

Die Verwahrung der Gruben des Kupferschieferbergbaus im Revier Sangerhausen

Martin Spilker, Sangerhausen (2010)

1. Vorbemerkung

Am südlichen und südöstlichen Rand des Harzes ging in den Revieren Mansfelder Mulde und Sangerhausen zwischen etwa 1200 und 1990 ein intensiver Abbau auf Kupferschiefer um (**Abb. 1**).



Abb. 1

Im Zuge der Bergbautätigkeit wurden die in der **Abbildung 2** genannten Metalle gefördert (s. auch **Abb. 3**)

	Mansfelder Mulde	Revier Sangerhausen	Summe
Erz [Mill. t]	82	27	109
Kupfer [Mill. t]	2	0,6	2,6
Silber [t]	11200	3000	14200

Abb. 2

Durch diese Abbautätigkeit wurden, neben hunderten von Schächten und einer Reihe von Stollen unterschiedlicher Länge

- in der **Mansfelder Mulde** zwischen dem Ausstrich des Kupferschiefers am Harzrand (etwa +300 m NN) und der 14. Sohle (- 788 m NN) rund 150 km² Flözfläche abgebaut und allein unterhalb des Schlüsselstollenniveaus (+72 m NN) rund 44 Mill m³ bergmännisch geschaffener Hohlraum hinterlassen.

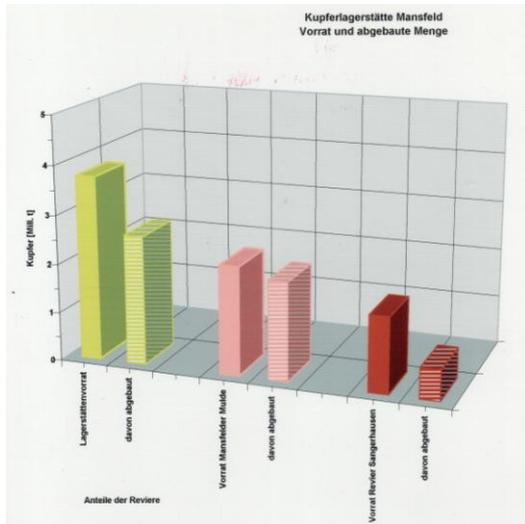


Abb. 3

- im **Sangerhäuser Revier** blieben in einem Gebiet mit einer Ausdehnung von ca. 18 x 20 km in Teufenlagen zwischen etwa +300 m NN am Ausgehenden und der 12. Sohle des Grubenfeldes Niederröblingen (- 750 m NN) etwa 31 km² abgebaute Flözfläche und unterhalb des Seegen-Gottes-Stollns (+ 142 m NN) rund 12 Mill. m³ bergmännisch entstandener Hohlraum zurück.

Diese bergmännische Tätigkeit stellte zwangsläufig einen massiven Eingriff in den natürlichen Gebirgsverband dar. Er wirkte sich auch auf das z. T. wasserlösliche Hangende der Lagerstätte aus. Die Folge waren von Anbeginn an erhebliche Zuflüsse zu den Gruben und der Kampf gegen das Wasser.

2. Ursachen und Entwicklung der Zuflüsse

2.1 Allgemeines

Im Bereich am Ausgehenden, in dem wegen des flachen Einfallens der Schichten (**Abb. 4**) das gesamte Zechsteinprofil in breitem Ausstrich mehr oder weniger schutzlos den Atmosphärien ausgesetzt ist, hatte und hat das Wasser als lösendes Medium ideale Infiltrationsmöglichkeiten.

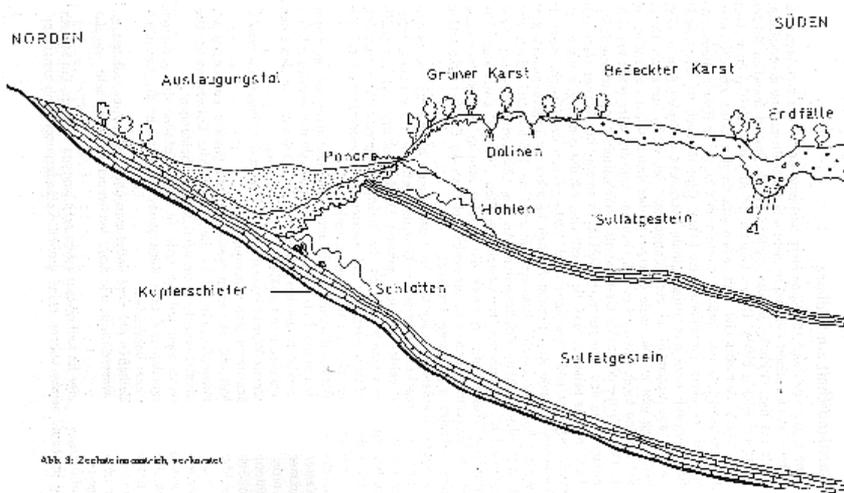


Abb. 4

Es löst dabei insbesondere die subrodierbaren Gesteinskomponenten im Zechstein (**Abb. 5**), schafft Massedefizit in Form von Hohlräumen und führt die gelösten Stoffe in der Regel im Einfallen der Schichten ab. Diese Vorgänge spielen sich in breiter Front ab.

Stratigrafie	Mächtigkeit [m]	Lage von Höhlen oder Schloten
Buntsandstein		
Auslaugungsreste	ca. 25	
Haupt-Anhydrit	50	Höhle Heimkehle
Grauer Salzton	6	
Sangerhäuser Anhydrit	25	Schlötte Seegen-Gottes-Stolln
Staßfurt-Steinsalz	0 bis 300	Zerstörungen an der Salzoberfläche bzw. an der Salzverbreitungsgrenze sind die Ursache für bruchlose Senkungen der Tagesoberfläche
Basal-Anhydrit	2	
Stinkschiefer	8	
Oberer Werra-Anhydrit	25	Höhle Questenberg
Werra-Steinsalz	0 bis 12	Schlötte Seidel-Schacht
Unterer Werra-Anhydrit	30	Schlotten W-Schacht, Ottilie-Schacht, Barbarossahöhle, Numburger Höhle, etwa 35 bekannte Objekte
Zechsteinkalk	3 bis 5	
Zechsteinmergel	0,4	
Werraiegenschotter	1	
Rotliegendes		

Abb. 5

Modifiziert wird dieser Vorgang der großflächigen Zerstörung der wasserlöslichen Schichtglieder durch geologische Einflußgrößen wie

- Schicht- und Faziesgrenzen
- das Trennflächeninventar tektonisch stärker beanspruchter Bereiche,

denn im Umfeld der hydrodynamisch wirksamen tektonischen Störungen und an Verbreitungsgrenzen leicht löslicher Gesteine (Steinsalz) wirken diese Lösungsprozesse besonders intensiv.

Am gesamten Harzrand entstand so in Abhängigkeit von der Ausstrichbreite eine intensiv bis total verkarstete Zone mit den bekannten Erscheinungsformen, wie teilweise bis totaler Zerstörung von Schichtgliedern des Gesteinsverbandes, Höhlen, Erdfällen, Bachschwinden und dergleichen mehr (**Abb. 6**).

In Richtung des Schichteinfallens reicht diese Zone etwa bis zum Einsetzen des auf dem Zechstein aufliegenden Buntsandsteins. Dessen Basisschichten sind tonig ausgebildet und schützen so den Zechstein. An dieser Grenze liegt auch etwa die Front der aktiven Auslaugung der anhydritischen Gesteine und die Linie der am weitesten vom Ausgehenden entfernt entstandenen Erdfälle.

