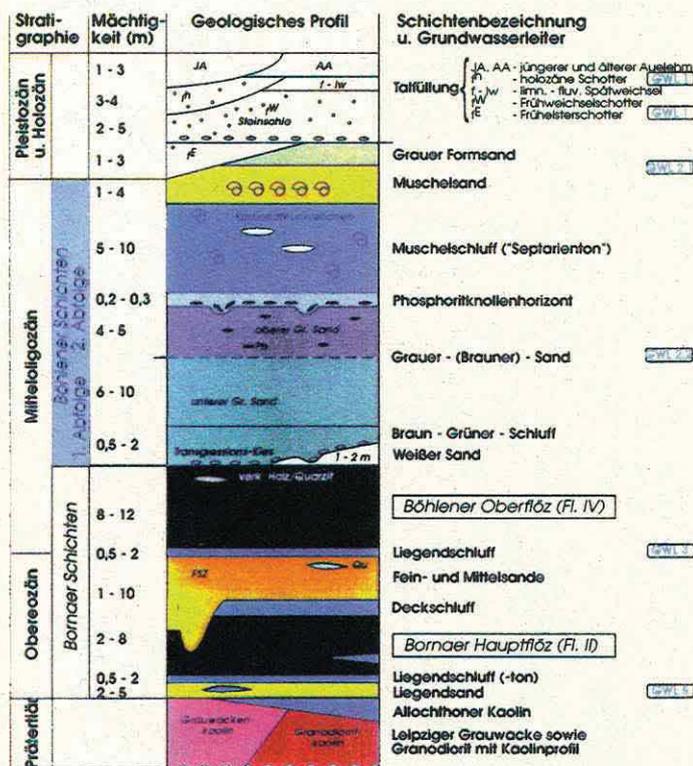


R. Trettin & H. R. Gläser

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig - Halle GmbH, Sektion Hydrogeologie

## Hydrochemische Entwicklung bei der Flutung des Tagebaurestloches Cospuden

Der Braunkohletagebau Cospuden, im Südraum der Stadt Leipzig gelegen, wurde 1990 nach knapp 10jähriger Betriebszeit eingestellt. Abgebaut worden war eine eozäne Zweiflözlagerstätte. Der Tagebauaufschluß vermittelt die typischen geologischen Lagerungsverhältnisse im Weißelsterbecken (Abb. 1).



BELLMANN/EISSMANN, 1990

Abb. 1: Schema der Lagerungsverhältnisse im Tagebaufeld Cospuden

Das Sanierungskonzept sieht für das Restloch eine baldige Flutung vor. Der Flutungsvorgang des Restloches erfolgt über einströmendes Grundwasser aus den durch den Bergbau angeschnittenen Grundwasserleitern, aus dem nicht verritzten Liegenden des Tagebaues und künftig auch durch Zuspeisung von Fremdwasser. Der entstehende See soll der Bevölkerung als Erholungslandschaft zur Verfügung gestellt werden. Damit ist die Entwicklung der Wasserqualität des entstehenden Sees von großer Bedeutung. Eine der wichtigsten zu lösenden Aufgaben ist dabei die der Versauerungsproblematik des aufgehenden Grundwassers. Als Folge der Belüftung und Oxidation des pyrithaltigen Kippenmaterials wird beim Kontakt mit dem aufgehenden Grundwasser ein

Säurebildungsprozeß initialisiert, der wiederum eine Mobilisierung der im Kippenmaterial befindlichen Metalle und Schwermetalle bewirkt. Befinden sich im Kippenmaterial keine diesen Vorgang abpuffernde Substanzen, so läuft der entstehende See Gefahr, zu versauern.

