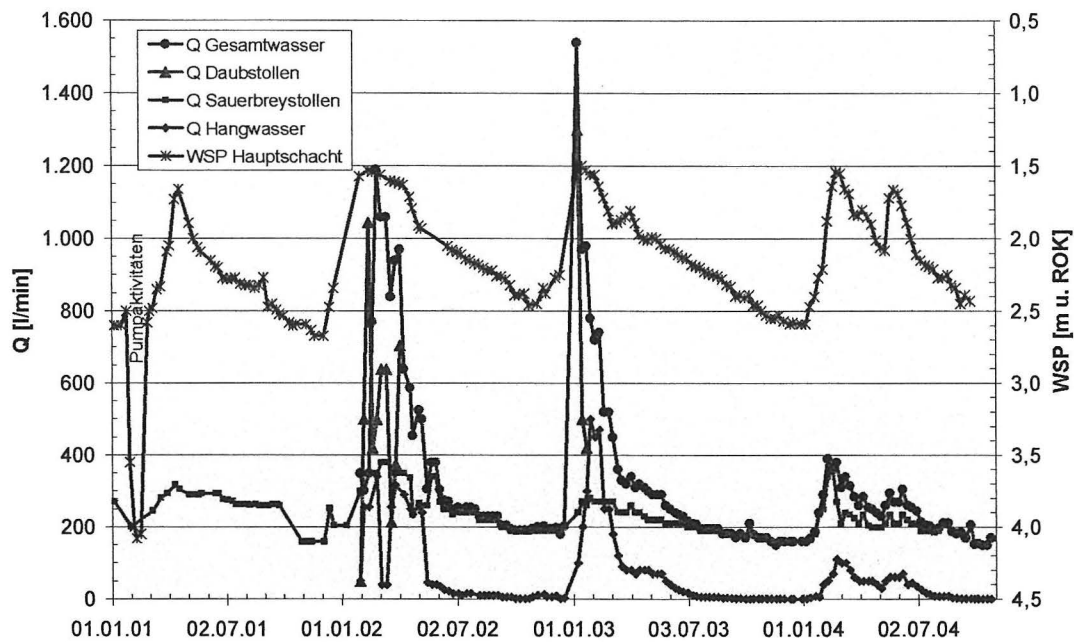


Abbildung 9: Abfluss- und Einleitmengen sowie Wasserstände Hauptschacht

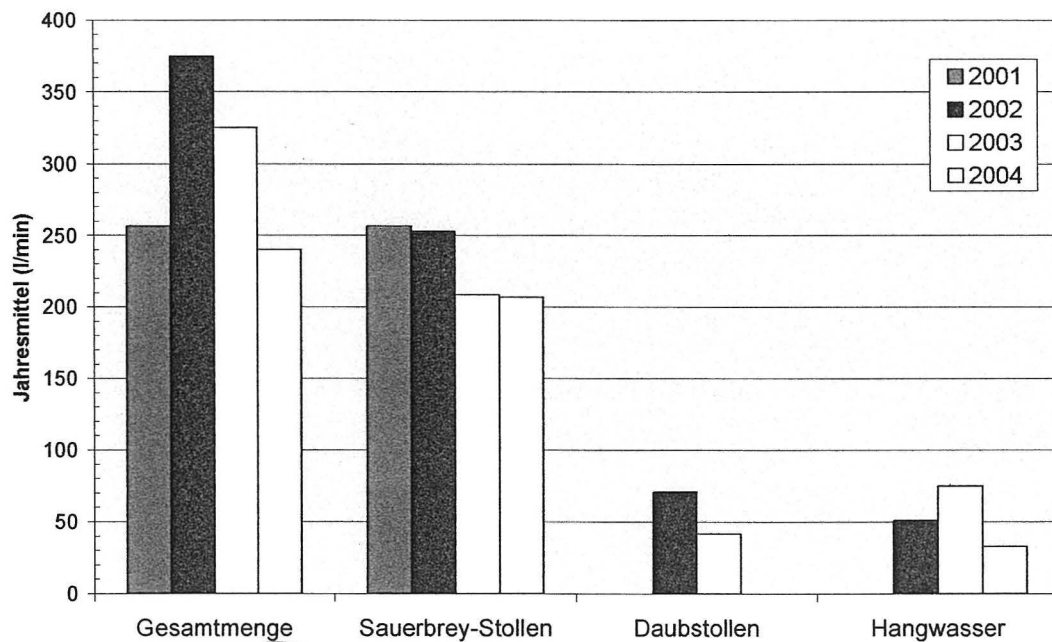


Abbildung 10: Mengenanteile der einzelnen Abflusselemente

es sind keine Portale zu sehen.

Seit Juli 2004 existiert am Standort Rottleberode eine Niederschlagsstation, so dass ein direkter Vergleich Abfluss - Niederschlag möglich ist, zumal ab 28.07.2004 auch die Abflussmengen täglich erfasst werden. Die Beziehungen Abfluss-Niederschlag werden in Abbildung 11 dargestellt.

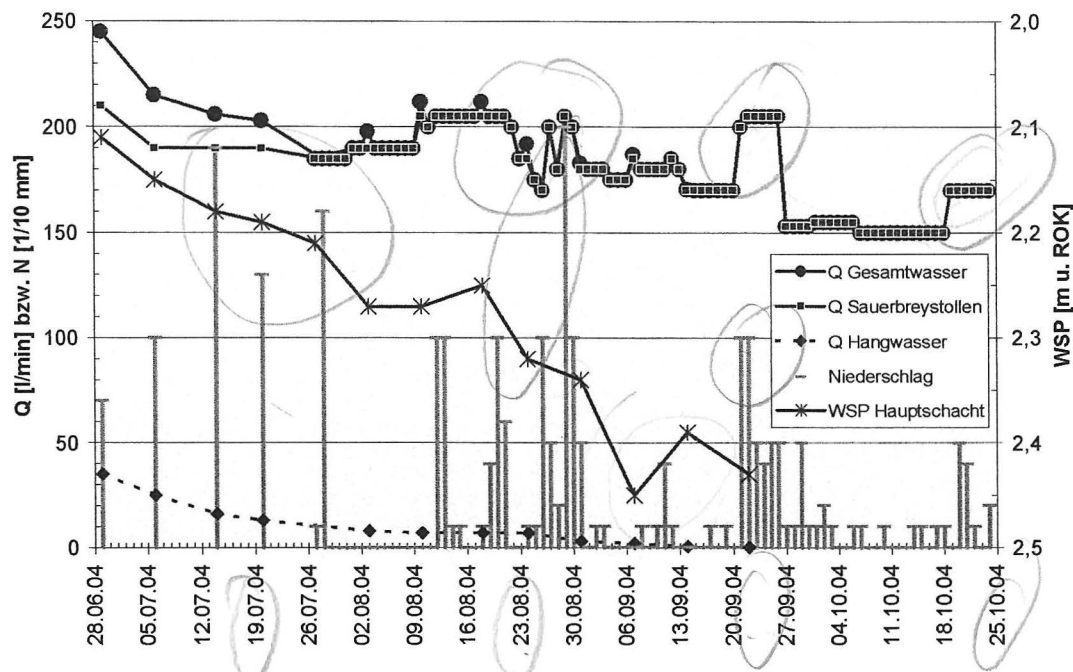


Abbildung 11: Beziehung Niederschlag-Abfluss (Tagesmessungen)

Aus Abbildung 11 ist für die kurze Beobachtungszeit von vier Monaten zu erkennen:

- Es ist relativ wenig Niederschlag gefallen (insgesamt 244 mm), der auf Grund der hohen Verdunstung im Sommer auch nur zu geringen Teilen abflusswirksam wird. Ebenso wirkt er sich kurzzeitig auch nicht auf den Wasserspiegel im Hauptschacht aus.
- Die Niederschläge reichten nicht aus, um eine für das Anspringen des Daubstollens ausreichende Wasserspiegelhöhe zu erreichen.
- Die Hangaustritte zeigen für die Bedingungen des Sommers 2004 keine direkte Abhängigkeit.
- Der Sauerbreystollen reagiert geringfügig.

*stimmt:
es sind
24 Wochen*

Zusammenfassend lassen sich die aktuellen Abflussbedingungen wie folgt charakterisieren:

- Das Grubengebäude ist bis zur 1. Stollensohle wassererfüllt.
- Der Sauerbreystollen wirkt als der bestimmende Wassersammler.
- Die über die Hangrinne gesammelten Wassermengen schwanken in Abhängigkeit von der hydrologischen Situation.
- Über den Daubstollen fließt Wasser nur bei entsprechend hohen Wasserständen ab.
- Dasselbe trifft auch für den Überlauf aus dem Hauptschacht zu.
- Der N-S-Stollen liegt außerhalb des hydraulischen Einflussbereiches.

3.4.4 Wasserbeschaffenheit

3.4.4.1 Wasserbeschaffenheit vor der Flutung

Für die Charakterisierung der Wasserbeschaffenheit vor der Flutung (d. h. vor 1993) liegen aus /10/ und /13/ Analysenergebnisse von der 1., 9., 12., 16., 18. und 20. Sohle sowie aus dem N-S-Stollen und der Krummschlacht (1979 – 1991) vor, allerdings nur relativ wenige (max. 12) und unsystematisch auf wenige Jahre bzw. kurze Zeiträume konzentriert. Durch die z. T. sehr geringe Probenanzahl (z. B. 18. S. nur drei Analysen von 1979/1984, 20. S. nur zwei Analysen von 1984/1985) könnten somit auch untypische Betriebszustände beprobt worden sein und das Bild verfälschen.

*auch bei
vielen
Proben ist
so etwas
möglich*

Abbildung 12 bis Abbildung 17 geben einen Überblick über die Wasserbeschaffenheit in der Grube auf verschiedenen Sohlen sowie zum Vergleich in dem Auslauf des N-S-Stollens. Dargestellt sind in den Abbildungen jeweils die Probenanzahl als Säulen (linke y-Achse) sowie die Spannweite (Min-Max) und der Mittelwert für ausgesuchte Parameter (Leitfähigkeit, Sulfat, Hydrogenkarbonat, Eisen ges., Mangan ges. und pH-Wert) auf der rechten y-Achse.

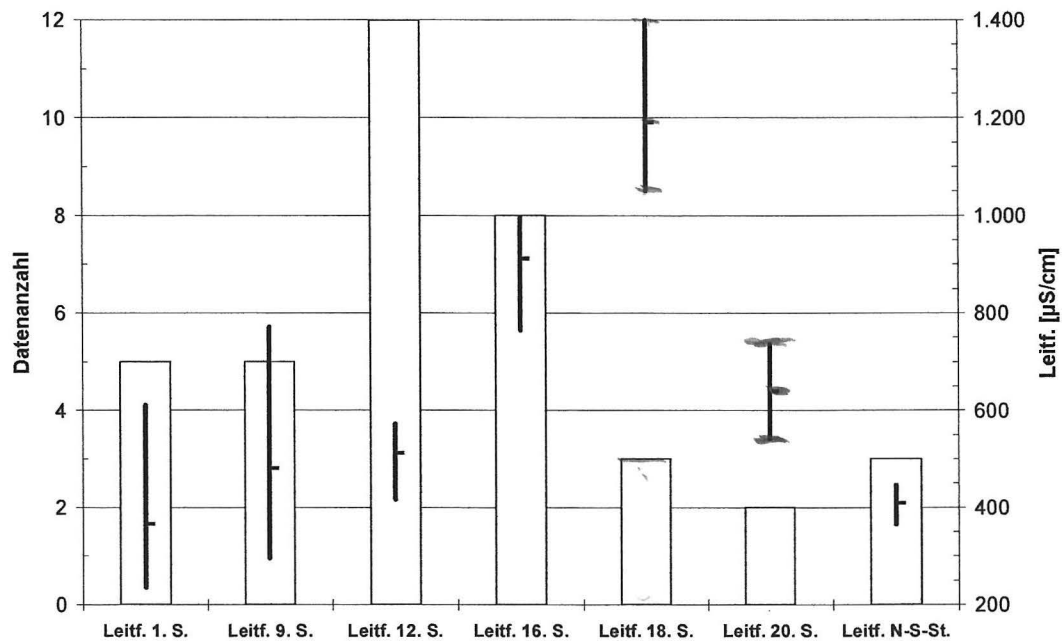
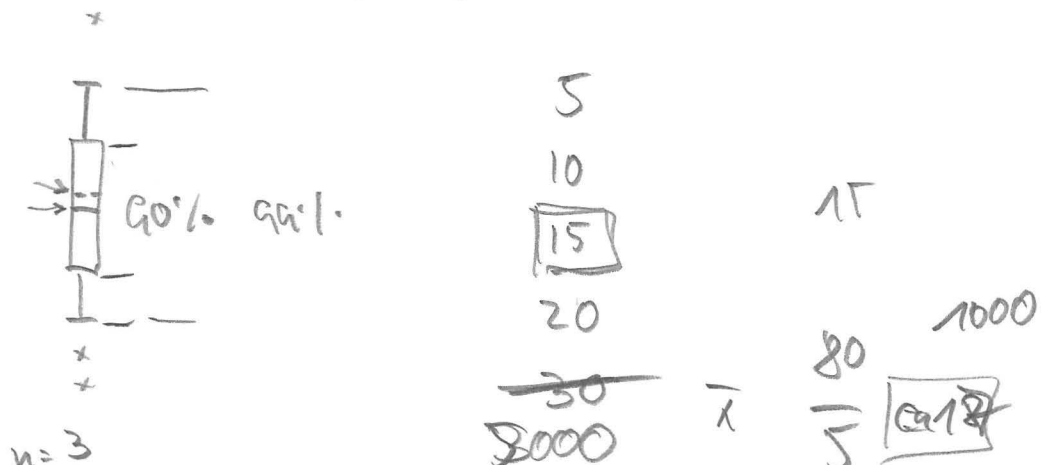


Abbildung 12: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Leitfähigkeit



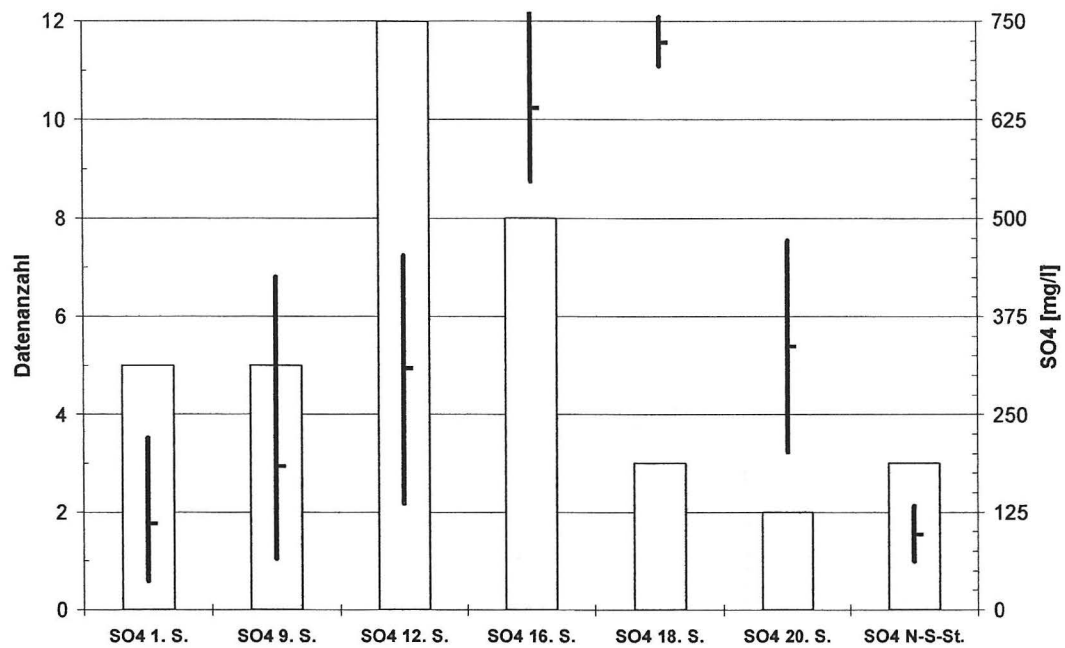


Abbildung 13: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Sulfat

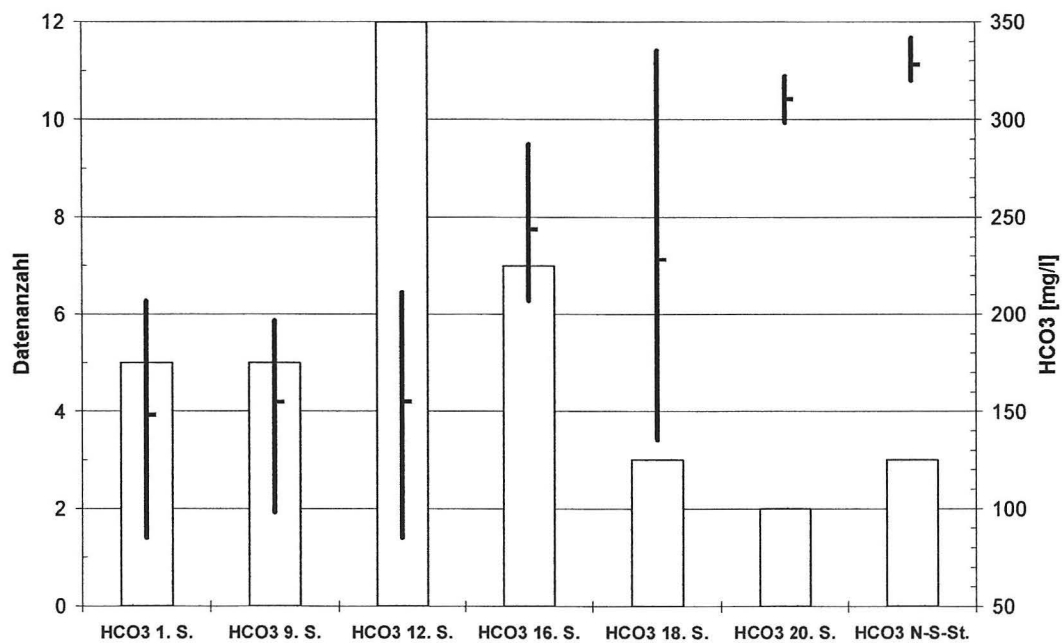


Abbildung 14: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Hydrogenkarbonat

