

Untersuchungen über die Beständigkeit von Schmalwandmaterialien unter dem Einfluß von kontaminierten Wässern

**am Beispiel der Deponieumschließung am Rautenweg und
der Altlastumschließung Lackenjöchelgasse in Wien**

B. KNAAK, F. OTTNER, B. SCHWAIGHOFER

Einleitung

Die Sanierung und die Sicherung von Altlasten zählen zu den wichtigsten Aufgaben, die im Sinne der Erhaltung einer intakten Umwelt anstehen. Bei der Altlastensicherung werden Konzepte verfolgt, die darauf abzielen, Emissionen, welche eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen, zu unterbinden.

Eine derzeit sehr häufig angewandte Sicherungsmaßnahme ist die Einkapselung von Altlasten. Den wesentlichsten Teil stellt dabei die vertikale Umschließung durch die Errichtung von Dichtwänden im Untergrund dar, die den Schadstoffaustritt durch Bodenluft und Grundwasser verhindern sollen. Die Herstellung einer solchen Umschließung in Form von Schlitzwänden oder Schmalwänden ist Stand der Technik und wurde in den vergangenen Jahren bereits vielfach ausgeführt.

In diesem Zusammenhang stellt sich selbstverständlich die Frage nach der Lebensdauer derartiger Sicherungsmaßnahmen, die im Zuge eines Forschungsprojekts im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie und der Magistratsabteilung 45 der Stadt Wien näher untersucht wurde. Dabei konnten erstmals Versuchsproben direkt aus den bestehenden Bauwerken entnommen werden. Es wurde dadurch die Möglichkeit geschaffen, die Auswirkungen von kontaminierten Wässern auf Dichtwandmaterialien unter in-situ-Verhältnissen zu untersuchen. Für die Laboranalysen standen Versuchsproben aus den Schmalwandumschließungen der Deponie **Rautenweg** sowie der Altlast **Lackenjöchel** zur Verfügung.

Untersuchungsmaterial und Probengewinnung

Die Deponie Rautenweg entstand in den 60er Jahren, als damit begonnen wurde, auf einer Fläche von ca. 60 ha Hausmüll, Bauschutt, Schlacken und Aschen aus Müll- und Sonderabfallverbrennungsanlagen in ehemaligen Sand- und Kiesgruben abzulagern. Der Deponiekörper tauchte in das stark schwankende Grundwasser ein.

Die Sicherung der Deponie erfolgte 1986, unter der erstmaligen Anwendung des "Wiener Dichtwandkammersystems". Die Altlast wurde dabei doppelt, nämlich durch zwei parallel verlaufende Dichtwände umschlossen, deren gegenseitiger Abstand 4 bis 8 m beträgt. In Längsabständen von 50 m bis 70 m wurde der zwischen den beiden Dichtwänden liegende Raum mittels Querschotten in einzelne Kammern unterteilt. Bei der Bauausführung kamen - in Abhängigkeit von der Tiefenlage des Grundwasserstauers - zwei

Herstellungsverfahren zum Einsatz: Der überwiegende Teil der Dichtwände konnte im Schmalwandverfahren hergestellt werden, da diese bereits ab einer Tiefe von durchschnittlich 13 bis 16 m unter GOK in grundwasserstauende Schichten einbinden. Im südwestlichen Bereich der Deponie, wo ausreichend dichte Schichten erst in größerer Tiefe (z.T. erst ab 35 m unter GOK) anstehen, wurde die Dichtwand als Schlitzwand (im Einphasenverfahren) ausgeführt (RADL, F., KIEFL, M., 1987).

