

Gerd SCHMIDT, Halle

## **Der Mansfelder Kupferschieferbergbau im Einzugsgebiet des Süßen Sees — Geologische Voraussetzungen, Kulturlandschaftswandel und ökologische Probleme**

### **1. Einführung und Problemstellung**

Das Mansfelder Land war nachweislich seit dem späten Neolithikum intensiver bergbaulicher Tätigkeit ausgesetzt. Als ein Ergebnis des jahrhundertelangen Kupferschieferbergbaus in diesem Gebiet sind die über weite Entfernungen sichtbaren und das Landschaftsbild prägenden Bergehalden entstanden.

Der Bergbau wurde im Verlauf seiner historischen Entwicklung in verschiedenen Abbauzonen betrieben. Diese Abbauzonen orientierten sich im wesentlichen am geologischen Bau der Mansfelder Mulde und dem Entwicklungsstand der Bergbautechnologie. Hervorgerufen durch das Schichtfallen des Kupferschiefers kam es zu einer schrittweisen Verlagerung des Bergbaus von den Randgebieten ausgehend ins Innere der Mansfelder Mulde. In Abhängigkeit von der Abbautiefe des Kupferschieferflözes wurden unterschiedlich strukturierte Bergehalden angelegt. Im wesentlichen spiegelt die Lage dieser Halden die einzelnen Abbauzonen und damit verschiedene Etappen der Bergbauentwicklung wieder. Die Halden der einzelnen Etappen kann man heute nach Größe, Form, Alter, Materialzusammensetzung und Vegetationsbedeckung unterscheiden. Welchen Einfluß die einzelnen Haldentypen/-generationen auf die Schwermetallgehalte der sie umgebenden Böden haben, ist bisher wenig bekannt.

Anhand von eigenen geoökologischen Untersuchungen (SCHMIDT, ZIERDT u. FRÜHAUF 1992) an einigen Bergehalden wurde festgestellt, daß die Gesamtgehalte verschiedener Schwermetalle in den Böden der unmittelbaren Haldenumgebung stark variieren. Dabei wurden für einzelne Haldentypen charakteristische Belastungsbilder festgestellt.

Nach Abschluß dieser Untersuchungen ergab sich die Frage, ob die gewonnen Einzelergebnisse für die jeweiligen Abbauzonen, die ja durch einzelne Haldentypen repräsentiert werden, charakteristisch sind.

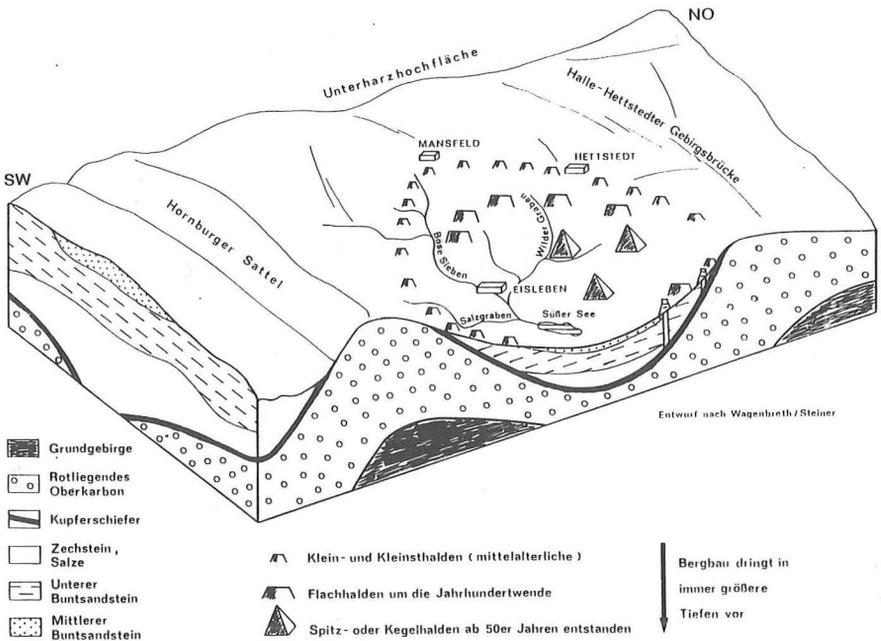
Anhand von Ergebnissen aus einer flächenhaften Bodenuntersuchung zum „Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld“ (TÜV-Bayern 1991) wird versucht darzustellen, inwiefern die an

Einzelstandorten gewonnenen Daten für die jeweilige Abbauzone repräsentativ sind. Außerdem soll geklärt werden, ob die einzelnen Abbaugebiete durch charakteristische Bodenschwermetallgehalte und Metallverteilungsmuster voneinander zu unterscheiden sind.

## 2. Der Untersuchungsraum

Mit 249 ha Fläche ist der Süße See der größte natürliche Binnensee im Süden der neuen Bundesländer. Das Einzugsgebiet des Süßen Sees mit einer Größe von 169 km<sup>2</sup> befindet sich im östlichen Harzvorland und nimmt große Teile der Mansfelder Mulde ein. Im Westen wird das Untersuchungsgebiet von der Unterharzhochfläche und im Südwesten vom Hornburger Sattel begrenzt. Buntsandsteinrücken grenzen das Einzugsgebiet nach Süden und Osten hin ab. Im Norden stellt der Anstieg zur Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke die Einzugsgebietsgrenze dar (s. Abb. 1).

Abb. 1: Blockschema des Untersuchungsraumes



Der Süße See wird von den beiden Vorflutern Böse Sieben und Salzgraben mit Wasser versorgt, wobei die Böse Sieben mit ihren drei Quellbächen Viets-, Dippels-, und Kliebigsbach ihren Ursprung im Ostteil der Unterharzhochfläche hat. Der Salzgraben entwässert den Hornburger Rotliegendesattel.

Für den geologischen Bau der gesamten Mansfelder Mulde, so auch für das Untersuchungsgebiet, ist das Geschehen seit dem Oberkarbon maßgebend. Nach der Verfüllung der festländischen Becken mit Abtragungsmaterial des variszischen Gebirges im Rotliegenden kam es zur Transgression des Zechsteinmeeres in das Germanische Becken. Hiermit nahm eine bedeutende geologische Epoche für das gesamte Mansfelder Land seinen Anfang. Erstens begann die marine Sedimentation mit der Bildung des für den Bergbau so wichtigen, nur wenige Dezimeter mächtigen Kupferschieferflözes. Zweitens wurden in der Folgezeit die mehrere hundert Meter mächtigen Ablagerungen von Zechsteinkalken und -salzen geschaffen, durch deren Auslaugung die heutigen Oberflächenformen im wesentlichen entstanden sind (NEUSS u. ZUHLKE 1982).

