

Die Flutung des Bergbaureviers Mansfelder Mulde – eine Sicherheitsmaßnahme zur Minimierung von Umweltschäden

Martin Spilker, Sangerhausen (2016)

Der Kupferbergbau im Mansfelder Land hat in seiner 800jährigen Geschichte nicht nur intensiven Einfluss auf das Geschick, die Lebensumstände der hier lebenden und an ihn durch Arbeit gebundenen Menschen genommen, sondern er hat auch die Landschaft, die Umwelt teilweise sehr nachhaltig verändert. Dies trifft sowohl für den Bergbaubezirk der Mansfelder Mulde, als auch für das Revier Sangerhausen zu. In diesen Ausführungen soll die Berichterstattung nur zur Mansfelder Mulde erfolgen.



Abb. 1: Haldenlandschaft im Mansfelder Revier
(vorn: Eduard-, links: Thälmann-, rechts: Fortschritt-Schacht 1)

Besucht man das Bergbaurevier Mansfelder Mulde, so fallen schon aus der Ferne die das Land überragenden Bergbauhalden auf (**Abb. 1**). In ihnen ist das taube Gestein, das bei der Gewinnung von rd. 81 Mill. t Erz anfiel in Klein-, Flach- und Spitzkegelhalden in einer Menge von ca. 106 Mill. t aufgehäuft. Besonders auffällig sind dabei die Spitzkegelhalden, in denen allein 43 % der Bergemenge konzentriert sind.

Nicht enthalten sind in dieser Angabe die Schlacken- und Rückständehalden der Hüttenbetriebe und die Mengen der Bergbauhalden (Flachhalden), die bereits durch Rückgewinnung einer weiteren Verwendung zugeführt wurden (geschätzt 10 bis 15 Mill. t).

Die Halden des Bergbaus enthalten vorwiegend Zechsteinkalk, in geringen Mengen auch Gesteine des Hangenden (Anhydrit, Steinsalz) oder des Liegenden des Kupferschiefers (Sandstein, Konglomerat) und natürlich auch, meist in gesonderter Aufschüttung, gering vererzten, früher nicht verhüttbaren Kupferschiefer. Diese Partien sind in jüngster Zeit wegen der Entwicklung auf dem Buntmetallmarkt wieder ins Blickfeld von Interessenten geraten.

Die Halden des Kupferschieferbergbaus stellen weder wegen ihrer Lage, noch ihrer Konfiguration oder ihrer Zusammensetzung und trotz eines nicht zu leugnenden geringen Schadstoffaustrags (Metalle, Chlorid) kaum eine Gefährdung für die Umwelt dar. Vielmehr prägen sie das Mansfelder Land.

Nicht ganz so auffällig wie die Halden des Bergbaus, aber doch wesentlich tief greifender und intensiver sind andere Veränderungen im Mansfelder Land, die auf das Wirken des Bergbaus zurückzuführen sind. Allerdings muss man dazu auch erwähnen, dass diese Wirkungen insgesamt natürlich motiviert sind, durch den Einfluss des Bergbaus aber eine schwerpunktmäßig an tektonische Schwächezonen und Steinsalzverbreitungsgrenzen orientierte Verstärkung erfahren haben. Ich spreche hier von den großflächig angelegten Senkungen der Tagesoberfläche.

(Abb. 2 und Abb. 3)

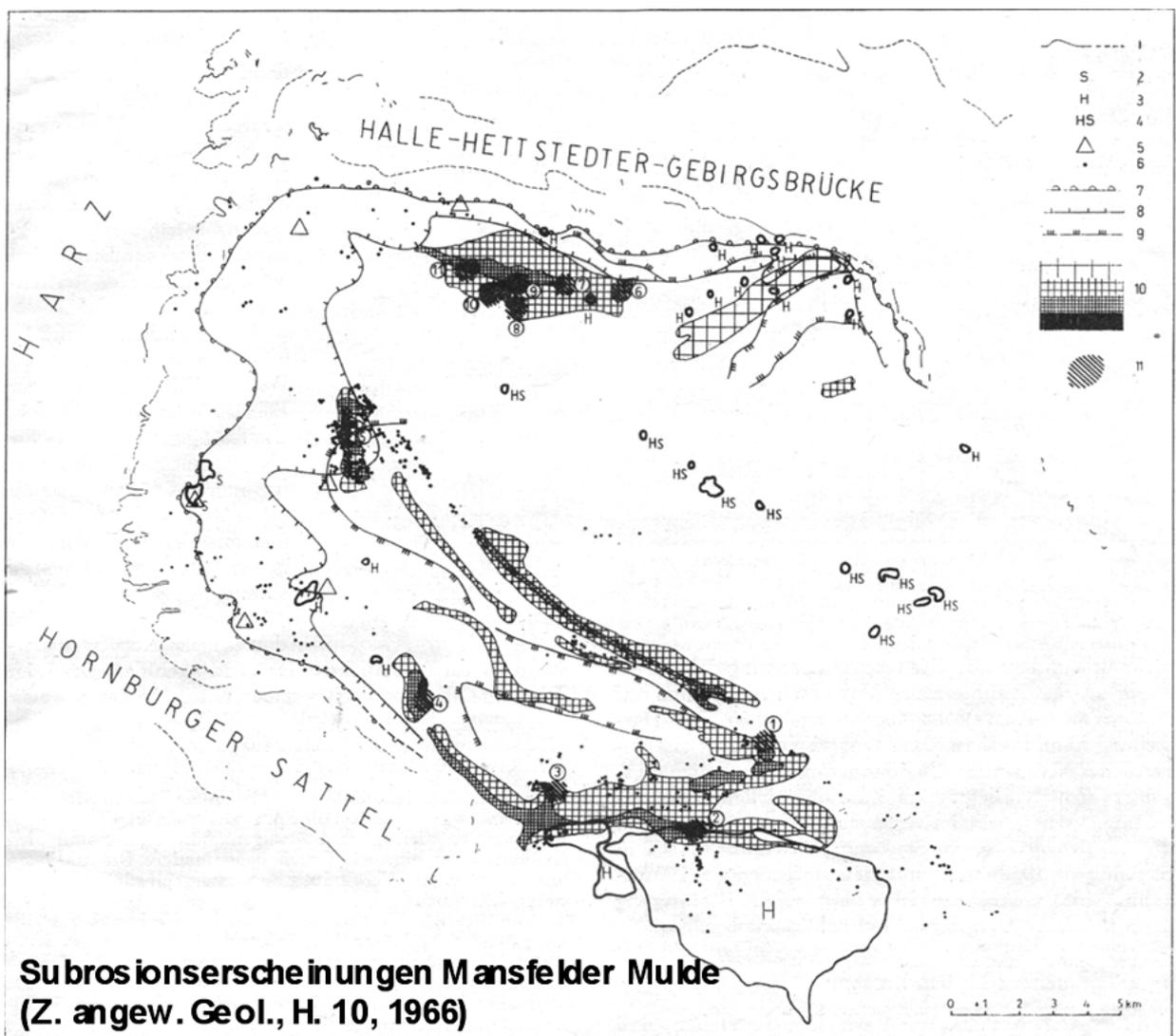


Abb. 5. Karte der Subrosionserscheinungen in der Mansfelder Mulde

1 - Ausgehendes des Kupferschiefers, 2 - Tertiärbecken des Sulfattyps, 3 - Tertiärbecken des Halittyps, 4 - Tertiärbecken des Halit-Sulfat-Typs, 5 - natürliche Schlottenbereiche, 6 - Erdfälle, 7 - Grenze der Veraschung, 8 - Grenze der Vergipsung im A 1, 9 - Grenzen der Vergipsung im A 3,	10 - Senkungsgebiete (nach KAMMHOLZ 1964) 1955 - 1961 < 10 mm 1955 - 20 - 100 mm 1955 > 100 mm 1955 > 1000 mm	11 - Senkungsgebiete (umrandete Ziffern)	
1 - Bindersee 2 - Unterröblingen 3 - Erdeborn 4 - Helfta 5 - F 180 nördl. Eisleben 6 - östl. Lochwitz	1962 - 1963 " " " " " " " " " "	130 mm 520 mm 700 mm 1140 mm 380 mm 30 mm	7 - Heiligenthal - 8 - südl. Helmsdorf 9 - nördl. Helmsdorf 10 - östl. Otto-Brosowski-Schacht 11 - nördl. Otto-Brosowski-Schacht
			1962 - 1963 1962 - 1964 " " " " " "
			20 mm 50 mm 60 mm 670 mm 230 mm

