

#### 4. Conclusions

In reality the situations that generated these models can be more complex. We could have for example more than one sources of in-flow but only one containing pollutant.

Basically the problem can be expanded to an unlimited number of lakes. The real advantage of these models stays in their simplicity. The only assumption that is made is that the water-pollutant system is homogeneous, assumption that is quite important. Unless homogeneity is assumed the model becomes more complicated, involving equations with partial derivatives. This sort of equations led to conditions that need extra measurements that can't always be done. One would need to know how the water-pollutant system propagates through the clean unpolluted water, this being a dynamic process. The assumptions that were made about the compensation between the precipitation on one hand and infiltration and evaporation on the other hand and that in-flow equals out-flow are reasonable because volume can be considered constant on a long time scale. If volume is considered to be variable one needs to find a relationship between concentration and volume to eliminate an unknown function. This problem can be solved both empirically and theoretically.

We consider that the models that were obtained are extremely important as a first step towards obtaining more complex models that take into account the above-mentioned problems as well. The effort will be much greater.

#### Bibliography

- AMELKIN V.V. (1990): *Differential Equations in Applications*. Ed. MIR, Moskwa.
- CHORLEY, R.J. (1967): *Models in Geomorphology*, in *Physical and Information Models in Geography*, Eds. R. J. Chorley and P. Haggett, Methuen, London.
- GUERMONT Y. (1984): *Analyse de Système en Géographie*, Press Universitaire de Lyon.
- HAGGETT P., CHORLEY R. J. (1969): *Model, Paradigms and New Geography*, in *Physical and Information Models in Geography*, Eds. R. J. Chorley and P. Haggett, Methuen & Co Ltd, London.
- Haidu, I., LAZAR, I., LENARD, C., IMBROANE, A. M. (1990): *Modelling of the Natural Hydroenergetical Organization of the Small Basins*, in *Energy and Environment*, Proceeding of the 1st World Renewable Energy Congress, Reading, U. K., 23–28 sept. 1990, Ed. A. A. M. Saylgh, Pergamon Press, Oxford, p. 3159–3166.
- IMBROANE A. M. (1999a): *G. I. S. – An efficient tool for decision making*, in *Geography within the Context of Contemporary Development*, Cluj-Napoca, 6–7 june 1997, Cluj University Press, p. 269–278.
- IMBROANE A. M. (1999b): *Modèles mathématiques – instrument efficient d'investigation des phénomènes naturels*, *Studia Univ. "Babes-Bolyai"*, *Geographia*, XLII, Nr. 2, p. 45–56.
- IMBROANE A. M. (2000a): *Asupra unor modele diferențiale cu aplicații în Geografie Fizică*, *Studia Univ. "Babes-Bolyai"*, *Geographia*, XLII, Nr. 1, p. 3–10.
- IMBROANE A. M. (2000b): *Modele matematice ale profilelor de râuri*, *Studia Univ. "Babes-Bolyai"*, *Geographia*, XLII, Nr. 2, p. 97–107.
- IMBROANE A. M. (2002): *Aplicații ale calculului variațional în determinarea echilibrului profilelor de râuri*, *Studia Univ. "Babes-Bolyai"*, *Geographia* XLVII, Nr. 1, p. 93–100.
- IMBROANE A. M., CODILEAN A. T., KOLOZSVÁRI A. (2002): *Realizarea unui model digital pentru simularea riscului de inundații prin tehnologia GIS. Studiu de caz Bazinul Vișeuului*. Prof. of Symp. 'Dimitrie Cantemir', Oct. 2001, Univ. A.I. Cuza Iași, Romania (in press).
- KIRKBY M. J., NODEN P. S., BURT T. P., BUTCHER D. P. (1987): *Computer Simulation in Physical Geography*, John Wiley & Sons, New York.
- LUNGU, N. (1990): *Matematici cu aplicații în tehnică*, Ed. Tehnică, București.
- MARCUS, S. (1987): *Moduri de gândire*, Ed. Șt. și Encicl., București.
- MEADOWS, P. (1957): *Models, system and science*, *American Sociological Review*, 22, p. 3–7.
- NICOLAU E. (1981): *Modelare în știință*, Ed. Șt. și Encicl., București.
- POPA, R. (1998): *Modelarea calității apei în râuri*, Serie coordonné par Carbonel J-P., Univ. Paris VI et Drobot R., Univ. Tech. de Construcții, Bucharest, Ed. \*H\*G\*A\*.
- REDHEFFER R. (1991): *Differential Equations. Theory and Applications*, Jones and Barlett Publ. Comp., Boston.
- ZILL D.G. (1986): *A First Course in Differential Equations with Applications*, PWS-KENT Publ. Comp., Boston.
- WILSON A. G., KIRKBY M. J. (1980): *Mathematics for Geographers and Planners*, Clarendon Press, Oxford.

**Alexandru IMBROANE**

Babeș-Bolyai University, Faculty of Geography, str. Clinicilor 5-7, 3400 Cluj-Napoca, Romania  
E-mail: alex@geografie.ubbcluj.ro

## HOCHWASSER, ZYANID UND BLEI. AKTUELLE ENTWICKLUNGEN IM EINZUGSGEBIET DER THEISS

Erhard SCHULZ, József BENEDEK, Sorina FĂRCAȘ, Reiner KLEMD, Sascha KÖNIG,  
Jan Hendrick MAY, Uwe SCHLEICHERT, Wilfried SCHREIBER, Thomas TITTIZER

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die Bergbaugebiete Nordwest-Rumäniens (Maramuresch, Apuseni-Gebirge) zeigten über die letzten drei Jahrtausende exemplarisch die Prozesse der Kulturlandschaftsentwicklung von den ersten Öffnungen und Umstellungen der Landschaft zu intensiver Nutzung, den Regenerierungsphasen und der erneuten Nutzungsperioden seit der ungarischen Landnahme bis hin zu den intensiven Ausbeutungs- und Verschmutzungsphasen der letzten Jahrhunderte. Ein Kooperationsprojekt von Kollegen der Universitäten Würzburg, Cluj (Rumänien) sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde (Koblenz) wertet die natürlichen (Flusssedimente, Hochmoorablagerungen) und historischen Archive (Berichte, Karten) aus und bearbeitet dabei die Fragen nach den Etappen der Kulturlandschaftsentwicklung, nach den unterschiedlichen Dimensionen der Belastung innerhalb dieser Entwicklung, nach den Auswirkungen der Umweltverschmutzung auf die Gesundheit der Bevölkerung sowie nach möglichen raumplanerischen Maßnahmen zur Bewältigung dieser negativen Erbschaften.

Erste Ergebnisse zeigen einerseits die gute Auflösung und Reichhaltigkeit der Archive und andererseits das räumlich unterschiedliche Muster der Schwermetallbelastung. Insbesondere werden dabei neben den generell hohen Kontaminationen die starke Fernwirkung und die aktuelle Gefährdung der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung in einigen Regionen sichtbar.

**ABSTRACT:** The mining regions of Northwestern Romania (Maramuresch, Apuseni) exposed during the last three millennia the processes of cultural landscape from the first openings to the intensive mining exploitation and pollution during the last centuries. In a common research project colleagues of the universities of Würzburg and Cluj-Napoca and of the Federal Institute of Hydrology (BfG)-Koblenz evaluate the natural (river sediments, peat bogs) and historical archives in order to establish a history of cultural landscape and pollution. First results evidenced the good resolution and information content of the archives and a regional differentiated mosaic of heavy metal contamination. This also reveals long distance effects of heavy metal pollution and the actual risks for the drinking water supply of the regional population as well as for the whole river Theiss system.

#### Einleitung

Der neue Managementplan für die Theiss (Szlavik 2002, Váradi et al 2002) zieht Konsequenzen aus der schleichenden Änderung des Abflussverhaltens der Theiss hin zu vermehrten Schadfluten. Wohl entspricht dies einem Paradigmenwechsel in der Behandlung des Flusssystemes – weg von dem immer währenden Ausbau der Deiche und hin zu einer Ausweitung der Retentionsräume als Mittel, Schadfluten die Spitzen zu nehmen, da zeigt sich aber auch das Dilemma eines solchen Motivationswechsels im Flussmanagements. Die Theiss ist heute ein Paradebeispiel dafür, wie notwendig es ist, die Entwicklung und Behandlung eines Flusssystemes ganzheitlich anzugehen und in all seinen Teilen gleichmäßig zu behandeln. Die Erfahrungen der Schadfluten aus dem Jahr 2002 haben die von 1997 bei der Oderflut bestätigt – es nützt nur sehr wenig, einen Fluss in seinem Mittellauf zu bewirtschaften oder mit Schutzeinrichtungen zu versehen, wenn man nicht gleichzeitig in seinem Oberlauf und ersten Tributären die entsprechenden Maßnahmen – wie zum Beispiel die Schaffung von Retentionsbecken trifft (Spiegelberg 2001). Diese allgemeine Tatsache wird aber noch in ihrer Wirkung verstärkt, dass das obere Einzugsgebiet der Theiss in den Karpaten liegt und somit Anteil an drei verschiedenen Staaten hat: Rumänien, Ukraine und der Slowakei. Dies zieht nun notwendigerweise drei Konsequenzen nach sich:

- Die Frage nach Ursache und Entwicklung der Bedrohung muss beantwortet werden.
- Es muss ein System gefunden werden, die Managementänderungen im Mittel- und Unterlauf der Theiss durch entsprechenden Maßnahmen im Oberlauf zu ergänzen und zu unterstützen.
- Diese Maßnahmen müssen in internationalen Verhandlungen mit den Anrainerstaaten festgesetzt werden und es muss auch ein Kontrollsystem entwickelt werden.

#### Die Entwicklungen im Oberlauf der Theiss und ihrer Nebenflüsse während der letzten Jahrzehnte

Die starke Rückgang der Belastung an Phosphat und Nitrat sowie an Schwermetallen von Somesch und Theiss nach 1990 zeigte nun mehr den dramatischen Zusammenbruch der Industrie und der Intensiv-Landwirtschaft in Rumänien als eine gezielte Verbesserung der Produktionsverhältnisse (Császár 1999, Hamar dieser Band, Sárkány-

Kiss, Hamar 1999). Dennoch wiesen sie auf prinzipielle Veränderungen im Landschaftssystem hin. Eine weitere – fast dramatische – Entwicklung liegt in dem Rückgang der Waldbedeckung der Karpaten. So wird für Rumänien von einem Waldverlust von ca. 40% in den Jahren seit 1938 ausgegangen (Rey et al 2002), ein Wert, der für den gesamten Karpatenraum – soweit es den Einzugsbereich der Theiss betrifft – zu übernehmen ist (vergl. Stoyko 2002). Die Situation lässt sich jedoch nicht nur von der Fläche des reinen Waldverlustes erklären, sie ist komplexer. In einem Blockdiagramm (Fig. 1) soll dies für das obere Somesch Tal erläutert werden.

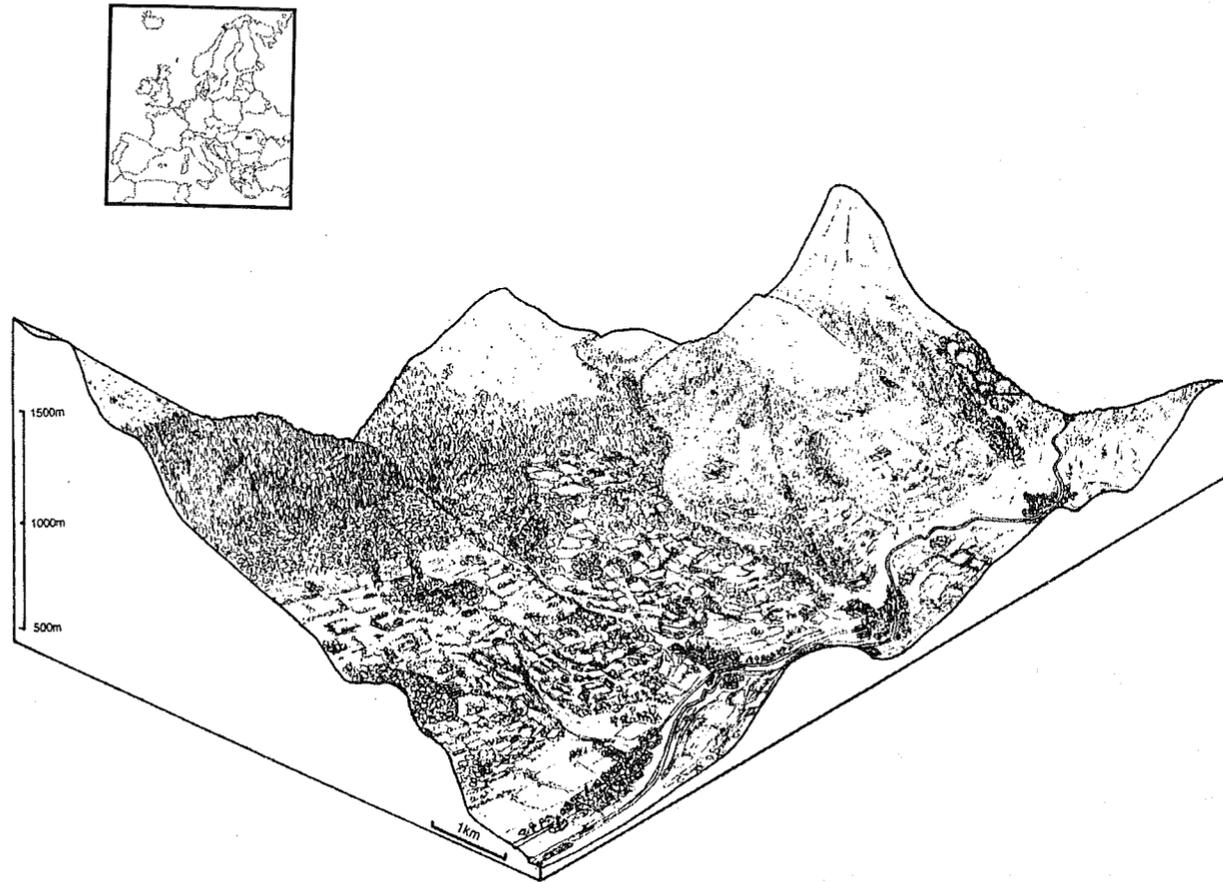


Fig. 1. Blockdiagramm des oberen Somesch-Tales mit der Unterschied kleinflächiger intensiver Nutzung der Hänge und grossflächigen Rodungen (Zeichnung Schulz)

