

## **Das Mansfelder Land - Kontrastraum zwischen landschaftlichen „Highlights“, Umweltbelastung und sozialen sowie wirtschaftlichen Problemen**

Manfred FRÜHAUF

16 Abbildungen und 6 Tabellen

### **ABSTRACT**

FRÜHAUF, M.: The Mansfeld Region - Contrast area between natural "highlights", environmental, social and economical problems. - *Hercynia N. F.* 32 (1999): 161–190.

Due to a long period of copper mining, in combination with agriculture and other forms of land use, today there are severe environmental problems in this part of eastern Germany. Most of these problems are connected with heavy metal pollution of soils, plants and nutrient contamination of rivers and lakes.

During the working period of copper mining and smelting, there was massive emission of heavy metals from the smoke stacks of smelting plants.

In spite of the high contamination of soils in the vicinity, the heavy metal transfer into agriculture plants has been very low. The main reason for this low transfer is due to the intrinsic properties of the soils (Humus and sorption quality, pH).

Our investigations could not find indications for a high emission rate of heavy metals from the waste piles and slagheaps.

Another problem is caused by mine dewatering, with the consequence of pollution of the Saale river by salt and heavy metals. In addition, we also see an increase of subsrosion which, in turn, causes damage to streets and to buildings.

The high erosional potential of soils, in combination with the high intensity of rainfall and the types of land use, are responsible for major processes of redeposition. Due to this aggradation of sediments the lakes in the Mansfeld region have only a short lifetime.

The quality of water shows high effects of eutrophy. The main sources of phosphatic nutrients are due to increased urbanization and waste water; nitrogenic nutrients come mainly from agricultural areas.

Key words: Copper mining; environmental problems; heavy metals; eutrophication; salt subsrosion.

## **1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG**

Wenn heutzutage vom Mansfelder Land die Rede ist, so verbinden sich damit meistens solche Begriffe wie „ökologische Belastung“, „Strukturschwäche“ oder „hohe Arbeitslosenrate“. Es ist sicherlich zum einen unbestritten, daß in diesem vormals stark monostrukturell geprägten Raum mit einer ökonomisch letztlich uneffizienten Kupfergewinnung der Übergang in die Marktwirtschaft zu einer selbst für die neuen Bundesländer nicht alltäglichen Konzentration wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Probleme führte. Andererseits ergeben sich 9 Jahre nach der Wende natürlich Fragen, ob das Anfang der 90er Jahre manchmal in den Medien gezeichnete überaus „düstere Bild“ über diese Region in der Zwischenzeit etwas „heller“ ist, ob die damals aufgezeigten Probleme weiter „eskalierten“ oder was in der Zwischenzeit zu ihrer Reduzierung eingeleitet wurde.

Natürlich soll auch versucht werden, diesen so „arg gebeutelten“ Raum hinsichtlich seiner positiven Merkmale, insbesondere seiner landschaftlichen „Reize“, vorzustellen sowie auf aktuelle Entwicklungstendenzen aufmerksam zu machen.

## 2 DAS MANSFELDER LAND

Obwohl manchmal unter dem „Großraum Mansfelder Land“ mehr verstanden wird, soll im folgenden hauptsächlich auf den im Zuge der Verwaltungsreform (im wesentlichen durch „Zusammenlegen“ der ehemaligen Kreise Hettstedt und Eisleben) „wiederentstandenen“ Landkreis Mansfelder Land Bezug genommen werden. Diese sich im Südwesten von Sachsen-Anhalt (Abb. 1) befindliche Region weist seit der Wende einen starken Bevölkerungsrückgang auf. Lebten hier am 1.1.1990 noch 121 400 Einwohner, so waren es Ende 1994 nur noch 115 000 (UMWELTSANIERUNG 1996). Ursächlich spielt hierfür die wirtschaftliche Situation, aber auch ein drastischer Geburtenrückgang seit 1990 eine entscheidende Rolle. Hauptarbeitgeber in dieser Region war bis zur Wende das Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“, in dessen Stammbetrieb und 13 (juristisch selbständigen) Teilbetrieben insgesamt 48 000 Mitarbeiter tätig waren.

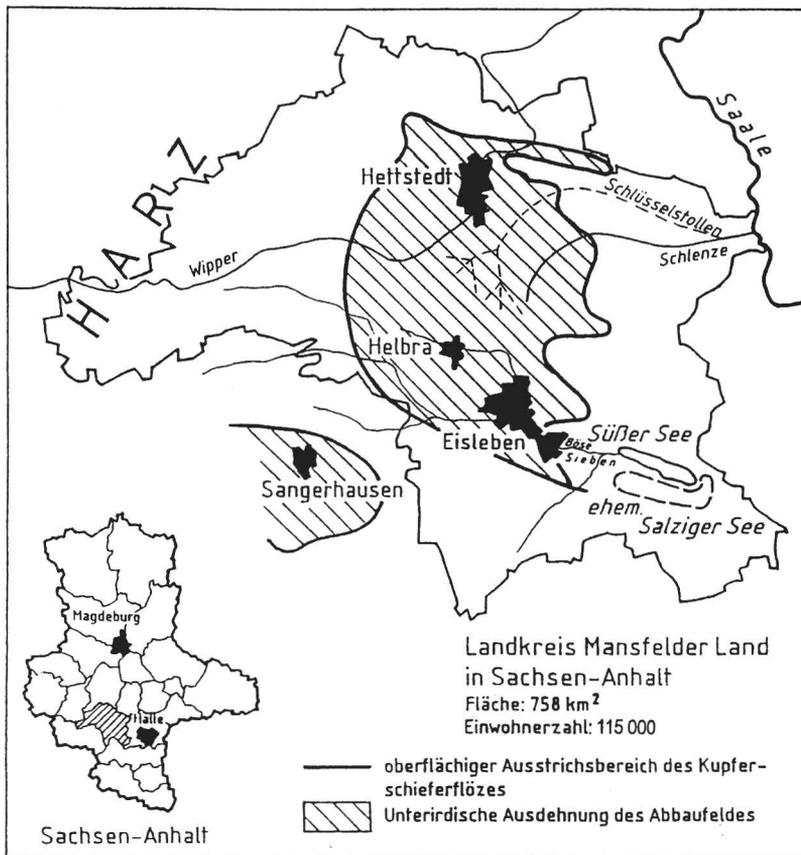


Abb. 1: Der Landkreis Mansfelder Land und die Ausdehnung des (unterirdischen) Kupferschiefer-Abbaufeldes.

Aus ökonomischer Sicht war diese Kupferproduktion jedoch überaus uneffizient. So kostete die Gewinnung einer Tonne Kupfer zu DDR-Zeiten 47 000 Ostmark, während zur gleichen Zeit hierfür auf dem Weltmarkt 3 500 bis 4 000 DM gezahlt wurden. Unmittelbar nach der Wende kam es vor allem aus den genannten Effektivitätsgründen zum vollständigen Erliegen des Kupferschieferabbaus und dessen Verhüttungstätigkeit in dieser Region. Verbunden damit war ein massiver Abbau von Arbeitsplätzen, der in dieser Form wohl nur noch mit dem in den vormaligen chemischen Großbetrieben des Raumes Bitterfeld-Merseburg vergleichbar war. So reduzierte sich allein im Hauptbetrieb die Zahl der Beschäftigten von 25 000 im Jahr 1989 auf 3 000 im Jahr 1992. Die Arbeitslosenrate kletterte „blitzartig“ auf über 20 %, was selbst in Sachsen-Anhalt zu den Spitzenwerten gehörte.

### 3 DIE LANDSCHAFTLICHEN BEDINGUNGEN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE ERSCHLIESSUNG UND NUTZUNG DER NATÜRLICHEN RESSOURCEN

Um das Auftreten der Bodenschätze des Mansfelder Landes, aber auch deren wirtschaftliche Nutzung zu verstehen, erscheint ein Blick auf die geologisch-morphologische Grundstruktur (Abb. 2) unabdingbar. Diese wird durch die während der saxonischen Bruchschollentektonik (Kreide/Tertiär) gehobenen paläozoischen Rumpfe (Harz, Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke, Hornburger Sattel) sowie dazwischen befindlichen (Mansfelder bzw. Sangerhäuser) Mulden mit mesozoischen Gesteinsfüllungen geprägt.

Für die känozoische (Tertiär/Quartär) Reliefentwicklung entscheidend war dabei, daß die den gesamten Raum zwischen Eisleben und Halle einnehmende Mansfelder Mulde in sich nicht homogen als einfache „Schüssel“ aufgebaut ist, sondern durch den infolge Salztektunik entstandenen (unterirdischen) Teutschenthaler Salzsattel in zwei Teilmulden gegliedert ist. Über diesem (geologischen) Sattel kam es, gefördert durch eine Vielzahl von tiefreichenden Störungssystemen und dadurch leichter eindringendes, lösungswirksam werdendes Sickerwasser zu intensiven Subrosionsprozessen (MÜCKE 1961). Als Folge dieser (unterirdischen) Lösungsprozesse entstanden „Substanzdefizite“. Dadurch „sackte“ auch das hangende Deckgebirge allmählich nach, wodurch sich an der Erdoberfläche eine „Einsenkung“ bildete. Gegenüber den benachbarten aus Buntsandstein und Muschelkalk bestehenden Hochflächenteilen, entstand hier eine um 130 m „abgesenkte“, 16 km lange und bis zu 4 km breite Geländedepression. In deren Zentrum kam es im Laufe der jüngsten geologischen Entwicklung zur Genese von Seen. Diese hatten ein unterschiedliches „Schicksal“ in der (geologisch) allerjüngsten Vergangenheit (vgl. 7). Heute stellt der „Süße See“ (Abb. 3), der trotz aller gegenwärtigen Probleme noch „überlebte“, mit einer Fläche von 249 ha und einem Wasserinhalt von ca. 9 Mio. m<sup>3</sup> den größten natürlich entstandenen See im Süden der neuen Bundesländer dar.

Die Ränder dieser Subrosionssenke sind morphologisch überaus vielgestaltig und durch Karstphänomene „zusätzlich“ differenziert (MÜCKE 1961). Die Auslaugungs- und Geländesenkungsprozesse dauern bis in die Gegenwart an, wovon u. a. Zerspalten, aber auch Gebäude- und Straßendeformierungen zeugen. (*Eine noch interessantere Karstlandschaft ist in unmittelbarer Nachbarschaft zum Mansfelder Land - nämlich am Südhazrand - entwickelt. Hier sind Bemühungen im Gange, diesen Raum zwischen Osterode in Niedersachsen, Ilsenburg in Thüringen und Sangerhausen in Sachsen-Anhalt in einem länderübergreifenden Biosphärenreservat zu schützen.*)

Der Raum um den Süßen und ehemaligen Salzigen See bildet heute das Zentrum einer durch Boden- bzw. Klimagunst gekennzeichneten Landschaft mit einem kaum bekannten Reichtum an einheimischen (von den in Deutschland nachgewiesenen 2000 Pflanzenarten gedeihen hier allein 1000 - UMWELTSANIERUNG 1996), aber auch „fremden“ Florenelementen. Dazu gehören u. a. osteuropäische bzw. sogar sibirische Pflanzen. Die im westlichen Teil des Mansfelder Landes noch vorkommenden Restbestände artenreicher Laubwälder weisen in ihrer Krautschicht Pflanzenvertreter ozeanischer und subozeanischer Herkunft (Springkraut, Zahnwurz) auf. Andererseits hat hier die Süße Wolfsmilch ihre westlichste bzw. die aus Südeuropa stammende (wärmeliebende) Elsbeere ihre nördlichste Verbreitung. Eine sehr artenreiche Vegetationsdecke ist auch auf den Streuobstwiesen, den offenen Triften und den Ruderalstandor-

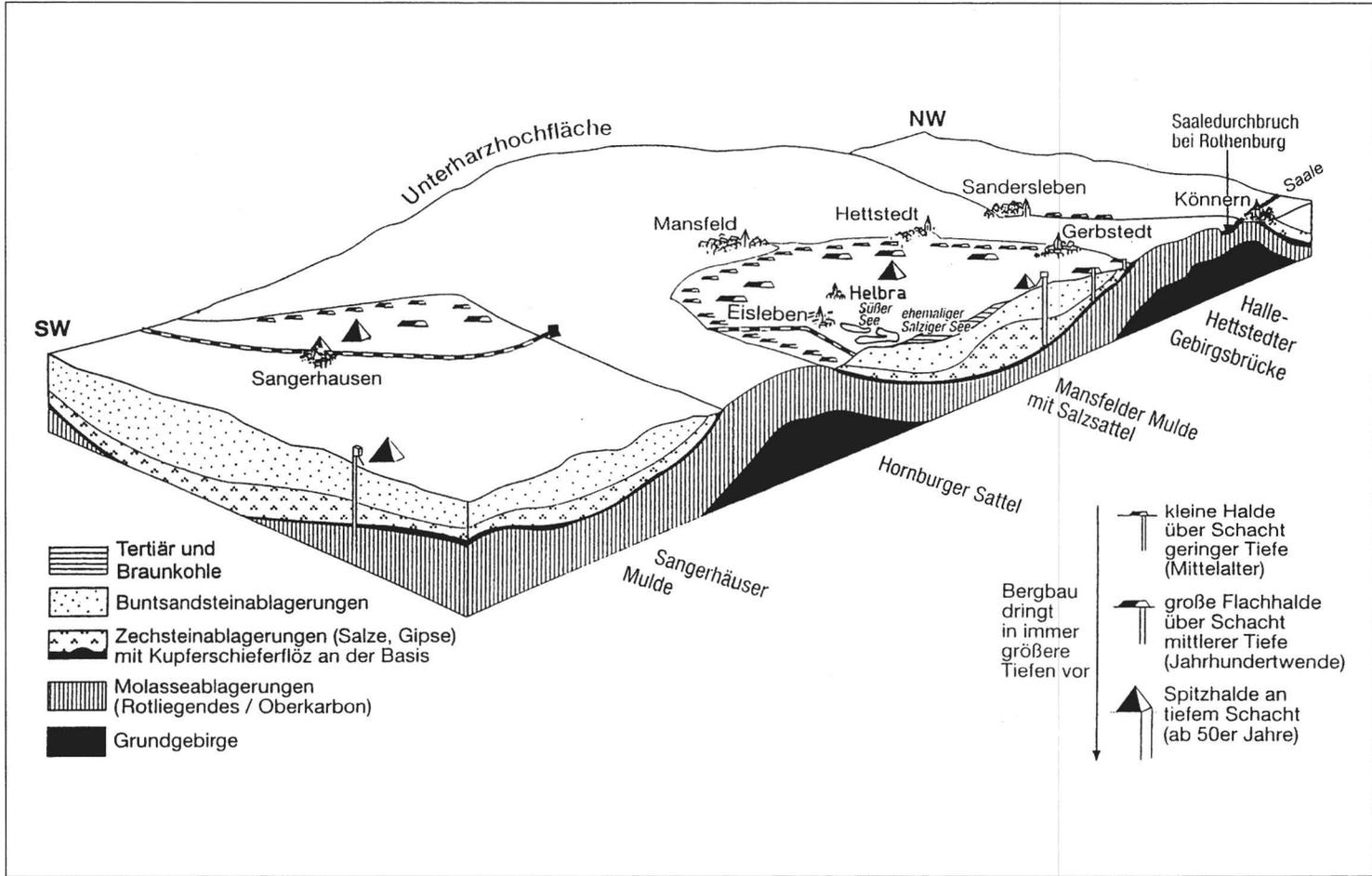


Abb. 2: Mansfelder und Sangerhäuser Mulde: Geologie und Morphologie (ergänzt nach WAGENBRETH et STEINER 1982).