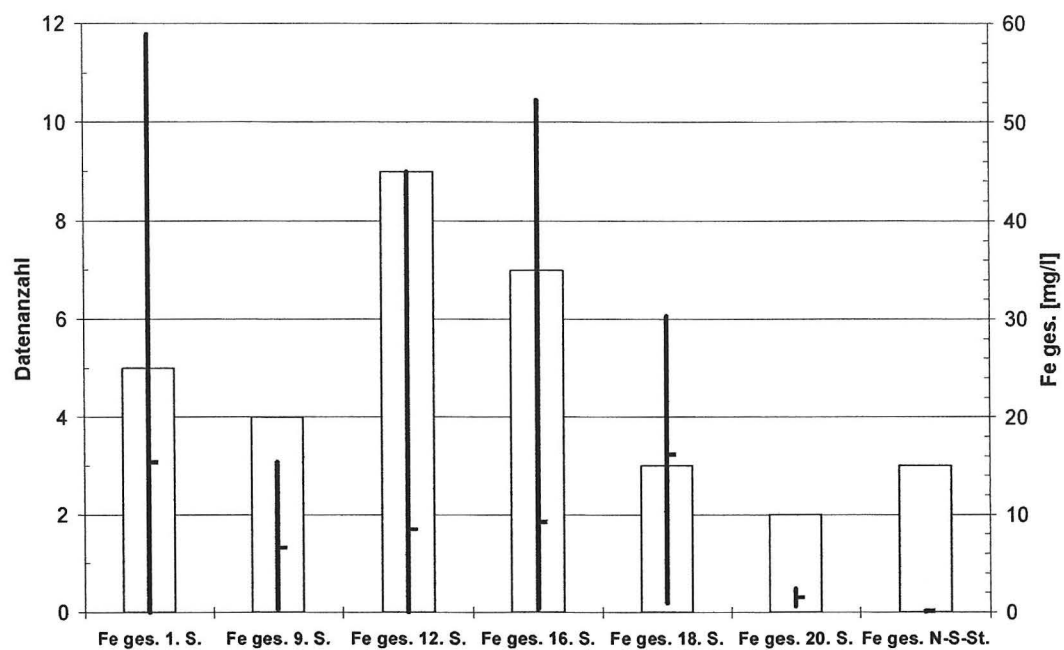


Abbildung 15: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Eisen gesamt

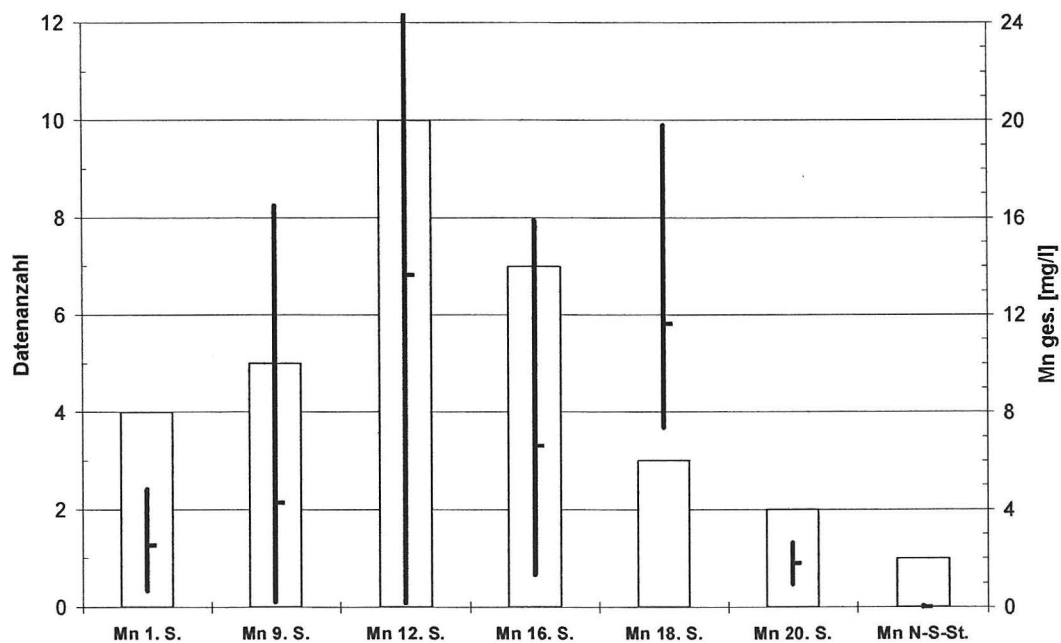


Abbildung 16: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: Mangan gesamt

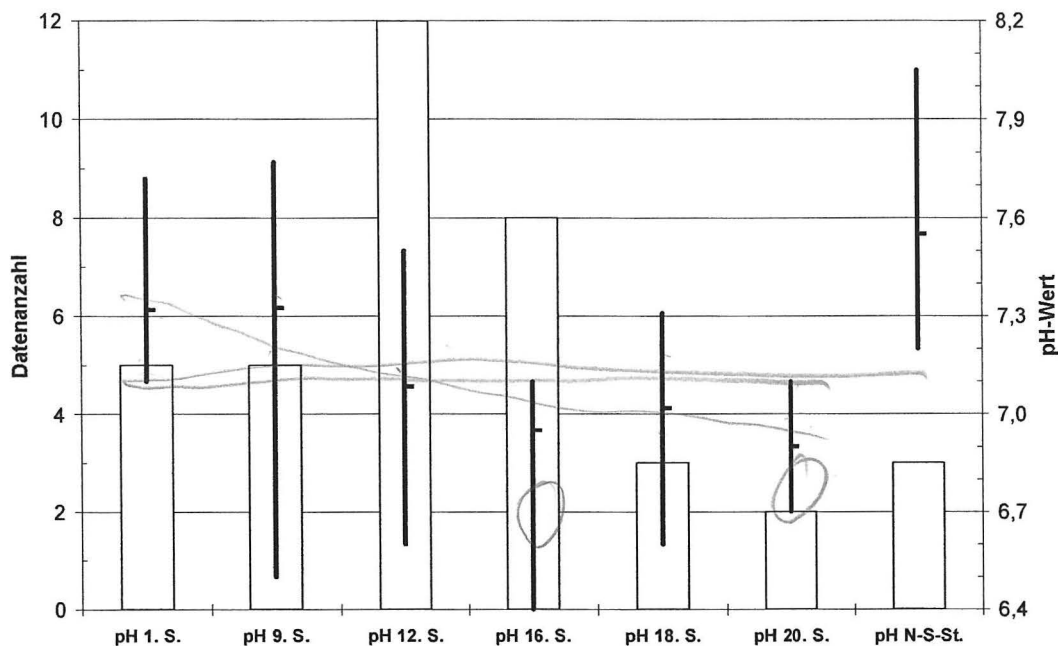


Abbildung 17: Wasserbeschaffenheit vor der Flutung: pH-Wert

Leitfähigkeit (Abbildung 12), Sulfat (Abbildung 13) und Hydrogenkarbonat (Abbildung 14) nehmen \pm sukzessive zur Tiefe zu, wobei Leitfähigkeit und Sulfat ihr Maximum bereits auf der 18. Sohle erreichen, HCO_3 erst im Tiefsten auf der 20. Sohle. Für die Konzentrationen von Eisen ges. (Abbildung 15) ist kein signifikanter Trend zur Tiefe zu erkennen, die Konzentrationen liegen überwiegend zwischen 10 und 20 mg/l. Der Mangan-Gehalt (Abbildung 16) steigt bis zur 12. Sohle an und bewegt sich dann auf einem ähnlichen Niveau wie Eisen. Der pH-Wert (Abbildung 17) schließlich nimmt zur Tiefe ab.

Im Vergleich mit dem N-S-Stollen (jeweils ganz rechts in den Diagrammen) ergibt sich, dass die dort ermittelten Werte bei Leitfähigkeit, Sulfat und pH-Wert eher den oberen Sohlen entsprechen, bei HCO_3 und Eisen ges. eher den unteren Sohlen (für Mangan liegt nur ein Wert vor).

3.4.4.2 Wasserbeschaffenheit nach der Flutung

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die Eisen ges.- und Mangangehalte sowie die Wassermengen im Gesamteinleitwasser in die Krummschlacht (Punkt 8 in Abbildung 5, S. 20). Während die Mangangehalte im Gesamtwasser relativ stabil zwischen ca. 20 mg/l und 30 mg/l liegen, wird deutlich, dass die Eisengehalte bei hohen Einleitmengen von durchschnittlich 0,7 mg/l auf bis zu 9,2 mg/l ansteigen. Das liegt, wie die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen, an den unterschiedlichen Anteilen (Menge und Qualität) der einzelnen Abflüsse (Sauerbreystollen, Daubstollen, Hangwasser).

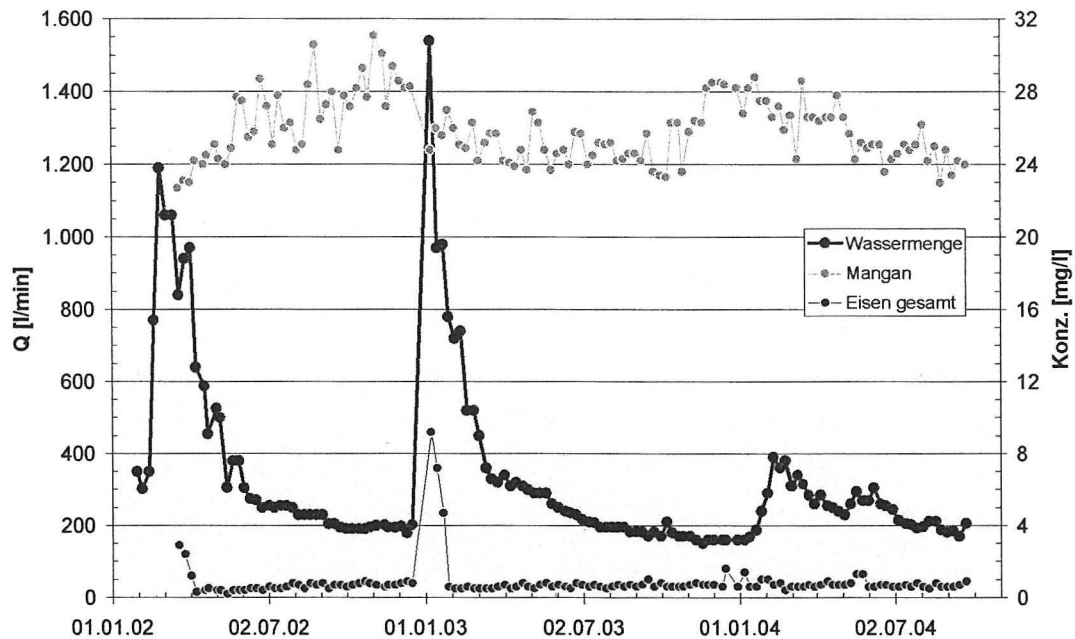


Abbildung 18: Wassermengen, Eisen ges.- und Mangangehalte im Einlaufwasser in die Krummschlacht

Zwar folgt auch die Schüttungsmenge des Sauerbreystollens dem jahreszeitlichen Gang (vgl. Abbildung 9, S. 29); sie ist mit Schwankungen zwischen ca. 160-380 l/min im Vergleich zu den anderen Abflüssen jedoch relativ ausgeglichen. Der Hangwasserzufluss liegt meist unter ca. 10 l/min, kann in niederschlagsreichen Perioden bzw. zur Schneeschmelze im Frühjahr aber vorübergehend bis auf rd. 500 l/min ansteigen. Noch extremer ist das Verhalten des Daubstollens, der ausschließlich bei hohen Wasserständen - d. h. meist im Frühjahr - schüttet, dann aber kurzzeitig bis über 1.000 l/min.

Die Mangankonzentrationen der einzelnen Teilströme verhalten sich umgekehrt proportional zu deren Wassermenge (Abbildung 19). Dieses Verhalten ist beim Daubstollen und besonders beim Hangwasser extrem ausgebildet, beim Sauerbreystollen viel gemäßiger. Die sehr hohen Konzentrationen im Hangwasser (und auch des Daubstollens) haben wegen ihrer dann geringen Wassermengen in der Mischung keine Auswirkungen; der relativ konstante Sauerbreystollen bestimmt das Geschehen, was sich in der Konzentrationsganglinie des Gesamtwassers widerspiegelt.

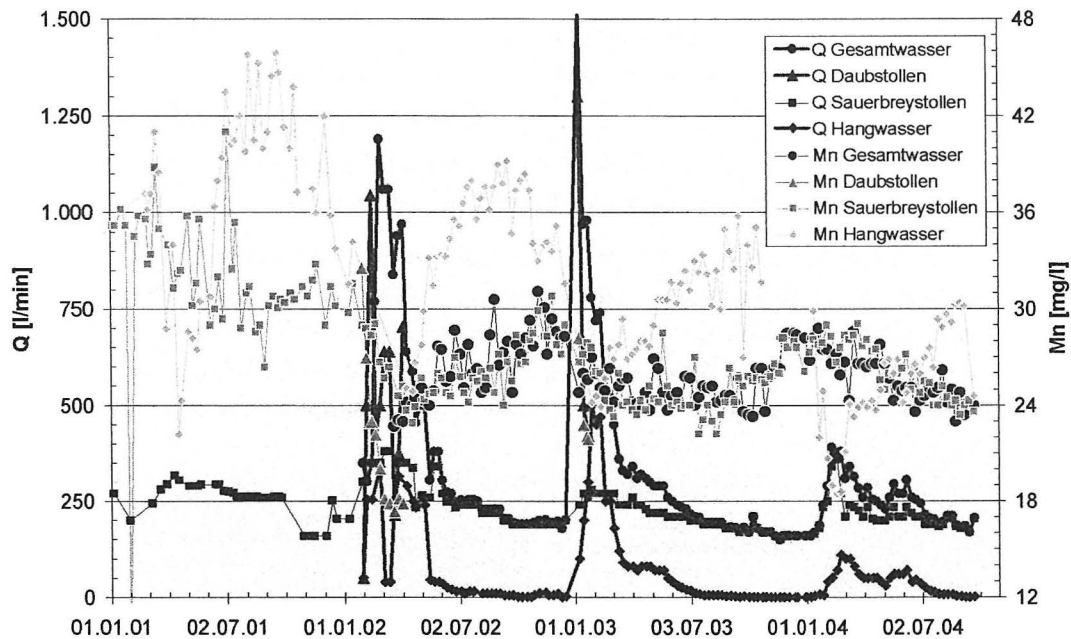


Abbildung 19: Wassermengen und Mangan-Gehalte

Anders liegen die Verhältnisse bei Eisen ges., die Konzentrationen sind ziemlich konstant (Hangwasser 0,2 mg/l, Sauerbreystollen ca. 10 mg/l), d. h. unabhängig von der Wassermenge (Abbildung 20). Da wie beschrieben der Daubstollen nur manchmal schüttet, dann aber mit 10-20 mg/l relativ hohe Eisenkonzentrationen liefert, wirken sich diese dann natürlich auch auf das Gesamtwasser aus.