Hier findet sich ein enges Nebeneinander von intensiv genutzten Hängen im Gemenge von Wiesen, Feldern und Hecken, mit vollständig bewaldeten Hängen, deren kleinflächige Grundstruktur auch auf eine intensive Nutzung deutet. Daneben haben sich aber im letzten Jahrzehnt die anarchischen Schlagflächen ausgedehnt, die auf steilen Lagen ohne nachfolgende Aufforstung angelegt werden und so für eine Kombination von höherem Oberflächenabfluss und einer gesteigerten Bodenerosion führen. Letztere wird nicht nur durch die freigelegten Flächen sondern auch durch die vielen Rückegassen an den Steilhängen provoziert. Bezeichnenderweise ist es in diesen Talabschnitten notwendig geworden, die Bäche und die Ufer des Somesch selbst zu verbauen. Auf relativ kurzer Strecke wird hier deutlich, dass eine Entwaldung bei nachfolgender dauerhafter – auch intensiver – Nutzung die Landschaft in einem stabilen Zustand erhalten kann, solange diese Nutzungsform erhalten bleibt. Die letzten Jahrzehnte haben diese intensive und wenig mechanisierte Form der Landwirtschaft wieder verstärkt. Sicherlich nicht aus ökologischen Überlegungen heraus, sondern wohl mehr in dem Wegfall anderer Erwerbsmöglichkeiten begründet (siehe auch Benedek in diesem Band) erfüllt diese Bewirtschaftung auch eine Stabilisierung der Region, ebenso lange wie die Menschen die schwere Handarbeit akzeptieren.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Ausbau der Flüsse und Bäche selbst. Das Theiss-System bietet alle Abstufungen von unbelassenen Stormabschnitten mit sich ständig verändernden Ufern bis hin zu vollständig verbauten und von der Aue auch hydrologisch getrennten Flussbereichen. Das Blockbild (Fig. 2) zeigt ein solches Extrem aus dem mittleren Tal der schnellen Körösch oberhalb von Oradea, wo zur Energiegewinnung in regelmäßigen Abständen der Fluss aus seiner Aue gehoben wird, um ein genügendes Gefälle für einen Turbinenbetrieb zu erreichen (vergl. Pop 1996). In der gleichen Region ist auch die Diskrepanz zwischen den senkrecht zum Hang angelegten Weingärten und den hangparallelen Terrassetten zum Bodenschutz sichtbar. Die

Flussverbauung weist auch auf das Dilemma einer ökologischen motivierten Landnutzung hin. Einerseits sollen die Eingriffe in die Flüsse so gering wie möglich gehalten werden, andererseits bedeutet die Forderung nach „sauberer“, erneuerbarer Energie in hydrologischen Bereich eine oft extreme und nachhaltige Änderung des Flusssystems mit hohem Risiko für die Anrainer und Unterlieger, da die Hochwassergefahr damit verschärft wird.

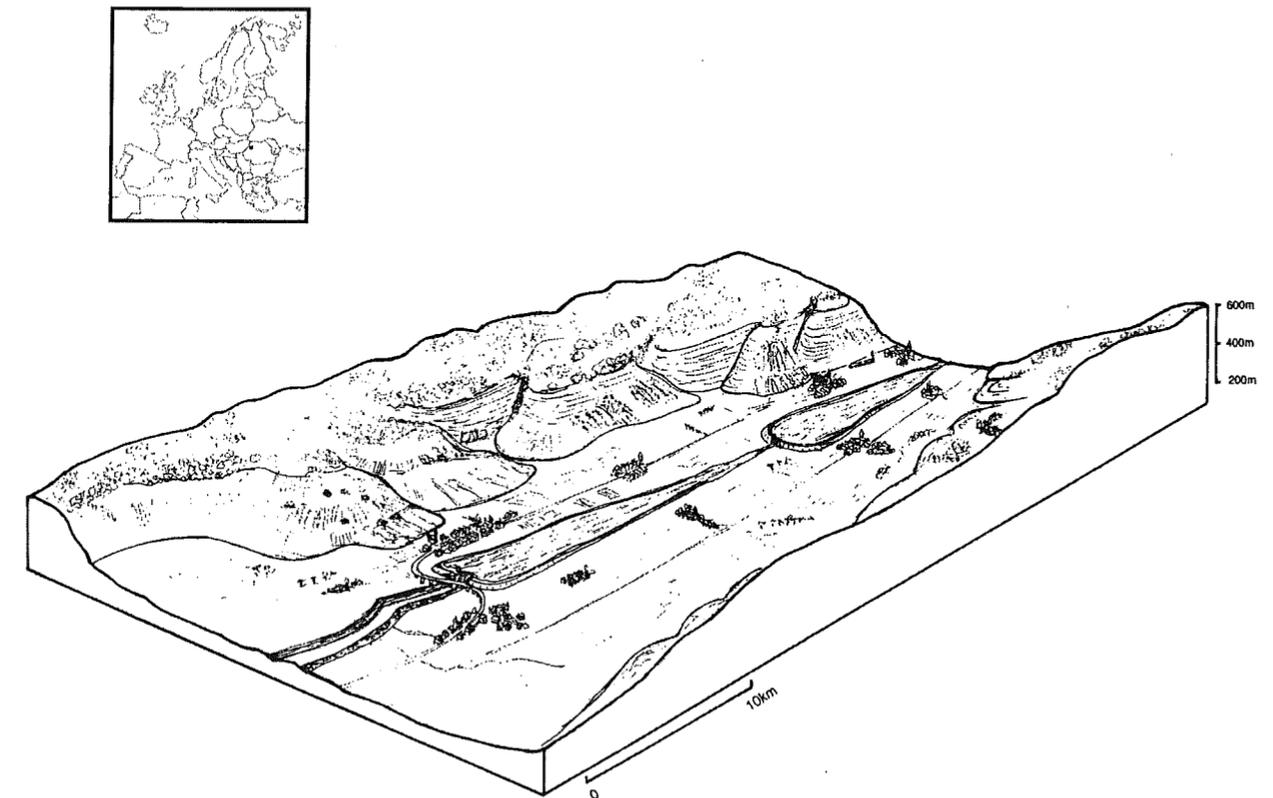


Fig. 2. Blockdiagramm des mittleren Crişul Repede Tals oberhalb Oradea. Vollständige Trennung von Fluss und Aue zur Energiegewinnung (Zeichnung Schulz)

### Traditionelle Wirtschaft und junges Risiko

Durch den Zyanid-Unfall von Baia Mare wurde Europa Ende Januar 2000 schlagartig auf die Bergbauregion Nordwest-Rumäniens aufmerksam (Moran 2001). Aus einem unzulänglich konzipierten und betriebenen Sedimentationsbecken floss eine enorme Menge (ca. 100000 m<sup>3</sup>) hochkonzentrierten Zyanid-schlammes über die Zubringer Sasar und Lăpuş in die Flüsse Somesch und Theiss. Dabei wurden Konzentrationen in den Wässern erreicht, welche die international und auch national zulässigen Höchstmengen um das Hundert- bis Tausendfache überschritten (MTR 2000, VITUKI 2000). Gut einen Monat danach brach der Damm eines Absatzbeckens einer Metallschmelze in der Region Baia Borşa, der ebenfalls nur unzulänglich gesichert war (Tittizer 2000). Dies bedeutete nun für das Flusssystem Theiss eine zweifache Schädigung. Einerseits war es die starke Vergiftung durch Zyanide, die erst in der Donau selbst sich zu unschädlichen Konzentrationen verdünnen konnten, und andererseits kam es zur langfristigen Belastung durch Schwermetallschlämme, welche in den Flusssedimenten gespeichert werden und über Pflanzen bioakkumulativ in die Nahrungskette gelangen können. Für die obere Theiss ist dies besonders problematisch, galt doch diese Region vor den Unfällen als relativ unbelastet und erfüllte zudem auch die Kriterien der Ramsar-Konvention als schützenswertes Feuchtgebiet (Hamar, Sárkány-Kiss 1999). Letztendlich wurde das Donau-System innerhalb eines halben Jahres dreimal nachhaltig geschädigt, wenn man die Bombardierungen von Pancevo im Rahmen der NATO-Angriffe gegen Serbien mit einbezieht. Beide Unfälle in Rumänien mobilisierten kurzzeitig eine große Öffentlichkeit und von UNEP und der EU wurden mehrere task forces und Sonderkommissionen (UNEP/OCHA 2000, Garvey 2000 Tittizer 2000) gebildet und ins Problemgebiet entsandt, um das Ausmaß der Schäden festzustellen und etwaige Präventionsmaßnahmen für die Zukunft zu diskutieren beziehungsweise vorzuschlagen. Ebenfalls wurde medienwirksam von den Vertretern der EU und der nationalen Umweltministerien eine großzügige und langfristige Hilfe sowie umwelttechnische Ausrüstung für die betroffenen Regionen versprochen. Zumindest diese Aktivitäten teilten das Schicksal der Zyanid-Welle. Sie verwässerten, lösten sich schnell auf und waren danach nur noch schwer nachweisbar.

Um nun einen Anhalt zu bekommen, welche planerischen Maßnahmen in dieser Region notwendig sind, um eine weitere Steigerung der Belastungen zu vermeiden und um Informationen zu erhalten, auf welchem Wege eine Regeneration der Ökosysteme ablaufen könnte oder in früheren Zeiten auch ablief, ist es notwendig, die historische Entwicklung dieser Region und die Dimensionen menschlicher Eingriffe zu erhellen.

Innerhalb der Zusammenarbeit zwischen den Universitäten Würzburg und Klausenburg sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz soll in einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Frage nachgegangen werden, inwieweit diese Bergbauregion langfristig belastet ist und wie sich diese Belastung in den letzten Jahrtausenden entwickelt hat. Das Untersuchungsgebiet umfasst dabei die äußerste Pannonische Ebene (Lăpuș-Somesch-Ebene) sowie die Gebirgsgebiete von Titles, Gutin, Maramuresch (Fig. 3) sowie zusätzlich das Apuseni-Gebirge.

