

Schadstoffausträge aus den Halden der Kupferschieferverhüttung

Peter Schreck

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Hydrogeologie, Bad Lauchstädt

Zusammenfassung

Der Kupferschieferbergbau im Mansfelder Land hinterließ mehr als 2000 Halden, die aus sehr verschiedenartigen Materialien wie Schiefer, Sandstein, Kalk, Gips, Schlacke und Verhüttungszwischenprodukten (Flugstäube, Theisenschlamm, Fällschlamm) aufgebaut sind. Schwermetalle, organische Schadstoffe und Radionuklide werden durch natürliche Verwitterungsvorgänge aus dem Haldenmaterial freigesetzt und verbreiten sich auf dem Wasser- und dem Luftpfad im Umfeld der Haldenstandorte.

Deutliche Metallbelastungen der Sedimente des Süßen Sees lassen sich über die Böse Sieben bis zu den Hüttenstandorten Eisleben und Helbra zurückverfolgen und rühren hier von verwitterungsexponierten Flugstäuben und Metallschlämmen her. Den mengenmäßig dominierenden Kupferschlacken (80% des Haldeninhaltes) kommt hierbei kaum Bedeutung zu. Hochbelastete Sickerwässer am Fuße der Schlackehalden beziehen ihren Schwermetallgehalt ebenfalls aus Theisenschlamm, der in Entwässerungsbecken auf den Halden eingelagert wurde. Auch im oberflächennahen Grundwasser finden sich deutliche Schwermetalleinträge, die durch Auslaugung der Verhüttungsschlämme erklärt werden. Geogene Metallbelastungen der Gewässer durch Erosion des anstehenden Kupferschiefers sind minimal und nur in Flöznähe festzustellen.

Die Radioaktivität der Kupferschlacke ist auf geringe Urangehalte und das Zerfallsprodukt ²²⁶Ra zurückzuführen. Wegen der Freisetzung von Radon sollte auf die Verwendung von Schlackesteinen zum Hausbau verzichtet werden. Im Vergleich mit anderen Reststoffen der Kupferschieferverhüttung werden aus Kupferschlacke wenig Inhaltsstoffe an die Umwelt abgegeben. Ihr Beitrag an den nachgewiesenen Schwermetallbelastungen im Mansfelder Land ist gering.

Der Kupferschieferbergbau im Mansfelder Land

Über mehr als 800 Jahre hinweg wurde im südöstlichen Harzvorland Kupferschiefer bergmännisch gewonnen. Dies geschah zunächst im obertägigen Abbau, später dann bis 1969 in der Mansfelder Mulde und bis 1990 in der Sangerhäuser Mulde im Tiefbau bis in eine Teufe von etwa 1000 m. Ziel der Gewinnung war der hier zwischen 0,20 und 0,50 m mächtige Kupferschieferhorizont, ein bituminöser Mergelschiefer mit 3,6–15% Kohlenstoffgehalt (C_{org}) aus dem Unteren Zechstein (Eisenhuth und Kautzsch, 1954). Der polymetallische Kupferschiefer enthält neben einer Vielzahl von Spurenelementen bis zu 2,90% Cu, 1,85% Zn und 0,86% Pb in sulfidischer Bindung (Knitzschke und Jankowski, 1995). Je nach Position im Sedimentationsbecken können auch kupferärmere Blei-Zink-Schiefer oder Zink-Blei-Schiefer ausgebildet sein.

Von 1880 bis 1990 wurde der Kupferschiefer an den Standorten Eisleben und Helbra großtechnisch verhüttet. Anfänglich kamen „gebrannte Minern“, also abgerösteter Kupferschiefer, zum Einsatz. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts setzte mit

Einführung der Wassermantelschachtöfen die Verhüttung des unbehandelten Kupferschiefers ein. Bei der Verhüttung fielen pro Tonne Kupferschiefer 720 kg Schlacke, etwa 45 kg Kupferrohstein und 23,5 kg Flugstaub an (Lorenz, 1994). Alle drei Produkte wurden weiterverarbeitet: Der Kupferrohstein zu Elektrolytkupfer, Silber, Gold und Platinmetallen, der Flugstaub nach Eindickung und Verschwelung zu Zink, Blei, Cadmium, Rhenium und Selen und die Kupferschlacke zum Teil zu Pflastersteinen und als Rohstoff zur Glaserzeugung. Im Zuge des Bergbaus wurden im Mansfelder Land (Mansfelder und Sangerhäuser Revier) zwischen 1200 und 1990 insgesamt 2,63 Mio t Kupfer und 14.213 t Silber aus 108,9 Mio t Kupferschiefererz gewonnen (Knitzschke, 1995).