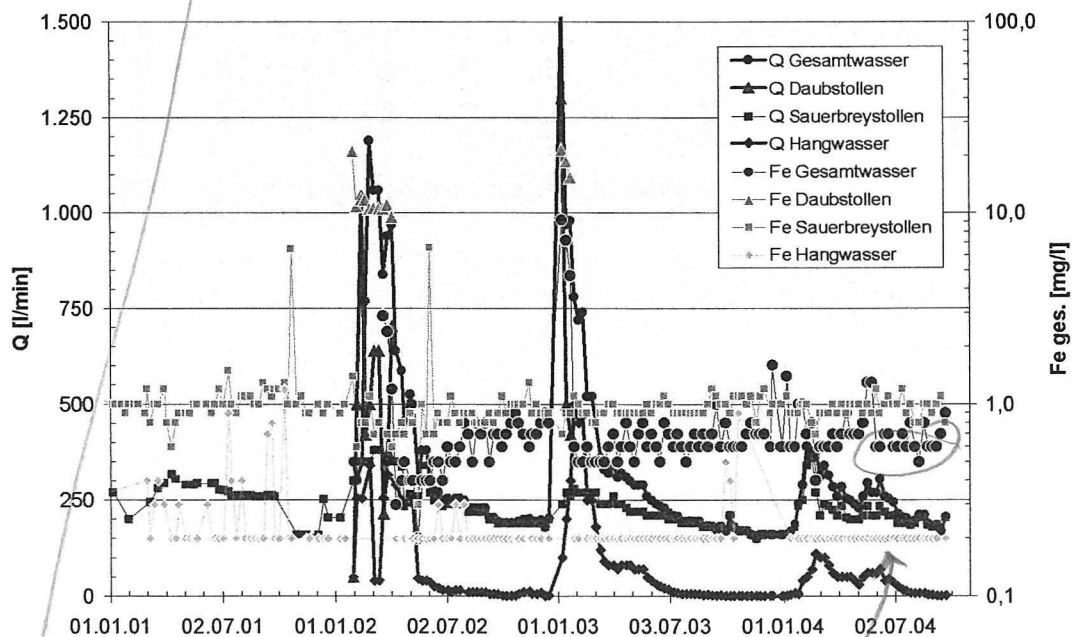


Abbildung 20: Wassermengen und Eisen ges.-Gehalte

sieht aus, als wäre das die NWG?

<0.2

Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen für die Wassermengen sowie für Eisen ges.- und die Mangan-Gehalte einen Vergleich der Betriebssituation (Mittelwerte aus Kap. 3.4.4.1; Abbildung 15 u. Abbildung 16) mit den aktuellen Werten der Stollenabläufe.

Wie zu erkennen ist, liegen die Eisen ges.-Konzentrationen der damaligen Grubenwasserzuflüsse höher als der jetzige Ablauf aus dem Sauerbreystollen, die sporadische Schüttung des Daubstollens allerdings erreicht bzw. übertrifft sogar die Konzentrationen der Betriebswässer.

Anders sind die Verhältnisse bei Mangan. Beide Stollenabflüsse liegen deutlich über den vormaligen Grubenwasserzuflüssen. Die Mangan-Ganglinie des Sauerbreystollens zeigt einen klaren „First-Flush“-Effekt, sind doch die anfänglich gemessenen hohen Konzentrationen von ca. 50 mg/l im Laufe der Jahre zurück gegangen und haben sich z. Z. bei ca. 20-30 mg/l stabilisiert. Bei den Eisen ges.-Konzentrationen ist dieser Effekt nicht zu verzeichnen.

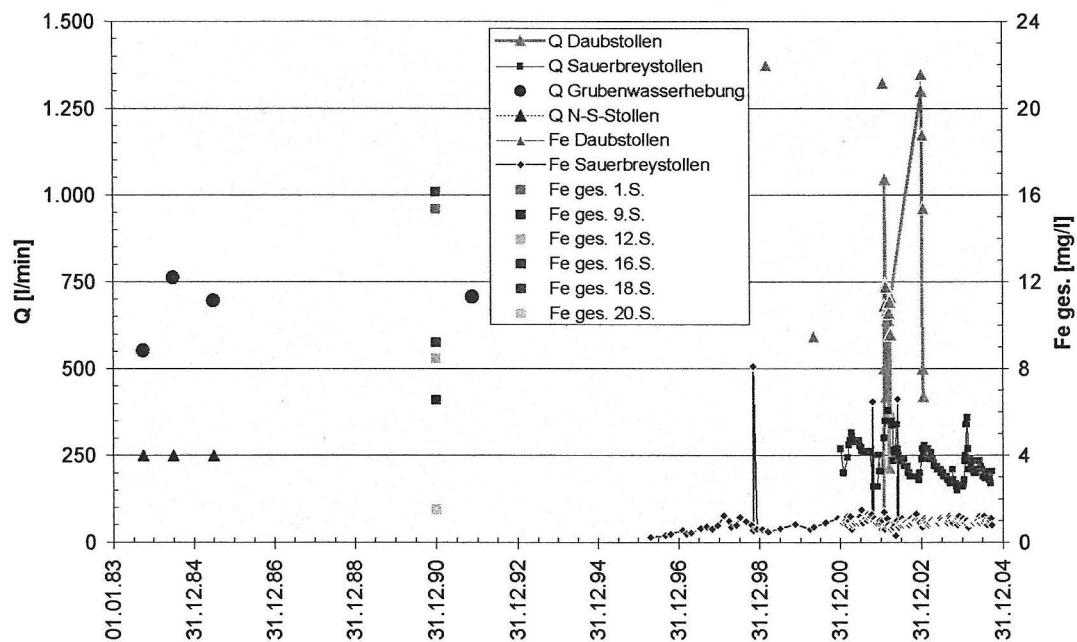


Abbildung 21: Wassermengen und Eisen ges.-Gehalte (Vergleich Betrieb – Flutung)

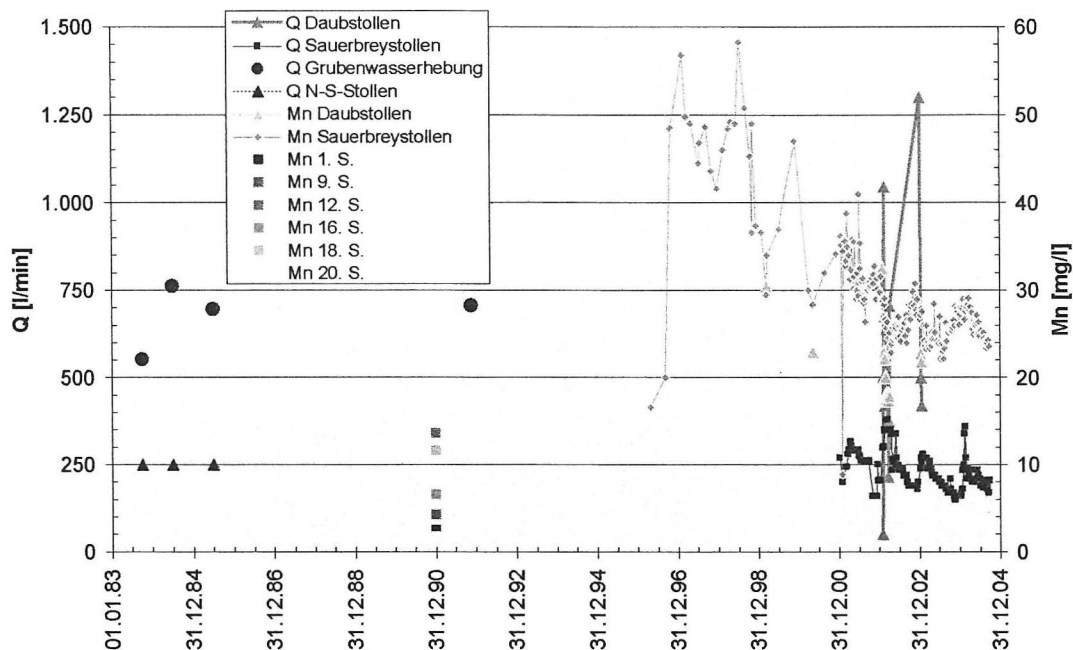


Abbildung 22: Wassermengen und Mangan-Gehalte (Vergleich Betrieb – Flutung)

3.4.4.3 Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers im Bereich der Spülhalde

Das Sickerwasser aus der Spülhalde weist zwar keinen direkten Bezug zu den Grubenwässern auf, jedoch ist zu berücksichtigen, dass diese Wässer grundsätzlich über das haldennahe Grundwasser ebenfalls in die Krummschlacht gelangen und so zur Gesamtfracht beitragen. Darüber hinaus besteht die Spülhalde aus dem intensiv zerkleinerten Material der Lagerstätte und kann so die dort ablaufenden Verwitterungsprozesse in konzentrierter Form widerspiegeln.

Ebenso bieten die Untersuchungen der abgelagerten Materialien die Möglichkeit, die Angaben zur Gebirgsbeschaffenheit und Mineralisation zu überprüfen. Proben wurden aus den in der Anlage 4 dargestellten GWM-Bohrungen untersucht. Die vorliegenden Daten bestätigen die in Kapitel 3.4.2.2 gemachten Angaben im Wesentlichen. Als Hauptphasen wurden Quarz und Fluorit ermittelt; als weitere Silikate, die aus dem Nebengestein stammen wurden der Glimmer Muskovit sowie das Chloritmineral Clinochlor identifiziert. Als Karbonatphasen wurden Kalzit und Siderit in wechselnden Anteilen nachgewiesen. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung wurde abgeleitet, dass zudem Pyrit und Gips in dem Material enthalten sein müssten.

Eine Beprobung dieser Messstellen wurde am 30.08.2004 durchgeführt. Neben den Grundwassermessstellen GWM1-04 und GWM4-04 am Haldenfuß lag eine Wasserführung nur in den Sickerwasser-Pegeln GWM2-04 und GWM5-04 vor. Die Analyseergebnisse zeigt Tabelle 3. Die zugrundeliegenden Prozesse werden in Kapitel 3.4.4.5 ausführlich erläutert.

? Abklärung

Tabelle 3: Ergebnis der Beprobung Grundwassermessstellen vom 30.08.2004

Probe		GWM 1/04	GWM 4/04	GWM 2/04-w	GWM 5/04-w
		Grundwasser Fuß Spülhalde		Sickerwassermessstellen Spülhalde	
WSP	m u.ROK	1,16	0,7	20,58	17,7
Entnahmeteufe	m u.ROK	4	4	22	19
pH-Wert		6,72	6,78	7,04	6,61
Leitfähigkeit	µS/cm	826	910	710	810
Temperatur	°C	12,0	12,2	12,1	12,1
Sauerstoffgehalt	mg/l	0,38	2,12	1,72	2,21
TOC	mg/L	1,0	1,2	1,0	19,0
Natrium	mg/L	12	13	11	70
Kalium	mg/L	3,6	4,6	4,7	42,0
Calcium	mg/L	110	130	92	330
Magnesium	mg/L	27	28	22	110
Eisen-gesamt	mg/L	0,49	3,10	16,00	84,00
Eisen-gelöst	mg/L	0,06	0,05	0,80	77,00
Mangan-gesamt	mg/L	1,1	3,2	8,8	12,0
Mangan-gelöst	mg/L	0,9	3,2	7,1	11,0
Silicium	mg/L	4,8	6,2	6,8	9,3
Ammonium	mg/L	<0,01	0,013	0,23	3,6
Chlorid	mg/L	21	17	15	200
Sulfat	mg/L	210	250	150	1300
Hydrogenkarbonat	mg/L	238	269	232	220
Nitrat	mg/L	20	13	25	0,22
Fluorid	mg/L	0,93	0,99	1,20	3,50
Arsen	mg/L	0,002	<0,001	0,003	0,017
Cadmium	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kupfer	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zink	mg/L	0,014	<0,01	0,035	0,074

Für das Grundwasser am Haldenfuß liegen zudem noch seit Anfang 2003 Daten aus zwei Rammfiltermessstellen der BST Mansfeld vor, deren eine (PWP 5) direkt neben der neuen Messstelle GWM4-04 liegt (vgl. Anlage 4). Die zweite (PWP 6) liegt weiter südlich am südlichen Haldenabschluss.

Die über die letzten zwei Jahre ermittelten Eisen- und Mangankonzentrationen sind zusammen mit den Ergebnissen der im Rahmen der ARGE-Untersuchungen gewonnenen Daten in Abbildung 23 dargestellt.

das übliche Problem: gelöst/nicht

es spricht von gelbem Leuchtgelbem.
Verständnis, wenn von gelöst geschrieben
wird

>
11.9 - 12.1
12.19 - 12.21

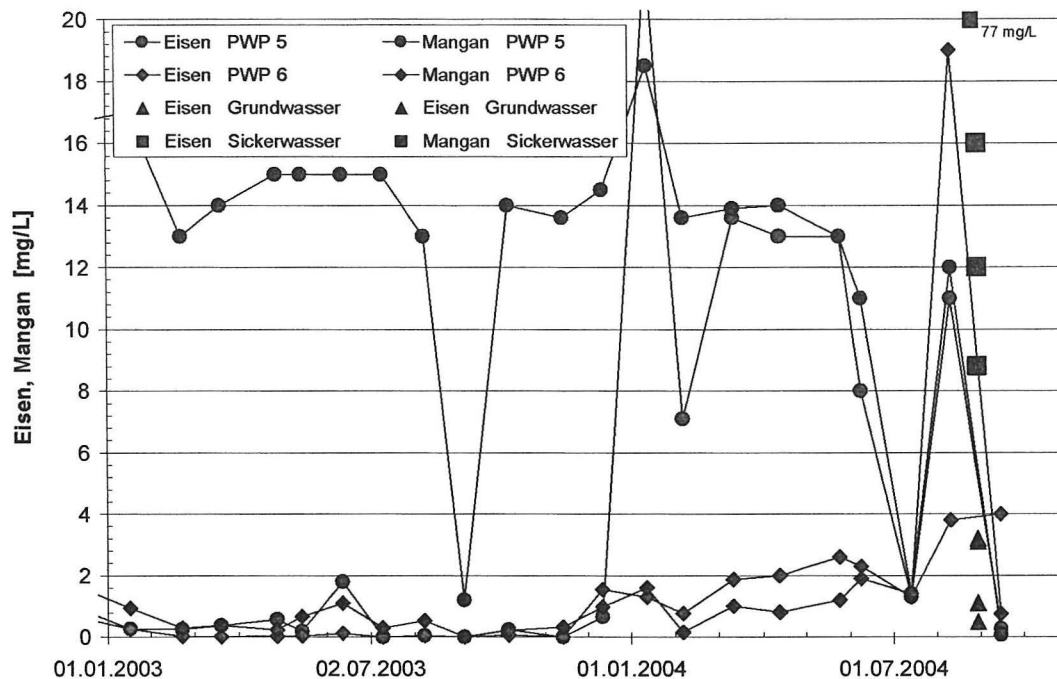


Abbildung 23: Entwicklung der Eisen- und Mangankonzentrationen in Grundwasser am Fuße der Spülhalde Rottleberode
(Zum Vergleich sind auch die Daten der Sickerwasserbeprobung aufgeführt.)

Es zeigen sich deutliche Schwankungen, die möglicherweise durch die Art der Messstellen oder die Probenahmemethode bedingt sind. Eisen und Mangan sind aufgrund ihres Ausfällungsverhaltens und ihres oftmals partikulären Auftretens diesbezüglich besonders sensibel und andere Parameter zeigen derartige Unregelmäßigkeiten nicht. Grundsätzlich wurden - insbesondere kontinuierlich für Mangan - in PWP 5 höhere Konzentrationen ermittelt, die das Niveau des Sickerwassers in der Spülhalde erreichen. In PWP 6 scheinen die Konzentrationen seit Beginn 2004 kontinuierlich anzusteigen.

3.4.4.4 Beprobung Hauptschacht

Die nicht abschließend geklärte Wasserbeschaffenheit im zugänglichen Teil des Hauptschachtes war immer Gegenstand von Diskussionen.

Die Ergebnisse einer im Juni 2001 durchgeführten Sal/Temp-Messung sowie einer im August 2004 durchgeführten Beprobung (s. u.) sind in Abbildung 24 dargestellt.

