

Der Zechsteinkarst und sein Einfluß auf den Mansfelder Kupferschieferbergbau (dargestellt am Beispiel des Reviers Sangerhausen)

Martin Spilker, Sangerhausen / Vortrag v. 28.09.16 / 19. Int. Bergbau- u. Montanhist. Workshop in Sangerhausen

Über den am südlichen und südöstlichen Rand des Harzes in den Revieren Mansfelder Mulde und Sangerhausen im heutigen Landkreis Mansfelder Land zwischen etwa 1200 und 1990 an der Basis des Zechsteins betriebenen Bergbau auf Kupferschiefer wurde bereits von Dr. G. Knitzschke berichtet (**Abb. 1**).

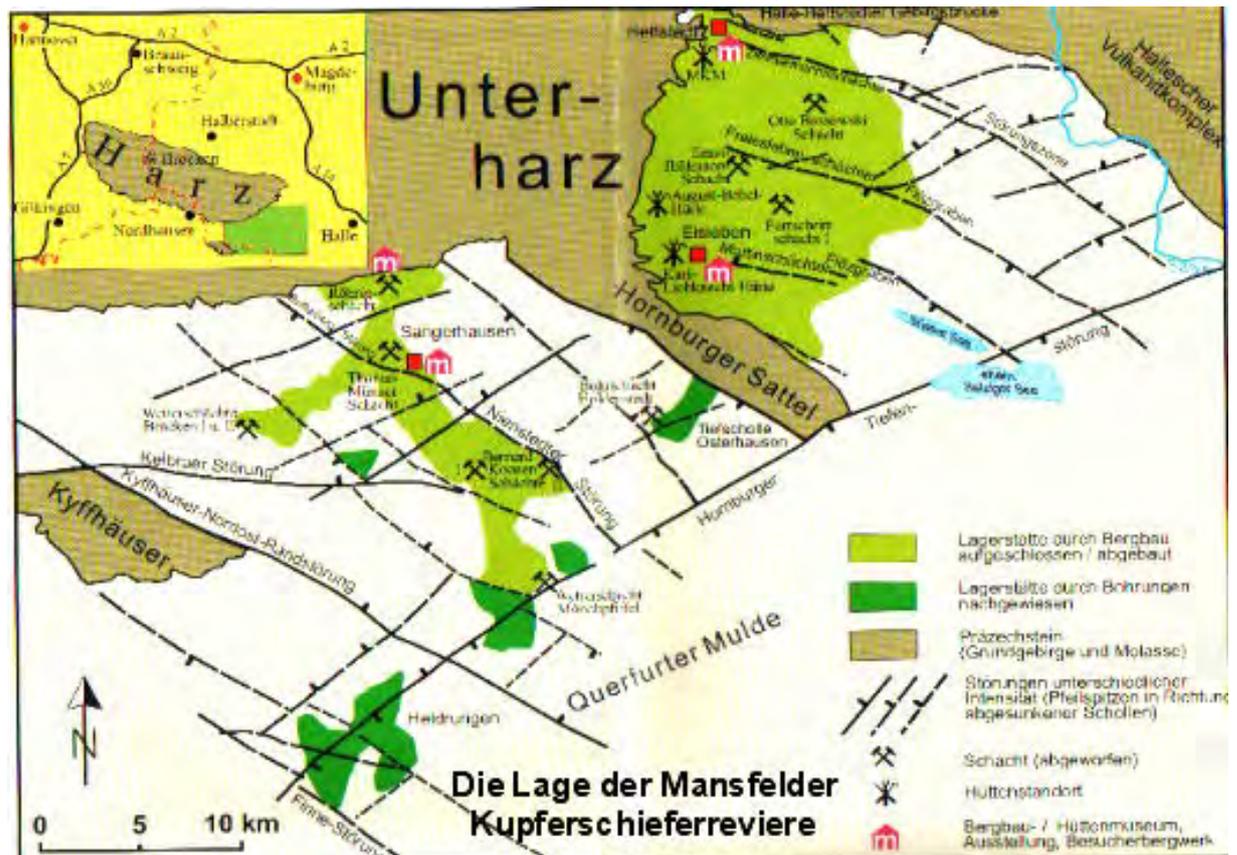


Abb. 1: Übersichtskarte zum Kupferschieferbergbau (Geol.-montanhist. Karte, Halle, 2000)

Hier wird über die Schwierigkeiten des Bergbaus mit dem Zechsteinkarst und seinen Einfluss auf die Abbautätigkeit bzw. die Wechselwirkungen zwischen Bergbau und Karst informiert. Aus Zeitgründen beschränken sich die Ausführungen auf das Revier Sangerhausen.

Am Ausgehenden des Zechsteins am Harzrand, wo wegen des flachen Einfallens der Schichten (**Abb. 2**) das gesamte Zechsteinprofil in breitem Ausstrich mehr oder weniger schutzlos den Atmosphärien ausgesetzt ist, hatte und hat das Wasser als lösendes Medium ideale Infiltrationsmöglichkeiten.

Es löst dabei insbesondere die löslichen Gesteinskomponenten im Zechstein (**Abb. 3**), 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, d.h. entlang des gesamten Ausgehenden, ab. Wird bei Anfall hoher Wassermengen die Kapazität der Zirkulationswege im Einfallen der Schichten überschritten, sind auch relativ weite Wasserbewegungen parallel zum Zechsteinaustrich beobachtet worden.

Modifiziert wird der Vorgang der großflächigen Zerstörung der wasserlöslichen Schichtglieder durch die geologischen Einflussgrößen wie

- Schicht- und Faziesgrenzen (z. B. Oberkante Zechsteinkalk / Unterkante Werraanhydrit) und vor allem
- durch das Kluftvolumen tektonisch stärker beanspruchter Bereiche.

Im Umfeld der hydrodynamisch wirksamen tektonischen Störungen und an Verbreitungsgrenzen leicht löslicher Gesteine, wie z. B. Steinsalz, wirken diese Lösungsprozesse besonders intensiv.

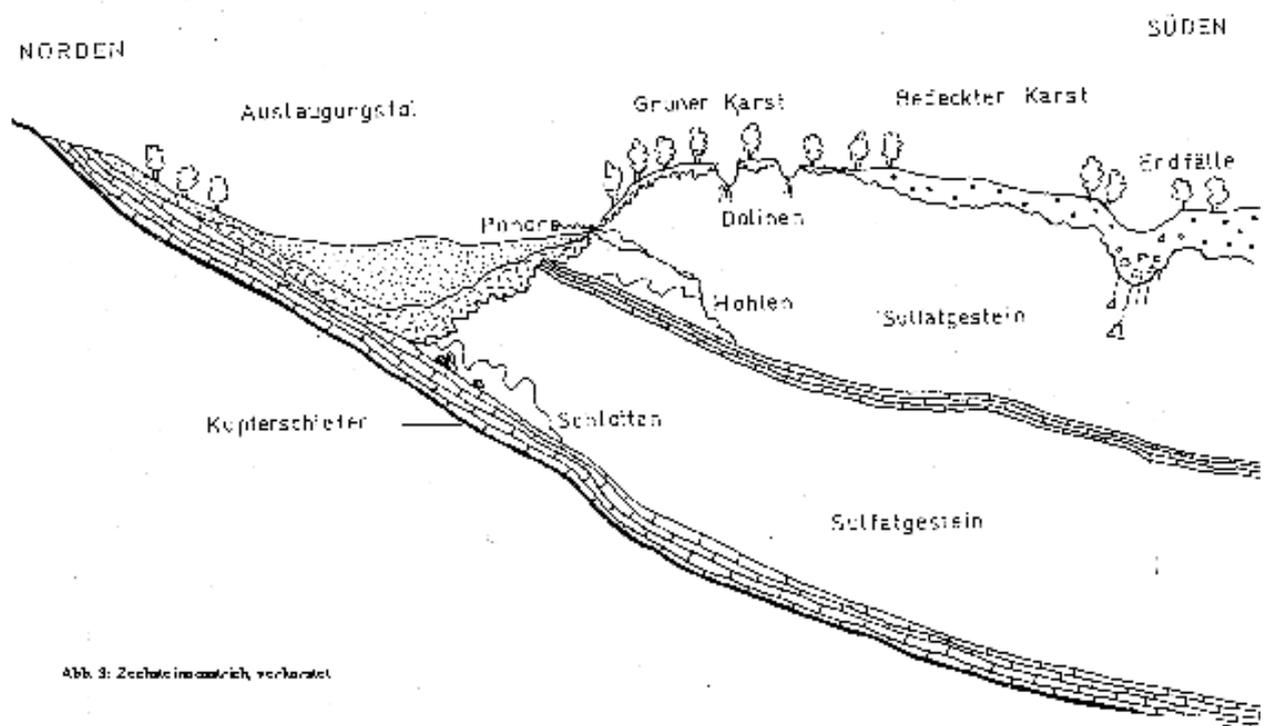


Abb. 2: Der Zechsteinausstrich (nach VÖLKER/Mitt. Karstmuseum, H. 22, 1992)

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

Abb. 3 Das Zechsteinprofil

Am gesamten Harzrand entstand so in Abhängigkeit von der Ausstrichbreite eine intensiv bis total verkarstete Zone mit den bekannten Erscheinungsformen, wie teilweiser bis totaler Zerstörung von Schichtgliedern des Gesteinsverbandes, mit Höhlen, mit Erd-fällen, Bachschwinden und dergleichen mehr (**Abb. 4**). Die Zirkulationsgeschwindigkeiten liegen dabei meist nur im cm-Bereich pro Minute, sie können nach VIETE (1954) aber auch bei 0,5 bis fast 10 m/min liegen.