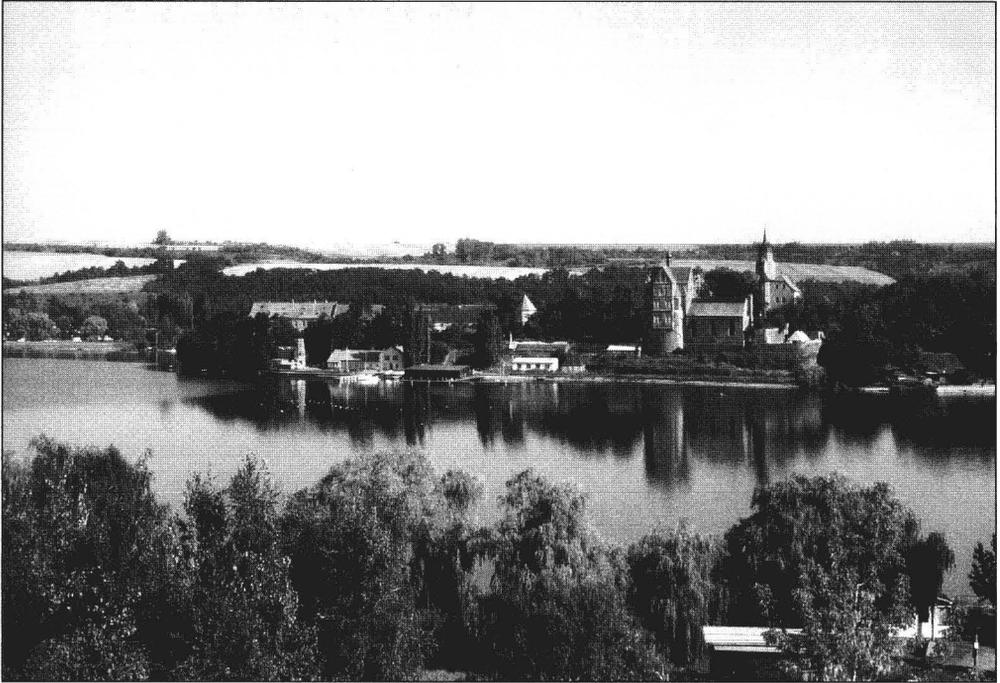


Abb. 3: Der Süße See - das "Blaue Auge" des Mansfelder Landes (Foto: A. STARK).

ten mit wärmeliebenden und Trockenheit ertragenden subkontinentalen und kontinentalen Vertretern wie Rosenmelde oder Graukresse anzutreffen. An den Salzquellen treten Halophyten auf (NEUß et ZÜHLKE 1982, MAHN, SCHUBERT et WEINERT 1986).

Besonders interessant ist das botanische und zoologische Artenspektrum an den durch den Menschen geschaffenen Bergbauhalden. So sind an diesen durch das Naturschutzgesetz geschützten Standorten neben schwermetallanzeigenden Pflanzen (Taubenkropf, Hallersche Grasnelke, Kupferblümchen) auch Tagfalter, Zauneidechsen, Glattnattern und manchmal sogar die überaus seltenen Kreuzottern anzutreffen (UMWELTSANIERUNG 1996). Hierfür „verantwortlich“ sind vor allem die Klima- und Bodenbedingungen. So gehören die hier vorkommenden, überaus fruchtbaren Löß-Schwarzerden (Humusgehalt bis 3 % bei Humusmächtigkeiten von 8 dm) zu den fruchtbarsten Böden Deutschlands überhaupt. Ihre Entwicklung war nur unter den klimatischen Rahmenbedingungen einer extremen Leelage im Regenschatten des Harzes und unter anderen paläogeographischen Bedingungen (subkontinentale Waldsteppen bis Steppen des Früh- bis Mittelholozän) möglich. Heute findet man hier mit Aseleben am Süßen See den niederschlagsärmsten Ort Mitteleuropas mit einer durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme von 429 mm.

Bemerkenswert erscheint in diesem Zusammenhang das extreme „west-östliche Niederschlagsgefälle“. So befindet sich in westlicher Richtung in nur 60 km Entfernung mit dem 1 142 m hohen Brocken, der sogar eine natürliche Waldgrenze aufweist, der niederschlagsreichste Ort nördlich der Mainlinie (1 640 mm). Die Klimagunst dieses Raumes wird seit langem durch den Obst- (Aprikosen!) und Weinanbau genutzt.

Zu den „Besonderheiten“ des Mansfelder Raumes gehört auch eine artenreiche Vogelwelt. Von den 120 bis 130 hier brütenden Arten, zu denen die Große Rohrdommel und Schnepfenvögel sowie seltene Durchzügler wie Pracht- und Sterntaucher oder Gänsesänger gehören, werden die Bereiche des Süßen bzw. wiederentstehenden Salzigen Sees besonders bevorzugt. Daneben gehören Uferschwalben sowie verschiedene

Vertreter der vom Aussterben bedrohten Fledermäuse ebenfalls zu den diesbezüglichen „Highlights“ (UMWELTSANIERUNG 1996). Es verwundert deshalb kaum, daß im Mansfelder Land zahlreiche Landschafts- und Naturschutzgebiete ausgewiesen sind. Dies trifft insbesondere für den Süßen See und seine Umgebung zu (Abb. 4)!

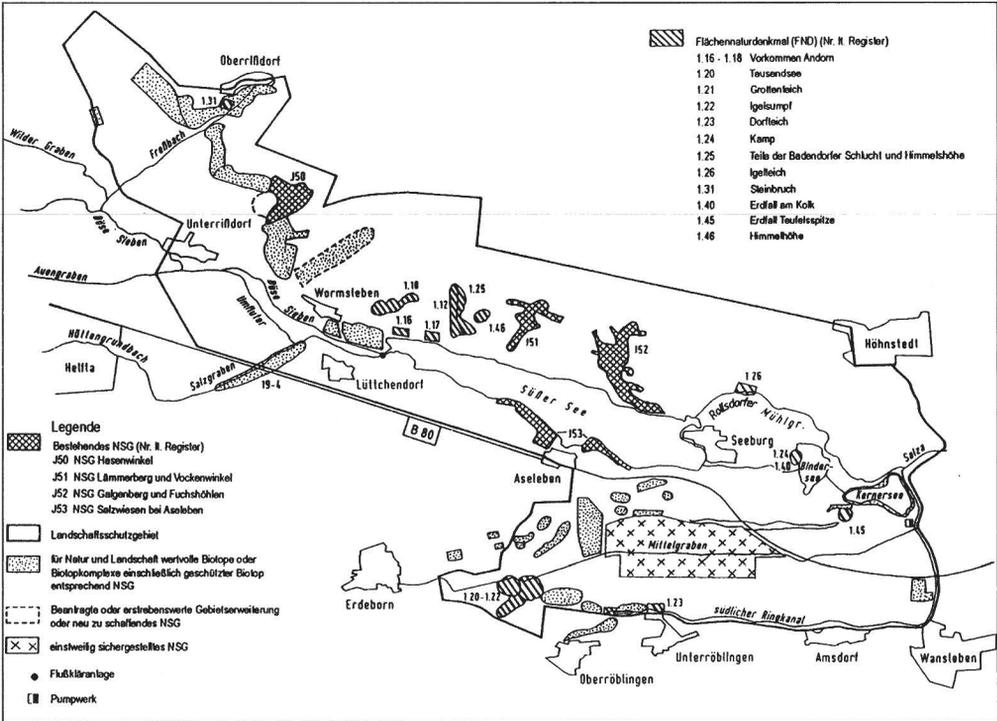


Abb. 4: Naturschutzgebiete in der Umgebung des Süßen Sees (nach: AMMON 1993).

Nun, wie einleitend erwähnt, spielt der Abbau und die Verhüttung des **Kupferschiefers** als Ursache vieler Umweltprobleme in dieser Region eine wichtige Rolle. Wodurch ist dessen Vorkommen und damit auch die Nutzung in dieser Region aber denn überhaupt bedingt?

Abb. 2 läßt diesbezüglich deutlich werden, daß das (oftmals nur 20 bis 30 cm mächtige) Kupferschieferflöz als unterster und damit ältester Teil der Zechsteinablagerungen (Abb. 5) die geologisch-lithologische Basis des Bergbaus bildete. Der Kupfergehalt dieses unter faulschlammartigem Milieu entstandenen, fossilreichen Erzes beträgt allerdings nur 1 bis 3 %. Neben dem Kupfer waren in geringerem Umfang auch noch Silber, Blei und Vanadium Ziel des wirtschaftlichen Interesses. Allerdings erreicht die Effizienz besonders in den letzten Produktionsjahren der Kupfergewinnung nur „bescheidene Dimensionen“. So wurden aus einer Tonne geförderten Erzmaterials nur 19 kg Kupfer geschmolzen. Der Abbau des Erzes war an die Lagerungsverhältnisse des Kupferschieferflözes in der Mansfelder und später auch Sangerhäuser Mulde „gebunden“. Da die während der saxonischen Bruchschollentektonik mit „aufgeschleppten“ Zechsteinschichten an den Rändern der gehobenen paläozoischen „Gebirgsreste“ unmittelbar an der Oberfläche ausstreichen (Abb. 2), boten genau diese Ausstrichpartien für den Beginn des Kupferschieferabbaus die günstigsten Voraussetzungen: Hier konnte man das Erz fast ohne größere Arbeiten nahezu von der Erde „auf sammeln“.

Das Abbaugeschehen wanderte dann, entsprechend dem Schichteinfall, im Laufe der Jahrhunderte immer weiter nach Osten, d. h. ins Muldeninnere und erreichte bei Schließung des Eisleber Reviers (um

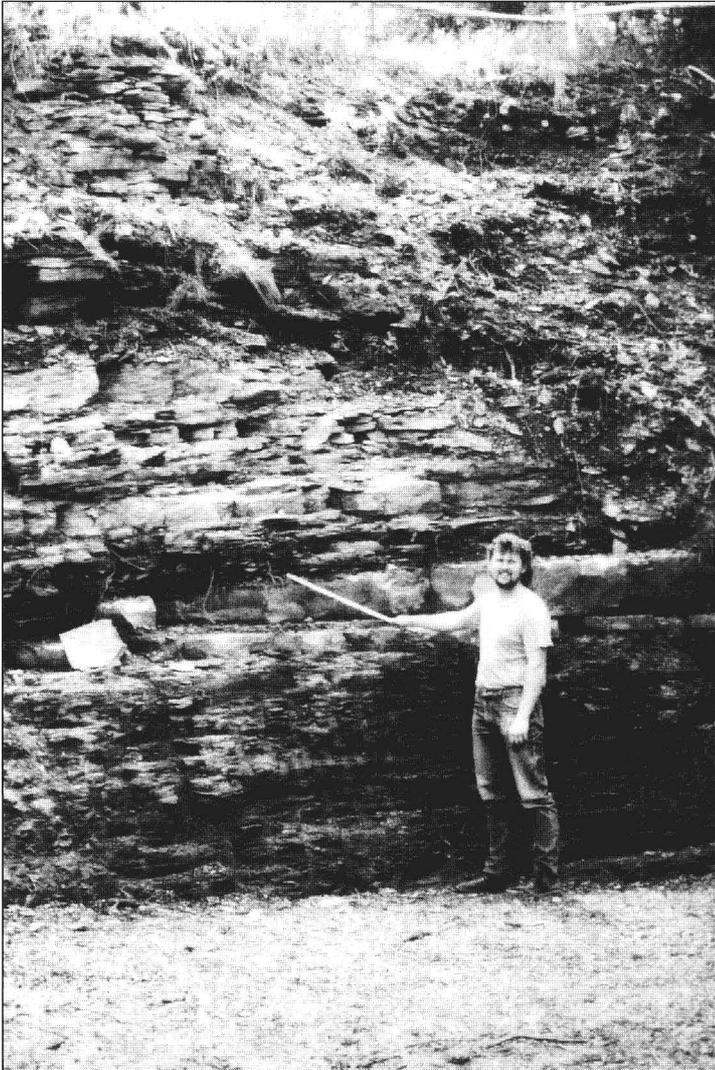


Abb. 5: Das schmale Kupferschieferflöz am Westrand der Mansfelder Mulde (bei Ahlsdorf).

1969) eine Teufe von fast 1 000 m. Vom jahrhundertelangen Abbaugeschehen in der Mansfelder Mulde war letztlich ein unterirdisches Terrain von fast 165 km<sup>2</sup> (Abb. 1) betroffen.

Im Landschaftsbild drückte sich der fortschreitende Bergbau in 3 Haldengenerationen aus. Die unmittelbar am oberflächigen Zechsteinausstrich befindlichen Kleinsthalden (Abb. 6) stammen aus dem Mittelalter; die weiter östlich gelegenen, 30 bis 40 m hohen Flachhalden aus dem 19. bis beginnenden 20. Jahrhundert und die bis 145 m hohen Kegelhalden oder „Pyramiden des Mansfelder Landes“ aus der letzten Förderperiode (Abb. 7). Nach 1969 erfolgte eine Verlagerung des Abbaus in die südwestlich gelegene Sangerhäuser Mulde, wo ähnliche lithofaziellen und lagerungsbedingten Verhältnisse (Ausstreichen des Kupferschiefererzes am sich nördlich anschließenden Harz) vorlagen (Abb. 2). Die Verhüttung erfolgte jedoch weiterhin an den Standorten Helbra und Hettstedt am östlichen Harzrand.



Abb. 6: Kleinsthaldenfelder als Zeugen des mittelalterlichen Kupferschieferabbaus (westlich Eisleben).

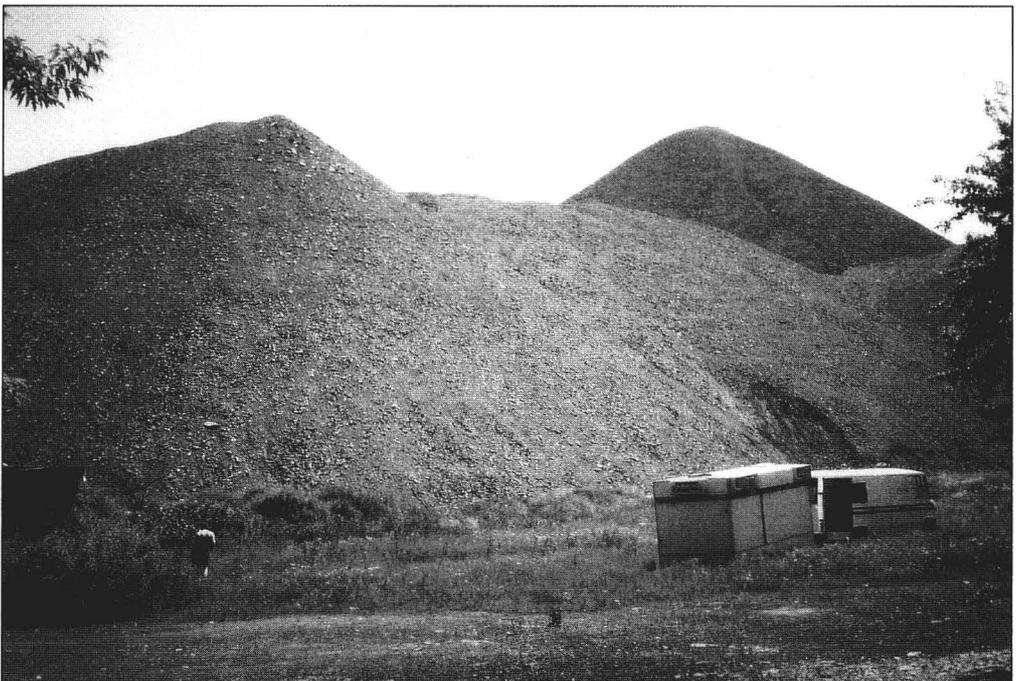


Abb. 7: Flach- und Spitzhalden des Kupferschieferabbaus (bei Volkstedt).