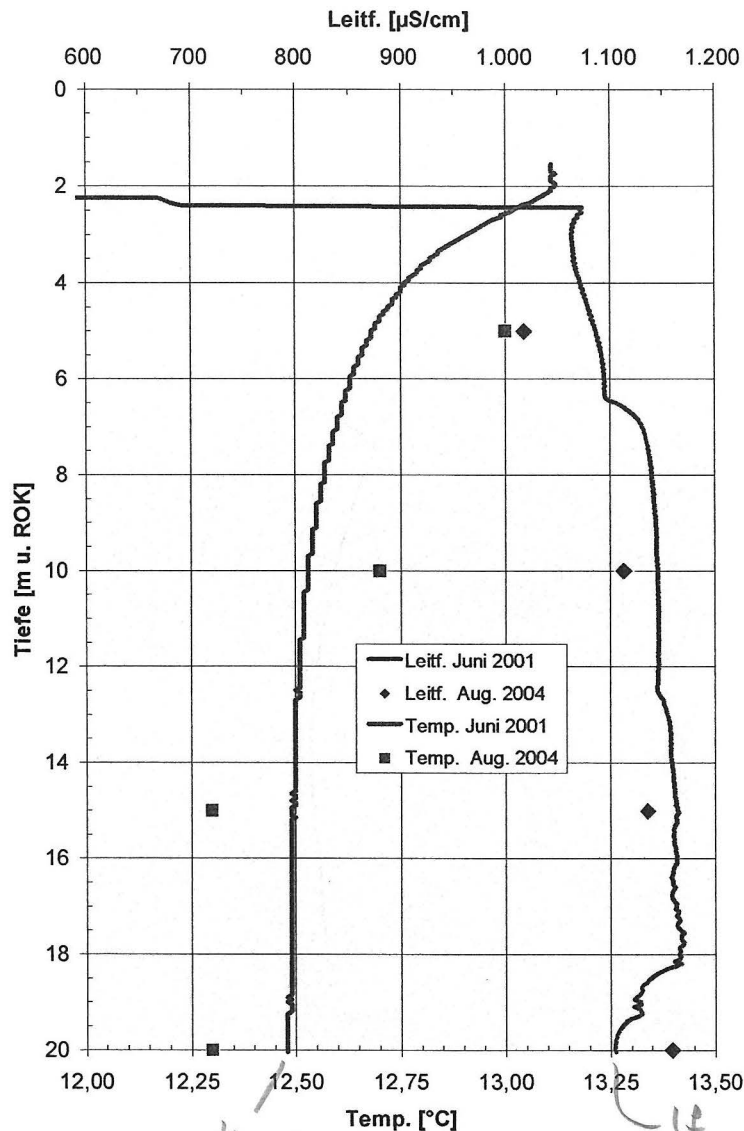


Abbildung 24: Leitfähigkeiten und Temperaturen im Hauptschacht Rottleberode

Im Rahmen der aktuellen Untersuchungen wurde der verfüllte Hauptschacht über das dort eingebaute, ca. 21 m lange Rohr (siehe Abbildung 2, S. 15) am 30.08.2004 beprobt. Die oberen 13 m u. GOK bestehen aus Vollrohren, darunter sind Filterrohre eingebaut.

Die teufenorientierte Probeentnahme am Hauptschacht der ehemaligen Flussspatgrube Rottleberode erfolgte mittels einer Kleinsttauchmotorpumpe vom Typ "VP 6012". Diese arbeitet nach dem Prinzip der Kreiselpumpen. Ein wesentlicher Vorteil liegt in den geringen Abmessungen (Durchmesser 36 mm, Länge 75 mm). Sie wird mit Gleichstrom 12 V betrieben.

Dieses Probenahmesystem wurde gewählt, um bei der teufenorientierten Probeentnahme so wenig als möglich Verwirbelungen bzw. Vermischungen der Wässer zu erreichen. Bei einer Beprobung mittels Schöpfer wäre besonders durch das mehrmalige Ein- und Ausfahren des Entnahmegertes eine Vermischung der Wässer der verschiedenen Horizonte wahrscheinlich.

Probenaufnahme nicht repräsentativ für Schacht, sondern für das Rohr

Für die Entnahme wurden im Vorfeld an der Pumpensteigleitung entsprechend der Entnahmetiefe (5, 10, 15 und 20 m) Markierungen angebracht. Die Gesamtlänge der Steigleitung beträgt 21 m. Dann wurde die Pumpe sehr langsam auf den ersten Entnahmehorizont (5 m) herabgelassen. Die Pumpe wurde in Betrieb gesetzt und insgesamt ca. 9 l Wasser entnommen. Die Förderleistung betrug dabei 3 l/min. In die vorbereiteten Probenbehälter wurden 0,7 l abgefüllt. Am restlichen entnommenen Wasser wurden sofort die Vor-Ort-Parameter bestimmt. Ein Zurückfließen des in der Steigleitung vorhandenen Wassers in das Beobachtungsrohr erfolgt bei dieser Pumpe nicht.

Nach Abschluss der Dokumentations- und Entnahmearbeiten wurde die Pumpe äußerst langsam auf den nächsten Entnahmehorizont herabgelassen. Nach Abpumpen des sich in der Steigleitung befindlichen Wassers (ca. 2,4 l) wurde, wie im oberen Abschnitt dargestellt, weiter verfahren. Unter Beachtung des wassererfüllten Rohrvolumens kann bei dieser Methodik mit ± 10 cm der angegebenen Entnahmetiefe ausgegangen werden. Die entnommenen Proben wurden im Labor untersucht.

Die gemessenen Vor-Ort-Parameter und die Analysenergebnisse sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Wasseranalysenergebnisse Beprobung Hauptschacht (30.08.04)

Probe:		Probe 1 5 m	Probe 2 10 m	Probe 3 15 m	Probe 4 20 m
		Vollrohr		Filterrohr	
pH-Wert		7,32	6,82	6,82	6,88
Leitfähigkeit	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1018	1113	1136	1159
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	13	12,7	12,3	12,3
Sauerstoffgehalt	mg/l	2,41	0,79	0,37	1,36
TOC	mg/L	<1	1,3	1,2	1,2
Natrium	mg/L	9,6	8,9	8,7	8,5
Kalium	mg/L	9,6	9,2	9,1	9,2
Calcium	mg/L	140	130	130	140
Magnesium	mg/L	38	35	34	35
Eisen-gesamt	mg/L	1,30	27,00	32,00	32,00
Eisen-gelöst	mg/L	1,20	25,00	28,00	29,00
Mangan-gesamt	mg/L	1,7	21,0	23,0	23,0
Mangan-gelöst	mg/L	1,5	19,0	21,0	21,0
Silicium	mg/L	2,5	3,8	3,9	3,9
Ammonium	mg/L	<0,01	0,041	0,039	0,035
Chlorid	mg/L	7,4	8,5	8,1	7,7
Sulfat	mg/L	400	370	380	360
Hydrogenkarbonat	mg/L	183	305	330	330
Nitrat	mg/L	3,5	0,37	0,25	0,21
Fluorid	mg/L	3,60	3,20	3,40	3,40
Arsen	mg/L	<0,001	0,008	0,008	0,009
Cadmium	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kupfer	mg/L	<0,01	0,016	<0,01	<0,01
Zink	mg/L	<0,01	0,028	0,01	<0,01

Schichtung?
ja, aber
im
Rohr!

Bewertung und Interpretation

Nach dem Profil der Leitfähigkeit (Abbildung 24) lässt die Wassersäule in dem Rohr aufgrund kleinerer „Sprünge“ in vier Abschnitte gliedern:

- von der Wasseroberfläche bei etwa 2 m unter GOK bis ca. 6,5 m
 - „sprunghafte“ Zunahme der Leitfähigkeit
- Von ca. 6,5 m bis ca. 12,7 m
 - „sprunghafte“ Zunahme der Leitfähigkeit
- Von ca. 12,7 m bis ca. 18,2 m
 - „sprunghafte“ Abnahme der Leitfähigkeit
- unterhalb ca. 18,2 m bis 20 m (Messendteufe)

Der Leitfähigkeits-„Sprung“ des Profils bei ca. 12,7 m lässt sich mit der Ausbauänderung korrelieren (Vollrohr/Filterrohr).

Das Temperaturprofil zeigt diese „Sprünge“ nicht. Der relativ starke Temperaturrückgang bis etwa 12 m (dieser obere Abschnitt ist somit wärmer) lässt sich mit der Jahreszeit erklären, d. h. es erfolgte eine Beeinflussung des Grubenwassers durch höhere Sommer-Lufttemperaturen. Wahrscheinlich spielt dieser „Sommereffekt“ auch bei der Messsonde eine Rolle: Sie wird mit (warmer) Lufttemperatur ins Wasser getaucht und braucht - je nach Wartezeit bzw. Fahrgeschwindigkeit – eine gewisse Zeit bzw. Strecke, um sich der Grubenwassertemperatur anzupassen.

thioia e

Aber auch die Wassertemperaturen der Pumpproben zeigen eine Abkühlung zur Tiefe. Zumindest der obere Abschnitt scheint somit durch Witterungseinflüsse beeinflusst zu sein (dafür spricht auch der höhere Sauerstoffgehalt der oberen Probe).

Die Leitfähigkeiten der Proben zeigen wie das Profil eine Zunahme zur Tiefe. Die im Profil dargestellte Abnahme im untersten Abschnitt scheint im Sommer 2004 nicht vorhanden zu sein.

Bedingt durch die Vor-Ort-Situation:

- vollverfüllter Schacht, oberhalb 75 m mit Haldenmaterial,
- Messung/Beprobung in einem ca. 21 m tief reichenden Rohr im Verfüllgut,
- nur die unteren 8 m des Rohres bestehen aus Filterrohren

sind Rückschlüsse auf die Wasserbeschaffenheit im Grubengebäude bzw. gar Aussagen über eine etwaige Schichtung im Grubengebäude aufgrund dieser isolierten Position allerdings kaum zu treffen. Das Wasser wird von unten in das Rohr gedrückt (ist beeinflusst durch das Versatzmaterial) und steht im Rohr, bis es manchmal über den Überlauf abfließt.

/ möglich

3.4.4.5 Vergleichende Bewertung zu den Ursachen der Beschaffenheitsentwicklung

Wie vorstehend dargestellt, weisen die verschiedenen Wasseraustritte im Bereich der Grube unterschiedliche Eigenschaften auf. Die hinsichtlich der Menge und der relevanten Inhaltsstoffe Eisen und Mangan bedeutsamen Merkmale sind in Tabelle 5 zusammengefasst, da hieraus Anhaltspunkte für die Ursachen der Beschaffenheit und die jeweiligen Stoffquellen abzuleiten sind.

Tabelle 5: Haupteigenschaften der relevanten Wasseraustritte aus dem Grubenbereich

Wasseraustritt	Menge	Eisen	Mangan
Sauerbreystollen	Geringer Einfluss von Niederschlag bzw. Wasserständen (Ø 230 L/min)	Konstant mäßig bei ca. 1 mg/L	„First-Flush“-Effekt mit Rückgang der Konzentrationen von 50 auf aktuell Ø 27 mg/L, geringer Rückgang der Konzentration bei > Menge
Daubstollen	Deutlicher Einfluss von Niederschlag bzw. Wasserständen, Schüttung nur kurzzeitig aber dann mit großen Mengen im Winterhalbjahr	Hohe Eisenkonzentrationen (Ø 14 mg/L)	Ø 22 mg/L, „First-Flush“-Effekt bei Anspringen des Auslaufes
Hangwasser	Geringe Normalschüttung (Ø ca. 20 L/min), hohe Schüttung nur kurzzeitig parallel mit Daubstollen	Konstant niedrig bei < 1 mg/L	Höchste Konzentrationen der drei Austritte (Ø 32 mg/L), deutlicher Rückgang der Konzentration bei > Menge

Aus dieser Zusammenstellung wird deutlich, dass die einzelnen Zuflüsse als Produkt der Wassermengen und Konzentrationen in unterschiedlichem Maße zu den ausgetragenen Gesamtfrachten beitragen. Abbildung 25 und Abbildung 26 ist zu entnehmen, dass der Daubstollen trotz der nur kurzzeitigen Schüttungsaktivität den Hauptlieferanten für Eisen darstellt. Allerdings kann dieser Eintrag in Jahren mit Wintern geringen Niederschlagsmengen (z. B. 2003/2004) ganz entfallen. Die Wasserführung zur Einleitung in die Krummschlacht scheint zudem zu Ausfällungen von Eisen zu führen, was die gegenüber der Gesamtfracht der Einzelzuläufe verringerten Mengen erklären könnte.

Dass die der Frachtenberechnung zugrunde gelegten Wassermengen jedoch stimmig sind, belegen die Manganfrachten (Abbildung 26). Zudem kann gezeigt werden, dass bei dem Monitoring der Grubenwasseraustritte keine relevanten Teilströme unberücksichtigt geblieben sind. Hinsichtlich der Manganfrachten kann daher konstatiert werden:

- Die Gesamt-Manganfrachten sind ca. um den Faktor 10 höher als der Eisenaustrag,
- die Anteile der einzelnen Zuflüsse sind über die Jahre vergleichsweise konstant,
- der Sauerbreystollen trägt mit Abstand am stärksten zu dem Manganausstoß aus der Grube bei. ?

! H. Fracht

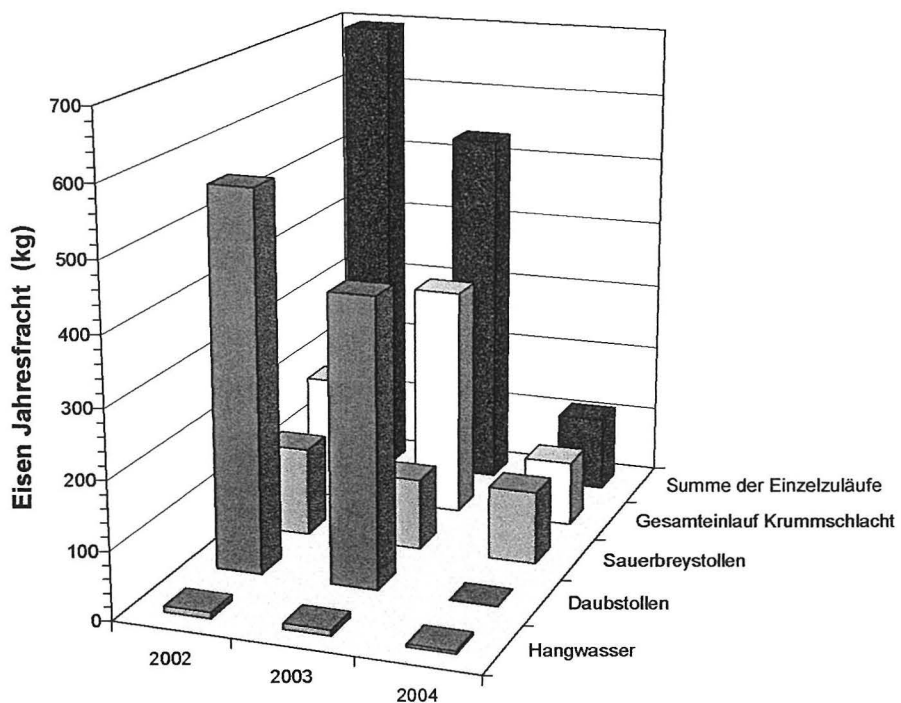


Abbildung 25: Verteilung der jährlichen Eisenfrachten auf die verschiedenen Zuflüsse aus dem Grubenbereich

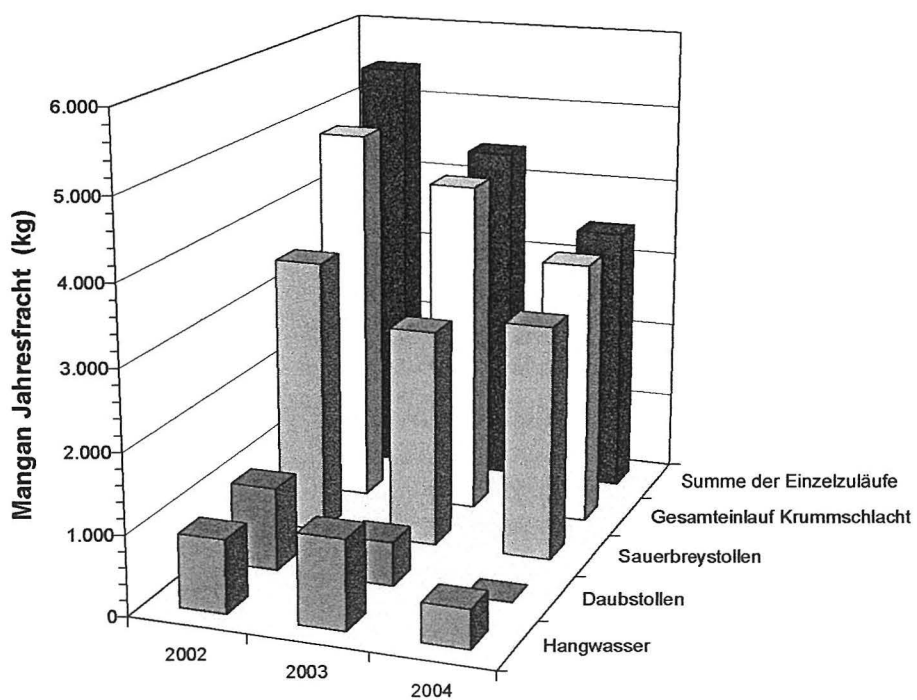


Abbildung 26: Verteilung der jährlichen Manganfrachten auf die verschiedenen Zuflüsse aus dem Grubenbereich

Es ist folglich festzustellen, dass – obwohl die Wässer prinzipiell der gleichen Lagerstätte entstammen – deutlich unterschiedliche Qualitäten vorhanden sind.