Bergbauhalden und Verhüttungsrückstände

Das Mansfelder Land ist heute eine typische Bergbaufolgelandschaft. Sie wird geprägt durch die Hinterlassenschaften des Bergbaus und der Erzverhüttung. So existieren weit über 2000 Halden in der Region. Es handelt sich um mittelalterliche Kleinhalden, angelegt um Schürfe im oberflächennahen Kupferschiefer, um kleine und mittlere Schachthalden an Lichtlöchern mit Bergematerial, die großen Spitzkegelhalden der Neuzeit, etliche davon sind höher als 50 m, aufgeschüttet aus mesozoischen und jungpaläozoischen Gesteinen wie Sandstein, Kalkstein, Gips und Ton/Schluffsteinen und schließlich die industriellen Flachhalden mit Kupferschlacke an den Standorten der Rohhütten. Noch zu Zeiten der Erzverhüttung wurden auf Halden im Umfeld der Rohhütten Becken zur Trocknung und Lagerung von Verhüttungszwischenprodukten wie Flugstäuben, metallhaltigen Schlämmen und Fällprodukten angelegt. Diese Produkte dienten ursprünglich der industriellen Weiterverarbeitung. Nach Einstellung der entsprechenden Produktionslinien bestand für sie jedoch keine weitere Verwendungsmöglichkeit, so daß sie nun als hochtoxischer Sondermüll angesehen werden. Im Zuge vorgezogener Maßnahmen zur Gefahrenabwehr werden diese metallhaltigen und radioaktiven Rückstände in den zentralen Deponieteich 10 in Helbra verbracht und hier fachmännisch eingelagert (Schreck, 1997). Große Bedeutung für den Eintrag von Metallen über den Wasserpfad in das Grundwasser hat das über 1000 km lange Stollensystem im Mansfelder und Sangerhäuser Revier, über das ein weitreichender Stoffaustausch möglich ist. Insgesamt beträgt der bergbaulich geschaffene Hohlraum in beiden Revieren 56 Mio m³ (Knitzschke, 1995).

Verbreitungspfade für bergbaugebundene Schadstoffe

Alle Halden im Mansfelder Land und auch die meisten der deponierten metallhaltigen industriellen Zwischenprodukte (Theisenschlamm, Primärflugstaub, Schwelgut, Fällschlamm) unterliegen den natürlichen Witterungseinflüssen wie Regen, Sonneneinstrahlung, Frost und Wind. Hierdurch kommt es zu gesteins- und materialspezifischen Stoffmobilisierungen auf dem Wasser und dem Luftpfad. An verschiedenen Stellen treten am Haldenfuß Sickerwässer mit extrem hohen Metallgehalten aus, so daß eine Wasseraufbereitung durchgeführt werden muß (Schreck, 1996). In oberflächennahen Grundwasserleitern nahe der ehemaligen Metallhütten sind stark erhöhte Metallgehalte festzustellen. Abgespülte Metallschlämme aus der Erzverhüttung finden sich auf sekundärer Lagerstätte in den

Flußauen (Klöck, 1997). Metallhaltige Stäube werden durch Wind in das Umland ausgetragen und sorgen für erhöhte Schwermetallgehalte im Oberboden (Marquardt et al., 1996). Sie finden sich ebenfalls im oberen Meter eines Sedimentkerns, der aus dem Boden des ehemaligen Salzigen Sees bei Wansleben entnommen wurde (Scharf et al., in Vorbereitung). Rezente Verwehungen von lungengängigen Flugstäuben lassen sich bis in Wohngebiete nachweisen, wie durch Staubsammelexperimente in Hettstett gezeigt werden konnte (Franck und Herbarth, 1997).

Geogene und anthropogene Belastung der Gewässer

Der wirkungsvollste Verbreitungspfad für die Inhaltsstoffe des Haldenmaterials, speziell der Schwermetalle, ist das Oberflächenwasser. Dies zeigt sich besonders deutlich an Schadstoffsenken, in denen es zur Akkumulation und Bindung der wassergetragenen Metallfracht kommt. Eine solche Schadstoffsenke ist der Süße See. So weisen Sedimentproben im westlichen Seeteil, wo die Böse Sieben als „Entwässerungskanal“ der Mansfelder Mulde einmündet, deutlich erhöhte Schwermetallgehalte auf und speziell Zn, Pb, Cu, Cd und As wird an das Sediment gebunden (2865 mg/kg Zn, 581 mg/kg Pb, 458 mg/kg Cu, 7 mg/kg Cd und 64 mg/kg As, Mittelwerte aus Schreck, 1996). Die Metallgehalte der Sedimente am Seeablauf hingegen liegen 12–76 fach niedriger.