Von den Sedimenten der Trias sind im Untersuchungsgebiet heute nur noch der untere und mittlere Buntsandstein vertreten. Am Nordrand der Eislebener Senke steht Buntsandstein oberflächlich an. Im Inneren des Untersuchungsgebietes folgt der Buntsandstein der Muldenstruktur und wird von jüngeren Ablagerungen diskordant überdeckt. Durch Fernwirkung der alpidischen Gebirgsbildung entstanden im östlichen Harzvorland eine Vielzahl von Störungen, an denen die Hebungen und Senkungen einzelner Schollen erfolgten. Die erwähnten Störungen sind vor allem für den Bergbau (geologische Sprunghöhen) sowie für die Anlage des heute existierenden Gewässernetzes (z. B. SCHLENZE) von großer Bedeutung.

Eine Sedimentationsphase erfolgte im Mansfelder Gebiet erst wieder im Alttertiär, wo sich in prätertiären, durch Subrosion entstandenen Hohlformen Ablagerungen aus Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen, mit lokal eingeschlossenen erdigen Weichbraunkohlen bildeten.

Im Pleistozän wurde das Untersuchungsgebiet von allen drei großen nordischen Inlandvereisungen beeinflusst. Die Inlandeismassen des Elster- und Saaleglazials überfuhren bei ihrem Vorstoß nach Süden das Gebiet vollständig. Das Weichselglazial, in dem sich das Untersuchungsgebiet im Periglazialraum befand, war für die spätere Bodenbildung von größter Bedeutung. Hier wurde als wichtigstes Sediment flächendeckend Löß abgelagert, auf dem sich im Untersuchungsgebiet unter semiariden Bedingungen die fruchtbaren Schwarzerden bildeten (NEUSS u. ZUHLKE 1982).

Heute findet man die Schwarzerden fast ausschließlich in degradierten Formen vor. Diese Erscheinung ist einerseits auf Verbraunung infolge sekundärer Tonbildung zurückzuführen. Wesentlich intensiver zur Degradierung der Schwarzerden hat die intensive landwirtschaftliche Nutzung der Böden beigetragen. So entstanden vor allem durch Erosionsvorgänge gekappte Böden, die als Pararendzina angesprochen werden können.

Die Lage im Leegebiet des Harzes bewirkt eine klimatische Sonderstellung der Region. Das langjährige Mittel der Niederschläge beträgt für die Station Aseleben 429 mm/a, wogegen es auf der Unterharzhochfläche schon 600 mm (Station Annarode) erreicht. Eine Besonderheit der Region sind die im Sommer auftretenden Starkregenereignisse, die zu extremen Abflußmengen in den kleinen Vorflutern führen. Aus dieser Tatsache resultiert auch die Bezeichnung „BÖSE SIEBEN“. Das Jahresmittel der Temperaturen liegt bei 8,6 °C.

Neben den hervorragenden klimatischen Bedingungen existiert im Ein-

zugsgebiet des Süßen Sees ein weiterer Gunstfaktor, der für die Landwirtschaft von großer Bedeutung ist. Die thermische Ausgleichswirkung der großen Wassermassen des Süßen Sees verhindert die Bildung von Kaltluftseen und das Auftreten von Spätfrösten im Inneren der Mansfelder Mulde. Schon früh wurde diese Erscheinung von den Landwirten erkannt, und der Anbau von Obstsorten wie Kirschen, Aprikosen, Pfirsichen und auch Weinbau betrieben.

Aufgrund der günstigen lokalklimatischen Verhältnisse und der Südexposition existieren auf den Hängen am Nordufer des Süßen Sees mediterrane und pannonische Vegetationselemente, wie Trockenrasen, Halbtrockenrasen und Zwergstrauchheiden. Eine weitere Besonderheit aus vegetationsgeographischer Sicht ist die Verbreitung von Halophyten, vor allem im Seegebiet. Diese Vegetationsform stößt aufgrund der — geogen bedingten — hohen Salzfrachten, die die Gewässer mit sich führen, sowie den herrschenden klimatischen Verhältnissen auf günstige Existenzbedingungen.

### 3. Die Entstehung des Kupferschieferflözes und dessen Metallführung

Kupferschiefer ist ein feinblättriger, kohlenstoff- und bitumenreicher Mergelschiefer, der zum Teil erhebliche Mengen von sulfidischen Erzmineralen führt (GILLITZER 1936; EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954; KNITZSCHKE 1966). Im Untersuchungsgebiet erreicht er eine Mächtigkeit von 30—40 cm. Die Ablagerung von Metallen im Kupferschiefer ist auf mehrere, zum Teil gleichzeitig ablaufende Vorgänge zurückzuführen. EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954 unterscheiden im wesentlichen:

1. zwei Gruppen von Vorgängen, die syngenetisch mit der Bildung des Kupferschiefers stattgefunden haben, und
2. eine Gruppe von Vorgängen, welche epigenetisch Kupfer und andere Buntmetalle dem Kupferschiefer später, nach seiner Einbettung in die Gesteinsfolge der unteren Zechsteinschichten zuführten.

Zu 1: Während der variszischen Gebirgsbildung wurden aus tiefer gelegenen vulkanischen Herden Buntmetalle in Form von Erzgängen oberflächennah abgesetzt. Mit der Abtragung des variszischen Gebirges unter warm-ariden Bedingungen im Rotliegenden fand eine sporadische Verteilung der Buntmetalle in den mehrere hundert Meter mächtigen Rotliegendeschuttmassen statt. Durch Verwitterung wurden die vorherrschenden sulfidischen Metallbindungsformen in oxidische umgewandelt (GILLITZER 1936).

Langsam ansteigendes Grundwasser löste die Metalle aus dem Verwitterungsschutt und transportierte sie an die Oberfläche der Rotliegendmassen, wo sich zu weiten Teilen ein Kupfererasenstein bildete. Dieser wurde bei der Transgression des Zechsteinmeeres wieder gelöst. Unter sapropelitischen Bedingungen bildeten die Metalle zusammen mit dem Faulschlamm des Meersbodens die Ursprungssubstanz des Kupferschiefers. Gleichzeitig zu diesem Vorgang erfolgte die Zufuhr von Metallen durch den Oberflächenwasserzufluß von den noch nicht überfluteten Rümpfen des variszischen Gebirges. Für die Ausfällung der im Süß-

wasser enthaltenen Buntmetalle wird Schwefelbakterien ein große Bedeutung beigemessen.

Zu 2: Nach der Überdeckung des Kupferschiefers mit jüngeren Sedimenten erfolgte durch hydrothermale Vorgänge eine Zufuhr von Buntmetallen in das Kupferschieferflöz. Es werden vier hydrothermale Phasen unterschieden — die eng mit tektonischen Vorgängen verknüpft sind —, während derer Buntmetalle in Form von heißen Lösungen aus tiefer gelegenen Magmen in den Kupferschiefer eingespeist wurden (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954).