#### 4 KURZE GESCHICHTE DES MANSFELDER KUPFERBERGBAUS UND ANDERER BERGBAUAKTIVITÄTEN

Nachdem 2 Bergknappen aus Goslar auf ihrer Wanderschaft - wie urkundlich belegt - 1199 mehr durch Zufall in der Nähe von Hettstedt das ihnen bekannte Kupferschiefererz entdeckten, begann eine fast 800 Jahre währende Periode des Erzbergbaus und der Kupferverhüttung im Mansfelder Land. Die mittelalterliche Blüte der Kupfer- und Silbergewinnung stärkte auch das Geschlecht und die politische Bedeutung der Mansfelder Grafen. So wurden um 1550 in 110 Schmelzhütten bereits 40 000 Zentner Kupfer pro Jahr erzeugt, die in der „Feuerwaffenherstellung“ einen starken Abnehmer fanden. Das Kupfer aus dem Mansfelder Raum bestimmte zu dieser Zeit sogar den Weltkupfermarkt in Venedig. Mit dem Einsatz neuartiger technischer Hilfsmittel konnte die Produktion nach der Depressionsphase des 30-jährigen Krieges wieder gesteigert werden. Dazu gehörte auch die erstmalige Verwendung einer Dampfmaschine im Bergbau. Diese wurde von 1785 bis 1848 im Hettstedter Revier zur Schachtentwässerung betrieben. *(Ein Nachbau des Originals ist im Mansfeld-Museum Hettstedt, der Dampfzylinder als „Maschinendenkmal“ auf der Halde des ehemaligen König-Friedrich-Schachtes zu besichtigen.)*

Die 1921 gegründete Mansfeld AG für Berg- und Hüttenbetrieb gehörte mit 27 000 Beschäftigten und um 1924 mit einer jährlichen Produktion von rund 18 000 Tonnen Reinkupfer, mehr als 91 Tonnen Silber und rund 2 000 Tonnen Werkblei zu den - auch im internationalen Rahmen - „Marktführern“. Der Höhepunkt der Kupfergewinnung lag dann in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg. So wurden allein in den letzten 40 Jahren mehr als drei Viertel der insgesamt im Mansfelder Land während der 800-jährigen Bergbauperiode gewonnenen 2,2 Millionen Tonnen Kupfer und 11 000 Tonnen Silber erzeugt (UMWELTSANIERUNG 1996). Allerdings, wie erwähnt, mit zweifelhafter ökonomischer Effizienz. Neben dem Kupferschieferabbau gab und gibt es im Mansfelder Land auch noch andere Bergbauaktivitäten, von denen an dieser Stelle nur die Kalisalzgewinnung bei Teutschenthal (Abb. 8) und der Braunkohlenabbau im Raum Amsdorf/Röblingen erwähnt werden soll. Diese Braunkohle, deren Entstehung im Zusammenhang mit den Subrosionsprozessen über dem Teutschenthaler Zechsteinsattel (Abb. 2) zu sehen ist, weist einen besonders hohen Bitumengehalt auf. Der schon seit 1869 betriebene Abbau dieser Lagerstätte wird heute in der ROMONTA GmbH Amsdorf fortgesetzt.



Abb. 8: Blick über die B80 und die Subrosionssenke über dem Teutschenthaler Sattel mit der Halde des ehemaligen Kaliwerkes Amsdorf.

Schon früher, so auch zu DDR-Zeiten, wurde die gewonnene Kohle weniger zur Energieerzeugung als zur Rohmontanwachsherstellung genutzt. Dies bildet u.a. einen wesentlichen Grundstoff für Putz- und Pflegemittel und galt zudem als überaus gewinnträchtiger Devisenbringer. Heute arbeiten in diesem Betrieb, der nach der Wende mit über 200 Mio. DM modernisiert wurde (u.a. Einbau einer Rauchgasentschwefelungsanlage), 370 Beschäftigte. Mit Exporten in mehr als 40 Länder gehört die ROMONTA GmbH auch heute zu den Marktführern auf diesem Gebiet.

## 5 ÖKOLOGISCHE FOLGEN DER KUPFERGEWINNUNG

Aus dem Abbau- und Verhüttungsgeschehen entstand auf direktem oder indirektem Wege eine Vielzahl von **Umweltproblemen**, deren „oberirdische Auswirkungen“ oftmals weit über die eigentliche Abbau- und Verhüttungsstandorte hinausreichten und auch gegenwärtig immer noch eine ökologische „Fernwirkung“ aufweisen.

### 5.1 Luftbelastungen

Als besonders markant wird in vielen der seit der Wende entstandenen Umweltanalysen das Problem der Luftbelastung beschrieben. „Natürlich“ spielten dabei die in den Ballungsräumen der DDR allgegenwärtigen Schwefeldioxid- und Staubemissionen eine dominante Rolle (Tab. 1). Besonders an austausch- armen, kalten Wintertagen kam es dabei in Eisleben und Hettstedt oftmals zum dauerhaften Überschreiten der damals gültigen Grenzwerte. Ursächlich spielte hierfür neben den klimatisch-meteorologischen Bedingungen vor allem der Einfluß aus der individuellen Braunkohleheizung sowie die ausgesprochene Tallage eine wesentliche Rolle.

Tab. 1: Hauptemittenten im Großraum Mansfeld (UMWELTBERICHT DES BEZIRKES HALLE 1989, TÜV Bayern 1991)

	Staub (t/a)	Schwermetalle (t/a)	SO <sub>2</sub> (t/a)	CO (t/a)	Kohlenwasser- stoffe (t/a)
Rohhütte Helbra	2 453	106	10 071	12 826	10
Kupfer-Silber- Hütte Hettstedt	1 413	402	5 521	20 743	-
Walzwerk Hettstedt	300	107	2 333	0	334
Braunkohlenwerk Röblingen	11 851	-	23 002	0	1 904

Neben den gasförmigen Luftschadstoffen waren es jedoch vorwiegend schwermetallhaltige Stäube, die zu einer beträchtlichen Kontaminationen insbesondere der Böden und Pflanzen führte. Auf Grund unzureichender Reinigungs-, Entstaubungs- und Filteranlagen wurden vor allem während der Verhüttung beträchtliche Mengen an Schwermetallen über den Luft-Pfad an die Umwelt „abgegeben“. Noch 1989 wurden von den Einrichtungen des Mansfeld-Kombinates 2 380 t schwermetallhaltiger Stäube emittiert, die u.a. 387 t Zn, 119 t Cu, 51 t Pb und 6,5 t As enthielten (UMWELTBERICHT DES BEZIRKES HALLE 1989). Wie Tab. 2 verdeutlicht, kam dabei der Kupfer-Silberhütte in Hettstedt eine „überragende“ Bedeutung als (punkthafte) Schwermetallemissionsquelle zu.

Tab. 2: Aufteilung des Großraumes Mansfeld in Belastungsklassen für Böden nach Schwermetallgehalten (Mittelwerte) aus: UMWELTBERICHT DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1991

Schwermetall	Belastungsklasse							
	I		II		III		IV	
	Fläche (km <sup>2</sup> )	Anteil (%)						
Arsen	1 668	90,7	148	8,0	24	1,3	0	0
Blei	1 772	96,3	20	1,1	48	2,6	0	0
Cadmium	1 176	63,9	520	28,3	144	7,8	0	0
Kupfer	1 636	88,9	168	9,1	36	2,0	0	0
Zink	1 688	91,7	80	4,4	68	3,7	4	0,2

## 5.2 Die Schwermetallkontamination von Böden und Pflanzen

Aus den Darlegungen zu den Emissionsbedingungen wird „verständlich“, daß seit der Wende besonders dem Problemfeld Bodenschwermetallbelastung zahlreiche Untersuchungen gewidmet waren (u.a. TÜV Bayern 1991). So wurden allein im Bereich der ehemaligen Betriebseinrichtungen des Mansfeld-Kombinates fast 100 000 Einzelanalysen durchgeführt. Ein im Auftrag des (damaligen) Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung von Sachsen-Anhalt erstelltes Kataster verursacherbezogener, großräumiger Bodenkontaminationen - kurz KatBo genannt - weist für das Mansfelder Land 271 kontaminierte Flächen aus. Für 40 % dieser Flächen werden dabei Hütteneinrichtungen als Verursacher erkannt. Die höchsten Schwermetallgehalte konnten in den Hüttenstandorten und ihrer unmittelbaren Umgebung nachgewiesen werden (vgl. Abb. 9).

„Spitzenreiter“ bilden dabei im Primärstaub festgestellte Maximalwerte von 150 g Blei bzw. 200 g Zink oder 50 g Kupfer (je kg Bodensubstrat), die nahezu „abbauwürdig“ erscheinen. Die Bodenbelastung außerhalb der Betriebsstandorte zeigte in vieler Hinsicht ein auch mit anderen Metallgewinnungsstandorten in Deutschland (z.B. Oker/Goslar) vergleichbares Bild. Besonders hohe Kontaminationen traten dabei in unmittelbarer Umgebung und hier vor allem in Leelage der ehemaligen Hauptemissionsquellen auf. Der UMWELTBERICHT DES LANDES SACHSEN-ANHALT (1993, S. 161) belegt am Beispiel von Hettstedt, daß die Böden „bis zu einer Entfernung von 5 km erheblich mit Schwermetallen belastet sind“. Allerdings waren diese fast immer nur auf die Oberbodenhorizonte (Ap- bzw. Al-Horizont) beschränkt.

Diesbezüglich etwas anders sieht die Situation im Bereich des Kupferschieferausstriches bzw. im Verbreitungsgebiet der (mittelalterlichen) Kleinsthaldenfelder aus. Für die hier angetroffene relativ hohe Metallbelastung wird oftmals (vgl. TÜV Bayern 1991) eine „geogene“ Ursache, d.h. der oberflächlich auftretende Kupferschiefer angegeben. Dies trifft jedoch kaum zu! Demgegenüber gehen die teilweise extrem hohen Boden- und Pflanzenbelastungen, die mit mehr oder weniger starken Schädigungen (Chlorosen) oder sogar völligen Ertragsausfällen einhergehen, auf in historischer Zeit „geschliffene“ bzw. aufgearbeitete Haldenmaterialien zurück, die dadurch heute das Ober- und/oder Unterbodenmaterial dieser Standorte bilden.

Zusammenfassend gibt die großflächige Analyse der Bodenschwermetallbelastung des Mansfelder Landes durch den TÜV Bayern das in Tabelle 2 dargestellte Bild.

Man erkennt, daß etwa 90 % des untersuchten Territoriums bei fast allen Schwermetallen der Belastungsklasse I, d. h. ohne Nutzungsbeschränkungen, zugeordnet werden kann (TÜV Bayern 1991). Etwas problematischer erscheinen dabei allerdings die erhöhten Cadmiumbelastungen. Die Belastungsklassen III und IV, auf denen Nutzungseinschränkungen vorzunehmen sind, treten auf weniger als 4 %

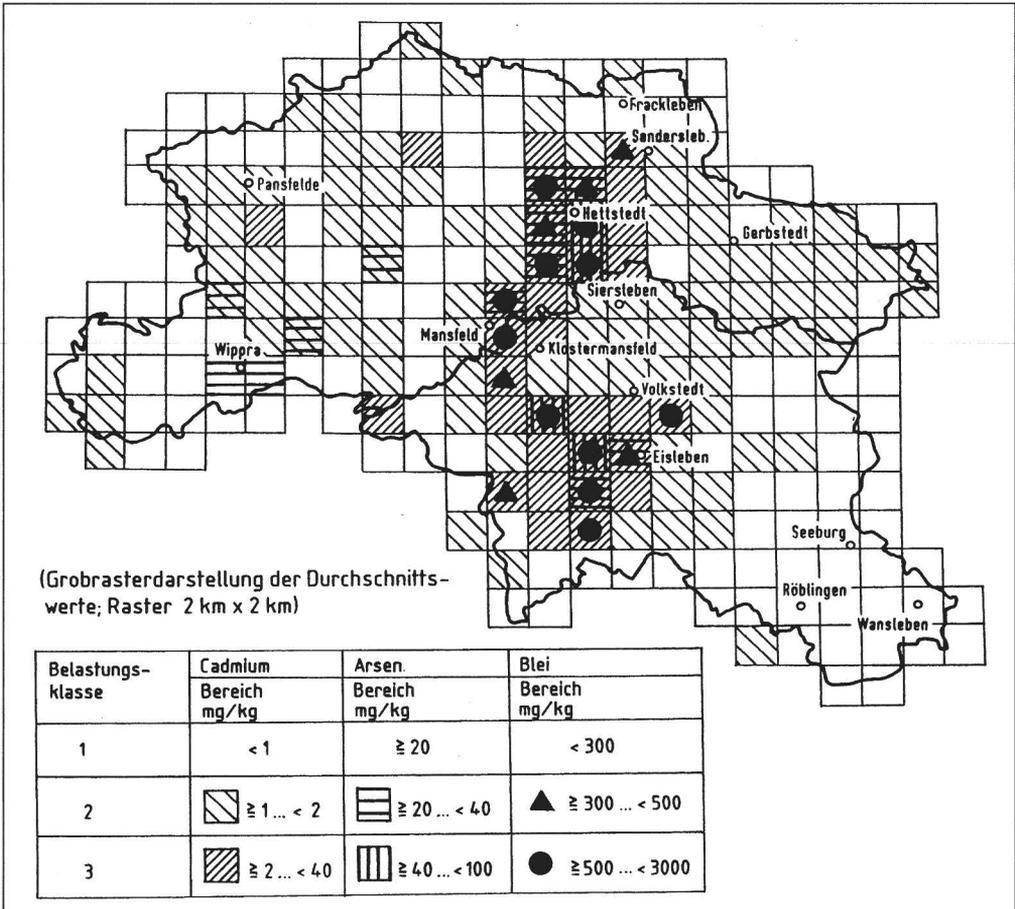


Abb. 9: Ausschnitt aus der Bodenbelastungskarte des Großraum Mansfeld (ehemaligen Kreise Eisleben und Hettstedt - aus: UMWELTBERICHT DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1991).

der untersuchten Standorte (Ausnahme Cadmium mit 7,8 %) auf. Somit kann man von einer gewissen „Relativierung“ bzw. Objektivierung des Belastungsgrades sprechen! Damit läßt sich schlußfolgern, daß sowohl die Intensität als auch die räumliche Dimension der festgestellten Schwermetallbelastung keinesfalls ein „ökologisches Katastrophengebiet“ sichtbar werden lassen. Zudem treten im Mansfelder Land gewisse „bodenökologische Gunstfaktoren“ auf, die dieses Problemfeld weiter objektivieren. Schwermetalle werden, wie übrigens auch die meisten Nähr-, aber auch andere Schadstoffe an bzw. in den Humus-/Tonteilchen sowie den pedogenen Oxiden des Bodens (sorptiv) festgelegt, d.h. immobilisiert. Da in den hier großflächig vorkommenden Löß-Schwarzerden bzw. Lößlehm-Parabraunerden die Sorptions-„körper“ in überaus günstigen Quantitäten und Qualitäten anzutreffen sind, besitzen diese Böden für diese Schwermetalle hohe Speicherpotentiale. Die Mobilisierung dieser „festgelegten“ Metalle, d.h. ihr Übergang in die Bodenlösung und damit (ggf.) in die Pflanze oder ins Grundwasser, wird in starkem Maße durch den pH-Wert gesteuert, welcher in diesen Böden von Natur aus relativ hoch ist. Durch die auf agrarischen Standorten übliche Düngung sowie eine zu DDR-Zeiten aus der Braunkohleheizung stammende alkalische Asche-Immission liegen die pH-Werte der Oberböden fast immer über 7. Dadurch wird die Desorption der Metalle, selbst des diesbezüglich sehr „sensibel“ reagierenden Cadmi-

ums, kaum möglich (SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL 1994). Dies dokumentieren auch die festgestellten, überaus geringen pflanzenverfügbaren bzw. im Sickerwasser gelösten Metallkonzentrationen (SCHMIDT et FRÜHAUF 1996).