Noch weiter vom Ausgehenden entfernt liegen an den Verbreitungsgrenzen der Steinsalzhorizonte weitere Bereiche intensiverer natürlicher Gesteinszerstörung, über denen an der Tagesoberfläche durch unterschiedlich kräftige Senkungen die

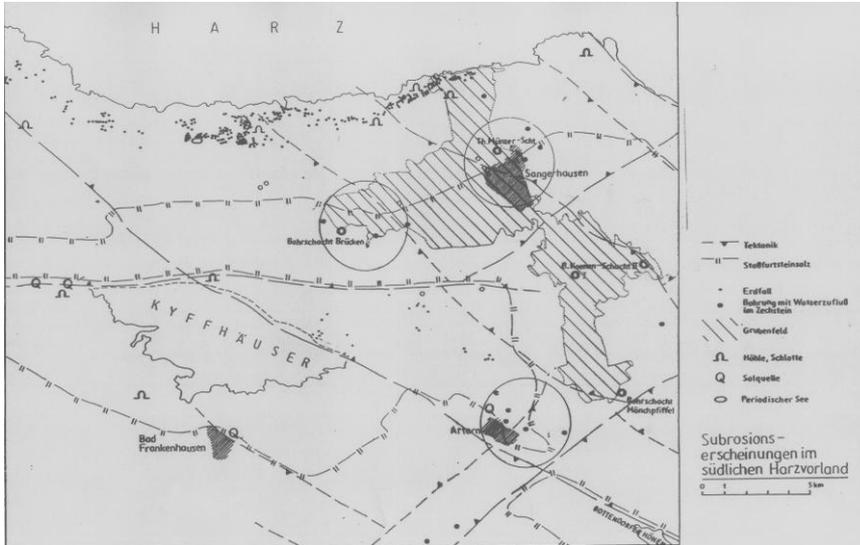


Abb. 6

Intensität dieser Auflösung erkennbar ist. Hier erhalten infolge dieser Vorgänge die Wässer ihren Salzgehalt, der alle Schattierungen bis zur Sättigung mit Kochsalz durchlaufen kann. An diese Bereiche sind in der Regel die Zuflußschwerpunkte unter Tage und die großen Wassereinbrüche in den Bergbau, aber auch die Anzeichen der in geologischen Zeiträumen abgelaufenen natürlichen Gesteinszerstörung im Untergrund, wie oberflächennahe Faulschlammbildungen (Bereich Pflingstgraben in Sangerhausen) oder tief eingeschnittene Täler (Gonna im Bereich Mafa) gebunden.

Wegen ihrer Herkunft vom Ausgehenden her sind die Zuflüsse unter Tage auch mehr oder weniger deutlich niederschlagsabhängig (Abb. 7). Die Feldesteile in der Nähe des Ausgehenden des Zechsteins sind generell als hydrogeologisch gefährdet eingestuft

Revier Sangerhausen Seegen-Gottes-Stolln

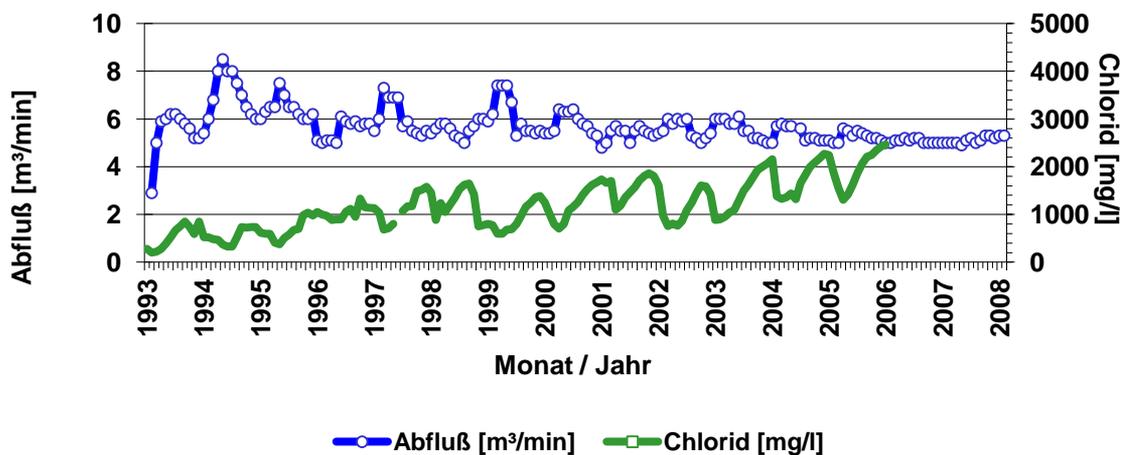


Abb. 7

5

Die dem Bergbau zusitzenden Wässer wurden zunächst mit einfachen Mitteln abgeführt. Im Zuge der Entwicklung des Bergbaus wurden dann Stollen als horizontale Verbindung zum Vorfluter an der Tagesoberfläche aufgeföhren. Sie förderten vorwiegend ein hartes Süßwasser, das vielfach auch als Trinkwasser genutzt wurde (Abb. 8, Abb. 9).

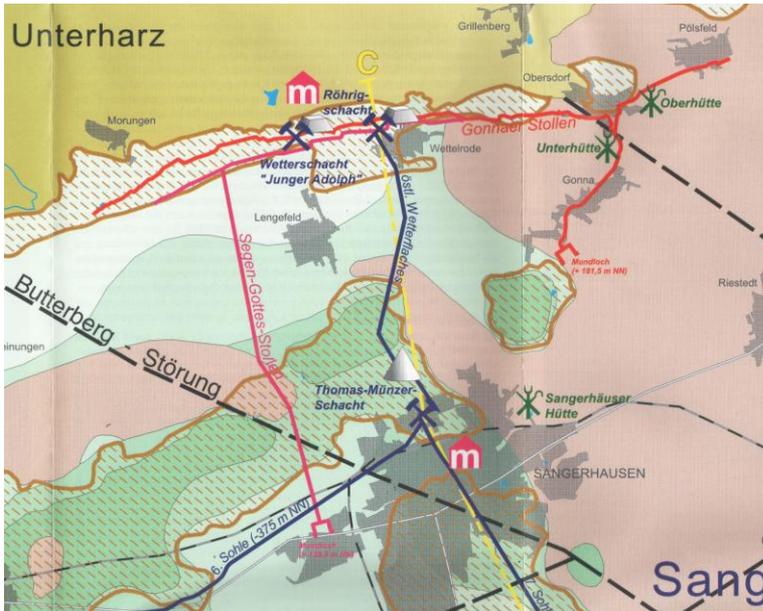


Abb. 8



Abb. 9

2,2 Die Zuflußentwicklung im Revier Sangerhausen

Im Sangerhäuser Revier war, wenn man von dem randlich im Südsosten des Reviers gelegenen Teilfeld „Hochscholle Nienstedt“ des Schachtes Niederröblingen absieht, nur das Grubenfeld des Schachtes Sangerhausen als hydrogeologisch gefährdet eingestuft. Es liegt in direktem Kontakt zum Kupferschieferausstrich am südlichen Harzrand.

Die von den Alten beim Abbau am Ausgehenden angetroffenen Wässer wurden weitestgehend durch Stollen (Seegen-Gottes-Stollen, Gonnaer Stollen) abgeführt. Nach 1945 begann mit dem Teufen der Schächte Sangerhausen und Niederröblingen die Entwicklung des Abbaus in größere Teufen und damit die Gefahr neuer Wasserzuflüsse .

Aus der Entwicklung heraus wurde für den Thomas-Münzer-Schacht die Hauptwasserhaltung im Füllortbereich auf der 5. Sohle angelegt.

Auch der Schacht Niederröblingen (Bernard-Koenen-Schacht I) besaß auf der 8. Sohle eine Wasserhaltung. Sie diente aber fast ausschließlich der Abförderung des Rücklaufs der technologischen Wässer. Beide Hauptwasserhaltungen förderten zunächst direkt in die Vorfluter.

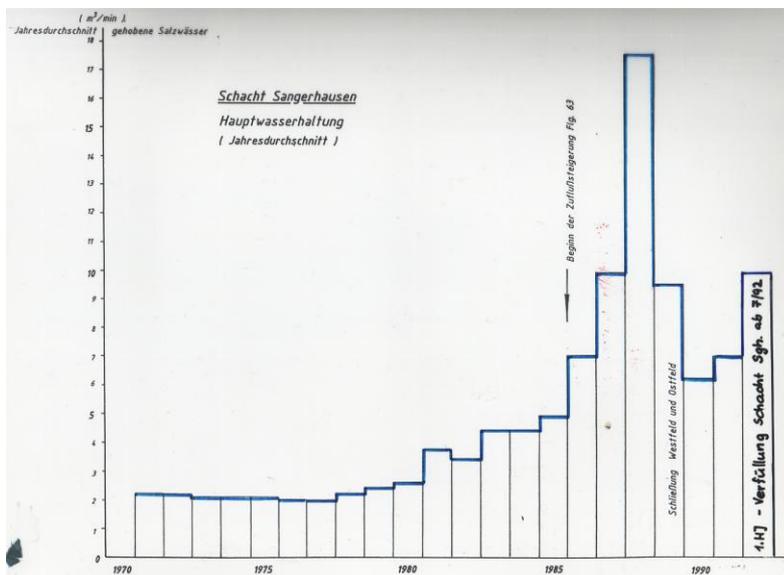


Abb. 10

Erst in den Jahren nach 1980 mußten infolge der Zuflußentwicklung in der Grube Sangerhausen erhebliche Anstrengungen zur Verstärkung der Wasserhaltung des Schachtes Sangerhausen unternommen werden. Die Zuflüsse erreichten nach allmählicher Steigerung ab 1985 im Westfeld 1988 mit Mengen von über 30 m³/min ihren Höhepunkt (**Abb. 10**). Dies führte zur vorzeitigen Aufgabe des Abbaus im Westfeld und zur Abkapselung dieses Teilfeldes durch 6 Dämme, die zwischen der 7. Mittel-sohle (-399 m NN) und der 3. Sohle (-118 m NN) errichtet wurden. Aus den Standortbedingungen ergab sich die Notwendigkeit, sie für Drücke von etwa 7 MPa (Niveau Vorfluter über Tage) auszulegen (**Abb. 11**).