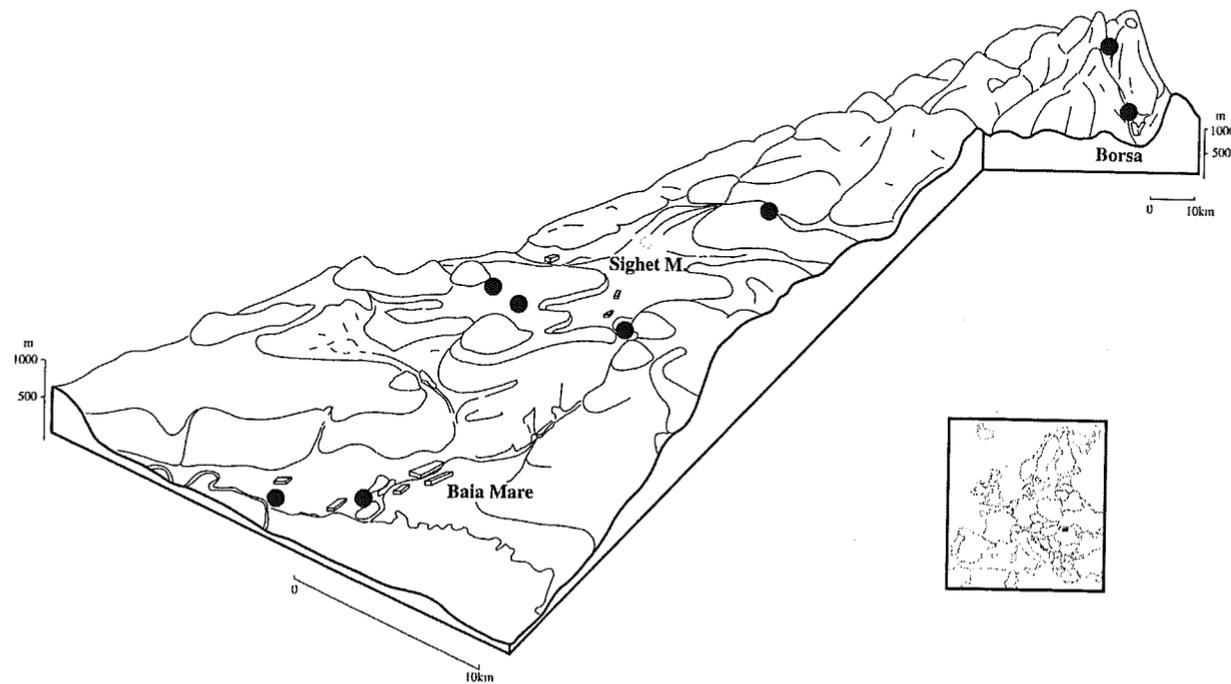


Fig. 3. Blockdiagramm der Region Baia Mare und Borșa mit der Angabe der Bohrlokalitäten (Entwurf Schulz, Kartographie Wepler)

Neben der Aufnahme der aktuellen Situation werden die natürlichen (Flusssedimente, Hochmoorablagerungen) und historischen Archive (Berichte, Karten) ausgewertet und dabei folgende Fragen bearbeitet:

- Welche Etappen gab es bei der Kulturlandschaftsentwicklung und der intensiven Nutzung der Ressourcen?
- Welche Auswirkungen haben diese Nutzungen auf das Flusssystem Theiss?
- Welche Regenerationsprozesse lassen sich in Perioden geringerer Nutzung erkennen?
- Welche Auswirkungen hat die Umweltverschmutzung auf das Gesundheitsniveau der Bevölkerung? Dabei spielt die bioakkumulative Schwermetallbelastung eine besondere Rolle.
- Welche Korrelationen sind aus der Bergbaugeschichte heraus mit den feststellbaren Belastungswerten in den Sedimenten zu erkennen?
- Welche Schlussfolgerungen können zum Entwurf von Entwicklungsmöglichkeiten und raumplanerischen Maßnahmen zur Bewältigung der negativen Entwicklungen aus der Geschichte gezogen werden?

Auf einem gemeinsamen Geländepraktikum mit Studenten und Kollegen aus Bordeaux, Cluj und Würzburg (Abichou, A.; Barma, O.; König, S.; May, J.-H.; Pomel, S.; Schreiber, W.; Schulz, E.) wurden im Oktober 2000 Bohrkern in der Nähe des schon erwähnten Aurul-Absatzbeckens, im Mündungsbereich Lăpuș-Somesch, auf dem Sapinta-Plateau und am Hahnenkamm – Creasta Cocosului, im Überflutungsbereich von 2002 bei Bistra im Vișeu-Tal sowie oberhalb von Baia Borșa und von Borșa selbst gewonnen.

Die Lage dieser Lokalitäten (Fig. 3) lässt erwarten, dass der gesamte Staub aus der Region Baia Mare, der bei Westwindlagen über das Plateau getragen wird, dort in den Mooren gefangen wird. Die Flusssedimente dagegen müssten die Situation des gesamten Hinterlandes repräsentieren.

Die Sedimente wurden mit einem abgewandelten Livingstone-Kammerbohrer bzw. mit dem „Russischen Kammerbohrer“ in geschlossenen Kernen oder in Halbschalen kontinuierlich gewonnen. Die Lăpuș-Terrasse wurde im gesamten Feinmaterialbereich abgebohrt sowie zusätzliche Vergleichskerne gezogen. Ebenso konnten die Hoch-

und Niedermoore bei Creasta Cocosului, sowie auf den Sapinta-Plateau bis zur technischen Grenze der Ausrüstung erbohrt werden.

Um noch einen Eindruck der aktuellen Extremsituation zu bekommen, wurden auch die Flussterrasse des Vișeu bei Bistra mit den aktuellen Sedimenten des Baia Borșa-Ausbruchs (s.o.) sowie Feinmaterialakkumulation bei Baia Borșa und Borșa beprobt. Hier war es aber nur möglich, kürzere Kerne zu ziehen, da die Flussterrassen in diesem Gebiet überwiegend aus Grobmaterial bestehen. Im Bundesamt für Gewässerkunde Koblenz und im Mineralogischen Institut der Universität Würzburg wurden die obersten Sedimente der Kerne und jeweils einige Vergleichsproben aus unterschiedlicher Tiefe auf ihren Schwermetallgehalt hin untersucht. Dies geschah durch wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzspektrometrie (Phillips PW1410 in Würzburg) mit einer Genauigkeit von mehr als 10%. Der geringen Probenmengen wegen wurde dabei das Gesamtmaterial bearbeitet. Es kam darauf an, die Ablagerungen zu testen, ob sich der Informationsgehalt in einzelnen Schichten klar unterscheidet oder eher eine Mischung nachzeichnen (Benedek et al 2003).

Hier sollen erste Resultate zur aktuellen Situation der Maramuresch und zur Frage der Hintergrundsbelastungen vorgestellt werden.

### Die Maramuresch und ihre aktuelle Situation

Die Maramuresch gehört zu den historischen Bergbauregionen Europas. Der Bergbau, der sich über lange Zeiten hauptsächlich um die Gewinnung von Edelmetallen (Gold und Silber) konzentrierte, geht nach langer Unterbrechung nach der römisch beeinflussten Erzgewinnung zur Hauptsache auf die ungarische Landnahme zurück und begründete im Mittelalter mit dem Bergbau in den Regionen Kaschau und Apuseni den Reichtum des ungarischen Königreiches (Bradeanu et al 2003, Fischer und Gündisch 1999, Magyar und Olteanu 1970, Schröcker 1994, Szellemy 1984, Wollmann 1999 a-d). Grundlage des Bergbaus ist auch heute noch die Ausbeutung der erzreichen Gänge in den vulkanischen und kristallinen Massiven des inneren Karpathenbogens. Ebenso kennen die Mittel- und Hochgebirge eine lange Tradition intensiver Land- und Forstwirtschaft, die zu einer kleingekammerten Kulturlandschaft geführt haben (Geografia Romanei 1987, 1992, Moisei et al 2000, Posea et al. 1980). Für den Bergbau galt es, die notwendigen Grundlagen und Rohstoffe zur Erzaufbereitung und Schmelze sicherzustellen. Bereits im 13. Jahrhundert sicherten einige Bergbaugemeinden (so die Stadt Rodna) ihre Versorgung mit Holz durch eine geregelte Forstwirtschaft (Gündisch 2000)

Pollenanalytischen Untersuchungen verschiedener Hochmoore aus dem Apuseni- und Gultai-Gebirge (Björkman et al. 2002, Bodnariuc et al. 2002, Fărcaș et al (2000), Feurdean et al 2001, Mitroescu et al 1989) weisen ebenfalls auf die langanhaltende und wechselvolle Geschichte des Menschen und seiner Einwirkung auf die Landschaft hin. Vergleichbare Untersuchungen liegen aus dem Banater Gebirge vor (Rösch und Fischer 2000)

Zumeist wird dabei nur auf den Wechsel zwischen Rodung Ackerbau, Weidewirtschaft und Wiederbewaldung hingewiesen – aber nur selten auf die Bergbautradition dieser Region. Hier wird es notwendig sein, möglichst viele Sequenzen zu untersuchen, um die Dimension der Waldnutzungen und – umstellungen ermessen zu können. Eine langanhaltende Bergbau- und Verhüttungsgeschichte beinhaltet auch eine vergleichbar lange Waldnutzung, sei es in einfacher Ausbeutung oder in einem planmäßigen Forstsystem. Holz wurde in großen Mengen zum Stollenausbau besonders aber zur Holzkohleproduktion für die Metallschmelze gebraucht (Thomasius 1994). Auf die frühe Waldordnung im Rodnaer Bergrecht wurde schon weiter oben hingewiesen (Gündisch 2002).

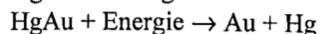
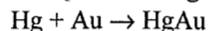
Als Ergebnis dieser langen Bergbau- und Landwirtschaftstradition bietet die Maramuresch heute ein zweigeteiltes Bild. Einerseits ist sie geprägt durch eine traditionelle Landwirtschaft und deren Siedlungsformen (vergl. Fig. 1), andererseits wird das Bild der Region Baia Mare durch die zahlreichen aktiven oder aufgelassenen Minen und Aufbereitungsanlagen und deren Halden in verschiedener Höhe und insbesondere in sehr unterschiedlichem Sicherungszustand beherrscht. Bezeichnend ist hier die Feststellung des UNEP-Teams, dass selbst das skandalös unsicher gebaute „Aurul“ – Absatzbecken noch eine Verbesserung des Umweltzustandes darstellte (UNEP/OCHA 2000).

In den letzten Jahrhunderten wurde die Bleischmelze von Baia Mare – heute „Romplumb“ – für die Region bedeutend, außerdem konzentrierte sich im Metallurgiekomplex „Allied Deals/ Ex-Phoenix“ die Aufarbeitung der Erze, die aus der gesamten Region sowie auch aus dem Apuseni-Gebirge angeliefert wurden. Insgesamt bedeutet das nun einen hohen Anfall von Blei, Kupfer und Zink als Staub und in Lösung, der sich aus der Aufbereitung der Gold- und Silbererze sowie aus der direkten Schmelze der Metalle ergibt. Potenziert wird dies natürlich noch durch den lamentablen Zustand der metallurgische Betriebe in den letzten Jahrzehnten. Letztendlich ist es naiv, eine wenig belastete Umwelt zu erwarten, jedoch fragt es sich, welche Extreme abgepuffert werden müssten, um sich wenigstens an minimale Gesundheits- oder Umweltstandards anzunähern. Schließlich muss dies auch unter den Gesichtspunkten des Beitritts Rumäniens und Ungarns in die EU, der notwendige Anpassung der Umweltrichtlinien und generell der dauerhaft latenten Gefährdung des Flusssystemes Theiss – Donau gesehen werden.

## Warum sind Belastungen durch Zink, Blei Quecksilber und Zyanid generell zu erwarten!

Dazu ist ein kurzer Exkurs in die Aufbereitungsmethoden von Edelmetallerzen notwendig.

Reine Metalladern werden heute kaum noch gefunden und auch die Auswaschung der ehemals Gold führenden Sande ist unrentabel geworden. So bleibt nur noch die selektive Anreicherung der Edelmetalle aus relativ geringhaltigem Erz. Nach dem Brechen und Mahlen des Erzes schließt sich eine Flotation / Schwereretrennung an gefolgt von einer Amalgamierung oder einer chemischen Auslösung. Die Amalgamierung mit Quecksilber ist in vielen Regionen noch gebräuchlich, besonders im artesischen Goldabbau (Charlet, Boudou 2002.). Gold wird dabei mit Quecksilber gebunden und anschließend durch Destillieren rein gewonnen.



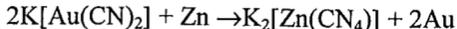
Vergleichbar ist die Feuervergoldung, die noch heute im Kunstgewerbe üblich ist. In Rumänien wird die Amalgamierung nach Schließung der letzten Quecksilberhütte seit Mitte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts nicht mehr angewandt (Wollmann 2002).

Die chemische Lösung von Edelmetallen aus dem Gesteinsmehl ist daher die letzte verbliebene Möglichkeit. Dabei wird in zwei Schritten vorgegangen.

Zunächst wird das Gesteinsmehl mit mittel- oder hochkonzentrierten Kaliumzyanidlösungen in Hochdruckbehältern durchmischt, wobei sich Goldzyanid bildet.



Dieses wird in einem zweiten Arbeitsgang intensiv mit Zinkstaub vermengt, wobei sich Zinkzyanid und reines Gold bildet, welches wieder über Schwereretrennung oder Elektrolyse aus dem Lösungsgemisch gewonnen werden kann



Die Produktionsrückstände werden dann als wässriger Schlamm zu Endlagerung in ein Absatzbecken geleitet, wobei man sich bemüht, die wässrigen Lösungen am Grunde abzusaugen und zurückzuführen. Eine Abwandlung dieses Produktionsprozesses besteht in der Behandlung mit Zyanlösung in hoher Konzentration und der zusätzlichen Durchmischung mit Aktivkohle in einem geschlossenen Druckbehälter. Das Aktivkohle-Zyanidgemisch wird unter Hochdruck mit heißem Wasser separiert und das Gold wird danach über Elektrolyse aus dem Gemisch gewonnen (vergl. Podariu et al. 2002). Dieses Vorgehen – wiewohl als geschlossener und damit sicherer Prozess beschrieben, birgt die Gefahren der dauerhaft offenen Deponie hoch giftiger Substanzen und die Unsicherheiten der Deponieüberwachung mit der Zeit – insbesondere bei einer Schließung der entsprechenden Betriebe.