Auf Grund all dieser Vorgänge entstand entlang des gesamten Harzrandes ein von Lockersedimenten ausgefülltes Tal (**s. Abb. 2**). Es wird auf seiner vom Harz abgewandten Seite begrenzt durch einen vom Hauptanhydrit gebildeten Talhang, auf dessen Top der auf dem Zechstein aufliegende Buntsandstein einsetzt. Dessen Basisschichten sind tonig ausgebildet und schützen so den Zechstein weitestgehend gegen den Angriff des Wassers von oben. In diesem Bereich liegt auch etwa die Front der aktiven Auslaugung in den anhydritischen Gesteinen und damit die Linie der am weitesten vom Ausgehenden entfernt auf der Basis der Zerstörung der Zechsteinsulfate entstandenen Erdfälle.

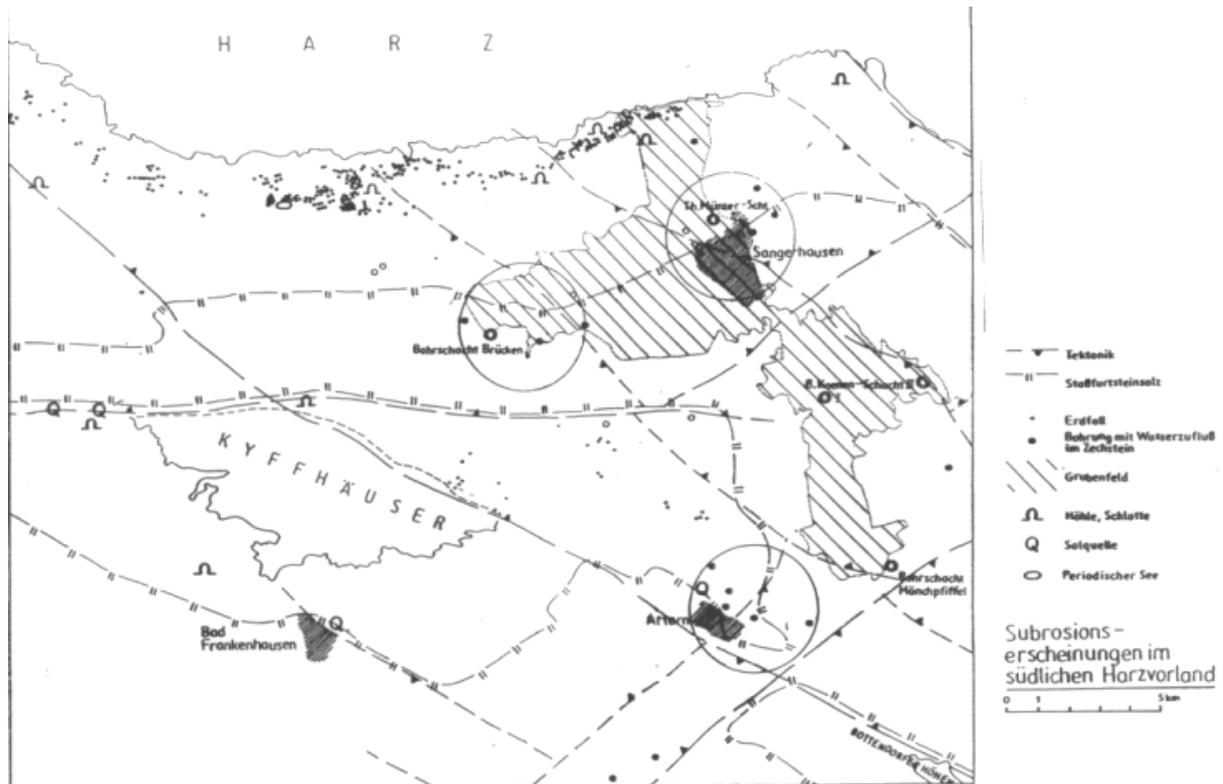


Abb. 4: Karte der Subrosionsschwerpunkte im Revier Sangerhausen

Noch weiter vom Ausgehenden entfernt befinden sich die Verbreitungsgrenzen der Steinsalzhorizonte (Werra- und Staßfurtsteinsalz) und damit weitere Bereiche intensiverer natürlicher Gesteinszerstörung, über denen an der Tagesoberfläche durch unterschiedlich kräftige Senkungen die Intensivität der Auflösung erkennbar ist (Abb. 4). Diese zweite, weit vom Ausgehenden entfernte Aktivauslaugungszone stellte für den Bergbau wegen der nicht prognostizierbaren Wasserakkumulationen eine weit größere Gefahr als die noch überschaubare Wasserführung des Hangenden am Ausgehenden dar.

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 auch die Zuflussschwerpunkte von Salzwasser unter Tage und die großen Wassereinbrüche in den Bergbau in beiden Revieren gebunden.

Wegen ihrer Herkunft sind die Zuflüsse unter Tage in der Nähe des Ausgehenden mehr oder weniger deutlich niederschlagsabhängig. Es handelt sich dann generell um Süßwasser mit 50 bis über 100 °dH, das aus den Stollen des Kupferschieferbergbaus auch vielfach als Trinkwasser gewonnen wurde.

Durch den Salzgehalt der Wässer steigt hier auch deren Lösungsvermögen für Gips bis zum etwa 4-fachen und die Zirkulationsgeschwindigkeiten können deutlich zunehmen (Abb. 5).

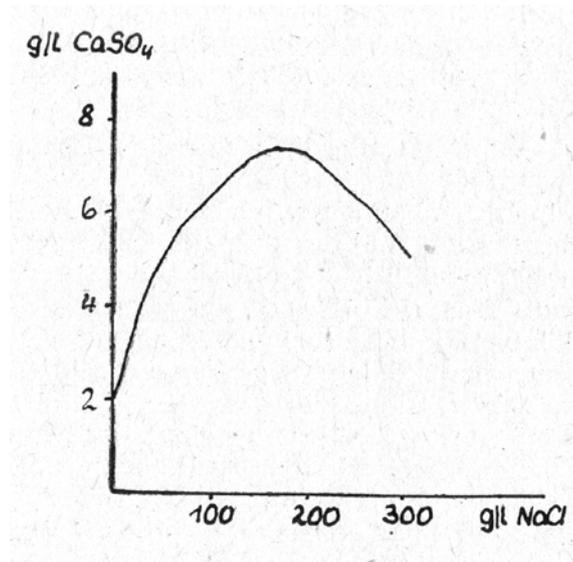


Abb. 5

Einzelheiten zu diesen Vorgängen im Hangenden der Kupferschieferlagerstätte wurden nach den Wassereinbrüchen von 1952 und 1958 in der Mansfelder Mulde, nach denen sich herausstellte, dass Wassereinbrüche sich stets mehr oder weniger lange vorher durch geringfügigere Wasserzuflüsse ankündigten, in jahrelanger Kleinarbeit ermittelt. Deshalb wurden im Kupferschieferbergbau neben der intensiven Klärung der geologischen und der tektonischen Verhältnisse vor allem alle Zuflussstellen unter Tage kartiert und bezüglich der Wasserzusammensetzung und der Zuflussmenge regelmäßig beobachtet. Das war eine wichtige Maßnahme im Schutz vor Wassereinbrüchen. Zu diesen Maßnahmen gehörten weiterhin leistungsfähige Wasserhaltungen und ein System von Kapselfeldern mit Damm-toren und Wasserleiteinrichtungen.

Die Zuflüsse aus dem verkarsteten Hangenden des Kupferschiefers nahmen mit dem Vordringen des Abbaus in immer größere Teufen so zu, dass bereits um 1550 die Auffahrung von Stollen zur Abführung der Grubenwässer begann. Der bedeutendste dieser Stollen ist mit 32 km Länge der zwischen 1809 und 1876 in der Mansfelder Mulde aufgefahrene Schlüsselstollen, einer der längsten Wasserhaltungsstollen des Erzbergbaus überhaupt (**Abb. 6**).

Im Revier Sangerhausen bestehen aus dieser Phase des Bergbaus der 1542 angehauene Gonnaer Stollen (13 km Länge) und der ab 1830 aufgefahrene Seegen-Gottes-Stollen (10 km Länge / tiefster möglicher Stollen im Revier / **Abb. 7**).

Bei dem Versuch, den Abfluss des Seegen-Gottes-Stollns, der im langjährigen Mittel bei $5,5 \text{ m}^3/\text{min}$ liegt, aus der Stollenlänge und dem dazugehörigen Einzugsgebiet im Zechsteinausstrich zu erklären, wurde festgestellt, dass man ein Mehrfaches des Jahresniederschlags zur Versickerung bringen müsste, um diese Menge zu erklären (**Abb. 8**).

