

Abbildungen

- 1: Geologische Skizze
- 2: Profil Niederfladnitz
- 3: Profil Langau
- 4: Ergebnisse der TMA
- 5: REM Aufnahme von Smektit
- 6: REM Aufnahme von Quarz
- 7: Diffraktogramme von Smektit und Kaolinit

Langzeitbeständigkeit von Zement-Bentonit-Dichtwandmassen

B. Schwaighofer, B. Knaak, H. Soyoye, F. Ottner, H. Fröschl, H. W. Müller
Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Abteilung Baugeologie
Gregor Mendel Straße 33
A-1180 Wien

Zusammenfassung

Bei der Umschließung einer Hausmülldeponie in Niederösterreich wurden Rückstellproben der verwendeten Schmal- u. Schlitzwandmasse untersucht. In Perkolationsversuchen wurden die Dichtwandmassen mindestens 1 Jahr Sickerwässern und Schadstofflösungen ausgesetzt. Schüttelversuche wurden ergänzend durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die Schmalwandmasse sowohl von basischen wie auch sauren Prüflösungen teilweise überaus stark angegriffen wurde, während die Schlitzwandmasse weitgehend unbeeinträchtigt blieb.

Im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen - die stets an Rückstellproben oder im Labor hergestellten Proben ausgeführt wurden - konnten für ein weiteres Forschungsprojekt Versuchsproben direkt aus bestehenden Bauwerken (Deponie Rautenweg, Altlast Lackenjöchel und Altlast Langes Feld) entnommen werden.

An den in verschiedenen Grundwasserbereichen gewonnenen Bohrkernen konnten keine Unterschiede festgestellt werden, was Gesamtmineralgehalt, Smektitgehalt, Dichte, Druckfestigkeit u. a. betrifft.

Überdies sind noch Perkolations-, Schüttel- und Lagerungsversuche an den Bohrkernen im Gange, um einen zeitlich gerafften Eindruck von dem möglichen weiteren Verhalten der Proben unter Sickerwassereinfluß zu erhalten.

1. Einleitung

Zement/Bentonit-Dichtwandmassen werden in Form von Schmal- u. Schlitzwänden zur Sicherung von Altlasten eingesetzt. Dabei soll sowohl der Zutritt von Grundwasser in die Altlast unterbunden werden wie auch der Austritt von kontaminiertem Sickerwasser minimiert werden.

Aufgrund der guten Schadstoffadsorptionskapazität des Bentonits und auch anderer Vorzüge wie der langandauernden Verarbeitbarkeit der Suspension wird Bentonit zu wenigen Prozenten dem hydraulischen Bindemittel (Zement) auf der Baustelle direkt beigemischt, bzw. können Bentonite auch schon fixer Bestandteil von Fertigmischungen sein.

Im Unterschied zur herkömmlichen Anwendungsweise der Dichtwände im Wasserbau, werden in der Altlastensicherung die Dichtwandmassen mit sehr unterschiedlichen Rezepturen und mit viel höheren Wasser/Feststoff-Verhältnissen hergestellt. Diese Dichtwandmassen sind teils aggressiven Sickerwässern und Kontaminationen ausgeliefert, sodaß nicht ohne Vorbehalt von den wasserbaulichen Erfahrungen her auf eine ausreichende Langzeitbeständigkeit geschlossen werden kann.

2. Langzeituntersuchung an Rückstellproben einer Schmal- und Schlitzwandmasse unter dem Einfluß von kontaminierten Wässern und Schadstofflösungen

In dem vorliegenden Forschungsprojekt wurden Rückstellproben von zwei Dichtwandmassen (einer Schmal- und einer Schlitzwandmasse) einer Hausmülldeponie in Niederösterreich auf ihre Beständigkeit unter dem Einfluß verschiedener Prüflüssigkeiten untersucht.

Die beiden Dichtwandmassen wurden in Perkolations- und Schüttelversuchen mit demineralisiertem Wasser, kontaminiertem Grundwasser aus der Umschließung der Hausmülldeponie, Sickerwasser derselben Hausmülldeponie, synthetischem Sickerwasser, Salzsäure (1molar), Bleichloridlösung (0,005molar) und Natronlauge (1molar) in Kontakt gebracht.