Deshalb waren auch Überschreitungen der Schwermetallricht- bzw. -grenzwerte bei den untersuchten Kulturpflanzen nur an wenigen Stellen durch einen Schwermetalltransfer über den Boden in die Pflanze erklärbar. Größere Belastungseinflüsse ergaben sich diesbezüglich durch direkte Staubablagerungen auf den oberirdischen Pflanzenteilen. Dadurch kam es insbesondere bei Weizen und Roggen auf Bereichen im Lee der Helbraer Hütte zu Überschreitungen der Futter- bzw. Lebensmittelrichtwerte für die Elemente Cadmium und Blei bei Kulturpflanzen (TÜV Bayern 1991; OPP, NAGEL et FRÜHAUF 1991). Da mit dem Niedergang der Kupferverhüttung auch die atmogene Belastung aus Schornsteinen selbiger wegfiel, ergibt sich derzeit nur auf einigen landwirtschaftlich genutzten Standorten die Notwendigkeit, bestimmte Sanierungs- und Nutzungsempfehlungen zu beachten (FRÜHAUF 1995).

Als diesbezüglich etwas problematischer erwiesen sich Bodenschwermetallbelastungen in einigen Kleingartenanlagen und Kindereinrichtungen, die in unmittelbarer Nachbarschaft der (ehemaligen) Hauptemissionsquellen lokalisiert sind (Tab. 3).

Tab. 3: Schwermetalle in Kindergärten im Stadtgebiet von Hettstedt (in mg/kg - aus UMWELTBERICHT DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1993)

Standort	Kupfer	Zink	Cadmium
Jakobistraße	186	158	2
Ch.-Agathe-Str.	329	360	4
Brunnenstr.	312	398	6
Bahnhofstr.	622	2298	50
Eislebener Str.	379	1618	21
Altdorf	555	515	7
Sanierungsschwellenwert für Kinderspielplätze	<b>250</b>	<b>2000</b>	<b>10</b>

Um die direkte (orale) Aufnahme von diesem kontaminierten Bodenmaterial zu reduzieren bzw. gänzlich zu beseitigen, wurde (mit Fördermitteln) in den Kindergärten in der Bahnhofstraße und der Eislebener Straße ein Bodenaustausch durchgeführt und durch Aufbringen von Rollrasen eine Problembeseitigung erreicht.

Die untersuchten Böden und Anbauprodukte ausgewählter Gärten (TÜV Bayern 1991) verdeutlichen, daß hierbei vor allem das toxikologisch als brisant geltende Cadmium, aber auch (das weniger gefährliche) Zink verstärkt durch Pflanzen aufgenommen wurden, während dies für Kupfer und Blei kaum zutrifft. Dabei erschien die Kontamination von Blattgemüse (Salat, Spinat, Grünkohl), Küchenkräutern (Petersilie) und bestimmten Wurzelgemüsearten (Knollensellerie, Schwarzwurzel) besonders bedenkenswert. Die Empfehlungen zur Anbaureduzierung dieser Gemüsesorten wurde verbunden mit dem Hinweis, daß unter solchen Belastungsbedingungen Sproß- und Fruchtgemüsesorten (aber auch Kartoffeln und Obst) wesentlich niedrigere Kontaminationen aufweisen (TÜV Bayern 1991).

Die in diesem Zusammenhang ebenfalls durchgeführten Analysen auf andere Bodenschadstoffe zeigten z.B. auch für Benz(o)pyren oder auch Furane keine signifikanten Erhöhungen. Auch die Dioxin-Untersuchungen zeigten überwiegend Ergebnisse im Bereich der Unbedenklichkeit (TÜV Bayern 1991). Eine

Ausnahme bildete auch hier die Kindereinrichtung Altdorf, in der der Richtwert des Umweltbundesamtes für Spielplätze (100 ng/kg) überschritten wurde und somit „doppelte“ Notwendigkeit für einen Bodenaustausch geboten war.

### 5.3 Humanökologische Auswirkungen

Unbenommen der Aussagen zur Boden- und Pflanzenbelastung muß natürlich vor allem unter dem Blickwinkel der eingangs diskutierten Luftbelastung die Frage nach eventuellen humanökologischen Auswirkungen der hohen Staub- und damit Schwermetallbelastung gestellt werden. Diesbezüglich wurden schon seit 1976 umweltepidemiologische Untersuchungen in der Region durchgeführt. Sie dokumentieren am Beispiel 10-jähriger Kinder aus dieser Region signifikant erhöhte Blutbleiwerte im Vergleich zu gleichaltrigen Probanden aus „saubereren“ Gebieten. Allerdings übertreffen die Befunde noch nicht die entsprechenden WHO-Richtwerte. Trotzdem waren Symptome erkennbar, die verdeutlichen, daß die langjährige Luftbelastung bei den Kindern zur Belastung des Immunsystems führte. Obwohl die ermittelten Werte innerhalb des tolerierbaren bzw. des physiologischen Bereichs lagen, sind sie doch mit denen eines Dauerstresses vergleichbar (UMWELTSANIERUNG 1996). Noch problematischer sind die Ergebnisse von 1977 an Kindergartenkindern durchgeführten Untersuchungen einzuschätzen. Diese ergaben, daß bei 38 % der Probanden Grenzwertüberschreitungen für die Blutbleiwerte feststellbar waren. Bei 6 Kindern wurde die WHO-Empfehlung sogar um das 3-fache übertroffen! Jüngere Untersuchungen belegen, daß hier in den zurückliegenden Jahren eine wesentliche Problemreduzierung erfolgte (Abb. 10).

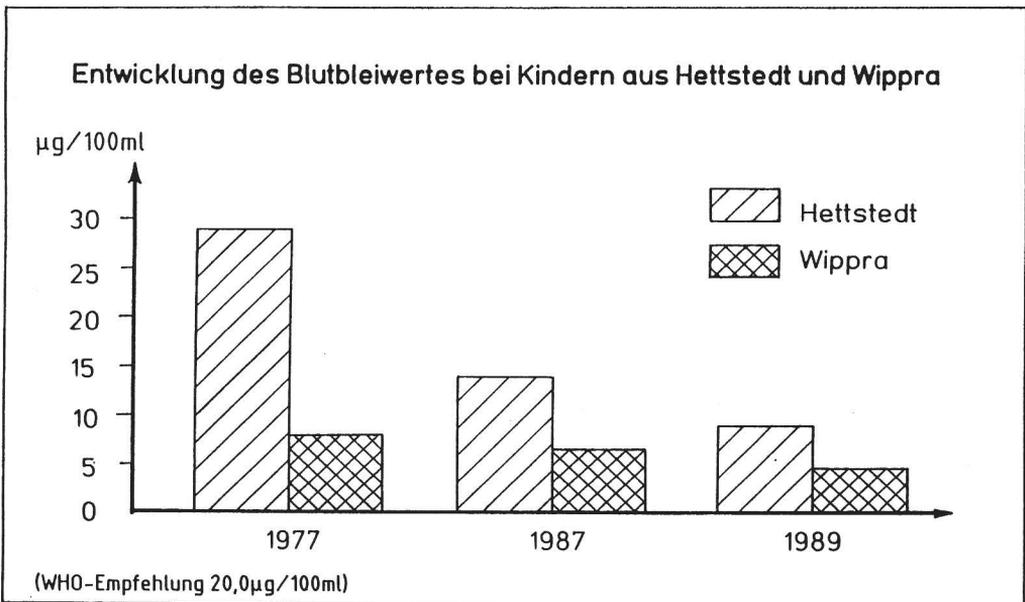


Abb. 10: Entwicklung der Blutbleiwerte bei Kindern aus Hettstedt und Wippra.

Als andere (mögliche) Auswirkungen der hohen Luftbelastung wurden im Rahmen einer von 1976 bis 1979 auch an Erwachsenen durchgeführten Untersuchung Atembeschwerden, neben Blei auch erhöhte Zinkgehalte im Blut sowie verstärkte Bleiausscheidung im Urin erkannt. Diese Symptome waren insbesondere bei den unmittelbar in den damaligen Betrieben tätigen Menschen anzutreffen. Resümierend wurde damals festgestellt, daß damit zwar „keine akut toxischen Krankheitsbilder hervorgerufen wur-

den, sich jedoch latent chronische Auswirkungen ergaben“ (UMWELTSANIERUNG 1996). Als besonders problematisch wurden im Zusammenhang mit der hohen Staubbelastung entstandene chronische Erkrankungen der oberen und tieferen Luftwege und der Lunge erkannt. So hatte z.B. jeder zweite Arbeiter aus der besonders staubintensiven Abteilung der Rohhütte Helbra mit einer chronischen Bronchitis zu rechnen. Der diesbezügliche Krankenstand belegte dies deutlich. Auch heute treten in der Region immer noch häufiger Erkrankungen der Atemwege, aber auch Allergien auf, als in (ehemals) weniger belasteten Räumen. Dies zeigt eine an Kindern und Frauen in Hettstedt in den Jahren 1992/1993 durchgeführte Untersuchung (UMWELTSANIERUNG 1996). Ob sich dies gegenwärtig oder zukünftig ändert, soll durch weitere regelmäßige Untersuchungen ermittelt werden.

#### 5.4 Bergbauhalden - Altlasten, Schwermetallquellen oder Kulturlandschaftsdenkmale?

Die hinsichtlich ihres Alters, ihrer morphologischen Erscheinung und ihrer Zusammensetzung unterschiedlichen Halden der 800-jährigen Bergbauperiode waren und sind auch gegenwärtig wiederholt Gegenstand teilweise sehr konträr geführter Diskussionen: Diese betreffen zum einen das von ihnen ausgehende Gefährdungspotential, andererseits ihren Wert als Baumaterial, als Biotop (vgl. 2) oder als Zeugen der Kulturlandschaftsentwicklung. Dabei ist zu beachten, daß derzeit nahezu alle Halden unter Denkmalschutz stehen und ihre eventuelle wirtschaftliche Nutzung daher besonderen Anforderungen unterliegt. Mit Fördermitteln wurde deshalb ein Haldenkatalog erstellt, bei dem neben zukünftigen Nutzungsaspekten insbesondere die Fragen eines Gefahrenpotentials (z.B. Rutschungs-, Eigenentzündungsgefahr, Wasseraustritt und abfallrechtliche Aspekte) zum Tragen kommen.

Obwohl in einigen Umweltexpertisen diesbezüglich auch auf die Gefahr einer wasser- oder/und windbedingten Schwermetallemission und einer dadurch hervorgerufenen (sekundären) Kontamination der Umgebung verwiesen wird, kann dies jedoch, wie es u.a. die Ergebnisse eines jüngst abgeschlossenen Forschungsprojektes (SCHMIDT et FRÜHAUF 1996) aus unserem Institut zeigen, kaum als relevant bezeichnet werden. Dies trifft auch auf die Schlackehalden zu. Allerdings, und damit kommt man auf eine weitere Umweltfolge der Bergbau- und Verhüttungstätigkeit zu sprechen, ist durch diese Halden ein nicht unwesentlicher Flächen-, besser gesagt Bodenverbrauch erfolgt (Abb. 11).

Allein die Fläche mit Kleinsthalden erreicht in den ehemaligen Kreisen Eisleben 790 ha, Hettstedt 1 800 ha und Sangerhausen 2 200 ha. Davon betroffen (durch Überdeckung) sind überwiegend Böden hoher und höchster Qualität (Parabraun-, Gris- und Schwarzerden). Ein großer Flächenverbrauch tritt aber vor allem durch die ca. 60 - aus dem 19./20. Jahrhundert stammenden - teilweise fast 150 m hohen Flach- und Spitzhalden (Abb. 7) sowie durch die aus dem Schmelzprozeß angefallenen Schlackehalden auf. Allein letztere nehmen immerhin ein Volumen von ca. 25 Mio. m<sup>3</sup> ein (TÜV Bayern, 1991; UMWELTSANIERUNG 1996). Im Altlastenkataster Sachsen-Anhalt werden für das Mansfelder Land 1 510 Objekte - darunter u.a. 1253 Halden, 42 Absetzanlagen, 196 Schächte und 11 Stollen (UMWELTSANIERUNG 1996) ausgewiesen. Eine flächenhafte Erhebung dokumentiert für die ehemaligen Kreise Hettstedt und Eisleben die in Tabelle 4 genannten Altlastverdachtsflächen. Wie diese Tabelle verdeutlicht, werden die Altlastverdachtsflächen entsprechend dem Abfallgesetz von Sachsen-Anhalt in Altablagerungen und Altstandorte unterteilt. Für

Tab. 4: Verteilung der Altlastverdachtsflächen im Mansfelder Land (Stand: Januar 1992 - aus: UMWELTBERICHT DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1991)

Landkreis	Verdachtsflächen insgesamt	Altablagerungen	Altstandorte
Eisleben	276	137	139
Hettstedt	211	120	91

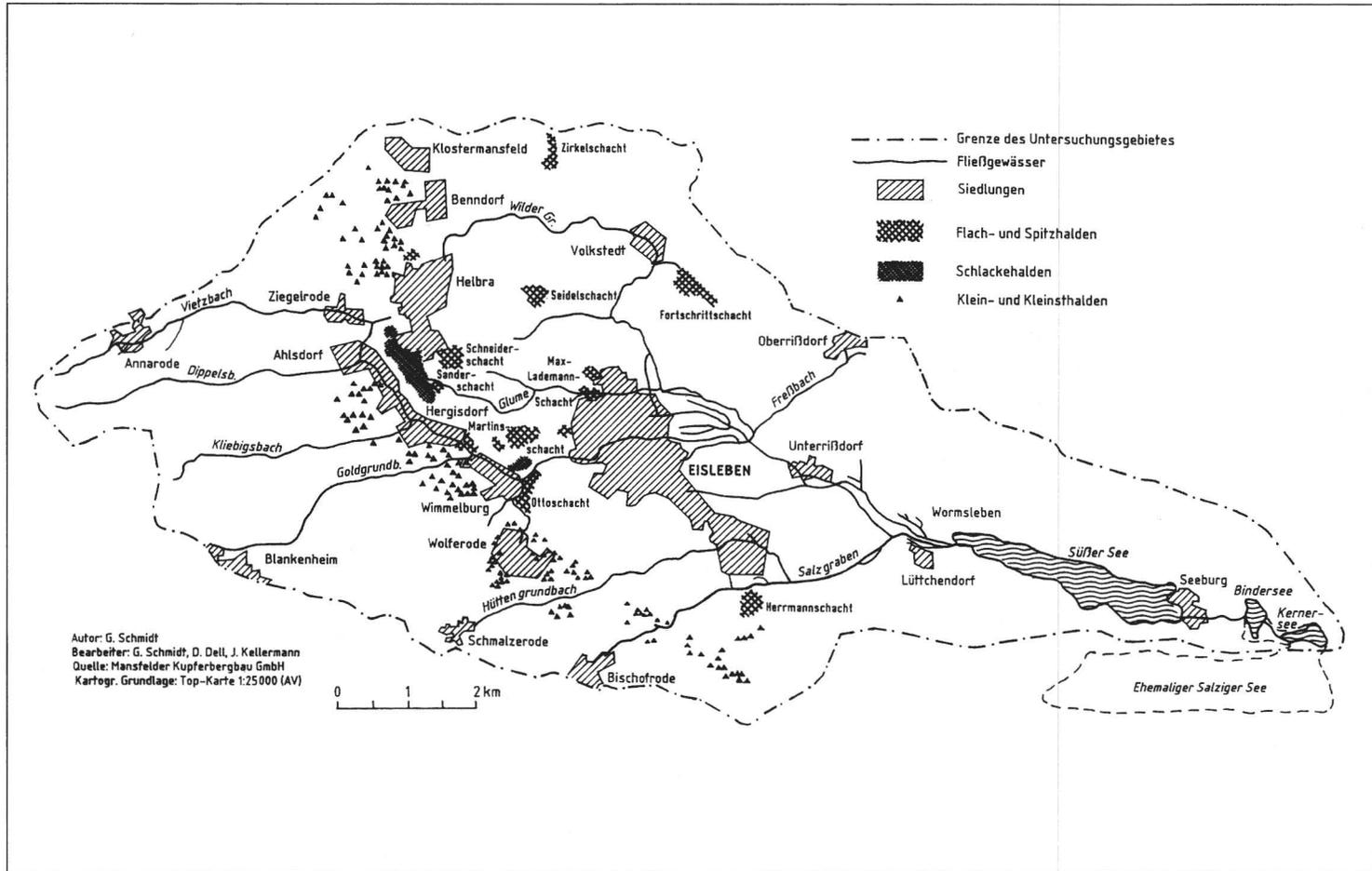


Abb. 11: Verteilung der Bergbauhalden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus im Einzugsgebiet des Süßen Sees.

die Beurteilung ihres Gefährdungspotentials spielt, neben dem Stoffbestand und dessen Gefährlichkeit, die Durchlässigkeit der zwischen diesen Ablagerungen und dem Grundwasserbereich befindlichen Bodenschichten sowie der Abstand zu Schutzgütern bzw. sensiblen Nutzungen eine wesentliche Rolle.