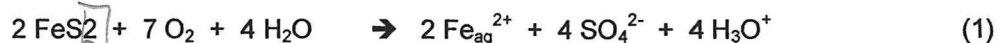
Ein entsprechendes Modell sollte zudem die bereits in Kap. 3.4.4.2 beschriebene Tatsache berücksichtigen (vgl. Abbildung 21, S. 37 und Abbildung 22, S. 38), dass die aktuell im Grubenwasserabfluss ermittelten Konzentrationen vor allem von Mangan deutlich über den beim Betrieb ermittelten Werten liegen. Dass nicht Verdünnungen durch Betriebswässer bzw. laterale Zuläufe dafür verantwortlich sein können, belegen die in Abbildung 27 erkennbar veränderten Konzentrationsverhältnisse dieser beiden Inhaltstoffe.

!!
Korrekturen
chem.-chem.
Bew. durchgeführt

Als wesentliche Quellen für Eisen und Mangan sind aufgrund der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Lagerstätte und der umgebenden Gesteine Sulfide (vor allem Pyrit (FeS_2)) und Siderit zu benennen (s. Kap. 3.4.2.2). Diese beiden Minerale konnten dementsprechend auch in den Proben aus der Spülhalde identifiziert werden. Beides sind zwar primär Eisenminerale, jedoch besitzen Siderite Mangangehalte bis zu 10 % /14/. Die Sideritformel wäre demnach als $\text{Fe}_{0,9}\text{Mn}_{0,1}(\text{CO}_3)$ zu schreiben. Oxidationsversuche mit siderithaltigen Tonsteinen haben gezeigt, dass unter oxidierenden Milieubedingungen bei oxidativer Lösung des Siderits die Mangankonzentrationen signifikant ansteigen /15/. Außer dem Mischkarbonat Ankerit sind in der Mineralparagenese (vgl. Tabelle 2, S. 24) keine weiteren Manganminerale beschrieben, so dass – obgleich insbesondere bei dem Monitoring des Grubenabflusses seit der Flutung außer Eisen und Mangan keine weiteren Reaktionsprodukte analysiert wurden – davon ausgegangen werden kann, dass hiermit die Manganquelle auch korrekt identifiziert ist.

Singular!

Mangan dominiert gegenüber Eisen in den Abflusskonzentrationen und auch in der Frachtbilanz deutlich. Gleichwohl kann davon ausgegangen werden, dass auch die Oxidation sulfidischer Erze erfolgt. Dass dies der Fall ist, belegen die Sulfatkonzentrationen in den während des Grubenbetriebes untersuchten Proben (Abbildung 13, S. 32) und auch in den Sickerwässern der Spülhalde (vgl. Tabelle 3, S. 39). Obgleich auch noch Chalkopyrit als verbreitete Mineralphase benannt wird, Kupfer jedoch in den Wässern keine Rolle spielt, kann die Sulfidverwitterung über die Pyritoxidation ausreichend genau beschrieben werden:

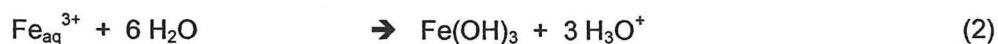


Durch die Sulfidoxidation entstehen Sulfate, die bis auf wenige Ausnahmen leicht löslich sind und sich in der hydrochemischen Komposition des Sickerwassers in Form erhöhter Sulfatgehalte bemerkbar machen. Das bei der Pyritverwitterung freigesetzte Fe^{2+} bleibt unter oxidierenden Verhältnissen bei Sauerstoffüberschuss nicht stabil, sondern wird unter Mitwirkung von sulfat- und eisenoxidierenden Mikroorganismen (*Thiobacillus ferrooxidans* bei $\text{pH} < 3$ oder *Gallionella ferruginea* bei $\text{pH} > 5$) zu Eisen Fe^{3+} oxidiert. Bei nicht extrem sauren pH-Werten wird es dann als Eisen(III)-Hydroxid oder -oxihydrat ausgefällt:

1cl

2
n
1cl

H Acidithiobacillus



welches wiederum unter Abspaltung von Wasser zu höher kristallinem Goethit (FeOOH) bzw. Hämatit (Fe_2O_3) umgewandelt wird.

Das mikrobiell erzeugte $\text{Fe}(\text{III})$ wirkt auf Pyrit wiederum als hochaktives Oxidationsmittel, wodurch die Pyritoxidation erheblich schneller abläuft, als bei alleiniger Anwesenheit des

Zur geochemischen Charakterisierung der Wasserqualitäten aus den verschiedenen Grubenbereichen wurde die Korrelation der Eisen- und Mangan-Konzentrationen in Abbildung 27 dargestellt.

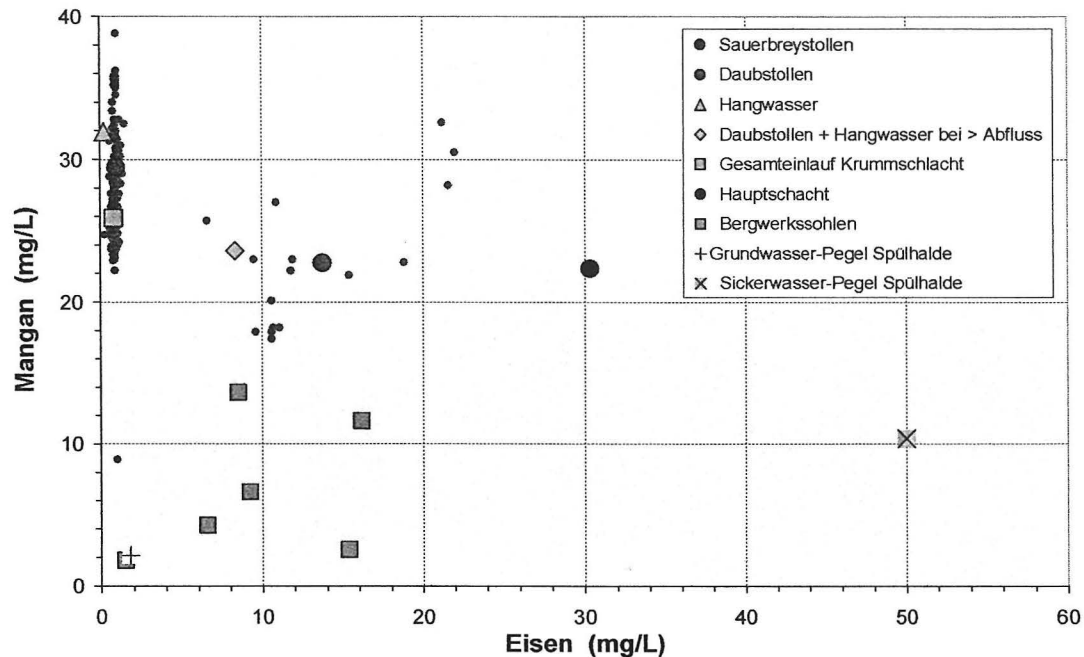


Abbildung 27: Korrelation der Mittelwerte der für die verschiedenen Messpunkte vorliegenden Daten zu den Eisen- und Mangankonzentrationen
(Für den Sauerbrey- und Daubstollen sind zudem die Einzelmessungen dargestellt.)

Deutlich sind hier die bereits mehrfach angesprochenen unterschiedlichen Konzentrationsverteilungen mit den folgenden Charakteristika zu erkennen:

Beschreibung:	Messstellen:
niedrige Eisen- und hohe Mangangehalte:	Sauerbreystollen Hangwasser Gesamteinlauf Krummschlacht
hohe Mangan- und intermediäre Eisengehalte:	Daubstollen
gute Korrelation von Eisen und Mangan:	Proben Bergwerkssohlen in Betriebsphase Grundwasser-Messstelle
hohe Eisen- und intermediäre Mangangehalte:	Sickerwasser-Pegel Spülhalde

Der Gesamteinlauf in die Krummschlacht wird durch den Zulauf aus dem Sauerbreystollen dominiert und entspricht diesem daher im Wesentlichen. In Phasen hoher Grundwasserstände und Abflüsse mit Anspringen des Daubstollens wurden Messungen nur im Mischwasser mit dem Hangwasser durchgeführt. Da die Mangankonzentrationen ähnlich sind, Eisen jedoch auch in dieser Phase kaum im Hangwasser erscheint, werden die Eisenkonzentrationen des Daubstollenwassers verdünnt.

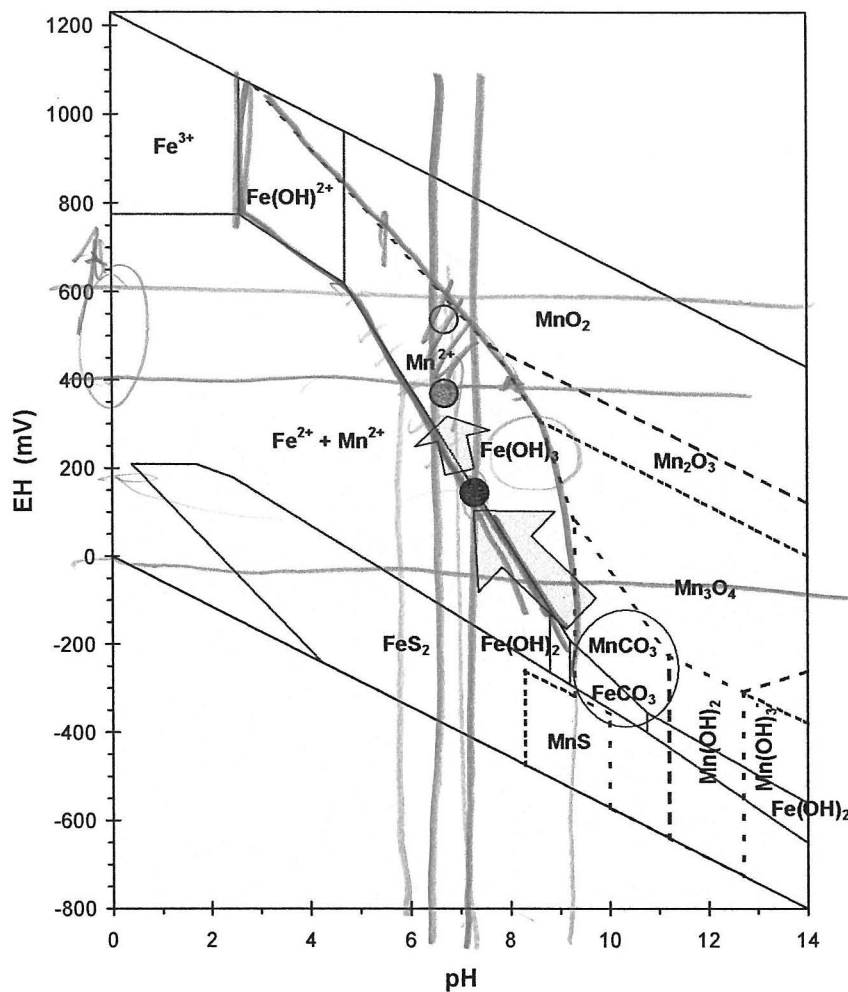


Abbildung 30: Vergleich der Löslichkeit von Mangan- und Eisenphasen in dem System Mn-Fe-CO₂-S-H₂O bei 25 °C und 1 atm Druck.

Die Feldergrenzen entsprechen Eisen(II)-, Eisen(III)- und Mangan(II)-Spezies-Aktivitäten von ca. 0,01 mg/l. Das System enthält 100 mg/l Karbonatspezies als Hydrogencarbonat und 100 mg/l Schwefel als Sulfat und weicht somit von der Zusammensetzung des Flutungswassers ab.

Stabilitätsfeldgrenzen Eisen = Rot, Stabilitätsfeldgrenzen Mangan = Magenta. Die eingetragenen Punkte sind ohne Bezug zu Eh-Messwerten basierend auf pH-Messungen gewählt.

Mittels dieser geochemischen Zusammenhänge lassen sich trotz weitgehenden Fehlens von Messwerten zum Redoxpotenzial die in Abbildung 27 (S. 46) zusammenfassend dargestellten unterschiedlichen Wassertypen durch unterschiedliche Sauerstoffverfügbarkeiten und Oxidationsintensitäten erklären. Das unterschiedliche Fällungsverhalten von Eisen und Mangan fungiert in diesem Prozessmodell als eine Art Filter, in dem überwiegend Eisen in wechselndem Anteil im Grubengebäude zurückgehalten wird. Die Wirksamkeit der Eisenfällung

wird durch die gegenüber Mangan erfahrungsgemäß schnellere Kinetik des Fällungsprozesses noch erhöht.

Messpunkt-Eigenschaften:	Erklärung:
Proben Bergwerkssohlen in Betriebsphase: gute Korrelation von Eisen und Mangan:	Bedingt durch die ausgeprägte Bewetterung sowie offene, luftgefüllte Hohlräume und entsprechende Sauerstoffverfügbarkeit wird neben Eisen auch Mangan ausgefällt und fixiert.
Die aktuell im Grubenwasserabfluss ermittelten Konzentrationen vor allem von Mangan liegen deutlich über den bei Betrieb ermittelten Werten:	Nach der Flutung hat sich die Sauerstoffverfügbarkeit vermindert. In der verkleinerten Oxidationszone oberhalb des Grundwasserspiegels wird zwar weniger Pyrit/Siderit gelöst, jedoch ist die Manganoxidation/-Fällung noch stärker zurückgegangen. Der Sauerstoff wird weitgehend durch Eisenoxidation/-Fällung verbraucht.
Sauerbreystollen, Hangwasser, Gesamteinlauf Krummschlacht: Niedrige Eisen- und hohe Mangan-gehalte:	Diese Prozesse wirken sich insbesondere auf den frachtwirksamen und kontinuierlich fließenden Sauerbreystollen aus. Die Wässer spiegeln die kontinuierlichen Stoffumsätze in der durch das Sickerwasser durchflossenen Oxidationszone mit einer erhöhten Direktableitung des freigesetzten Mangans wider. Die Verminderung der Eisengehalte könnte auf eine Veränderung der Oxidation unterworfenen bzw. durchsickerten Mineralparagenese (weniger Pyrit) bzw. auf verlängerte Verweilzeiten im Gebirge aufgrund geringerer hydraulischer Gradienten zurückzuführen sein.
Daubstollen: Hohe Mangan- und intermediäre Eisengehalte:	Bei Schüttung des Daubstollens werden Grubenbereiche oberhalb des Normalgrundwasserspiegels geflutet. In Analogie zu anderen Bergwerken kann angenommen werden, dass hier eine langsame Oxidation ohne Sauerstoffüberschuss erfolgt, die zur Bildung eisen- und manganreicher Porenwässer führt (Eisen kann auch als gut lösliches Eisen(II)sulfat vorliegen). Bei Flutung erfolgt eine Auswaschung der gespeicherten Porenwässer.
Hauptschacht, Sickerwasser-Pegel Spülhalde: Hohe Eisen- und intermediäre Mangan-gehalte:	Diese Wässer bzw. Entnahmehbereiche zeichnen sich anscheinend durch geringe Sauerstoffverfügbarkeit aus, so dass die selektive Eisenfällung nur sehr gering ausfällt.

Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang das Verhalten des Daubstollens (Abbildung 31). Anhand der Schüttungsphase Anfang des Jahres 2002 lässt sich zeigen, dass eine Art "First-Flush"-Effekt auftritt. Die anfänglich hohen Konzentrationen sind nicht

von Dauer. Der Zeitraum der Überflutung reicht jedoch nicht zu einer vollständigen Auswaschung des Eisenreservoirs aus. Dessen Nachlieferung ist, wie andere Flutungsbeispiele zeigen, an Diffusionsprozesse gebunden, die zwischen dem Porenraum und den durchströmten Wasserwegsamkeiten erfolgen.

Die Mangankonzentrationen stabilisieren sich auf einem Niveau unterhalb der Gehalte im Sauerbreystollen. Solche unterschiedlichen Mangankonzentrationen sind möglicherweise auch ein Resultat unterschiedlicher Wegsamkeiten im Einzugsgebiet mit unterschiedlicher Sideritmineralisation und Verwitterungsintensität. Auch eine Einbindung von Grubenbereichen (Niveau 1. Stollensohle) in die Zirkulation der erhöhten Wassermengen mit veränderten hydraulischen Gradienten ist grundsätzlich nicht auszuschließen.