Bei der Schmalwandmasse handelt es sich um eine Mischung aus einem Fertigprodukt der Fa. Dyckerhoff, Wiesbaden, mit der Bezeichnung SOLIDUR® 274c, einem Dolomitsteinmehl und Leitungswasser.

Laut Firmenprospekt besteht Solidur® 274c "aus mineralischen Bindemitteln und Tonkomponenten"

<i>Schmalwandmasse:</i>	150-170kg	<i>Solidur® 274c</i>
	500kg	<i>Steinmehl</i>
	760kg	<i>Wasser</i>

Die Schlitzwandmasse besteht gänzlich aus einem Fertigprodukt der Fa. Dyckerhoff, Wiesbaden, mit der Bezeichnung SOLIDUR® 274 sowie Leitungswasser.

<i>Schlitzwandmasse:</i>	250kg	<i>Solidur® 274</i>
	912 l	<i>Wasser</i>

SCHWEITZER, 1991 gibt für Solidur® 274 folgende Inhaltsstoffe an:

- 10-60 Gew.% Natriumbentonit
- 36-81 Gew.% Hüttensand
- 2-4,5 Gew.% Anreger insbesondere Portlandzementklinker
- 2-4,5 Gew.% Kieselsäure (dispers)

Die aufgetretenen Wechselwirkungen zwischen Dichtwandmasse und Prüflüssigkeit wurden durch die Analyse der flüssigen Phase bzw. durch geochemische und mineralogische Analysen der Feststoffe erfaßt. Als wesentliche Reaktionen traten auf:

Veränderungen des Gesamtmineralbestandes durch die Lösung von Karbonaten und Anreicherung von Quarz und Cristobalit bzw. durch Auslaugung von Si-Ionen.
Neubildung von Mineralen (Kalzit, Aragonit, Magnesit, Galenit, Gips).
Veränderungen der Struktur (Dichte und Porenanteil) durch Lösungsvorgänge.
Verstärkung des *Absetzverhaltens* und Verzögerung des *Abbindeverhaltens* unter Zusatz von Sickerwasser zum Anmachwasser der Schmalwandmasse.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Schmalwandmasse von demineralisiertem Wasser, Bleichloridlösung (0,005molar) und Natronlauge (1molar) praktisch nicht beeinträchtigt wurde. Jedoch griffen sowohl basische (kontaminiertes Grundwasser und Sickerwasser) wie saure Prüflüssigkeiten (synthetisches Sickerwasser und 1molare Salzsäure) die Schmalwandmasse bis zu 2/3 der Gesamtprobe überaus stark an. Die Entfestigung wurde bei den sauren Medien durch die Lösung der Karbonate verursacht, durch die basischen Medien wurde Silizium gelöst und Karbonate wurden neu gebildet.

Allgemein konnte beobachtet werden, daß eine selbst massive Entfestigung nicht immer unmittelbar zu erhöhten k-Werten geführt hatte, da die gelösten Anteile vorerst in Porenräumen darunterliegender Bereiche ausgefällt wurden. Es ist aber zu erwarten, daß nach entsprechendem Zeitraum auch die untersten Bereiche zerstört werden würden. Die Schlitzwandfertigmischung *Solidur®274* wurde unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht bis deutlich geringer beeinträchtigt.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß der Auswahl des Zuschlags besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Sie unterstreicht wiederum die Wichtigkeit der mittlerweile immer öfter geforderten Untersuchung von Dichtwandmassen nicht nur unter dem Einfluß von Wasser, sondern auch und gerade unter dem Einfluß von Originalsickerwässern bzw. standardisierten, synthetischen Sickerwässern.

3. Dichtwanduntersuchungen an der Deponie Rautenweg

3.1. Umschließung der Deponie Rautenweg im Jahre 1986

Die bestehende Deponie liegt in einem Gebiet mit ergiebigen Grundwasservorkommen. Man mußte sich für eine Sicherung entscheiden, um in Zukunft ein Austreten von Sickerwässern aus dem Deponiebereich zu verhindern. Es wurden zwei zueinander parallel verlaufende Dichtwände (im Abstand von 4 bis 8 m) hergestellt. Alle 50-70 m wurden Dichtwand-Querschotte eingebaut, sodaß sich Dichtwandkammern mit einer Größe von 400-550 m² Grundfläche ergaben (sog. "Wiener Kammer-System"). In der Mitte einer jeden Kammer wurde ein Brunnen eingebaut. Über diese Brunnen wird der Grundwasserspiegel in den Kammern um mindestens 0,3 m tiefer als der niedrigste Außenwasserspiegel gehalten. Über ein Brunnen-System innerhalb der Deponieumschließung wird der Grundwasserspiegel wiederum um weitere 0,2 m tiefer als in den Kammern gehalten (Abb. 1).