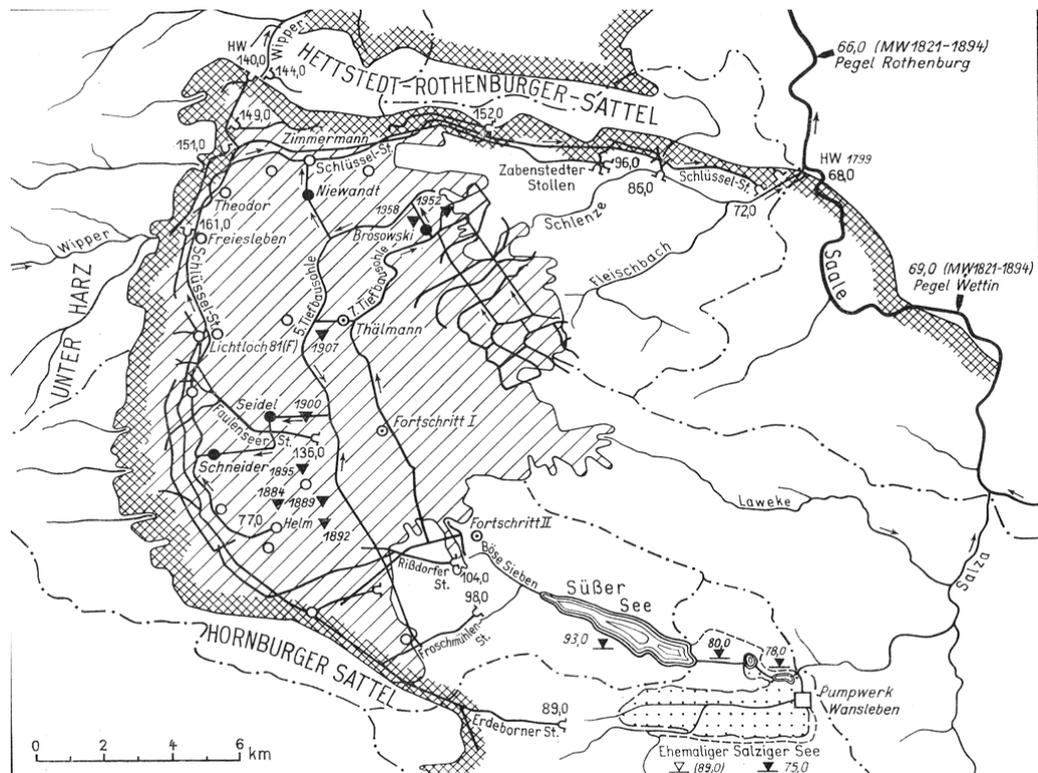


Abb. 6: Verlauf des Schlüsselstollens

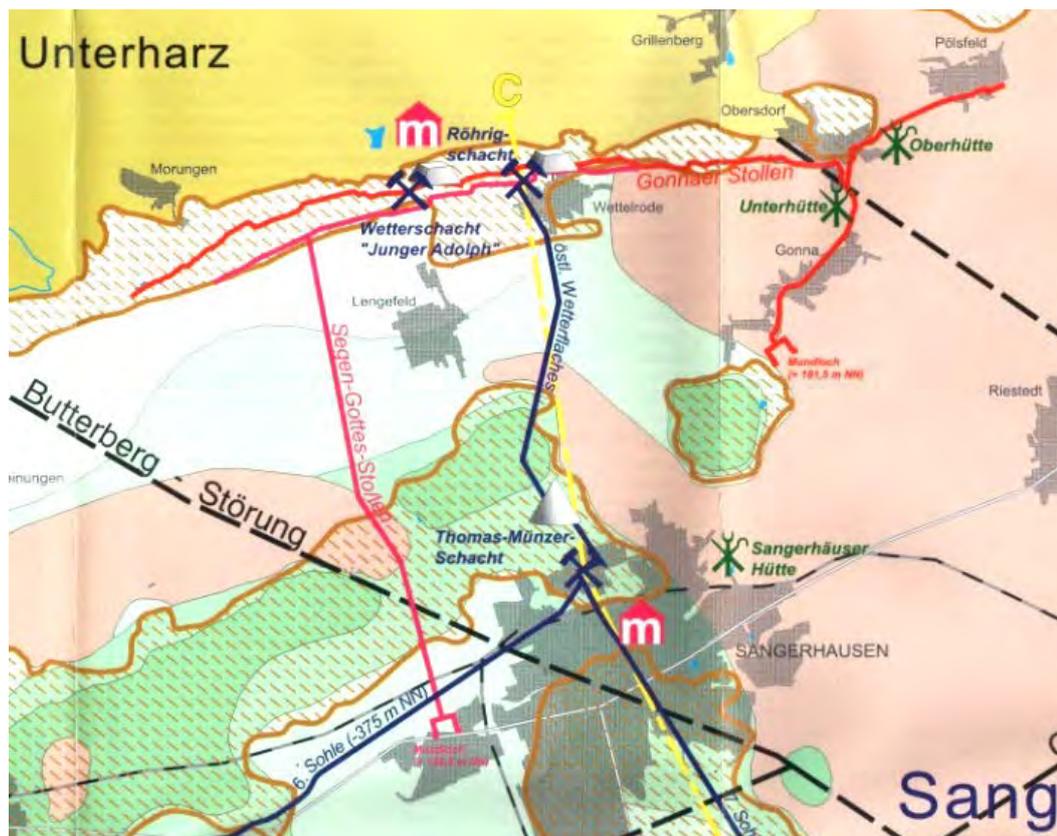


Abb. 7: Seegen-Gottes- u. Gonnaer Stollen

Nach HAASE (1936) liegt die jährliche Versickerungsrate im Zechsteinausstrich bei etwa 50 % des Jahresniederschlags, d. h. in unserer Region bei ca. 250 mm/a. Bei dieser Menge muss man das Einzugsgebiet des Seegen-Gottes-Stollns erheblich erweitern, um auf die Größenordnung des Stollenauslaufs zu kommen. Unter Berücksichtigung der untertägigen Verhältnisse kam dafür nur eine Erweiterung nach Westen um 4 bis 5 km über das Ende

der Stollenauffahrung hinaus in Frage. Es reicht dann das Einzugsgebiet des Stollens im Westen bis an die Butterbergstörung im Raum Großleinungen.

Dieses Beispiel, wie auch die Untersuchungen von VIETE (1953/1954) am Periodischen See bei Roßla mit dem Nachweis der Wiederaustrittsstellen der im Seebecken versinkenden Wässer im Nassetal sprechen für eine bedeutende Wasserzirkulation auch im Streichen der Schichten.

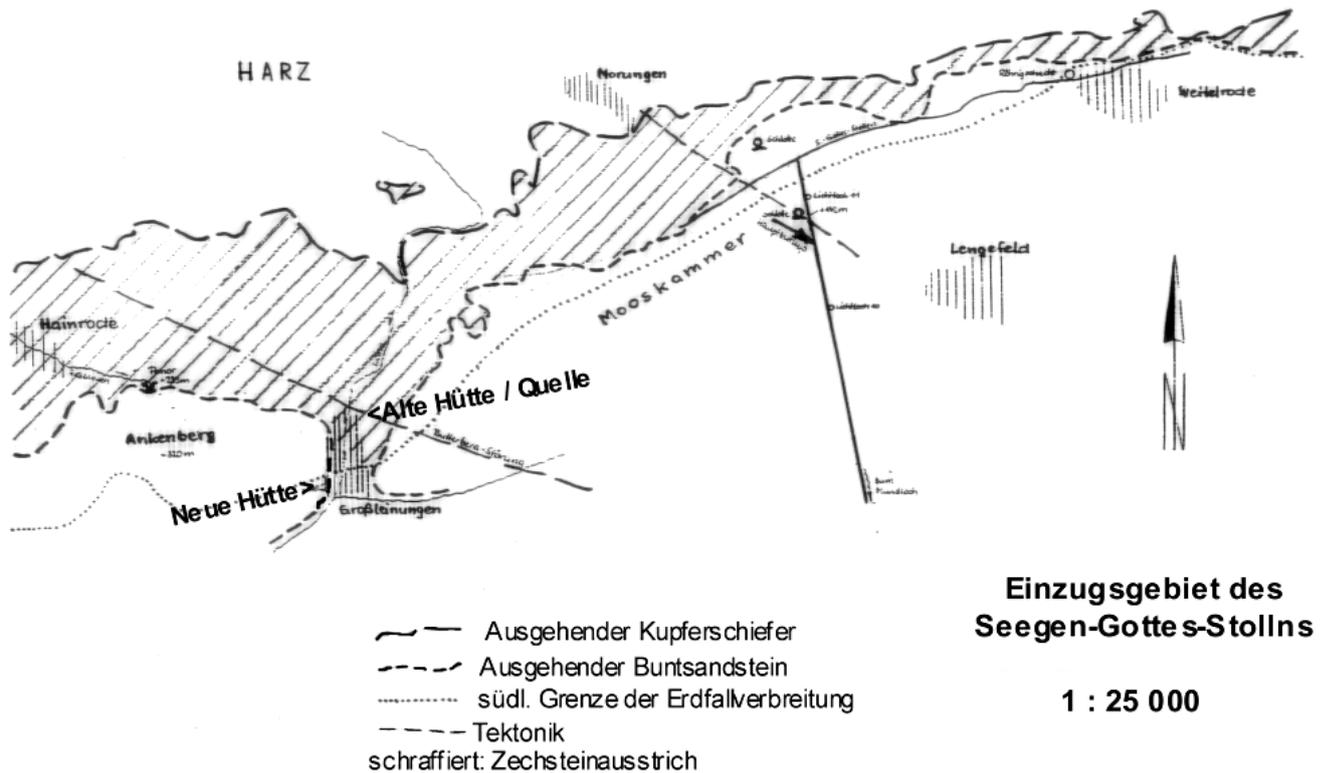


Abb. 8: Das Einzugsgebiet des Seegen-Gottes-Stollns

Nach 1945 begann mit dem Teufen der Schächte Sangerhausen (Thomas Münzer) und Niederröblingen 1 und 2 (Bernard Koenen 1 und 2) die Entwicklung des Abbaus in größere Teufen und damit die Gefahr neuer Wasserzuflüsse. Im Sangerhäuser Revier war wegen seines direkten Kontaktes zum Kupferschieferausstrich das Grubenfeld des Schachtes Sangerhausen als hydrogeologisch gefährdet eingestuft.