Mit der Reduzierung der bergbaulichen Tätigkeit im Mitteldeutschen Braunkohlerevier steht eine Vielzahl ehemaliger Braunkohlegruben zur Flutung an. Der Flutungsvorgang im 4 km<sup>2</sup> großen Tagebaurestloch Cospuden soll am ehesten (etwa im Jahr 2000) abgeschlossen sein. Gemeinsam und arbeitsteilig stellte das UFZ mit dem Gewässerinstitut Magdeburg in den Jahren 1993 und 1994 wissenschaftliche Untersuchungen an, die diesen Flutungsvorgang mit den dabei einhergehenden hydrochemischen Prozessen begleiteten. Die Forschungsaufgaben des UFZ richteten sich vorrangig auf die Prozesse, die im Zusammenhang mit dem Verhalten der Grund- und der Böschungswässer zu betrachten sind. Im Bereich der Südkippe ist mittlerweile ein Sicker- und Grundwassermeßsystem in einer auf 50 m Tiefe niedergebrachten Bohrung installiert worden. Mittels einer Langzeitüberwachung werden hierbei die hydrochemischen Prozesse im Kippenmaterial bei aufgehendem Wasserspiegel beobachtet. Zudem sind umfangreiche Säulendurchlaufversuche im Labor angelaufen. Die Auffüllung des Restloches ist bei einem derzeitigen Wasserspiegelanstieg von 5 bis 6 m pro Jahr inzwischen beachtlich vorangeschritten, wobei Zuflüsse aus dem Liegenden, von der Nord- und von der Westböschung erfolgen. Der Nachweis von Wasserzuflüssen aus dem Liegenden der Kohle konnte dabei über die Isotopenuntersuchungen geführt werden. Die Ostböschung und das im Süden den Tagebau begrenzende Kippenmassiv liegen im Interferenzbereich der Sumpfungmaßnahmen für zwei benachbarte Tagebaue (Espenhain und Zwenkau), so daß von dorther gegenwärtig keine Zuflüsse auftreten (Abb.2).

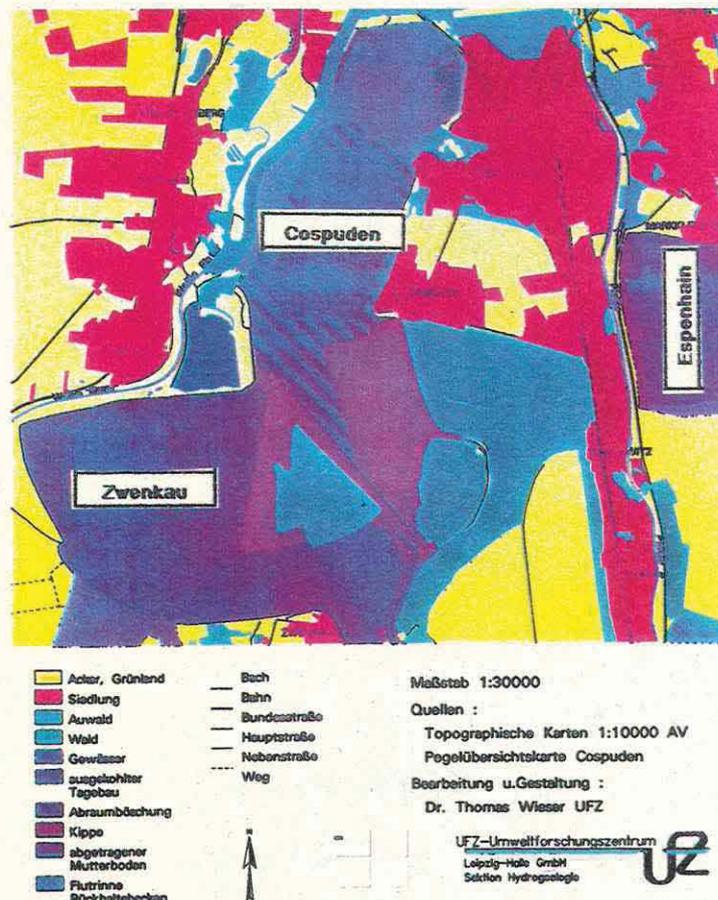


Abb. 2: Lageplan der Tagebaue Cospuden, Espenhain und Zwenkau

Folgende Untersuchungen wurden seitens des UFZ an den mittlerweile 87 gewonnenen Wasserproben aus Böschungszutritt- und aufgehendem Seewasser sowie aus Pegeln abgepumptem Grundwasser vorgenommen: Bestimmung der Kationen und Anionen, Spurenelemente und Schwermetalle, stabile Isotope des Wasser- und des Sauerstoffs, Tritium, organische Komponenten, Untersuchung der Milieuparameter.