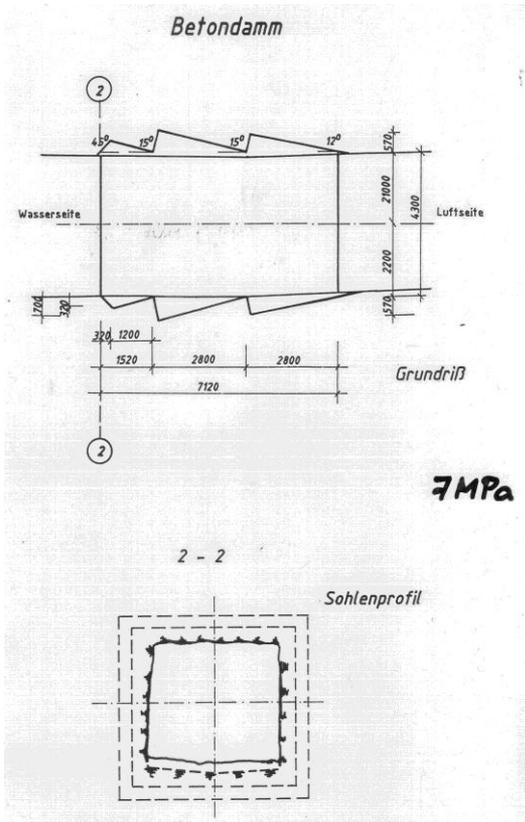


Abb. 11

Im Zuge der Untersuchungen zu den Ursachen dieser hohen Zuflüsse wurden entlang der Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Steinsalzes zwischen Riestedt im Osten und Hohlstedt im Westen eine Reihe von Pegelbohrungen niedergebracht. Die mittels dieser Pegel ab 1989 erfolgende Beobachtung der Wasserstände im Karstwasserleiter Zechstein ergab, daß sich im Raum Sangerhausen entlang der Steinsalzverbreitungsgrenzen ein über die Baufeldgrenzen im Osten und im Westen weit hinausreichender, langgestreckter Absenkungstrichter ausgebildet hatte (Abb. 12).

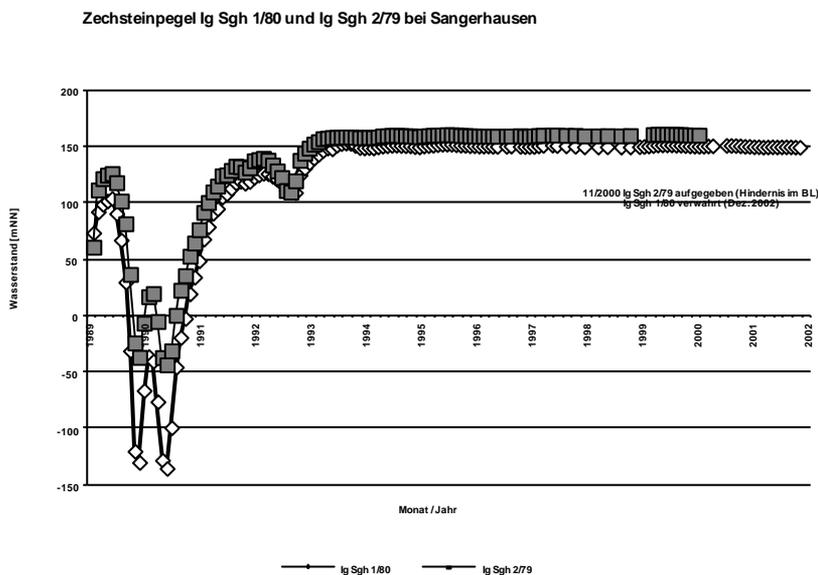


Abb. 12

8

Er wirkte sich noch ca 15 km westlich des Zuflußschwerpunktes Westfeld des Schachtes Sangerhausen aus, indem er die am Nordrand des Kyffhäusers bei Kelbra vorhandenen Solquellen zum Versiegen brachte und im Gefolge dieses hydraulischen Defizits im Randbereich des Stausees Kelbra erstmals die sonst unter Wasser stehende sog. Numburger Höhle freigab (**Abb. 13**). In deren Umfeld traten im Beckenbereich des Stausees eine Reihe von großformatigen Erdfällen auf (**Abb. 14/15**).

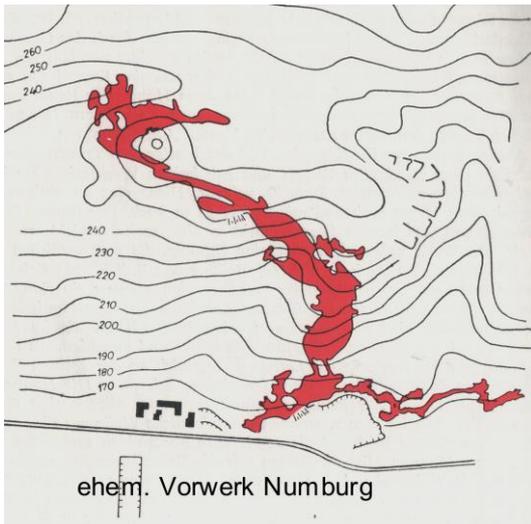


Abb. 13



Abb. 14/15



Die Herkunft der im Westfeld des Schachtes Sangerhausen zusitzenden Wässer aus dem Bereich des Stausees Kelbra wurde durch einen Tracerversuch nachgewiesen. Im Sangerhäuser Revier wurde seit 1983 eine etwa 20 km lange Salzwasserleitung zwischen dem Schacht Sangerhausen und der Mansfelder Mulde betrieben, über die die Salzwässer des Sangerhäuser Reviers nach Helbra (Bolze-Schacht) gepumpt und dort über Schluckbohrungen in die gefluteten Grubenräume der Mansfelder Mulde eingeleitet wurden. Zweck dieser Maßnahme war, im Rahmen der Salzlastersteuerung der Wasserwirtschaftler die Minderung des Salzeintrags aus dem Kupferschieferbergbau in die Vorfluter.

Die Kapazität dieser Salzwasserleitung wurde im Gefolge der Erhöhung der Wasserzuflüsse im Schacht Sangerhausen 1987/1988 bis auf 21 m³/min gesteigert. Sie war bis zur Einstellung der Wasserhaltung 1992 in Betrieb. Die in diesem Zeitraum über der Kapazität der Wasserhaltungen liegende Zuflußmenge wurde bereits unter Tage im abgeworfenen Grubenfeld gespeichert.

Auch im Revier Sangerhausen stellten sich mit Beginn des Zuflusses von Salzwässern in den Verbreitungsgebieten von Steinsalz über Tage Senkungen ein (**Abb. 16/17**). Sie erreichten zwar nicht solche Beträge wie in der Mansfelder Mulde, waren mit Maxima über 50 mm/a über dem Zuflußschwerpunkt aber doch beträchtlich und betrug bis zur Beendigung des Bergbaus 1990 in Summe etwa 500 mm. Dieser Betrag ist zu dieser Zeit zu korrelieren mit einem Salzaustrag aus dem T.-Münzer-Schacht von etwa 40 - 45 kg/s bzw. 2,5 t/min.



Abb. 16

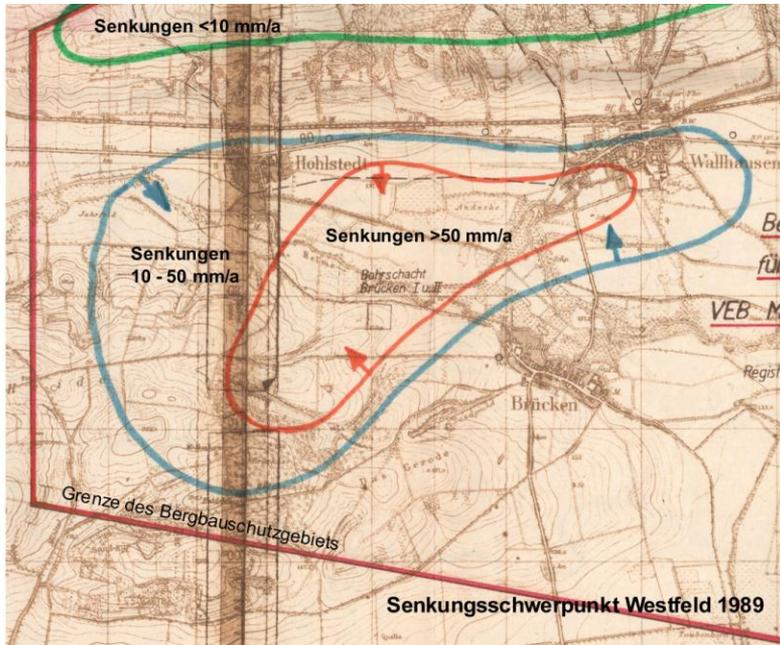


Abb. 17

3. Die Stilllegung der Bergbaubetriebe

3.1 Allgemeine Bemerkungen

Der Bergbau auf Kupferschiefer hat, wie schon ausgeführt wurde, im Revier Sangerhausen eine Reihe von Schächten hinterlassen (Abb. 18).