Aus diesem Exkurs sollte klar werden, dass prinzipiell mit der Freisetzung von Quecksilber und Zink bei der Gewinnung von Edelmetallen in Bergbau- und Montanregionen auszugehen ist und dass sie oft auch als Erbschaft in den Sedimenten übernommen werden. Blei kommt neben Nickel, Arsen und Kupfer als Beiprodukt aus Mischerzen oder als Abfall der Bleiverhüttung noch hinzu. Daraus folgt, dass die Belastung mit Schwermetallen in Bergbau- und Montanregionen generell hoch ist und in diesem Fall auch hauptsächlich über die Staubbelastung erfolgt. Zusätzlich zu den Schädigungen, die durch die Abgase von Fahrzeugen auftreten, wenn Bleitetramethyl oder Bleitetraäthyl als Anti-Klopffmittel für die Motoren den Treibstoffen beigelegt werden (Mielke 1997)

Vereinfacht lassen sich also für das nordwestrumänische Bergbaugesamt die folgenden Belastungslinien durch Direktbeschädigung und Bioakkumulation definieren (Fig. 4).

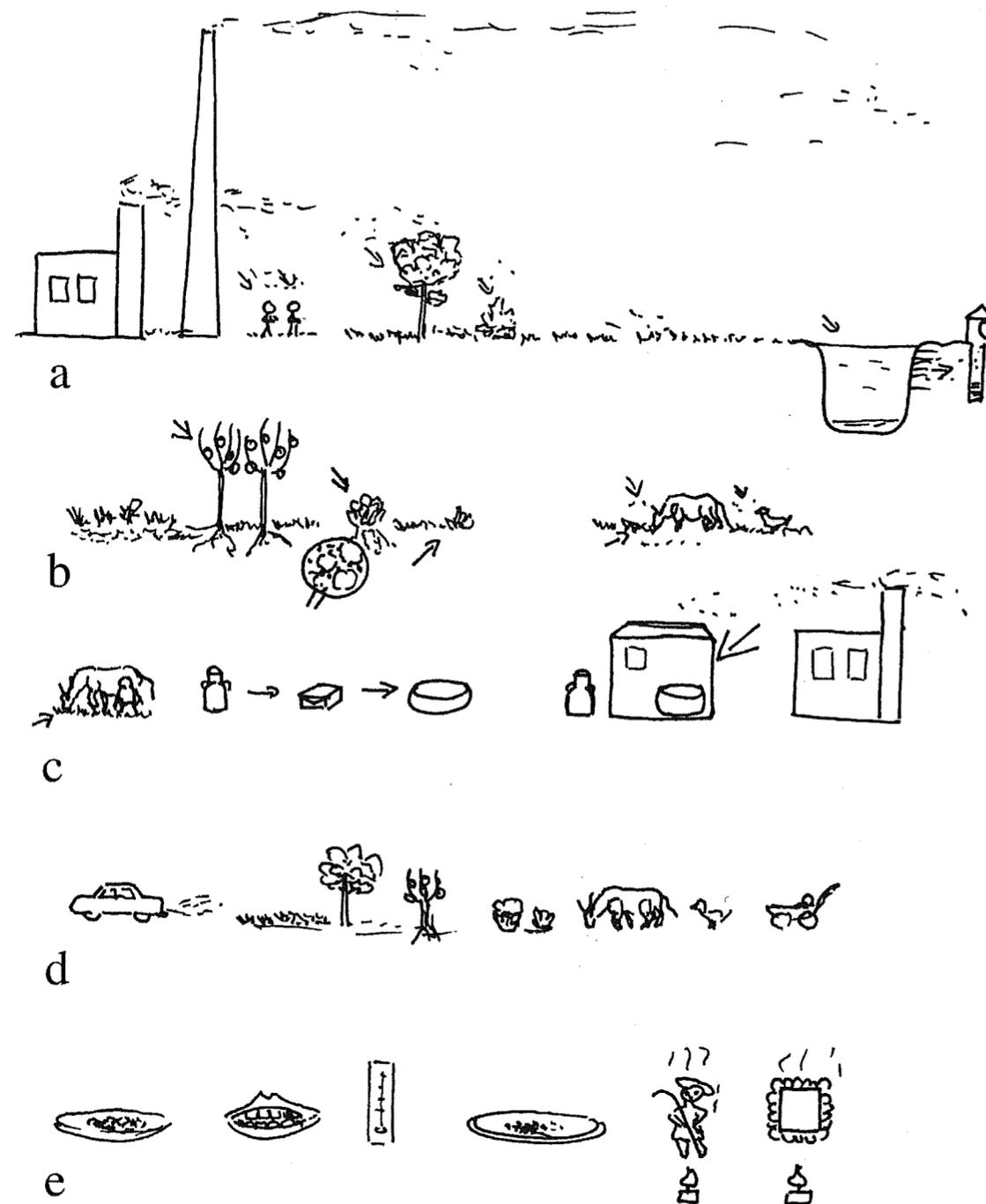


Fig. 4. Belastungswege von Schwermetallen am Beispiel von Blei und Quecksilber  
(Zeichnung Schulz)

- A Direktdeposition von Stäuben mit der Anreicherung im Grundwasser und der Belastung der Flachbrunnen selbst bei relativ geringer Lösung von Stäuben im Wasser
- B Staubablagerung auf Agrarprodukten und Akkumulation in schnell wachsenden Gemüsen wie Blumenkohl und Spinat
- C Akkumulation in Weidetieren und Konzentrierung in der Schiene der Milchverarbeitung. Hier spielt die enge Nachbarschaft von Metallurgie- und lebensmittelverarbeitenden Betrieben in Baia Mare eine besondere Rolle
- D Abgase erhöhen die Belastung durch Stäube noch einmal.
- E Amalgamierung mit Quecksilber ist heute neben der Goldgewinnung noch in der Zahnheilkunde und in der Restaurierungstechnik üblich

## Risiken, Unfälle, „best available technique“ oder die Realität

Es scheint eine offizielle Tradition zu werden, die Unfälle von Baia Mare und Baia Borşa auf klimatische Bedingung – exzessive Niederschläge – zurückzuführen (Zanbak 2003). Dennoch erhebt sich die Frage, ob diese durchaus bekannten klimatischen Bedingungen, nicht bei der Planung von Absatzbecken gefährlicher Substanzen hätten berücksichtigt werden müssen. Schließlich war das „Aurul“ Becken ja in der „besten zur Verfügung stehenden Technik“ gebaut worden und auch als Verbesserung der ökologischen Situation der Region eingeschätzt worden. Diese Verbesserung wurde darin gesehen, dass es sich um eine geschlossene Extraktion mit hochkonzentrierter Zyanlösung handelte, deren Produktionsrückstände in Suspension durch eine Rohrleitung in eine Absatzbecken eingespült wurden, um dann die Lösungswässer wieder aufzufangen und zurückzuleiten, um sie erneut zu nutzen. Der immer noch hochkonzentrierte Zyanschlamm liegt offen und kann bei entsprechender Witterung oberflächlich abtrocknen und ausgeweht werden. Dieses nennt man dann eine „geschlossene Produktionsanlage“. Die Verbesserung der Technik bestand letztendlich aus einer „Geomembran“ – einer verwitterungsresistenten Folie, welche über eine sandig-schluffig-tonige Flussterrasse ausgebreitet wurde. Die beiden Blockdiagramme der Fig 5 beschreiben

die Situation des neuen Absatzbeckens im Frühjahr 2000 und im Frühjahr 2002. Der Dekantationsteich „Aurul“ wurde neben einem älteren der Firma REMIN angelegt, welches selbst zum Teil noch auf anstehendem Fels und auf der Terrasse der Flüsse Sasar und Lăpuş aufgeschüttet wurde. Wie gesagt, die Konstruktion des „Aurul“ Beckens unterschied sich von der der anderen Becken durch die Unterlage einer Geomembran. Generell wird das Material nach der Extraktion unter Druck in die Becken eingespült, um die wässrige Lösung am Beckengrund abzusaugen und zurückzuführen.

In diesem Fall wurde der Damm des Absatzbeckens einfach mit dem Rückstandsschlamm and den Rändern der Plastikfolie aufgespült und danach weiterer Schlamm in das so geschaffene Becken geleitet. Einen vorher aufgeschütteten Damm mit einer Überdeckung durch die Geomembran gab es nicht. So wurde es als „außergewöhnlich“ angesehen, dass das feuchte Material durch den wachsenden Druck der Beckenfüllung und der Last des schmelzenden Schnees auf der glatte Folie instabil wurde. Dies führte zu einem „Dammbruch mit den bekannten Konsequenzen für das Theiss-System. 2002 war die Situation des wie ein normaler Deich mit einer Berme bewehrt worden. Dazu kamen zwei zusätzliche Sicherheitsbecken, bei welchen diesmal die Folienauskleidung auch über den Beckenrand ging (!). Die generelle Bedrohung bleibt jedoch. Bei wirklich außergewöhnlichen Niederschlagsituationen kann der Damm erneut weich werden und kollabieren. Wie gesagt, insgesamt ist das die „best available technique“.

Für den Dammbruch bei Baia Borşa/Novat hatte einer von uns (Tittizer) die Gelegenheit, als Experte im EU-Team die Unfallstelle zu begutachten. Die Aufgabe des Expertenteams war es Informationen zu sammeln:

- über das Ausmaß der Schäden für das Theiss-System
- über die Maßnahmen der rumänischen Seite zur Eindämmung des Schadens und zur Verhinderung weiterer Schäden
- über die physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen auf rumänischer und ungarischer Seite.

Die gesammelten Informationen und Daten sollten die Grundlage von Empfehlungen an die Europäische Kommission zur Eindämmung und Verhinderung von Schäden und zur Restauration des Flusssystem bilden. Darüber hinaus sollten die EU-Experten ihre ungarischen und rumänischen Kollegen zur Beweissicherung und zur Überwachung beraten.

Am 10 März 200 um 11 Uhr brach der oberste von drei Absatzbecken nach heftigen Niederschlägen (37l/m<sup>2</sup>) und beginnender Schneeschmelze. Ca. 20000 to schwarzen Schlammes ergossen sich ins Novat-Vişeu-Theiss-System. Die Anlage bestand aus drei in einem Tal hintereinander geschalteten Absatzbecken, von denen das unterste schon fast schlammfrei war. Von hier aus wurde das Wasser dann in die Flotationsanlage zurückgepumpt.

Der Unfallort bot ein Bild der Verwüstung. Das oberste Becken hatte einen v-förmigen Riss von ca. 30 m Weite und 20 m Tiefe. Einige Vertiefungen im Schlamm waren noch mit wenig Wasser gefüllt. Am unteren Ende des zweiten Beckens war schnell ein Damm zusammen geschoben worden, um den Bruch zu schließen. Es waren aber auch nur noch geringe Reste der ehemaligen Füllung vorhanden. Das untere Ende des dritten Beckens besaß einen mit Beton befestigten Damm, während die beiden oberen Becken nur Dämme aus dem Absetzmaterial selbst hatten.

Der Unfalls führte zu einer Schwermetallverschmutzung. Am 11 März zog das Wasserwirtschaftsamt Somesch-Theiss in Cluj Proben aus den Flüssen Visau und Theiss. Die höchste Kupfer-Konzentration wurde dabei um 18 Uhr im Visau mit 73 mg/l gefunden.

Hier wurde auch die höchsten Konzentrationen von Blei mit 153 mg/l und von Zink mit 411 mg/l gemessen. Dabei wurden die zulässigen Höchstkonzentrationen (30 mg/l) um das 13fache überschritten. In den folgenden Tagen sank die Schwermetallkonzentration im rumänischen Abschnitt der Theiss bis auf die Werte, welche bei Sighet Marmatei mit 324 mg/l für Blei betragen.