Die Untersuchung der abgepumpten Grundwässer erstreckte sich über die Grundwasserleiter 1/2.1 (Pleistozän, oberes Mitteloligozän), GWL 2.2 (mittleres Mitteloligozän) und GWL 3 (Zwischenmittel der beiden obereozänen Kohleflöze). Es wurden dabei hauptsächlich Pegel im nördlichen Vorfeld des Tagebaues beprobt. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der registrierten Milieuparameter zusammengefaßt.

**Tab. 1:**  
Milieuparameter

GWL	pH-Wert	Leitfähigkeit (mS/cm)	rH-Wert
1/2.1	5.8...6.4	1.54...2.18	19...25
2.2	6.3...6.8	1.64...1.98	18...21
3	6.7	2	20

Die analysierten Hauptionen sind den nachfolgenden Tabellen entnehmen.

**Tab. 2:**  
Hauptkationen (mg/l)

GWL	K	Na	Ca	Mg
1/2.1	4...10	55...72	159...24 9	55...9 4
2.2	5..7	57...73	194...25 2	55...8 9
3	6.2	81.1	269.5	84

**Tab. 3:**  
Hauptanionen (mg/l)

GWL	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
1/2.1	56...77	635...113 1	61...244	0.5
2.2	62...78	563...650	183...30 5	0.1...0.4
3	76.7	883.3	244	0.15

Die Beziehungen der Anionen und Kationen zueinander gehen aus dem PIPER-Diagramm in **Abb. 3** hervor. Allgemein sind die Grundwässer vor Ort stark Ca SO<sub>4</sub>-betont.

Zweifelsohne konnte man bis zum Frühjahr 1994 im Stauraum von einem Säureschub aus dem Süden des Restloches ausgehen. Dieser Vorgang wurde anfangs in Zusammenhang mit dem Pyritpotential des dort vorhandenen Kippenmassives gebracht. Größere Zuflüsse konnten aber aus dem Kippenmassiv selbst nicht nachgewiesen werden. Als Ursache für die massive Versauerung wird die wirksame Oberfläche der vielen im Süden des Stauraumes befindlichen und vom aufgehenden Wasser umspülten Abrauminselfen gesehen. Ein Großteil dieser Inseln ist mittlerweile überflutet (**Abb. 5**) und damit der Prozeß der Pyritoxidation teilweise gestoppt worden.



Abb. 5: Abrauminselfen im teilgefluteten Restloch, Blick nach Süden in Richtung Tgb. Zwenkau

Die **Abb. 6, 7** zeigen die Verteilung von Land und Wasser im Stauraum für den Sommer des Jahres 1994 im Vergleich zur Situation im Jahr 1991.

In der Abbildung der Frühphase der Flutung sind einzelne Kippenmuster deutlich zu erkennen. An den Rändern und im Zentralbereich des Restloches haben sich bereits erste (dunkelfarbene) Wasserflächen gebildet. In Richtung Süden wechselt die Farbe der Wasserflächen über Ocker nach Rot, besonders im Kippenschlauch zum im Süden angrenzenden Tagebau Zwenkau. Diese Farben dokumentieren somit den vom Südteil des Tagebaues ausgehenden Versauerungsprozeß und damit die Mobilisierung von Metallen, insbesondere Eisen.

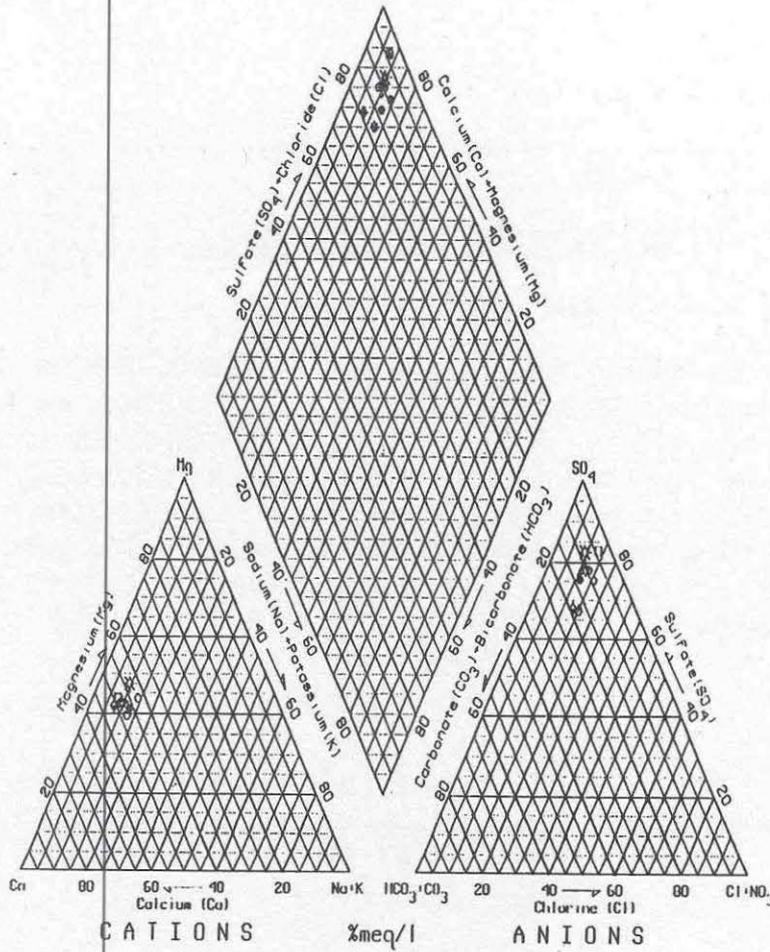


Abb. 3: Piperdiagrammdarstellung für aus Pegeln gewonnene Grundwässer

Die Grenzwertüberschreitungen\* einiger Wasserproben bezüglich einzelner Schwermetalle lassen sich bei dem vorgefundenen pH-Wert nicht erklären.

Tab. 4:  
Schwermetalle ( $\mu\text{g/l}$ )

Holland B	200	2.5	50
GWL	Zn	Cd	Ni
1/2.1	2...87	0.3...(6*)	1.5...(136)
2.2	2...10	0.3	1.5...48
3	217*	0.3	46

Bei den Sumpfungsarbeiten wurde offensichtlich junges Oberflächenwasser in die Bereiche der tieferen GWL gezogen. Anders lassen sich die Tritiumaktivitäten in der Größenordnung um 15 TE, solche entsprechen den Werten des rezenten Niederschlages, in mittleren und tieferen GWL nicht erklären.

Die registrierten AOX-Werte entsprechen den Größenordnungen anthropogener Belastung des Grundwassers. Ursachen und Herkunft sind derzeit noch unklar. In der Diskussion stehen eventuelle Einströmvorgänge (infolge Sumpfungsarbeiten) aus einem im nördlichen Tagebauvorfeld befindlichen Flutgraben (Elsterwasser) oder einem stark frequentierten Badeteich.

**Tab. 5:**  
**CSB(mg/l)-,AOX( $\mu$ g/l)-,Tritiumwerte**

GWL	CSB	AOX	TE
1/2.1	<2	25...30	14...16
2.2	20...26	18...24	10...17
3	<2	54	14

**Wasserproben aus Böschungssickerwässern** wurden überwiegend der Nordböschung, teilweise auch der Westböschung, entnommen. Für einzelne Schwermetalle wurden infolge des geringen pH-Wertes Grenzwertüberschreitungen des B-Wertes\* und des C-Wertes\*\* der Hollandliste festgestellt. Lokal begrenzt variieren die registrierten Milieuparameter stark. Entsprechend der vorgefundenen Fließgerinne und der Ergebnisse der dort vorgenommenen Milieuuntersuchungen läßt sich die bereits endgestaltete Nordböschung in drei Abschnitte untergliedern.

**Nord-Westböschung:**

pH	3.6...7.1		
LF (mS/cm)	1.5...2.1		
Ca (mg/l)	164...265	Fe (mg/l)	0.60...23
Mg	42...83	Mn	1.0...5
Na	60...79	Ni	0.1...0.56**
K	4...7	Zn	0.04...0.51*
SO <sub>4</sub>	180...938		
Cl	25...86		

**Nordböschung:**

pH	3.1...8.2		
LF (mS/cm)	1.5...3.2		
Ca (mg/l)	188...421	Fe (mg/l)	0.3...69
Mg	44...150	Mn	0.3...16.8
Na	38...78	Ni	0.01...1.28**
K	3...15	Zn	0.1...1.1**
SO <sub>4</sub>	454...2053		
Cl	34...77		

**Nord-Ostböschung:**

pH	6.4...8.2		
LF (mS/cm)	1.6...2.8		
Ca (mg/l)	127....506	Fe (mg/l)	0.4....4.3
Mg	59... 143	Mn	0.4...3
Na	58....82	Ni	0.06...0.2**
K	7.....11	Zn	0.005...0.14**
SO <sub>4</sub>	282..1680		
Cl	25.....70		

Mit nur 5 Probenahmen stehen über die Verhältnisse an der Westböschung bislang nur relativ wenig Informationen zur Verfügung.

**Westböschung:**

pH	5.8...8.1		
LF (mS/cm)	1.4...2.9		
Ca (mg/l)	134...451	Fe (mg/l)	0.70....35
Mg	39...153	Mn	0.23....5.1
Na	49...117	Ni	0.005...0.9**
K	9.....24	Zn	0.005...0.3*
SO <sub>4</sub>	588...846		
Cl	61....74		

Es dominieren insgesamt Ca-(Mg)SO<sub>4</sub> betonte Wässer (**Abb.4**). Die beprobten Wässer selbst sind zumeist Mischwässer aus dem Quartär und dem Mitteloligozän.

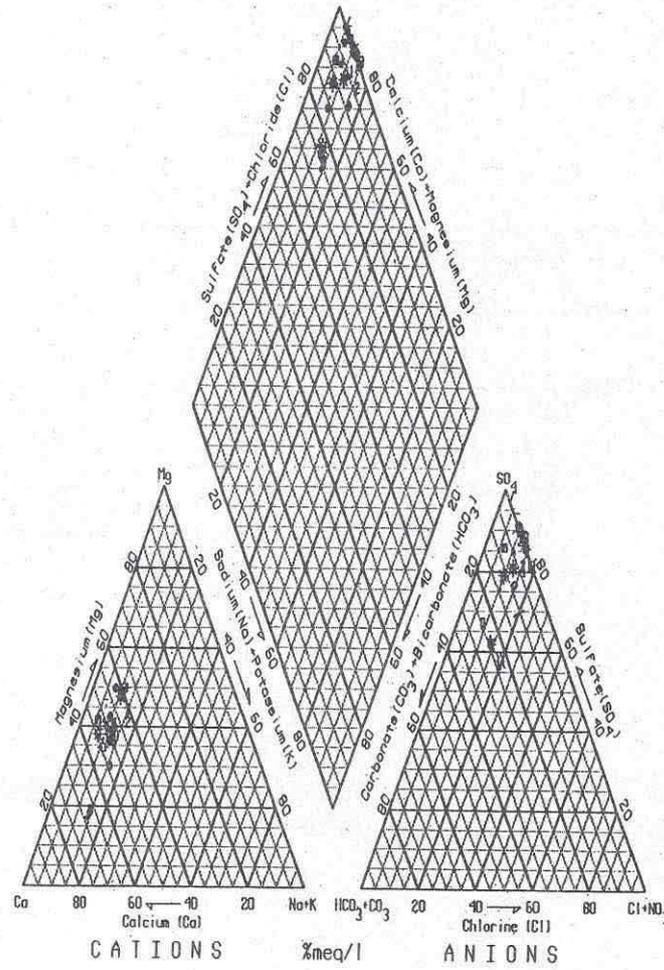


Abb. 4: Piperdiagramm für Böschungswässer

Die **Beprobung des Wassers im Stauraum** erfolgte im Anfangsstadium der Flutung in Teilseen, die sich im Fortgang des Füllungsprozesses bis zu einem nahezu zusammenhängenden Gewässer vereinigt hatten. Entsprechend unterschiedlich fallen vor allem die Ergebnisse der zeitlich gestaffelten Milieumessungen aus. Anfänglich wurde hinsichtlich des pH-Wertes ein beachtliches N-S-Gefälle festgestellt (**Tab. 6**).

Die Aufnahme der Milieuparameter erfolgte an 5 verschiedenen Punkten, die sich folgendermaßen über den Uferbereich verteilen: A=NW-Ufer; B= zentrales Ostufer; C= südliches Ostufer; D= Südufer, E= SW-Teil des Stauraumes.

Tab.6:  
pH-Wertentwicklung im Stauraum

Probenahme	A	B	C	D	E	Seeflächen
4/93	7.4	7.1	3.1	3	2.6	isoliert
10/93	6.8	4.7	3	3	2.8	isoliert
4/94	5.5	3.9				integriert
8/94	4.3	4			3	integriert
10/94	4.4	4.2			3.2	integriert
12/94				4.2		integriert



Abb. 6: Tgb. Cospuden im Jahr 1991, linker unterer Bildrand Elsterstausee

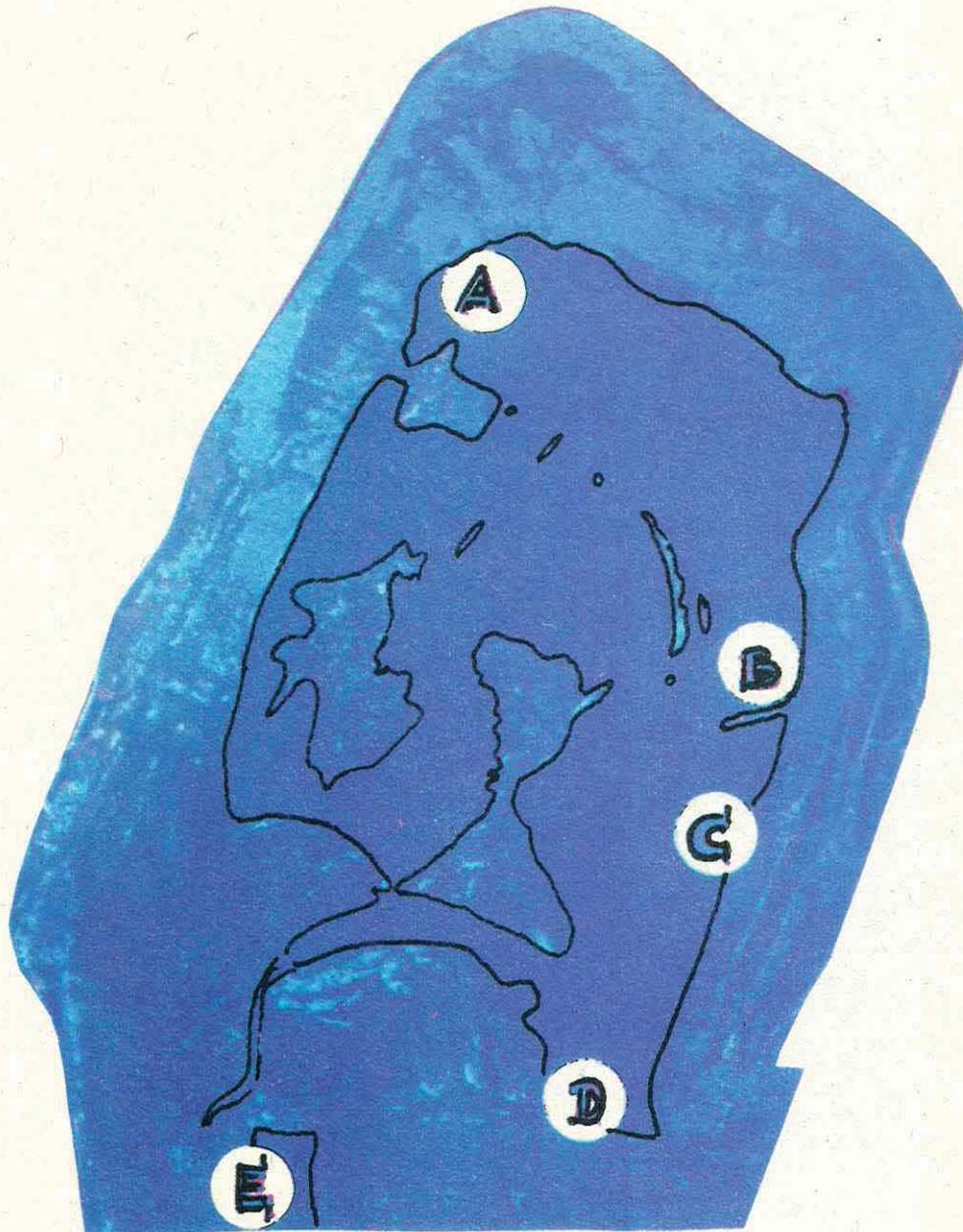


Abb. 7: Satellitenbild vom Sommer 1994, damalige Verteilung von Wasser und Kippenmaterial im Restloch, an den Böschungen sind deutlich die Wasseraustritte zu erkennen

Im Kippenrandschlauch (Kontrollpunkt E) im Süden des Tgb.Cospuden treten aufgrund des niedrigen pH sehr hohe Metallkonzentrationen im Wasser auf. Außergewöhnlich hoch ist die analysierte  $\text{SO}_4$ -Ionenkonzentration, was sich auch in vergleichsweise hohen Leitfähigkeitswerten niederschlägt: Tab. 7:

#### Kippenrandschlauch zum Tgb.Cospuden (Frühjahr 1993)

pH	2.5..2.6		
LF (mS/cm)	5.6..5.9		
Ca (mg/l)	412..450	Fe (mg/l)	587..755
Mg	323..354	Mn	14..15
Na	21..23	Ni	1.2..1.3**
K	0.5..0.8	Zn	2.2..3.1
$\text{SO}_4$	4740	Cu	0.1*
Cl	22	Cd	0.044**

Die pH-Werte im Süden des Stauraumes ( Meßpunkte D,E) zeigen seit Sommer 1994 ansteigende Tendenz. Der Fortgang der Milieuentwicklung im Stauraum und die Wechselwirkungsprozesse zwischen aufgehendem Wasser sowie Kippenmaterial sollen in enger Kooperation mit dem Gewässerinstitut Magdeburg kontinuierlich weiter beobachtet werden.

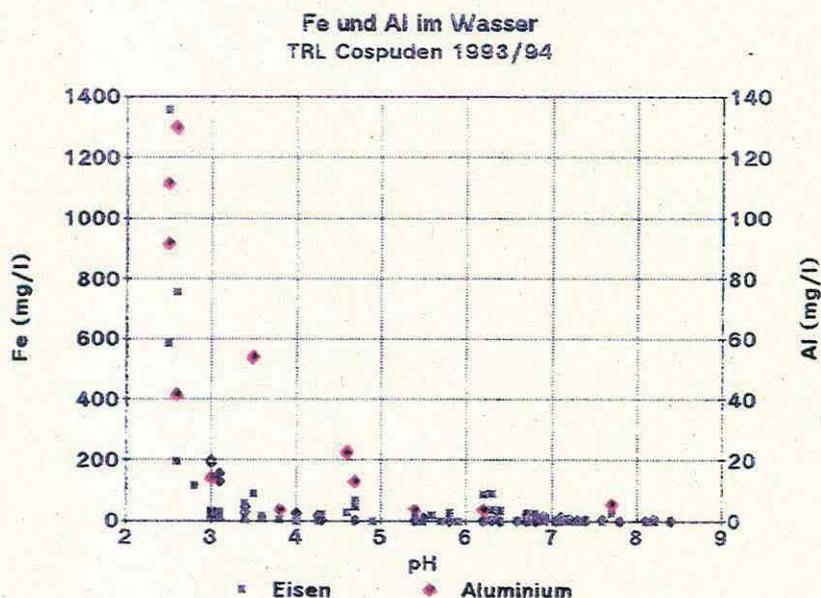


Abb. 8: Aluminium- und Eisengehalt (alle Wassertypen)

Mg und Ca im Wasser  
TRL Cospuden 1993/94

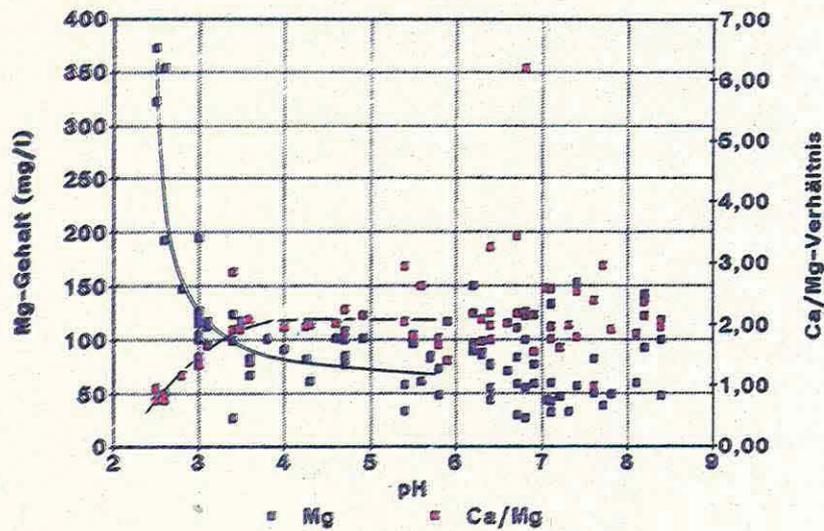


Abb.9: Calcium und Magnesium im Wasser ( alle Wassertypen)

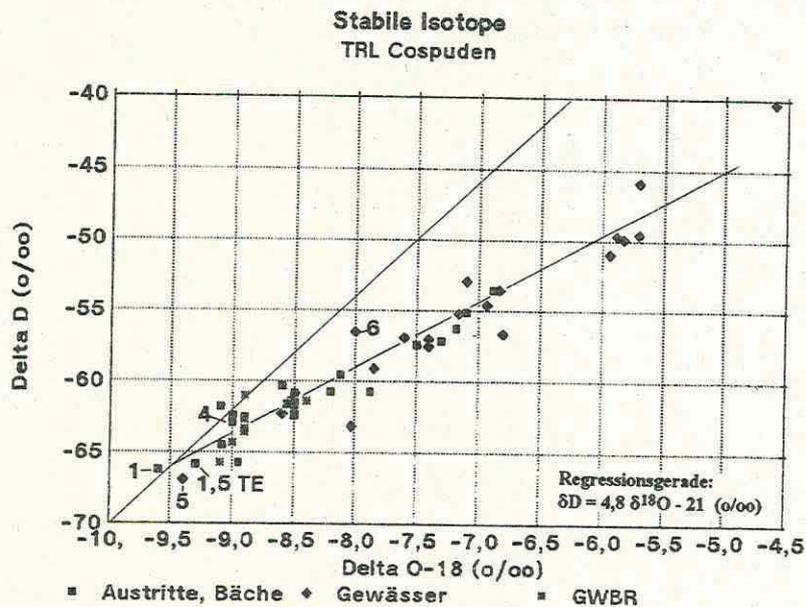


Abb.10: Gesamtdarstellung der  $\delta$ -Werte im  $\delta D$ - $\delta O_{18}$ -Diagramm

Der mit 1,5 TE (Tritiumeinheiten) markierte Punkt charakterisiert das Zuströmen relativ alten Grundwassers aus dem GWL 5 in einen mittlerweile überstauten Teilsee im Tagebaurestloch.



# *UFZ-Bericht*

UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht

Nr. 4/1995

---

**Beiträge  
zum Workshop  
*"Braunkohlebergbaurestseen"***

---

**24.-25. November 1994  
in Bad Lauchstädt**

Sektion Hydrogeologie  
UFZ-Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle GmbH