Verfolgt man die Metallgehalte im Sediment und im Wasser der Bösen Sieben vom Süßen See nach Westen zum Rand der Mansfelder Mulde hin, so treten die Schadstoffquellen klar hervor: Es sind die Standorte der ehemaligen Kupferrohnhütten Helbra und Eisleben. Hier gelangen Schwermetalle in verschiedener Form in die Böse Sieben, einmal als abgeschwemmter Metallschlamm (Theisenschlamm), dann chemisch gelöst über das Haldensickerwasser und schließlich als diffuser Eintrag über die gesamte Ausdehnung des ehemaligen Schmelzhüttenkomplexes zwischen Ahlsdorf und Eisleben. Poggel (1995) hat in einer umfassenden Untersuchung anhand von 44 Sedimentproben aus dem Dippelsbach über die Böse Sieben bis hin zur Einmündung in den Süßen See eine deutliche Dreiteilung des Baches in seiner Schwermetallbelastung festgestellt (Tab. 1): Einen Bereich der **geogenen Grundbelastung** vom Rand der Mansfelder Mulde bis nach Ahlsdorf, einen **anthropogen belasteten Bereich** zwischen Ahlsdorf und Eisleben und einen **Verdünnungsbereich** von Eisleben bis hin zum Süßen See. Bei den verhüttungsrelevanten Elementen Zn, Pb, Cu und Cd sind die Unterschiede deutlich:

Tab. 1: Durchschnittliche Schwermetallgehalte (in mg/kg) von Bachsedimenten aus dem Dippelsbach und der Bösen Sieben in den Bereichen geogene Belastung, anthropogene Belastung und Verdünnung. Rohdaten aus Poggel (1995).

Bereich	Anzahl Proben	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd	Ni
Geogene Belastung	11	209	48	37	17,8	1,5	28,3
Anthropogene Belastung	14	1778	435	580	27,7	8,5	28
Verdünnung	19	1389	181	309	19,9	5,5	21,1

An den als Schadstoffemittenten erkannten Hüttenstandorten Helbra und Eisleben sind sehr unterschiedliche Materialien aufgehaldet, die für eine Metallfreisetzung verantwortlich gemacht werden können. In Helbra handelt es sich vorrangig um Kupferschlacke (80%), gefolgt von „grauen Bergen“ (Kalk und Mergel, 10%), „schwarzen Bergen“ (Schiefer, 6,7%), Sandstein (2,4%) und Gips, Theisenschlamm und Neutraschlamm (jeweils unter 1%, vgl. Abb. 2). Hieraus können die folgenden Inhaltsstoffe freigesetzt werden:

- aus den „schwarzen Bergen“ Zn, Pb, Cu und Sulfat
- aus den „grauen Bergen“, dem Sandstein und dem Gips Karbonat und Sulfat
- aus der Kupferschlacke Cu (Sulfidtröpfchen)
- aus Theisenschlamm und Flugstaub Schwermetalle, Radioaktivitätsträger, Organika (PAH, Dioxine) und Sulfat
- aus Fällschlämmen der Sickerwasseraufbereitung Zn und Cd

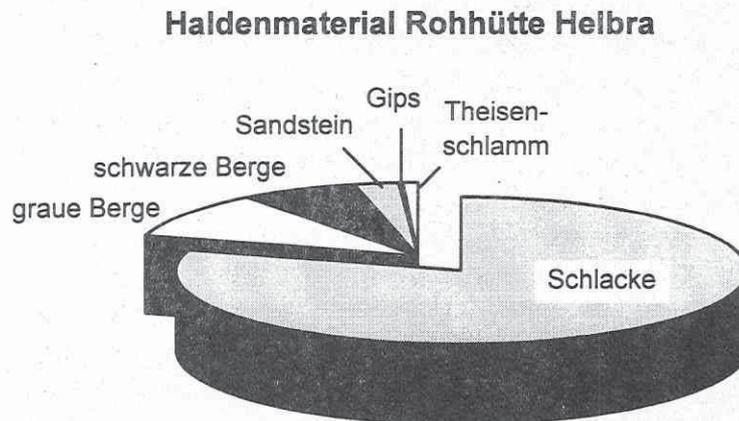


Abb. 2: Anteilige Zusammensetzung des Haldenmaterials am Standort Rohhütte Helbra