Aus der dreistufigen Handlungsempfehlung (untergeordnet, nachgeordnet bzw. vorrangig) des Altlastenkatasters wird erkennbar, daß für 14 % der ermittelten Altlaststandorte ein vorrangiger Handlungsbedarf besteht, der über ein standortbezogenes Sanierungskonzept umgesetzt werden muß. Dies trifft u.a. auch für die ehemaligen Hüttenstandorte in Eisleben, Helbra und Hettstedt, verschiedene Deponien auf Halden sowie Einzeldeponien in Tallagen zu. Obwohl sich einige der Kleinsthalden in Trinkwasserschutzgebieten befinden, sind bisher keine nachweisbaren Verschlechterungen der hydrochemisch-ökologischen Trinkwassergrenzwerte, z.B. durch Schwermetallbelastungen, nachweisbar (TÜV Bayern 1991). Auch dies ist wiederum hauptsächlich durch die gute Speicherwirkung der hiesigen Böden bedingt.

*Im Vergleich zu den Bergbauhalden besteht bei anderen Zeugen der allerjüngsten (oftmals „nachwendzeitlichen“) Kulturlandschaftsentwicklung größtenteils sogar ein wesentlich höheres Gefährdungspotential. Gemeint sind zum einen einige der vor allem in der Umgebung der Industriestandorte und Kommunen vorkommenden, nicht selten ungeordneten Deponien - insbesondere Müllkippen. An manchen Stellen erfolgte dabei sogar eine Verfüllung von Tälern. Einige dieser Problemstandorte befinden sich in unmittelbarer Siedlungsnähe. Nicht selten ist hierbei eine gemeinsame Ablagerung von Industrie- und Hausmüll sowie Fäkalien anzutreffen. Dominierend sind hierbei Altstandorte aus dem Dienstleistungsgewerbe, insbesondere aus solchen Branchen, die mit Mineralölkohlenstoffen und Lösungsmitteln umgehen (Tankstellen, KFZ-Reparatureinrichtungen). An zweiter Stelle folgen diesbezüglich solche Standorte, die im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Tätigkeit zu sehen sind (Stallungen, Siloeinrichtungen, Dünger-/Schädlingsbekämpfungsmittellagerplätze). Größer dimensionierte Altablagerungen (mit mehr als 500 000 m<sup>3</sup>) stellen solche Industriedeponien wie in Teilen des Tagebaurestlochs Amsdorf, aber auch die schon erwähnten Schlackehalden dar.*

Ohne den Anspruch zu erheben, die einleitend beschriebenen konträren Diskussionen hiermit „endgültig“ lösen zu wollen, erscheint zumindest deutlich zu werden, daß unter dem Blickwinkel „Gefährdungspotential“ wohl wenig Argumente gegen diese charakteristischen Zeugen der Kulturlandschaftsentwicklung des Mansfelder Landes vorzubringen sind.

## 5.5 Andere Belastungen aus der Bergbau- und Verhüttungstätigkeit

Ein im Zusammenhang mit dem Kupferschieferbergbau, zumindestens in der Öffentlichkeit, wenig bekanntes Problemfeld stellt eine erhöhte **Umweltradioaktivität** dar. Diese ist ursächlich durch die natürlichen Gehalte des Kupferschiefererzes an uranhaltigen Mineralen begründet. Die diesbezüglichen Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz 1991 ermittelten besonders für einzelne Schlackehalden, den Bereich des ehemaligen Ofenhauses, die Gaswäsche sowie die Bleihütte in Hettstedt, stärkere Belastungen. Teilweise konnten dabei Ortsdosisleistungen von über 300 Nanosievert je Stunde bzw. Aktivitätsgrade von 7 Becquerel je Gramm nachgewiesen werden. Laut Gesetzgeber sind jedoch Standorte über 1 Bq/g bzw. Ortsdosisleistungen von über 300 nSv/h erst nach entsprechenden Sanierungsmaßnahmen zur Nutzung als Industriestandorte freizugeben.

Die Dimension des Problems wird offensichtlich, wenn man weiß, daß hier rund 18 Millionen Tonnen dieser Schlacke liegen. Diese weist bei einer durchschnittlichen Ortsdosisleistung von 425 Nanosievert je Stunde eine Aktivität von etwa 1 Becquerel je Gramm auf, womit die noch aus DDR-Zeiten stammenden, aber weiterhin (weil im Einigungsvertrag so festgelegt) Gültigkeit aufweisenden Grenzwerte von 0,2 Becquerel nicht unwesentlich übertroffen werden! (UMWELTSANIERUNG 1996). Obwohl aus Sicht des Strahlenschutzes diesbezüglich keine Sofortmaßnahmen erforderlich waren, wurde doch empfohlen, Maßnahmen zu einer Reduzierung der durch Windverfrachtung gegebenen Kontaminationswirkung auf die Umgebung durchzuführen (TÜV Bayern 1991).

Es verwundert daher kaum, daß die Verwendung der Schlacke, die in der Vergangenheit teilweise im Häuser- und Straßenbau eingesetzt wurde, deshalb heute besonderer Genehmigungen und Zustimmung-

gen bedarf. So ist z.B. ihr Einsatz im Straßenbau nur dann möglich, wenn sie als „Unterbau“ mit einer entsprechend dicken Deckschicht versehen wird. Messungen auf den in der Vergangenheit ohne diese Überdeckung errichteten Straßen mit Schlackesteinen ergaben teilweise Ortsdosisleistungen bis zu 600 nSv/h gegenüber Straßen ohne diese Schlacke mit durchschnittlich 150 nSv/h. Noch etwas problematischer erscheint die Situation, wenn diese Schlackesteine im Hausbau Verwendung fanden. Die Ortsstrahlendosis erreichte hier teilweise 750 - 800 nSv/h und lag damit fast doppelt so hoch wie in Häusern ohne Schlackebausteinen (350 - 400 nSv/h - TÜV Bayern 1991). Demgegenüber zeigten die ebenfalls vom Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführten Messungen der Radon-222-Belastung, daß in den untersuchten 448 Wohnungen keine signifikante Beeinflussung durch Bergbauhinterlassenschaften erkennbar werden (UMWELTSANIERUNG 1996).

## 6 VERÄNDERUNG UND BELASTUNG DES SICKER- UND GRUNDWASSERS SOWIE DER FLIESS- UND STANDGEWÄSSER

Eine durch Bodenschwermetallkontamination bedingte Belastung des Sicker- und Grundwassers konnte trotz lokal hoher Oberbodenbelastung nur in unmittelbarer Nähe der Betriebsanlagen festgestellt werden. Dabei kam es bei Zn, As, Cu, Cd und Pb partiell zu Überschreitungen der C-Werte der Holländischen Liste (TÜV Bayern 1991). Die entscheidenden Gründe für die relativ geringe Grundwasserbelastung sind, wie schon erwähnt, die günstigen Speichereigenschaften der hier vorkommenden Schwarzbzw. Parabraunerden sowie die gleichfalls hohen pH-Werte (um 7 und höher), die die Schadstoffmobilisation unterdrücken.

Als ökologisch wesentlich brisanter muß in diesem Zusammenhang jedoch die **Beeinträchtigung der Grundwasserqualität** durch die Landwirtschaft, den Obstbau und die Kommunen bezeichnet werden (SCHMIDT et FRÜHAUF 1996). Sie zeigen sich insbesondere in der Wasserqualität von Flachbrunnen durch deutlich überhöhte Nitrat- und Ammoniumgehalte. Bei Nitraten liegt die Überschreitung in der Regel bei Werten von 50 - 100 mg/l (EU-Grenzwert: 50 mg/l), zum Teil wurden sogar bis 200 mg/l festgestellt (TÜV Bayern 1991). Hier ergeben sich unmittelbare Zusammenhänge zur nicht zeit- und mengengerechten Ausbringung von Stickstoff-Dünger (insbesondere Gülle-Applikation). Die kontinuierliche Grundwasserbeobachtung läßt seit 1990 diesbezüglich weder eine positive noch eine negative Trendentwicklung erkennen (UMWELTSANIERUNG 1996). Trotz einiger lokal erhöhter Triazin- bzw. Phenylharnstoffwerte kann von einer flächenhaften übermäßigen Anreicherung von Pflanzenschutzmitteln (sowohl halogenierte und nicht halogenierte) im Grund- und Trinkwasser nicht die Rede sein (TÜV Bayern 1991, SANIERUNGSVERBUND 1996).

Gegenüber der Sicker- und Grundwasserbelastung noch viel problematischer zeigt sich die **Verunreinigung der Fließ- und Standgewässer**. Dabei sind auch bergbaubedingte Belastungen, die sich vor allem in den Flußsedimenten dokumentieren, feststellbar. So wurden in den Sedimenten der Glume, die im Bereich des Hüttenstandortes Helbra entspringt (vgl. Abb. 11), lokal hohe bis sehr hohe Schwermetallanteile (Maximalwerte bis 31 g Pb/kg Sediment; 28,5 g Zn/kg; 21,1 g Cu/kg, 4,3 g As/kg und 240 mg Cd/kg nachgewiesen (TÜV Bayern 1991). Diese Anreicherungen sind überwiegend anthropogener Natur und können nur zu geringeren Teilen geogenen Quellen (Kupferschieferausstrich) zugeordnet werden (SCHMIDT et FRÜHAUF 1996).

Auch die aus dem Harz kommende Wipper (Abb. 2) zeigt diesbezüglich deutliche, allerdings geringer dimensionierte „Nachwirkungen“ der Verhüttungsperiode. Die Metallgehalte im Flußsediment liegen hier - in mg/kg Trockensubstanz - zwischen 4 - 20 Cd, 20 - 60 Cr, 600 - 800 Cu, 400 - 1 400 Zn und 150 - 400 Pb (UMWELTSANIERUNG 1996). Allerdings hat die Wipper noch oder vor allem unter anderen stofflichen Belastungen zu leiden. Obwohl in der Zwischenzeit eine gewisse Verbesserung eintrat, kann die Wasserbeschaffenheit insbesondere unterhalb von Hettstedt auch jetzt mit der Güteklasse III - IV, d.h. „stark verschmutzt“, kaum befriedigen.

Als teilweise sogar noch bedenklicher muß die Wasserbelastung in der Bösen Sieben (Abb. 11) und hier vor allem in deren Unterlauf bezeichnet werden (SCHMIDT et FRÜHAUF 1996). Diese betrifft weniger die

festgestellten C-Wert-Überschreitungen für Zink (nach der Holland-Liste) oder die erhöhten Sulfatwerte (nach der Berliner Liste - TÜV Bayern 1991), sondern vor allem die teilweise extrem hohen Phosphat- und Nitratbelastungen. Ursächlich spielen dabei Einträge aus den Kommunen des Einzugsgebiets (Phosphat!), die ihrerseits auf völlig unzureichende Klärkapazität zurückzuführen sind, eine bedeutsame Rolle (HEINRICH 1993; MALYSKA 1993; WANKA 1993).

Nicht zu unterschätzen sind in diesem Zusammenhang allerdings auch die Belastungswirkungen, die sich aus der Art und Intensität der landwirtschaftlichen bzw. obstbaulichen Bewirtschaftung ergaben. So bedingte die zu DDR-Zeiten praktizierte großflächige, intensive landwirtschaftliche Nutzung auf den zwar überaus ertragreichen, aber auch stark erosionsanfälligen Lößböden eine Zunahme bodenschädigender Erosionsprozesse. Damit verbunden war nicht nur eine Verringerung der Ertragsfähigkeit dieser Standorte, sondern über eine Zunahme der Sedimentabspülungen auch ein damit einhergehender Sediment- und Phosphateintrag in die Vorfluter.

Eine Steigerung erfuhren diese Prozesse noch, nachdem der 1969 gefaßte „Partei-Beschluß“ über die Entwicklung des (nach Potsdam/Werder) mit 2.800 ha zweitgrößten Obstbaugebietes der DDR (85 % Apfelproduktion) am Süßen See realisiert wurde. Mangelhafter Unterwuchs zwischen den Bäumen führte bei den hier häufig vorkommenden sommerlichen Starkregen (Gewitter) neben einer beträchtlichen Schädigung der Böden durch Erosion (THOMAS 1980) auch zu einer Zunahme der Belastung des Salzgrabens und der Bösen Sieben mit Schadstoffen.

Es erscheint nahezu „logisch“, daß es dadurch auch zu Schädigungen im **Süßen See**, der als ökosystemare **Stoffsenke** fungiert, kam. Der auch als „Blaues Auge des Mansfelder Landes“ (vgl. Abb. 3) bekannte See spielt daher, wenn **ökologische Probleme** in Sachsen-Anhalt zur Sprache kommen, oftmals eine wenig rühmliche Rolle. Dies wird insbesondere durch seine hydrochemischen und hydrobiologischen Kennwerte verdeutlicht: Neben einem allgemein hohen bis zeitweise sehr hohen pH-Milieu sind es vor allem die beträchtlichen Stickstoff-, vor allem aber Phosphateinträge, die den See belasten. Noch 1989 wurden dem See pro Tag 145 kg Orthophosphat, 208 kg anorganischer Stickstoff und 121 kg organische Last (BSB<sub>5</sub>) zugeführt (UMWELTBERICHT DES BEZIRKES HALLE 1989). Als Folge von **Eutrophierungserscheinungen** kam es zeitweise zu extrem geringem Sauerstoffgehalt mit entsprechenden Negativwirkungen auf die Lebewelt im See (MALYSKA 1993; OCKERT 1993; WANKA 1993). Als diesbezüglicher natürlicher Gunstfaktor muß die lagebedingte Windexposition des Sees bezeichnet werden, ohne die es sogar zu wesentlich dauerhaften Sauerstoffmangelerscheinungen gekommen wäre. Der Umweltbericht des Bezirkes Halle charakterisiert den Gesamtcharakter des See 1989 deshalb als polybis hypertroph.