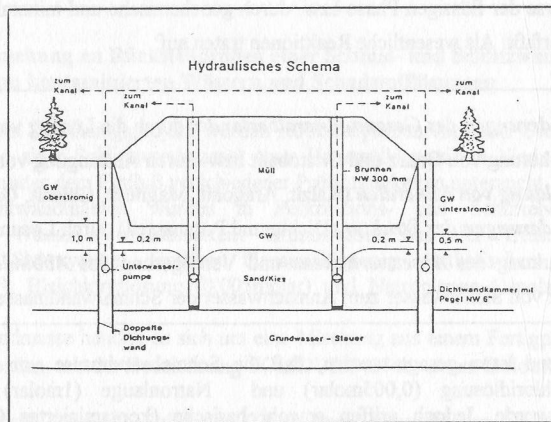


Abb.1: Hydraulisches Schema (ARZ P. 1987)

Die baulichen Maßnahmen wurden im Zeitraum von Juni 1986 bis Dezember 1986 ausgeführt. Die Dichtwand wurde dabei größtenteils als Schmalwand hergestellt. Die verwendete Dichtwandmasse bestand je m³ aus:

- 115 kg Calcium-Bentonit,
- 138 kg Hochofenzement,
- 576 kg Kalksteinmehl und
- 645 kg Wasser.

Da im südwestlichen Bereich der Deponie ausreichend dichte Schichten erst in sehr großer Tiefe anstehen, wurde dort die Dichtwand als Schlitzwand ausgeführt. Ihre Herstellung erfolgte nach dem Einphasenverfahren. Die Querschotte wurden ebenfalls als Schlitzwände ausgeführt. Die Mischung für 1 m³ Dichtwandmasse bestand aus folgenden Komponenten:

- 165 kg Calcium-Bentonit,
- 144 kg Hochofenzement,
- 826 kg Wasser und
- 3,8 kg Zusatzmittel (DynagROUT DWRC).

3.2. Grundwasserkontamination

Im Jahre 1985 wurden zwecks Kontrolle einer möglichen Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch die Deponie Rautenweg umfassende Analysen durchgeführt.

Es konnten erhöhte CSB- und Ammoniumwerte festgestellt werden. Bei den Parametern Kalium, Natrium, Chlorid und Gesamtphosphor wurden keine Trinkwassergrenzwerte überschritten. Eisen- und Mangangehalte wiesen auf reduzierende Verhältnisse hin. Die in Wasserproben festgestellten Schwermetallwerte lagen unter den für Trinkwasser relevanten Grenzwerten. Die höchste Konzentration an chlorierten Kohlenwasserstoffen wurden bei einem Brunnen erreicht mit 34,8 µg/l.

In den Jahren nach der Umschließung der Deponie wurden Wasserproben innerhalb und außerhalb der Deponie aus verschiedenen Stellen entnommen und untersucht.

Auch nach der Deponieumschließung hat sich die Zusammensetzung des Grundwasser kaum verändert.

3.3. Probenahme an bestehenden Dichtwänden im Jahre 1994

Im Jänner 1994 wurde eine Probenahme durchgeführt. Als Untersuchungsstelle wurde die Schmalwand zwischen dem Deponiekörper und der Kammer Nr.7 gewählt (Abb.2). In dem Bereich befand sich auch ein Teil des Querschotts, das als Schlitzwand (Einphasenverfahren) ausgeführt war. Diese Schlitzwand wurde ebenfalls beprobt und mit der Schmalwand verglichen.

