

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- ALThER, G.R. (1987): The qualifications of bentonite as a soil sealant.- Eng.Geol., 23, 177-191.
- ARCHIE, G.E. (1950): Introduction to petrophysics of reservoir rocks.- Bull.Am.Assoc.Petrol.Geologists, 34 , 943-961.
- BIKERMAN, J.J. (1935): Die Oberflächenleitfähigkeit und ihre Bedeutung.- Kolloid-Z., 72, 100-108.
- DUNN, R.J. (1985): Laboratory measurement of fine-grained soil fluid conductivity.- Eng.Geol., 21, 215-224.
- GABENER, H.G. (1983): Untersuchungen über die Anfangsgradienten und Filtergesetze bei bindigen Böden.- Mitt. Fachgeb. Grundb. u. Bodenmech., 6, Univ. Ges. Hochsch. Essen, 217pp., 80 Abb.
- VAN OLPHEN, H. & WAXMAN, M.H. (1958): Surface conductance of sodium bentonite in water.- Clays Clay Minerals, 5th Ntl. Conf. SWINEFORD, A. (ed.), 61-80.
- WINSAUER, W.O. & McCARDELL, W.M. (1953): Ionic double-layer conductivity in reservoir rock.- Petroleum.Trans. AIME, 198, 129-134.

SCHADSTOFFAUSBREITUNG IM GEKLÜFTETEN  
GLIMMERTON UNTERHALB DER DEPONIE  
GEORGSWERDER

Contaminant Transfer in a Mica Clay below the Georgswerder  
Waste Disposal Site

A. BAERMANN

Geologisches Landesamt Hamburg  
Oberstr. 88, 2000 Hamburg 13

KURZFASSUNG

Der Glimmerton, ein miozänes marines Sediment, wirkt im Hamburger Raum als erste natürliche Barriere gegenüber den tieferen Hauptgrundwasserleitern. Im Bereich der Deponie Georgswerder ist diese Tonschicht zwischen 35 und 50 Meter mächtig. Im Hinblick auf mögliche Schadstoffeinträge aus dem oberen Grundwasserleiter in den Glimmerton, wird der Einfluß der Sedimentzusammensetzung und der Struktur auf das Ausbreitungsverhalten anhand von geotechnischen, mineralogischen, geochemischen und isotopehydrologischen Verfahren beschrieben.

ABSTRACT

The Glimmerton (Mica Clay), a miocene marine sediment, is the first uppermost confining layer of the deeper aquifers in Hamburg. In the area of the Georgswerder waste disposal site, its thickness varies between 35 and 50 metres. With regard to possible pollutant infiltrations from the upper aquifer into the fractured clay, the in-

fluence of clay composition and structure on contaminant transport is determined by geotechnical, mineralogical, geochemical and isotopic methods.

## 1. EINLEITUNG

Die Deponie Georgswerder liegt im Süden Hamburgs inmitten des Elbeurstromtales. Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse sind daher weitgehend durch die Lage im Elbtal geprägt. Die unterhalb der Deponie anstehenden holozänen Marschenablagerungen bestehen aus Torf-, Mudde- und Kleischichten. Diese sogenannten Weichschichten bilden die natürliche Dichtungsschicht gegenüber dem folgenden tidebeeinflussten, wechsellagernden Grundwasserleiter.

Durch Kleiabbau für die Ziegelherstellung und für den Deichbau ist die Weichschichtenmächtigkeit erheblich reduziert worden. Ferner wurden durch Bombenabwürfe in diesem Industriegebiet Bombenkrater in die Weichschichten gerissen, die bis in die Sande hineinreichen. Die Gesamtfläche der Bombenkrater beträgt ca.  $1.800 \text{ m}^2$ ; dies entspricht etwa 0,4% der Deponiefläche (BUSSE et al., 1985). Im Deponiebereich zeigen daher auch einige Brunnen, die im Oberen Grundwasserleiter verfiltert sind, teilweise erhöhte organische und anorganische Schadstoffkonzentrationen.

Im Rahmen des Sanierungskonzeptes für die Deponie Georgswerder sollte daher das vertikale Ausbreitungsverhalten von Grund- und Sickerwässern im Deponiebereich untersucht werden.

Ziel der Untersuchungen war zu prüfen, inwieweit belastete Wasser aus dem Oberen Grundwasserleiter in den unterlagernden Glimmertons infiltrieren können und welches Gefährdungspotential damit für die tiefer liegenden Hauptgrundwasserleiter (Obere und Untere Braunkohlensande) im Hamburger Raum besteht.

Im Vordergrund stand dabei, mit Hilfe von geologischen, sedimentpetrographischen, geotechnischen und geochemischen Untersuchungen das Durchlässigkeitsverhalten des Glimmertons zu charakterisieren.

## 2. GEOLOGIE

Die Deponie Georgswerder wird von holozänen Marschensedimenten unterlagert. Hierbei handelt es sich um Wechselfolgen typischer Gezeitensedimente, wie Klei, Mudde, Schlick und Torf. Darauf folgen die holozänen Feinsande sowie grobkörnigere, wechsellagernde Sande, die von elsterzeitlichen Geschiebemergeln unterlagert werden. Im Liegenden stehen die tertiären, marinen Ablagerungen des Glimmertons an, die von bis zu 0,5 m mächtigen Karbonatbänken durchzogen sind. Nach der tonigen Fazies des Glimmertons folgt die sogenannte Reinbeker Stufe, eine schluffreiche Ablagerung aus dem Mittelmiozän. Der Grenzverlauf zwischen ober- und mittelmiozänen Schichten ist nicht immer eindeutig.

Die Mächtigkeiten dieser tonig-schluffigen Sedimente variieren zwischen 30 und 200 Metern. Sie bilden die natürliche Dichtungsschicht gegenüber den feinsandigen Lagen der Oberen Braunkohlensande, die einen der Hauptgrundwasserleiter im Hamburger Raum darstellen.

## 3. SEDIMENTPETROGRAPHIE

Der Glimmertons besteht aus drei sedimentpetrographisch unterschiedlich ausgebildeten Faziesbereichen. Im Topbereich tritt eine sandige Fazies mit bis zu 50% Feinsandanteil auf. Darauf folgt ein Faziesbereich mit bis zu 80% Schluffanteil. Die unterlagernde, tonige Fazies enthält bis zu 60% Ton. Der Glühverlust (GLV) und die Kalkgehalte belegen ebenfalls die fazielle Untergliederung des Glimmertons. Der obere Bereich des Glimmertons ist durch Gletschereinfluß und Salztektone gestört. Zwei Klufflächensysteme unterschiedlichen Alters überprägen den gesamten Tonkörper. Ferner sind teilweise Bereiche der tonigen Fazies als sogenannte Glimmertonschollen in schluffige Faziesbereiche eingeschuppt. Dies führt zu Grenz- bzw. Schichtflächen innerhalb des Tonkörpers, die neben den Klüften als bevorzugte wasserwegsame Bahnen für schadstoffbelastete Grund- und Porenwässer wirken können.

Eine schematische Darstellung der sedimentpetrographischen und geotechnischen Kenndaten zeigt die Abb. 1.

Die mineralogische Zusammensetzung des Glimmertons wurde im Hinblick auf das Schadstoffausbreitungsvermögen (Matrixdiffusion/Retardationsvermögen) bestimmt.

Nach den Röntgendiffraktogrammen und den chemischen Analysen (Tabelle 2) besteht die Tonfraktion überwiegend aus Kaolinit und Illit. Der Anteil quellfähiger Tonminerale liegt bei 15-20% (Abb. 1). Daneben treten Chlorit- und Wechsellagerungsminerale auf. Die schluffige Fazies weist eine relativ ähnliche Tonmineralzusammensetzung wie die tonige Fazies auf. Das Sorptionsvermögen entspricht in dieser Fazies aufgrund des geringen Tonanteils jedoch nur 30% der tonigen Fazies. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff beträgt in der Tonmatrix etwa 1,5-2,5% und verstärkt damit die Gesamtsorptionsfähigkeit. Die größeren Fraktionen im Glimmertons bestehen vorwiegend aus Quarz, Serizit, Glaukonit, Chlorit, Karbonatbruchstücken und Pyrit, die bis auf Serizit und Chlorit für das Rückhaltevermögen nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Karbonatbänke in der tonigen Fazies weisen Karbonatgehalte von 70-80 Gew.-% auf. Nach Röntgenbefund handelt es sich um eisenhaltige, feinkörnige Calcit/Dolomit-Phasen. Die Bänke sind geklüftet und lassen sich in das Kluftsystem des Glimmertons einordnen. Auf den Kluftflächen dieser Karbonatkonkretionen haben sich aus dem Porenwasser eisenhaltige Dolomite (Ankeritphasen) gebildet. Die Bildungszeiträume sind älter nach C<sup>14</sup>-Analysen als 33.000 Jahre. Ausfällungen durch junge, anthropogen belastete Porenwasser sind in diesem Bereich demnach auszuschließen. Auf den Kluftflächen des Glimmertons haben sich nach der Pyritoxidation Eisenhydroxide als feine, dünne Kluftflächenbelege gebildet. Die FeOOH-Verbindungen wirken auf Schwermetalle komplexierend und beeinflussen das Sorptionsverhalten der Klüfte entscheidend. Ausfällungen von Cadmium und Arsen konnten nachgewiesen werden.

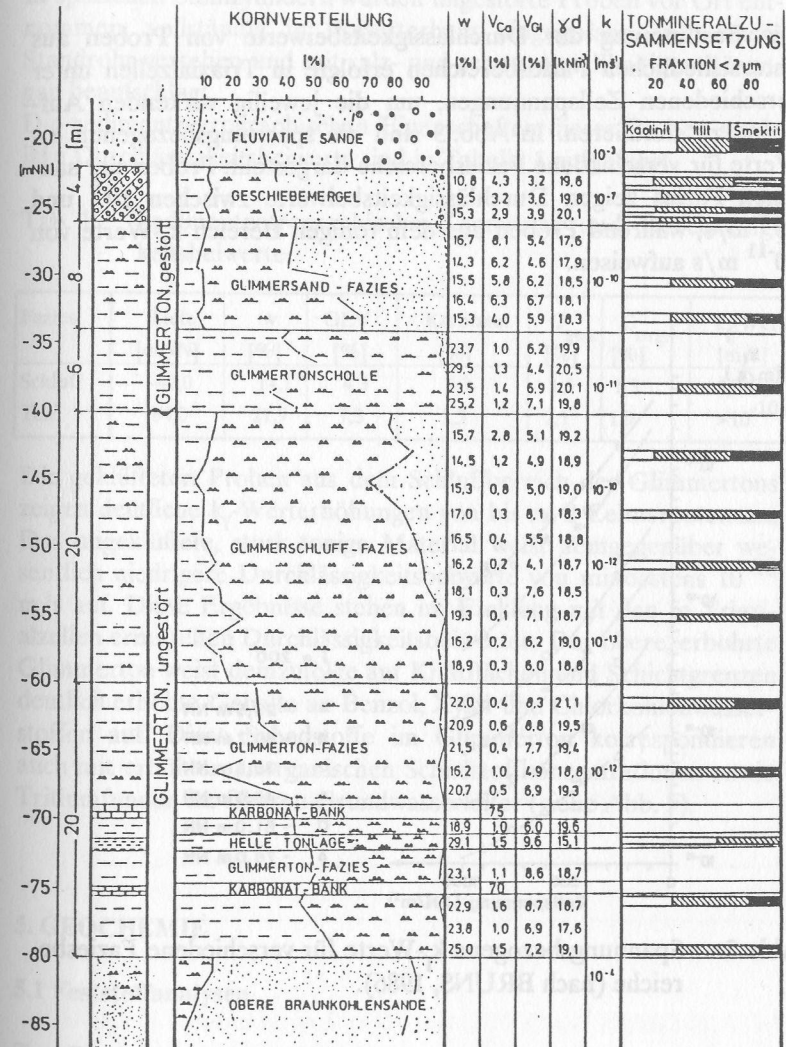


Abb. 1: Sedimentpetrographische und geotechnische Kenndaten der verschiedenen Faziesbereiche im Glimmertons

#### 4. GEOTECHNIK

Die Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte von Proben aus unterschiedlichen Faziesbereichen erfolgte in Triaxialzellen unter verschiedenen Zellspannungen, um die jeweilig wirkenden Auflasten zu simulieren. In Abb. 3 sind die spannungsbezogenen  $k_f$ -Werte für verschiedene Faziesbereiche dargestellt. Proben der sandigen Fazies zeigen Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $10^{-8}$  und  $10^{-9}$  m/s, während Proben aus dem tonigen Bereich  $k_f$ -Werte von  $10^{-11}$  m/s aufweisen.

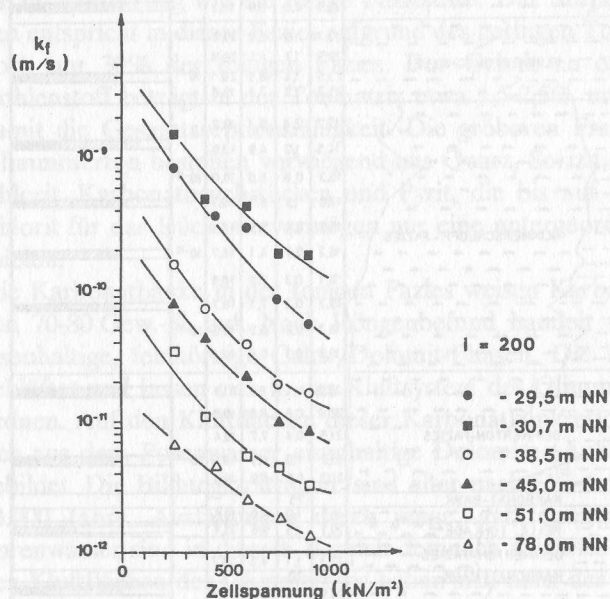


Abb. 2: Spannungsbezogene  $k_f$ -Werte für verschiedene Faziesbereiche (nach BRUNS, 1986).

Da bei dieser Versuchsdurchführung eine Störung des Gefüges und der Klüftflächenanlage innerhalb des Probekörpers durch die Präparation unvermeidlich ist, sind zusätzlich Durchströmungsversuche an geklüfteten Proben durchgeführt worden.

In speziellen Stahlzylindern wurden ungestörte Proben vor Ort entnommen, vollständig in Polyesterharz eingegossen, mit einem Standrohr versehen und mit salz- und schwermetallhaltigen Lösungen beaufschlagt.

Die sedimentpetrographischen Eigenschaften dieser Proben sowie ihre Durchlässigkeitsbeiwerte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Sedimentpetrographische Kennwerte und Durchlässigkeitsbeiwerte

Fazies	Tiefe [mNN]	w [%]	GLV [%]	Karbonat [%]	C <sub>ges.</sub> [%]	C <sub>org.</sub> [%]	$k_f$ -Wert [m/s]
Schluff	-42,0	14,1	4,3	5,3	1,5	1,3	$1,8 \cdot 10^{-8}$
Ton	-84,0	21,9	7,3	1,5	2,1	1,9	$> 10^{-10}$

Die geklüfteten Proben aus dem Schluffbereich des Glimmertons zeigen deutliche  $k_f$ -Werterhöhungen von bis zu 2 Zehnerpotenzen. Das ungeklüftete, stark tonige Material weist demgegenüber wesentlich niedrigere Durchlässigkeitsbeiwerte von mindestens  $10^{-10}$  m/s auf. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den in Triaxialzellen ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten. Der obere, erbohrte Glimmerton weist demzufolge auf Klüftflächen und Schichtgrenzen deutlich erhöhte Gehalte an Benzol, Xylol und Chlorkohlenwasserstoffen auf. Diese Schadstoffe im Glimmertone korrespondieren auch mit erhöhten anorganischen Schadstoffkonzentrationen sowie Tritiumfunden im Oberen Grundwasserleiter (siehe Abb. 5).

#### 5. GEOCHEMIE

##### 5.1 Feststoffanalysen

Zur Bestimmung der Mineralzusammensetzung in den verschiedenen Fraktionen wurden die Hauptelemente durch RFA-Analysen (Tabelle 2) bestimmt. Die Spurenelemente wurden durch AAS-Analysen nach Vollaufschluß ermittelt (Tabelle 3).

Für den Aufschluß dieser silikatischen Proben bewährte sich ein

Flußsäure/Salpetersäure Druckaufschluß, der bei 170°C über 24 Stunden gehalten wurde.

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung des Glimmertons (Röntgenfluoreszenz-Analysen)

Untersuchungs- gebiet:	Tiefdüker (Schacht Dradenau)			Deponiebohrung (B 5606)	
Tiefe (m NN)	-36,5	-38,5	-65,0	-84,0	-41,2
Hauptelemente (Gew.-% der Oxide)					
Na <sub>2</sub> O	0,21	0,67	0,63	0,77	0,26
K <sub>2</sub> O	2,27	2,00	2,69	2,79	2,53
MgO	1,68	1,28	1,82	1,89	1,82
CaO	3,27	2,67	0,53	0,57	0,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,45	9,60	13,90	16,20	13,11
SiO <sub>2</sub>	64,33	70,57	62,08	59,16	63,56
TiO <sub>2</sub>	0,81	0,74	0,82	0,89	0,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,69	4,40	5,57	5,85	5,41
MnO	0,021	0,018	0,016	0,014	0,016
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,10	0,08	0,10	0,08
SO <sub>3</sub>	2,29	2,96	2,34	2,38	3,12
Glühverlust	10,00	7,79	12,19	12,05	11,43
Summe	101,13	102,8	102,67	102,58	103,05

Der K<sub>2</sub>O-Gehalt von 2,8% bei 84,0 m Entnahmetiefe belegt den relativ hohen Kaolinitanteil von 35-40% und korrespondiert mit den erhöhten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalten in dieser Fazies. Die Spurenelementbestimmung zeigt sowohl für unbelastete als auch für belasteten Bereiche ähnliche Schwermetallgehalte. Schadstoffeinträge über den Oberen Grundwasserleiter führen nur zu geringen Ab-

scheidungskonzentrationen auf Klüften oder innerhalb der Matrix, so daß die Schwankungen in der Mineralzusammensetzung (Sulfide, Schwerminerale, opake Anteile) mögliche Kontaminationen überlagern.

Der Schwermetallbestand wurde für nachweislich belastete und unbelastete Proben aufgenommen.

Ferner erfolgten Vergleichsmessungen zwischen den Schwermetallgehalten der eisenhydroxidhaltigen Klüftflächenbeläge und der eigentlichen Glimmertonsmatrix.

Tab. 3: Spurenelemente in verschiedenen Faziesbereichen (in ppm)

	Faziesbereich sandig schluffig tonig			Ton- matrix	Kluft- belag	Deponie- bohrung
Pb (1)	20	21	n.b.	21	19	22
(2)				2	2	3
Cd (1)	0,1	0,1	n.b.	-	-	-
(2)				0,2	0,2	0,3
As (1)	10	11	n.b.	11	13	12
(2)				10	7	15
Cu (1)	21	21	19	15	17	22
(2)				8	10	15
Fe (1)	-	-	-	32.620	35.630	40.740
(2)	-	-	-	34.300	38.000	39.400
Zn (1)	46	67	153	47	89	66
(2)				97	54	70
Ni (1)	27	42	54	28	44	48
(2)				30	15	40
Cr (1)	93	128	123	292	295	213
(2)				260	260	210

(1) RFA-Analyse, (2) AAS-Analyse

## 5.2 Elutionsversuche

Für eine Bewertung des Schwermetallwanderungsverhaltens mußte zunächst der mögliche geogene mobile Schwermetallanteil ermittelt werden.

Anhand von Batch-Versuchen wurde das freigesetzte Schwermetallspektrum an belasteten und unbelasteten Proben bestimmt (Tabelle 4). Als Elutionsmittel diente hier destilliertes Wasser.

Tab. 4: Schwermetallkonzentration im Eluat (in ppb)

Faziesbereich:	sandig	schluffig	tonig
Pb	11	7	3
Fe	410	460	400
Mn	500	610	310
Cd	<1	<1	<1
Cu	4	5	5
As	<10	<10	<10

Für das Cadmium und Arsen liegt der geogene Anteil in allen Faziesbereichen unterhalb der Nachweisgrenze und ist somit bei den Durchströmungsversuchen zu vernachlässigen.

## 5.3 Durchströmungsversuche

Zur Bestimmung der Permeationsrate von geklüfteten und ungeklüfteten Tonen wurden Durchbruchkurven ermittelt. Eine Kaliumbromid-Lösung diente als Tracer.

In Abb. 5 ist die Zugabe der Kaliumbromid-Lösung, die Eluatmenge sowie der Durchbruchkurvenverlauf dargestellt. Nach 7 Tagen konnte bei der geklüfteten Glimmertonsprobe die zugegebene Ausgangskonzentration von etwa 7000 mg Bromid im Perko-

lat nachgewiesen werden. Dies entspricht einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-8}$  m/s. Im ungeklüfteten Material konnten dagegen auch nach Monaten keine Perkolate gewonnen werden.

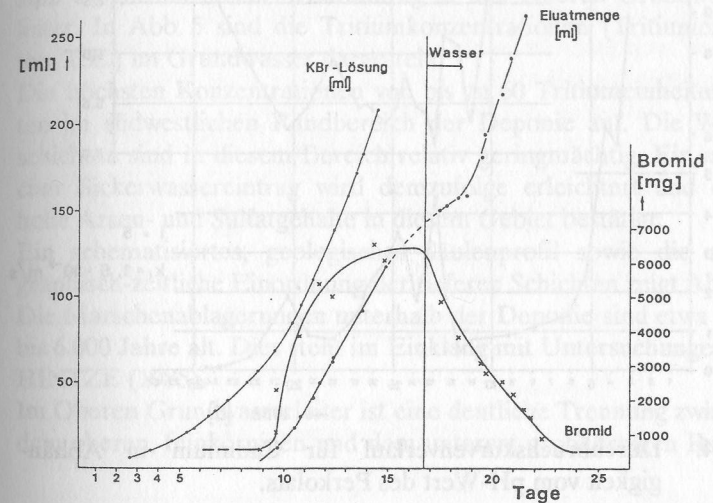


Abb. 3: Durchbruchkurvenverlauf für Bromid an einer geklüfteten Glimmerprobe

Der Durchbruchkurvenverlauf wurde numerisch nachvollzogen, so daß Aussagen zur wirksamen Klufweite und zur Klufflächenlänge getroffen werden konnten (BMFT, Abschlußbericht, 1988).

Die experimentell bestimmten Klufweiten variieren zwischen  $20 \mu\text{m}$  und maximal 1,5 mm. Die Klufflänge beträgt etwa 12 cm.

Im Anschluß wurde das Retardationsvermögen des geklüfteten Tons für Cadmium- und Arsen-haltige Wässer bestimmt. Die Sickerlösung enthielt 5 ppb Cd und 500 ppb As mit einem pH-Wert von 5,5 und wurde über Standrohre auf die Tonprobe gegeben.

Die erhaltenen Perkolate zeigen z.T. hohe Eisenkonzentrationen. Dieser Untergrund sowie die Salzmatrix erschwerten die Schwermetall-Analytik erheblich.

Da die pH-Werte in den Perkolaten zwischen 5,1 und 6,5 variieren, wird der Durchbruchkurvenverlauf für Cd und As durch den pH-Einfluß zusätzlich überlagert (Abb. 4).

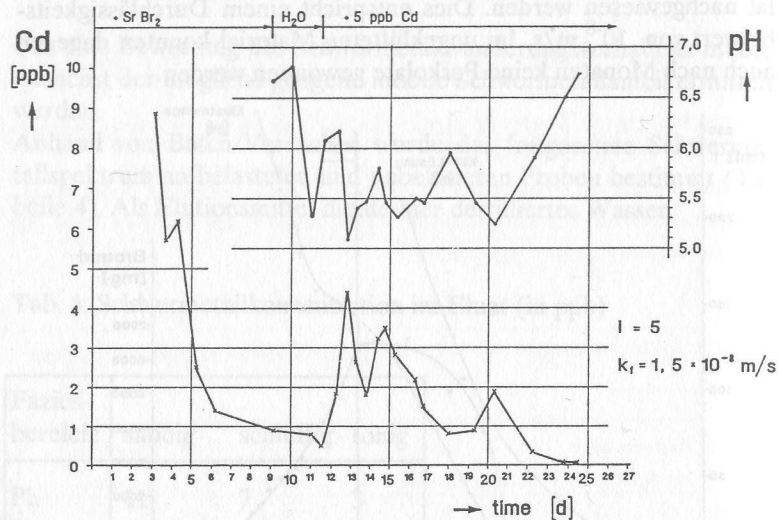


Abb. 4: Durchbruchkurvenverlauf für Cadmium in Abhängigkeit vom pH-Wert des Perkolats.

Die Sorptionsfähigkeit der eisenhydroxidhaltigen Kluftflächen ist relativ hoch. Die konstante Zugabe von 500 ppb As-Lösung führte zu Austragskonzentrationen von maximal 30-50 ppb As und bewirkte bei einer Kluftlänge von 10-12 cm keine weitere Konzentrationserhöhung.

Auch für Cd ist das Rückhaltevermögen des Glimmertons trotz der Klüftung relativ hoch. Nach 30 Tagen Versuchsdauer lag die Perkolatkonzentration immer noch deutlich unter 1 ppb Cd.

## 6. ISOTOPENHYDROLOGIE

Isotopenhydrologische Untersuchungen bieten die Möglichkeit, Poren- und Grundwasser zu datieren und entsprechende Altersprofile zum Schichtaufbau aufzustellen (GEYH und MICHEL, 1982). Bestehende Schadstoffprofile können dadurch erweitert und verifiziert

werden. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung durchgeführt. Insbesondere die Bestimmung des Tritiumanteils erlaubt Aussagen zum möglichen Sickerwassereintrag in den Oberen Grundwasserleiter. In Abb. 5 sind die Tritiumkonzentrationen (Tritiumeinheiten, T.E.) im Grundwasser dargestellt.

Die höchsten Konzentrationen von bis zu 60 Tritiumeinheiten treten im südwestlichen Randbereich der Deponie auf. Die Weichschichten sind in diesem Bereich relativ geringmächtig. Ein möglicher Sickerwassereintrag wird demzufolge erleichtert und durch hohe Arsen- und Sulfatgehalte in diesem Gebiet bestätigt.

Ein schematisiertes, geologisches Säulenprofil sowie die stratigraphisch-zeitliche Einordnung der tieferen Schichten zeigt Abb. 6. Die Marschenablagerungen unterhalb der Deponie sind etwa 5.000 bis 6.000 Jahre alt. Dies steht im Einklang mit Untersuchungen von HINTZE (1985).

Im Oberen Grundwasserleiter ist eine deutliche Trennung zwischen dem oberen, feinkörnigen und dem unteren, grobkörnigen Bereich

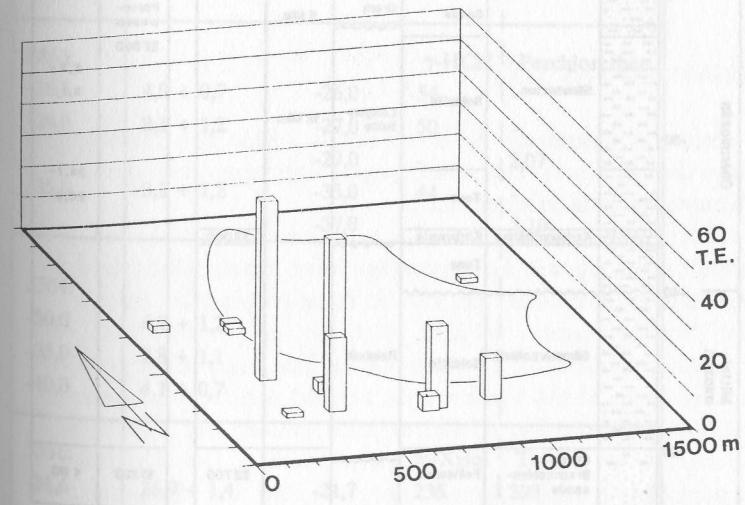


Abb. 5: Tritiumgehalte im Oberen Grundwasserleiter unterhalb der Deponie Georgswerder.

erkennbar. Die im Umfeld der Deponie entnommenen Proben zeigen maximale Alter zwischen 4.000 bzw. 15.000 Jahren, während die Braunkohlensande ein Alter von 22.700 Jahren aufweisen. Die im Ton auftretenden Karbonatbänke sowie die Ausfällungen auf den Klufflächen sind erwartungsgemäß älter als 33.000 Jahre. Auf der rechten Seite in Abbildung 6 sind Datierungen aus dem Deponiebereich dargestellt.

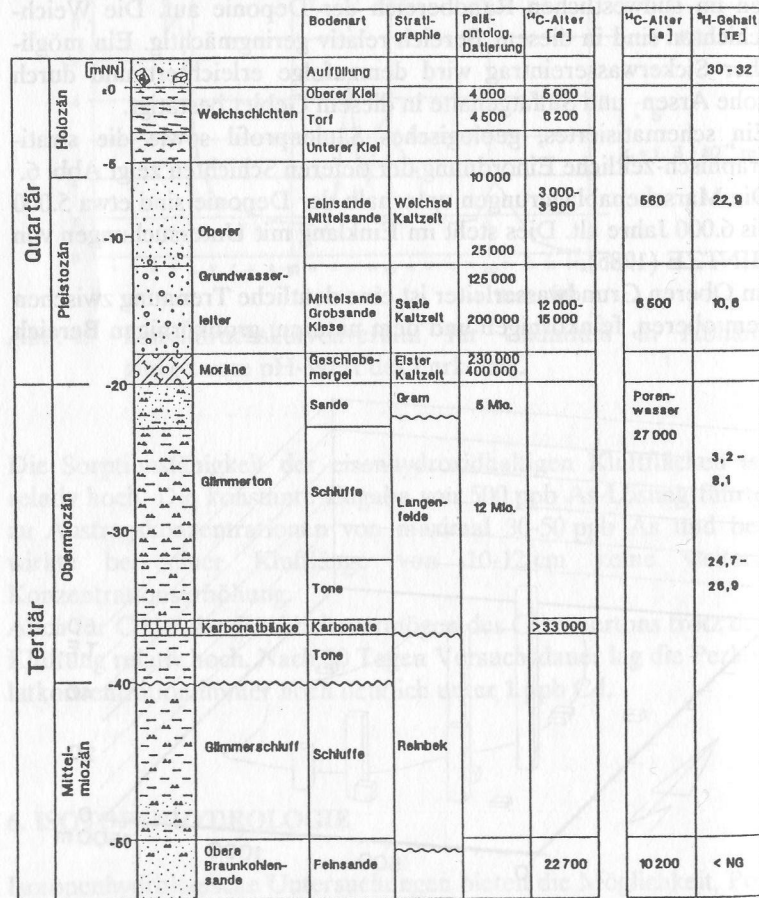


Abb. 6: Stratigraphisches Profil mit Datierungen aus dem Deponiebereich Georgswerder (rechter Block).

Im Auffüllungsbereich werden etwa 30-32 Tritiumeinheiten nachgewiesen.

Die <sup>14</sup>C-Datierungen einiger Brunnen im Oberen Grundwasserleiter weisen deutlich jüngere Alter zwischen 560 und 6.000 Jahren auf, die sich durch Zumischung von Stauwasser ergeben. Für die nur 10.200 Jahre alten Wässer aus den Oberen Braunkohlensanden müssen ebenfalls Mischalter vorliegen. Hierbei ist jedoch der Einfluß der elsterzeitlichen Rinnen zu berücksichtigen, die eine Vermischung mit jüngeren quartären Wässern ermöglichen. Die Tritium-Gehalte liegen hier unterhalb der Nachweisgrenze.

Tab. 5: Tritium-Gehalte und organische Verbindungen im Glimmertone

Bohr-Nr. u. Tiefe (m NN)	<sup>3</sup> H-Gehalt TE	Tiefe (m NN)	organ. Verb. (ppb)
5563: -26,5 -28,0 -35,0	4,9 + 0,7 8,1 + 1,2 3,2 + 1,2	-26,0 -27,0 -29,0 -35,0 -37,0	7-HCH   Perchlorethen 54   - 50   - -   2,07 44   - -   1,19
5564: -30,0 -35,0 -40,0	6,7 + 1,2 2,8 + 1,1 4,1 + 0,7		   
5556: -21,6 -48,7	26,9 + 1,4 26,3 + 1,5	-21,7 -45,7	m-Xylol   Toluol 236   393 275   653
5557: -85,0	24,7 + 1,4	-83,0	54   88



Porenwasser aus dem Glimmerton konnte in Brunnen gewonnen werden, die im Tonkörper verfiltert wurden. Die Alter dieser Porenwässer nehmen mit fortschreitenden Abpumpversuchen von 27.000 auf 20.000 Jahre ab. Hierbei muß es sich gleichfalls um Mischalter handeln, da die Porenwässer im oberen Bereich des Glimmertons mindestens das Alter der überdeckenden, elstereiszeitlichen Geschiebemergel (ca. 400.000 Jahre) aufweisen müßten.

Mögliche Kontaminationen aus dem Oberen Grundwasserleiter könnten durch Tritiumbestimmung in Kombination mit organischer Analytik nachgewiesen werden (Tabelle 5).

Auch relativ geringe Gehalte an Tritium korrespondieren mit  $\gamma$ -HCH-Funden (Lindan) sowie Perchlorethenkonzentrationen, die nicht geogenen Ursprungs sein können.

Bei Xylol und Toluol sind geogene Gehalte im Glimmerton denkbar, die Tritiumkonzentrationen sind hier jedoch mit über 20 Einheiten eindeutig auf einen anthropogenen Eintrag zurückzuführen.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Der tertiäre Glimmerton stellt in weiten Teilen des Hamburger Raumes die erste natürliche Dichtungsschicht gegenüber den tieferen Hauptgrundwasserleitern dar.

Das vertikale Ausbreitungsverhalten von Grund- und Sickerwässern unterhalb der Deponie Georgswerder wird durch Klüfte und fazielle Schichtgrenzen stark beeinflusst. Entsprechend lassen sich auf diesen Schichtgrenzen erhöhte Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen nachweisen. Das Ausbreitungsverhalten entlang von Klufflächen wurde anhand von Durchströmungsversuchen ermittelt. Die Kluffstrukturen können die Durchlässigkeitsbeiwerte um bis zu zwei Potenzen erhöhen. Die Kluffflächen weisen eisenhydroxidhaltige Beläge auf, die die Sorption von Schwer- und Halbmetallen verstärken. Hohe Tritiumgehalte im Oberen Grundwasserleiter belegen die Durchlässigkeit der Weichschichten in bestimmten Gebieten im Umfeld der Deponie.

Die  $C^{14}$ -Altersdatierungen der Grundwässer zeigen ebenfalls relativ junge Mischalter an, die durch Sickerwasserzufluß zu erklären sind. Tritium konnte auch im Glimmerton nachgewiesen werden und korrespondiert mit erhöhten organischen Schadstoffgehalten.

## 8. LITERATUR

- BMFT-Abschlußbericht (1988): Teilvorhaben Nr.1: 1/440385 A3  
"Vertikale Ausbreitung von Grund- und Sickerwässern im Deponiebereich Georgswerder" (in Vorbereitung).
- BRUNS, J. (1986): Tektonik und Geotechnik des Glimmertons im Hamburger Raum.- Diss. Univ. Hamburg, 126 p., 53 fig., Hamburg.
- BUSSE, R.; KADNER, M.R.; KAUSCH, F. & WÜSTENHAGEN, K. (1985): Geotechnische Untersuchungen im Bereich der Mülldeponie Georgswerder.- Ber. 5. Nat. Tag. Ing.-Geol., 33-43, 1 Abb., 1 Tab.; Kiel.
- GEYH, M.A. & MICHEL, G. (1982): Isotopical differentiation of groundwater of different hydrogeological origin.- J. Hydrology, 59, 161-171; Amsterdam.
- HINTZE, B. (1985): Geochemie umweltrelevanter Schwermetalle in den vorindustriellen Schlickablagerungen des Elbe-Unterlaufes.- Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Bd. 2.

TONMINERALOGISCHE, CHEMISCHE UND BODENPHYSIKALISCHE VERÄNDERUNGEN IN EINER TON-VERSUCHSFLÄCHE AN DER BASIS DER DEPONIE GELDERN-PONT

Clay Mineralogical, Chemical and Physical Changes in a Basal Clay Liner Test Area of the Geldern-Pont Waste Deposit

W. ECHLE<sup>1</sup>, M. CEVRIM<sup>1</sup>, H. DÜLLMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre  
der RWTH Aachen

Wüllnerstr. 2, 5100 Aachen

<sup>2</sup>Geotechnisches Büro Dr.-Ing. H. Düllmann  
Höfchensweg 12a, 5100 Aachen

## KURZFASSUNG

Untersuchungen an der Basisabdichtung einer Ton-Versuchsfläche auf der Deponie Geldern-Pont zeigen nach 8-jährigem Betrieb tiefenabhängige Veränderungen des Stoffbestandes in der oberen Hälfte der Tonbarriere: Unter Sickerwassereinfluß erfolgte eine deutliche Reduzierung des ursprünglich hohen Smectitanteils infolge Bildung von Wechsellagerungen und durch Illitisierung, sowie eine partielle Auflösung des karbonatischen Bindemittels. Diese hydrochemischen und mineralogischen Stoffumsätze bewirken eine signifikante Veränderung der bodenphysikalischen Eigenschaften der Dichtung.