Seit 1977 wurde versucht, dieses Problem, wenn schon nicht vorrangig an seinen Ursachen, so doch an der Mündung der Bösen Sieben in den See, durch die Zugabe von Aluminiumsulfat zu reduzieren. Dadurch wird das Phosphat chemisch aus dem Wasser ausgefällt und in die Seesedimente eingelagert. Ob diese Form der „Problemverlagerung“ allerdings von dauerhafter Natur ist, wird die Zukunft zeigen. Als besonders gravierendes Problem trat in diesem Zusammenhang neben den chemisch-biologischen Veränderungen eine beträchtliche Zunahme der **Sedimentbelastung** des Sees auf. Für diese waren neben den nutzungsbedingten Einflüssen (Großflächenlandwirtschaft, Obstbau mit mangelhaftem Unterwuchs) auch die natürlichen Bedingungen des Gebietes „förderlich“. So ist die hohe Erosionsleistung in diesem Raum neben der Erosionsanfälligkeit der ackerbaulich genutzten, schluffreichen Lößböden auch auf das Auftreten von, insbesondere sommerlichen, Starkregen zurückzuführen. Diesbezüglich schon in den 70er Jahren von M. Thomas aus der damaligen Sektion Geographie der Halleschen Universität durchgeführte Untersuchungen belegten, daß nach solchen extremen Niederschlagsereignissen die Schwebstofffrachten in der Bösen Sieben kurzzeitig um 500 % erhöht werden (THOMAS 1980). Dieses plötzliche „Anspringen“ der Wasser- und Sedimentlast war auch namensgebend für die Böse Sieben bzw. ihre sieben Quellbäche (Abb. 11).

Diese hohe Erosionsleistung auf den agrarisch genutzten Flächen dieses Raumes ist jedoch nicht erst in den letzten Jahrzehnten als ein gravierendes geökologisches Problem relevant gewesen, sondern erfuhr hier „nur“ eine intensitätsmäßige Steigerung. Schon in historischer Zeit (13./14. Jahrhundert) trug dieser

„Umstand“, aber auch das Wirken holländischer „Meliorationsbauer“ wesentlich zum Verlanden des ehemaligen, ca. 400 ha großen und östlich von Eisleben gelegenen Faulen Sees (Abb. 12) bei.

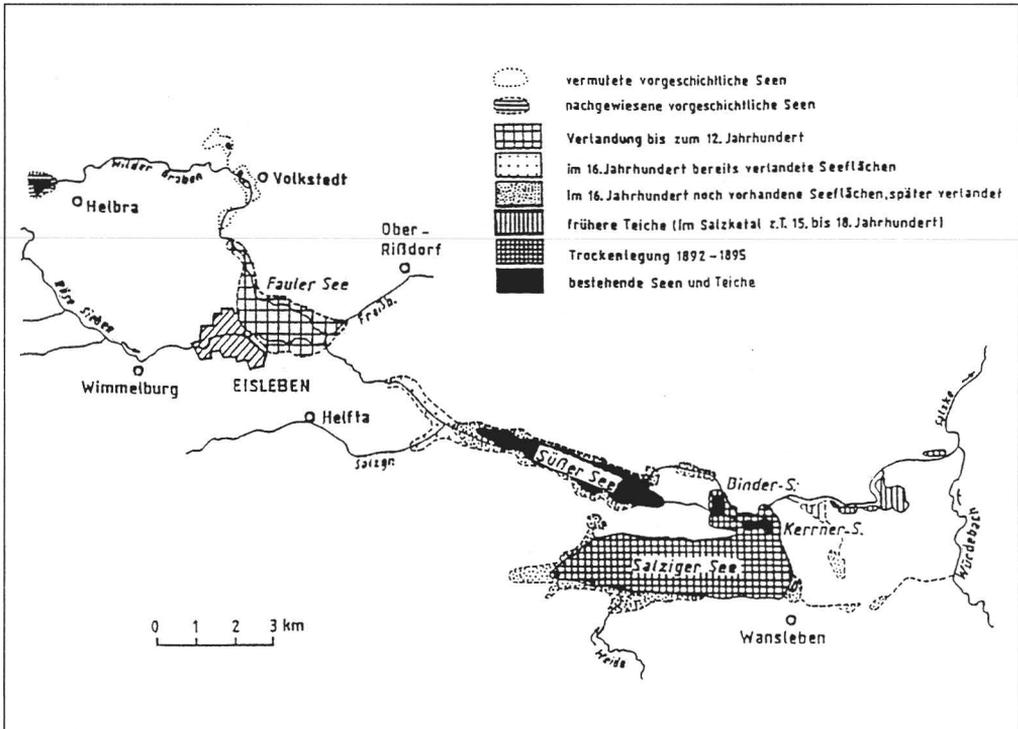


Abb. 12: Die Veränderungen der hydrographischen Verhältnisse im Gebiet der Mansfelder Seen (nach AURADA 1969).

Über die Böse Sieben führte diese Sedimentfracht „natürlich“ auch zu einer Belastung des Süßen Sees. Dies zeigte sich nicht nur an einer Verringerung der Sichttiefe, die im Durchschnitt bei 0,75 m lag (UMWELTBERICHT DES BEZIRKES HALLE 1989). Durch die Sedimenteinträge wurde die Mündung dieses Flusses jährlich um (theoretisch) durchschnittlich 4 m nach Osten, d.h. in Richtung des Sees, versetzt. Ohne Gegenmaßnahmen (s.u.) wäre eine (theoretische) Verlandung des Süßen Sees in 1350 Jahren zu erwarten (ZINKE 1993). Die Schlammmächtigkeit beträgt gegenwärtig bei einer durchschnittlichen Wassertiefe von 3,5 m (maximal 8,2 m) im mittleren Seeabschnitt 3 m, im westlichen Teil sogar bis 5 m. Das verdeutlicht die hohe Aktualität dieses Problems!

Die Maßnahmen, die gegen die zunehmende Verschlammung des Sees ergriffen wurden, waren allerdings weniger auf den Erosionsschutz orientiert und setzten deshalb wiederum nicht an der Ursache bzw. Quelle des Übels an. Zudem brachte die kostenintensive Ausbaggerung (1963 - 1968: 130.000 m<sup>3</sup>, 1974 - 1976: 650.000 m<sup>3</sup>) mehr oder weniger stark mit Nähr- und Schadstoffen belasteten Schlamm zutage, für dessen gesicherte Deponierung ebenfalls zusätzliche Aufwendungen erforderlich waren.

Es erscheint nahezu selbstredend, daß die beschriebenen ökologischen Probleme im starken Widerspruch zu dem seit dem Ende der 60er Jahre begonnenen Ausbau des Süßen Sees und seiner Randbereiche zu einem „Komplexen Naherholungsgebiet“ standen, aber auch gegenwärtig noch stehen. Dies zeigt sich besonders an der eingeschränkten Badewasserqualität im See. An dieser Stelle muß allerdings auch darauf verwiesen werden, daß die Ausweitung der touristischen Anlagen und der verstärkte Besucher-

verkehr besonders am Nordufer des Süßen Sees in den hier verbreiteten Naturschutzgebieten mit seltenen Pflanzenbeständen und einem interessanten morphologischen Inventar (zusätzlich) beträchtliche Belastungswirkungen mit sich brachten.

## 7 DIE „UMWELTAUSWIRKUNGEN“ DER GRUBENWASSERHAUSHALTUNG

Vergegenwärtigt man sich, daß vom jahrhundertewährenden (unterirdischen) Bergbau eine Fläche von 165 km<sup>2</sup> betroffen sind (Abb. 1), so braucht man nicht allzuviel Phantasie, um sich vorzustellen, daß durch die für das Abbaugeschehen notwendige Grubenwasserhaushaltung das natürliche hydrologische Regime, aber auch die hydraulisch-hydrochemischen Bedingungen beträchtlich verändert wurden. Zwangsläufig wurde die Grubenwasserhaushaltung mit zunehmender Abbautiefe immer komplizierter. Es ist daher nicht verwunderlich, daß gerade hier 1875 der erste Einsatz einer Dampfmaschine innerhalb Deutschlands zur „maschinellen“ Wasserhebung erfolgte.

Diese verbesserten technischen Möglichkeiten bedingten andererseits eine Intensivierung der Subrosions-/Lösungsprozesse in den im Hangenden des Cu-Schiefers befindlichen, d.h. bergmännisch unterteuften Salinarfolgen des Zechsteins. Dieser Prozeß wurde zudem durch den (unterirdischen) Kontakt der hochkonzentrierten Salzlauge mit dem Anhydrit der Zechsteinablagerungen weiter gesteigert.

Auf diese Weise wurden in 84 Jahren 226 Mio. t Steinsalz, die einem (theoretischen) Volumen von 98 Mio. m<sup>3</sup> entsprechen, gelöst und durch die Grubenwasserhaushaltung entfernt (NEUß et ZÜHLKE et al. 1982). Über den Schlüsselstollen (Abb. 1) gelangten so zwischen 1884 - 1968 ca. 1,55 Milliarden m<sup>3</sup> Salzwasser mit einem durchschnittlichen Gehalt von 170 g/NaCl (NEUß et ZÜHLKE 1982) in die Schlenze und kurz darauf in die Saale. Im Übrigen kann dieser von 1809 bis 1879 erbaute, 31 km lange unterirdische Stollen, über den die Hauptentwässerung des Eisleben-Mansfelder Bergbaureviers durchgeführt wird, als ingenieurtechnische Glanzleistung bezeichnet werden. So weist er auf seiner gesamten Laufstrecke eine konstante Neigung von „exakt“ 0,14 ‰, d.h. 14 cm pro km auf.

Noch „beeindruckender“ ist natürlich, daß (auch) auf diesem Wege der Saale immense Stofffrachten „zugemutet“ wurden. Obwohl sich dieser Stoffeintrag in den 80er Jahren verringerte, ergab eine Analyse (TÜV Bayern, 1991) am Ausgang des Schlüsselstollens für 1990 noch folgende Jahresfrachten:

410 000 t Chlorid	0,2 t Arsen
34 000 t Sulfat	2,5 t Cadmium
17 800 t Kalzium	8,4 t Kupfer
5 400 t Magnesium	370,0 t Zink

Dies alles läßt einen weiteren „Belastungsschub“ für die bis hierher schon durch oberhalb gelegene Einträge beträchtlich geschädigte Saale erkennbar werden. Dazu trugen allerdings nicht nur die in diesem Zusammenhang meistens diskutierten chemischen Großbetriebe LEUNA und BUNA bei, die zudem überwiegend andere Stoffspektren für die Saale „bereit“ hielten. Als besonders drastisch müssen hier auch die Belastungen aus dem (ehemaligen) Südharzer Kalisalzrevier genannt werden, die über die Unstrut in die Saale gelangten. Dieser doppelte „Salzschlag“ bewirkte in der jüngsten Vergangenheit eine Ökosystemschädigung, die über das Saale- in das Elbe-System und sogar bis in die Nordsee verfolgbar war. Gegenüber der „Vorwende“-Situation (1985/86), wo auf diesem Wege der Saale pro Sekunde 12 kg Chlorid zugeführt wurden, ist zwar eine Reduzierung (4 kg Chlorid pro Sekunde) eingetreten (UMWELTSANIERUNG 1996), von einer Problembeseitigung kann jedoch kaum gesprochen werden.

Beschränken sich nun die Auswirkungen der Grubenwasserhaushaltung auf diese Form des Salztransfers in die Saale? Nein, diesbezüglich konnten auch Einflüsse über die Böse Sieben bis hin zum Süßen See nachgewiesen werden. Dies belegt u.a. auch eine seit 1960 beobachtete Zunahme der Salzbelastungen im Süßen See. So erhöhten sich allein Chloridgehalte von 1958 bis 1960 von 740 auf 1.500 mg/l (OCKERT 1993).

Hinsichtlich der Umweltfolgen muß aber gleichzeitig auf ein anderes, im morphologisch bzw. ingenieurgeologischen Sinne gleichfalls brisantes Problem verwiesen werden. Durch die beschleunigten Subrosionsprozesse kam es natürlich auch zur Entwicklung unterirdischer Hohlräume - bergmännisch Schlotten genannt -, die sich im Laufe der Zeit durch das hangende Deckgebirge „fressen“ und an der Erdoberfläche zu unterschiedlichsten „Geländedeformationen“ führten.

Bevor darauf eingegangen wird, muß erwähnt werden, daß in diesem Zusammenhang entstandene Klüfte bzw. Sedimentstörungen ihrerseits natürlich das Versickern bzw. Versinken des Niederschlags- oder Oberflächenwassers beschleunigten. Dadurch kam das Wasser schneller und in größerem Umfang an die lösungsanfälligen Gesteine im Untergrund, wodurch letztlich die Auslaugungsprozesse weiter intensiviert wurden. Dieser Prozeß, inclusive seiner Folgen, kann somit als ein besonders prägnantes Beispiel für einen durch **anthropogene** Einflüsse „**hochgeschaukelten**“ bzw. **verstärkten natürlichen Prozeß** (Subrosion) mit letztlich gravierenden Umweltauswirkungen bezeichnet werden. Diese betrafen aber nicht nur die Salzbelastung der Saale und des, wenn auch in wesentlich geringerer Dimension, Süßen Sees. Sie zeigten sich besonders drastisch in einer Zunahme der Senkungs- und Sackungs- bzw. Erdfallerscheinungen (Abb. 13), als deren Folge es u.a. auch zu beträchtlichen Bauschäden - bis hin zum teilweisen Totalabriß - in Eisleben und seinen umgebenden Siedlungen kam. Lokal traten dabei Spitzenwerte in der Senkungsgeschwindigkeit von bis 8 mm pro Tag oder 1.825 mm pro Jahr auf (BRENDDEL, FANTASNY et SUDERLAU 1980). Eine besonders markante Konzentration dieser Erdfälle ist im Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees und in der Umgebung des Bindersees feststellbar. Hier, im sogenannten Rollsdorfer Kessel, ereignete sich 1961 am Westrand des Bindersees ein markanter Erdfall, wobei ein nahezu kreisrundes Loch mit einer Tiefe von ca. 15 m und einem Durchmesser von ca. 20 m entstand (Abb. 14).

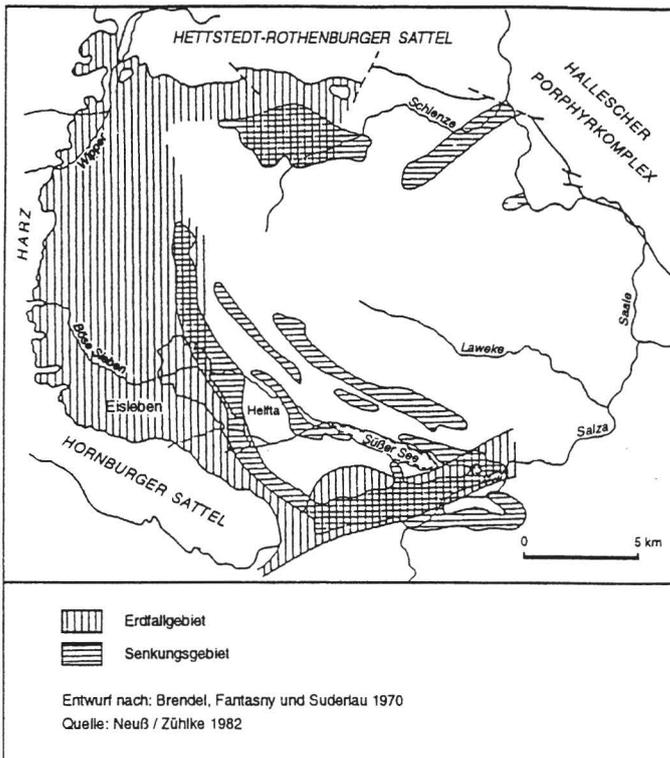


Abb. 13: Senkungs- und Erdfallgebiete der Mansfelder Mulde (nach: BRENDDEL, FANTASNY et SUDERLAU 1970).



Abb. 14: Erdfall am Westrand des Bindersees - einem "Restsee" des ehemaligen Salzigen Sees.

In diesen Raum führten und führen Geländeabsenkungen - mit Beträgen bis zu 35 cm pro Jahr (NEUB *et* ZÜHLKE 1982) auch zu beträchtlichen Schädigungen an den Straßen. Daß diese Prozesse gegenwärtig anhalten, dokumentieren frische Spaltenbildungen und Einsenkungen. Es erscheint deshalb notwendig und sinnvoll, diese Erscheinungen ständig zu beobachten bzw. zu überwachen.