Die Lösung und Verbreitung der Metalle aus den Haldeninhaltsstoffen erfolgt vorrangig über das Sickerwasser. Dies wird besonders am Beispiel der Schlackenhalde von Helbra deutlich, wo an verschiedenen Stellen am Haldenfuß Sickerwässer austreten. Besonders hochbelastetes Sickerwasser mit Zinkgehalten von über 2600 mg/l und Sulfatgehalten von knapp 7000 mg/l (siehe Tab. 2) findet sich am Stadtborn bei Hergisdorf. Hier lagerten bis 1996 etwa 78.000 t Theisenschlamm in Entwässerungsbecken auf der Schlackenhalde. Durch Niederschläge kam es zu einer Auswaschung speziell des Zinks, das sich nun im Sickerwasser wiederfindet.

An anderer Stelle dieser Schlackenhalde (Straße Helbra-Wimmelburg) treten ebenfalls Sickerwässer aus, die sich in ihrem Chemismus grundsätzlich von denen des Stadtborns unterscheiden (Tab. 2). Die Zinkgehalte betragen hier lediglich 0,12 mg/l, die Sulfatgehalte 606 mg/l. Auffällig ist der deutlich basische pH-Wert von 8,7 gegenüber pH 6,2 am Stadtborn. Es handelt sich um ein typisches Sickerwasser von

Kupferschlacke, ohne Überprägung durch Inhaltsstoffe anderer Verhüttungsrückstände. Am Stadtborn hingegen bestimmt Theisenschlamm den Chemismus des Sickerwassers.

Nennenswerte Gehalte an Schadstoffen werden auch in das Grundwasser eingetragen. Insbesondere der oberflächennahe Grundwasserleiter (Tiefe: etwa 5 m) ist hiervon betroffen. Tiefere Grundwasserleiter zeigen nur geringe Belastungen. Am Beispiel zweier benachbarter Grundwasserbeobachtungsbrunnen (Pegel 2 und 2A) am Fuße des Teichs 10 in Helbra wird dies deutlich.

Tab. 2: Charakterisierung von Haldensickerwasser (S) und Grundwasser (G) im Bereich der Rohhütte Helbra

Komponente (mg/l)	Stadtborn (S) Sept. 1996	Straße Helbra- Wimmelburg (S)	Pegel 2 (G) Tiefe: 4,77 m	Pegel 2A (G) Tiefe: 31,06 m
Zn	2626	0,12	16,54	0,024
Pb	1,9	< 0,1	< 0,0008	< 0,0008
Cu	13,2	0,12	< 0,0003	< 0,0003
Cd	2,8	< 0,05	< 0,0003	< 0,0003
As	n.b.	< 0,08	0,017	< 0,0003
SO ₄	6750	606	2325	247
Cl	314	21	463	82
NO ₃	76	8,6	96	0,55
pH	6,2	8,7	7,2	6,5

Analytik: UFZ (ICP-AES, ICP-MS und IC), J. Steffen und A. Sawallisch

Auf die anthropogene Belastung des Pegel 2 (quartärer Grundwasserleiter) weisen neben Zink und Arsen auch die hohen Nitratgehalte hin. Pegel 2A mit einer Filterstrecke in der Zersatzzone des Unteren Buntsandsteins hingegen zeigt nur geringe Schadstoffbelastungen.

Kupferschlacke enthält nach GFE (1991) durchschnittlich etwa 50 ppm Uran. Von den Zerfallsprodukten des Urans, speziell dem Radium (²²⁶Ra) geht eine Gammastrahlung von etwa 700 Bq/kg TM aus. Durch weiteren Kernzerfall bildet sich das Edelgas Radon (²²²Rn), das aus der Schlacke entweicht. Radon wird auch aus den im Mansfelder Land massenhaft zum Hausbau verwendeten Schlackesteinen freigesetzt. Nach einer Studie des Bundesamtes für Strahlenschutz (zitiert in GFE, 1991) zu Radonmessungen in Gebäuden der Bergbauregion liegen 90% der untersuchten Häuser unter der Freigrenze von 250 Bq/cbm, 10% aber auch teilweise deutlich darüber. Es wird daher in der Studie empfohlen, Schlackesteine zukünftig nicht mehr zum Hausbau zu verwenden.