Abb. 2: Subrosionssenkungen in der Mansfelder Mulde

Will man diese Problematik richtig verstehen, so muss man sich vor Augen halten, dass der Kupferschieferabbau im Zechsteinausstrich am Harzrand begann und sich an der Basis des aus weitestgehend wasserlöslichen Gesteinen bestehenden Zechsteins in die Tiefe entwickelte. (Abb. 4)

Stratigrafie	Mächtigkeit [m]	Lage von Höhlen oder Schloten
Buntsandstein		
Auslaugungsreste	ca. 25	
Haupt-Anhydrit	50	Höhle Heimkehle
Grauer Salzton	6	
Sangerhäuser Anhydrit	25	Schlotten Seegen-Gottes-Stolln
Staßfurt-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	Schlotten Seidel-Schacht
Unterer Werra-Anhydrit	30	Schlotten W-Schacht, Ottilie-Schacht, Barbarossahöhle, Numburger Höhle, etwa 35 bekannte Objekte
Zechsteinkalk	3 bis 5	
Kupferschiefer	0,4	
Weißliegendes	1	
Rotliegendes		

Abb. 3: Geologisches Zechsteinprofil

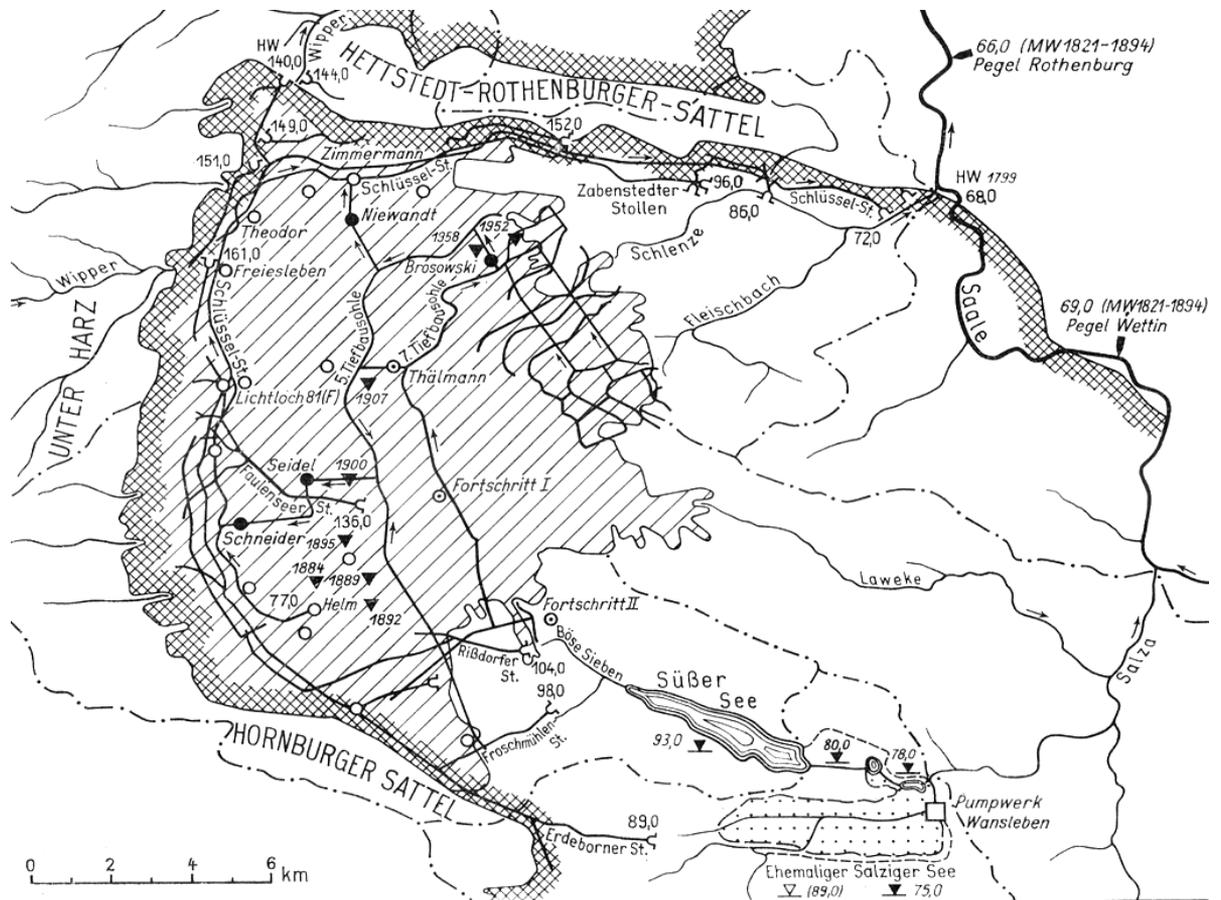


Abb. 4: Übersichtskarte Mansfelder Mulde

Dabei waren bei seiner Beendigung im Dezember 1969

- eine zusammenhängend abgebaute Flözfläche von rund 150 km^2 , davon 102 km^2 unterhalb des Schlüsselstollens,
- zwischen dem Schlüsselstollen bei $+72 \text{ m NN}$ und der 14. Tiefbau-Sohle bei -788 NN ein bergmännisch geschaffener Hohlraum von rund 44 Mill. m^3 vorhanden.

Außerdem ist zu bemerken, daß nach den ersten großen Wassereinbrüchen Ende des 19. Jahrhunderts jährlich anfangs bis $90 \text{ m}^3/\text{min}$, später über Jahrzehnte zwischen 30 und $40 \text{ m}^3/\text{min}$ Salzwasser in die Saale abgeführt wurden.

Diese Phase war auch die erste Bewährungsprobe für den 1876 fertiggestellten Schlüsselstollen. Die mit diesen Wässern abgeführte Salzlast lag zunächst bei max. 5 , dann bei $2 - 3 \text{ Mill. t/a}$ (Abb. 5).