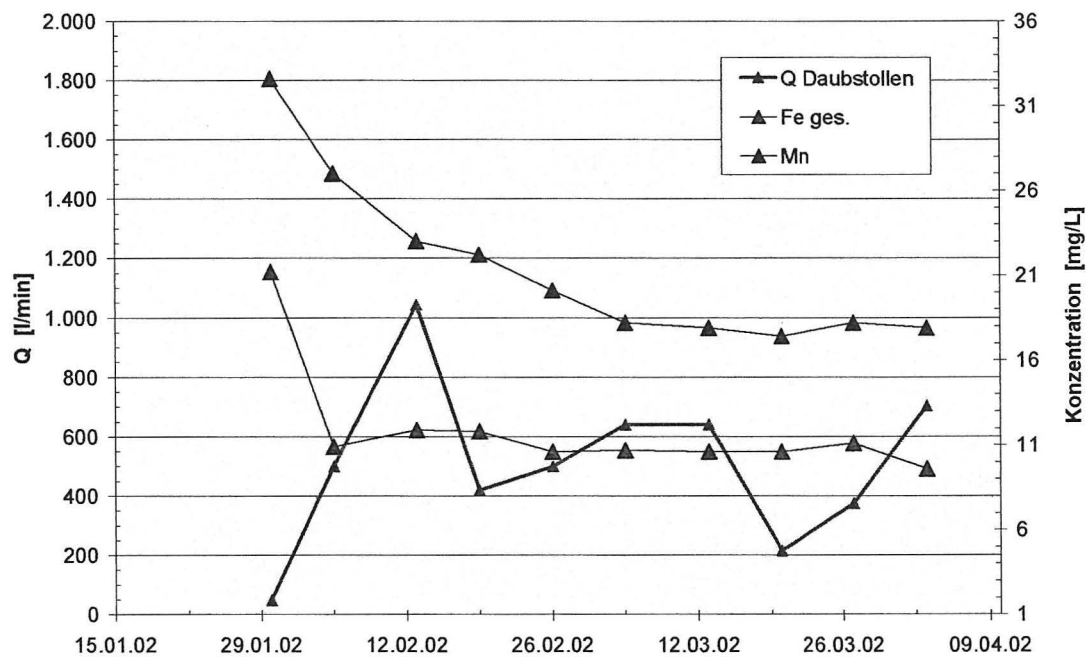


Abbildung 31: Zeitliche Entwicklung der Abflussmengen sowie der Eisen- und Mangankonzentrationen in dem Abfluss aus dem Daubstollen im Frühjahr 2002.

Somit lässt sich das folgende Prozessmodell als bestimmend für die beobachteten Wasserqualitäten zusammenfassen:

- Es findet Pyritoxidation und Sideritverwitterung statt.
- Das Mangan in den Grubenwässern stammt aus der Sideritmineralisation der Lagerstätte.
- Die gebildete Säure wird durch Karbonate wirkungsvoll abgepuffert.
- Es erfolgt eine selektive Fällung von Eisen gegenüber Mangan in wechselnden Intensitäten.

3.5 Defizitanalyse

3.5.1 Mengenproblematik

Eine fundierte Prognose der anfallenden Grubenwassermengen kann über eine Betrachtung der Grundwasserneubildungsprozesse vorgenommen werden. Dazu ist die Kenntnis

- der standortkonkreten klimatischen Bedingungen, insbesondere Niederschlagsgrößen
- des unterirdischen Einzugsgebietes
- der hydrodynamischen Verhältnisse (Druckgefälle und Gradienten, Wasserstände)
- der Durchlässigkeiten (unverritztes Gebirge, durch Störungen beanspruchtes Gebirge, Grubenbaue, z. T. versetzt)

erforderlich.

Die verfügbaren Daten sind für eine derartige Prognose nur bedingt verwertbar. Die entsprechenden in Kap. 3.4.3 vorgenommenen Betrachtungen und Berechnungen basieren in großen Teilen auf begründeten Annahmen, ohne dass konkrete Messergebnisse vorliegen, wobei für die vorliegenden Standortbedingungen diese auch mit verhältnismäßigem Aufwand nicht zu gewinnen sind. Insbesondere die Fließwege in der wassererfüllten Grube und im umgebenden Gebirge sind nicht näher bestimmbar.

Die so durchgeführten Wasserhaushaltsbetrachtungen führen zu einer Größenordnung, deren Plausibilität auf einem anderen Weg zu belegen ist.

Über die historischen Zustände der Wasserhebung während des Produktionsprozesses liegen keine Messreihen vor; es gibt lediglich Einzelwerte über gehobene Wassermengen. Auch über den Zeitraum nach bereits erfolgtem Überlauf von Grubenwasser (November 1995) bis 2001 sind nur Einzelinformationen verfügbar, so dass dieser Zeitraum auch im Vergleich mit früheren Prognosen nicht näher untersucht werden kann.

Als bessere Datenbasis können die seit 2001 umfänglich im Rahmen des Monitorings durchgeführten Mengenmessungen dienen. Es werden die Überlaufmengen aus dem Sauerbreystollen, dem Daubstollen und dem Hangwasser über eingebaute Messwehre wöchentlich und seit Sommer (27.07.2004) täglich ermittelt.

Seit Sommer 2004 (24.06.2004) wurde am Standort eine Wetterstation eingerichtet und die Mengenmessungen täglich durchgeführt, wodurch nach Vorliegen entsprechender Messreihen eine standortkonkrete Niederschlags-Abflussbeziehung erstellt werden kann.

Die im Einzugsgebiet vorhandenen Grundwasserströmungsverhältnisse können nur anhand der Überlaufmengen und der am Hauptschacht gemessenen Wasserstände nachempfunden werden. Es gibt keine Grundwassermessstelle im Einzugsgebiet. Als Anhaltspunkt konnte lediglich das Quellgebiet am Waldhaus herangezogen werden. Die für die Herausbildung der unterschiedlichen Beschaffenheiten so bedeutsame Lage des Grundwasserspiegels und insbesondere die Größe der jahreszeitlichen Schwankungen sind nicht bekannt, so dass der in der Anlage 6 dargestellte Schwankungsbereich eine angenommene Größe darstellt.

3.5.2 Beschaffenheitsproblematik

Der vorhandene Datenbestand weist einige Lücken auf, die z. T. die historischen Daten betreffen und somit nicht gefüllt werden können. So sind zwar während des Betriebes Grubenwässer beprobt und auch mit vollständigem Analysenumfang untersucht worden, jedoch lassen sich die jeweilige Herkunft der Wässer bzw. deren Mischwassercharakter nicht sicher rekonstruieren. Auch liegen diese Daten nur selektiv für zwei Kampagnen von 1979 sowie Mitte der 80er Jahre vor.

Daten zu den Beschaffenheitsentwicklungen des gehobenen Grubenwassers während der Abbauphase sind ebenfalls nicht vorhanden. Diese Pauschalwasserzusammensetzung würde gegenüber den mengenmäßig nicht einzuordnenden Einzelproben einen besseren Vergleich mit den aktuellen Wasseranalysen ermöglichen.

Die größten Unsicherheiten betreffen jedoch die nur auf die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Eisen und Mangan analysierten aktuellen Wasseraustritte aus der Grube. Eine Analyse und Quantifizierung der zugrunde liegenden Prozesse wie Pyritoxidation und Karbonatpufferung und ein Vergleich mit der aktiven Bergbauphase ist so nicht möglich. Auch eine Messung von Redoxpotenzialen mittels geeigneter Apparaturen (unter Ausschluss von Sauerstoffzutritten während der Messung) wäre zur Überprüfung des hier vorgestellten Prozessmodells hilfreich.

4 Prognose

4.1 Mengenentwicklung

In /10/ war die Bemessung der Dauer der Flutung der Grube ein Schwerpunkt der Betrachtungen. Dieser Prozess ist mit dem Überlaufen der Grube am 09.11.1995 abgeschlossen.

Hinsichtlich der dort enthaltenen Aussagen zu den prognostizierten Zuständen und den realen Verhältnissen ergibt sich folgender Vergleich:

Gutachten 1991 /10/	Aktueller Zustand												
Nach Flutung der Grube wird sich im wasser-gefüllten Bereich (Grubensystem und umgebendes Gebirge) ein natürliches Grundwassergefälle zum Krummschlachtbach einstellen.													
Der wahrscheinliche Wasseraustritt wird über den Sauerbreystollen erfolgen.	Der wesentliche Wasseraustritt erfolgt über den Sauerbreystollen, dem somit eine Schlüsselfunktion zukommt. Der Daubstollen springt nur bei entsprechend hohen Wasserständen an.												
Möglich ist die Ausbildung eines Quellhorizontes im Bereich des Schachtgeländes, da hier einige Altbergbaustollen verlaufen, die ebenfalls durch den Wasserspiegelanstieg geflutet werden.	Die „Quellhorizonte“ sind als „Hangwasseraustritte“ entstanden; sie werden durch eine Rinne gefasst.												
Mit der Beruhigung des Fließgeschehens von der Teufe an aufwärts bildet sich ein hydraulisch statisches System aus.	Die vorliegenden Messreihen seit 2001 belegen ein stabiles hydraulisches System, das wesentlich durch Niederschlagsereignisse beeinflusst wird.												
Die auslaufende Wassermenge wird bei 3 - 4 l/s liegen.	Aus den Messreihen (Januar 2001 bis Oktober 2004) sind für die Gesamtmenge folgende Größen zu ermitteln: <table><tr><td>Min</td><td>2,5 l/s</td><td>=</td><td>150 l/min</td></tr><tr><td>Mittel</td><td>5,1 l/s</td><td>=</td><td>305 l/min</td></tr><tr><td>Max</td><td>25,7 l/s</td><td>=</td><td>1540 l/min</td></tr></table> Für das Jahr 2004 wurden im Mittel 4,0 l/s berechnet. Die Grundwasserneubildungsrate für das zugehörige Einzugsgebiet wurde mit 6,62 l/s berechnet.	Min	2,5 l/s	=	150 l/min	Mittel	5,1 l/s	=	305 l/min	Max	25,7 l/s	=	1540 l/min
Min	2,5 l/s	=	150 l/min										
Mittel	5,1 l/s	=	305 l/min										
Max	25,7 l/s	=	1540 l/min										

- rate bzw. -spende
muss auf Fläche
bezogen sein, sonst
Sinnlos!

Hinsichtlich einer prognostischen Einschätzung ist festzustellen:

1. Mit den gemessenen Werten wurde die Prognose im Grundsatz bestätigt.
2. Im Mittel werden 5 l/s Grubenwasser über das vorhandene Wasserableitungssystem gefasst und abgeleitet.
3. Die Mengen schwanken sehr stark; sie können bei Starkregenereignissen oder Schneeschmelze das 5-fache des Mittelwertes erreichen.
4. Diese großen Schwankungen sind bei Betrachtungen der Auswirkungen der Grubenwassereinleitung auf die Umwelt, insbesondere auf den natürlichen Vorfluter, die Krummschlacht, dahingehend zu berücksichtigen, dass nur über Frachtenbetrachtungen folgerichtige Schlussfolgerungen gezogen werden können.

4.2 Beschaffenheitsentwicklung

Wie die Beschreibungen der bisherigen Grubenwasserentwicklung sowie der aktuellen Verhältnisse gezeigt haben, bilden die in den Vorfluter Krummschlacht eingetragenen Stofffrachten die Bezugsbasis sowohl für eine Bewertung des Grubenwassereinflusses in Abhängigkeit von dessen Wasserführung als auch für eine Prüfung etwaiger Verfahrensalternativen. Abbildung 32 und Abbildung 33 zeigen den zeitlichen Verlauf der in den Abbildung 25 (S. 45) und Abbildung 26 (S. 45) summarisch dargestellten Jahresfrachten.

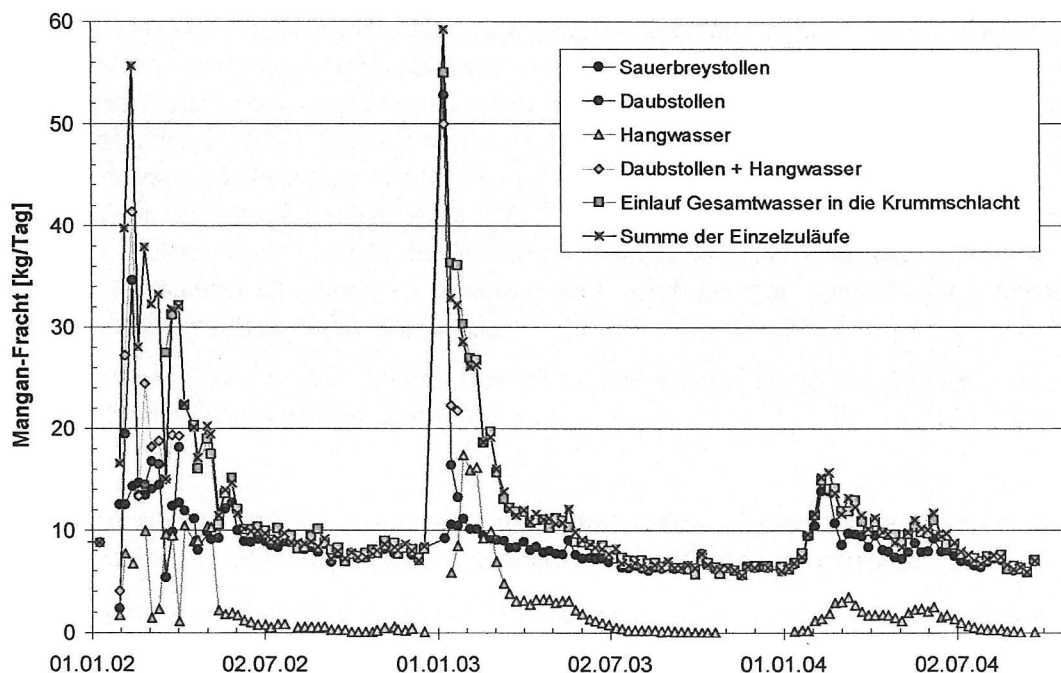


Abbildung 32: Zeitliche Entwicklung der Manganfrachten in den Teilströmen aus der Grube und dem Gesamtabfluss

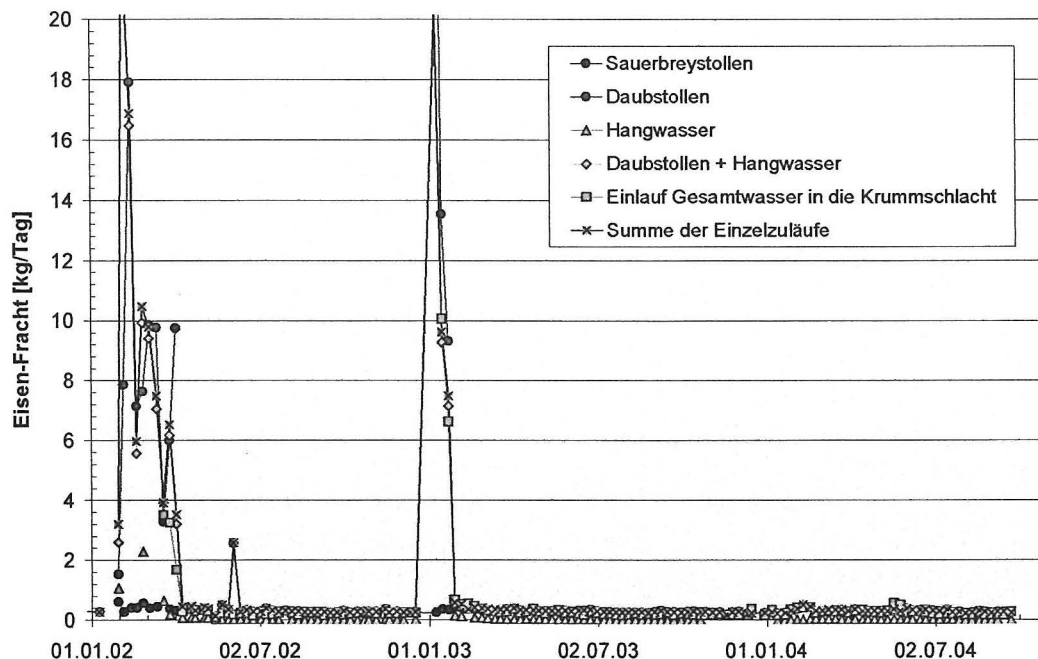


Abbildung 33: Zeitliche Entwicklung der Eisenfrachten in den Teilströmen aus der Grube und dem Gesamtabfluss

Obleich Mangan, abgesehen von den höheren Frachten im Vergleich zu Eisen, auch die höhere kontinuierliche Grundlast besitzt, zeigen sich auch hier deutlich jahreszeitliche Spitzen jeweils zu Jahresbeginn. Die Gegenüberstellung von Wassermengen und Konzentrationen in den Teilströmen zeigte deutlich die gegenseitige Abhängigkeit insbesondere für Mangan (Abbildung 19, S. 36). Die sich dort andeutende Abnahme der Konzentrationen zeigt sich bei der integrativen Frachtenbetrachtung nicht. Bedingt durch die fehlende Schüttung des Daubstollens werden die Jahresmengen 2004 möglicherweise geringer als in den Vorjahren ausfallen, aufgrund der weiterlaufenden Oxidationsprozesse im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegel ist jedoch zu erwarten, dass diese Mengen dann bei dem nächsten Wasseranstiegsereignis ausgespült werden.