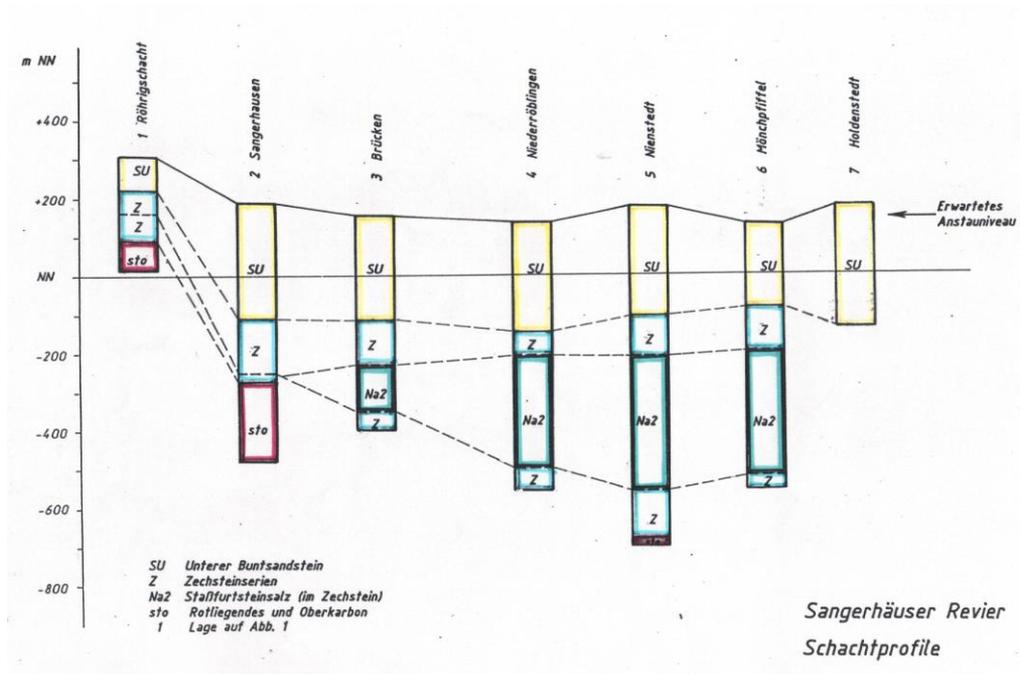


Abb. 18

Hinzu kommen Lichtlöcher, Stollen, Strecken- und Sohlenauffahrungen und vor allem ausgedehnte Abbauräume. Die Verwahrung der Schächte erfolgte durch Ver-

füllung mit unterschiedlichen Materialien, je nach anstehendem Gebirge und Zustand der Schachtröhre (**Abb. 19**). Sie mußte abgeschlossen sein, ehe der Schacht unter Wasser kam.

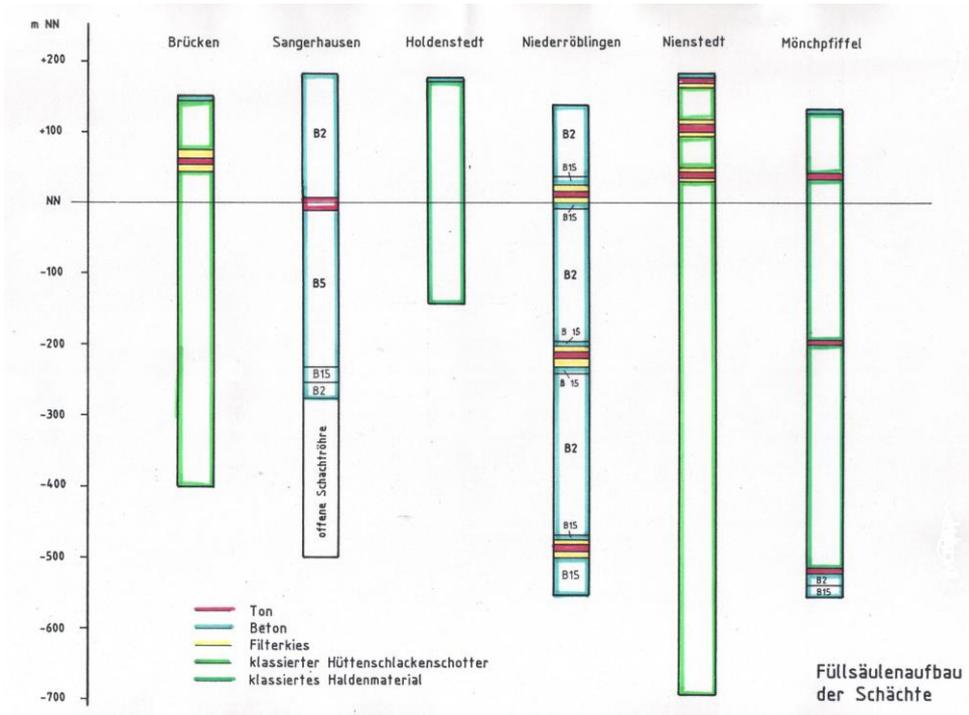


Abb. 19

Bei der Verwahrung der Gruben war außerdem zu bedenken, daß die in den Gesteinen des Zechsteins zirkulierenden Wässer in dem über der Lagerstätte liegenden Schichtenpaket durch Auflösung von Gestein für zusätzliche Hohlräume sorgten und dieser Vorgang auch bei Einstellung des Abbaus solange weitergeht, wie die Wasserhaltungen das Grubengebäude wasserfrei halten. Natürlich setzt sich damit auch die Senkungstätigkeit an der Tagesoberfläche mit all ihren negativen Auswirkungen fort.

Die Auffassung des Kupferschieferbergbaus war damit vordringlich ein hydrogeologisches Problem.

Als eine der wichtigsten Verwahrungsmaßnahmen wurde deshalb von vorn herein neben der Verwahrung der Schachtröhren die Flutung der Gruben angesehen. Nur damit war es möglich, den erheblichen Zustrom von Wässern in das Grubengebäude und damit die enorme Salzauflösung im Gebirge, die Senkungen der Tagesoberfläche und die Schäden an Gebäuden und Infrastruktur einzuschränken bzw. zu minimieren.

Die mit der Flutung der Gruben zusammenhängenden Fragen wurden im Vorfeld des Vorhabens ausgiebig diskutiert, um abzusichern, daß die angestrebten positiven Auswirkungen nicht durch ungewollte negative Folgen ad absurdum geführt werden.

Grundsätzliche Bedeutung in dieser Frage hatten die Erfahrungen aus der Mansfelder Mulde, wo die Verwahrung der Schächte 1968 und die Flutung des Reviers zwischen 1970 und 1981 erfolgte.

Das Gesamtvorhaben der Verwahrung wurde und wird von der Bergbehörde Halle bzw. vom Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt in Halle beaufsichtigt.

3.2 Die Flutung des Sangerhäuser Reviers

Die Flutung des Reviers Sangerhausen nach der Einstellung des Abbaus 1990 erfolgte in 2 Etappen.

Zunächst wurde wegen der erheblichen Zuflüsse unter Tage die **Grube Sangerhausen (Thomas-Münzer-Schacht)** geflutet. Dies erfolgte bereits 1992 und war wegen der Zuflußmengen innerhalb von etwa 4 Monaten beendet. Die Auffüllung des durch die Wasserhaltungen im Karstwasserleiter erzeugten Absenkungstrichters gestaltete sich wesentlich langwieriger und war erst Jahre später abgeschlossen.

Die Abkapselung des Westfeldes war gegen Jahresende 1988 so weit vorbereitet, daß die Dämme geschlossen werden konnten. Mit dem Schließen des letzten noch offenen Dammes in der 5. Sohle erfolgte ein rascher Anstieg des Wasserstandes in diesem Teilfeld. Doch schon Mitte 1989 war der Damm in der 5. Sohle, der unter ausgesprochen ungünstigen geologischen und technischen Voraussetzungen errichtet werden mußte, wieder undicht (**Abb. 20**).