Mansfelder Kupferschlacken: Eine Gefahr für die Umwelt?

Im Bereich der Hüttenstandorte Helbra und Eisleben lagern heute etwa 50 Mio t Kupferschlacke und ca. 350.000 t metallhaltiger Schlämme, Flugstäube, Rückstände und Mischmaterialien, ein Mengenverhältnis von 140:1 zu Gunsten der Schlacke. Trotz dieser mengenmäßigen Dominanz sind in den Gewässern, in Böden und

Seesedimenten keine Inhaltsstoffe der Kupferschlacke festzustellen, mit Ausnahme von vereinzelt verwitterungsresistenten Schlackebruchstücken. Das Schadstoffspektrum des Theisenschlammes (Schwermetalle, PAK) hingegen ist nicht nur im Haldensickerwasser und Grundwasser, sondern auch in den Bächen und Seen des Mansfelder Landes einschließlich der Aueböden festzustellen. Wegen der glasigen, teilweise auch krypto- bis mikrokristallinen Struktur der Schlacke ist selbst bei sich verändernden Milieuparametern (Versauerung, Temperaturerhöhung) kaum mit größeren Schadstofffreisetzungen zu rechnen. Die feinkörnigen Schlämme und Stäube hingegen würden schon bei geringer Absenkung des pH-Wertes deutlich mehr Blei und Kupfer freisetzen, als dies heute der Fall ist. Eine Temperaturerhöhung könnte die bakteriellen Aktivitäten zur Oxidation von Metallsulfiden in den Schlämmen erhöhen und somit noch mehr Verbindungen in eine wasserlösliche Form überführen.

Fazit: Gegenüber anderen Reststoffen der Kupferschieferverhüttung werden aus Kupferschlacke wenig Inhaltsstoffe an die Umwelt abgegeben. Ihr Beitrag an den nachgewiesenen Schwermetallbelastungen im Sickerwasser, Grundwasser, in den Bächen und auch in den Sedimenten des Süßen Sees ist gering.

Literatur

- EISENHUTH, K.H. und KAUTZSCH, E. (1954): Handbuch für den Kupferschieferbergbau, 335 S., Fachbuchverlag Leipzig
- FRANCK, U. und O. HERBARTH (1997): Morphological investigations of respirable dust by means of electron microscopy. International symposium on health effects of particulate matter in ambient air. 23-25 April 1997, Prague
- GFE GMBH (1991): Altlastenkataster Südregion, Phase 2. Pilotprojekt Helbra: Bericht über die Ergebnisse der Untersuchungen zur radiologischen Exposition. Projektbericht
- KLÖCK, W. (1997): Geochemische Untersuchungen zur Schwermetallbelastung und zum Schwermetalltransport in den Bachsedimenten der Glume und der Bösen Sieben. Studie MLU Halle, Institut für Geologische Wissenschaften, unveröffentlicht
- KNITZSCHKE, G. (1995): Metall- und Produktionsbilanz für die Kupferschieferlagerstätte im südöstlichen Harzvorland. In: Jankowski, G. (Hrsg.) Zur Geschichte des Mansfelder Kupferschieferbergbaus, S. 270-284, GDMB-Informationsgesellschaft, Clausthal-Zellerfeld
- KNITZSCHKE, G. und JANKOWSKI, G. (1995): Die geologischen Verhältnisse. In: Jankowski, G. (Hrsg.) Zur Geschichte des Mansfelder Kupferschieferbergbaus, S. 2-29, GDMB-Informationsgesellschaft, Clausthal-Zellerfeld
- LORENZ, R. (1994): Erfahrungen, Versuche und Konzepte zur Verwertung des Theisenschlammes.- In: Sanierungsverbund e.V. Mansfeld (Hrsg.) Manuskriptsammlung zum Fachkolloquium „Theisenschlamm“, 44 S., Mansfeld