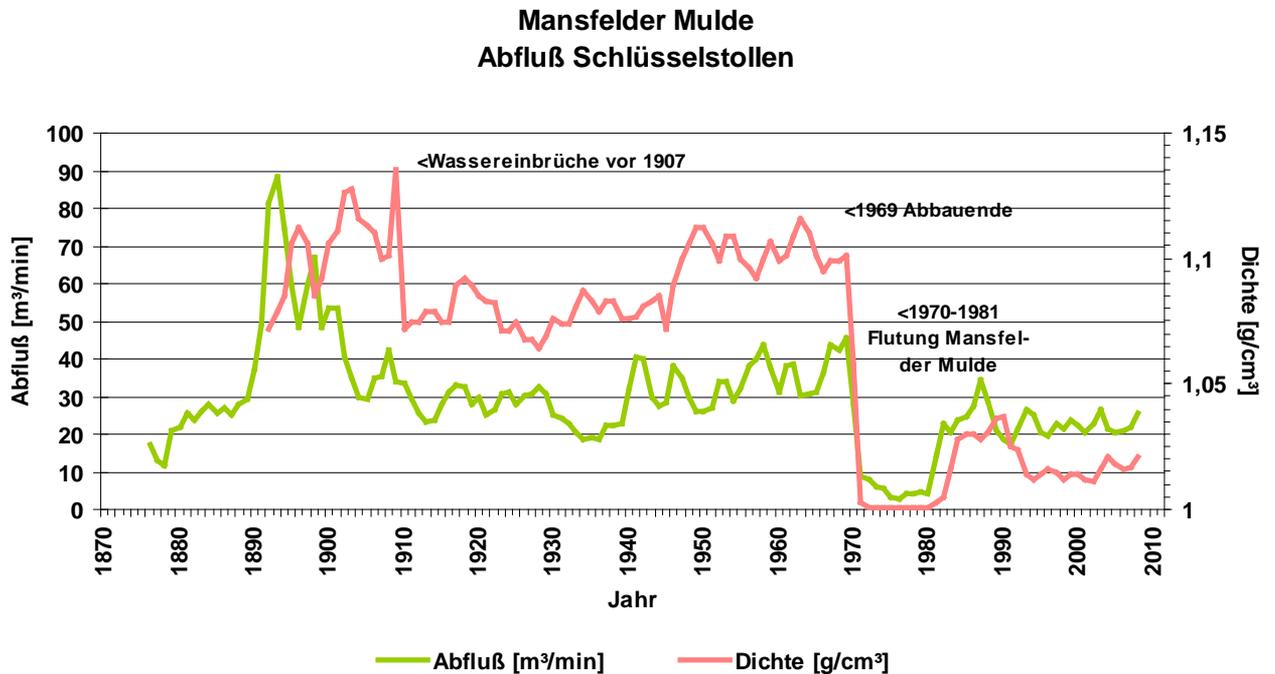


Abb. 5: Schlüsselstollenauslauf seit Inbetriebnahme

Das ergibt gegen das Ende der Bergbautätigkeit in der Mansfelder Mulde eine Relation in der Größenordnung von etwa 2000 m^3 Salzwasser oder ca. 300 t Salz pro Tonne Kupfer, die bewältigt werden mussten, um den Bergbau überhaupt durchführen zu können.

Nicht einbezogen in diese Kalkulation wurden die oberhalb des Schlüsselstollens anfallenden Süßwässer (**Abb. 6**), die vor allem über Froschmühlen- und Zabenstedter Stollen gefasst und seit Anfang des 20. Jahrhunderts in zunehmendem Maße über Pumpstationen der Trink- und Brauchwasserversorgung zugeführt wurden. Die so geförderten Mengen lagen bis um 1970, dem Beginn der Zuführung von Fernwasser aus dem Harz, bei etwa $11,5 \text{ m}^3/\text{min}$ bzw. 6 Mill. m^3/a .

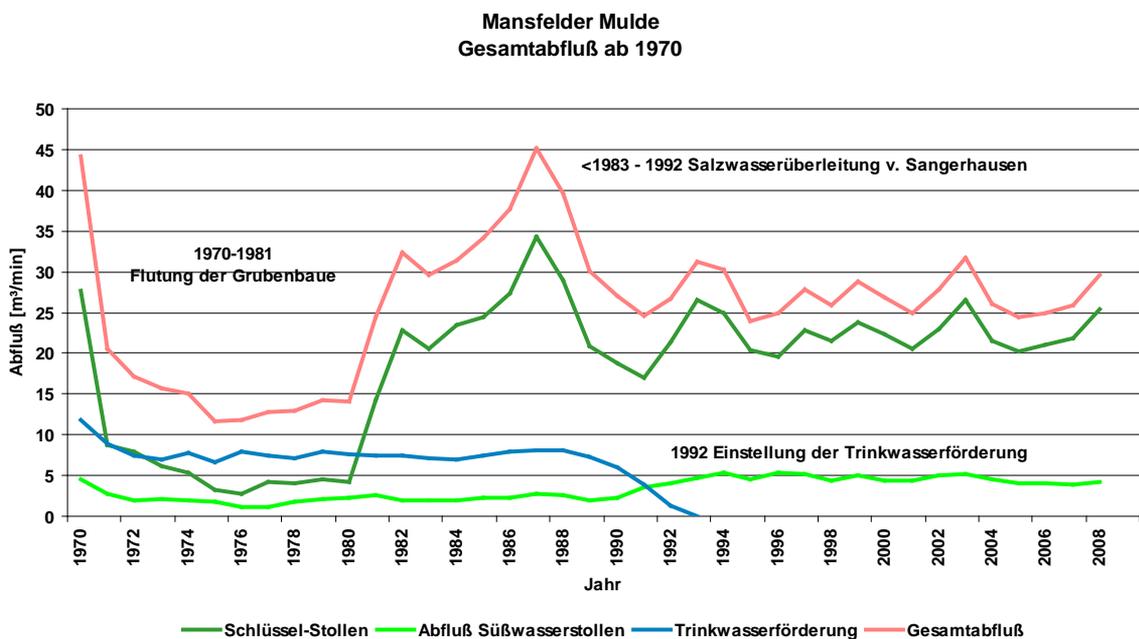


Abb. 6: Gesamtabfluß Mansfelder Mulde ab 1970

Für die Beeinflussung der Tagesoberfläche durch Bergbausenkungen war aber nicht so sehr die reine bergmännische Tätigkeit ausschlaggebend, denn sie bewirkte lediglich eine großflächige, gleichmäßige und mehr oder weniger bruchlose Gesamtabenkung der Tagesoberfläche in der Größenordnung von etwa 30 bis 40 cm. Von wesentlich größerer Bedeutung war in dieser Hinsicht die Beeinflussung der im Gebirge vorhandenen natürlichen Zirkulationswege durch die Abbautätigkeit. Sie wirkte durch ihre Kluftbildung im Hangenden des Kupferschiefers und den dadurch entstehenden direkten Zusammenhang zwischen Zirkulationshorizont und Grubengebäude in unterschiedlichem Maße, teilweise aber extrem zirkulationsbeschleunigend.

SUDERLAU spricht 1975 von einer etwa 500-fachen Zunahme der Lösungsgeschwindigkeit in der Mansfelder Mulde gegenüber dem natürlichen Tempo.

Vor allem dieser Fakt hatte im Zusammenwirken mit der hohen Löslichkeit von Teilen des Gebirges und der dadurch über die Wasserhaltung abgeführte Salzlast Bedeutung für den Substanzschwund im Gebirge und die an der Tagesoberfläche zunehmend auftretenden großflächigen Senkungen. Sie konzentrierten sich auf die Bereiche, in denen schon die natürlichen Zirkulationswege lagen. Zwangsläufig waren dies, wie schon erwähnt, die durch tektonische Bewegungen besonders klüftigen Bereiche und die Verbreitungsgrenzen der Steinsalzhorizonte.

An diese Areale waren auch unter Tage die hohen Wasserzuflüsse und die Wassereinbrüche in den Bergbau gebunden (**Abb. 7**).