Aufgrund seines chemischen und petrographischen Aufbaus kann das gesamte Kupferschieferflöz in verschiedene Flözlagen untergliedert werden (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954):

Flözlage	Mächtigkeit in cm
Dachklotz (DK)	
Schwarze Berge (SB)	12 — 17
Schieferkopf (SK)	10 — 12
Kammschale (KS)	2,5 — 4
Grobe Lette (GL)	6 — 9
Feine Lette (FL)	2 — 4

Bisher sind nach Untersuchungen von WAGENMANN (1926), CISSARZ (1930), NODDACK (1936), GOEDERITZ (1951) und OTTEMANN (1954) im Mansfelder Kupferschiefer 65 Elemente des Periodensystems qualitativ nachgewiesen worden. Aufgrund ihrer hohen Gehalte (g/kg) werden Kupfer, Blei und Zink als Hauptelemente des Kupferschiefers bezeichnet. Die Konzentrationen von Pb und Zn verhalten sich dabei reziprok zu denen des Cu. Diese Erscheinung ist auf die unterschiedlichen Löslichkeitsprodukte der Sulfide von Cu, Pb und Zn

Tab. 1: Durchschnittliche Hauptmetall- und Spurenelementführung des Kupferschiefers sowie seines unmittelbaren Liegenden und Hangenden im Mansfelder Lagerstättenrevier (KNITZSCHKE 1966)

Lage	Cu in kg/t	Pbin kg/t	Zn in kg/t	Ni in g/t
DK	1,4	1,1	4,2	24
SB	4,9	4,8	6,8	38
SK	7,3	4,1	9,8	50
KS	14,9	4,4	12,2	87
GL	15,5	6,6	15,6	95
FL	16,7	4,5	10,5	81
LI	9,5	3,6	10,5	55

zurückzuführen. Durch den verfügbaren Anteil an  $H_2S$  wurden die drei Metalle in der Reihenfolge Cu — Pb — Zn ausgeschieden (KNITZSCHKE 1966) (vgl. Tab. 1).

Für die Abbauwürdigkeit des Kupferschiefers wurde eine Mindestkonzentration an Kupfer im Schiefer festgelegt. Diese sogenannte Kläubegrenze liegt bei 6kg/t in Dachbergen und Sanderzen, sowie bei 8kg/t in Schiefen (EISENHUTH U. KAUTZSCH 1954)

#### **4. Abriß zur historischen Entwicklung des Kupferschieferbergbaus im Mansfelder Land**

Der zeitliche Ursprung des Bergbaus im Mansfelder Land wird auf etwa 5000 Jahre b. p. bestimmt (NEUSS U. ZÜHLKE 1982). Diese Auffassung ist jedoch nicht ganz unumstritten. Im Gebiet des Kreises Eisleben wurden an alten Schmelzstellen steinzeitliche Werkzeuge gefunden. Man geht davon aus, daß hier aus Mansfelder Kupferschiefer Gebrauchs- und Schmuckgegenstände sowie Waffen gefertigt wurden. In der Folgezeit entwickelte sich eine Hochkultur im Mansfelder Land. Die Menschen dieser Zeit verstanden es durch Röst- und Schmelzverfahren gießfähiges Metall und später sogar Legierungen herzustellen. Werkstättenfunde und eine große Anzahl reicher Schatzfunde lassen auf die zentrale Bedeutung Mitteldeutschlands für die Kupfergewinnung schließen. Aus bisher unbekanntem Gründen wurde die Entwicklung um 1500 b. p. unterbrochen (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954).

Die ersten direkten Nachrichten über den Kupferschieferbergbau im Mansfelder Revier stammen vom Historiker Cyriakus Spangenberg. Im Jahre 1572 verfaßte er seine Mansfeldsche Chronik und datierte den Beginn des Bergbaus in diesem Gebiet auf das Jahr 1199. Als Ort des Geschehens wird der Raum um Hettstedt genannt, wo sich auf Grund der günstigen Lagerungsverhältnisse der Bergbau sehr rasch entwickelte. Über die Entwicklung des Kupferschieferbergbaus bis zum 15. Jahrhundert gibt es nur sehr wenige gesicherte Informationen. Der Abbau des Kupferschiefers fand zunächst in der Nähe seines oberflächlichen Ausstrichs statt und wurde in primitiven Stollen betrieben. Wurden die Abbaubedingungen problematisch, verließ man den Stollen, folgte der Streichrichtung des Flözes und errichtete einen neuen Stollen nebst Hüttenfeuer. Zu dieser Zeit war der Bergbau wohl kaum mehr als 100 m vom Ausgehenden des Kupferschiefers in Richtung Muldeninneres vorgedrungen (EINBECK 1931). Entlang eines schmalen Saumes von Gerbstedt, über Hettstedt und Mansfeld bis nach Wolfersode zogen sich die nur wenige Dezimeter hohen Halden, von denen heute nur noch einzelne erhalten sind (EINBECK 1931).

In unmittelbarer Nachbarschaft des bei Hettstedt begonnenen Kupferschieferbergbaus übten die Grafen von Mansfeld ebenfalls Bergbau aus. Aufgrund der besseren Metallgehalte im Bereich des Bergbaus der Mansfelder erlangten diese bald die Vormachtstellung im Kupferschieferbergbau des gesamten Gebietes. Wegen der günstigen geologischen Lagerungsverhältnisse breitete sich der Kup-

ferschieferbergbau im Mansfeldischen sehr rasch aus. Das flach nach Osten einfallende Kupferschieferflöz sowie das hügelige Gelände machten einen Bergbau ohne hohe technische Aufwendungen (Kosten) möglich.

Schon Mitte des 16. Jahrhunderts erreichte der Mansfelder Kupferschieferbergbau seinen höchsten Entwicklungsstand. Zu diesem Zeitpunkt hatte Mansfelder Kupfer das Monopol in West- und Mitteleuropa und wurde von westeuropäischen Häfen aus in alle Welt transportiert (BRÜNING 1926). Verschiedene Quellen verweisen auf Produktionsziffern von 100—2000 t Kupfer pro Jahr — eine Zahl, die erst wieder in der Mitte des 19. Jahrhunderts erreicht wurde (EINBECK 1931). Gegen Ende des 16. Jahrhunderts begann man senkrechte Schächte abzuteufen und war nicht mehr an das Ausgehende des Kupferschiefers gebunden. Somit kam es zu einer wahllosen Verteilung von Schächten über einen rund 700 m breiten Streifen parallel zum Ausgehenden. Je weiter sich der Bergbau, dem Schichtfallen des Kupferschiefers folgend, ins Muldeninnere bewegte, um so mehr Deckgebirge mußte zum Erreichen des Flözes abgetragen werden. Das anfallende Material schüttete man zu Halden auf, die mit zunehmender Abbautiefe immer größer wurden (EINBECK 1933).