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

Sie förderte die lange relativ konstante Wassermenge (ca. 2 m³/min) direkt in den örtlichen Vorfluter Gonna. In den Jahren nach 1980 mussten infolge der Zuflussentwicklung in der Grube Sangerhausen (Abb. 9) erhebliche Anstrengungen zur Verstärkung der Wasserhaltung dieses Schachtes und zum Schutz der Vorfluter der Bau einer Salzwasserfernleitung von etwa 20 km Länge bis in die Mansfelder Mulde unternommen werden, denn die Zuflüsse erreichten nach allmählicher Steigerung im Westfeld 1988 mit Mengen von über 30 m³/min ihren Höhepunkt. Dies führte dann auch zur vorzeitigen Aufgabe des Abbaus im Westfeld und zur Abkapselung dieses Teilfeldes und später auch des Ostfeldes.

Aus den Standortbedingungen ergab sich die Notwendigkeit, die Dämme für Drücke von 7 MPa (Niveau Vorfluter über Tage) auszulegen (**Abb. 10**).

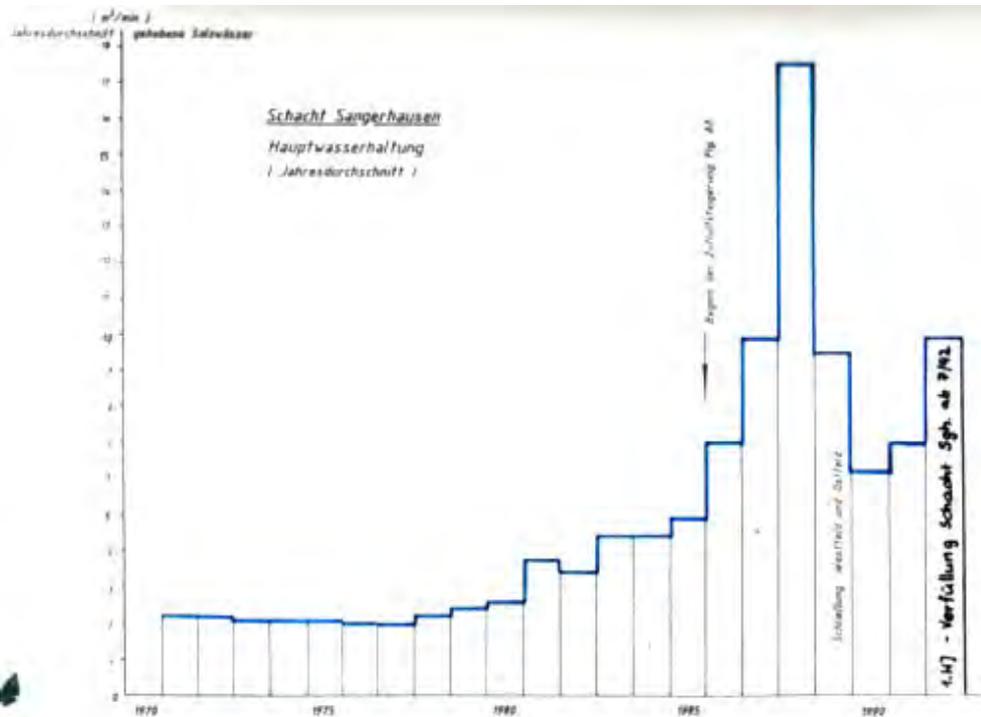


Abb. 9: Zuflussentwicklung im Schacht Sangerhausen

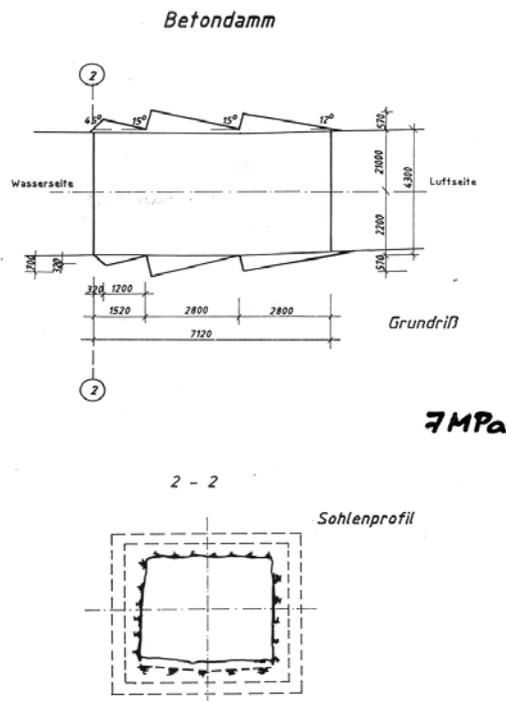


Abb. 10: Darstellung der Dammkonstruktion (Material: Beton)

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 (**Abb. 4**) 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 Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Steinsalzes ein über die Baufeldgrenzen im Osten und im Westen weit hinausreichender, langgestreckter Absenkungstrichter ausgebildet hatte. Außerdem wurde deutlich, dass sich im Zusammenhang mit den Dammbauarbeiten die Zuflussschwankungen unter Tage postwendend im Karstwasserleiter widerspiegelten (**Abb. 11**).

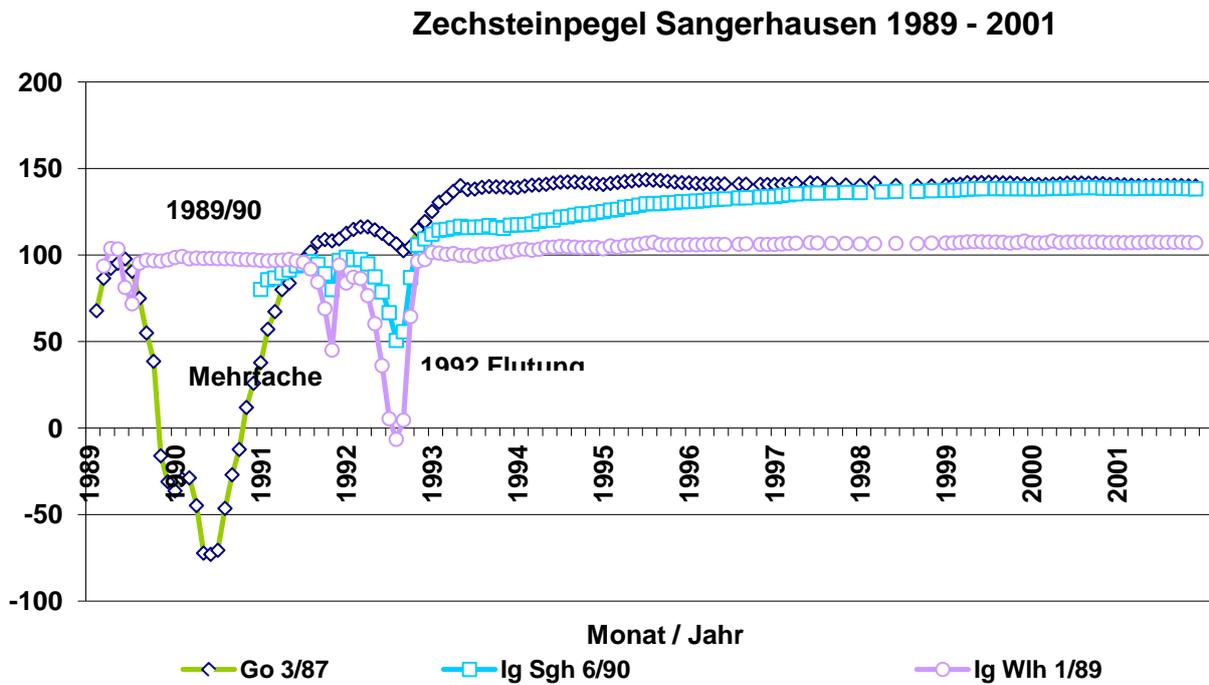


Abb. 11: Ganglinien der Zechsteinpegel bei Sangerhausen

Der Wasserentzug durch den Bergbau wirkte sich noch ca. 15 km westlich des Zuflussschwerpunktes Westfeld des Schachtes Sangerhausen (**Abb. 4**) 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. 12**). In deren Umfeld traten im Beckenbereich des Stausees infolge des abgesenkten Karstwasserspiegels eine Reihe von großformatigen Erdfällen auf (**Abb. 13 u. 14**).