Entsprechendes gilt für Eisen, dessen Austrag ganz überwiegend von der diskontinuierlichen Wasserführung des Daubstollens abhängt.

Die Entwicklungen der den Frachten zugrundeliegenden Wassermengen und Qualitäten werden im Folgenden hinsichtlich der prognostischen Tendenzen ausgewertet.

Eine Prognose der künftigen Zusammensetzung der Teilströme aus der Grube Rottleberode hängt in hohem Maße von dem Zusammenwirken der einzelnen Komponenten des beschriebenen Reaktionssystems ab. Überwacht und gemessen wurden jedoch hauptsächlich die resultierenden Schadparameter Eisen und Mangan, die nur bedingt Rückschlüsse auf die zugrundeliegenden Prozesse erlauben. Indirekt erlaubt dies der pH-Wert, dessen Stabilität (vgl. Abbildung 29, S. 49) darauf hindeutet, dass das karbonatische Puffersystem unverändert wirksam ist, und, da Calcit einen wesentlichen Bestandteil der Lagerstätte darstellt (Tabelle 2, S. 24), ist davon auszugehen, dass dessen Pufferwirkung auch in den nächsten

was ist das?

?????
wie sieht das aus?

Jahren noch erhalten bleibt. Inwieweit dies auch langfristig der Fall sein wird, ist kaum zu beurteilen, da dies sehr stark von der räumlichen Verteilung der Reaktionskomponenten abhängt.

Aus der Analyse der hydrodynamischen Verhältnisse kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund des Aufbaus des Grubengebäudes und insbesondere der Lage der Wasserablenkungsstollen ein Abstrom der Sickerwässer überwiegend im oberflächennahen Bereich der Grundwasseroberfläche in Richtung der Stollenöffnungen erfolgt. Somit erfolgt zwar keine Durchströmung der gefluteten Grube und damit keine Ausspülung des dort im Hohlraumwasser gespeicherten Stoffreservoirs, jedoch auch keine Vergleichmäßigung der Sickerwässer im Grubengebäude.

Nach der Beschreibung der Lagerstätte in Kapitel 3.4.2.2 besteht die Lagerstättenmineralisation (Abfolge II) im Wesentlichen aus Quarz, Fluorit, Baryt, Kalzit und Siderit. Pyrit ist hingegen der Abfolge I zuzuordnen und steht somit möglicherweise nicht in direktem Kontakt zur Karbonatmineralisation. Es ist nicht auszuschließen, dass Pyrit- und Sideritoxidation räumlich voneinander getrennt und unabhängig voneinander ablaufen. Eine Differenzierung dieser Prozesse z. B. bezüglich unterschiedlicher Einflüsse auf den Ausfluss des Sauerbrey- und Daubstollens und somit eine Prognose ist mit dem vorhandenen Datenbestand nicht möglich.

Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass sich die gegenwärtigen Verhältnisse in diesen beiden relevanten Teilströmen mittelfristig nicht verändern werden. Wie die langfristigen Beobachtungen seit 1996 zeigen, haben sich hohe Mangananfangskonzentrationen über einen Zeitraum von fünf Jahren deutlich vermindert (Abbildung 22, S. 38). Dieser First-Flush, der auf Manganauswaschungen (leicht lösliche Mangansalze und/oder hochkonzentrierte Porenwässer) aus den durchströmten Grubenbereichen nahe der Grundwasseroberfläche beruht, scheint seit Mitte 2002 abgeschlossen. Bei Eisen trat dieser Effekt in dieser Form gar nicht auf (Abbildung 21, S. 37).

Die gegenwärtigen Zusammensetzungen der kontinuierlichen Wasseraustritte beruhen demnach auf den aktuellen Stoffumsetzungen im wasserungesättigten Gebirge (Sickerwasser) bzw. an der Grundwasseroberfläche. Veränderungen bedürfen daher einer Erschöpfung der an den Reaktionen beteiligten Komponenten. Da über die Stoffmengenverteilung auf den relevanten Sicker- und Strömungswegen keine Aussagen gemacht werden können, ist diesbezüglich auch keine Prognose möglich.

Anhaltspunkte können die über die Frachtenbetrachtung ermittelten Massenumsätze liefern. Aus den Annahmen, dass Mangan aus der Sideritoxidation stammt, der Mangananteil im Siderit 10 % beträgt und die freigesetzte Manganmenge vollständig ausgetragen wird, berechnet sich aus einem Manganaustrag von ca. 4.500 kg/Jahr (vgl. Abbildung 26, S. 45) eine gelöste Sideritmenge von 95 t/Jahr. Es ist davon auszugehen, dass der Bergbau Zerrüttungen des Gebirges und der Lagerstätte hervorgerufen hat und sich das verwitterungsfähige Volumen dadurch gegenüber dem geogenen Zustand erhöht hat. Eine Maximalbetrachtung zu den noch zu erwartenden Stoffausträgen könnte über eine Abschätzung der verbliebenen Restvererzung in der Oxidationszone erfolgen. Eine realitätsnahe Betrachtung müsste jedoch die räumliche Verteilung und Verfügbarkeit mit berücksichtigen.

Sollte die Modellvorstellung zutreffen, dass der Austrag aus dem diskontinuierlichen Wasseraustritt Daubstollen bei Überstauung dieses Hohlraumlineamentes nach dem First-Flush-Prinzip erfolgt, sind entsprechende Austragsereignisse auch weiterhin zu erwarten, sofern es

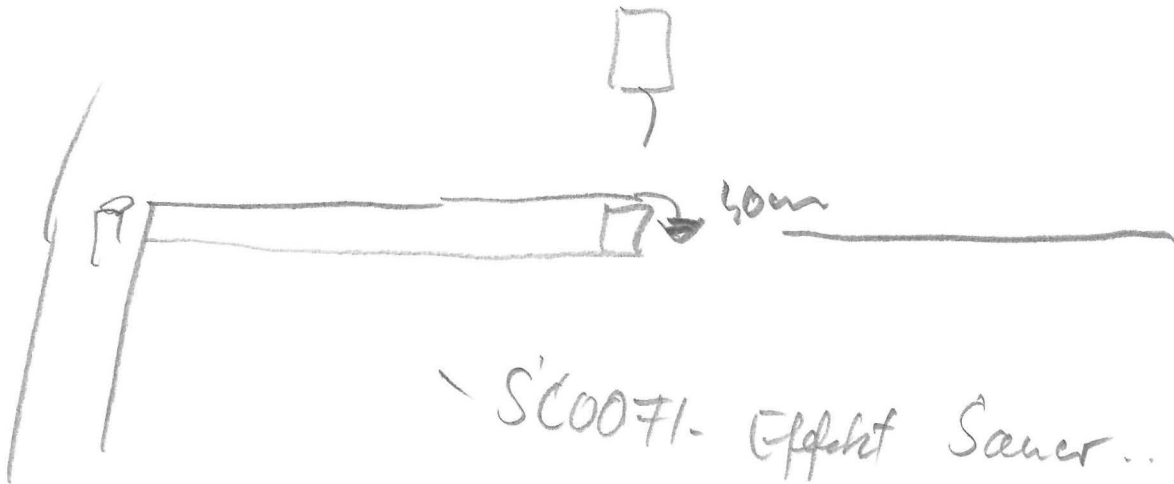
es gibt
Herfahre

Wasser-
Lid

Doch
mit PHREEQC
Zunehmend
im Brutto
möglich

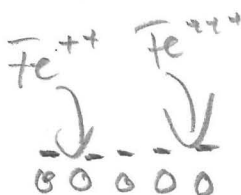
nicht gelingt, die Grundwasseroberfläche stärker auf dem Niveau des Sauerbrey-Stollens zu stabilisieren.

Das Austragssystem aus der Grube Rottleberode erscheint somit in jeder Hinsicht stabil. Ein rasches Abklingen der derzeitigen Austräge ist daher unwahrscheinlich. Die niederschlagsabhängigen Konzentrationen und Schwankungsbreiten werden somit ohne weitere den Wasser- und Gashaushalt der Grube beeinflussende Maßnahmen den für die letzten Jahre ermittelten Größenordnungen entsprechen (vgl. Kap. 3.4.4.2).



- SCOOTI-Effekt Sauer... stolle
- wo ist pH/Ch. Betrachtung
in Fe/Gr-Fällen?

Bei den gegebenen pH-Werten
lässt mögliche O₂-Zufuhr, um
Fe-Oxidation zu fördern



5 Verfahrensalternativen

5.1 Maßnahmen, die sich auf den Stoffhaushalt in der Grube auswirken

Grundsätzlich müssen Eingriffe in den Stoffhaushalt der Grube in besonderem Maße die den jeweiligen Wasseraustritten zugrundeliegenden Prozesse berücksichtigen. Aus den beschriebenen Zusammenhängen lassen sich folgende grundsätzliche Varianten ableiten und in ihren Auswirkungen prognostizieren.

Erhöhung des Wasseranstaus in der Grube

Die grundsätzliche Wirkungsweise eines solchen Verfahrens liegt darin, dass, in ähnlicher Weise wie bei der Flutung, durch weitere Erhöhung des Wasserspiegels über Vorflutniveau das der Oxidation ausgesetzte Gebirgs- und Lagerstättenvolumen verkleinert wird und somit die oxidativen Stoffumsätze vermindert werden.

Dem stehen unter den Bedingungen der Grube Rottleberode mehrere wahrscheinlich gegenläufige Effekte entgegen:

- Die Oxidationsprozesse, die zur kontinuierlichen und hauptsächlichen Freisetzung des Mangans führen, dürften im Wesentlichen nicht direkt im Bereich des aktuellen Grundwasserniveaus ablaufen.
- Nach Wasseranstau ist zunächst ein First-Flush in der Art der sporadischen Überstauung des Daubstollenniveaus zu erwarten.
- Wasserspiegelschwankungen werden dann nach wie vor in Abhängigkeit von Niederschlägen und Sickerwasserbildung auftreten und zu ähnlichen Effekten wie bereits derzeit führen. Auch durch einen Verschluss des Daubstollens können die Wasserspiegelschwankungen und die damit verbundenen Auswaschungsprozesse nicht verhindert werden.
- Die Intensität der Wasserspiegelschwankungen und die Wahrscheinlichkeit diffuser Wasseraustritte erhöht sich durch Verschlechterung der Drainageverhältnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit. Insbesondere werden die z. Z. über die Hangrinne gesammelten Wässer zu einer nicht kalkulierbaren Größe.

Erhöhung der Wirksamkeit des Sauerbreystollens

Der Sauerbreystollen spielt als Hauptsammler eine besondere Rolle für einen kontrollierten Abfluss der Grubenwässer. Seine Funktionalität muss erhalten bzw. erhöht werden, da er teilweise verbrochen und damit dauerhaft nicht sicher ist. Ein lokaler Verschluss durch tonige Bestandteile nicht auszuschließen. Eine vollständige bergmännische Aufwältigung ist dennoch nicht erforderlich, da zwar der Verbruch andere Durchlässigkeiten aufweisen wird, insgesamt aber die Entlastung des Grundwassers über die vielfältigen Wegsamkeiten der weiteren Grubenbaue sowie der tektonischen Zerrüttungszonen dennoch gewährleistet wird, d.h. Rückstauerscheinungen über den Daubstollen hinaus nicht zu befürchten sind.

Die Erhöhung der Wirksamkeit des Sauerbreystollens kann durch einen zweiten Auslauf erreicht werden. Dafür scheint eine Aufwältigung des mit Magerbeton versetzten Teilstücks

(54 m), Verlegen einer Leitung und anschließendem erneuten Verschluss sinnvoll. In diesem Zusammenhang könnte eine Probebohrung durch den Verbruch realisiert werden, um eine Leitung durch die Bruchzone bis in den frei stehenden Stollenbereich zu verlegen.

halbes
für nicht
notig

Dies hätte die folgenden Auswirkungen:

- Verbesserung der Abflussverhältnisse und damit eine sichere, kontrollierte Abführung der Grubenwässer
- Verzögern des Anspringens des Daubstollens mit seinen eisenreichen Wässern
- Anreicherung der Reaktionsprodukte mit dem Risiko der Auswaschung bei dennoch erfolgtem Wasserspiegelanstieg, insbesondere bei Starkregenereignissen bzw. Schneeschmelze.
- Keine signifikante Beeinflussung des Manganaustrittes.

Eine Verbindung des Sauerbreystollens zum Hauptschacht erscheint nicht sinnvoll; das sich dort eingestellte stabile System sollte nicht gestört werden.

h. d. g.

Abdichtung Oberfläche gegenüber Sauerstoffzutritt

Eine solche Vorgehensweise ermöglicht am wirkungsvollsten, die Stoffumsätze in der Grube zu vermindern, da durch Trennung der Edukte der beschriebenen Umwandlungsprozesse in der Grube die Primärprozesse der Pyritoxidation und oxidativen Sideriterwitterung verhindert bzw. vermindert werden. Dieses Konzept weist jedoch für die meisten Standorte signifikante Umsetzungsprobleme auf, so auch für die Grube Rottleberode:

- Das Grubenfeld ist groß und die bevorzugten Oxidationszonen nicht bekannt.
- Eine Abdichtung von bevorzugten Oxidationszonen z. B. durch Injektionen ist mit noch darstellbarem Aufwand mit zweifelhaftem Erfolg verbunden.

geleitet
nicht, dass
unterirdisch.
Eine geht
nicht
unterirdisch
entwässert
(→ Abb. M)

5.2 Maßnahmen, die sich auf die abfließende Wassermenge aus der Grube auswirken

Ziel der folgenden Überlegungen ist, Möglichkeiten einer Verringerung der Einleitmengen aufzuzeigen. Dabei ist zu bedenken, dass sinnvollerweise nur die Mengenanteile/Teilströme zu verringern sind, die ein hohes Schadstoffpotential führen. Eine Verringerung der anderen Teilströme, die lediglich eine Verdünnung darstellen, ist kein Beitrag zur Verkleinerung der in die Krummschlacht eingeleiteten Schadstofffracht.

Verringerung der Grundwasserneubildungsmenge

Durch flächenhafte Versiegelungen/Abdichtungen von Bereichen mit erhöhter Durchlässigkeit (z. B. Pingengebiet) kann eine Verringerung der Grundwasserneubildungsmenge erreicht werden. Dadurch wird die Menge Sickerwasser, das sich in der Aerationzone mit Schadstoffen (Fe, Mn) anreichern kann, geringer. Eine solche Maßnahme könnte somit als Beitrag zur Verringerung der Schadstofffracht betrachtet werden.

Infolge der konkreten Ausbildung (große Flächen) und der forstwirtschaftlichen Nutzung ist eine solche Maßnahme nicht praktikabel.

↓

Verrohrung/Abdichtung des oberen Abschnittes des Langen Tales

Eine Verrohrung/Abdichtung des oberen Abschnittes des Langen Tales über den Grubenbauen könnte zu einer Reduzierung der Grubenwassermenge führen. Eine Reduzierung der Schadstofffracht im Grubenwasser wird dadurch nicht erreicht. Außerdem sind derartige Maßnahmen an einem natürlichen Gewässer und innerhalb eines Waldgebietes aus ökologischer Sicht nicht zu favorisieren.

5.3 Maßnahmen zur Verbesserung der Beschaffenheit des Einleitwassers

Eine Behandlung des Grubenwassers außerhalb der Grube ist lediglich mit den emittierten Produkten und damit nicht mit den komplexen Wechselwirkungen innerhalb der Grube konfrontiert. Andererseits schwankt der Gesamtabfluss deutlich in der Menge (200 bis 1.600 L/min), während die Zusammensetzung insbesondere von Mangan weitgehend konstant bleibt (Abbildung 18, S. 35).

Die Umsetzbarkeit solcher Konzepte hängt wesentlich von den tolerierten Einleitwerten in die Krummschlacht ab. Es macht Sinn, die Zielwerte einer Behandlung an der ökologischen Belastbarkeit des Vorfluters zu orientieren, um eine optimale Kosten-Nutzung-Bilanzierung vornehmen zu können.