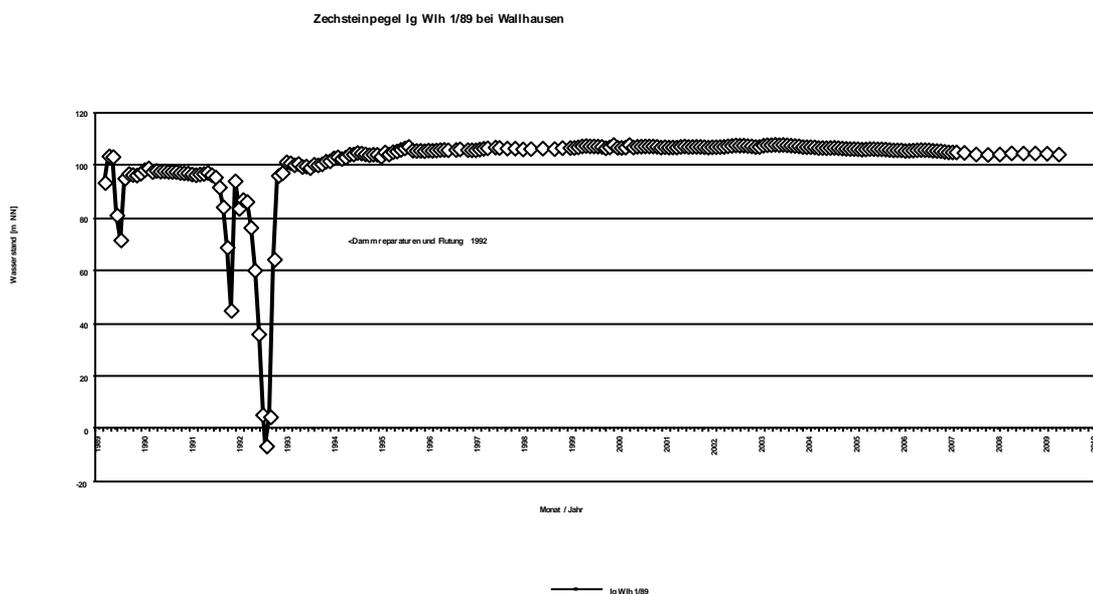


Abb. 20

Verringerungen der Wasserzugänge nach Dammreparatur und der danach wiederrum einsetzende Anstieg der Zuflüsse ist eindrucksvoll an der Bewegung der Wasserstände im Gebirge nachzuvollziehen.

Die Grube Sangerhausen wurde vom Schacht Niederröblingen durch einen Damm im Markscheidpfeiler getrennt. Außerdem wurden Wasserabflüsse aus dem gefluteten Grubenfeld Sangerhausen über den Altbergbau in die Vorflut zum Schutze der Oberflächengewässer vor Versalzung ebenfalls durch Dämme unterbunden (Abb. 21).

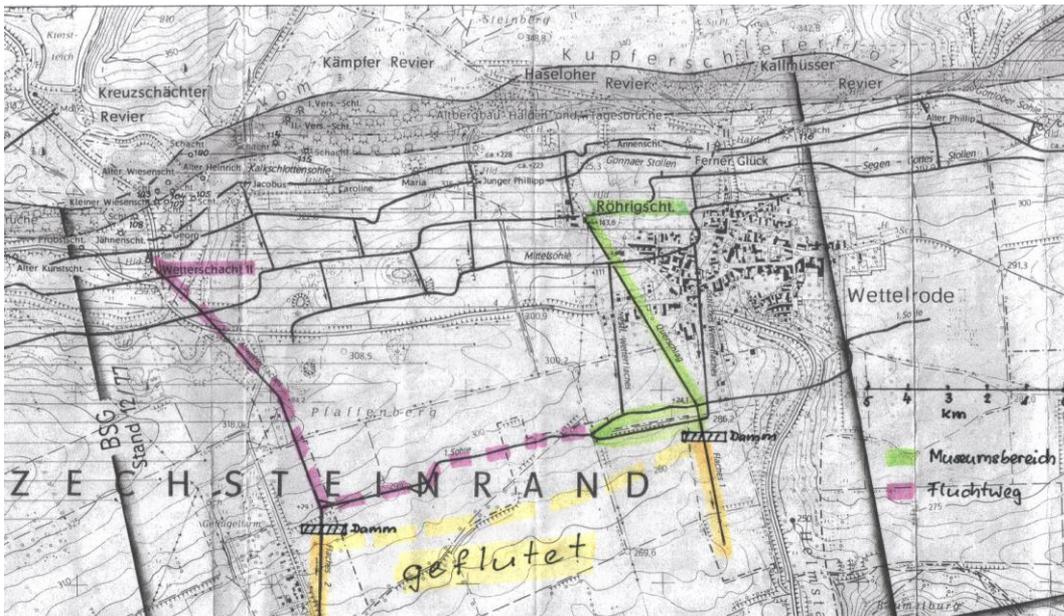


Abb. 21

Dies ist ein gravierender Unterschied zum Flutungskonzept für die Mansfelder Mulde, wo ein solcher Abschluß der Grubenräume gegenüber der Tagesoberfläche nicht möglich war. Ein positiver Nebeneffekt war die Erhaltung des untertägigen Teils des Bergbaumuseums Röhrig-Schacht in Wettelode.

Die Flutung der fast zuflußfreien **Grube Niederröblingen (Bernard Koenen)** war ebenfalls vorgesehen worden, um Pfeiler und Damm, die das geflutete Grubenfeld Sangerhausen vom noch luftgefüllten Grubenfeld Niederröblingen trennten, durch Aufbau eines Gegendrucks zu entlasten. Wegen der geringen Zuflüsse im Grubenfeld Niederröblingen selbst hätte eine Flutung durch Einstellung der Wasserhaltung Jahrzehnte gedauert. Darum wurde entschieden, die Grube mit Wasser aus dem Vorfluter Helme zu fluten und dadurch die Flutungszeit erheblich zu verkürzen.

Die praktische Vorbereitung der Flutung begann bereits 1990 mit der Räumung der Grube von Schadstoffen, wie Ölen, Fetten und Sprengstoff und setzte sich fort im Bau eines Systems von Dämmen, die die unkontrollierte Zirkulation von Wasser in der Grube während und nach der Flutung unterbinden sollten. Danach wurden die Schachtröhren verfüllt. Diese Phase der Verwahrung war Mitte 1993 abgeschlossen. Parallel zur Verfüllung der Schächte wurde die Flutung der Grube vorbereitet. Dazu wurde an der Helme ein Bohrloch bis ins Niveau der 10. Sohle geteuft und ein Einlaufbauwerk zur Einleitung von Helmewasser in dieses Bohrloch errichtet. Des

weiteren wurde am Schacht Nienstedt in das Niveau der 12. Sohle ein Kontrollpegel zur Überwachung des Wasseranstiegs und bei Oberröblingen in die 7. Sohle ein Bohrloch zur Abführung der vom Wasser unter Tage verdrängten Luft niedergebracht (**Abb. 22**).

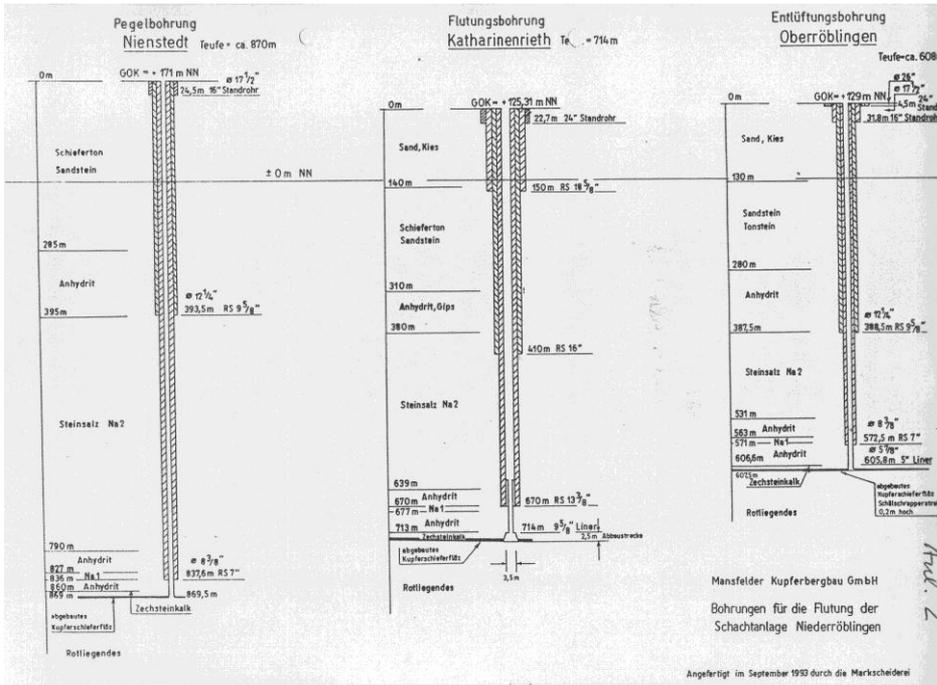


Abb. 22

Nach Abschluß dieser Arbeiten begann im Frühjahr 1994 die Flutung des über 6 Mill. m³ umfassenden bergmännischen Hohlräume. Es wurden zunächst Mengen um 11 m³/min oder etwa 16 000 m³/Tag eingeleitet. Sie reduzierten sich mit zunehmender Füllung der Grube auf Werte um 7 m³/min bzw. 10.000 m³/Tag (**Abb. 23**).