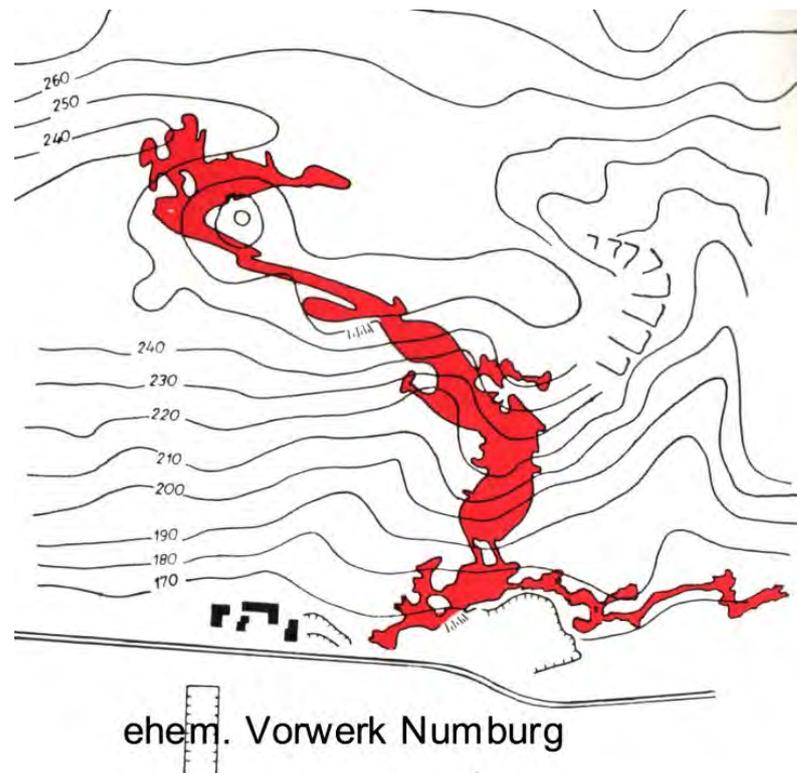


Abb. 12: Grundriss de Numburger Höhle (aus: Die Numburger Höhle, Mitt. Karstmuseum Heimkehle, 21, 1991)

Die Herkunft der im Westfeld des Schachtes Sangerhausen zusitzenden Wässer aus dem Bereich des Stausees Kelbra wurde zunächst nur vermutet und dann aber auch durch einen Tracerversuch nachgewiesen. Danach betrug die Zirkulationsgeschwindigkeit zwischen Stausee und dem Westfeld des Thomas-Münzer-Schachtes etwa 2 Monate oder etwa 250 m/d bzw. 17 cm/min.



Abb. 13: Erdfall am Südrand des Stausees Kelbra



Abb. 14: Erdfall im wasserlosen Stausee, im Hintergrund Gebäude des ehem. Vorwerks

Auch im Revier Sangerhausen stellten sich mit Beginn des Zuflusses von Salzwässern in den Verbreitungsgebieten von Steinsalz über Tage Senkungen ein (Abb. 15 u. 16). 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 korrelieren mit dem damaligen Salzaustrag aus dem T.-Münzer-Schacht von etwa 40 - 45 kg/s bzw. 2,5 t/min. Vorteilhaft war hier die nur relativ kurze Einwirkzeit.

Trotz dieses enormen Wasserentzugs aus dem Karstwasserleiter gab es keinerlei Beeinträchtigungen der unmittelbar über dem Zuflussschwerpunkt aus dem Buntsandstein fördernden Brunnengalerie, die das Trinkwasser für die Region lieferte. Ein dort stehender Pegel zeigte ständig, und auch heute noch, einen über Gelände gespannten Wasserstand im Buntsandstein.



Abb. 15: Lage der Hauptzuflusstelle im Westfeld des Schachtes Sangerhausen

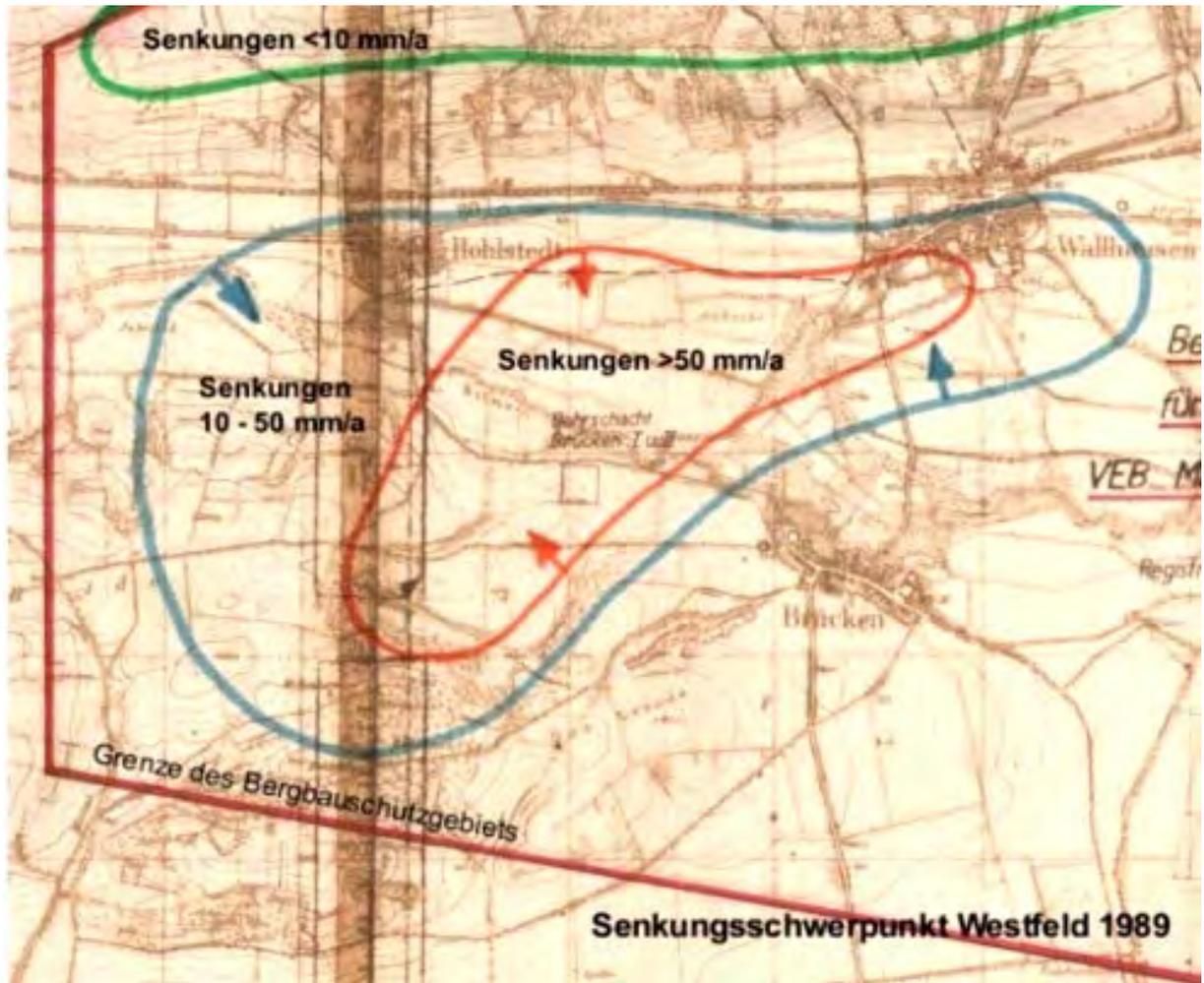


Abb. 16: Lage des Senkungsgebietes im Westfeld des Schachtes Sangerhausen an der Tagesoberfläche

Mit der Einstellung des Abbaus im Revier Sangerhausen galten für die Verwahrung des Reviers die gleichen Prämissen wie in der Mansfelder Mulde. Hier lief die Verwahrung unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Mansfelder Mulde aber nach der politischen Wende in Deutschland und damit unter vollkommen anderen ökonomischen und technischen Rahmenbedingungen ab. Wie schon gesagt, wurde zunächst versucht, das Hauptzuflussgebiet im Westfeld des Schachtes Sangerhausen durch Abkapselung mittels

Dämmen vom übrigen Grubenfeld zu trennen. Über die Zirkulationswege entlang der Verbreitungsgrenze des Staßfurtsteinsalzes traten diese Wässer aber postwendend über das Ostfeld in die Grube, so dass trotz Abkapselung auch dieses Baufeldes bald klar wurde, dass die Schachanlage „Thomas Münzer“ vollständig aufgegeben werden muss.

Die Auflassung des Kupferschieferbergbaus war damit auch im Revier Sangerhausen vorranglich 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 vermeiden.

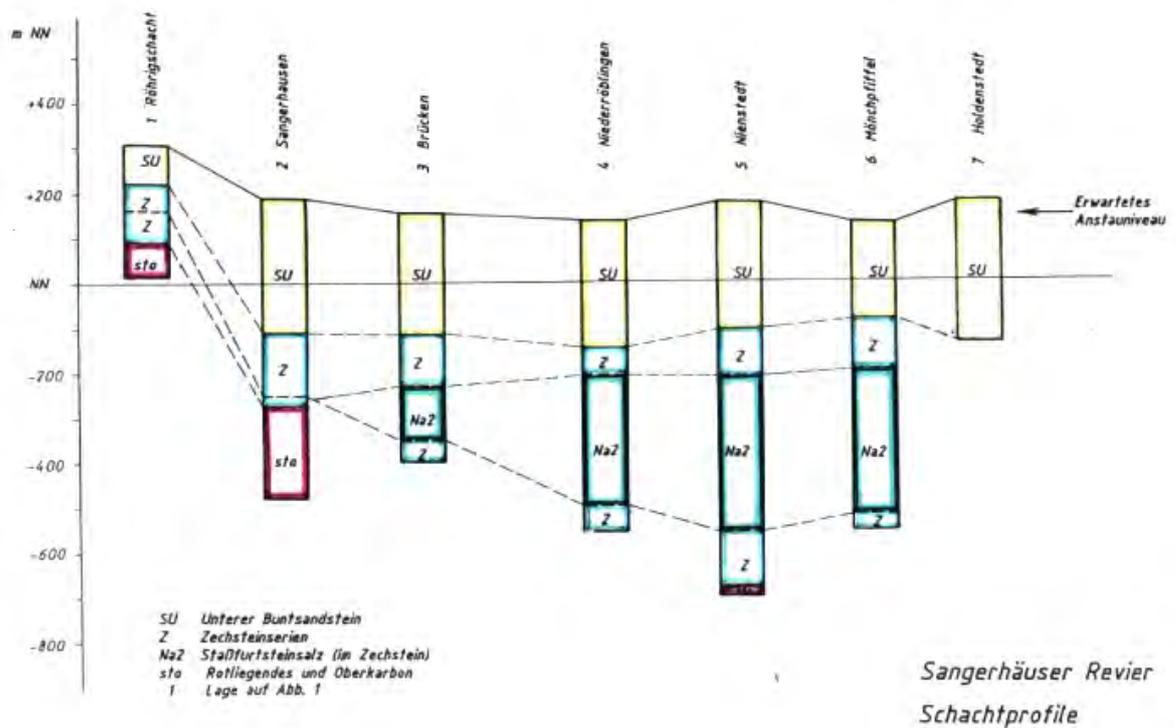


Abb. 17: Die Schachtprofile des Reviers Sangerhausen

Das hydraulische Niveau des in die Gruben einströmenden Karstwassers war bei etwa +150 m NN (Niveau Seegen-Gottes-Stollen) anzunehmen.