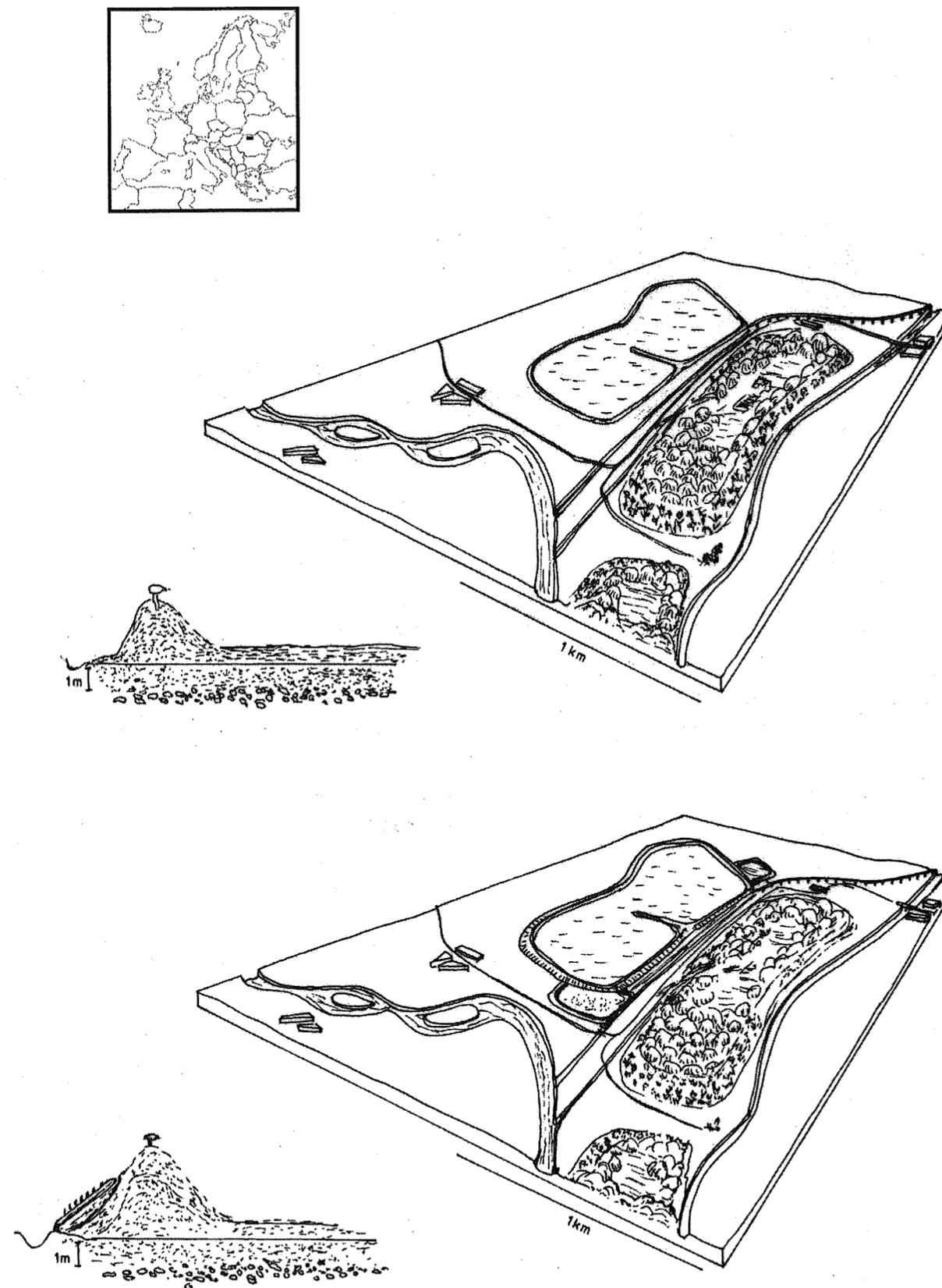


Fig. 5. Blockdiagramme zu Bauprinzip und Zustand des Absatzbeckens „Aurul“ bei Sasar/Baia Mare 2000 und 2002

Nach den Untersuchungen der Umweltbehörde für die Obere Theiss in Nyiregyhaza/Ungarn erreichte die Schwermetallwelle die ungarisch/ukrainische Grenze bei Theissbecs am 12. März um Mitternacht. Dabei wurden 2900 mg/l Zink total und 92 mg/l Zink gelöst, 2900 mg/l Blei total und 100 mg/l Blei gelöst sowie 860 mg/l Kupfer total und 20 mg/l Kupfer gelöst gemessen. Die Wassermenge im Fluß betrug zu dieser Zeit 667 m<sup>3</sup>/s. Gegen 2 Uhr wurden die Höchstkonzentrationen an gelöstem Zink mit 230 mg/l und von gelöstem Blei mit 130 mg/l bestimmt. Die Schwermetallwelle erreichte Szolnok am 16. März, wobei die Zuflüsse von Bodrog, Sajo und Zagyva, die Gesamtkonzentrationen von Kupfer auf 210 mg/l, für Zink auf 440 mg/l und für Blei auf 230 mg/l erniedrigt hatte. Vergleicht man die Umstände beider Unfälle, so zeigt sich die latent hohe Bedrohung für die Gesundheit der Bevölkerung. Sie liegt wohl zur Hauptsache in der unheilvollen Kombination von Vernachlässigung, Ignoranz und bewusster Fahrlässigkeit, die bei der Wartung von aktuellen Betrieben und Montanrelikten immer wieder zu Unfällen führen kann. Das Problem kann sich dabei auf zwei Gebieten verschärfen. Zum einen bei der Handhabung von Absatzbecken und Halden aufgegebener und zukünftig aufzugebender Montanbetriebe und zum anderen in dem geplanten grossmasstäbigen Goldabbau im Apuseni-Gebirge, der mit dem oben beschriebenen und als „best available technique“ charakterisierten Verfahren (Auslaugung mit hochkonzentrierter Zyanlösung im geschlossenen System mit anschließender Deponie) durchgeführt werden soll (ESG 2002, Hum, Matschullat 2003, vergl. auch Waack, dieser Band).

### Die Staublelastung im regionalen Kontext

Die Beschreibung der Gesundheitssituation von Baia Mare (Benedek, Molnar 2001, Benedek et al 2003) sowie Untersuchungen im Gefolge der „Aurul“ und Baia Borsa-Unfälle (Hamar 2001, UNEP/OCHA 2000) erwiesen eine aktuell hohe Belastung durch Blei, Kupfer und Zink in der Region. Diese Schwermetalle sind darüber hinaus allgemein als gute Anzeiger industrieller Aktivitäten bekannt (Fauth et al 1987, Harres et al 1987, Radtke et al. 1997).

Um die aktuelle Belastungssituation beurteilen zu können und auch um deren Entwicklung über die letzten Jahrtausende zu verfolgen und Perioden besonders hohe Belastungen von zwischenzeitlichen Regenerationen unterscheiden zu können, braucht man entsprechende Archive. Diese müssen den Ansprüchen an eine möglichst genaue Registrierung der Umweltverhältnisse und deren ungestörter Bewahrung genügen. Normalerweise sind dies meromiktische Seen und Hoch – sowie Niedermoore. Fluviale Ablagerungen sind zumeist erst in zweiter Linie geeignet, da Umlagerungen immer eingerechnet werden müssen (Berglund 1965). Dennoch sind feinkörnige Sedimente im Rückstaubereich von Flussmündungen (hier Lăpuş-Somesch) gut auswertbar, da sie die Belastungen der jeweiligen Einzugsbereiche registrieren.

Die Figuren (6 und 7) zeigen im Vergleich der oberflächennahen Sedimente erstaunliche regionale Unterschiede und in den jeweiligen Tiefen der Bohrkern eine klaren Rückgang der Schwermetallkonzentrationen. Dargestellt sind jeweils die Gehalte an den wichtigsten Indikatoren Blei, Kupfer und Zink. Dies ermöglicht auch einen Vergleich mit Sedimentproben entlang der Flüsse Vişeu und Oberer Theiss, die von Kollegen aus Szolnok und Klausenburg zur gleichen Zeit genommen wurden (Hamar 2001). Der obere Teil der Fig. 6 gibt die Resultate eigener Untersuchungen wieder, während der untere die Ergebnisse anderer Forschergruppen zeigt. Die Ablagerungen der äußersten Pannonischen Ebene (Flussebene Lăpuş und Somesch) zeigen in den beiden Bohrkernen relativ moderate Werte, wiewohl sie die Grenzwerte der EU weit überschreiten: Blei 143/146, Kupfer 60/39 Zink 193/207 jeweils in ppm. Dass die Zinkwerte die von Blei übersteigen, ist bei dem hohen Verbrauch von Zinkstaub in der Goldaufbereitung zu erwarten. Anders sieht es in der Höhe von ca. 1100 m aus. Hier steigen die Bleiwerte um das Zwei- bis Vierfache an (447/267). Zink hat nur in einem Moor erhöhte Werte (333/119), Kupfer ist mit den Werten der Somesch-Ebene vergleichbar. Dies spricht für eine generelle Anreicherung von Schadstoffen in dieser Höhenlage, da bei Westwindlagen die Stäube aus den Vorland über das Plateau getrieben werden. Die Schwermetallgehalte der Flussterrassen im Gebiet Baia Borsa und Borsa zeigen nun ganz andere Dimensionen. Blei erreicht Konzentrationen zwischen 939 und 308 ppm, Zink steigt bis auf 1890 ppm an, auch Kupfer zeigt Konzentrationen bis zu 538 ppm. Diese Werte sind mit denen vergleichbar, die aus den Flussterrassen in alten Bergbaugebieten berichtet werden (Fauth et al 1987). Zwar ist dies im Tal oberhalb Baia Borsa nicht erstaunlich, da man sich hier direkt im Abbau und Aufbereitungsbereich der Erze befindet, jedoch wird es in der Umgebung von Borsa problematisch, da sich in diesen Ablagerungen die Flachbrunnen der lokalen Bevölkerung befinden, ebenso wie es auch mit den Ablagerungen der Somesch-Ebene der Fall ist. Auch wenn die Fixierung von Schwermetallen in den obersten Horizonten von Waldböden und in Mooren noch sehr unterschiedlich ist (vergl. Schulte, Blum 1997) sowie die Mobilisierung von Schwermetallstäuben aus den Sedimenten ins Grundwasser noch überprüft werden müsste (Symader 1984), wird hier das Niveau aller möglichen Toleranzwerte weit überschritten und es kommt zu einer dauerhaften Gefährdung, welches auch einen logischen Zusammenhang zur allgemeinen Gesundheitssituation der Bevölkerung bietet (s.o.).

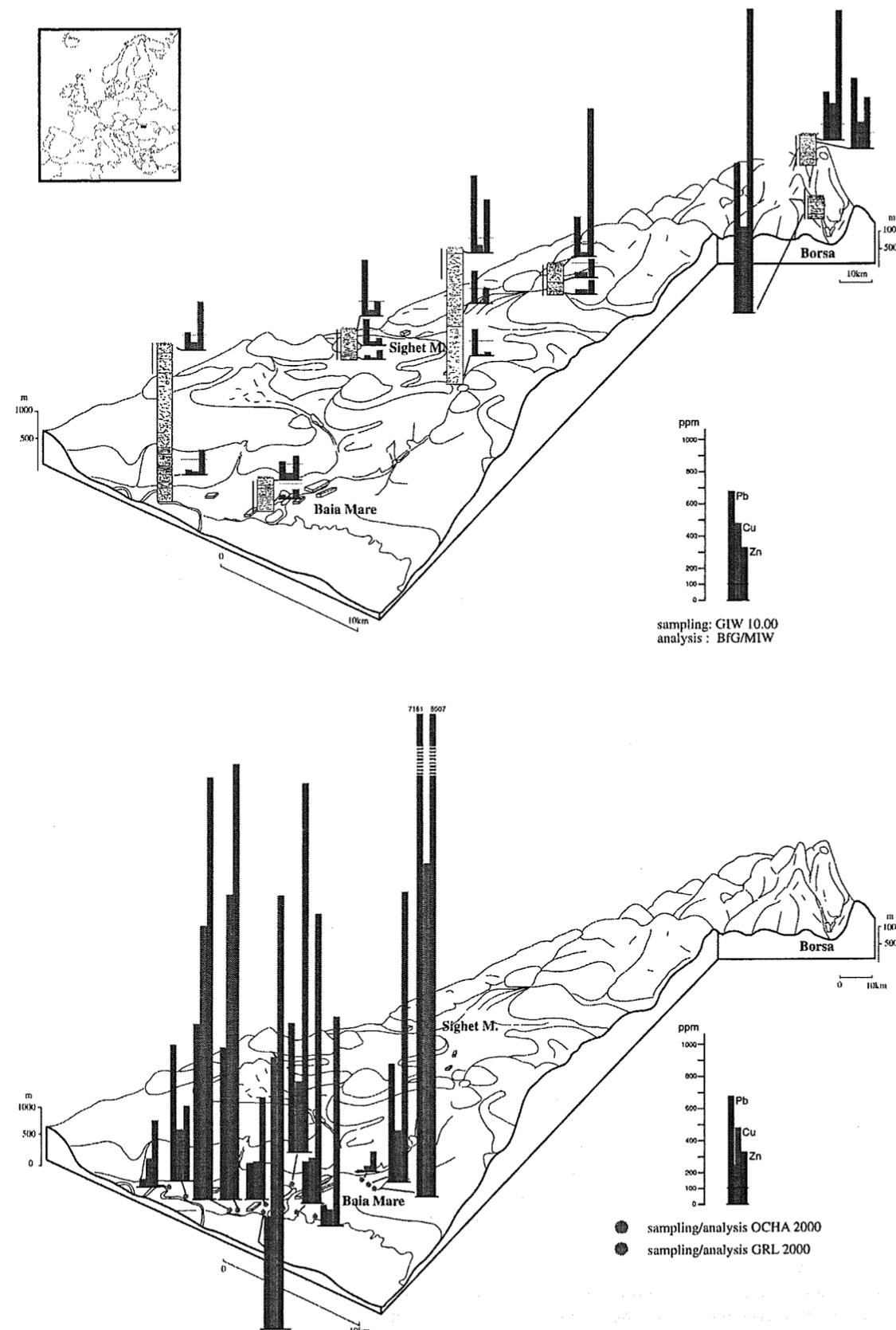


Fig. 6. Blockdiagramm der Region Baia Mare mit den aktuellen und vorindustriellen Schwermetallkonzentrationen (Entwurf Schulz Kartographie Wepler)