Da der Bergbau im benachbarten Sangerhäuser Revier (Abb. 1) erst 1990 beendet wurde, ergibt sich hieraus ableitend die Frage, ob es durch den Flutungsprozeß ebenfalls zu einer Beschleunigung der Subrosionsprozesse mit ähnlichen, wie den soeben beschriebenen, Folgen kommen kann. In diesem Revier wurde schon in den 80er Jahren das sogenannte Westfeld wegen erheblicher Wassereinbrüche (welche sich im klüftigen Untergrund bis zum 15 km entfernten Kelbraer Stausee auswirkten) aus den Abbauprozessen ausgegliedert. Die damals unter größter Eile gebauten unterirdischen Verschlüsse zum Süd- und Ostfeld sind jedoch nicht absolut dicht, so daß durch die Flutung des Sangerhäuser Abbaubereichs auch hier die Frage nach einer Zunahme der Salzauslaugung durchaus relevant erscheint. Im Übrigen weisen auch die hier anfallenden Salzwässer eine schon bekannte ökologische „Fernwirkung“ auf: Sie werden entweder über das Unstrutsystem oder direkt (über Zuleitung zum Schlüsselstollen) als „Salzgabe“ für die Saale wirksam.

Die „spektakulärste“ Auswirkung der Grubenwasserhaushaltung ist jedoch im „**Verschwinden**“ des **ehemaligen Salzigen Sees** zu sehen. Nach mehrmaligen Wassereinbrüchen in die unterirdischen Bergbaustollen wurde dieser See, der mit 841 ha mehr als die 3-fache Flächengröße des Süßen Sees hatte, ab 1894 über das Pumpwerk Wansleben abgepumpt und so, bis auf einige Reste (Binder- und Kernersee und kleinere wassergefüllte Erdfälle), „trockengelegt“ (Abb. 12).

Während derzeit der Kernersee hauptsächlich der Fischeaufzucht dient, wird der maximal 11 m tiefe Bindersee auch als Badegewässer genutzt. Allerdings weist auch dieser See nicht unbeträchtliche ökologische Probleme auf. Zum einen sind diese durch die „Überleitungen“ aus dem Süßen See bedingt.

Andererseits zeigen sich hier in letzter Zeit zunehmend diffuse Salzeinträge aus den Gesteinen der Umgebung. Dadurch kommt es im See zu einer durch die Dichteunterschiede bedingten relativ stabilen Wasserschichtung. Die tieferen Seeabschnitte sind daher von der jährlichen Wasserdurchmischung weitestgehend ausgeschlossen, so daß sich hier unter Sauerstoffmangel Schwefelwasserstoff und Ammonium bilden und anreichern (UMWELTSANIERUNG 1996). Um dieses Problem abzubauen, wurde 1995 mit der Einleitung von Luftsauerstoff und sauerstoffreichem Zuflußwasser in diese Tiefenbereiche sowie mit einer gleichzeitigen Ableitung des sauerstoffarmen Tiefenwassers in den Kernersee begonnen. Der Sauerstoffgehalt konnte dadurch im Tiefenbereich verbessert und der Schwefelwasserstoffanteil reduziert werden. Trotzdem weist dieser See im Sommer und Herbst immer noch starke Algenpopulationen auf, so daß sein Gesamtcharakter weiterhin polytroph (mit Tendenz zu eutroph) zu bezeichnen ist (UMWELTSANIERUNG 1996).

Der größte Teil der ehemaligen Seefläche selbst wurde in landwirtschaftliche Nutzfläche „umgewandelt“ (Bodenform: Seemergel-Rendzina). Hier hinein wurde aber auch die in den 70er Jahren neu gebaute heutige B 80 verlegt. Dieser Straßenneubau war auf Grund der überaus starken Beeinträchtigung der „alten“ F 80 durch Senkungsprozesse und Erdfälle notwendig geworden. In den letzten Jahren bildeten sich im ehemaligen Seebecken wieder größere Wasserflächen, wodurch zeitweise sogar die Verbindungsstraße von Aseleben nach Röblingen unterbrochen wurde (Abb. 15).



Abb. 15: Die („Wasser-“) Straße zwischen Aseleben und Röblingen (am See!) weist 1997 mit den umgebenden Wasserflächen auf die Vergangenheit und Zukunft (?) im Gebiet des (noch) ehemaligen Salzigen Sees hin.

In den Kommunen am See, die in ihrem Ortsnamen teilweise noch den historischen Bezug zum See erkennen lassen (z. B. Wansleben am See, Röblingen am See), entwickelten sich seitdem in zunehmendem Maße Diskussionen über das zukünftige Schicksal „ihres“ Sees. Überwiegend wurde dabei Interesse an seinem Wiederenstehen geäußert, da dadurch eine wirtschaftliche Belebung (Bade-, Segel- und Surfbetrieb, Hotelwesen u.a.) für die Region erhofft wird. Nach entsprechenden wissenschaftlichen Vor-

untersuchungen, die gegenwärtig intensiv weitergeführt werden, entschied sich das Parlament Sachsen-Anhalts 1996 dafür, dem See eine „zweite Chance“ (incl. nicht unbeträchtlicher Mittel) zu geben, d. h., ihn wiederentstehen zu lassen. Bis es jedoch endlich soweit sein wird und der Süße See wieder seinen „größeren Bruder“ zurückbekommt, werden noch vielfältige Untersuchungen notwendig sein und mehrere Jahre vergehen. Dabei gilt es, behutsam vorzugehen. Mögliche Problembereiche sind vorher zu sondieren, um nicht durch übereilte Schritte das ganze „Unternehmen“ in Gefahr zu bringen. Als besonders gravierend erscheinen dabei gegenwärtig die Verlegung der „durch“ den See führenden B 80, aber auch die Verlegung mehrerer Energie- und Postkabel sowie eines Friedhofs und mehrerer Deponien. Der Bau einer Abwasserringleitung soll dem stofflichen Eintrag aus dem Einzugsgebiet entgegenwirken.

Obwohl hydrologische Gutachten davon ausgehen, daß, würde das jetzt noch realisierte Abpumpen über den Mittelgraben in die Salza eingestellt werden, innerhalb von etwa einem Jahrzehnt der ursprüngliche Wasserstand wieder erreicht werden könnte, ist hierbei kaum überhastete Eile gefragt.

Denn, wie aus dem benachbarten Süßen See, aber auch aus der Geschichte des Salzigen Sees bekannt (ULE 1892), es gab bzw. gibt neben solchen aus Nutzungsprozessen resultierenden Einwirkungen auch natürliche Voraussetzungen, die für eine Seenentwicklung und eine dauerhaft gute Wasserquantität und -qualität nicht in jedem Fall begünstigend wirken. Gerade dadurch wird diese „Angelegenheit“ im wissenschaftlichen Sinne auch so interessant, denn solch eine sicherlich nicht alltäglich zu beobachtende Seen(wieder-)genese bietet für viele Wissenschaftsdisziplinen, vor allem aber für die Geographie, ein reichliches Betätigungsfeld.

## 8 DAS MANSFELDER LAND - PROBLEMREGION MIT ZUKUNFT?

Aus den bisherigen Darlegungen wird offensichtlich, daß es im Mansfelder Land zu einer nicht alltäglichen Konzentration verschiedenartigster Umweltprobleme kommt (Abb. 9). Selbstverständlich muß sich hieran die Frage anschließen, was in den zurückliegenden Jahren, aber auch in der Gegenwart zu ihrer Beseitigung oder Reduzierung getan wird und welche Erfolge oder Mißerfolge dabei erzielt werden konnten. Es erscheint fast überflüssig zu erwähnen, daß gerade in dieser Region seit der Wende große Bemühungen unternommen wurden, als erstes die Ursachen und raumdifferenzierten Folgen der verschiedenartigsten Umweltbelastungen aufzuzeigen.

Gleichzeitig wurden sowohl Maßnahmen zu ihrer Reduzierung oder Beseitigung eingeleitet. Diese waren in vielerlei Hinsicht gekoppelt mit Bemühungen, auch die wirtschaftlichen und sozialen Probleme abzubauen. Eine wesentliche Basis hierfür bildet ein von der Landesregierung Sachsen-Anhalt beschlossenes Sonderprogramm für diese Region. Dadurch wird das Mansfelder Land in seinen Anstrengungen zur Bewältigung der wirtschaftlichen und sozialen Schwierigkeiten des Transformationsprozesses, ähnlich wie die Chemieregion Halle-Bitterfeld-Merseburg, in besonderer Form unterstützt. Aufgrund dieses Sonderprogrammes können für diese Region somit mehr Fördermittel als im Landesdurchschnitt eingesetzt werden. Allein aus dem Haushalt des sachsen-anhaltinischen Umweltministeriums sind seit 1991 rund 100 Millionen Mark in diesen Raum geflossen. Vorrangige Einsatzbereiche für diese Mittel im Landkreis Mansfelder Land sind dabei die Bereiche Trinkwasserversorgung (30 % der Mittel) und Immissionschutz (23 %), daneben die Gefahrenabwehr und Altlastensanierung, die ökologische Zustandsuntersuchung und Umweltkontrolle, die kommunale Abwasserentsorgung, die Abfallvermeidung und -beseitigung sowie der Naturschutz und die Landschaftsgestaltung. Als wichtige „Schaltstelle“ für die Koordinierung der Landesfördermittel mit den regionalen Verantwortungsträgern wurde 1992 die Sanierungsgesellschaft Mansfeld, der neben den Kreisen Mansfelder Land und Sangerhausen auch drei Gemeinden aus dem ehemaligen Kreis Querfurt angehören, gegründet. Durch sie sollen gleichzeitig die Sanierungsarbeiten an den Bergbau-Hinterlassenschaften (und anderer Altlasten) mit den Bemühungen zur Arbeitsmarkt- und Wirtschaftsentwicklung koordiniert werden.

Haupttätigkeitsfelder der im Rahmen von Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Umwelt nach § 249 h des Arbeitsförderungsgesetzes (UMWELTSANIERUNG 1996) beschäf-

tigten 3 730 Arbeitskräfte sind die Einbindung in das ökologische Großprojekt „Gefahrenabwehr“, die Demontage nicht mehr „betriebsnotwendiger“ Gebäude, die Förderung der touristischen Infrastruktur, die Sanierung/Renaturierung von Teichen und Bächen, das Anlegen von Rad- und Wanderwegen sowie weitere landschaftsgestalterische Arbeiten zu bezeichnen. Auf der Erfolgsseite dieser Maßnahmen stehen u.a. Rekultivierungsmaßnahmen von Industriebrachen (53 ha) sowie im kommunalen Bereich (32 ha), 39 km angelegte Rad- und Wanderwege, 340 000 angepflanzte Gehölze sowie 25 km erneuerte Gleisanlagen (UMWELTSANIERUNG 1996). Mit zahlreichen Schautafeln an wichtigen Zeugen der Bergbauentwicklung bzw. landschaftlichen Besonderheiten wird der Versuch unterstützt, den Tourismus in der Region über die Lutherstadt Eisleben hinaus auf das gesamte Mansfelder Land auszudehnen.

Natürlich haben sich einige der gravierendsten Umweltprobleme der „Vorwendezeit“, vor allem die immense Emissions-/Immissionsbelastung, beträchtlich reduziert. Die Zahlen der Umwelt- bzw. Immissionsschutzberichte Sachsen-Anhalts der „Nachwendejahre“ widerspiegeln dies sehr deutlich. Als Beispiel hierfür kann die Schwefeldioxidbelastung genannt werden. Während der Jahresmittelwert hierfür in Hettstedt 1979 noch bei 199 bis 214 g/m<sup>3</sup> lag, betrug er 1995 nur noch 26 g/m<sup>3</sup> (Grenzwert nach TA Luft 140g/m<sup>3</sup>). Auch die Schwebstaubkonzentration verringerte sich, wie Tab. 5 dokumentiert, beträchtlich. Sie erreichte nur noch 29 % des zulässigen Immissionsgrenzwertes (UMWELTSANIERUNG 1996).

Tab. 5: Ergebnisse der Staubniederschlagsmessung in g/(m<sup>2</sup>d) 1994 - 1996 (verkürzt aus: IMMISSIONSCHUTZBERICHT SACHSEN-ANHALT 1996)

Kreis	Ort	1994	1995	1996
Mansfelder Land	Amsdorf, Chausseestraße	0,09	0,145	0,11
	Eisleben, Magdeburger Str., Container	0,10	0,08	0,08
	Helbra, Am Pfarrholz	0,08	0,07	0,07
	Hettstedt, Am Mühlgraben, Container	0,09	0,07	0,06
	Hettstedt, Berggrenze, An der Bleihütte	0,12	0,08	0,07
	Hettstedt, Über der Heckerlingsbreite	0,10	0,09	0,21
	Großbörner, Hüttenstraße	-	0,12	0,10

Obwohl damit auch die Schwermetallimmission deutlich verringert wurde, weist doch der jüngste Immissionsschutzbericht (1996) den Raum Hettstedt nach wie vor als ein Gebiet mit - im wesentlichen durch Sekundärstaubentwicklung bedingten - leicht erhöhten Schwermetallbelastungen aus (Tab. 6). Sicherlich gehen diese „Erfolge“ zum einen auf den Zusammenbruch der Kupferschieferverschüttung selbst, andererseits aber auch auf effektive Umweltschutzmaßnahmen (Nachrüstung von Industrie und Heizkraftwerken mit Filteranlagen u.ä.) sowie eine allmählich immer stärker umgreifende generelle Umstellung der individuellen Heizsysteme zurück. Bei der Beurteilung der aktuellen Belastungsspektren zeigt sich neben einer generellen Abnahme der Gesamtbelastung, daß der Anteil der Kleinverbraucher und des Hausbrandes gegenüber der „Vorwendezeit“ eine „Aufwertung“ erfahren hat. Während 1989 diese Emittentengruppe ca. 15 % des Schwefeldioxids, 40 % des Kohlenmonoxids und 11 % der Stickoxide in die Luft „blies“, veränderten sich die Proportionen seitdem beträchtlich. So kamen 1993 im damaligen Kreis Hettstedt 41 % der Staub-, fast 75 % der Schwefeldioxid- und ca. ein Drittel der Kohlenmonoxid-Emissionen aus dem Hausbrand und von den Kleinverbrauchern.