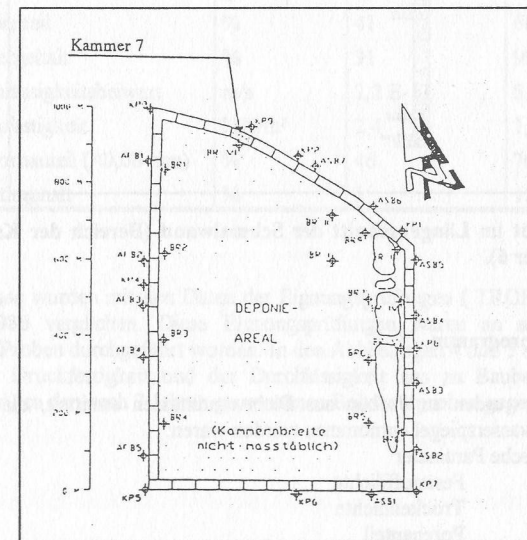


Abb.2: Lage der beprobten Kammer Nr.7

Für die Probenahme wurde entlang der Schmalwand ein 9,5 m tiefer Schacht ausgehoben. Es konnten Proben oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels entnommen werden.

Die Proben oberhalb des Grundwasserspiegels wurden aus dem Bereich 4,0 m bis 8,0 m unter GOK entnommen. Um Proben aus dem Grundwasserbereich der Deponie zu gewinnen, wurde der Schacht bis 9,5 m unter GOK ausgehoben und bei freier Wasserhaltung Proben aus dem

Bereich von 8,5 bis 9 m Tiefe aus der Dichtwand gebohrt. Abbildung 3 zeigt die Lage des Probeschachts im Längenschnitt.

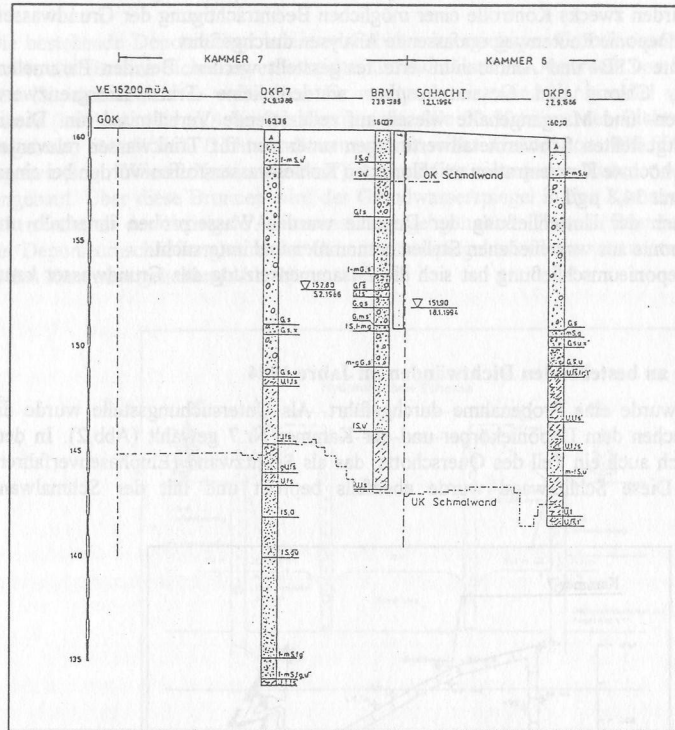


Abb.3: Probeschacht im Längenschnitt der Schmalwand (Bereich der Kammer 7 und der Kammer 6).

3.4. Untersuchungsprogramm

Folgende Parameter wurden an Proben aus Dichtwandmassen ermittelt, die oberhalb und unterhalb der Grundwasserspiegel entnommen worden waren:

- Physikalische Parameter
 - Feststoffdichte
 - Trockendichte
 - Porenanteil
 - Wassergehalt
 - Korngrößenverteilung
 - Durchlässigkeitsbeiwert
 - Druckfestigkeit
- Mineralogische Zusammensetzung
- Chemische Zusammensetzung

Im weiteren Verlauf wurden Laborversuche in Hinblick auf die Wechselwirkungen zwischen Dichtwandmasse und Prüfflüssigkeiten durchgeführt und Veränderungen gegenüber dem Ausgangsmaterial untersucht. Derzeit laufen noch Perkolations-, Lagerungs- und Schüttelversuche. Um den Einfluß von verschiedenen Sickerwässern abschätzen zu können, wurden folgende Prüfflüssigkeiten gewählt: Leitungswasser (als Nullprobe), kontaminiertes Grundwasser aus der Deponie Rautenweg, synthetisches Sickerwasser I (lt. LECHNER, PAVLICK; 1988) und ein betonaggressives synthetisches Sickerwasser II (lt. HERMANN; 1993).