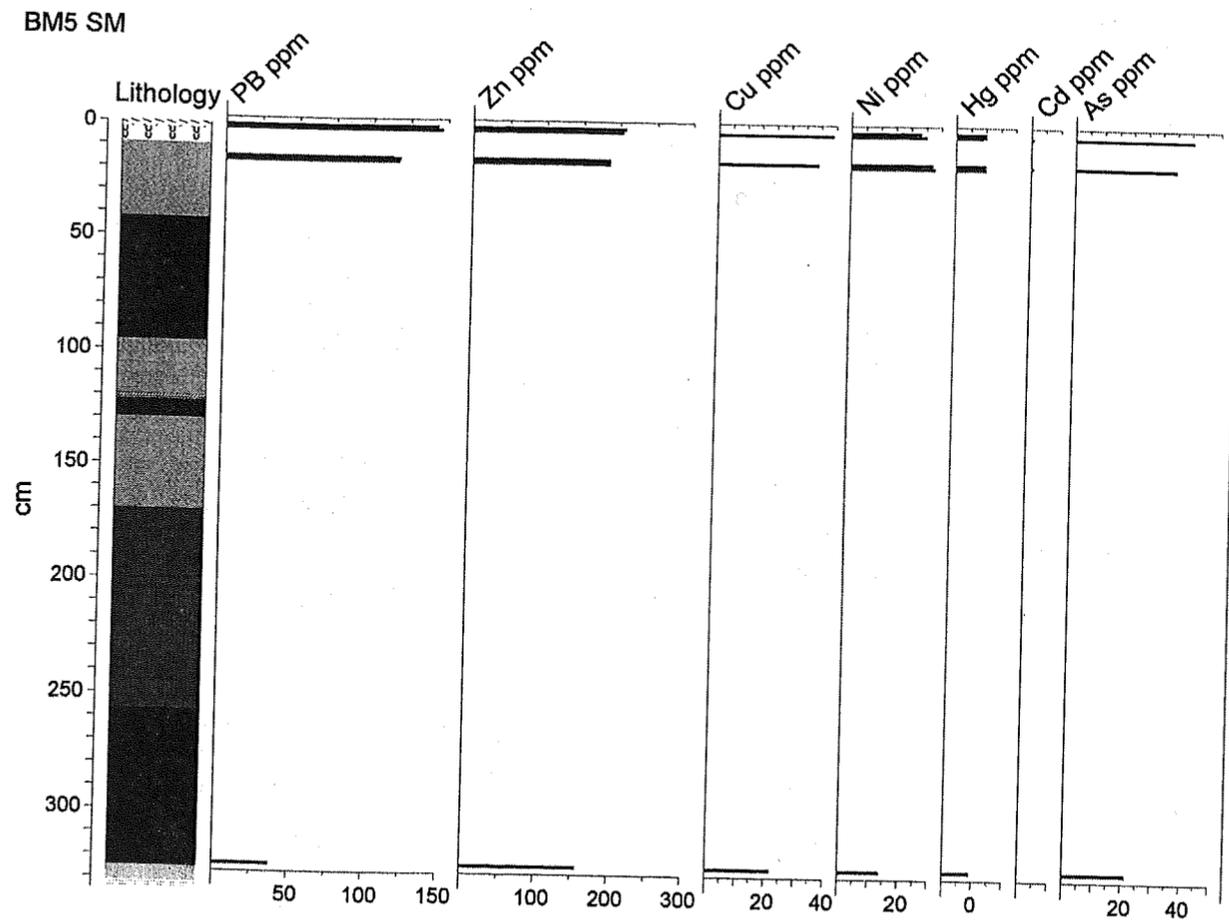


Fig. 9. Vereinfachtes Diagramm zum Schwermetallgehalt des Bohrkernes BM5 (2000) von der Lăpuș-Somesch-Mündung (anal. MIG, BafG)

Der Kern aus der Flussterrasse des Vișeu (SV) ist davon vollkommen verschieden. Blei und Kupfer zeigen niedrige Konzentrationen, nur Zink erreicht vergleichbare Werte zur Somesch-Ebene. Dafür lässt sich aber kein Wechsel mit der Tiefe feststellen. Bei Hochfluten im engen Tal kommt es somit zu einer weitgehenden Durchmischung der Sedimente – anders als es sich bei den Rückstaubablagerungen der Lăpuș-Somesch-Ebene verhält.

### Schlussfolgerungen

Die ersten Ergebnisse der Untersuchungen zur aktuellen und ehemaligen Schwermetallbelastung in der Region Baia Mare zeigen neben der generellen guten Aussagekraft der natürlichen Archive von feinkörnigen Flussterrassen und Hoch-beziehungsweise Niedermoortorfen klare Unterschiede im Schwermetallgehalt der einzelnen Sedimente, je nach Exposition zur Erzverarbeitung bzw. zur Staubvertragung. Es fällt dabei auf, dass die aktuellen Schwermetallgehalte in den Mooren in ca. 1000 m Höhe um das Doppelte oder Dreifache höher sind als in der Somesch-Ebene. Die extrem hohen Werte im Siedlungsgebiet von Borșa lassen sich aus der Nähe zur Abbauregion erklären, sie bedeuten aber auch eine direkte Gefahr für die Menschen, da die örtliche Wasserversorgung auf Flachbrunnen beruht, ähnlich wie es auch für die Dörfer rund um das Absatzbecken Aurul gilt. Die aktuellen Schwermetallgehalte übersteigen für Blei mit Ausnahme der Vișeu-Terrasse überall die für Mitteleuropa festgesetzten Bodengrenzwerte (zitiert nach Harres et al 1987). Im Bereich Borșa/Baia Borșa gilt dies auch für Kupfer und Zink. Hier werden aber auch die Verwertbarkeitsgrenzen für Klärschlämme übertroffen. Die Schwermetallkonzentration in den tieferen Ablagerungen sowohl in der Somesch – Ebene als auch in der Torfmooren in 1000 m Höhe sinken alle soweit ab, dass sie weit unter diesen Grenzwerten liegen und somit den geologischen Hintergrund der Belastung definieren.

Die Region hat heute einen generell sehr hohen Belastungshintergrund, der anderen Bergbauregionen durchaus vergleichbar ist (Fautt et al 1987, Harres et al 1987, IGR/BGR 2000), und der sich durch die enge Verzahnung von Bergbau und Metallurgiebetrieben mit den Wohngebieten und der Lebensmittelverarbeitung noch erhöht. Zusätzlich birgt die Region auch noch die akute Gefahr für Extremschädigungen, welche aus der mangelhaften Sicherung der

Altlasten und der zum Teil sträflich unsicheren Neuanlage von Erzverarbeitungsbetrieben und Absatzbecken herrührt (vergl. ICPDR 2000). Hierin liegt dann auch eine andauernde Gefährdung des gesamten Flusssystemes Theiss. Daraus müssen verschiedene Schlüsse gezogen werden. Man muss auf die potentiellen Unfälle und schleichenden Schädigungen vorbereitet sein und man sollte darüber hinaus die Unfälle von 2000 als Modell nehmen, um ihre Abläufe zu studieren. Damit ließen sich vielleicht künftige Schäden vermeiden.

### Danksagung

Den Geographischen Instituten Cluj und Würzburg sowie der Alexander von Humboldt Stiftung und der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung sind wir für logistische und finanzielle Unterstützung dankbar. Klaus Wepler sind wir für die kartographischen Arbeiten zu Dank verpflichtet.

	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Hg ppm	Cr RFA ppm	Cr AAS ppm	As ppm	Cd ppm	Fe ppt
SI 1 1 cm	447	333	47	20 x	x	x	x	x	x	11.6
SI 1 3cm	275	207	21	20	0.12 <10	x	x	29	2.87	4.1
SI 1 25 cm	202	102	11	20	0.06 <10	x	x	1.2	1.57	2.6
SI 7 365 cm	172	50	12	21	0.03 <10	x	1	0.9	0.45	3
SIII 1 cm	357	105	43	16	0.28	24	10.2	8.9	1.88	21.7
SIII 5 cm	178	55	23	18	0.1 <10	x	1.3	5.9	2	17.3
SIII 62 cm	24	71	11	22	0.07	84	57.3	1.7	0.13	24.6
SIII 62-62.5	43	60 x	x	24 x	x	89 x	x	x	x	x
SV 1cm	32	119	31	36	0.09	89	39.5	44.8	1.99	32.2
SV 0,0-1,0	267	930 x	x	43 x	x	78 x	x	x	x	x
SV 1,0-2,0	241	769 x	x	35 x	x	66 x	x	x	x	x
SV 11cm	35	132	35	40	0.02	89	39.4	16.3	0.52	32.5
SV 10,5-11,5	43	134 x	x	54 x	x	96 x	x	14.7	0.24	37.9
SV 81 cm	26	88	24	39	0.03	108	43.8	x	x	x
SV80,1-81.5	32	95 x	x	42 x	x	104 x	x	x	x	x
BI 0,0-1,0	580	889 x	x	34 x	x	57 x	x	x	x	x
BI 1 cm	308	818	238	23	0.89	61	31.3	435	3.85	52.4
BI 2,0-3,0	144	1141 x	x	34 x	x	66 x	x	x	x	x
BI 10 cm	431	327	173	19	0.94	67	22.3	54.1	0.69	40.6
BI 9,5,10,5	452	284 x	x	17 x	x	58 x	x	x	x	x
BII 1 cm	833	1,205	482	26	0.34	83	36.2	72.2	5.28	43.4
BII 7 cm	939	1,890	530	26	0.36	82	36.4	67.1	8.13	40.6
BII 6,6-7,5	658	296 x	x	33 x	x	98 x	x	x	x	x
BII 23 cm	484	243 x	x	33 x	x	101 x	x	x	x	x
BM2 1 cm	146	193	60	18	0.06	93	35.3	39.7	1.24	32.2
BM2 2-3 cm	142	226 x	x	16	x	93 x	x	x	x	x
BM2 5 cm	117	151	42	18	0.09	81	37	26.6	1.25	30.4
BM2 5.0-5,5	116	145 x	x	15 x	x	93 x	x	x	x	x
BM2 7,0-7,5	100	126 x	x	18 x	x	101 x	x	x	x	x
BM2 55 cm	24	65	16	22	0.09	91	36.4	11.8	0.14	40.3
BM2 55-56	30	67 x	x	22 x	x	94 x	x	x	x	x
BMS/1 0-1	143	207 x	x	23 x	x	60 x	x	x	x	x
BMS/11,5-2	118	183 x	x	21 x	x	64 x	x	x	x	x
BMS/1 2cm	146	203	39	25	0.08	70	37.2	40.6	0.88	41.9
BMS/114,5-15 cm	113	185 x	x	27 x	x	67 x	x	x	x	x
BMS/1 15	118	186	34	23	0.08	66	34.9	34.6	0.82	41.1
BMS/1 15-16	117	185 x	x	28 x	x	76 x	x	x	x	x
BMS/3 322	38	157	22	14	0.07	40	19.7	21.5	0.12	23.7

	Mn ppm	MnO %	Ti ppt	TiO2 %	Al ppt	Al2O3 %	Ba ppm	Ca ppt	CaO %
SI 1 1 cm	163 x	x	0.72 x	x	8 x	x	112	11.6 x	x
SI 1 3cm	102 x	x	0.62 x	x	6.1 x	x	94	9.3 x	x
SI 1 25 cm	69 x	x	0.71 x	x	6.4 x	x	63	6.4 x	x
SI 7 365 cm	62 x	x	0.43 x	x	3.9 x	x	92	8.6 x	x
SIII 1 cm	539 x	x	1.79 x	x	19.2 x	x	266	12.4 x	x
SIII 5 cm	459 x	x	0.84 x	x	9.1 x	x	200	9 x	x
SIII 62 cm	434	x	6.62 x	x	53 x	x	598	3.9 x	x
SIII 62-62.5	x	0.05 x	x	0.99 x	18.88	547 x	0.53	x	x
SV 1cm	640 x	x	4.32 x	x	60.8 x	x	406	7.4 x	x
SV 0,0-1,0	x	0.08 x	0.79 x	10.75	401 x	1.19	x	x	x
SV 1,0-2,0	x	0.07 x	0.75 x	11.17	451 x	1.02	x	x	x
SV 11cm	656 x	x	4.36 x	x	62.4 x	x	422	7.6 x	x
SV 11,5	x	0.1 x	0.88 x	12.85	399 x	1.12	x	x	x
SV 81 cm	1,051 x	x	5.48 x	x	62.4 x	x	441	6.1 x	x
SV80,1-81.5	x	0.16 x	1.14 x	12.85	433 x	1.14	x	x	x
BI 0,0-1,0	x	0.13 x	0.85 x	15.3	749 x	0.68	x	x	x
BI 1 cm	x	x	5.25 x	62.4 x	16.64	785 x	x	x	x
BI 2,0-3,0	x	0.47 x	0.71 x	16.64	720 x	0.97	x	x	x
BI 10 cm	x	x	4.02	67.1	974	1.1 x	x	x	x
BI 9,5,10,5	x	0.05 x	0.79 xx	17.81	915 x	0.41	x	x	x
BII 1 cm	587 x	x	3.88 x	57.5 x	480	9.6 x	x	x	x
BII 7 cm	681 x	x	3.76 x	56.4 x	478	9.6 x	x	x	x
BII 6,6-7,5	x	0.05 x	0.79 x	12.08	489 x	0.56	x	x	x
BII 23 cm	x	0.05 x	0.84 x	12.39	443 x	0.46	x	x	x
BM2 1 cm	1,301 x	x	6.52 x	60.6 x	419	2.9 x	x	x	x
BM2 2-3 cm	x	0.11 x	1.06	9.35	345 x	0.44	x	x	x
BM2 5 cm	1,297	x	6.5	59.5	427	2.6	x	x	x
BM2 5.0-5,5	x	0.11 x	1.12 x	9.83	356 x	0.38	x	x	x
BM2 7,0-7,5	x	0.12 x	1.15 x	9.67	360 x	0.39	x	x	x
BM2 55 cm	462	x	6.61	62.6	433	3	x	x	x
BM2 55-56	x	0.04 x	1.1 x	14.84	386 x	0.49	x	x	x
BMS/1 0-1	x	0.18 x	0.9 x	11.46	449 x	0.65	x	x	x
BMS/11,5-2	x	0.18 x	1.05 x	13.66	441 x	0.36	x	x	x
BMS/1 2cm	1,625 x	x	6.49	61.2	510	2.5	x	x	x
BMS/114,5-15 cm	x	0.17 x	1.07 x	14	456 x	0.35	x	x	x
BMS/1 15	1,651 x	x	6.2 x	62.4 x	485	2.5 x	x	x	x
BMS/1 16	x	0.18	1.07 x	13.89	474 x	0.39	x	x	x
BMS/3 323	293 x	x	5.31 x	62.7 x	425	6.6 x	x	x	x