Trotz der Trennung der Grubenfelder Sangerhausen und Niederröblingen durch einen Damm, wie er in Abb. 9 gezeigt wurde, war dieses Niveau des Wasserstandes lang-fristig für beide Grubenfelder anzusetzen. Das bedeutete aber, dass einmal dieser Damm über lange Zeit den vollen hydrostatischen Druck aufnehmen muss, und dass gegebenenfalls sowohl die Rasensohle des Schachtes Niederröblingen als auch die des Bohrschachtes Mönchpiffel tiefer lag und die Gefahr des Austritts von Grubenwasser über die Schächtröhren nach über Tage bestand (Abb. 17).

Die Flutung des Reviers Sangerhausen begann mit der Grube Sangerhausen. Sie erfolgte bereits 1992 und war wegen der Zuflussmengen und trotz des zur Verfügung stehenden bergmännischen Hohlräume von ca. 6 Mill. m³ innerhalb von etwa 4 Monaten beendet. Die Auffüllung des durch die Wasserhaltungen im Karstwasserleiter erzeugten Absenkungstrichters gestaltete sich langwieriger und war erst einige Jahre später abgeschlossen (s. Abb. 11).

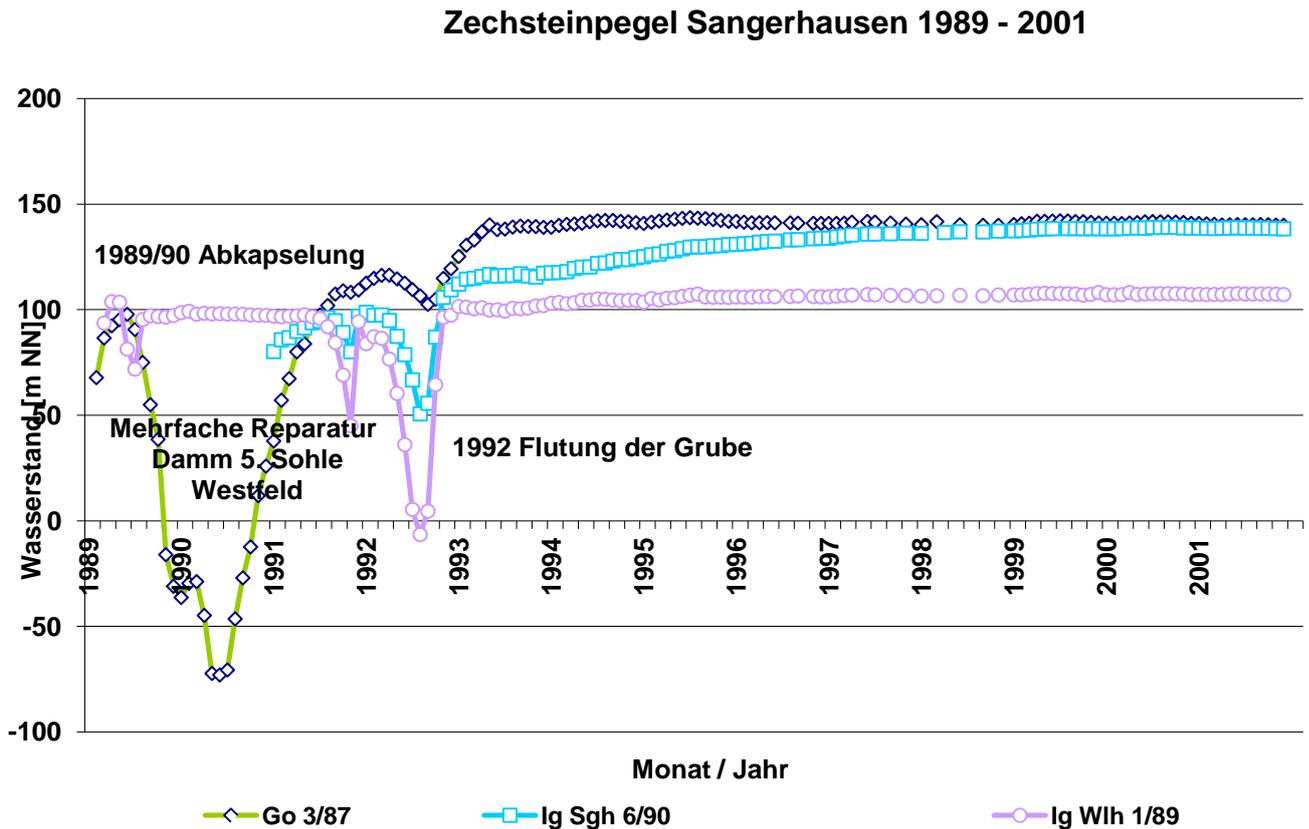


Abb. 11: Ganglinien der Zechsteinpegel bei Sangerhausen

Wie schon gesagt, war die Grube Sangerhausen vom Schacht Niederröblingen durch einen Damm im Markscheidepfeiler getrennt. Die Flutung der fast zuflussfreien Grube Niederröblingen wurde festgelegt, 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 dieser Grube nur durch Einstellung der Wasserhaltung Jahrzehnte gedauert. Darum wurde entschieden, die Grube mit Wasser aus dem Vorfluter Helme, einem Nebenfluss der Unstrut, zu fluten und dadurch die Flutungszeit erheblich zu verkürzen.

Parallel zur Verfüllung der Schächte wurden dazu 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 in das Niveau der 12. Sohle ein Kontrollpegel zur Überwachung des Wasseranstiegs und in die 7. Sohle ein Bohrloch zur Abführung der vom Wasser unter Tage verdrängten Luft niedergebracht.

Außerdem wurde zum Schutz der umfangreichen Steinsalzaufschlüsse unter Tage vor dem Süßwasser der Helme ein System von 15 Mauerdämmen als Zirkulationshemmnis errichtet.

Nach Abschluss dieser Arbeiten begann im Frühjahr 1994 die Flutung des über 6 Mill. m³ umfassenden bergmännischen Hohlraums. Es wurden zunächst Mengen um 11 m³ pro 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. 18**). 1996 war die Flutung beendet und die Bohrungen verwahrt.

Der Flutungsvorgang selbst 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 sog. Nienstedter Störungszone (etwa 300 m Sprunghöhe / **Abb. 4**) entstanden. Sie wurden mittels der zur Lokalisierung von schlag-artigen Gebirgsbewegungen infolge von Salzauflösung im Gebirge im Revier Sangerhausen bei der TERRA-DATA GmbH in Sangerhausen installierten Anlage zur seismischen Überwachung registriert (**Abb. 18**).