Für die Probenahme - die im Jänner 1994 erfolgte - wurde entlang der Dichtwand ein mittels Stahlspundwand verbauter Schacht ausgehoben und aus dem Bereich oberhalb, wie auch unterhalb des Grundwasserspiegels wurden Proben mittels Kernbohrgerät aus der Schmalwand entnommen. Die Proben oberhalb des Grundwasserspiegels stammen aus einer Tiefe von 4,0 m bis 8,0 m unter GOK. Um Proben auch aus dem Grundwasserbereich der Deponie gewinnen zu können, mußte der Schacht bis in eine Tiefe von 9,5 m unter GOK ausgehoben werden. Das Grundwasser wurde im Schacht entsprechend tief abgesenkt und anschließend die gewünschten Proben aus dem Tiefenbereich von 8,5 bis 9,0 m unter GOK aus der Schmalwand gebohrt.

Nach der Probenahme wurden die Entnahmestellen mit "Compactonit" verschlossen.

Die aus der Schmalwand gebohrten Proben zeigten eine starke Durchmischung des Dichtwandmaterials mit dem umgebenden sandigen Kies, wodurch die Bohrarbeiten bzw. die Gewinnung von geeigneten Versuchsproben deutlich erschwert waren.

Die Mülldeponie in der Lackenjöchelgasse wurde von 1968 bis 1973 betrieben. Hausmüll, Bauschutt und Sperrmüll mit einem Gesamtvolumen von ca. 200.000 m³ wurden in Form einer Grubenschüttung abgelagert. Die

Deponie hat eine Längserstreckung von rd. 600 m und eine Breite von 40 bis 70 m. Die Fläche der Altlast beträgt 1,5 ha. Technische Einrichtungen zur Verhinderung eines Schadstoffaustrages aus dem Deponiebereich waren nicht vorhanden.

Die Sicherung wurde als Großkammersystem durchgeführt. Die Deponie wurde dabei mittels einer einfachen äußeren Schmalwand umschlossen und danach durch Querschotts in 8 Großkammern (Seitenlänge 70-80 m) unterteilt. Die Herstellung der Dichtwand wurde am 20. September 1990 begonnen und am 27. März 1991 abgeschlossen (PROHASKA, W., 1991).

Die Probenahme erfolgte im November 1993; als untersuchte Stelle wurde ein Querschott gewählt. Nach Herstellung des - ebenfalls mittels Stahlspundwänden gesicherten - Probeschachtes wurden die Bohrkerne sowohl aus dem Bereich oberhalb, wie auch unterhalb des Grundwassers gewonnen.

Für die Probenahme sehr günstig erwies sich die gute Festigkeit und Homogenität des Schmalwandmaterials. Steg- und Flanschbereich des Weges der Rüttelbohle konnten sehr deutlich erkannt werden. Bei der Herstellung war die Dichtungsmasse gut in den umgebenden sandigen Kies eingedrungen, was sich besonders anhand der Dicke der Wand im Stegbereich zeigt.

Ergebnisse

Die in den Schürfen aufgeschlossenen Wandabschnitte zeigten ein z.T. sehr unterschiedliches Bild:

Bei der Schmalwand Rautenweg fällt besonders die nur schwach ausgebildete - ansonsten für Schmalwände typische - Oberflächenstruktur auf: Die Steg- und Flanschbereiche sind schwer zu unterscheiden. Dies ist zunächst auf die kurzen Übergriffängen (jeweils "halber Steg") zurückzuführen (ARZ, P.,1987). Die Dicke der aufgeschlossenen Wand ist unregelmäßig und beträgt teilweise sogar weniger als 10 cm.

Die Wand zeichnet sich als fester Körper deutlich gegen das in ihrer Umgebung anstehende Material ab. Der Querschnitt ist mit dem sandigen Kies des Quartärs durchmischt, im Kern schwächer als in den Randbereichen. Besondere Inhomogenitäten, die auf Entmischungserscheinungen schließen lassen, konnten nicht festgestellt werden. Ebenso zeigen sich keinerlei Fehlstellen (weder durch Herstellungsfehler, noch durch Erosion oder Grundbrüche).

Auf der Oberfläche der Schmalwand Lackenjöchel sind Steg- und Flanschbereiche sehr gut zu unterscheiden. Die Dicke der aufgeschlossenen Wand beträgt 15 - 30 cm, was auf eine gute Eindringung des Dichtwandmaterials in den anstehenden sandigen Kies hinweist.