	MgO %	Na2O %	K2O %	P ppm	P2O5 %	S %	Sc ppm	V ppm	Co ppm	Ga ppm
SI 1 25 cm	x	x	x	905 x	x	x	x	x	x	x
SI 7 365 cm	x	x	x	795	x	x	x	x	x	x
SIII 1 cm	x	x	x	711	x	x	x	x	x	x
SIII 5 cm	x	x	x	610 x	x	x	x	x	x	x
SIII 62 cm	x	x	x	3,072 x	x	x	x	x	x	x
SIII 62-62.5	0.99	0.83	2.14	2,560 x	x	x	x	x	x	x
SV 1cm	1.48	1.64	1.93 x	299	0.05 <0,02	22	144 <10	19		
SV 0,0-1,0	1.53	1.49	2.05	639	0.14	1.3 <10	78	14	12	
SV 1,0-2,0	x	x	x	x	0.12	0.62 <10	70	24	14	
SV 11cm	1.71	1.85	2.24	x	0.18	10.62	11	98 <10	15	
SV 10,5-11,5	x	x	x	619 x	x	x	x	x	x	
SV 81 cm	1.99	1.85	2.08 x	x	0.17 <0,02	19	107 <10	17		
SV80,1-81.5	1.4 x	x	2.84 x	1,903 x	0.26	0.57 <10	81 <10	16		
BI 0,0-1,0	x	x	x	1,107 x	x	x	x	x	x	
BI 1 cm	x	x	1.5	2.65	0.4	0.13 <10	119	28	18	
BI 2,0-3,0	1.65	1.95	4.04 x	568	0.22 <0,02	12	77 <10	21		
BI 10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BI 9,5,10,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BII 1 cm	1.16	73	2.13 x	1,688 x	0.23 <0,02	10	99 <10	14		
BII 7 cm	1.19	1.47	2.17 x	x	0.2	0.05	12	98 <10	12	
BII 6,6-7,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BII 23 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BM2 1 cm	0.63	1.07	1.7 x	771 x	0.13 <0,02	<10	83 <10	11		
BM2 2-3 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BM2 5 cm	0.65	1.09	1.72 x	660 x	0.13 <0,02	<10	90 <10	12		
BM2 5.0-5,5	0.63	1.17	1.69 x	x	0.11 <0,02	13	89	10	8	
BM2 7,0-7,5	x	x	x	299 x	x	x	x	x	x	
BM2 55 cm	0.95	1.07	1.72 x	x	0.05 <0,02	17	134 <10	15		
BM2 55-56	0.93	0.85	2.32 x	x	0.27 <0,02	<10	113 <10	<5		
BMS/1 0-1	1.1	0.93	2.4	802	0.17 <0,02	16	130	21	10	
BMS/11,5-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BMS/1 2cm	1.12	0.95	2.43 x	x	<0,02	15	129	13	13	
BMS/114,5-15 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BMS/1 15	1.1	0.96	2.36	751 x	0.15 <0,02	17	134	15	13	
BMS/1 15-16	x	x	x	253 x	x	x	x	x	x	
BMS/3 322	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SI 1 3cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SI 1 25 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SI 7 365 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SIII 1 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SIII 5 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SIII 62 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SIII 62-62.5	127	91	34	253	18 <5	<15	18 <5	59.58		
SV 1cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SV 0,0-1,0	76	88	31	280	17 <5	42	16 <5	64.84		
SV 1,0-2,0	80	84	28	232	14 <5	26	15 <5	68.47		
SV 11cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SV 10,5-11,5	87	99	41	354	17 <5	<15	20 <5	67.24		
SV 81 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SV80,1-81.5	80	99	41	308	20 <5	<15	16 <5	68.9		
BI 0,0-1,0	109	81	62	804	22 <5	47	25 <5	61.19		
BI 1 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BI 2,0-3,0	126	113	57	286	16	8 <15	24 <5	46.7		
BI 10 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BI 9,5,10,5	167	76	96	751	26 <5	36	40 <5	62.06		
BII 1 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BII 7 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BII 6,6-7,5	92	89	35	318	18 <5	<15	19 <5	62.55		
BII 23 cm	96	89	35	349	16	5	19 <5	64.96		
BM2 1 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BM2 2-3 cm	73	78	34	474	20 <5	<15	18 <5	73.85		
BM2 5 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BM2 5.0-5,5	77	78	37	494	20 <5	<15	18 <5	75.28		
BM2 7,0-7,5	75	79	40	578	20 <5	<15	20 <5	76.51		
BM2 55 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
BM2 55-56	97	80	33	373	18 &					

## Literatur

- BENEDEK, J., MOLNÁR, G. (2001): *Die wirtschaftliche Situation in der Region Baia Mare und ihre Auswirkungen auf das Gesundheitsniveau der Bevölkerung*, Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 3, 68–75.
- BENEDEK, J., SCHULZ, E., FĂRCAȘ, S., KLEMD, R., SCHLEICHERT, U., SCHREIBER, W., TITTIZER, Th. (2003): *Die Belastungsgeschichte der Bergbauregion NW-Rumäniens, ein interdisziplinäres Forschungsprojekt*. Symp. Der Bergbaubezirk Baia Mare, Rumänien. TU Freiberg, S. 1–16.
- BERGLUND, B. E. (ed.) (1986): *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Wiley Interscience, Chichester, 869.
- BJÖRKMANN, L., FEURDEAN, A., CINTHIO, K., WOHLFAHRT, B., POSSNERT, G. (2002): *Lateglacials and early Holocene vegetation development in the Gutaiului Mountains, northwestern Romania*. Quarternary Sciences Reviews, 21, 1039–1059.
- BODNARIUC, A., BOUCHETTE, A., DEDOUBAT, J. J., OTTO, T., FONTUGNE, M., JALUT, G. (2002): *Holocene vegetational history of the Apuseni mountains, central Romania*. Quarternary Sciences Reviews, 21, 1465–1488.
- BRĂDEANU, N., BĂNCILĂ-AFARIM, N., POP, V., POP, V., PAȘCA, I., BUD, J., GUȘAT, D. (2003): *Die Geschichte des Berbaubeckens von Baia Mare*. Proc. Symp. Der Bergbaubezirk Baia Mare, Rumänien, Freiberg/S. 12.
- Cartographia 1999. Középkorai földrajzi atlasz, Budapest, 136.
- CHARLET, L., BOUDOU, A. (2002): *Cet or qui file un mauvais Mercure*. La recherche 359, 52–59.
- CSÁSZÁR, J. (1999): *Water quality of Hungarian reach of the river Szamos*. In: SÁRKÁNY-KISS, A., HAMAR, J. (Hrsg.) *The Somesch/Szamos river valley*, Tiscia monograph series, Szolnok, Szeged 105–131.
- ESG 2002, Rosia Montana Project. Project description, Guelph, Ontario.
- FĂRCAȘ, S., de BEAULIEU, J. L., REILLE, M., COLDEA, G., DIACNEASA, B., GOSLAR, T., JULL, T. (2000): *First 14C-datings of Late Glacial and Holocene pollen sequences from the Carpathians*, C.R. de l'Acad. Scien. Paris (Sc. vie et de la terre) 322, 7999–807.
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U., ZINNER, J. (1987): *Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland*. BGR, Hannover, 79.
- FEURDEAN, A., BJÖRKMANN, L., WOLFARTH, B. (2001): *A palaeoecological reconstruction of the Late Glacial and Holocene based on multidisciplinary studies at Steregoiu site (Gutai Mts, NW Romania)* Studia Univ. Babeș-Bolyai, Geologia, XLVI, 2, 125–140.
- FISCHER, H., GÜNDISCH, K. (1999): *Eine kleine Geschichte Ungarns*, Suhrkamp, Frankfurt/Main, 302.
- GARVEY, Th. (ed.) (2000): *Report of the international task force for assessing the Baia Mare accident*, Bruxelles, 40.
- Geografia României, 1987, III, Carpații României și Depresiunea Transilvaniei, Ed. Academiei, București, 56–87.
- Geografia României, 1992, IV, Regiunile Pericarpatice, Ed. Academiei, București, 27–38.
- GÜNDISCH, K. (2000): *Rodenau im 13. Jahrhundert und das Rodenauer Bergrecht*. In: S. SLOTTA, R., WOLLMANN, V., DORDEA, I. (eds.) *Silber und Salz in Siebenbürgen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 85, 1, 66–71.
- HAMAR, J., SÁRKÁNY-KISS, A. (eds.) (1999): *The Upper Theiss valley*. Tiscia monograph series, Szeged, 501.
- HAMAR, J. (2001): *Heavy metal contamination of the Theiss river system*, Theiss Klub, Szolnok, 16.
- HARRES, H.P., HÖLLWARTH, M., SEUFFERT, O. (1987): *Altlasten besonderer Art. Erzgewinnung in Sardinien und Schwermetallbelastung. Eine Untersuchung am Beispiel des Riu Sa Duchessa*. Geoökodynamik, 8, 1–48.
- HUM, L., MATSCHULLAT, J. (2003): *Gold kann schmutzig sein. Welche längerfristigen Auswirkungen hatte das Unglück bei Baia Mare auf die Theiss?*, Proc. Symp. Der Bergbaubezirk Baia Mare, Rumänien. Freiberg/S. 16.
- ICPDR. (2000): *Regional inventory of potential accidental risk spots*, Wien, 48.
- IGR/BGR. (2000): *Geochemical atlas of Romania*, Bukarest/Hannover. In Vorbereitung.
- JOHNSTON, P., BAKKER, N., BRIGDEN, K., SANTILLO, D. (2002): *Evaluation of trace contamination from the Baia Sprie tailings impoundment, Romania*. Greepeace Research Laboratories technical note, 05/2002, Exeter, 12.
- LABUNSKA, I., JOHNSON, P., SANTILLO, D., STRINGER, R. (2000): *Preliminary analysis of heavy metals in environmental samples from the vicinity of the Aurul goldmine, Romania*. Green-peace Research Laboratories technical note 03/00, Exeter, 11.
- MACKLIN, M. G., BREWER, P. A., BALTEANU, D., COULTHARD, T. J., DRIGA, B., HOWARD, A. J., ZAHARIA, S. (2003): *The long term fate and environmental significance of contaminant metals released by the January and March 2000 mining tailing dams failures in Maramuresch county, upper Theiss Basin, Romania*. Applied Geochemistry, 18, 241–257.
- MAGHIAR, N., OLTEANU, T. M. (1970): *Din istoria mineritului în România*, Ed. Științifică, București, 252.
- MIELKE, H. W. (1997): *Urbane Geochemie: Prozesse, Muster und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit*. In: MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H. J., VOIGT, H. J. (Hrsg.). *Geochemie und Umwelt*, Berlin, Springer, 169–179.
- MITROESCU, S., VĂDAN, M., DANA, A. (1989): *Studiul palinologic și geochemic al Târnoavelor de la Căpățâna-Munții Apuseni*. Contribuții Bot. Cluj-Napoca, 149–165.
- MOISEI, F. (ed.) (2000): *Munții Maramureschului*, Edit. Echim, Bukarest, 300.
- MORAN, R. (2001): *More cyanide uncertainties. Lessons from the Baia Mare, Romania, spill-water quality and politics*, Mineral Policy Center Issue Paper 3.
- MTR (Middle-Theiss-Regional Inspectorate) (2000): *Summary of the cyanide pollution in the river Theiss on the territory of the Middle-Theiss-Regional Inspectorate*, Bericht Debrecen 7.
- OROS, V., BĂNCILĂ-AARIM, N., POP, V., GUȘAT (2003): *Environmental problems in the mining basin of Baia Mare*. Proc. Symp. Der Bergbaubezirk Baia Mare, Rumänien, Freiberg/S. 10.
- PODARIU, M., ILIE, P., STRAUT, J. (2003): *Non ferrous ores processing in Baia Mare mining basin, Romania*. Proc. Symp. Der Bergbaubezirk Baia Mare, Rumänien, Freiberg/S. 9.
- POP, G. P. (1996): *Romania Geografie Hidroenergetic*, Ed. Presa Univ. Cluj. Cluj-Napoca, 237.
- POȘEA, Gr., MOLDOVAN, C., POȘEA, A. (1980): *Județul Maramuresch*. Ed. Academiei, București, 180.
- RADTKE, U., THÖNNESSEN, M., GERLACH, R. (1997): *Die Schwermetallverteilung in Stadtböden*, Geographische Rundschau, 49, 10, 556–561.
- REY, V., GROZA, O., IANOS, I., PATROESCU, M. (2002): *Atlasul României*, Bukarest, Encycl. Rao. 167.
- RÖSCH, M., FISCHER, U. E. (2000): *A radioncarbon dated pollen profile from the Banat mountains (South eastern Carpathians, Romania)*, Flora, 195.
- RÖSCH, M., FISCHER, U. E. (2000): *A radioncarbon dated pollen profile from the Banat mountains (South eastern Carpathians, Romania)*, Flora, 195, 277–286.
- SÁRKÁNY-KISS, HAMAR, J. (eds) (1999): *The Somesch/Szamos river valley*, Tiscia monograph series, Szolnok, 349.
- SCHRÖCKE, H. (1994): *Mining and german settlement in Slovakian historical summary*. GeoJournal, 32, 2, 127–135.
- SCHULTE, A., BLUM, W. E. H. (1997): *Schwermetalle in Waldökosystemen*. In: MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H. J., VOIGT, H. J. (eds) *Geochemie und Umwelt*, Springer, Berlin, 53–74.
- SCHULZ, E., BENEDEK, J., FĂRCAȘ, S., KLEMD, R., SCHLEICHERT, U., SCHREIBER, W., TITTIZER, T. (2002): *The pollution history of the mining region of NW-Romania, a multidisciplinary project*. Tiscia monograph series, 6, 235–252.
- SPIEGELBERG, K. (2002): *Das Oderstromsystem*. Frankfurt/O. 256.
- STOYKO, S. M. (2002): *The causes of catastrophic floods in the transcarpathian region and the system of ecological prophylactic measures for their prevention*. Tiscia monograph series 6, 17–28.
- SÜMEGI, P. (1999): *Reconstruction of flora, soil and landscape evolution and human impact on the Bereg plain from late glacial up to the present, based on paleoecological analysis*. In: HAMAR, J., SÁRKÁNY-KISS, A. (eds.) *The Upper Theiss valley*. Tiscia monograph series, Szeged, 173–204.
- SYMADER, W. (1984): *Raumzeitliches Verhalten gelöster und suspendierter Schwermetalle*. Erdkundliches Wissen, 67, Steiner, Wiesbaden, 174.
- SZELLEMY, G. (1894): *Nagybányának és vidékének fémhányászata*. Nagybánya, 45.
- SZLAVIK, L. (2002): *The development policy of flood control in Hungary*. In: Wu et al. (eds) *Flood defence 2002*. Science Press, New York, 5.
- THOMASIU, H. (1994): *The influence of mining on woods and forestry in the Saxon Erzgebirge up to the beginning of the 19th century*, GeoJournal, 32, 2, 103–125.
- TITTIZER, T. (2000): *Dokumentation des Unfallortes „Klärteich Baia Borșa“ am 16.3.2000*, Koblenz.
- UNEP/OCHA (2000): *Spill of liquid and suspended waste at the Aurul S.S. retreatment plant in Baia Mare*, Geneva.
- VÁRADI, J., SZLAVIK, L., KERTAI, I., VARGA, I. (2002): *A vásárhelyi terv továbbfejlesztése*. Konceptcia-Terv. Budapest 116.
- VITUKI (2000): *Evaluation of the impacts of the cyanide pollution, right during the passing of the pollution wave and immediately afterwards*, Budapest, 6.
- WOLLMANN, V. (1999a): *Prähistorischer Bergbau in Siebenbürgen*. In: SLOTTA, R., WOLLMANN, V., DORDEA, I. (eds) *Silber und Salz in Siebenbürgen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 85, 1, 19–23.
- WOLLMANN, V. (1999b): *Bergbau im römischen Dakien*. In: SLOTTA, R., WOLLMANN, V., DORDEA, I. (eds.) *Silber und Salz in Siebenbürgen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 85, 1, 24–34.
- WOLLMANN, V. (1999c): *Der siebenbürgische Bergbau sei der ungarischen Landnahme*. In: SLOTTA, R., WOLLMANN, V., DORDEA, I. (eds.) *Silber und Salz in Siebenbürgen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 85, 1, 35–40.