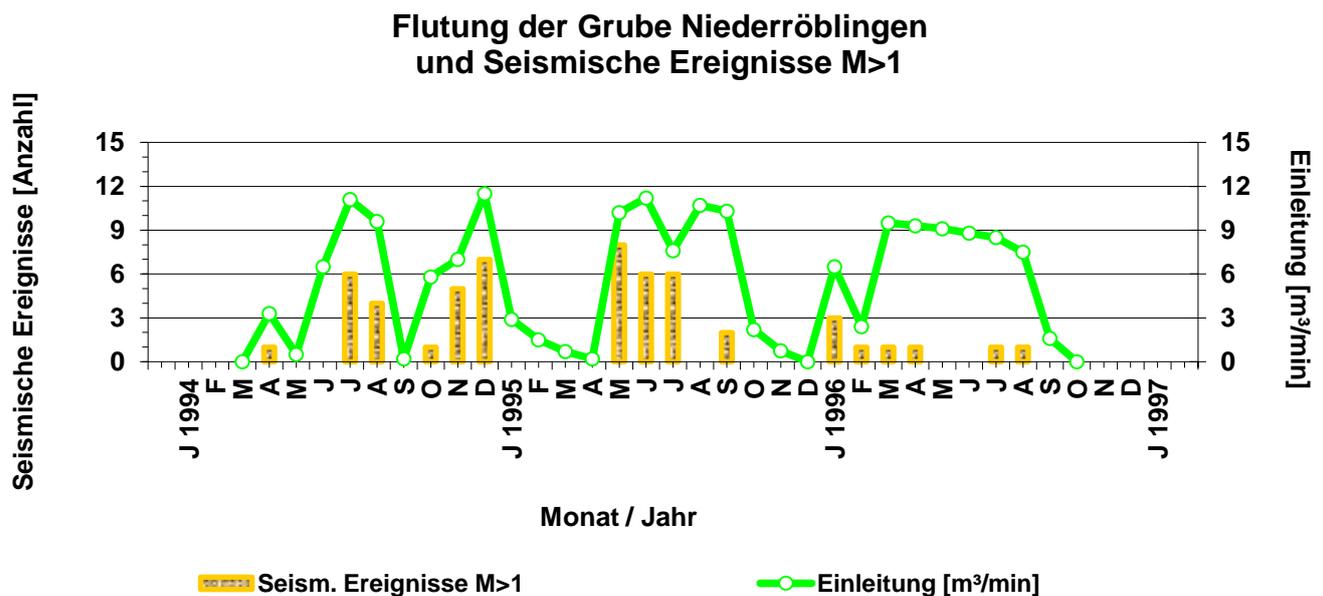


Abb. 18 : Seismische Ereignisse und Flutung in Niederröbblingen

Wie die danach noch weitergeführte Beobachtung der Standsicherheit der Schachtröhren, der Entwicklung der Senkungen und der Abflüsse aus dem Grubenfeld des Altbergbaus am Ausgehenden ergab (**Abb. 18**), wurde das Verwahrungsziel erreicht. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass die Zirkulation von Wässern im verkarsteten Gebirge, auf den von der Natur vorgezeichneten Zirkulationswegen vom Harz weg in Richtung Unstrutniederung auch künftig erfolgt. Sichtbares Zeichen dieser Wasserbewegung ist der Abfluss von Wässern aus dem Grubengebäude des Altbergbaus des Sangerhäuser Reviers. So führt der Seegen-Gottes-Stolln wegen der im Bergbaumuseum Röhrigschacht betriebenen Wasserhaltung schwach salziges Wasser ab, liegt mit seiner Salzlast aber deutlich unter den früheren Abgabemengen des Reviers Sangerhausen. Die Wassermenge stieg im Röhrigschacht nach Auffüllung des Absenkungstrichters im Karst wieder auf alte Werte an. Die Wässer des gefluteten Grubenfeldes Niederröbblingen nehmen heute an keiner Zirkulation mehr teil.

Ausblick

Einen Aspekt der Einflussnahme des Bergbaus auf die Tagesoberfläche bzw. die Umwelt sollte man nicht vergessen zu erwähnen: das ist der Austrag von Salzen oder Metallen über den Wasserpfad aus den Entwässerungsstollen des Kupferschieferbergbaus. Hier sind weniger die Süßwasser führenden Stollen als vielmehr die salzwasserbelasteten Stollen, wie der Schlüsselstollen in der Mansfelder Mulde und auch der Seegen-Gottes-Stolln im Revier Sangerhausen zu nennen. Sie führen neben dem Salz unter anderem die Metalle Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, As, Cd und vor allem Zn ab.

So liefert z. B. der Schlüsselstollen als Hauptlieferant an seinem Mundloch etwa 8 - 9 kg Salz/s (d.s. 700-800 t/d) und, zusammen mit den Süßwasserstollen, rund 50 kg Metalle/d. Im Revier Sangerhausen liegen diese Werte, vor allem wegen der geringeren Abflüsse, für den Salzaustrag unter 0,5 kg/s und bei den Metallen bei etwa 9 kg/d.

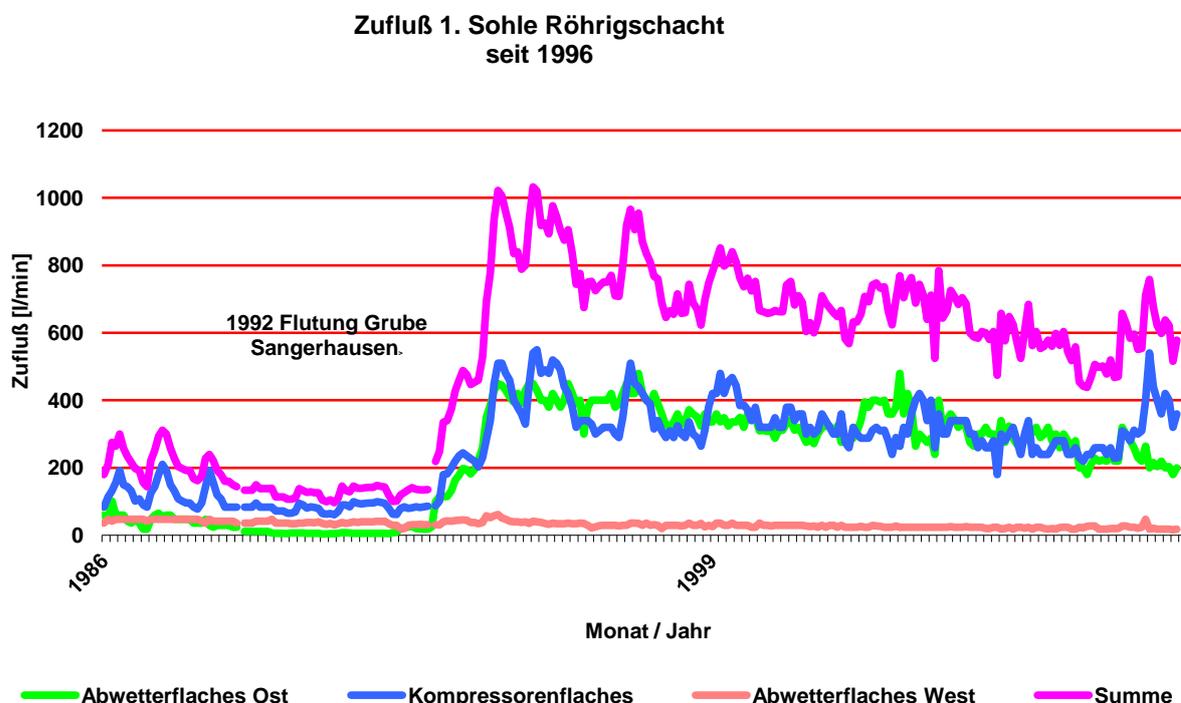


Abb. 19: Die Zuflussentwicklung im Röhrigschacht nach der Flutung der Grube Sangerhausen

Insgesamt hat die Ausbildung des Gebirges über der Kupferlagerstätte und die daran gebundene intensive Verkarstung den Kupferschieferbergbau über alle Zeiten seiner 800-jährigen Geschichte massiv beeinflusst und letztlich auch erheblich zu seiner endgültigen Einstellung beigetragen. Wie wir heute wissen, lassen sich die Eingriffe des Bergbaus in die Natur nur unvollkommen wieder rückgängig machen.

Es erscheint notwendig darauf hinzuweisen, dass der gegenwärtige hydrologische Zustand, also das durch Schlüssel-Stollen und Seegen-Gottes-Stolln garantierte stabile Abflussniveau unbedingt zu erhalten ist. Deshalb muss der Gesamtbereich nach wie vor unter fachlicher Kontrolle bleiben. Die Kontrolltätigkeit nach den Festlegungen der Aufsichtsorgane wird sich sicherlich allmählich verringern können, es bleibt aber die Notwendigkeit zur weiteren Überwachung dieser Vorgänge in angemessenem Umfang, denn Unsicherheiten bleiben oder, wie der Bergmann sagt: „Hinter der Hacke ist es duster“ !

Verzeichnis der Abbildungen

- 1.. Karte Kupferschieferbergbau
2. Schematisches Profil vom Zechsteinausstrich
3. Profil: Gesteine des Zechsteins
4. Subrosionskarte Revier Sangerhausen
5. Gipslösung und Salzgehalt
6. Verlauf Schlüsselstollen
7. Verlauf Seegen-Gottes- und Gonnaer Stollen
8. Einzugsgebiet Seegen-Gottes-Stolln
9. Zuflussentwicklung im Thomas-Münzer-Schacht
10. Konstruktion eines Absperrdammes
11. Ganglinien der Zechsteinpegel im Revier Sangerhausen
12. Grundriss der Numburger Höhle
13. Erdfälle im Bereich des Stausees Kelbra
14. Erdfälle im Bereich des Stausees Kelbra
15. Lage des Zuflussschwerpunktes im Westfeld des Schachtes Sangerhausen
16. Karte des Senkungsschwerpunkts über dem Westfeld des Schachtes Sangerhsn.
17. Die Schachtprofile des Reviers Sangerhausen
18. Flutungsverlauf im Grubenfeld Niederröblingen und seismische Ereignisse
19. Zuflüsse Röhrigschacht nach Flutung

Literatur:

1. **REMUS, W. & M. SPILKER:** Die hydrogeologischen Verhältnisse im Nordteil der Sangerhäuser Mulde.-
WIE - Broschürenreihe des Mansfeld-Kombinates, Nr. 38, Eisleben, 1961
2. **REMUS, W. & M. SPILKER:** Die hydrogeologischen Verhältnisse im Nordteil der Sangerhäuser Mulde.-Bergbautechnik, 11, H. 6, S. 317-321, Leipzig, 1961
3. **REMUS, W., M. SPILKER & R. ZEISING:** Die Heimkehle bei Uftrungen am Südharz.-
16 S., Ges. z. Verbreitung wiss. Kenntnisse, Halle, 1962
4. **JANKOWSKI, G. & W. REMUS:** Die Kupferschieferlagerstätte in der Sangerhäuser Mulde.-
47 S., Ges. z. Vorbereitung wiss. Kenntnisse, Halle, 1963
5. **SPILKER, M.:** Zusammenhänge zwischen untertägigen Wasserzuflüssen und dem Abbau im Thomas-Münzer-Schacht.-
KdT-Mitt. Mansfeld-Kombinat, H. 1/1965, S. 23-30, Eisleben, 1965
6. **JUNG, W. & M. SPILKER:** Über ein bemerkenswertes Tiefenkarstvorkommen.-
Z. f. angew. Geologie, 15, H. 12, S. 646-649, Berlin, 1969
7. **SCHWARZKOPF, H. & M. SPILKER:** Beispiele für Subrosionserscheinungen im Zechsteinausstrich am südöstlichen Harzrand.-
DGGW, Exk.-Führer, S. 11-25, Berlin, 1971
8. **JUNG, W., R. MEERSTEIN, H. SCHMIDT, H. SCHOOF & M. SPILKER:** Grundsätze und erste Ergebnisse der Verwahrung von Schächten in der Mansfelder Mulde.-
Neue Bergbautechnik, 2, H. 8, S. 626-629, Leipzig, 1972
9. **JUNG, W. & M. SPILKER:** Hydrologische Probleme beim Wasseranstau in der Mansfelder Mulde.-
Z. f. angew. Geologie, 18, H. 1, S. 17-21, Berlin, 1972
10. **SPILKER, M. :** Hydrologische Beobachtungen am Periodischen See.-
Fundgrube, 10, H. 1/2, S. 1-6, Berlin, 1973
11. **MÜLLER, K.-H. & M. SPILKER:** Erfahrungen beim Abdichten einer untertägig angefahrenen Erkundungsbohrung.-
Neue Bergbautechnik, 5, H. 7, S. 533-536, Leipzig, 1975
12. **KNITZSCHKE, G. & M. SPILKER:** Montanhydrologische Aspekte zur Gewährleistung der Bergbausicherheit im Kupferschieferbergbau.-
KdT-Mitt. Mansfeld-Kombinat, H. 2/1981, S. 6-11, Eisleben, 1981
13. **BRENDEL, K., G. BRÜCKNER, G. KNITZSCHKE, A. SCHWANDT & M. SPILKER:** Montanhydrologische Aspekte zur Gewährleistung der Bergbausicherheit beim Abbau zechsteinzeitlicher Lagerstätten.-
Z. geol. Wiss., 10, H. 1, S. 7-31, Berlin, 1982
14. **BRÜCKNER, G., G. KNITZSCHKE, J. PELZEL, A. SCHWANDT & M. SPILKER:** 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. **SCHWANDT, A., H.-D. SCHMIEDL, D. HEBERT, K. FRÖHLICH, H.-P. JORDAN & M. SPILKER:** Neue Aspekte zur Auslaugung in Kali- und Kupferschieferabbaugebieten der DDR.-
Z. geol. Wiss., 14, H. 2, S. 183-192, Berlin, 1986

16. **KAHMANN, H.-J., G. KNITZSCHKE & M. SPILKER:** 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. **FANTASNY, D. & M. SPILKER:** Ein neuer Großerdfall im Kreis Eisleben.-
Mitt. über Höhlen- u. Karstforschung, H. 1, S. 10-12, Halle, 1988
18. **M. SPILKER & H. WORDELMANN:** Erste Ergebnisse der Verwahrung im Sangerhäuser Kupferschieferrevier.-
GDMB, EMC `94, S. 351-371, Freiberg, 1994
19. **M. SPILKER:** Zur Stilllegung des Bergbaus auf Kupferschiefer in der Mansfelder Mulde.-
Protokollband 100 Jahre Eisleben, S. 273-278, Eisleben, 1995
20. **AUTORENKOLLEKTIV:** Mansfeld - Die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens.-
Verein Mansf. Berg- u. Hüttenleute & Dtsch. Bergb.-Museum Bochum,
614 S. Eisleben & Bochum, 1999
21. **SPILKER, M, G. STROBEL & H. WÜRZBURG:** Erfahrungen und Probleme bei der Flutung von Grubenhohlräumen des Kupferschieferbergbaus.-
GGW, Exk.-Führer, 205, S. 155-168, Berlin, 1999
22. **SPILKER, M.:** Erfahrungen und Probleme bei der Verwahrung der Grubenhohlräume des Kupferschieferbergbaus.-
Protokollband 800 Jahre Mansf. Berg- u. Hüttentradition, S. 21-29,
Eisleben, 2000
23. **SPILKER, M.:** 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. **KNITZSCHKE, G. & M. SPILKER:** Die Kupferschieferlagerstätte Mansfeld/Sangerhausen.-
Der Anschnitt, 55, S. 134-147, Bochum, 2003
25. **HARTMANN, O., U. MALLIS, M. SPILKER & H.-D. THORMEIER:** Schachtstandorterkundung und Schachtabteufen für den Salz- und Kupferschieferbergbau in Ostdeutschland (1945-1990).-
GGW, Exk.-Führer, 222, S. 111-124, Berlin, 2003
26. **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. **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. **G. STROBEL, U. HEROLD & M. SPILKER:** Zur Flutung der Mansfelder Mulde - Eine Nachbetrachtung.-
Mitt. zu Geol. u. Bergwesen in Sachs.-Anhalt, Bd. 15, 112 S., Halle, 2008

29. **KNITZSCHKE, G. & M. SPILKER:** Kreisfeld - Die Entwicklung von einem Bauerndorf zum Mittelpunkt eines Bergbaureviers.-
66 S., Herausgeber: Kreisfelder Freundeskreis Wandern u.
Ortsgeschichte im SV Eintracht Kreisfeld e.V., 2009
30. **EISENHUTH, K.-H. & E. KAUTZSCH:** Handbuch für den Kupferschieferbergbau.-
335 S.; Fachbuchverlag Leipzig, 1954
31. **VIETE, G.:** Geologische und hydrologische Untersuchungen im Gipskarst des östlichen Südhartzvorlandes.-
Freiberger Forsch.-H. C 9, S. 46-79: 1954
32. **KAUTZSCH, E.:** Hydrologische Probleme im Mansfelder und Sangerhäuser Kupferschieferbergbau.-
Bergbauttechnik 6, S. 134-143, 1954
33. **JUNG, W.:** Zur Feinstratigraphie der Werraanhydrite (Z 1) im Bereich der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde.-
Geologie, Beih. 24, S. 1 - 88, 1958
34. **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
35. **JANKOWSKI, G.:** Quartäre Ablagerungen im Ried des mittleren Helme- und Unstrutlaufs.-
Geologie 10, S. 50-65; 1961
36. **LORENZ, S.:** Wassereintrübe im Mansfelder Kupferschieferbergbau.
Z. angew. Geol. 8, S. 310-316, 1962
37. **JANKOWSKI, G.:** Die Tertiärbecken des südöstlichen Harzvorlandes und ihre Beziehungen zur Subrosion.
Geologie, Beih. 43, S. 1 - 60; 1964
38. **JUNG, W.:** Zum subsalinaren Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. Mit einigen Gedanken zur Äquidistanz von Schwächezonen.-
Geologie 14, S. 254-271, 1965
39. **JUNG, W. & K. LIEBISCH:** Die Grubenhydrologie in der Mansfelder Mulde.-
Z. angew. Geol. 12, S. 11 - 21, 1966
40. **Jung, W., Knitzschke, G. & Gerlach, R.:** Entwicklungsgeschichte der geologischen Anschauungen über den Mansfelder Kupferschieferbergbau.-
Geologie 20, S. 462 - 484, 1971
41. **GRUBE, H. & M. VOLLRATH:** Beiträge zur Entwicklung des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil I).-
TM KDT 18, 1, S. 3 - 8, 1977
42. **GRUBE, H. & M. VOLLRATH:** Die Geschichte des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil II).-
TM KDT 18, 2, S. 3 - 9, 1977
43. **GRUBE, H. & M. VOLLRATH:** Die Geschichte des Kupferschieferbergbaus im Sangerhäuser Revier (Teil III).-
TM KDT 18, 3, S. 3 - 7, 1977
44. **HAASE, H.:** Hydrologische Verhältnisse im Versickerungsgebiet des Südhartz-Vorlandes.-
Diss. Uni Göttingen, 213 S., 1936
45. **KNITZSCHKE, G. & H.-J. KAHMANN:** Der Bergbau auf Kupferschiefer im Sangerhäuser Revier.-
Glückauf 126 (1990), S. 528 - 548.

46. **SUDERLAU, G.:** Die spät- und postglazialen Ablagerungen in den Senken des Raumes Eisleben - Artern - Bad Frankenhausen und ihre ingenieurgeologische Bedeutung.- Diss. MLU Halle/Wittenberg, 1974
47. **Verein Mansfelder Bergarbeiter Sangerhausen:** Erinnerungswürdiges zum Sangerhäuser Kupferschieferbergbau.- 47 S., Sangerhausen, 2000
48. **Ziegler, T.:** Unser Thomas.- Band 1, 224 S., Sangerhausen, 2000
49. **Ziegler, T.:** Unser Thomas.- Band 2, 157 S., Sangerhausen, 2001
50. **Ziegler, T.:** Der Röhrigschacht.- 60 S., Sangerhausen, 2001
51. **Ziegler, T.:** Alabasterknollen und Marienglas.- 66 S., Sangerhausen, 2002
52. **Ziegler, T.:** Der Kunstteich.- 23 S., Sangerhausen, 2009
53. Schriftenreihe Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle, Hefte 1 (1981) bis 22 (1992),
54. Beiträge zur Heimatforschung des Spengler-Museums Sangerhausen, Hefte 1 (1969) bis 11 (1998)
55. Schriftenreihe des Mansfeld-Museums Hettstedt, Hefte 1 (1996) - 8 (2005).
56. Mitteilungen des Vereins Mansfelder Berg- und Hüttenleute e. V., Eisleben, Nr. 1 (1996) bis 133, (2014) , siehe Homepage
57. Informationsblatt des Vereins Mansfelder Bergarbeiter Sangerhausen e. V., seit 1997
- siehe auch: . Internet:** Homepage des Vereins Mansfelder Berg- und Hüttenleute e. V. in Eisleben:
www.vmbh-mansfelder-land.de