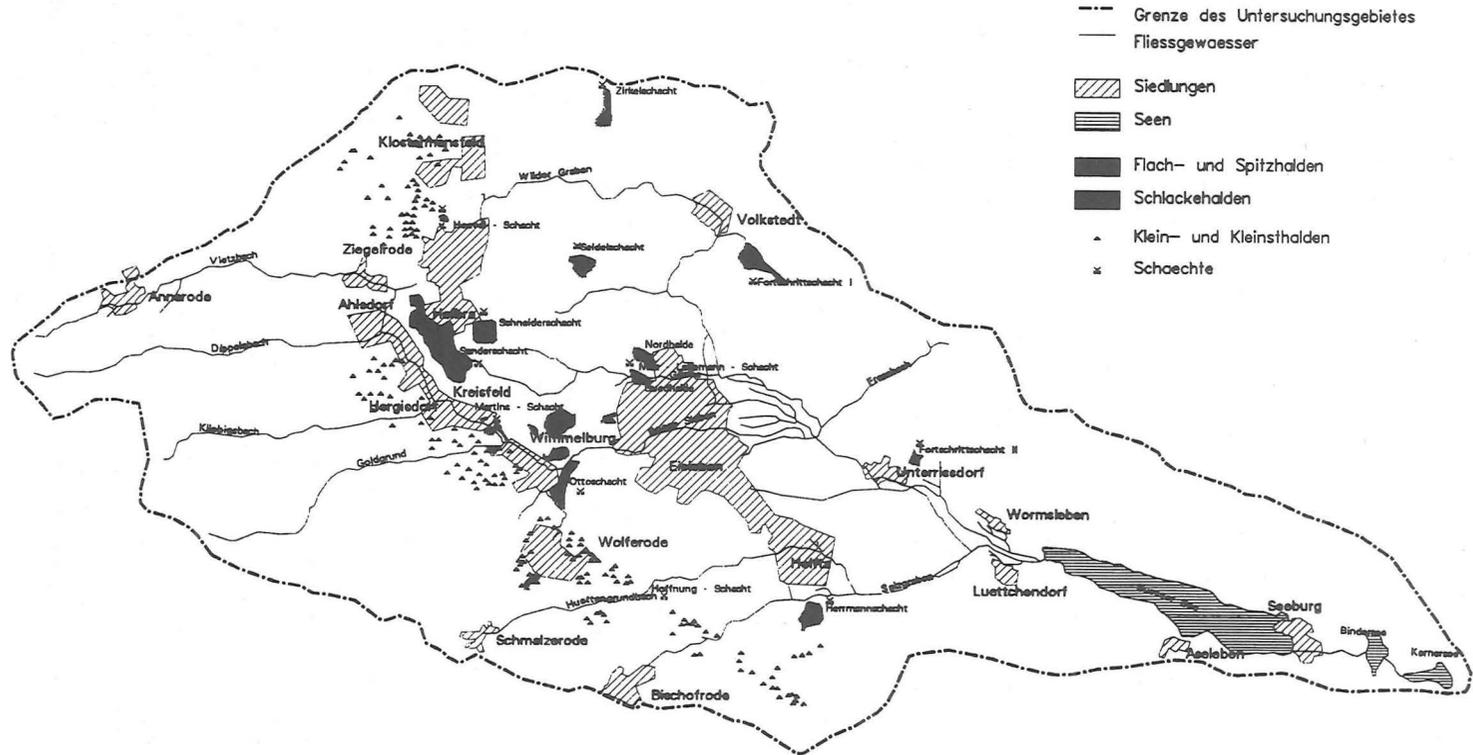
Mit dem Vordringen in immer größere Tiefen — was ja arbeits- und kostenintensiver war — verringerte sich auch die Anzahl der Schachtanlagen, so daß das Netz der Halden immer weitmaschiger wurde (s. Abb. 2). Kurz vor Beginn des Dreißigjährigen Krieges arbeiteten im Mansfelder Kupferschieferbergbau rund 2000 Bergleute (EINBECK 1931; EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954). Dieser Krieg brachte den Bergbau vollständig zum Erliegen. Nach seiner Beendigung waren die Schachtgebäude verbrannt, Schächte verstürzt, mit Wasser aufgefüllt und die Hütten zerstört (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954).

Im Jahre 1651 zählte man ganze 30 arbeitsfähige Bergleute im Bezirk, deren Tätigkeit sich aufgrund der Zerstörung der Schachtanlagen und wegen Mangel an finanziellen Mitteln auf die Verhüttung von bereits zu Tage geförderten und aufgehaldeten Materials beschränkte (BRÜNING 1926; EINBECK 1931). Die Wiederaufnahme des Kupferschieferbergbaus verlief nur sehr zögerlich, da es vor allen Dingen an Geld und sachkundigen Bergleuten mangelte.

Im 18. Jahrhundert erreichte die Kupfererzeugung eine Größenordnung von rund 750 t/a, was auf eine allmähliche Konsolidierung des Bergbaus hinweist (EINBECK 1931). Jedoch gab es, hervorgerufen durch die Napoleonischen Kriege, einen erneuten Rückschlag. Das führte diesmal zwar nicht zum völligen Erliegen des Bergbaus, aber die Produktionszahlen sanken bis auf 279,6 t im Jahre 1815 (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954).

Die Errungenschaften des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im 19. Jahrhundert wirkten sich auch auf die Entwicklung des Bergbaus aus. So erreichte man in den 50er Jahren die Förderquote der einstigen mittelalterlichen Blütezeit. Das immer tiefere Vordringen des Bergbaus brachte ein großes, nur durch hohen technischen Aufwand zu lösendes Problem mit sich. Eindringendes Wasser machte das Arbeiten unmöglich. Schon im 15. Jahrhundert versuchte man mit dem Bau von Wasserhaltungsstollen das Problem zu bewältigen. Ende des 17. Jahrhunderts wurde der Bau des 13,6 km langen Froschmühlenstollens und 1778 die Arbeiten am Zabenstedter Stollen aufgenommen. Die ersten Stollen führten die Wässer zum Süßen See hin. Mit dem im 19. Jahrhundert begonnenen

Abb. 2: Verteilung der Berghalden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus im Einzugsgebiet des Süssen Sees



Autor : G. Schmidt

Bearbeiter : G. Schmidt, D. Dell

Quelle: Mansfelder Kupferbergbau GmbH

Kartogr. Grundlage: Top-Karte 1:25000 (AV)

0 0,5 1 1,5 2km

Bau des 32 km langen Schlüsselstollen wurden dann alle Bergbauwässer in das Einzugsgebiet der Schlenze abgeführt und gelangten letztendlich bei Friedeburg in die Saale.