Dies machte sich besonders gravierend schon gegen Ende des 19. Jahrhunderts bemerkbar, als im Grubenfeld unter der Stadt Eisleben in den Otto-Schächten (1884) und dem Clotilde-Schacht (1889, 1892 und 1896) Wassereinbrüche erfolgten, die im September 1892 von starken Erderschütterungen begleitet waren. Dieses seismische Ereignis leitete außerdem erhebliche Senkungen der Erdoberfläche ein, von denen im Stadtgebiet vor allem die Zeißing- und die Rammtorstraße betroffen waren (**Abb.8**). Hier wurden 1894 (Zeißingstr.) Senkungsgeschwindigkeiten von etwa 1 m/Jahr und 1898 (Rammtorstraße) von 1,5 m/Jahr ermittelt. Insgesamt traten hier in den folgenden 10 Jahren Gesamtsenkungen von jeweils fast 4 m auf.

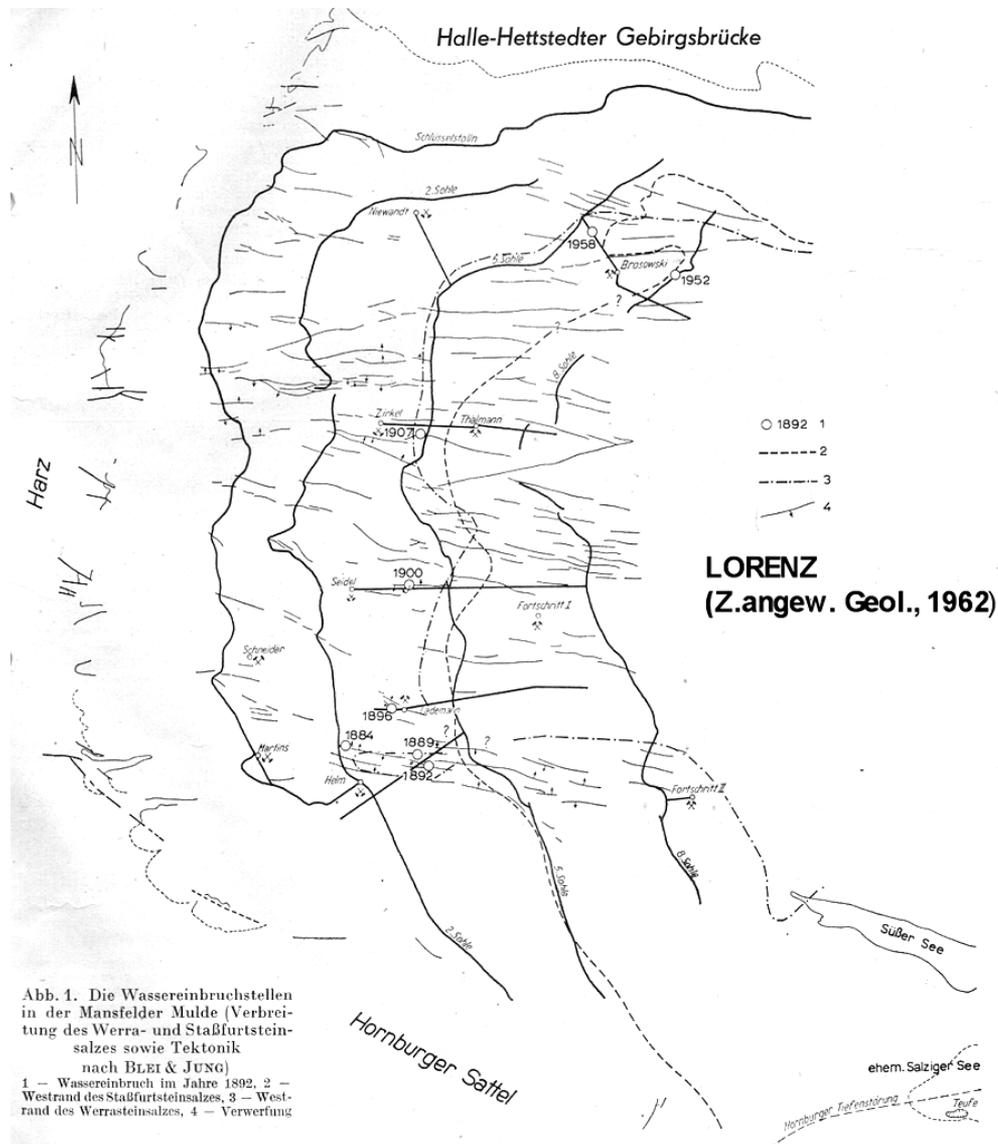


Abb. 7: Lage der Wassereintritte in der Mansfelder Mulde

Diese Vorgänge verliefen parallel mit erheblichen Rissbildungen am Nordufer des Süßen Sees und den durch teilweise Umkehr der Fließrichtung der Karstwässer bedingten Wasserverlusten im Salzigen See (875 ha, 69 Mill. m³), die letztlich zur Entscheidung führten, diesen See (**Abb. 9**) trocken zu legen.

Der Zusammenhang zwischen Salzigen See und dem Bergbau wurde durch die Wasserverluste im Binder See in den Jahren 1962 und 1968 nochmals nachdrücklich bestätigt (**Abb. 10**).

Nach den Senkungsperioden zu Anfang des 20. Jahrhunderts verringerten sich die Senkungsbeträge vor allem in der Stadt Eisleben auf wenige dm bzw. cm pro Jahr. Dies wurde neben der Verlagerung der Schwerpunkte der Wasserzuflüsse weiter nach Norden in den Bereich des Zirkelschachtes vor allem mit der Annahme begründet, das Steinsalz sei inzwischen vollständig zerstört worden.

In der Folgezeit lagen die Senkungsschwerpunkte vorwiegend außerhalb von Eisleben an der B 180, in Volkstedt, am Brosowski-Schacht, zumindest aber am Rande der Stadt, z. B. im Ortsteil Helfta, in dem sich seit Ende der 1950er Jahre zunehmend Senkungen zeigten.