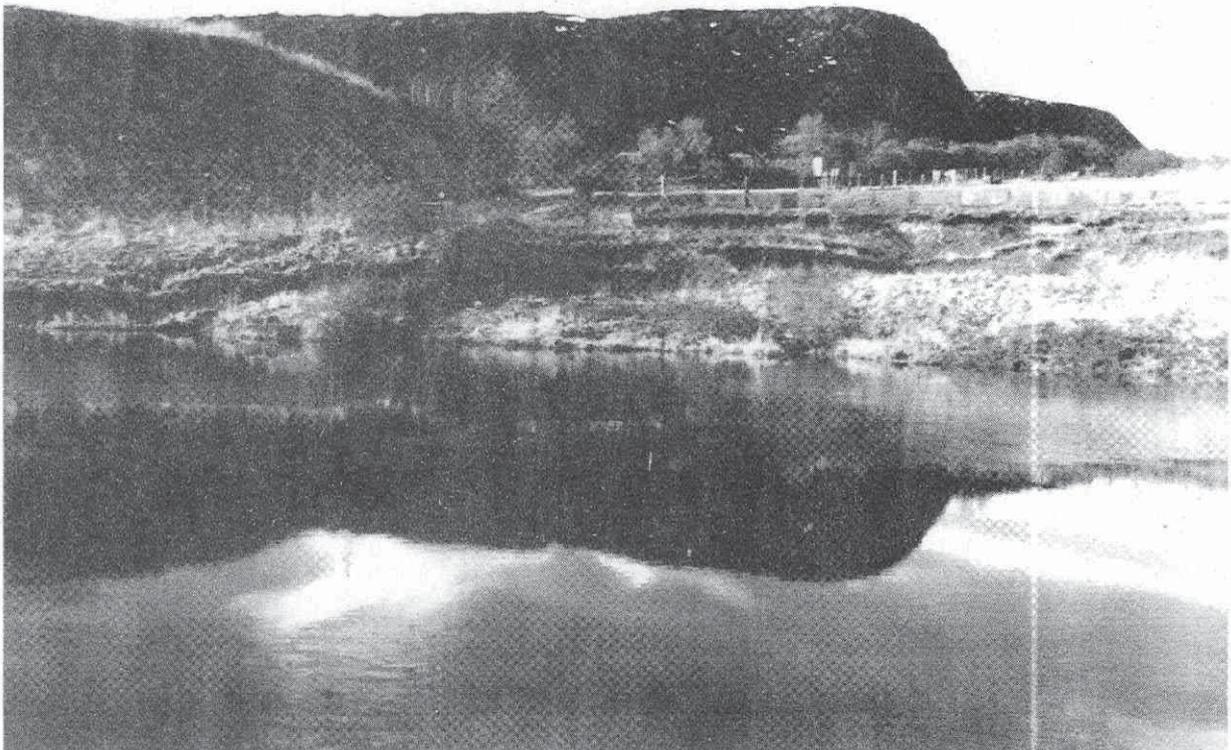
Reststoffe der Kupferschieferverhüttung - Mansfelder Kupferschlacken

- MARQUARDT, R.; SCHRECK, P. und ST. JAHN (1996): Migrationspfade von Schwermetallen deponierter Flugstäube (Theisenschlamm) aus Haldenkörpern der Rohhütte Helbra, Mansfelder Revier. In: Ber. Dtsch. Mineral. Ges., Beih. z. Eur. J. Mineral. **8**,1: 181, Stuttgart
- POGGEL, M. (1995): Schwermetalle in den Bachsedimenten des Dippelsbaches und der Bösen Sieben im Mansfelder Kupferschieferrevier. Unveröffentl. Diplomarbeit, Geographisches Institut Universität Köln
- SCHRECK, P. (1996): Zur Mobilisierung und Verbreitung von Schadstoffen aus den Halden des Kupferschieferbaues im Mansfelder Land. In Meinicke K P und Ebersbach W (Hrsg.): Bergbau- und Umweltgeschichte in Mitteldeutschland (Tagungsband), IVBB, S. 111-116, Halle
- SCHRECK, P. (1997): Environmentally sustainable disposal of radioactive sludge rich in heavy metals from copper shale smelting in Central Germany - a case history. In: Marinos PG, Koukis GC, Tsiambaos GC and GC Stournaras (eds.) International IAEG Symposium "Engineering Geology and the Environment", Athen 1997, vol.2, pp 2145-2149, Balkema, Rotterdam

Reststoffe der Kupferschieferverhüttung

Teil 1: Mansfelder Kupferschlacken

P. Schreck und W. Gläßer (Hrsg.)



Schlackenhalde der Krughütte bei Eisleben, Blick über den Stiftsteich

Foto: W. Richter

Beiträge zum Workshop am 4. und 5. Dezember 1996 in Bad Lauchstädt

UFZ- Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Hydrogeologie

Archiv