Diese Veränderung der Technologie der Wasserhaltung veränderte auch das Erscheinungsbild der Bergehalden. Erstens verringerte sich wiederum die Zahl der Förderanlagen, was auch eine andere Dimension in der Haldengröße mit sich brachte und zweitens waren die Halden nicht mehr breitgefächert über das Land verteilt, sondern folgten der Linie, die die unterirdischen Wasserhaltungsstollen beschreiten (s. Abb. 2). Bis Mitte dieses Jahrhunderts schuf man vier solcher Schachtlinien/-reihen, die nach Ausbeutung der Lagerstätten wieder aufgegeben wurden (EINBECK 1931).

Tab. 2: Verbreitung der Schachtreihen im Einzugsgebiet des Süßen Sees (EINBECK 1931)

Reihe	Entfernung vom Ausstrich	Anzahl der Schächte	Durchschnittliche Tiefe	1931 noch in Förderung befindlichen Schächte
1	2 km	20	140 m	—
2	2,5 km	8	249 m	—
3	4,5 km	4	358 m	1
4	7 km	4	559 m	2

Zum Ende des 19. Jahrhunderts stiegen die Fördermengen von Kupferschiefer und somit auch die Menge produzierten Kupfers stark an. Im Jahre 1860 wurden in den Mansfelder Revieren 58018 t Schiefer gefördert und daraus 1500 t Kupfer und 7,8 t Silber produziert. Schon 1879 betrug die Schieferförderung 320 338 t und die Kupfer/Silberproduktion 8565 t/45,3 t. Zur Jahrhundertwende stieg die Förderung auf 671 918 t. Die Produktion von Kupfer erreichte 18 675 t, die von Silber 97,5 t (FESTSCHRIFT 1907).

Mit dem Erreichen der tiefsten Lagen des Kupferschieferflözes im Muldeninneren war auch ein Maximum der Förderung von Bergematerial erreicht. Die auf herkömmliche Art angelegten Halden hatten einen so hohen Flächenbedarf, daß man eine neue Technologie zur Anlage von Bergehalden entwickeln mußte. So entstanden die auf alte Flachhalden aufgeschütteten Kegelhalden, die bis zu 140 m hoch sind und als markante Erscheinungen vom Mansfelder Kupferschieferbergbau zeugen. Die abbauwürdigen Kupferschiefervorkommen waren in der Mitte dieses Jahrhunderts ausgeschöpft. Infolgedessen wurde der Kupferschieferbergbau aus Rentabilitätsgründen 1968 aus der Mansfelder Mulde ausgelagert und in der Sangerhauser Mulde bis 1990 weiter betrieben.



## 5. Die Anlage von Bergehalden und deren Materialzusammensetzung

Mit dem Baubeginn von Stollen und Schächten im Mansfelder Kupferschieferbergbaurevier erfolgte auch die Anlage von Bergehalden. Ursprünglich nur aus den tauben Bergen des Deckgebirges bestehend, kam bald eine neue Materialkomponente hinzu.

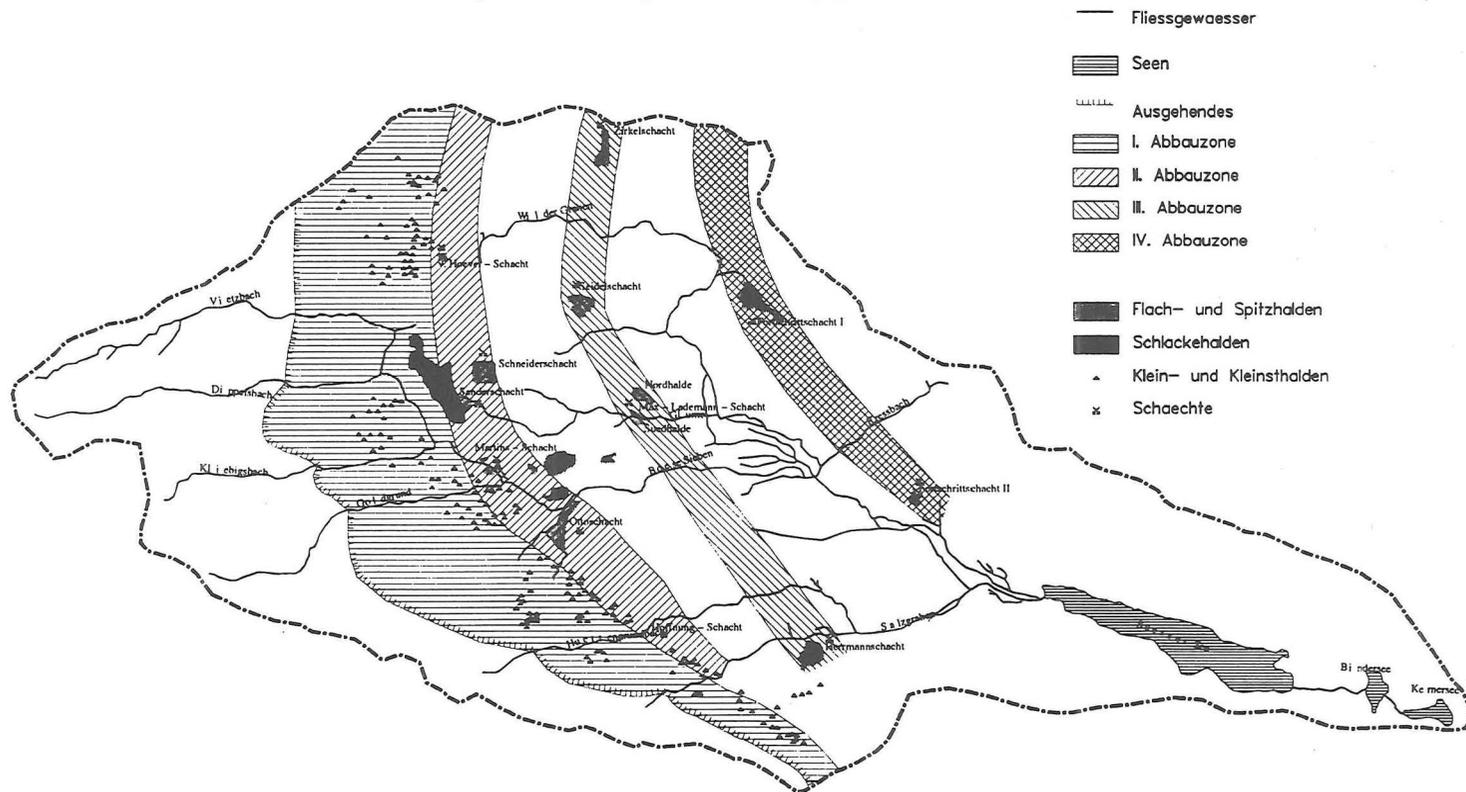
Aus der Kenntnis, daß die Metallgehalte im Kupferschiefer von Ort zu Ort und von Schieferlage zu Schieferlage sehr stark differieren, versuchte man einfache Metallanreicherungs- und sortierungsverfahren zu entwickeln. Ein Verfahren, welches bis in das 20. Jahrhundert betrieben wurde und bis dahin auch das einzige war, war das sogenannte Scheiden oder Kläuben der Rohschiefern von Hand auf den Schächten. Hierbei wurden die gefördertsten Schiefer über Tage in einen Bunker geschüttet. Am unteren Ausgang des Bunkers saß der Kläuber und trennte die verhüttungswürdigen Schieferlagen (Cu-Gehalt  $> 6$  kg/t) von den kupferarmen Schieferlagen (Cu-Gehalt  $< 6$  kg/t) und den Dachbergen. Die kupferarmen Schieferlagen und Dachbergen wurden als sogenannte Ausschläge mit auf die Bergehalden geschüttet. Die Trennung der Schiefer erfolgte auf der Basis der Erfahrung des Kläubers sowie auf der turnusmäßigen Durchführung von Stichproben oder der sogenannten Kommissionskläubung (EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954).