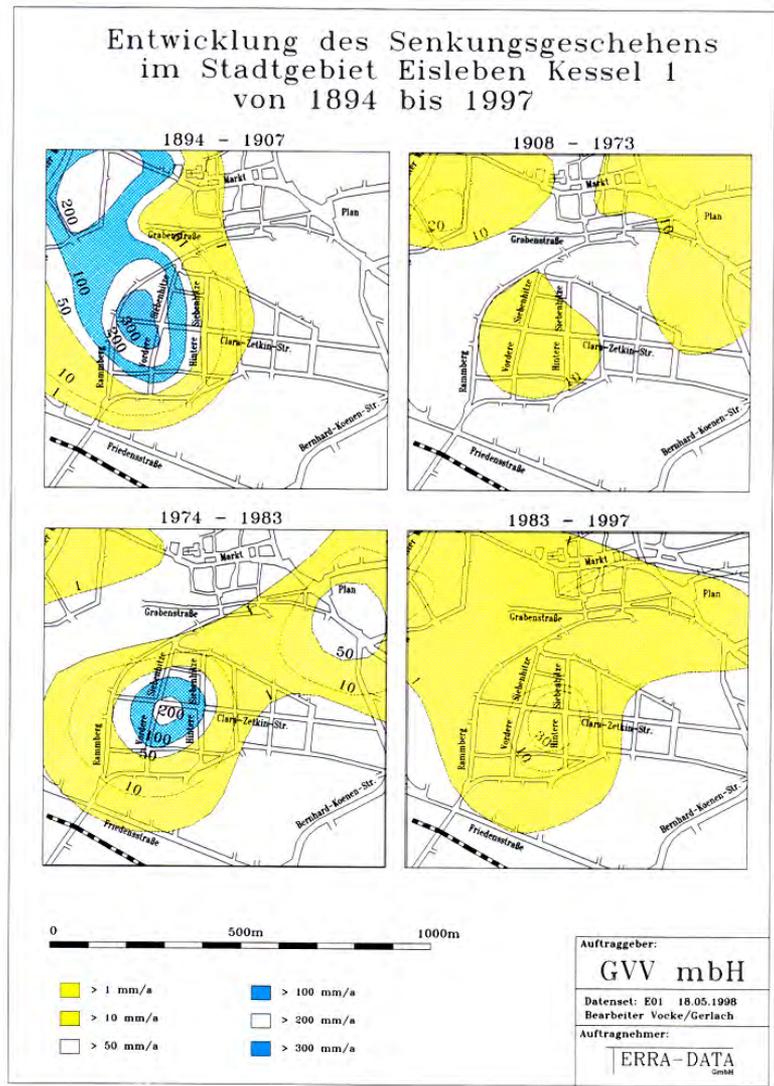


Abb. 8: Senkungen in Eisleben



Abb. 9: Karte des Salzigen Sees im 19. Jh

Binder See 1962 und 1968

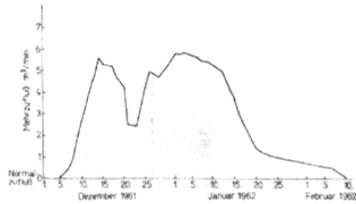


Abb. 5. Mehrzufüsse in der 5. Sohle, Zirkelschacht, vom Dezember 1961 bis Februar 1962

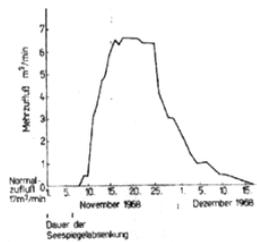


Abb. 4. Mehrzufüsse in der 5. Sohle, Zirkelschacht, im November/Dezember 1968

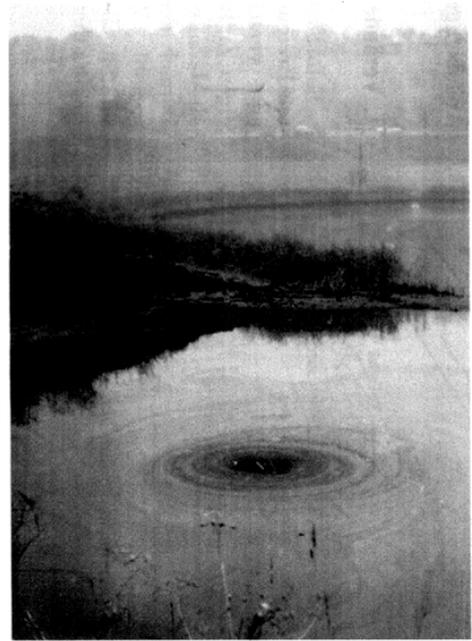


Abb. 10: Der Wasserabgang aus dem Binder See 1962 u. 1968

Als mit der Einstellung des Abbaus in der Mansfelder Mulde die Frage der Verwahrung dieses ausgedehnten Bergbaureviers akut wurde, standen neben der Sicherung der Schachtröhren vor allem die Folgen der Einstellung der Wasserhaltung im Mittelpunkt der Diskussion.

Zunächst mussten die 66 im Flutungsbereich, also unterhalb des Schlüsselstollens stehenden Schächte gesichert werden. Sie waren generell

- nachweislich vollständig zu verfüllen,
- die Verfüllung musste „ins Trockene“ erfolgen,
- Füllortsicherungen sollten das Abwandern der Verfüllsäule ins Grubenfeld verhindern,
- Tonsperren sollten in Schächten mit Salzaufschluss die vertikale Wasserzirkulation unterbinden.

Diese Forderungen der Bergbehörde bereiteten zwar auch eine Reihe vor allem technischer Probleme, besonders an den tiefen Schächten, bei denen Salz in der Schachtröhre vorhanden war und die ja als erste verwahrt werden mussten.

Diese Schwierigkeiten waren aber nicht zu vergleichen mit den materiellen und ideellen Anstrengungen, die der Vorbereitung der Beendigung der Wasserhaltung und der ihr zwangsläufig folgenden Flutung der Grubenräume der Mansfelder Mulde dienten.

Es war von vornherein klar, dass nur durch eine Flutung der Grubenräume eine Verminderung der Zirkulationsgeschwindigkeit der Wässer und damit eine Verminderung der ausgedehnten Senkungen der Tagesoberfläche und der in ihrem Gefolge in zahlreichen Ortschaften und an der Infrastruktur eingetretenen Schäden bewirken konnte.

Diese Arbeiten gingen nahtlos aus der Phase zur Klärung der Ursachen der schweren

Wassereinbrüche im Otto-Brosowski-Schacht 1952 und 1958 in die Vorbereitung der Verwahrung der Mansfelder Mulde über, denn bereits 1965 fanden erste Beratungen einer Expertengruppe dazu statt. Untersucht wurden von einem breiten Kreis von Fachleuten und unter Leitung des damaligen Rates des Bezirkes Halle, welche negativen Folgen diese als wesentlichste Schutzmaßnahme gegen die Fortsetzung der Senkungstätigkeit konzipierte Flutung des Grubenfeldes haben könnte.

Diese Untersuchungen zogen sich zunächst bis 1969 hin, denn erst dann beschloss der Rat des Bezirkes Halle, einer 1. Etappe der Flutung bis zur 3. Sohle (-110 m NN) zuzustimmen, weil bis in dieses Niveau keinerlei Auswirkung auf Dritte zu befürchten waren. Außerdem stand in der 3. Sohle (W.-Schneider-Schächte) eine Wasserhaltung mit der für eine Unterbrechung der Flutung ausreichenden Kapazität zur Verfügung (**Abb. 11**). Mit Abschluss dieser Etappe und unter Berücksichtigung der inzwischen erzielten Untersuchungsergebnisse legte der Rat des Bezirkes auf Vorschlag der o.g. Expertengruppe Ende 1973 fest, die Flutung mit Erreichen der 3. Sohle ohne Unterbrechung bis zum Endniveau Schlüsselstollen fortzusetzen. Dieses Ziel sollte nach unterschiedlichen Prognosen zwischen 1976 und 1988 abgeschlossen sein (**Abb. 12**).

Beginnend mit dem 1. Juli 1970 wurden durch Öffnen der Ritzstrecke 7. Sohle am Fortschritt-Schacht I etwa $38 \text{ m}^3/\text{min}$ (ca. $55 \text{ Tm}^3/\text{d}$) Salzwasser ins Muldentiefste geleitet.

Mit diesen Mengen wurde

1971	die 5. Sohle (-235 m NN),
1974	die 3. Sohle (-110 m NN) überstaut und
1981	der Schlüsselstollen (+72 m NN) erreicht.