Auch hier zeichnet sich die Wand als fester Körper deutlich gegen das in ihrer Umgebung anstehende Material ab, der Querschnitt ist ebenfalls mit dem sandigen Kies des Quartärs durchmischt und etwaige Inhomogenitäten, die auf Entmischungserscheinungen hinweisen, sind - wie auch andere Fehlstellen - nicht ersichtlich.

Entfestigungen oder Aufweichungen des Schmalwandmaterials können weder bei der Umschließung am Rautenweg, noch am Lackenjöchel festgestellt werden, Verfärbungen oder andere Hinweise auf eine Beeinflussung durch Grundwasserkontakt fehlen.

An den entnommenen Materialproben wurden die in Tabelle 1 zusammengestellten Parameter bestimmt. Infolge der Durchmischung mit dem sandigen Kies aus dem umgebenden Quartär liegen die Dichte-, Porenanteil- und Wassergehaltswerte des Schmalwandmaterials in einem relativ großen Streubereich.

Tab.1.: Zusammenfassung der an den Bohrproben aus den Schmalwänden am Rautenweg und Lackenjöchelgasse ermittelten physikalischen Parameter

Parameter	Einheit	Schmalwand Rautenweg 1)	Schmalwand Lackenjöchel 2)
Trockendichte ρ_d	g/cm ³	1,26 - 1,65	1,41 - 1,54
Feststoffdichte ρ_s	g/cm ³	2,65 - 2,70	2,67 - 2,69
Porenanteil n	Vol.-%	39,7 - 50,1	42,4 - 47,4
Wassergehalt w	Gew.-%	23,8 - 40,7	27,5 - 33,6
Durchlässigkeitsbeiwert k	m/s	$1,2 \cdot 10^{-11}$ - $2,7 \cdot 10^{-10}$	$2,8 \cdot 10^{-12}$ - $8,8 \cdot 10^{-11}$
Einaxiale Druckfestigkeit q_u	kN/m ²	2260 - 2560	2740 - 3510
Grobkornanteil	Gew.-%	40 - 60	30 - 35

1) Probenalter: 7 Jahre 2) Probenalter: 3 Jahre

Wie die Zusammenstellung in Tabelle 1 zeigt, liegen die bei den beprobten Schmalwänden ermittelten physikalischen Parameter etwa in der gleichen Größenordnung. Durch die etwas geringere Durchmischung mit dem sandigen Kies aus der Umgebung liegen die Dichte-, Porenanteil- und Wassergehaltswerte beim Material der Schmalwand Lackenjöchel in einem engeren Streubereich als dies am Rautenweg festgestellt wurde. Auch die Durchlässigkeit des Materials aus der Umschließung Lackenjöchel ist durch den geringeren Grobkomanteil deutlich kleiner. Bei den Einaxialen Druckversuchen wurden höhere Werte festgestellt als mit dem Material vom Rautenweg, der Höchstwert von $q_u = 3.510 \text{ kN/m}^2$ wurde an einer Probe aus dem Grundwasserbereich bestimmt.

Die Auswirkung der unterschiedlichen Durchmischung der Dichtwandmaterialien mit den im umgebenden Untergrund anstehenden sandigen Kiesen zeigt sich auch im Vergleich der mineralogischen Zusammensetzungen der untersuchten Materialproben (siehe Tabelle 2).

Tab.2.: Vergleich der mineralogischen Zusammensetzungen [Gew.-%]

	Schmalwand Rautenweg	Schmalwand Lackenjöchel
Quarz	12 - 23	9 - 13
Dolomit	25 - 34	31 - 35
Kalzit	22 - 27	29 - 33
Schichtsilikate, Feldspäte, Zementminerale	15 - 40	19 - 31

Unter den Schichtsilikaten konnte Smektit mit einem Anteil bis zu 5 % festgestellt werden.