Der Anteil an Ausschlägen variiert von Halde zu Halde und kann auch nur annähernd als Teil des Gesamtvolumens einzelner Halden abgeschätzt werden. Als Besonderheit besitzen die Bergehalden der 4. Schachtreihe noch eine weitere Materialkomponente. Mit dem hauptsächlich aus Kalk- und Sandsteinen bestehenden Bergematerial wird auch Anhydrit und Steinsalz zu Tage gefördert.

Welche Auswirkungen die einzelnen Bergematerialien auf den Chemismus der Halden und eine eventuelle Schwermetalldynamik in den Halden haben, ist bisher kaum bekannt. Ein Indiz für die Freisetzung von Metallen aus den Bergehalden ist die Ansiedlung einer Schwermetallvegetation auf den Klein- und Kleinsthalden (z. B. Kupferblümchen) (SCHUBERT 1954). Noch weniger ist bekannt, ob von den Bergehalden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus Schwermetallemissionen ausgehen, die sich belastend auf die Böden und Gewässer des Gebietes auswirken.

Aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen über die Entwicklung des Bergbaus im Untersuchungsgebiet kann man verschiedene überirdisch erkennbare Abbauzonen ausgrenzen (s. Abb. 3). Diese Zonen sind nicht identisch mit den unterirdischen Abbaufeldern, welche sich über wesentlich größere Flächen erstrecken. Die einzelnen Abbauzonen sind vor allem durch die Haldentypen voneinander zu unterscheiden. Während jeder der einzelnen Bergbauetappen sind charakteristische Haldentypen geschaffen worden, die die augenscheinlichen Zeugnisse des Mansfelder Kupferschieferbergbaus darstellen (vgl. Tab. 3)

Abb. 3: Abbauzonen des Mansfelder Kupferschieferbergbaus im Einzugsgebiet des Süßen Sees



Autor : G. Schmidt

Bearbeiter : G. Schmidt, D. Dell

Quelle: Mansfelder Kupferbergbau GmbH, Einbeck 1931/ Eisenhuth;Kautzsch 1954

Kartogr. Grundlage: Top-Karte 1:25000 (AV)

0 0.5 1 1.5 2km

Tab. 3: Charakteristik der Bergbauetappen im Mansfelder Land (EINBECK 1931; EISENHUTH u. KAUTZSCH 1954)

Abbau-- zone	Haupthaldentyp	Ausdehnung	Abbauzeitraum
I	Klein- und Kleinsthalden	Ausgehendes bis 1500 m zum Muldeninneren	1199—18. Jhd.
II	Flachhalden der 1. und 2. Schachtreihe	2000—2500 m vom Ausgehenden	Mitte 18. Jhd. — Ende 19. Jhd.
III	Flachhalden der 3. Schachtreihe	4500 m vom Ausgehenden	Ende 19. Jhd. — Mitte 20. Jhd.
IV	Spitzhalden der 4. Schachtreihe	7000 m vom Ausgehenden	Anfang 20. Jhd.

## 6. Schwermetalluntersuchungen im Einzugsgebiet des Süßen Sees

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsprojektes zur Stoffdynamik in den Einzugsgebieten von Böser Sieben und Salzgraben werden die Bergehalden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus als mögliche Schwermetallemittenten untersucht. Hierbei erfolgte eine Typisierung der Halden nach Größe, Form, und Alter. Danach wurden drei Haldentypen unterschieden:

1. Klein- und Kleinsthalden
2. Flachhalden
3. Spitz- bzw. Kegelhalden

Die Untersuchungen finden an sieben Standorten statt, und gelten vor allem dem Problem der Schwermetallmigration in den die Halden umgebenden Böden. Die sieben Untersuchungsstandorte können den Haldentypen wie folgt zugeordnet werden:

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| a) Klein- und Kleinsthalden | 3 Standorte |
| b) Flachhalden              | 3 Standorte |
| c) Spitz- bzw. Kegelhalden  | 1 Standort  |

Bezugnehmend auf die ausgegliederten Abbauzonen befinden sich die Untersuchungsstandorte des Haldentyps a) in der I. Abbauzone, die des Haldentyps b) in der II. und III. Abbauzone und die des Haldentyps c) in der Zone IV.

In der Umgebung dieser Halden wurden Bodenschürfe nach dem Catena-Prinzip angelegt und horizontabhängig beprobt. Neben den Gesamtgehalten an ausgewählten Schwermetallen wurden auch verschiedene bodenphysikalische und bodenchemische Parameter, wie pH-Wert, Korngrößenverteilung, organische Substanz und Kalkgehalt bestimmt.

## 7. Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Für die nachfolgenden Betrachtungen soll die Darstellung der Gesamtgehalte von Cu, Pb und Zn genügen. Diese Elemente werden als Hauptelemente des Kupferschiefers bezeichnet (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Gesamtgehalte von Cu, Pb und Zn in Böden der Umgebung ausgewählter Bergehalden im Einzugsgebiet von Böser Sieben und Salzgraben

Haldentyp		Kleinhalde	Flachhalde	Spitzhalde
Metallgehalte				
Pb in mg/kg	MW	<b>416</b>	<b>347</b>	<b>151</b>
	min	122	157	107
	max	1717	519	251
Cu in mg/kg	MW	<b>428</b>	<b>718</b>	<b>147</b>
	min	83	430	95
	max	1291	1501	198
Zn in mg/kg	MW	<b>676</b>	<b>1487</b>	<b>303</b>
	min	160	711	223
	max	1588	2413	501
Probenzahl	n =	40	32	16

Die dargestellten Werte zeigen, daß sich die Schwermetallgehalte in der Umgebung der einzelnen Haldentypen stark voneinander unterscheiden. Dabei sind die Gesamtgehalte von Cu und Zn an den Flachhalden am höchsten und von Pb an den Klein- und Kleinsthalden. Bemerkenswert erscheinen die extrem hohen Gehalte von Zn (max 2413 mg/kg) und Cu (max 1501 mg/kg) an den Flachhalden sowie die hohen Gehalte von Pb (max 1717mg/Kg), Cu (max 1291 mg/kg) und Zn (max 1588 mg/kg) an den Klein- und Kleinsthalden.