3.5. Ergebnisse

Anhand der bisher durchgeführten geotechnischen, geochemischen und mineralogischen Untersuchungen konnten keine Unterschiede zwischen Dichtwandproben, die oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels gewonnen wurden, festgestellt werden.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der physikalischen Parameter und die festgestellten Smektitgehalte von Schmalwand und Schlitzwand gegenübergestellt.

Tab. 1: Zusammenstellung der untersuchten Parameter der Dichtwände

Parameter	Einheit	Schmalwand	Schlitzwand
Feststoffdichte	g/cm ³	2,70	2,58
Trockendichte	g/cm ³	1,58	0,87
Porenanteil	%	41	66
Wassergehalt	%	31	99
Durchlässigkeitsbeiwert	m/s	2,2 E-11	5,1 E-11
Druckfestigkeit	MN/m ²	2,4	1,4
Feinkornanteil (<0,06 mm)	%	46	76
Smektitgehalt	%	5	15

Diese Ergebnisse wurden mit den Daten der Eignungsprüfungen (TROPP, NEFF, 1987) aus dem Jahre 1986 verglichen. Diese Eignungsprüfungen waren an aus der Mischanlage entnommenen Proben durchgeführt worden. In den Abbildungen 4 und 5 sind jeweils die Werte der einaxialen Druckfestigkeit und der Durchlässigkeit aus zu Baubeginn durchgeführten Eignungsprüfungen den nach 7 Jahren gewonnenen Bohrkernproben gegenübergestellt.

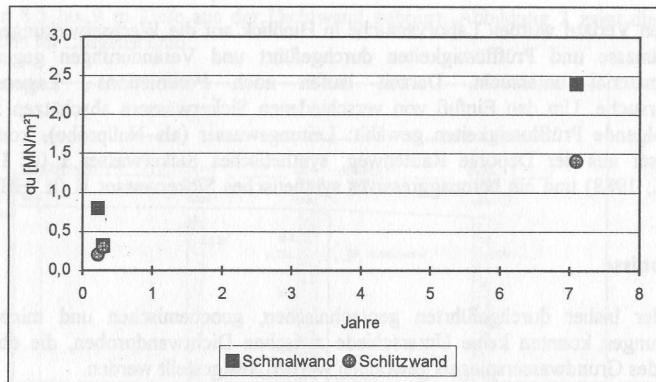


Abb. 4: Gegenüberstellung der Druckfestigkeiten der Dichtwand.

Die einaxiale Druckfestigkeit des Materials der Schmalwand bzw. Schlitzwand beträgt 7 Jahre nach dem Einbau der Umschließung 2,4 bzw. 1,4 MN/m². Die Ausgangswerte lagen bei 0,2 bis 0,8 MN/m².

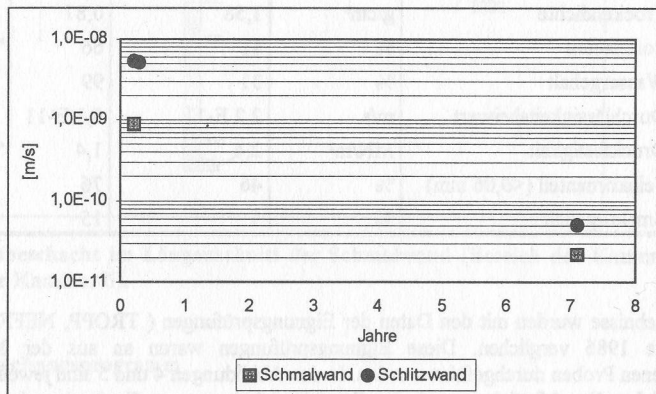


Abb. 5: Gegenüberstellung der Durchlässigkeiten der Dichtwand

Die Dichtigkeit des Materials hat sich um ein bis zwei Zehnerpotenzen verbessert.

Vergleich der Rezepturen

In der Abbildung 6 werden einander vier, in Wien verwendete Rezepturen von Schmalwandsuspensionen gegenübergestellt. Diese Mischungen wurden bei verschiedenen Umschließungen angewendet. Man kann in der Darstellung beobachten, wie bei den später hergestellten Umschließungen die Zumischung von Steinmehl erhöht wurde. Weiters wurde Calziumbentonit (CaB) durch Natriumbentonit (NaB) ersetzt, was auch zur Verringerung der Menge von 7,8 Gew.% CaB auf 2 Gew.% NaB führte. Als Folge einer zu "straffen"

Optimierung der Bentonitmenge kann es allerdings zu Entmischungseffekten, Verminderung der Druckfestigkeit wie auch Verschlechterung der Dichtigkeit des Materials kommen.