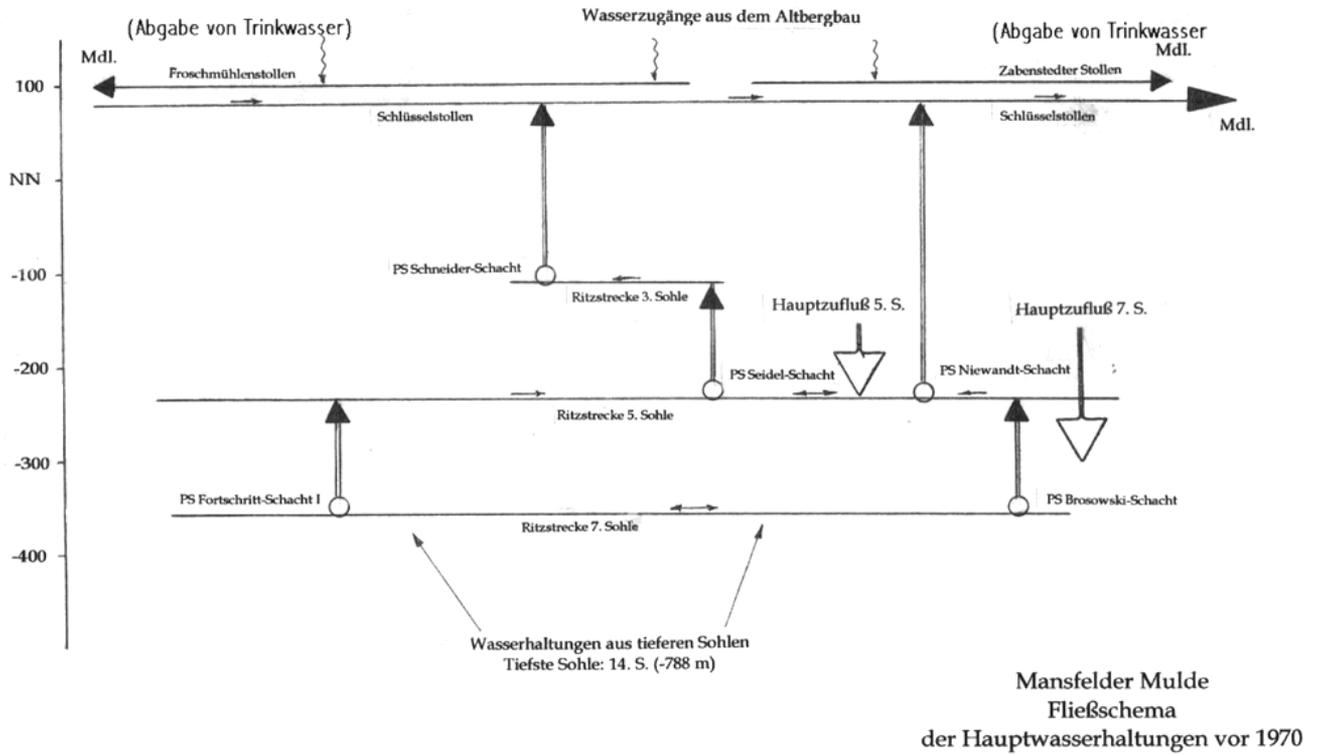


Abb. 11: Schema der Wasserhaltung Mansfelder Mulde

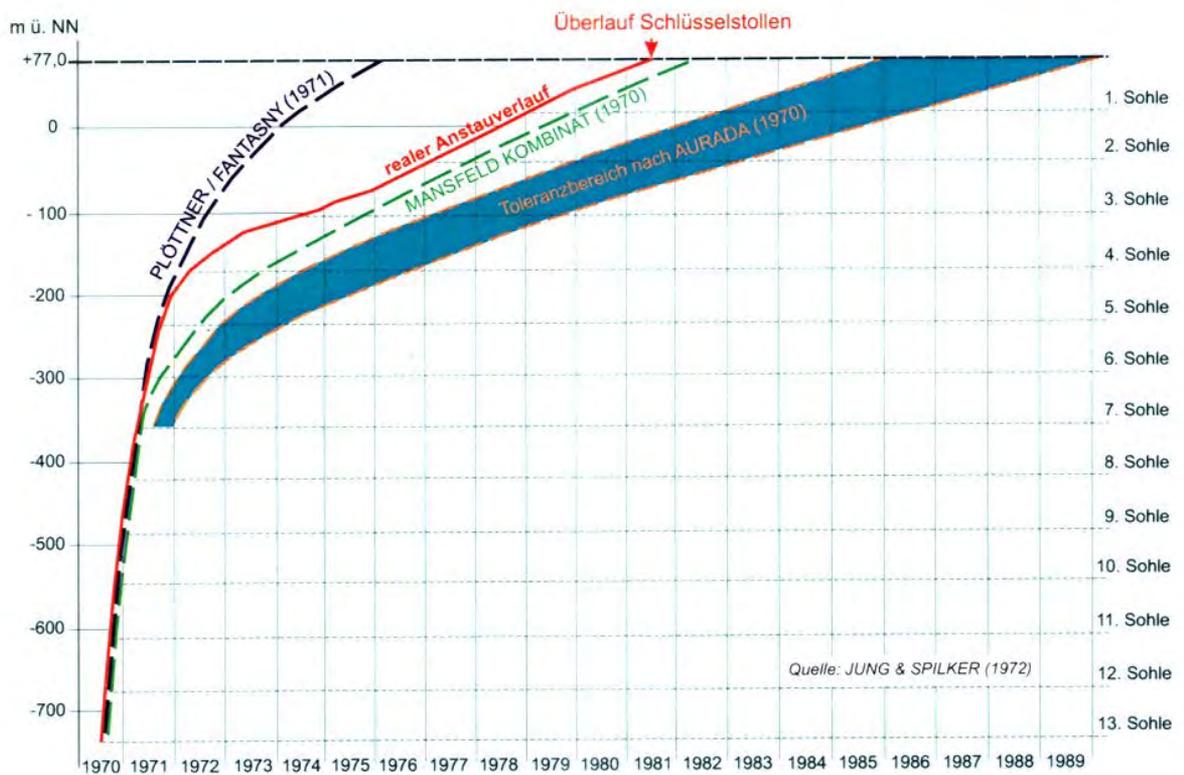


Abb. 12: Prognosen und Verlauf der Flutung

Damit hatte sich der Anstau der Wässer im Grubengebäude grob innerhalb der errechneten Toleranzen vollzogen. Im Bereich des Salzigen Sees war das hydraulische Niveau im Zechstein bereits wieder über Flur gespannt (Abb. 13).