Auch die Gewässerbelastung hat sich verringert. Die Reduzierung der Phosphateinträge wurde dabei vor allem durch eine Verbesserung der Abwasserentsorgung erreicht. Obwohl diese im Raum Mansfeld/Sangerhausen immer noch nicht als befriedigend zu bezeichnen ist, konnten doch in den vergangenen Jahren wesentliche Fortschritte u.a. durch 14 seit 1990 neu gebaute Kläranlagen (von derzeit insgesamt 26) er-

Tab. 6: Inhaltstoffe des Staubniederschlags, Jahresmittelwerte 1996 in  $\mu\text{g} (\text{m}^2 \text{d})$  (verkürzt aus: IMMISSIONSCHUTZBERICHT SACHSEN-ANHALT 1996)

Kreis	Ort	Pb	Cd	Cr	Ni	As	Cu	Zn
Mansfelder Land	Amsdorf, Chausseestr.	14,6	0,3	1,9	2,4	2,8	136,9	102,8
	Eisleben, Magdeburger Str., Container	22,0	0,3	0,9	2,2	2,3	41,3	162,4
	Helbra, Am Pfarrholz	15,6	0,3	0,7	1,5	3,4	78,8	117,4
	Hettstedt, An der Brache	71,8	1,1	1,4	6,7	4,0	642,2	464,8
	Hettstedt, Am Mühlgraben, Container	28,6	0,6	1,0	3,8	3,0	242,1	214,0
	Hettstedt, Berggrenze, An. d. Bleihütte	85,3	1,1	1,8	7,1	6,4	637,3	367,6
	Hettstedt, Lichthöcherberg	56,7	1,2	1,8	5,3	4,8	639,9	562,3
	Großörner, Hüttenstraße	106,8	2,9	6,8	18,0	11,6	2534,4	471,2

reicht werden. An einigen schon vorhandenen älteren Einrichtungen konnte eine weitere Reinigungsstufe in Betrieb genommen oder zusätzliche Kapazität geschaffen werden. Dadurch erhöhte sich der Anschlußgrad der Haushalte an die öffentliche Kanalisation von 1990 mit weniger als 40 % auf jetzt 70 % (UMWELT-SANIERUNG 1996). Trotzdem gelangen weiterhin nicht unbeträchtliche Mengen von Abwässern mehr oder weniger direkt in das Oberflächen- oder/und Grundwasser. Dieses Problem soll jedoch durch weitere 15 Kläranlagen in den „Griff“ bekommen werden. Der Ausbau der kommunalen Abwasserentsorgung, aber auch die Nutzflächenveränderungen der letzten Jahre, der Anbau von Flurgehölzen sowie die verstärkte Unterwuchsbedeckung der (reduzierten) Obstbaulflächen haben ebenso wie der genannte Betrieb der Wasseraufbereitungsanlage an der Mündung der Bösen Sieben zu einer Reduzierung der Schadstoff- und Sedimenteinträge in den Süßen See geführt. So gelangen gegenwärtig pro Tag nur etwa noch 17,2 kg Gesamtphosphor aus den verschiedensten Quellen in den See. Um den (vorerst) angestrebten mesotrophen bis eutrophen Gütezustand des Sees zu erreichen, dürften jedoch aus allen möglichen Eintragsquellen nur 3,4 kg Gesamtphosphor pro Tag in den See eingetragen werden (HEINRICH 1993).

Trotz der Verringerung der Emissions-/Immissionsbelastungen über den Luft- und Wasserpfad bleiben natürlich die Kontaminationen in den Böden und Sedimenten weitestgehend erhalten. Ein natürlicher Abbau der Schwermetalle erfolgt dabei kaum, so daß das „Erbe“ der Vergangenheit noch lange erhalten bleiben wird. Gleichzeitig muß natürlich auch erwähnt werden, daß andere Formen der Belastung, z.B. solche durch Lärm, in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Obwohl dies sicherlich nicht nur im Mansfelder Land so ist, führte doch gerade hier die Zunahme des privaten und gewerblichen Autoverkehrs über die B 80, die fast den gesamten Ost-West-Verkehr zwischen Halle und Göttingen aufnimmt, zu beträchtlichen Lärmbelastigungen bei den Anwohnern. Schallimmissionspläne sollen hierbei ein wesentliches Instrument zur Lärminderung sein. Maßnahmen wie der Einbau von Schallschutzfenstern - bei Überschreiten des Verkehrsgeräuschepegels von 75 dB(A) - sind hierbei eine Hilfe. Eine „echte“ Entlastung wird aber sicherlich erst durch die vorgesehenen Ortsumgehungsstraßen sowie dann nach der Fertigstellung der Südharzautobahn erfolgen.

Und wie sieht es mit der wirtschaftlichen Entwicklung aus? Leider sind hier kaum ähnlich positive Tendenzen erkennbar. Zwar zeigen sich im Vergleich zu der einem „Totalcrash“ gleichkommenden Si-

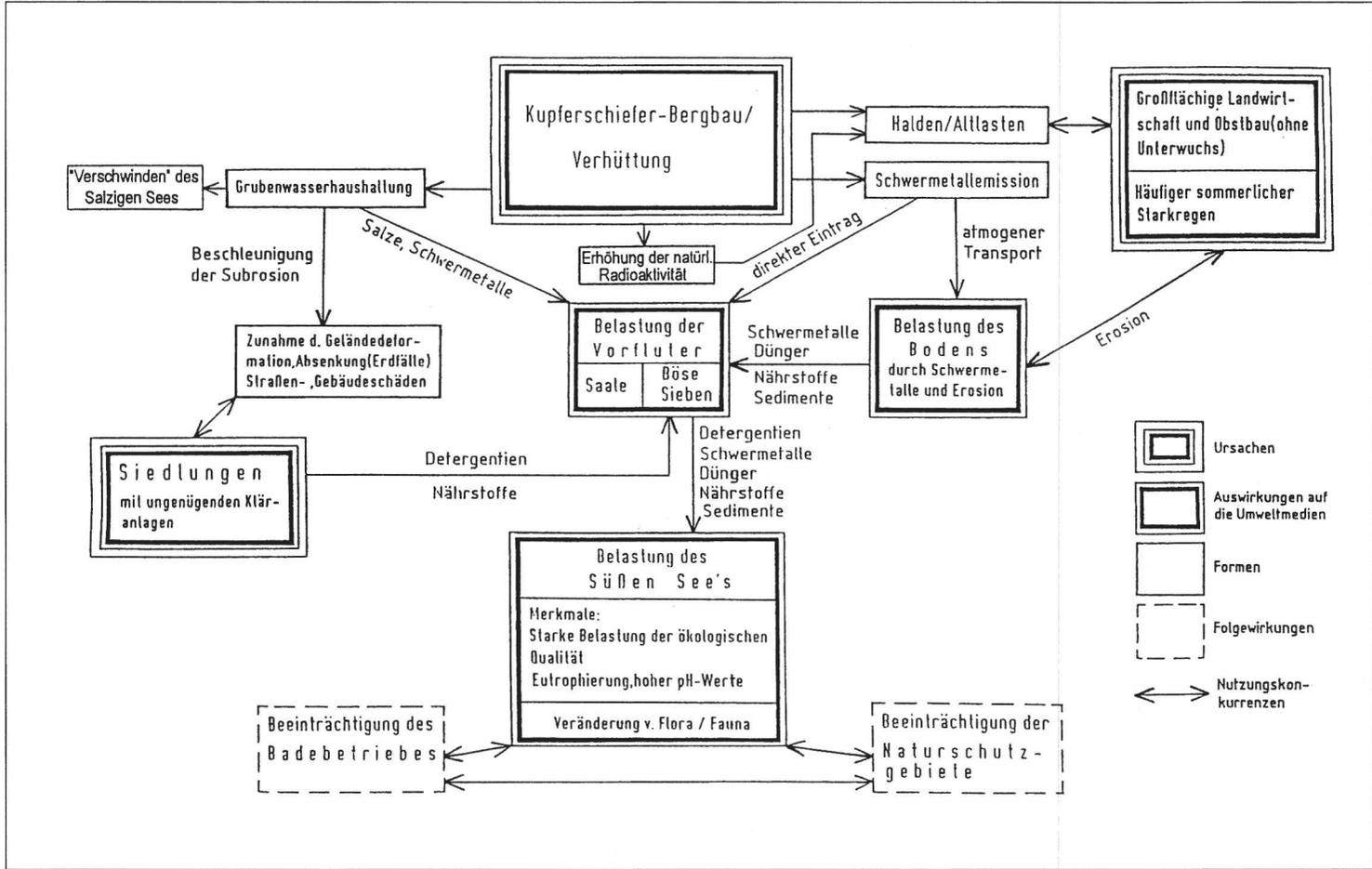


Abb. 16: Ursachen, Formen und Auswirkungen von Umweltproblemen sowie auftretende Nutzungskonkurrenzen im Mansfelder Land.

tuation Anfang der 90er Jahre erste „zarte“ Blüten, zu denen vor allem die Mansfelder Kupfer- und Messing GmbH und die ALUHETT GmbH in Hettstedt, die genannte ROMONTA GmbH in Röblingen sowie der Sanderslebener Maschinen- und Anlagenbau gehören. Eine generelle Trendwende ist jedoch - insbesondere wenn man die aktuellen Arbeitslosenzahlen heranzieht - noch nicht eingetreten.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

FRÜHAUF, M.: Das Mansfelder Land - Kontrastraum zwischen landschaftlichen „Highlights“, Umweltbelastung und sozialen sowie wirtschaftlichen Problemen. - *Hercynia N. F.* 32 (1999): 161–190.

Das Mansfelder Land weist eine Vielzahl wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Probleme auf, die besonders durch die Kupfergewinnung und ihren Niedergang seit der Wende hervorgerufen worden sind. Trotz Einstellung der Kupferschieferabbau- und Verhüttungstätigkeit zeigen sich auch gegenwärtig noch ökologische „Nachwirkungen“, die sich insbesondere in einer Belastung des landschaftlichen Stoffhaushaltes zeigen. Diese reichen oft über ihren ehemaligen Verursacherort hinaus. Allerdings muß, nach Meinung des Autors, die in der Nachwendezeit als besonders drastisch beschriebene Bodenschwermetallbelastung etwas relativiert werden, wozu auch natürliche (Boden)-„Gunstfaktoren“ beitragen. Daneben existieren aber in diesem Raum noch andere Formen von Umweltbelastungen, die hinsichtlich ihrer Ursachen anderweitig begründet werden müssen. Hierbei spielen die Landwirtschaft, aber auch die Kommunen selbst eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Dadurch kam und kommt es insbesondere über den „Wasserpfad“ auch gegenwärtig noch zu einem Schadstofftransfer, der besonders in den Stoffsenken zu einer auch gegenwärtig noch beträchtlichen Problemvielfalt führt. Dies bedingt nicht nur Nutzungseinschränkungen, sondern steht auch in starkem Kontrast zu den landschaftlichen und kulturhistorischen Besonderheiten dieses Raumes. Wenn von letzteren schon ab und an gesprochen wird, die Lutherstadt Eisleben als Geburts- und Sterbeort Martin Luthers ebenso wie mehrere Standorte der Straße der Romanik in diesem Raum „überregional“ bekannt sind, so trifft dies leider für die landschaftlichen Reize dieses Raumes bisher kaum zu. Und gerade hier hat das Mansfelder Land einiges zu bieten!

Obwohl in der Zwischenzeit eine beträchtliche Reduzierung der verschiedenartigsten Schadstoffemissionen erfolgte und eine Vielzahl von Umweltschutz- bzw. Sanierungsvorhaben realisiert wurden, bleibt noch viel zu tun, um sowohl die wirtschaftlichen als auch die ökologischen Probleme soweit abzubauen, daß das Mansfelder Land wieder als eine in jeder Hinsicht „blühende Landschaft“ bezeichnet werden kann. Dazu sind auch zukünftig naturwissenschaftlich begründete und ökologisch verträgliche Entscheidungsgrundlagen für unterschiedlichste Planungs-, aber auch Sanierungsvorhaben gefragt. Hierbei sind Geographen in besonderer Hinsicht gefordert!

## 10 LITERATUR

- AURADA, K. (1969): Hydrologie und Wasserwirtschaft des Schlenzegebiets und ihre Beeinflussung durch die Wasserhaushaltung des Kupferschieferabbaus in der Mansfelder Mulde. Diss. (A), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- BRENDEL, K., FANTASNY, D.; SUDERLAU, G. (1970): Der Einfluß der Senkungs- und Erdfallgebiete in der Mansfelder Mulde auf Baubestand und Bauplanung. In: Exkursionsführer „Geologie und Technik“, 39-101. Berlin.
- FRÜHAUF, M. (1995): Landschaftliche Besonderheiten und Umweltprobleme im Mansfelder Land. In: Schriftenreihe der Gesellschaft für Deutschlandforschung, 46, 115-141. Berlin.
- HEINRICH, B. (1993): Abwasserbeseitigung im Einzugsgebiet des Süßen Sees. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale). 2 9/1993, 35-39.
- IMMISSIONSSCHUTZBERICHT SACHSEN-ANHALT 1996: Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Halle (Saale), 1997, Heft 22.
- MAHN, E.-G., SCHUBERT R.; WEINERT, E. (1986): Exkursionsführer Mansfelder Hügelland. MLU Halle-Wittenberg, Sektion Biowissenschaften.

- MALYSKA, G. (1993): Schutz des Süßen Sees als Badegewässer. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale). 2 9/1993, 18-21.
- MÜCKE, E. (1961): Formen der Salzauslaugung am Nordrand des Süßen Sees. In: Arch. Naturschutz und Landschaftsforschung, 1, 39 - 53.
- NEUB, E.; ZÜHLKE D. (Leiter eines Autorenkollektivs) - Mansfelder Land - Werte unserer Heimat, Bd. 38, Akademie-verlag Berlin, 1982.
- OCKERT, G. (1993): Ergebnisse limnologischer Untersuchungen des Süßen Sees im Zeitraum von 1957 bis 1960. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale), 2 9/1993, 22-29.
- OERTEL, T. (1998): Untersuchung und Bewertung geogener und anthropogener Bodenschwermetallanreicherungen als Basis einer geoökologischen Umweltanalyse im Raum Eisleben - Hettstedt. M. Frühauf et U. Hardenbicker (Hrsg.) Geowissenschaftliche Umweltforschung im mitteldeutschen Raum: Beiträge der 3. Tagung zur Geographischen Umweltforschung in Mitteldeutschland. 6.-7. November 1997, Halle (Saale): UZU (UZU-Schriftenreihe; N.F., 2), 33-43.
- OPP, C.; NAGEL, R.; FRÜHAUF, M. (1991): Belastungssituation landwirtschaftlicher Nutzflächen im Kreis Eisleben hinsichtlich der Schwermetallbelastung der Böden. Anwendungsstudie für die Abt. Landwirtschaft beim damaligen Rat des Kreises Eisleben.
- SCHAEFFER; SCHACHTSCHABEL (1994): Lehrbuch der Bodenkunde, ENKE-Verlag Stuttgart.
- SCHMIDT, G. (1993): Bodenerosion und diffuser Stoffeintrag in das Vorflutsystem des Süßen Sees unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetalldynamik. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale). 2 9/1993, 40 - 51.
- SCHMIDT, G.; FRÜHAUF, M. (1996): Analyse und Modellierung von Stoffeintrag, -transport und Schwermetallbelastung im Einzugsgebiet von Böser Sieben und Salzgraben. Abschlußbericht eines DFG-Forschungsvorhabens, MLU Halle.
- THOMAS, M. (1983): Böden und Feststoffumlagerungen im Einzugsgebiet des Süßen Sees bei Eisleben. In: Petermanns Geogr. Mitteilungen. H. 4, 257-259.
- TÜV Bayern (1991): Abschlußbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Umweltsanierung Mansfelder Land„. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von der AG TÜV Bayern/L.U.B. Lurgi-Umwelt-Beteiligungsges. Eisleben.
- ULE, W. (1892): Die Mansfelder See.- Bericht über die gegenwärtigen Veränderungen. In: Mitt. d. Vereins f. Erdkunde. Halle, 199-204.
- Umweltbericht des Bezirkes Halle (1989). Hrsg.: Rat d. Bez. Halle, Fachorgan Umweltschutz, Naturschutz und Wasserwirtschaft. Halle (Saale).
- Umweltbericht des Landes Sachsen Anhalt (1990, 1991, 1993): Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt.
- Umweltsanierung (in der Region Mansfeld/Sangerhausen) (1996) - Herausgegeben vom Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalts, Magdeburg.
- WANKA, R. (1993): Die Wasserbeschaffenheit des Süßen Sees und seiner Zuflüsse. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale). 29, 13-17.
- WAGENBRETH, O. et STEINER, W. (1982): Geologische Streifzüge. VEB Grundstoffverlag, Leipzig.
- ZINKE, G. (1993): Die natürlichen Verhältnisse des Einzugsgebietes der Bösen Sieben unter Berücksichtigung der Mansfelder Seen. In: Veröffentlichung des Staatl. Amtes für Umweltschutz Halle (Saale). 2 9/1993, 8-12.

*Manuskript angenommen: 3. März 1999*

Anschrift des Autors:  
 Prof. Dr. Manfred Frühauf  
 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
 Fachbereich Geowissenschaften  
 Institut für Geographie  
 Domstr. 5  
 D-06108 Halle