Flutung der Grube Niederröblingen und Seismische Ereignisse M>1

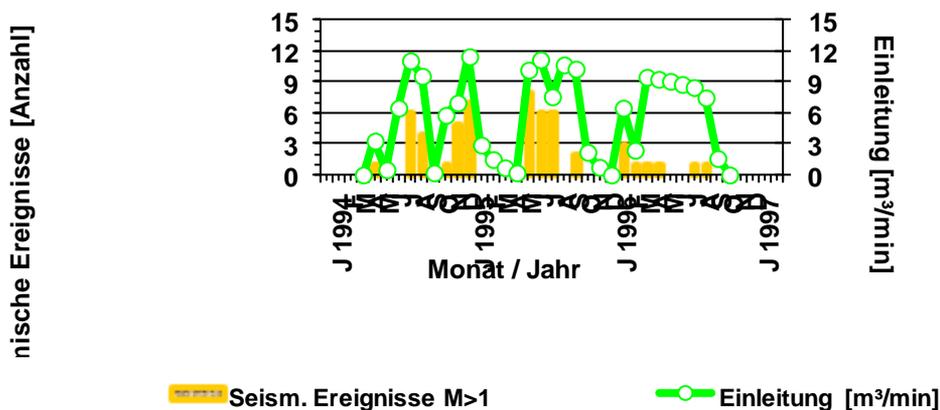


Abb. 23

Diese Mengenangaben lassen den Zeitraum von etwa 2,5 Jahren zwischen Beginn und Ende der Flutung etwas lang erscheinen. Man muß aber in Rechnung stellen, daß die Flutung aus natürlichen oder technischen Gründen (z.B. im Winter) oft unterbrochen werden mußte, so daß die effektive Flutungszeit erheblich geringer war. Andererseits ließen solche Faktoren wie die Ungenauigkeiten in der Hohlraum-berechnung, in der Grube verbleibende Restluft, das Verdrücken von Teilmengen des Wassers in das Kluftvolumen des Gebirges und die Hohlraumerweiterung durch begrenzte Auflösung von Salz in der Grube die Einleitmenge über das oben genannte Maß anwachsen. Sie erreichte schließlich fast 8 Mill. m³.

Der Flutungsvorgang war begleitet von Gebirgsschlägen, die im Maximum eine Lokalmagnitude von etwa 2,7 erreichten und durch den flutungsbedingten Abbau von Restspannungen vor allem entlang der Nienstedter Störungszone entstanden. Sie wurden mittels der zur Lokalisierung von schlagartigen Gebirgsbewegungen infolge von Salzauflösung im Gebirge im Revier Sangerhausen bei der TERRA-DATA GmbH in Sangerhausen installierten Anlage zur seismischen Überwachung registriert.

1996 wurden die Flutungsbohrungen verfüllt und damit die Verwahrung abgeschlossen.

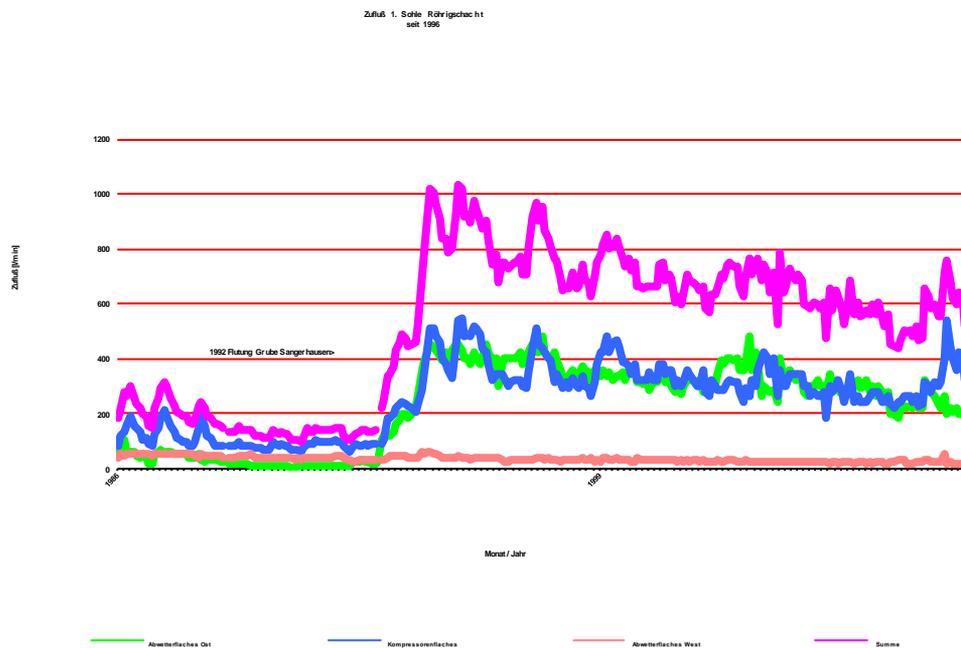


Abb. 24

Wie die danach noch weitergeführte Beobachtung der Standsicherheit der Schächtröhren, der Entwicklung der Senkungen und der Abflüsse aus dem Grubenfeld am Ausgehenden (Röhrigschacht) ergab (**Abb. 24**), wurde das Verwahrungsziel erreicht. Trotzdem darf nicht vergessen werden, daß die Zirkulation von Wässern im verkarsteten Gebirge auf den von der Natur vorgezeichneten Zirkulationswegen auch künftig erfolgt. Ein Beispiel dafür ist der Restabfluß von Wässern aus dem Gruben-

gebäude des Altbergbaus des Sangerhäuser Reviers. Er erfolgt lediglich aus den von den Alten aufgefahrenen Stollen. Als Beispiel wurde der Seegen-Gottes-Stolln bereits genannt. Er führt wegen der im Bergbaumuseum Röhrigschacht betriebenen Wasserhaltung schwach salziges Wasser ab, liegt mit seiner Salzlast aber deutlich unter der Abgabemenge des Schlüsselstollens (**Abb. 25**).

Wie über die Stollen in der Mansfelder Mulde werden auch über den Seegen-Gottes-Stollen im Revier Sangerhausen neben Salzen auch andere Inhaltsstoffe in die Vorflut abgegeben. Als naheliegendes Beispiel soll hier auf den Metallinhalt, über dessen Größenordnung die **Abb. 26** informiert, hingewiesen werden.