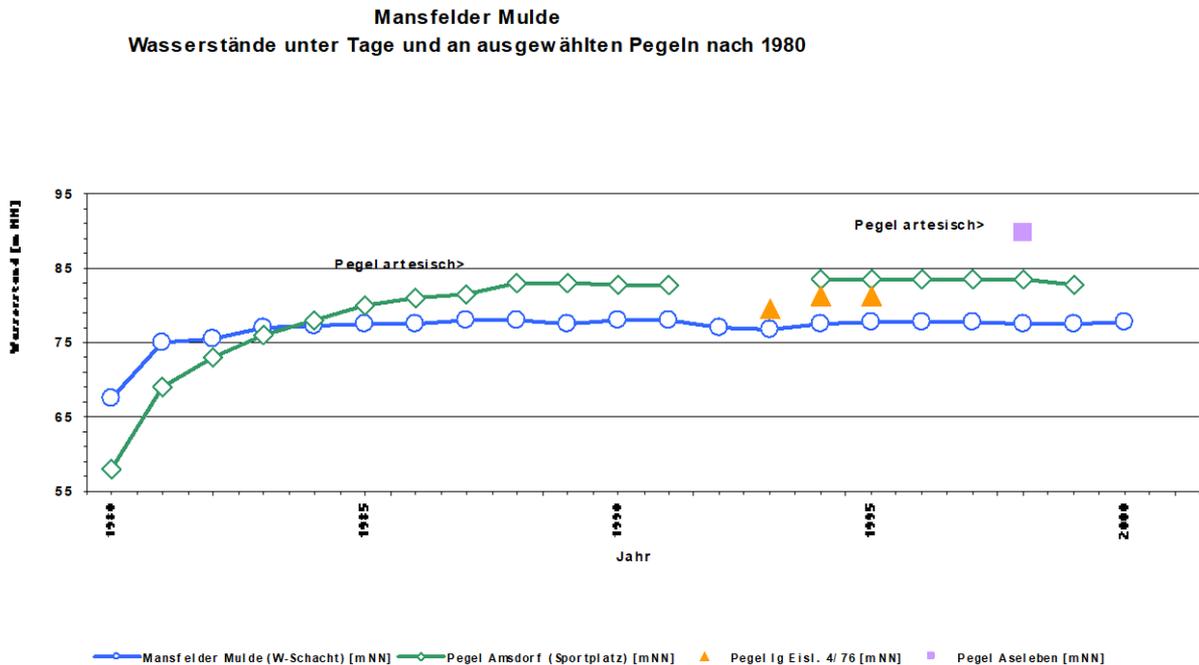


Abb. 13: Vergleich der Wasserstände in der Mansfelder Mulde im Jahr 2000

Der Anstau hatte auch in seinen Auswirkungen auf das Territorium in den meisten der untersuchten Komplexe (Braunkohlenbergbau, Kalibergbau, Wasserversorgung), wie erwartet, keinerlei Schäden angerichtet. Auch bezüglich der Senkungstätigkeit waren zunächst die Erwartungen eingetreten, d. h. es war beim Wasseranstieg im Grubengebäude beim Überstau der Steinsalzhorizonte zu kurzzeitigen Senkungsbeschleunigungen mit anschließender rascher Abnahme der Senkungsbeträge, teilweise sogar zu Hebungen gekommen.

Es gab aber einen Bereich mit deutlich anderer Entwicklung, die Stadt Eisleben (Abb. 14). Hier traten ab 1975 im Stadtgebiet zunächst allmählich, dann aber deutlich zunehmend, Senkungen auf, die im Bereich der Vorderen und Hinteren Siebenhitze (Abb. 14 / Senkungskessel 1) im Maximum Senkungsgeschwindigkeiten bis zu 1 m/Jahr erreichten (Abb. 15). Insgesamt sind hier in den folgenden 10 Jahren Gesamtsenkungen von fast 3 m gemessen worden. Das Senkungsgebiet ist mit Werten deutlich unter 5 cm/Jahr auch jetzt noch aktiv.

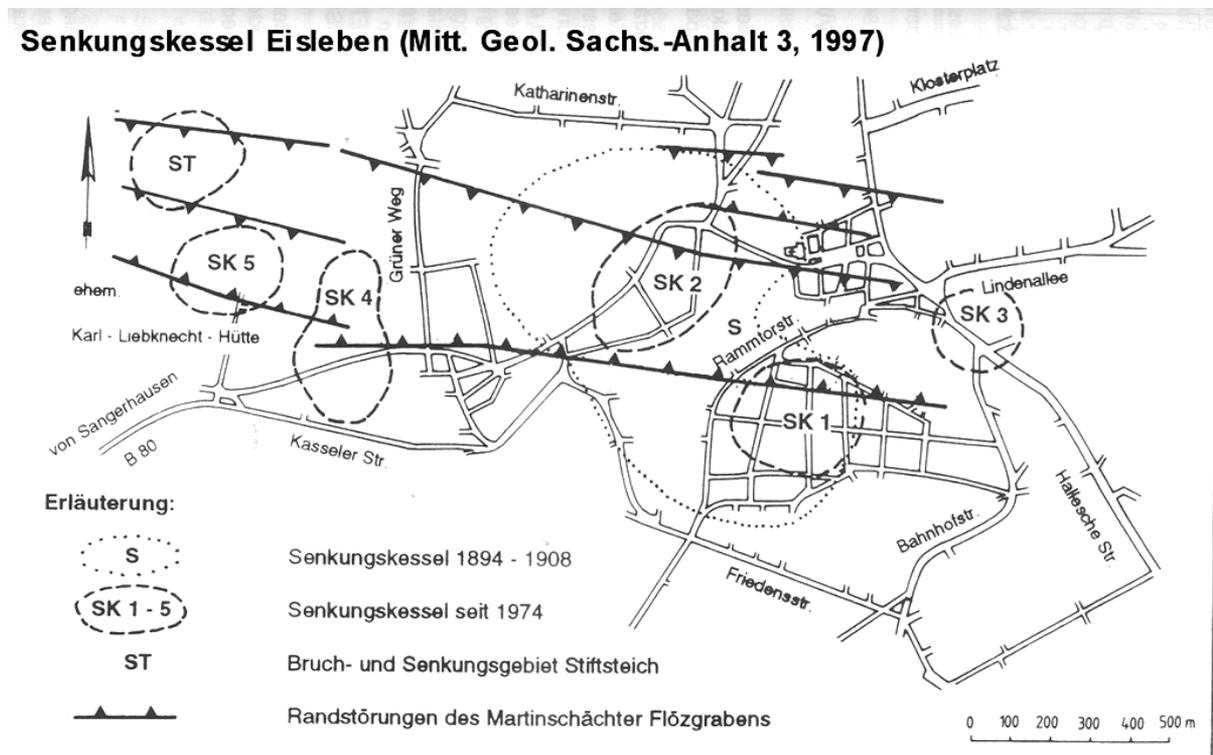


Abb. 14: Lage der Senkungsschwerpunkte in Eisleben

Die Beanspruchung der Tagesoberfläche durch Senkungen hatte einen erheblichen Verlust an Bausubstanz (ca. 700 Wohnungseinheiten) zur Folge. Dadurch kam es in Eisleben zwischen Altstadt und Friedhof (Helftaer Str.) nach 1976 zum Bau von Ersatzwohnungen. Einen vergleichbaren Anlass hatte nach 1968 die Bebauung des Sonnenweges in Eisleben als Ersatz für ca 300 in Helfta aufgegebenen Wohnungen.

Noch im Jahr 1976 trat, mit einem kräftigen Gebirgsschlag gekoppelt, ein weiteres spektakuläres Senkungsereignis auf. Es zeigte sich am westlichen Stadtrand im Industriegelände der damaligen K.-Liebnecht-Hütte (**Abb. 14/Senkungskessel 5**) und erreichte bei einem Durchmesser von etwa 150 m schlagartig eine Tiefe von etwa 8 m. (**Abb. 16-18**) Das Neue war hier das großflächige und schlagartige Auftreten der Senkungen.