Die Frage der ökologischen Relevanz dieser hohen Gesamtgehalte im Boden soll mit Hilfe von derzeit laufenden Laboruntersuchungen geklärt werden. Anhand der Bestimmung von wasserlöslichen und Ammoniumchlorid — verfügba-

ren Anteilen am Gesamtschwermetallgehalt wird der Versuch unternommen Aussagen über Mobilität und Verfügbarkeit der Metalle im Boden zu treffen. Die in den bisherigen Untersuchungen ermittelten hohen Kalkgehalte (bis zu 22 %), pH-Werte zwischen 6,8 und 8,2, und Gehalte an organischer Substanz bis zu 20 Prozent lassen vermuten, daß die Mobilität und Verfügbarkeit der aus den Halden emittierten Metallionen sehr gering sein wird, und somit kaum mit einer Gefährdung von Mensch und Tier zu rechnen ist.

Die Metallverteilungsmuster sind bei den Klein- und Kleinsthalden sowie den Flachhalden gleich, nämlich  $Zn > Cu > Pb$ . An der Spitzhalde findet man dagegen ein anderes Verteilungsmuster vor:  $Zn > Pb > Cu$ .

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse aus den Einzeluntersuchungen ergibt sich die Frage, ob die Ergebnisse verallgemeinert werden können. Das heißt, sind die Informationen über die Schwermetallgehalte an den untersuchten Bergehalden, für die Abbauzone der sie zugeordnet werden können, repräsentativ?

Hierzu wurden Daten aus der oben genannten Studie des TÜV Bayern zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld hinzugezogen. Im Rahmen dieser Studie sind im Mansfelder Land flächendeckend in einem 500 m Raster Oberbodenmischproben entnommen und auf organische und anorganische Schadstoffe untersucht worden. Aus der Fülle der Proben wurden 62 ausgewählt, deren Entnahmestellen den verschiedenen Abbauzonen zugeordnet werden können. Außerdem sind 18 Proben aus dem Gebiet westlich des Ausgehenden des Kupferschiefers hinzugezogen (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Gesamtgehalte an Cu, Pb und Zn in Böden der verschiedenen Abbauzonen des Kupferschieferbergbaus sowie in einer unbelasteten Region im Einzugsgebiet von Böser Sieben und Salzgraben (Quelle TÜV — Bayern)

Abbauzone		unbelastete Region	I.	II.	III.	IV.
Metallgehalte						
Cu in mg/kg	MW	<b>82</b>	<b>407</b>	<b>451</b>	<b>200</b>	<b>98</b>
	min	30	46	106	87	38
	max	195	2519	1651	595	170
Pb in mg/kg	MW	<b>73</b>	<b>285</b>	<b>340</b>	<b>236</b>	<b>107</b>
	min	39	163	70	49	15
	max	173	1107	1632	830	187
Zn in mg/kg	MW	<b>158</b>	<b>381</b>	<b>732</b>	<b>407</b>	<b>223</b>
	min	62	68	219	142	117
	max	468	1168	2807	1184	339
Probenzahl		18	15	22	16	9

Die vorliegenden Daten zeigen, daß die höchsten Gesamtgehalte an Cu (max 2519 mg/kg) in der I. Abbauzone sowie Pb (max 1632 mg/kg) und Zn (max 2807 mg/kg) in der II. Abbauzone zu finden sind. In der III. Abbauzone sind die Metallgehalte wieder wesentlich geringer und in Zone IV entsprechen die Konzentrationen an Cu, Pb und Zn den Metallgehalten der Böden westlich des Kupferschieferaustritts.

Die einzelnen Abbauzonen unterscheiden sich aber nicht nur durch ihre unterschiedlichen Gesamtgehalte an Schwermetallen. Auch die Metallverteilungsmuster lassen Unterschiede erkennen. Westlich vom Ausgehenden des Kupferschieferflözes findet man dieselbe Metallverteilung wie in der II. Abbauzone (Zn > Cu Pb). In Zone III und IV verhalten sich die drei untersuchten Elemente wie folgt zueinander: Zn > Pb > Cu. Eine generelle Ausnahme machen die Schwermetallgehalte in der Abbauzone I. Dies ist das einzige Gebiet, in dem die Cu-Konzentrationen höher als die Konzentrationen an Zn sind. Blei rangiert hier an dritter Stelle.

## 8. Vergleichende Darstellung und Schlußfolgerungen

Bei der Gegenüberstellung der unabhängig voneinander gewonnenen Datenreihen kann man feststellen, daß die Belastungsbilder aus den Einzelstandortuntersuchungen tendenzielle Übereinstimmung mit der flächenhaften Erhebung zeigen.

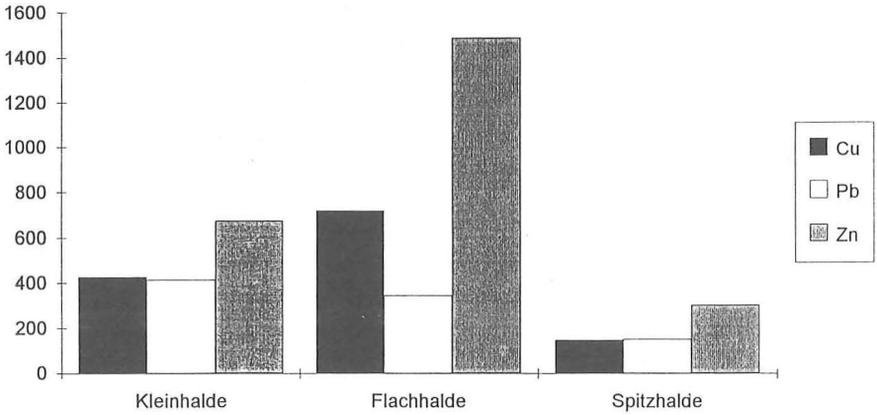
Die höchsten Schwermetallgesamtgehalte im Boden findet man im Bereich der II. Abbauzone, welche durch die Flachhalden repräsentiert werden. Es ist das Gebiet, in dem die intensivste bergbauliche Tätigkeit im Zeitraum zwischen 1860 und 1920 stattgefunden hat. Die Halden bestehen hier zu großen Teilen aus metallhaltigen Ausschlägen, sind oft vegetationsbedeckt und es fehlt ihnen — in den Ausschlägeteilen — Anhydrid, welches aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung möglicherweise als geochemische Barriere innerhalb der Halden fungiert. Gegenwärtig werden Untersuchungen zur Bedeutung des Anhydrids für die Mobilität der Metalle durchgeführt. Eine weitere Tatsache, die für die hohen Metallgehalte in der Abbauzone II spricht, ist die lange Standzeit der Halden, was auf eine stärkere Verwitterung des Haldenmaterials hindeutet.