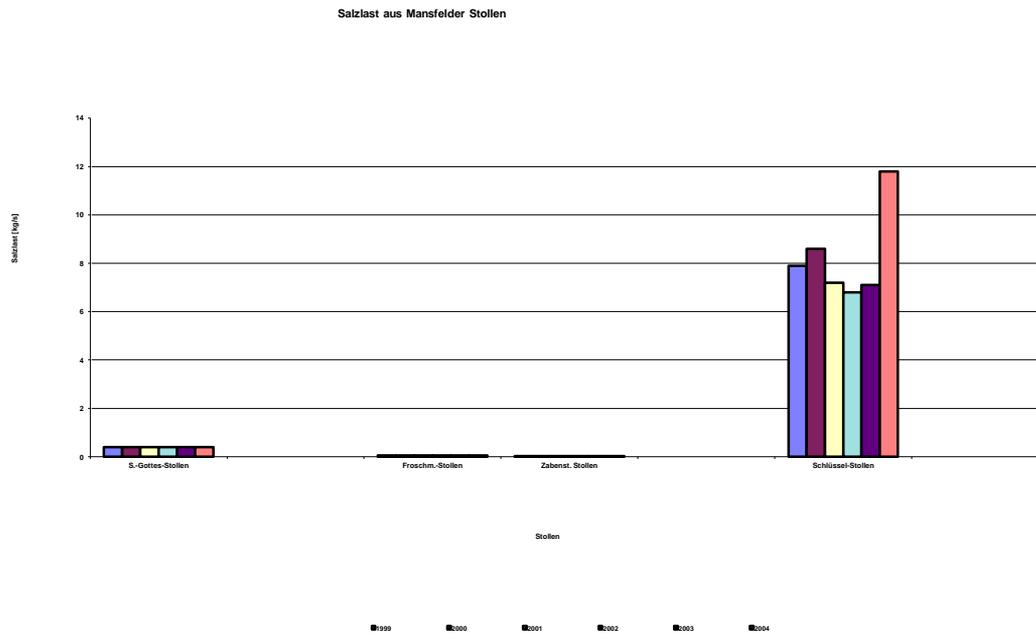


Abb. 25

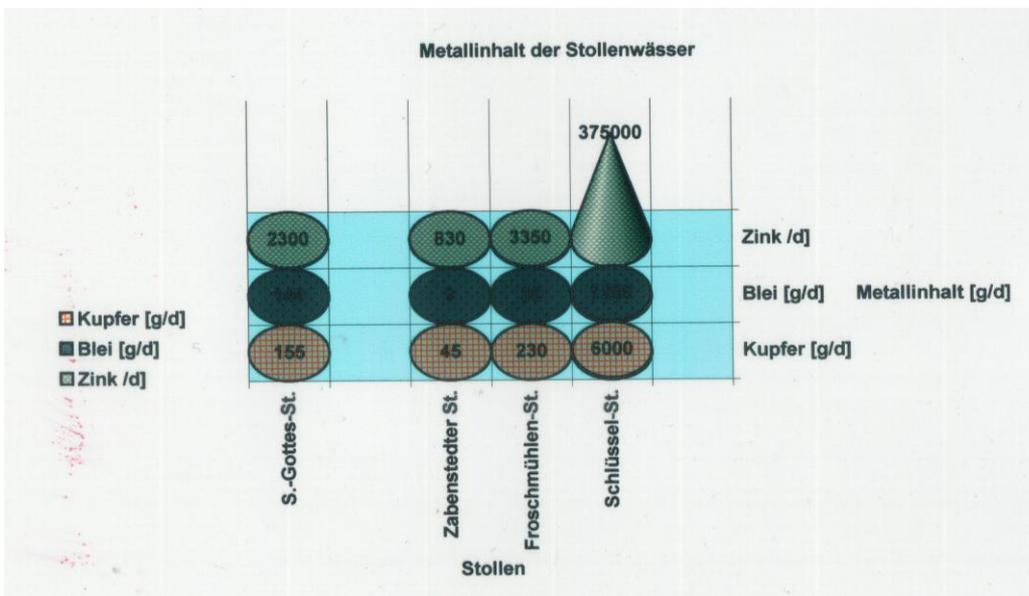


Abb. 26

Ausblick

Die Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen der Flutung in beiden Revieren und ihrer Auswirkungen zeigen eine deutliche Annäherung an den Endzustand. Es ist erkennbar, daß die Flutung vollständig erfolgt ist. Dies zeigt sich insbesondere an den Ganglinien der Pegel, an der Entwicklung der in den Wässern aus den Grubenfeldern transportierten Inhaltsstoffe und auch an der Senkungsentwicklung. Trotzdem ergibt sich die Notwendigkeit zur weiteren Überwachung dieser Vorgänge in angemessenem Umfang.

Verzeichnis der Abbildungen

- 1.. Karte Kupferschieferbergbau
2. Tabelle Erz/Cu/Ag
3. Grafik Vorräte
4. Profil Ausgehendes
5. Profil Gesteine des Zechsteins
6. Subrosionskarte
7. Abfluß Seegen-Gottes-Stolln
8. Karte Stollrn Sangerhäuser Revier
9. Mundloch Seegen-Gottes-Stolln
10. Gehobene Wassermengen TMS
11. Damm 7,5 MPa
12. Pegelganglinie Sangerhausen Ost
13. Höhle Numburg
14. Erdfälle Numburg
15. Erdfälle Numburg
16. Westfeld üta (Senkungen)
17. Westfeld uta (Kapselfeld)
18. Schachtprofile
19. Schachtprofile-Verfüllung
20. Pegel Westfeld
21. Riß 1. Sohle

- 22. Bohrungen BKS
- 23. Flutungsverlauf BKS
- 24. Zufluß Röhrigschacht
- 25. Salzlast der Stollen
- 26. Metallaustrag

Literatur:

A. Veröffentlichungen von und mit M. SPILKER (Stand: 2010)

1. **mit W. REMUS:** Die hydrogeologischen Verhältnisse im Nordteil der Sangerhäuser Mulde.-
WIE - Broschürenreihe des Mansfeld-Kombinates, Nr. 38, Eisleben, 1961
2. **mit W. REMUS:** Die hydrogeologischen Verhältnisse im Nordteil der Sangerhäuser Mulde.-
Bergbautechnik, 11, H. 6, S. 317-321, Leipzig, 1961
3. **mit W. REMUS & R. ZEISING:** Die Heimkehle bei Uftrungen am Südharz.-
16 S., Ges. z. Verbreitung wiss. Kenntnisse, Halle, 1962
4. **mit G. JANKOWSKI & W. REMUS:** Die Kupferschieferlagerstätte in der Sangerhäuser Mulde.-
47 S., Ges. z. Vorbereitung wiss. Kenntnisse, Halle, 1963
5. -- Zusammenhänge zwischen untertägigen Wasserzuflüssen und dem Abbau im ThomasMünzer-Schacht.-
KdT-Mitt. Mansfeld-Kombinat, H. 1/1965, S. 23-30, Eisleben, 1965
6. **mit W. JUNG:** Über ein bemerkenswertes Tiefenkarstvorkommen.-
Z. f. angew. Geologie, 15, H. 12, S. 646-649, Berlin, 1969
7. **mit H. SCHWARZKOPF:** Beispiele für Subrosionserscheinungen im Zechsteinausstrich am südöstlichen Harzrand.-
DGGW, Exk.-Führer, S. 11-25, Berlin, 1971
8. **mit W. JUNG, R. MEERSTEIN, H. SCHMIDT, H. SCHOOF:** Grundsätze und erste Ergebnisse der Verwahrung von Schächten in der Mansfelder Mulde.-
Neue Bergbautechnik, 2, H. 8, S. 626-629, Leipzig, 1972
9. **mit W. JUNG:** Hydrologische Probleme beim Wasseranstau in der Mansfelder Mulde.-
Z. f. angew. Geologie, 18, H. 1, S. 17-21, Berlin, 1972

10. -- Hydrologische Beobachtungen am Periodischen See.-
Fundgrube, 10, H. 1/2, S. 1-6, Berlin, 1973
11. **mit K.-H. MÜLLER:** Erfahrungen beim Abdichten einer untertägig angefahrenen Erkundungsbohrung.-
Neue Bergbautechnik, 5, H. 7, S. 533-536, Leipzig, 1975
12. **mit G. KNITZSCHKE:** Montanhydrologische Aspekte zur Gewährleistung der Bergbausicherheit im Kupferschieferbergbau.-
KdT-Mitt. Mansfeld-Kombinat, H. 2/1981, S. 6-11, Eisleben, 1981
13. **mit K. BRENDEL, G. BRÜCKNER, G. KNITZSCHKE, A. SCHWANDT:** Montanhydrologische Aspekte zur Gewährleistung der Bergbausicherheit beim Abbau zechsteinzeitlicher Lagerstätten.-
Z. geol. Wiss., 10, H. 1, S. 7-31, Berlin, 1982
14. **mit G. BRÜCKNER, G. KNITZSCHKE, J. PELZEL, A. SCHWANDT:** Probleme und Erfahrungen bei der Beherrschung von Karsterscheinungen in der Umgebung stillgelegter Bergwerke des Zechsteins der DDR.-
Neue Bergbautechnik, 13, H. 8, S. 417-422, Leipzig, 1983
15. **mit A. SCHWANDT, H.-D. SCHMIEDL, D. HEBERT, K. FRÖHLICH, H.-P. JORDAN:** Neue Aspekte zur Auslaugung in Kali- und Kupferschieferabbaugebieten der DDR.-
Z. geol. Wiss., 14, H. 2, S. 183-192, Berlin, 1986
16. **mit H.-J. KAHMANN, G. KNITZSCHKE:** Gase in den Gruben des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier.-
KdT-Mitt. Mansfeld-Kombinat, H. 3/1987, S. 15-19, Eisleben, 1987
und: Z. geol. Wiss., 17, H. 4, S. 381-388, Berlin, 1989
17. **mit D. FANTASNY:** Ein neuer Großerdfall im Kreis Eisleben.-
Mitt. über Höhlen- u. Karstforschung, H. 1, S. 10-12, Halle, 1988
18. **mit H. WORDELMANN:** Erste Ergebnisse der Verwahrung im Sangerhäuser Kupferschieferrevier.-
GDMB, EMC `94, S. 351-371, Freiberg, 1994
19. -- Zur Stilllegung des Bergbaus auf Kupferschiefer in der Mansfelder Mulde.-
Protokollband 100 Jahre Eisleben, S. 273-278, Eisleben, 1995
20. **mit AUTORENKOLLEKTIV:** Mansfeld - Die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens.-
Verein Mansf. Berg- u. Hüttenleute & Dtsch. Bergb.-Museum Bochum, 614 S. Eisleben & Bochum, 1999
21. **mit G. STROBEL, H. WÜRZBURG:** Erfahrungen und Probleme bei der Flutung von Grubenhohlräumen des Kupferschieferbergbaus.-
GGW, Exk.-Führer, 205, S. 155-168, Berlin, 1999