Eine Analyse der Schmalwandmaterialien hinsichtlich einer Kontamination durch Schwermetalladsorption ergab - sowohl im Wandinneren, wie auch im Bereich der Wandoberfläche - nur sehr geringe Werte.

Um die Möglichkeiten der Veränderungen in den Dichtwandmaterialien durch verschiedene kontaminierte Wässer zu untersuchen, wurden an ungestörten Proben Lagerungsversuche, Perkulationsversuche und Batch-Versuche durchgeführt. Dabei wird der Zeitfaktor in jeweils unterschiedlicher Weise beeinflusst: Bei den Lagerungsversuchen werden kleinere Probenstücke über einen längeren Zeitraum hinweg in verschiedene Prüflüssigkeiten eingelagert. Diese Versuche dienen vor allem zur Untersuchung des oberflächlichen Angriffs durch die Lagerungsflüssigkeit. Im Zuge von Perkulationsversuchen kann durch die Wahl entsprechender hydraulischer Gradienten und der damit beschleunigten Konvektion im Porenraum der Probe ein starker Zeitraffereffekt erzielt werden. Bei den Batch-Versuchen wird das Material der untersuchten Proben am intensivsten mit der Prüflüssigkeit in Kontakt gebracht und dadurch die stärkstmögliche Wechselwirkung erzielt.

Als Prüflüssigkeiten wurden für alle drei Versuchsarten jeweils das kontaminierte Grundwasser aus den untersuchten Deponiestandorten, zwei synthetische Sickerwässer und zu Vergleichszwecken Wiener Leitungswasser verwendet. Die synthetischen Sickerwässer wurden nach der Rezeptur laut GDA (1990) hergestellt („SIWA 1“), bzw. einem betonangreifenden Originalsickerwasser (nach HERMANN, R., 1993) nachempfunden („SIWA 2“).

Im Zuge der durchgeführten Lagerungsversuche wurden die untersuchten Proben für Zeiträume von bis zu einem Jahr den genannten Prüfflüssigkeiten ausgesetzt. Innerhalb dieses Beobachtungszeitraumes zeigten sich keine Veränderungen der Dichtwandmaterialien.

Auch bei der Durchführung der Perkolationsversuche konnten innerhalb des Beobachtungszeitraumes von bis zu einem Jahr keine Veränderungen der Probenmaterialien durch die verwendeten Prüfflüssigkeiten ermittelt werden.

Die festgestellten Durchlässigkeitsbeiwerte wurden unter Anwendung eines hydraulischen Gefälles von $i = 30 - 200$ ermittelt. Festzuhalten ist, daß sich der k -Wert bei allen Versuchen unabhängig vom Gradienten nach wenigen Wochen um einen bestimmten Wert einpendelt und danach annähernd linear verläuft. Die bei diesen Versuchen beobachteten Werte liegen insgesamt bei $k = 1,2 \cdot 10^{-11} - 5,0 \cdot 10^{-10}$ m/s. Trotz der sehr hohen Gradienten kam es in keinem Fall zu einem hydraulischen Versagen des Probenmaterials (n. HEITFELD, M., 1989 mit $k > 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s definiert).