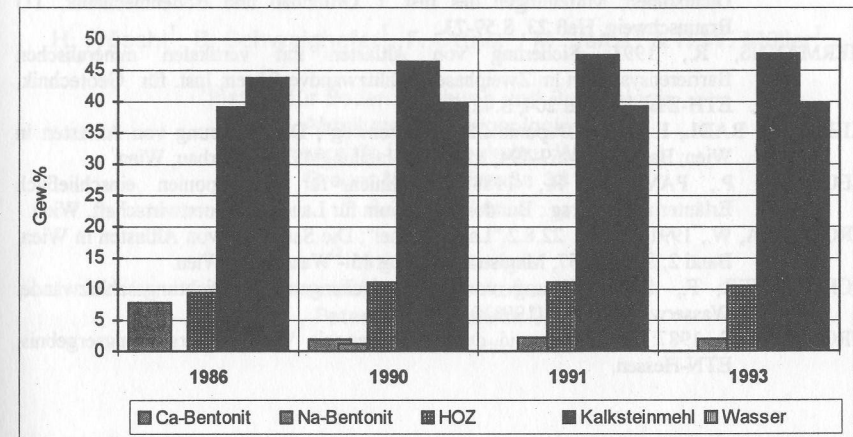


Abb. 6: Vergleich der Zusammensetzung der verwendeten Mischungen für verschiedene Schmalwände in Wien in den Jahren 1986 bis 1993.

Literatur:

- ARZ, P., 1987: Erfahrungen mit der Herstellung von Schmalwänden, Dichtwänden und Dichtsohlen; Mitteilungen des Inst. f. Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig, Heft 23, S.59-73;
- HERMANN, R., 1993: Sicherung von Altlasten mit vertikalen mineralischen Barrierensystemen im Zweiphasen-Schlitzwandverfahren; Inst. für Geotechnik, ETH-Zürich, Band 204, S.42; Zürich.
- KIEFL, M., RADL, F., 1991: Deponie 22.8 "Rautenweg"; Die Sanierung von Altlasten in Wien; Band 2, S. 469-494; Magistratabteilung 45 - Wasserbau; Wien.
- LECHNER, P., PAVLICK, R., 1988: Richtlinien für Mülldeponien einschließlich Erläuterungen. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- PROHASKA, W., 1991: Altlast 22.8.2 "Lackenjochel"; Die Sanierung von Altlasten in Wien; Band 2, S. 551-557; Magistratabteilung 45 - Wasserbau; Wien.
- SCHWEITZER, F., 1991: Eignung von Fertigmischungen für Dichtungsschlitzwände. Wasserwirtschaft 81 (1991)5, S.222-231.
- TROPP, NEFF, 1987: Dichtungswand der Abfall-Deponie Wien, Untersuchungsergebnis, ETN-Hessen.

Sorption chlorierter Kohlenwasserstoffe an tonigen Sedimenten

H. Fröschl¹, B. Schwaighofer¹, F. Ottner¹, M. Jaros² & H.W. Müller¹

¹Institut für Bodenforschung und Baugeologie
Abteilung für Baugeologie
Universität für Bodenkultur Wien
Gregor Mendel-Straße 33
A-1180 Wien

²Institut für Chemie
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan-Straße 70
A-1190 Wien

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden die Wechselwirkungen zwischen ausgewählten chlorierten Kohlenwasserstoffen (leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe und chlorierte Phenole) und tonigen Sedimenten untersucht. Neben natürlichen Tongesteinen aus Österreich (Hennersdorf, Freydegg) wurden Handelsprodukte (Montigel, Tixosorb) der Firma Süd-Chemie, München, herangezogen, wobei Sorptionsstudien im Mittelpunkt der Untersuchungen standen. Der hohen Schadstoffretardation des Tons aus Hennersdorf wird die nicht vorhandene Sorptionsfähigkeit des Tons aus Freydegg gegenübergestellt. Das organophile Produkt Tixosorb weist erwartungsgemäß die größte Schadstoffrückhaltekapazität auf. Zusätzlich wurden Abbauprobe an chlorierten Phenolen durchgeführt.