22. -- Erfahrungen und Probleme bei der Verwahrung der Gruben Hohlräume des Kupferschieferbergbaus.-
Protokollband 800 Jahre Mansf. Berg- u, Hütten tradition, S. 21-29,
Eisleben, 2000
23. -- Die Stollen im Mansfelder Kupferbergbaurevier.-
Intern. Symp. "Fuchsstollen" in Walbrzych, S. 60-64, Walbrzych, 2001
und: Der Anschnitt, 54, H. 2-4, S. 121-126, Bochum, 2002
24. **mit G. KNITZSCHKE:** Die Kupferschieferlagerstätte Mansfeld/Sangerhausen.-
Der Anschnitt, 55, S. 134-147, Bochum, 2003
25. **mit O. HARTMANN, U. MALLIS, H.-D. THORMEIER:** Schachtstandorterkundung
und Schachtabteufen für den Salz- und Kupferschieferbergbau in Ost-
deutschland (1945-1990).-
GGW, Exk.-Führer, 222, S. 111-124, Berlin, 2003
26. **mit AUTORENKOLLEKTIV:** Mansfeld - Die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens,
Band 2 (Bildband).-
Verein Mansf. Berg- u. Hüttenleute & Dtsch. Bergb.-Museum Bochum,
428 S., Eisleben & Bochum, 2004
27. **mit AUTORENKOLLEKTIV:** Mansfeld - Die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens,
Band 3, Die Sachzeugen.-
Verein Mansf. Berg- u. Hüttenleute & Dtsch. Bergb.-Museum Bochum,
540 S., Eisleben & Bochum, 2008
28. **mit G. STROBEL, U. HEROLD:** Zur Flutung der Mansfelder Mulde - Eine Nachbetrach-
tung.-
Mitt. zu Geol. u. Bergwesen in Sachs.-Anhalt, Bd. 15, 112 S.,
Halle, 2008
29. **mit G. KNITZSCHKE:** Kreisfeld - Die Entwicklung von einem Bauerndorf zum
Mittelpunkt eines Bergbaureviers.-
66 S., Herausgeber: Kreisfelder Freundeskreis Wandern u. Ortsge-
schichte im SV Eintracht Kreisfeld e.V., 2009

B. Weitere Literatur (Auswahl):

1. **Autorenkollektiv:** Mansfelder Land - Eine heimatkundliche Bestandsaufnahme.-
Werte unserer Heimat, 228 S., Akad.-Verlag, Berlin 1982
2. **Autorenkollektiv:** Heimat- und Wanderbuch des Kreises Sangerhausen.-
Herausgeber: R.d.K. Sangerhausen und DKB, 235 S.,
Akademischer Verlag Halle, 1966
3. **Eisenhuth, K.-H. & E. Kautzsch:** Handbuch für den Kupferschieferbergbau.
335 S.; Fachbuchverlag Leipzig, 1954
4. **Viete, G.:** Geologische und hydrologische Untersuchungen im Gipskarst des
östlichen Südharzvorlandes.-
Freiberger Forsch.-H. C 9, S. 46-79: 1954

5. **Kautzsch, E.:** Hydrologische Probleme im Mansfelder und Sangerhäuser Kupferschieferbergbau.-
Bergbauttechnik 6, S. 134-143, 1954
6. **Jung, W.:** Zur Feinstratigraphie der Werraanhydrite (Z 1) im Bereich der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde.-
Geologie, Beih. 24, S. 1 - 88, 1958
7. **Jung, W.:** Das Steinsalzäquivalent des Z 1 in der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde und daraus resultierende Bemerkungen zum Problem der Jahresringe.-
Ber. geol. Ges. DDR 4, S. 313-339, 1959
8. **Jankowski, G.:** Quartäre Ablagerungen im Ried des mittleren Helme- und Unstrutlaufs.-
Geologie 10, S. 50-65; 1961
9. **Knitzschke, G.:** Vererzung, Hauptmetalle und Spurenelemente des Kupferschiefers in der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde.-
Z. angew. Geol. 7, S. 349-356; 1961
10. **Lorenz, S.:** Wassereinbrüche im Mansfelder Kupferschieferbergbau.
Z. angew. Geol. 8, S. 310-316, 1962
11. **Jankowski, G.:** Die Tertiärbecken des südöstlichen Harzvorlandes und ihre Beziehungen
Geologie, Beih. 43, S. 1 - 60; 1964
12. **Kuhn, O.:** Die Tierwelt des Mansfelder Kupferschiefers.-
Neue Brehm Bücherei, S. 1 - 58, 1964
13. **Jung, W.:** Zum subsalinaren Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. Mit einigen
Geologie 14, S. 254-271, 1965
14. **Knitzschke, G.:** Die wichtigsten Erzminerale des Kupferschiefers sowie seines unmittelbaren Liegenden und Hangenden im südöstlichen Harzvorland.-
Z. angew. Geol. 11 (1965), S. 626-637.
15. **Jung, W. & Liebisch, K.:** Die Grubenhydrologie in der Mansfelder Mulde.-
Z. angew. Geol. 12, S. 11 - 21, 1966
16. **Jung, W., Knitzschke, G. & Gerlach, R.:** Entwicklungsgeschichte der geologischen Anschauungen über den Mansfelder Kupferschieferbergbau.-
Geologie 20, S. 462 - 484, 1971
17. **Jung, W., Knitzschke, G. & Gerlach, R.:** Zur geochemischen Stoffbilanz des Kupferschiefers im SE-Harzvorland.-
Z. angew. Geol. 20, S. 248 - 256, 1974
18. **Grube, H. & Vollrath, M.:** Beiträge zur Entwicklung des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil I).-
TM KDT 18, 1, S. 3 - 8, 1977
19. **Grube, H. & Vollrath, M.:** Die Geschichte des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil II).-
TM KDT 18, 2, S. 3 - 9, 1977
20. **Grube, H. & Vollrath, M.:** Die Geschichte des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil III).-
TM KDT 18, 3, S. 3 - 7, 1977
21. **Hauboldt, H. & Schaumberg, G.:** Die Fossilien des Kupferschiefers.-
Neue Brehm Bücherei, S. 1 - 223, 1985
22. **Knitzschke, G. und Kahmann, H.J.:** Der Bergbau auf Kupferschiefer im Sangerhäuser Revier.-
Glückauf 126 (1990), S. 528 - 548.

23. **Verein Mansfelder Bergarbeiter Sangerhausen:** Erinnerungswürdiges zum Sangerhäuser Kupferschieferbergbau.- 47 S., Sangerhausen, 2000

24. **Ziegler, T.:** Unser Thomas.- Band 1, 224 S., Sangerhausen, 2000

25. **Ziegler, T.:** Unser Thomas.- Band 2, 157 S., Sangerhausen, 2001

26. **Ziegler, T.:** Der Röhrigschacht.- 60 S., Sangerhausen, 2001

27. **Ziegler, T.:** Alabasterknollen und Marienglas.- 66 S., Sangerhausen, 2002

28. **Ziegler, T.:** Der Kunstteich.- 23 S., Sangerhausen, 2009

29. Schriftenreihe Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle, Hefte 1 (1981) bis 22 (1992),

30. Beiträge zur Heimatforschung des Spengler-Museums Sangerhausen, Hefte 1 (1969) bis 11 (1998)

31. Schriftenreihe des Mansfeld-Museums Hettstedt, Hefte 1 (1996) - 8 (2005)

32. Mitteilungen des Vereins Mansfelder Berg- und Hüttenleute e. V., Eisleben, Nr. 1 (1996) - 108 (2010) , siehe Homepage

33. Informationsblatt des Vereins Mansfelder Bergarbeiter Sangerhausen e. V., seit 1997

34. Karstwanderweg, Teil 1 - Landkreis Sangerhausen.- Herausgeber: Kreisverwaltung Sangerhausen, 1996

Internet:

Homepage des Vereins Mansfelder Berg- und Hüttenleute e. V. in Eisleben:

www.vmbh-mansfelder-land.de