WOLLMANN, V. (1999d): *Der siebenbürgische Bergbau im 18. Jahrhundert*. In: SLOTTA, R., WOLLMANN, V., DORDEA, I. (eds.). *Silber und Salz in Siebenbürgen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 85, 1, 41–58.

WOLLMANN, V. (2002): *Vortrag, Tagung Bergbau Siebenbürgen, Leoben*.

WWF (2002): *The ecological effects of mining spills in the Theiss system in 2000*. Bericht, Wien, 38.

ZANBAK, C. (2003): *Environmental protection measures and performance in the Ovacik gold mine, Turkey. An example for best available technique*. Symp. The environmental and socio-economic impact of industrial tailing pond. Oradea abstracts, 24.

**Dr. József BENEDEK**

Geographisches Institut  
str. Clinicilor 5–7, 3400 Cluj-Napoca, Romania  
e-mail: jozsef@geografie.ubbcluj.ro

**Dr. Sorina FĂRCAȘ**

Institute of Biological Research  
Str. Republicii 48, 3400 Cluj-Napoca, Romania  
e-mail: soryna001@yahoo.com

**Prof Dr. Reiner KLEMD**

Mineralogisches Institut  
Am Hubland, 97074 Würzburg, Deutschland  
e-mail: reiner.klemd@mail.uni-wuerzburg.de

**Sascha KÖNIG**

Stephanstr. 21, 97070 Würzburg, Deutschland  
e-mail: saschakoe@web.de

**Jan Hendrik MAY**

Geographisches Institut, Universität Bern  
Hallerstr. 12, 3012 Bern, Schweiz  
may@giub.unibe.ch

**Dipl. Chem. Uwe SCHLEICHERT**

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Chemisches Labor  
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz  
e-mail: schleichert@bafg.de

**Dr. Wilfried SCHREIBER**

Geographisches Institut  
Str. Clinicilor 5–7, 3400 Cluj-Napoca, Romania  
e-mail: ameri@codec.ro

**Dr. Erhard SCHULZ**

Geographisches Institut  
Am Hubland, 97074 Würzburg, Deutschland  
e-mail: erhard.schulz@mail.uni-wuerzburg.de

**Prof. Dr. Thomas TITTIZER**

Mozartstr., 756154 Boppard-Buchholz  
Tel: 076742-4043  
e-mail: thomas@tittizer.de

**WÜRZBURGER GEOGRAPHISCHE MANUSKRIPTE ISSN 0931-8623**

- WGM 15.** Würzburg 1985, 21989. 233 S. € 10  
SCHLIEPHAKE, Konrad (Hrsg.): Wirtschafts- und stadtgeogr. Strukturen ... Türkei, Syrien, Jordanien.
- WGM 18.** Würzburg 1987. 135 S. € 8  
KITZ, E. & K. SCHLIEPHAKE: Urbanisierung und Suburbanisierung am Südrand Würzburg.
- WGM 22.** Würzburg 1989. 185 S. € 11  
PINKWART, Wolfgang (Hrsg.): Geographische Elemente von Fremdenverkehr und Naherholung in Würzburg
- WGM 23.** Würzburg 1989. 225 S. € 11  
SCHLIEPHAKE, Konrad (Hrsg.): Der öffentliche Personennahverkehr auf der Main-Achse.
- WGM 25.** Würzburg 1989. 250 S. € 13  
SCHLIEPHAKE, Konrad (Hrsg.): Der ÖPNV auf Schiene und Straße in der Bayerischen Rhön.
- WGM 26.** Würzburg 1990. 175 S. € 12  
SCHLIEPHAKE, Konrad & Dieter GROSCH (Hrsg.): Bad Windsheim. Stadtentwicklung und Einkäuferstruktur (m. weiteren Beiträgen von R. Glaser, P. Grösch u. A. Herold).
- WGM 27.** Würzburg 1991. 184 S. € 13  
SCHLIEPHAKE, Konrad & Joachim RIEDMAYER (Hrsg.): Personenmobilität und Verkehrsplanung in Würzburg und Umland (mit weiteren Beiträgen von A. Herold und H. J. Knopp).
- WGM 28.** Würzburg 1992. 100 S. € 9  
MOHR, M. & H. WEIGAND (Hrsg.): Regionale Aspekte von Fremdenverkehr und Freizeitverhalten.
- WGM 29.** Würzburg 1991. XIV + 144 S. € 11  
ALTENHEIN, Matthias: Öffentlicher Personennahverkehr in ländlichen Räumen Ost- und Westdeutschlands
- WGM 30.** Würzburg 1992. 226 S. € 14  
SCHLIEPHAKE, K. & Mario MOHR (Hrsg.): Neugestaltung des öffentl. Personenverkehrs im Coburger Land.
- WGM 31.** Würzburg 1994. 270 S. € 17  
KEMPF, Jürgen: Probleme der Land-Degradation in Namibia.
- WGM 32.** Würzburg 1993. Nachdr. 1998. 243 S. € 15  
HAGEDORN, H. & R. GLASER & W. SCHENK (Hrsg.): Ausgewählte Landschaften Nordamerikas.
- WGM 33.** Würzburg 1993. 46 S., mit Anh. € 7  
BUSCHE, Detlef & Rüdiger GLASER u.a.: Kaltluftströme im bayerischen Mittelgebirgsrelief.
- WGM 34.** Würzburg 1994. 101 S. € 9  
JACOBEIT, J.: Atmosphärische Zirkulationsveränderungen bei anthropogen verstärktem Treibhauseffekt.
- WGM 35.** Würzburg 1995. 90 S. € 9  
SCHULZ, Erhard & N. ROBERTS & S. POMEL (eds): Climate and man.
- WGM 36.** Würzburg 1995. 270 S. € 19  
SCHLIEPHAKE, Konrad (Hrsg.): Die kleinen arabischen Golfstaaten. Grundlagen und Prozesse der aktuellen wirtschaftsräumlichen Entwicklung.
- WGM 37.** Würzburg 1996. 230 S. € 18  
GSÄNGER, Matthias: Kommunale Verkehrspolitik als Problem politischer Steuerung.
- WGM 38.** Würzburg 1996. 118 S. + 1 Farbkte. € 13  
SCHULZ, Erhard & J. MERKT: Transsahara – die Überwindung der Wüste.
- WGM 39.** Würzburg 1997. 248 S. € 18  
LÜCK, Andreas H.: Wasserversorgung und Wasserhaushalt in Trockengebieten Namibias.
- WGM 40.** Würzburg 1997. 125 S., 2 Farbkte € 13  
BERGHOF, Birgit: GEO-Informationssystem – Grundlagen und praktische Anwendung für den GIS-Nutzer... Beispiel: Region Würzburg (Mit e. Vorw. von G. Löffler).
- WGM 41.** Würzburg 1997. 244 S. € 15  
SEVENTH International Symposium on Palaeolimnology – Abstracts Volume.
- WGM 42.** Würzburg 1997. 252 S. € 17  
SCHLIEPHAKE, Konrad: Nachfrageorientiertes Stadtbuskonzept für eine Mittelstadt (Beispiel: Crailsheim). Mit einem Beitrag von B. Berghoff.
- WGM 43.** Würzburg 1998. 163 S. € 11  
JACOBEIT, Jucundus & C. BECK & A. PHILIPP: Annual to decadal variability in climate in Europe. ... The European Climate Research Project ADVICE.
- WGM 44.** Würzburg 1998. 155 S. € 13  
BÖHN, Dieter (Hrsg.): Würzburg: City und Heuchelhof im Erdkundeunterricht.
- WGM 45.** Würzburg 1998. 261 S. € 17  
BÖHN, Dieter (Hrsg.): Mainfranken im Erdkundeunterricht.
- WGM 46.** Würzburg und Kulmbach 1999. 332 S. € 19  
NACHFRAGEORIENTIERTE Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum.