

# Tone als Barrieregesteine bei Mülldeponien

## Mineralogische und geochemische Untersuchungen an Tonen aus Mannersdorf, Göllersdorf und Hennersdorf

Dipl.Ing. Beata KNAAK

### 1. Problemstellung

Die Projektierung und der Bau von Müllentsorgungsanlagen zählen zu den umwelttechnisch wichtigsten Aufgaben auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft. Die Mißachtung der Gefahren, die von unzulänglich oder überhaupt nicht abgedichteten Deponien ausgehen, bewirkte besonders in der jüngeren Vergangenheit katastrophale Kontaminationen der Biosphäre, vor allem des Grundwassers.

Das gesteigerte Umweltbewußtsein in der Bevölkerung, Konzepte für Müllsortierung, Wiederverwertung bzw. Müllvermeidung vermochten die in unserer Gesellschaft anfallenden Müllmengen bisher nicht annähernd einzuschränken. Es steht fest, daß zur Deponierung von Abfällen jetzt und in nächster Zukunft keine Alternativen existieren.

Der Bau und der Betrieb von Mülldeponien werden in Österreich durch Richtlinien und ÖNORMEN geregelt. Danach ist die heute bestmögliche Isolierung der Abfallstoffe von der Biosphäre durch das zum Standard gewordene Multibarrierensystem für Mülldeponien sicherzustellen. Darin kommen Tone bei zwei wesentlichen Dichtungselementen zum Einsatz: Als natürliche geologische Barriere und als mineralische Dichtschicht, die langfristig den Austritt von Deponiesickerwässern verhindern soll.

Die natürliche geologische Barriere soll einerseits den Schadstoffaustritt soweit verhindern, daß eine Kontamination der Umgebung unterbleibt und andererseits, bei Versagen der Basisabdichtung sinnvolle Sanierungsmaßnahmen (wie die Umschließung des betroffenen Bereiches mittels Dichtwand, die Umlagerung der Abfälle in eine neue, ausreichend abgedichtete Deponie o.a.) zeitlich und technisch ermöglicht werden.

## 2. Herkunft und geologische Beschreibung des Probenmaterials

### Ton aus Mannersdorf

Die Tongrube Mannersdorf liegt am Ostrand des Wiener Beckens am FuÙe des Leithagebirges. Nach dem Einbruch des Wiener Beckens im Miozän - vor etwa 15 Mio Jahren wurden die absinkenden Landmassen vom Meer überflutet. Während am Rande des Leithagebirges, das als Insel aus diesem Meer herausragte, Rifffalke aus Korallen und Rotalgen entstanden, wurden im Inneren des Beckens feinklastische Sedimente - Tone - abgelagert. Die Tone der Lagerstätte Mannersdorf stammen aus dem Pannon (ca.10 Mio Jahre)

Der Gesamtmineralbestand des Tons aus Mannersdorf wurde an drei Materialproben mittels Röntgendiffraktometeranalyse ermittelt. Etwa zwei Drittel des Materials werden von Schichtsilikaten gebildet.

Die Tonmineralzusammensetzung wurde ebenfalls an drei Materialproben bestimmt. Es dominieren Illit und Smektit; Chlorit und Kaolinit treten stark zurück. Ein hoher Smektitgehalt wirkt sich üblicherweise positiv auf die Dichtungseigenschaften von Barrieregesteinen aus.

Die Feststoffdichte des Mannersdorfer Tons beträgt  $\rho_s = 2,75 \text{ g/cm}^3$ .

Die Korngrößenverteilung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Kies 0%	Sand 1,7-3,0%	Schluff 29,5-32,1%	Ton 65,3-67,5%
---------	---------------	--------------------	----------------

Das Material hat eine spezifische Oberfläche von  $178 \text{ m}^2/\text{g}$ .

### Ton aus Göllersdorf

Die Tonlagerstätte Göllersdorf liegt in der niederösterreichischen Molassezone. Der Ton von Göllersdorf gehört zu den Laaer Schichten. Die Ablagerung erfolgte im Karpat - vor etwa 17 Millionen Jahren.

Auch der Gesamtmineralbestand des Tons aus Göllersdorf wurde an drei Materialproben bestimmt. Die Proben bestehen etwa zur Hälfte aus Schichtsilikaten.

Die Tonmineralzusammensetzung: auch beim Göllersdorfer Ton dominieren Illit und Smektit gegenüber Chlorit und Kaolinit.

Die Feststoffdichte beträgt  $q_s = 2,78 \text{ g/cm}^3$ .

Bei der Korngrößenverteilung überwiegt beim Göllersdorfer Ton die Schluffraktion:

Kies 0%	Sand 1,8-2,1%	Schluff 60,1-61,0%	Ton 37,2-39,7%
---------	---------------	--------------------	----------------

Die Spezifische Oberfläche ist mit  $128 \text{ m}^2/\text{g}$  kleiner als beim Ton aus Mannersdorf.

### Ton aus Hennersdorf

Die Tongrube Hennersdorf befindet sich im Zentrum des südlichen Wiener Beckens und wurde so wie der Ton aus Mannersdorf im Pannon gebildet.

Im Gesamtmineralbestand ist hier der Chloritgehalt höher als bei den Tönen aus Mannersdorf und Göllersdorf. Die Proben bestehen etwa zur Hälfte aus Schichtsilikaten.

Charakteristisch für die Tonmineralzusammensetzung ist der höhere Gehalt an Smektit (bis zu 60%) und Chlorit:

Der Ton aus Hennersdorf hat eine Feststoffdichte von  $q_s = 2,75 \text{ g/cm}^3$ .

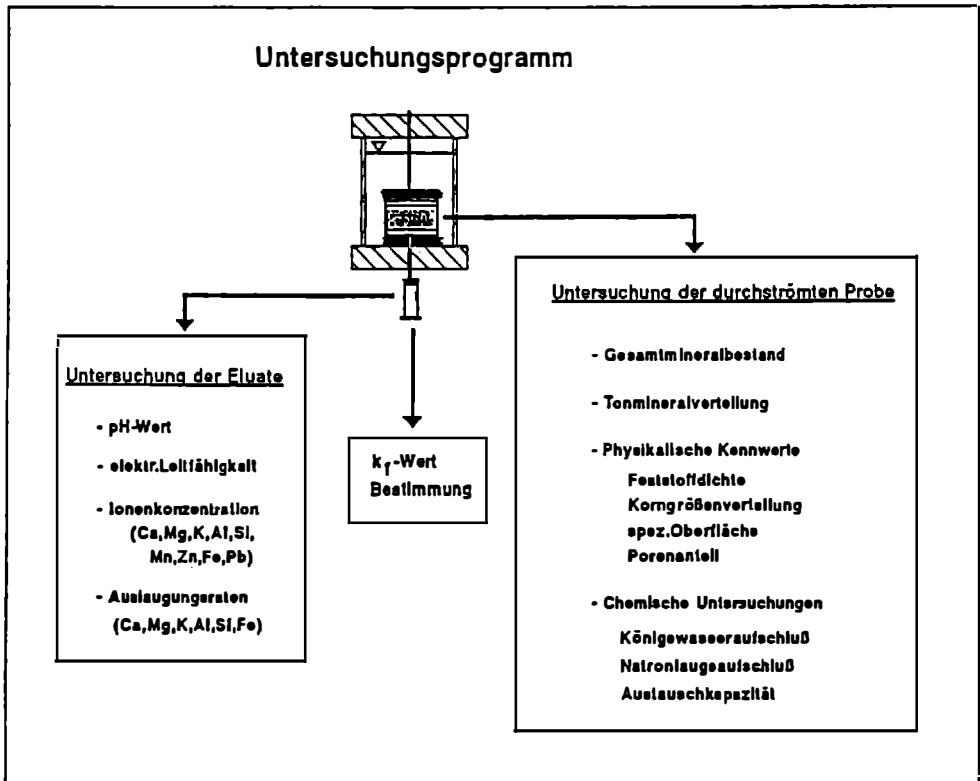
Auch bei der Korngrößenverteilung des Hennersdorfer Tons überwiegt die Schluffraktion:

Kies 0%	Sand 0,5-0,7%	Schluff 61,2-62,0%	Ton 37,3-38,2%
---------	---------------	--------------------	----------------

Die Spezifische Oberfläche beträgt  $128 \text{ m}^2/\text{g}$ .

### 3. Durchführung und Ergebnisse der Perkolationsversuche

Ein Schema der durchgeführten Analysen zeigt die folgende Abbildung:



## Prüfflüssigkeiten

Als Prüfflüssigkeiten wurden folgende Lösungen verwendet:

- Salzsäure 1 molar.
- Natronlauge 1 molar
- Bleichloridlösung 0,005 molar
- Sickerwasser synthetisch (SIWA), nach folgender Rezeptur:

Natriumazetat	0,150 mol
Eisessig	0,150 mol
Glycin	0,050 mol
Salicylsäure	0,007 mol

Diese Rezeptur stellt die für längere Zeit haltbare Modifikation der in den Richtlinien für Mülldeponien .I.(LECHNER, P. und PAVLICK, R., 1988, S.40) angegebenen Zusammensetzung dar.

Die durch die Tone durchgesickerten Perkolate wurden zumindest einmal pro Woche beprobt und folgende Parameter ermittelt:

- Durchflußmenge pro Woche
- k-Wert
- pH-Wert der Perkolate
- Leitfähigkeit der Perkolate
- Konzentration einzelner Ionen in den Perkolaten
- Auslaugungsraten einzelner Ionen aus dem Ton

Weiters wurde der jeweilige hydraulische Gradient  $i$  (= hydraulische Druckhöhe/Probenhöhe) vermerkt.

Für die Langzeitversuche (Perkulationszeit....) wurden nur ungestörte Proben benützt, die senkrecht zur sedimentären Schichtung durchströmt wurden.

## Probenmaterial

Durch die chemischen Analysen der Perkolate bekommt man bereits einen guten Einblick in die Wechselwirkungen zwischen Prüfflüssigkeiten und untersuchten Tonen. Durchlässigkeitsveränderungen, Gleichgewichtsreaktionen, Auslaugungsraten, Durchbrüche der Prüfflüssigkeiten usw. können gut erfaßt werden. Trotz der

beträchtlichen Aussagekraft dieser Untersuchungen ist aber nicht zu vergessen, daß es sich dabei immer um indirekte Methoden handelt. Es werden über Veränderungen in der flüssigen Phase (Prüfflüssigkeit: Perkolat) Aussagen über Veränderungen in der festen Phase (Ton) getroffen. Zur Kontrolle bzw. Kalibrierung der zuvor genannten Methoden ist daher eine Analytik der Tone nach Versuchsende unerlässlich. Aus Kosten- und Zeitgründen wird aber in den meisten Untersuchungen darauf verzichtet.

Die oben genannten Überlegungen waren Anlaß, den Nachuntersuchungen der behandelten Tone im laufenden Forschungsprojekt einen breiteren Raum einzuräumen.

Nachuntersuchungen wurden an folgenden Proben durchgeführt:

Ton aus Mannersdorf nach Langzeitversuch mit HCl,  
Ton aus Mannersdorf nach Langzeitversuch mit SIWA,  
Ton aus Mannersdorf nach Langzeitversuch mit NaOH;

Ton aus Göllersdorf nach Langzeitversuch mit HCl,  
Ton aus Göllersdorf nach Langzeitversuch mit SIWA,  
Ton aus Göllersdorf nach Langzeitversuch mit NaOH;

Ton aus Hengersdorf nach Langzeitversuch mit HCl,  
Ton aus Hengersdorf nach Langzeitversuch mit PbCl<sub>2</sub>;

Am Versuchsende wurde die Zufuhr der jeweiligen Prüfflüssigkeit gestoppt und diese durch destilliertes Wasser ersetzt. Die Tonzylinder sollten dadurch "gewaschen" werden, d.h. die hohen Konzentrationen der Prüfflüssigkeiten sollten verringert werden. Nach vier Wochen Spülzeit wurden die Tonzylinder ausgebaut und in Scheiben von 1 cm zerschnitten. Zum Teil reichte die einmonatige Spülung mit Wasser nicht aus, um die Prüfflüssigkeit auszuwaschen. So mußte die Einzelprobe nochmals, z.T. mehrmals gewaschen und zentrifugiert werden. Erst nach der Trocknung konnten die Untersuchungen weitergeführt werden.

Sämtliche Probezylinder hatten beim Einbau in die Versuchsanlage eine homogene Färbung. Auch waren nur solche Proben für die Langzeitversuche ausgewählt worden, an denen keine Risse bemerkbar waren. Im Zuge der mehrjährigen Durchströmung mit den verschiedenen Prüfflüssigkeiten kam es bei allen Zylindern zu

Veränderungen der Färbung, sowie zu  
- unterschiedlich ausgeprägten - Rißbildungen.

Das selektive Herauslösen bestimmter Minerale durch verschiedene Prüfflüssigkeiten oder Bildung von neuen Mineralen hinterläßt auch Spuren im strukturellen Aufbau, physikalische Kennwerte (wie zB. Feststoffdichte) werden verändert .

#### **4. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse und Schlußfolgerung**

Bei den untersuchten Proben konnte während der Langzeit-Durchlässigkeitsversuche keine signifikante Änderung des k-Wertes festgestellt werden. Dementgegen wurden nach Versuchsabschluß an den Probenmaterialien eine Reihe von chemischen und mineralogischen Veränderungen nachgewiesen und dokumentiert. Dies zeigt neben der hervorragenden Eignung der Tone als Barrieregesteine aber auch, daß bei der Untersuchung dieser Materialien der langen Versuchs- und Beobachtungsdauer eine wesentliche Bedeutung zukommt.

**TABELLE: Untersuchungsergebnisse**  
**Zusammenstellung der Endergebnisse**

**k-Wert der untersuchten Proben,**  
**pH-Wert und elektr. Leitfähigkeit des Eluates**

	<b>k-Wert [m/s]</b>	<b>pH-Wert [mS/cm]</b>	<b>Leitfähigkeit</b>
<b><u>Prüfflüssigkeit</u></b>			
Salzsäure		0,7	350
Sickerwasser		4,6	10
Natronlauge		14	183
<b><u>Ton aus Mannersdorf</u></b>			
mit Salzsäure perkoliert	3,0.10 <sup>-11</sup>	1,0	80
mit Sickerwasser perkoliert	2,0.10 <sup>-11</sup>	7,8	16
mit Natronlauge perkoliert	6,0.10 <sup>-12</sup>	13,5	100
<b><u>Ton aus Göllersdorf</u></b>			
mit Salzsäure perkoliert	1,0.10 <sup>-11</sup>	3,8	75
mit Sickerwasser perkoliert	1,0.10 <sup>-11</sup>	8,0	13
mit Natronlauge perkoliert	8,0.10 <sup>-12</sup>	13,5	100
<b><u>Ton aus Hennersdorf</u></b>			
mit Salzsäure perkoliert	3,5.10 <sup>-10</sup>	0,7	300
mit Bleichlorid perkoliert	1,0.10 <sup>-10</sup>	8,0	1,2



Gesamtmineralbestand

Probe	Quarz	Sch.Sil.	Chlorit	Kalzit	Dolomit	Feldspat	gelöst
cm	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Ton aus Mannersdorf unbehandelt	24	57-63	3-8	5	5	1	
mit Salzsäure perkoliert	3-4 24	63	2			2	9
mit Sickerwasser perkoliert	0-1 24	61	5			3	7
	1-2 24	61	4		3	3	5
	3-4 24	61	6		3	2	4
mit Natronlauge perkoliert	2-3 24	57	5	8		2	4
	3-4 24	57	5	8		2	4
Ton aus Göllersdorf unbehandelt	18	47	5	21	7	2	
mit Salzsäure perkoliert	0-1 18	48	4	3	1	3	23
	1-2 18	48	3	13	3	3	12
	2-3 18	48	3	13	3	3	12
	3-4 18	48	2			3	29
mit Sickerwasser perkoliert	0-1 18	48	5	17	7	3	2
mit Natronlauge perkoliert	0-1 18	47	5	15	1	3	11
	3-4 18	47	5	15	1	3	11
Ton aus Hennersdorf unbehandelt	26	53	5	6	7	3	
mit Salzsäure perkoliert	2-3 26	53				3	18
	3-4 26	54				3	17
mit Bleichlorid perkoliert	0-1 26	54	6	3	4	3	4
	1-2 26	53	5	6	7	3	

## Tonmineralbestand

Probe	cm	Illit [%]	Smektit [%]	Chlorit [%]	Kaolinit [%]	Fireclay [%]
<b>Ton aus Mannersdorf unbehandelt</b>		16	66	6	7	5
<b>mit Salzsäure</b>	0-1	15	68		12	5
<b>perkoliert</b>	1-2	15	65		14	5
	3-4	14	69	4	8	5
<b>mit Sickerwasser</b>	0-1	17	60	8	10	5
<b>perkoliert</b>	3-4	14	65	8	8	5
<b>mit Natonlauge</b>	0-1	14	65	7	9	5
<b>perkoliert</b>	3-4	14	70	3	8	5
<b>Ton aus Göllersdorf unbehandelt</b>		24	54	10	6	6
<b>mit Salzsäure</b>	0-1	18	52	13	7	10
<b>perkoliert</b>	1-2	24	56	11	5	4
	3-4	27	63	2	4	4
<b>mit Sickerwasser</b>	0-1	31	41	14	6	7
<b>perkoliert</b>	3-4	28	53	10	6	3
<b>mit Natonlauge</b>	0-1	27	54	10	3	6
<b>perkoliert</b>	3-4	24	56	9	4	7
<b>Ton aus Hengersdorf unbehandelt</b>		13	66	7	6	7
<b>mit Salzsäure</b>	0-1	23	57		13	9
<b>perkoliert</b>	1-2	18	64		10	8
	3-4	18	64		10	8
<b>mit Bleichlorid</b>	0-1	14	56	9	13	8
<b>perkoliert</b>	3-4	15	65	6	6	8

## Literatur

**KNAAK, B., 1992** Tone als Barrieregesteine bei Mülldeponien, mineralogische und geochemische Untersuchungen an Tonen aus Mannersdorf, Göllersdorf und Hannersdorf Diplomarbeit, Inst.f.Bodenforschung und Baugeologie, Univ.f.Bodenkultur, Wien.

**LECHNER, P., R. PAVLICK, 1988:** Richtlinien für Mülldeponien einschließlich Erläuterungen. Hrsg.: Bundesministerium für Land- u.Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien.

**OTTNER, F., 1991:** Mineralogische und geochemische Untersuchungen an tonigen Barrieregesteinen von Deponieanlagen Dissertation, Inst.f.Bodenforschung und Baugeologie , Univ.f.Bodenkultur, Wien.

**Autor:** Dipl.-Ing. Beata KNAAK  
Institut für Bodenforschung und Baugeologie  
Abt. Baugeologie  
Universität für Bodenkultur  
Gregor Mendelstr. 33  
1180 Wien