5.3.1 Passive Grubenwasserbehandlung

Passive Grubenwasserbehandlungsanlagen basieren auf einer Belüftung und Oxidation der Wasserinhaltsstoffe mit dem Ziel, Hydroxide bzw. Oxide zu bilden und diese dann zu sedimentieren. Eine solche Anlage erfordert gewisse räumliche Rahmenbedingungen (Gefälle, Fläche), um einen passiven Ablauf tatsächlich ermöglichen zu können. Darüber hinaus sind die klimatischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, da ein Einfrieren der Anlage zu einem unkontrollierten Abfluss führen würde. Für den Standort Rottleberode stellt sich dies folgendermaßen dar.

- Der Standort im Bereich der Grubenwasseraustritte wäre für eine passive Behandlungsanlage grundsätzlich geeignet, die klimatischen Bedingungen (s. o.) sind zu überprüfen.
- Die austretenden Wassermengen befinden sich in einer Größenordnung, die mittels passiver Verfahren grundsätzlich zu bewältigen ist.
- Bedingt durch die bessere Oxidation und Fällung eignet sich ein solches Verfahren insbesondere für die Entfernung von Eisen.
- Mangan erfordert eine intensivere Oxidation sowie neutrale bis basische pH-Werte. Hier wäre durch Tests zunächst die prinzipielle Machbarkeit und die Ableitung der erforderlichen Eigenschaften einer solchen Anlage zu testen.

Gegebenenfalls wäre auch eine eingeschränkt passive Anlage mit halbautomatischer Dosierung eines Fällungshilfsmittels denkbar, welches in Abhängigkeit vom Durchfluss dosiert wird.

↑ was soll das bringen, wenn pH-Wert nicht angehoben wird

NEIN
NEIN

5.3.2 Klassische Behandlungsverfahren zur Entfernung von Eisen und Mangan

Konventionelle

Enteisenung

ERST pH-Wert anheben

Eine klassische Eisenentfernung wird üblicherweise durch die Umwandlung von gelösten Fe^{2+} -Ionen in die dreiwertige, schwerlösliche und somit gut entfernbare Form $\text{Fe}(\text{OH})_3$ vorgenommen. Praktisch kann dies durch eine Belüftung in Riesler- und Verdünsungsanlagen, durch eine Druckbelüftung und Zumischung von Luft in der Rohwasserleitung oder durch eine biologische Oxidation durch eisenspeichernde Bakterien bewirkt werden. Der Einsatz eines dieser Verfahren ist von der Ausgangskonzentration des Eisenions und dem Vorhandensein von Störstoffen wie Ammonium, Methan und Huminstoffen abhängig. Das ausgefällte Eisen ist mit geeigneten Filtern zurückzuhalten und einer Schlammbehandlung zuzuführen (siehe Entmanganung).

konventionell

Entmanganung

Die Behandlungsmethoden zur Entfernung von Mangan und Eisen ähneln sich. Unter klassischer Entmanganung versteht man die Entfernung von Mangan(II) durch Oxidation zu schwerlöslichem Mangan(IV)-oxidhydrat und dessen Abtrennung durch Filtration. Allerdings ist Mangan i. d. R. ungleich schwieriger abzuscheiden als Eisen. Das Wasser muss zur Entmanganung in jedem Fall im neutralen bis schwach basischen Bereich sein. Die Entmanganung kann also gegebenenfalls erst nach einer Entsäuerung durchgeführt werden. Auch bei / verhindern die bei der Eisenentfernung genannten Störstoffe ebenfalls eine Manganentfernung.

Zur Initiierung der Manganoxidation (Ansprechen der Manganfällung) wird i. d. R. auf eingearbeitetes Filtermaterial (Kiesschüttung aus betriebenen Entmanganungsfiltern) zurückgegriffen oder eine zeitlich befristete Zugabe von Kaliumpermanganat vorgenommen, mit der die Ansiedlung von natürlichen Manganbakterien angeregt werden soll. Ist eine stabile Besiedlung der Filtermaterialien ausgeprägt, kann die Zugabe von Kaliumpermanganat (künstliche Manganquelle) beendet werden.

Die Oxidation und Abtrennung der gefällten Eisen und Manganoxide wird üblicherweise mit verschiedenen Filtersystemen realisiert. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens / Verfahrenskombination hängt von der chemischen Zusammensetzung des aufzubereitenden Wassers, der Wassermenge (der daraus resultierenden Anlagengröße) und des Reinigungszieles ab.

Langsam(Sand)filter:

Im Langsam(Sand)filter wird die natürliche Bodenfiltration nachgeahmt. Als Filtermaterial dient gewaschener Sand und Kies. Das Wasser legt dabei im Filter in einer Stunde eine Strecke von 5-20 cm zurück. Durch die Besiedelung des Filters mit adaptierten Bakterienpopulationen kommt es zur Entfernung von unerwünschtem Eisen, Mangan und organischen Stoffen, sowie zur Oxidation von Ammonium zu Nitrat.

Schnellfilter (Druckfilter): Im Schnellfilter ist die Filtergeschwindigkeit ca. 40-50 mal höher als im Langsam(Sand)filter. Je nach Aufbereitungsziel wird Filtermaterial mit wechselnder Zusammensetzung und Körnung

Wo ist Flokku?

gewählt. Der Einsatz von Mehrschichtfiltern (Zweischicht- bzw. Dreischichtfilter) ist möglich. Dies hat den Vorteil, dass sowohl große Konzentrationen suspendierter Partikel wie Lehm oder Ton, als auch feindisperse Partikel wie Algen und Bakterien, mit entfernt werden können

Trockenfilter:

Trockenfilter stellen eine Kombination zwischen Filtration und Belüftung dar. Dies ermöglicht bzw. erleichtert sowohl die Entfernung hoher Gehalte an NH_3 und H_2S , als auch die Enteisung und Entmanganung

Es ist festzustellen, dass mit einem an das Rohwasser angepassten klassischen Behandlungsverfahren eine Enteisung und Entmanganung bis zu Restkonzentrationen von 2 mg/l /8/ prinzipiell möglich ist.

Trotz Automatisierungsmöglichkeiten sind dauerhaft hohe Betriebskosten zu erwarten.

Vor- und Nachteile klassischer (aktiver) und passiver Behandlungsverfahren sind in Tabelle 6 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 6: Vor- und Nachteile ^{konventioneller} klassischer (aktiver) und passiver Behandlungsverfahren

Verfahren	Vorteile	Nachteile
klassische (aktive) Behandlungsverfahren	konstante Reinigungsleistung (gut quantifizierbar/steuerbar)	relativ hohe Kosten: <ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungs- und Instandhaltungskosten der Anlage • laufende Wartung erforderlich • Entsorgung/Deponierung anfallender Schlämme erforderlich • ggf. Zugabe von Chemikalien erforderlich (Kalkmilch)
passive Behandlungsverfahren	geringere Kosten: <ul style="list-style-type: none"> • keine ständige Wartung erforderlich (bestimmter Pflege- und Unterhaltungsaufwand ist aber vorhanden!) • keine Zugabe von Chemikalien • ggf. geringere Anschaffungskosten 	Reinigungsleistung nicht konstant (abhängig von äußeren Faktoren, z. B. Klima) <ul style="list-style-type: none"> • höhere Anforderungen an örtliche Bedingungen • Platzbedarf • Gefällebedingungen

6 Zusammenfassung

1. Der Sauerbrey-Stollen ist im Wasserableitungssystem das Kernstück für eine kontrollierte Fassung und Ableitung des Grubenwassers. Maßnahmen zur Erhöhung der Funktionssicherheit dieses Stollens sind erforderlich.
2. Die Mengen der z. Z. austretenden Grubenwässer werden sich bergbaubedingt nicht ändern. Die Schwankungen werden durch veränderte hydrologische Bedingungen hervorgerufen. Im Mittel treten ca. 5 l/s Grubenwasser aus.
3. Auch die Zusammensetzung der Grubenwasseraustritte wird sich ohne äußere Eingriffe in das System zunächst nicht verändern. *Themenfeld*
4. Es bieten sich keine erfolgversprechenden Möglichkeiten zur Verringerung der aus dem Grubengebäude austretenden Schadstofffracht an.
5. Der Austritt stark Mn-haltiger Wässer stellt das Schlüsselproblem dar. Die Fe-Problematik ist ein Randproblem.
6. Da eine natürliche Verringerung der Mn-Gehalte in relevanten Größenordnungen in absehbarer Zeit nicht zu erwarten ist, ist eine Behandlung des Grubenwassers erforderlich.
7. Die Art der Behandlung des Grubenwassers wird maßgeblich von den tolerierbaren Einleitwerten in die Krummschlacht bestimmt. Dabei ist zu beachten, dass der ~~„Schadstoff Mangan“~~ aus einer natürlich vorhandenen Lagerstätte stammt und dass die Dauer des Mn-Austrags in geologischen Zeiträumen anzusiedeln ist. Die umweltschädigende Tätigkeit des Menschen bestand nicht in einem Eintrag des Schadstoffes, sondern in der Schaffung von besonderen Abflussbedingungen, die zu einem Grubenwasseraustritt mit der nachgewiesenen Beschaffenheit führen. *DEIN*
8. Der Einsatz von „passiven“ Behandlungsmethoden ist grundsätzlich denkbar, bedingt aber weitere Untersuchungen hinsichtlich der Machbarkeit am konkreten Standort.
9. Es wird eingeschätzt, dass durch passive Behandlungsmethoden zwar ein Beitrag zur Verringerung der Mn-Gehalte geleistet werden kann, ob die z. Z. bekannte Forderung von 2 mg/l Mn erreicht werden kann, ist fraglich.
10. Daher sollte vor diesbezüglich weiterführenden Untersuchungen unter Beachtung der ökologischen Auswirkungen und der Verhältnismäßigkeit der einzusetzenden Mittel klärende Gespräche geführt werden.
11. Als erfolgversprechende, aber aufwändige Variante steht die Errichtung einer Behandlungsanlage, deren konkrete Auslegung in weiteren Schritten zu planen ist. Fragen der Umweltverträglichkeit sind auch hier zu beachten.

7 Vorschläge für die weitere Vorgehensweise

7.1 Vorschläge für Monitoringkonzept

Das z. Z. betriebene und in Tabelle 1 (S. 21) dokumentierte Monitoringsystem ist unter den Gesichtspunkten

- Auswirkungen Spülhalde
- Auswirkungen Einleitung Grubenwasser in die Krummschlacht

zu analysieren. An dieser Stelle werden Vorschläge für Überwachungsaufgaben aus der Einleitung der Grubenwässer in die Krummschlacht unterbreitet.

an welcher?

Wetterdaten

Neben der Erfassung der Niederschlagsdaten (täglich) sind insbesondere zur Bewertung der Möglichkeiten zum Einsatz passiver Behandlungsmethoden Kenntnisse über Temperaturverläufe erforderlich.

nein, siehe
PIRATID und
Miri-Projekt

Wasserstände, Mengen

Die z. Z. vorgenommenen täglichen Mengenmessungen der Einleitmengen sowie die wöchentliche Messung des Wasserstandes im Hauptschacht sollten beibehalten werden.

Mit der Zielstellung, detailliertere Informationen über den Wasserhaushalt des Gebietes zu gewinnen, sollten ergänzend eine wöchentliche Wasserstandsmessung an den GWM1-04 und 4-04 durchgeführt sowie – im Fall der Schüttung – die aus dem Langen Tal in die Krummschlacht eingeleitete Menge (Auslitern) gemessen werden.

↑ V-Wasser?

Probenahmen

Die Probenahmen sollten wie bisher weiter geführt werden. Die Messung von Redoxpotenzialen mittels geeigneter Apparaturen (unter Ausschluss von Sauerstoffzutritten während der Messung) wäre zur Überprüfung des vorgestellten Prozessmodells hilfreich.

Laboruntersuchungen

Neben den wöchentlichen Bestimmungen von pH, Fe ges., Fe gel. und Mangan an den Wässern von Sauerbrey- und Daubstollen sowie in der Gesamteinleitmenge sollten zur weiteren Klärung der hydrochemischen Prozesse, insbesondere der Puffermöglichkeiten, im Rahmen der monatlichen Beprobung ergänzend die Hauptanionen und -kationen (HCO_3 , F, Cl, SO_4 , NO_3 , Na, K, Ca, Mg) untersucht werden.

kd/Ks sind wichtiger
wom F?

Auswertung

Die Monitoringdaten werden z. Z. in einer Excel-Tabelle erfasst. Damit sind Möglichkeiten für entsprechende Auswertungen prinzipiell gegeben.

Für die Auswertung wird eine Übergabe der Daten an die Gutachter-ARGE im monatlichen Rhythmus empfohlen.

7.2 Weitere Bearbeitungsschritte

Als weitere Bearbeitungsschritte werden empfohlen:

- Diskussion zu den im vorliegenden Zwischenbericht getroffenen Aussagen und Vorschlägen.
- Im Zusammenhang mit der Gefährdungsabschätzung „Spülhalde“ eine zusammenfassende Betrachtung der Auswirkungen der Grubenwassersituation auf die Umwelt, insbesondere das Gewässer Krummschlacht.
- Die Auswirkungen auf die Krummschlacht können nur im Zusammenhang mit gewässerökologischen Untersuchungen der Krummschlacht ermittelt werden. Als Mindestumfang werden in Form von hydrologische Längsschnitten die Ermittlung von Abflusszahlen zu unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen sowie eine hydrochemische Beprobung im kritischen Abschnitt empfohlen.
- Nach Klärung von Randbedingungen (genehmigte Einleitwerte in die Krummschlacht bzw. tolerierbare Frachten) wird die Fortführung der Untersuchungen von Behandlungsmethoden vorgeschlagen.
- Weiterführung/Ergänzung des Monitorings einschl. Auswertung

8 Quellenverzeichnis

-
- /1/ Abschlussbetriebsplan der Fluss- und Schwerspat GmbH, Betrieb Rottleberode, Juli 1991
 - /2/ Teilbetriebsplan zum Abschlussbetriebsplan Rottleberode – Verwahrung Stapelschacht Rottleberode, Mai 1991
 - /3/ PENZEL, M.: Geotechnisches Gutachten zur Verfüllung des Stapelschachtes Rottleberode, DMT Leipzig, 1991
 - /4/ PENZEL, M.: Geotechnisches Gutachten zur Verfüllung des Hauptschachtes Rottleberode, DMT Leipzig, 1991
 - /5/ Teilbetriebsplan zum Abschlussbetriebsplan Rottleberode – Verwahrung Hauptschacht Rottleberode. Rottleberode, 15.09.1991
 - /6/ Sonderbetriebsplan zum Abschlussbetriebsplan Rottleberode – Verwahrung Sauerbrey-Stollen, Rottleberode, 23.06.1993
 - /7/ Sonderbetriebsplan zur Verwahrung des Pingengebiets südlich der ehemaligen Abbaue 4/1 – 4/3, Rottleberode, 05.10.1992
 - /8/ Fachtechnische Stellungnahme zum Einleiten von natürlich überlaufenden Grubenwässern nach Flutung der Grube Rottleberode in die Krummschlacht.-Schreiben des STAU Halle (Saale) an Kreisverwaltung Sangerhausen vom 13.03.2001
 - /9/ FRANZKE, H. J., HAUPT, M., HOFMANN J.: Die Tektonik der Fluoritlagerstätte Rottleberode (Harz).-Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. 15, August 1969, Heft 8
 - /10/ ZERJADTKE, W.; PETZOLD, S.; WANKE, P.: Hydrogeologisches Gutachten zur Entwicklung der hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse während und nach der Flutung der Grube Rottleberode.- Hydrogeologie GmbH, NL Nordhausen, d. 19.12.1991
 - /11/ FRANZKE, H.-J., ZERJADTKE, W.: Übersicht über die Bildung der hydrothermalen Gänge des östlichen Harzes – ein Fortschrittsbericht, Sonderband zur VFMG-Sommertagung 1999 in Halle
 - /12/ RÖSLER, H.-J.: Lehrbuch der Mineralogie - VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 2. Auflage, Leipzig 1981
 - /13/ FITZENREITER: Hydrogeologisches Gutachten zur Grubenverwahrung des VEB Fluss- und Schwerspatbetriebes Rottleberode, Werksabteilung Rottleberode.-VEB Hydrogeologie, BT Nordhausen, d. 18.10. 1985
 - /14/ KLOCKMANN, F.: Lehrbuch der Mineralogie.- 876 S., Stuttgart, 1978.
 - /15/ KLINGER, C.: Mobilisationsverhalten von anorganischen Schadstoffen in der Umgebung von untertägigen Versatzbereichen am Beispiel von Reststoffen aus Müllverbrennungsanlagen im Steinkohlengebirge des Ruhrkarbons.- DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung 23: 170 S., Essen, 1994