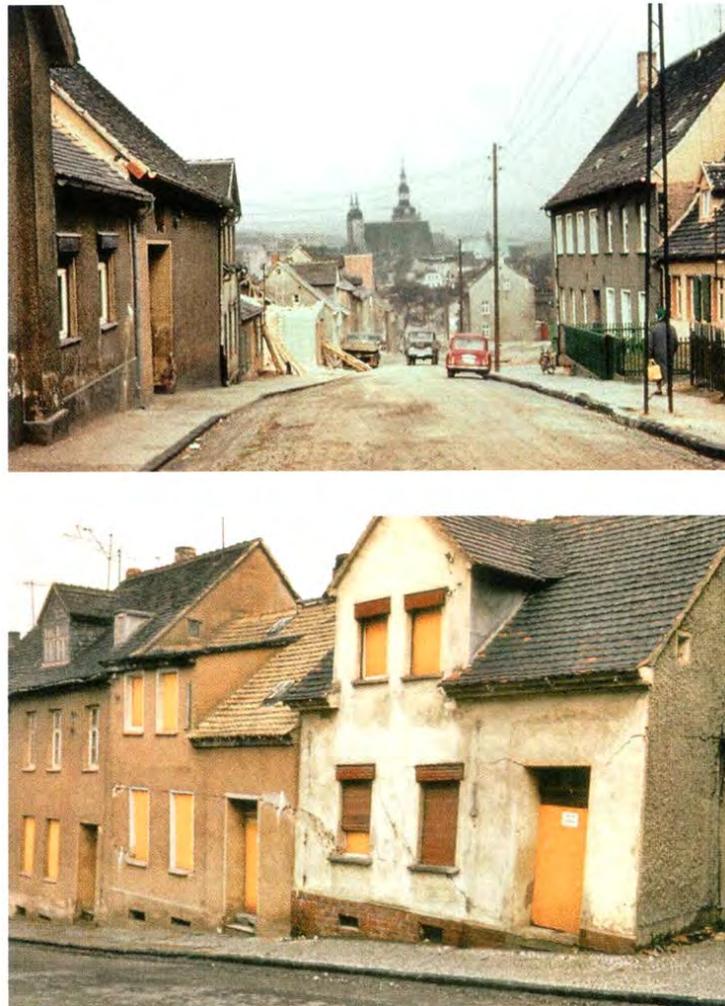


Abb. 15: Senkungsschäden in der Siebenhitze

Bereits 1975 war in diesem Areal im hier ehemals angesiedelten Baubetrieb des Kombinates ein ähnliches, aber wesentlich geringer dimensioniertes Ereignis eingetreten. Damals wurden die Ursachen in oberflächennahen Baugrundschwächen gesehen. Wie die Folgezeit nach 1976 lehrte, traten diese plötzlichen und großflächigen Senkungen mit Absenkungsbeträgen von mehreren dm noch mehrfach auf und führten südlich des Kraftwerkes zu weiteren Zerstörungen von Gebäuden (z. B. Zentrallabor).



Abb. 16: Zerstörungen in der K.-Liebknecht-Hütte 1976



Abb. 17: Detail zu den Schäden im Bereich der K.-Liebknecht-Hütte (Kranbahn) 1976



Abb. 18: Detail zu den Schäden im Bereich der K.-Liebknecht-Hütte (Vanadinanlage) 1976

Diese Ereignisse im Stadtgebiet von Eisleben und an seinem westlichen Rand sind, wie dann relativ rasch erkannt wurde, auf wider Erwarten im Untergrund (Bereich 3. Sohle) noch vorhandene Steinsalzreste und deren Zerstörung bei Überflutung durch den Anstau der Grubenwässer im Grubengebäude zurückzuführen. Der Erhalt dieser Steinsalzrelikte wurde, wie die 1976/77 im Bereich des dort angesiedelten Kraftwerkes zur Erkundung seiner Standsicherheit geteufte Bohrungen zeigten, offensichtlich durch die tektonische Situation im Einflussbereich des Martinsschächter Flözgrabens begünstigt. Nördlich davon traten bis in die Jahre nach 1990 am sog. Stiftsteich (**Abb. 19**), einem im Zusammenhang mit den Wassereinbrüchen Ende des 19. Jahrhunderts entstandenen Erdwall, Perioden mit relative heftigen Senkungen auf, die auch heute noch nicht völlig abgeklungen sind. Ähnliches spielte sich an der B 180 südlich von Eisleben bis in die letzten Jahre hinein ab (**Abb. 20**).



Abb. 19: Der Stiftsteich 1997 mit deutlich sichtbaren Geländeabrissen in der Uferzone



Abb. 20: Der Erdfall an der B 180 bei Neckendorf südlich von Eisleben 2001

Heute ist in allen Bereichen des Bergbaureviers Mansfelder Mulde nach der Verwahrung der Schächte und der Flutung der Grubenräume geotechnisch und hydrogeologisch nahezu der Endzustand eingetreten, sodass man vom Erreichen eines etwa natürlichen Ausmaßes der Senkungs- und Abflussvorgänge sprechen kann. Damit ist das Hauptziel, nämlich die Senkungen der Tagesoberfläche infolge Salzauflösung im Untergrund zu minimieren bzw. zu beenden, erreicht.

Eine Beeinflussung der Erdfallhäufigkeit am Rand der Mansfelder Mulde ist jedoch kaum zu erwarten. Hier hat sich der Zustand gegenüber der Bergbauphase kaum oder nicht verändert, hier wirken die natürlichen Vorgänge nach wie vor. Sie sind aber gegenüber der ursprünglichen Geschwindigkeit infolge der laufenden Entwässerung (d. h. Trockenhaltung) mittels der vom Bergbau hergestellten Stollen gegenüber der vorbergbaulichen Zeit doch etwas gebremst.

Einen weiteren Aspekt der Einflussnahme des Bergbaus auf die Tagesoberfläche bzw. die Umwelt sollte man nicht vergessen zu erwähnen: das ist der Austrag von Salzen und Metallen über den Wasserpfad aus den Entwässerungsstollen des Kupferschieferbergbaus. Der Austrag von Salzen aus den Stollen hat sich gegenüber dem Zeitraum des vollen Betriebs der Wasserhaltungen vor 1970 etwa auf ein Zehntel, d. s. etwa 9 kg/s, verringert. Bezüglich des Metallaustrags sind hier weniger die Süßwasser führenden als vielmehr die salzwasserbelasteten Stollen, und hier eben besonders der Schlüssel-Stollen zu nennen. Mit den Stollenausflüssen werden Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, As und Cd, vor allem aber Zn abgeführt. Die Gesamtmenge an Metallen liegt da bei etwa 350 kg/Tag. Diese Größenordnung wird sowohl bei Salz als auch bei Metallen auch künftig etwa beibehalten.

Trotzdem bedarf es sicherlich noch weiterer Jahre, ehe man sich der Stabilität der Lage sicher sein kann, denn diese Vorgänge laufen ausgesprochen langfristig ab und können immer mal wieder spontan unterbrochen werden. Außerdem ist es notwendig darauf hinzuweisen, daß der gegenwärtige hydrologische Zustand, der durch das stabilisierende Element Schlüssel-Stollen garantiert wird, unbedingt zu erhalten ist. Deshalb muss der Gesamtbereich nach wie vor unter fachlicher Kontrolle bezüglich der Erdbewegungen und der hydrogeologischen Daten verbleiben. Die Kontrolltätigkeit wird sich nach den Festlegungen der Aufsichtsorgane sicherlich allmählich verringern können, es ist aber auch unbestritten, dass Teilobjekte ständig weiter unter intensiverer Kontrolle verbleiben müssen.

Verzeichnis der Abbildungen

1. Haldenlandschaft Mansfelder Mulde
2. Karte der Senkungen in der Mansfelder Mulde
3. Geologisches Profil Zechstein
4. Übersichtskarte der Mansfelder Mulde
5. Abfluss Schlüsselstollen seit 1875
6. Gesamtabfluss Mansfelder Mulde ab 1970
7. Lage der Wassereinbrüche der Mansfelder Mulde
8. Senkungsentwicklung in Eisleben nach 1890
9. Karte des Salzigen Sees von 1870
10. Der Wasserabgang aus dem Binder See 1962 und 1968
11. Schema der Wasserhaltung Mansfelder Mulde
12. Prognose und Verlauf der Flutung der Mansfelder Mulde
13. Wasserstände in der Mansfelder Mulde 2000
14. Die Senkungsgebiete in Eisleben und Martinsschächter Flözgraben
15. Fotos vom Senkungsgebiet Siebenhitze 1976
16. Senkungskessel K.-Liebknecht-Hütte 1976
17. Detail zu Abb. 16
18. Detail zu Abb. 16
19. Der Stiftsteich 1997
20. Der Erdfall an der B 180 2001

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 Zechsteinaustrich 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. SPILKJER:**
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. Karstforschg., 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 Südharzvorlandes.-
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.:** Wassereinbrüche 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 An-
schau-
ungen 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 Südharz-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