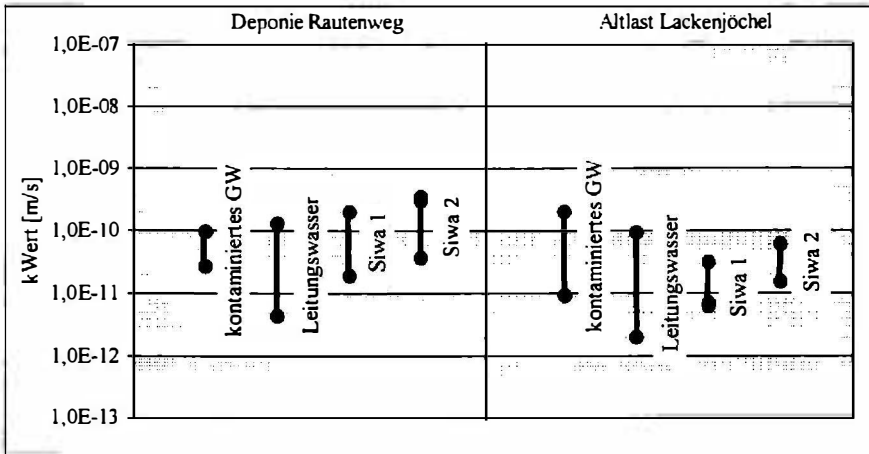


Abb. 1.: Zusammenstellung der Durchlässigkeitsbeiwerte der Umschließungen Rautenweg und Lackenjöchel mit verschiedenen Prüfflüssigkeiten.

Anschließend an die Perkolationsversuche wurden die Proben zerteilt und auf Veränderungen gegenüber dem Ausgangsmaterial untersucht. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede gegenüber den Materialien vor der Perkolationsversuche festgestellt werden.

Bei den Batch-Versuchen zeigte sich besonders bei den mit dem nach GDA (1990) hergestellten synthetischen Sickerwasser getesteten Proben eine Lösung der Karbonate. Durch die übrigen Prüfflüssigkeiten wurden keine mineralogischen Veränderungen der Dichtwandmaterialien bewirkt.

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen darauf schließen, daß die untersuchten Dichtwände der Deponieumschließung am Rautenweg und der Altlast Lackenjöchelgasse gegenüber den anstehenden kontaminierten Grundwässern mineralogisch-chemisch beständig sind. Bei den - in die Zeit extrapolierten - Analysen zeigten sich keine relevanten, die Dichtigkeits-eigenschaften beeinflussenden Auswirkungen der angewandten Prüfliquiditäten. Es ist davon auszugehen, daß die untersuchten Bauwerke seit ihrer Herstellung in Hinblick auf die an sie gestellten Anforderungen - durch einen eventuellen Einfluß der in situ anstehenden Grundwässer - keinen Schaden genommen haben.

Literatur:

ARZ, P.: Erfahrungen mit der Herstellung von Schmalwänden. - Dichtwände und Dichtsohlen, Fachseminar 02.-03.Juni 1987; Mitteilungen des Inst. f. Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig, Heft 23, 1987;

GDA; Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten". - [Hrsg.]: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau; Verlag Ernst und Sohn, Berlin 1990;

HEITFELD, M.: Geotechnische Untersuchungen zum mechanischen und hydraulischen Verhalten von Dichtwandmassen bei hohen Beanspruchungen. - Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH Aachen 1989;

HERMANN, R.: Sicherung von Altlasten mit vertikalen mineralischen Barrierensystemen im Zweiphasen-Schlitzwandverfahren. - Institut für Geotechnik der ETH Zürich, Band 204, 1993;

KNAAK, B.: Untersuchungen über die Beständigkeit von Schmalwandmaterialien unter dem Einfluß von kontaminierten Wässern am Beispiel der Deponieumschließung am Rautenweg und der Altlastumschließung Lackenjöchelgasse in Wien. - Diss. Univ. für Bodenkultur, Wien 1995;

PROHASKA, W.: Altlast 22.82 (22.8.2) "Lackenjöchel". - Die Sanierung von Altlasten in Wien; Band 2; [Hrsg.]: Magistratsabteilung 45 - Wasserbau; Wien, 1991;

RADL, F., KIEFL M.: Umschließung einer Großdeponie in Theorie und Praxis. - Mitteilungen des Institutes für Grundbau, Bodenmechanik und Felsbau, TU Wien, Heft 4, Wien 1987;

Autoren:

Dipl.Ing.Dr. Beata Knaak
Univ.Ass.Mag.Dr. Franz Ottner
Univ.Prof.Dr. Bernd Schwaighofer
Institut für Angewandte Geologie
Univ.f.Bodenkultur Wien
1190 Wien, Peter Jordan-Str. 70