Die Bodenschwermetallgehalte der Abbauzone I liegen deutlich über denen westlich des Kupferschieferausstritts. In diesen hohen Gehalten spiegelt sich schon der mittelalterliche Bergbau wieder. Die Materialzusammensetzung dieser Halden ist sehr homogen.

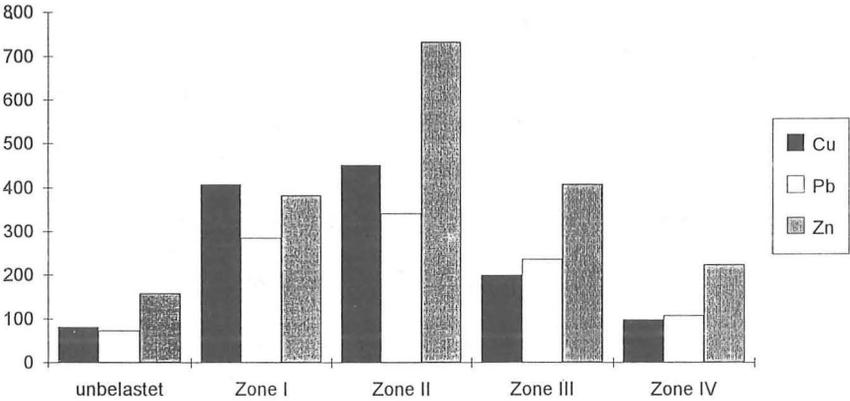
In der Abbauzone IV, also in der Umgebung der Spitzhalden, findet man die geringsten Schwermetallgesamtgehalte im Boden. Dies ist sicher auf die geringe Anzahl der Halden (im Untersuchungsgebiet nur eine) und auf deren Materialzusammensetzungen zurückzuführen. Die hohen Bestandteile an Zechsteinkalken und Anhydrid in den Halden, das geringe Alter, die Großkörnigkeit des Materials sowie geringe Verwitterungsraten (vegetationslos - - -> nur physikalische Verwitterung) lassen nach Meinung des Verfassers nur äußerst geringe Emissions-

raten zu. Die beiden folgenden Grafiken sollen die getroffenen Aussage untermauern.

Grafik 1: Gesamtgehalte an Cu, Pb und Zn in Böden der unmittelbaren Umgebung ausgewählter Bergehalden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus



Grafik 2: Schwermetallgehalte in Böden der Abbauzonen des Mansfelder Kupferschieferbergbaus im Einzugsgebiet des Süßen Sees



Abschließend ist festzustellen, daß die Ergebnisse der beiden unabhängig voneinander durchgeführten Untersuchungen ähnliche Belastungsbilder aufzeigen.

Man kann also davon ausgehen, daß jede Etappe in der Entwicklung des Mansfelder Kupferschieferbergbaus nicht nur ihre sichtbaren Spuren in Form der unterschiedlichen Bergehalden hinterlassen hat. Mit Hilfe der Informationen über die Gehalte und Verteilungsmuster von Schwermetallen in Böden kann man einzelne Etappen des Mansfelder Kupferschieferbergbaus voneinander unterscheiden.

Zur Klärung der Frage, ob die hohen — vom Bergbau verursachten — Bodenschwermetallgehalte eine Gefährdung für das Ökosystem darstellen, bedarf es weiterführender Untersuchungen. Diese werden derzeit am Geographischen Institut der Martin-Luther Universität Halle/Wittenberg durchgeführt.

## Literatur

- BRÜNING, K. 1926: Der Bergbau im Harz und im Mansfeldschen. Untersuchungen zu einer Wirtschaftsgeographie der Harzer Rohstoffe, Braunschweig/Hamburg, 208 S.
- EINBECK, E. 1932: Die Gestaltung der Bergbaulandschaft im Gebiet des Mansfelder Kupferschieferbergbaus. In: Ergänzungshefte zu Petermanns Geographische Mitteilungen, Nr. 214, S. 101—112.
- EINBECK, E. 1933: Der Einfluß des Mansfelder Kupferschieferbergbaus auf das Landschaftsbild. In: Mein Mansfelder Land, 8. Jahrgang, S. 146 ff., 158 ff., 183 ff.
- EISENHUTH, K.-H. u. E. KAUTZSCH 1934: Handbuch für den Kupferschieferbergbau. Leipzig, 334 S.
- Festschrift zum X. Deutschen Bergmannstage 1907: Die Mansfeldsche Kupferschiefer Bauende Gewerkschaft. Eisleben, 215 S.
- GILLITZER, G. 1936: Die Geologie der Erzanreicherung im mitteldeutschen Kupferschiefer. In: Jahrbuch Hallescher Verband für die Erforschung der mitteldeutschen Bodenschätze und ihrer Verwertung, 15. Band, Halle, S. 61—78.
- KNITZSCHKE, G. 1966: Zur Erzmineralisation, Petrographie, Hauptmetall- und Spurenelementführung des Kupferschiefers im südöstlichen Harzvorland. In: Freiburger Forschungshefte, C 207, Leipzig, 195 S.
- NEUSS, E. u. D. ZÜHLKE 1982: Mansfelder Land. In: Werte unserer Heimat, Berlin, 234 S.
- SCHMIDT, G., ZIERDT, M. u. M. FRÜHAUF 1992: Wassergebundene Schwermetallemission aus Halden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus in das Vorflutsystem des Süßen Sees. In: Geoökodynamik, Band XIII, Heft 2/1992, S. 153—172, Darmstadt.
- SCHUBERT, R. 1953: Die geschichtliche Entwicklung der Haldenlandschaft des Mansfelder Landes. In: Urania, 16. Jahrgang, Heft 5, S. 168—177.
- STEINER, W. u. O. WAGENBRETH 1989: Geologische Streifzüge — Landschaft und Erdgeschichte von Kap Arkona bis zum Fichtelberg. Leipzig, 204 S.
- TÜV-BAYERN u. L. U. B. Lurgi Umweltbeteiligungsgesellschaft (Hrsg.) 1991: Abschlußbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld“. Eisleben.