

Möglichkeiten und Grenzen der kontrollierten Infiltration von Restsickerwasser (Umkehrosmosekonzentrat)

Thomas Peters

Dr.-Ing. Peters Consulting für Membrantechnologie und Umwelttechnik, Neuss

Abstract

Ausgehend von Betrachtungen zu verfahrenstechnischen und betrieblichen Aspekten des Membranverfahrens Umkehrosmose und dessen Einsatz zur Aufbereitung von hoch belastetem Abwasser werden Besonderheiten der Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit diesem Verfahren beleuchtet. Abgeleitet aus den inzwischen zwanzigjährigen Betriebserfahrungen mit den unterschiedlichen Möglichkeiten zur weiteren Verwendung bzw. Entsorgung des bei diesem Membranverfahren systembedingt entstehenden Restsickerwassers (Umkehrosmosekonzentrat) werden technische und rechtliche Randbedingungen sowie Praxisbeispiele für dessen kontrollierte Infiltration in den Deponie-Körper erörtert. Ein Schwerpunkt ist dabei die Darstellung der Möglichkeiten und Grenzen dieser Technik in Hinsicht auf die Deponienachsorge.

Keywords

Deponie-Nachsorge, Deponie-Sickerwasser, Immobilisierung, kontrollierte Infiltration, Restsickerwasser, Umkehrosmose,

aftercare, landfill leachate, immobilisation, controlled infiltration, residual leachate, reverse osmosis

1 Sickerwasser-Reinigung mit Umkehrosmose

1.1 Verfahrenstechnischer Hintergrund

Umkehrosmose (RO) gehört zu den druckgetriebenen Membranverfahren, bei denen die Triebkraft eine Druckdifferenz über der Membrane ist. Mit dieser Membrane wird das aufzubereitende Wasser in zwei Teilströme aufgetrennt, das Permeat und das rohwasserseitig verbleibende Retentat. Das Permeat ist sauberes Wasser mit extrem geringen Konzentrationen für die gelösten Stoffe. Diese erfüllen die Anforderungen jeglicher Einleitbedingungen. Im Retentat sind die Inhaltsstoffe des eingespeisten Rohwassers aufkonzentriert, die von der Membrane zurückgehalten wurden (Peters, 2004).

Für die Umkehrosmose werden porenfreie Membranen eingesetzt, einem dichten Film vergleichbar. Die organischen und anorganischen Moleküle werden von der eingespeisten Rohlösung durch einen Lösungs-Diffusions-Prozess abgetrennt, der hauptsächlich von der hohen Diffusionsgeschwindigkeit der Wassermoleküle durch die Membrane beeinflusst wird. Umkehrosmose-Membranen werden üblicherweise zur Abtrennung

von gelösten Salzen und Ionen mit einem Molekulargewicht unter 200 g/Mol bzw. Dalton genutzt.

Der Betriebsdruck der Umkehrosiose liegt üblicherweise bei bis zu 7.000 kPa (70 bar), für Hochdruck-Umkehrosiose bis 15.000 kPa (150 bar). In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Hochdruck-Umkehrosiose 1992 entwickelt wurde, um das Volumen des Restsickerwassers aus Umkehrosiose-Anlagen zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser weiter zu vermindern und damit die Aufbereitungskosten für die damals auf mehreren Deponien eingesetzte Behandlung dieses Restsickerwasser mit Verdampfung und zugehörigen Verfahrensschritten zu reduzieren (Peters 1995).

Die Umkehrosiose-Membranen wirken wie definierte Barrieren. Dies erlaubt die kontinuierliche und reproduzierbar zuverlässige Überwachung der Reinigungsleistung dieser Membran-Anlagen mit robusten Messinstrumenten, wie Systeme zur kontinuierlichen Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Zur gleichen Zeit gewährleistet die Barrierenfunktion dieser Membran dass jederzeit ein Permeat mit hoher Qualität erzielt werden kann, fast unabhängig von Veränderungen der Konzentration der Schadstoffe im eingespeisten aufzubereitenden Wasser.

1.2 Einsatzgebiete der RO und anlagentechnische Details

Heute wird die Umkehrosiose in vielfältigen Anwendungen genutzt. Die wichtigste ist die Produktion von Trinkwasser aus Meerwasser, wofür diese Technik Ende der 60er Jahre entwickelt und erstmals eingesetzt wurde. Ende der 70er Jahre begann man mit der Reinigung von Industrie-Abwasser. Heute gehört die Produktion von ultrareinem Wasser für die Halbleiter-Industrie und pharmazeutische Anwendungen oder die Produktion von Trinkwasser aus kontaminiertem Oberflächenwasser wie auch die Reinigung von vorbehandeltem Abwasser zwecks Wiederverwendung - was hier nur als einzelne Beispiele genannt sei - zu Standard-Anwendungen.

Die mit Umkehrosiose-Membranen ausgerüsteten Anlagen zeichnen sich durch eine hohe Verfügbarkeit und Betriebsstabilität aus, da sie leicht automatisierbar sind und sozusagen mittels Knopfdruck gefahren werden. Ebenso benötigt das Anfahren und das Abfahren, das in wenigen Minuten realisiert ist, keine besondere Aufmerksamkeit, da die treibende Kraft für den Trennprozess ein mittels Pumpen erzeugter Druck ist. Der modulare Aufbau der Systeme ist Grundlage für eine hohe Flexibilität gegenüber Veränderungen beim Volumen des aufzubereitenden Wassers und für einen geringen Flächenbedarf für die Anlage selbst. Diese Gesichtspunkte resultieren aus den Eigenschaften der Membranen und deren Kombination mit einer zugehörigen Modulkonfiguration sowie einer Anlagenkonstruktion, die strikt an den Bedarf einer jeden spezifischen Anwendung adaptiert werden kann.

Limitierende Faktoren für den Betrieb von Umkehrosmose-Anlagen sind:

- der osmotische Druck der aufzubereitenden Lösung, der von der Konzentration der gelösten Inhaltsstoffe abhängt und die Höhe der Ausbeute (Verhältnis von produziertem Permeat zu eingespeister Rohlösung) bestimmt. Beispielsweise ermöglicht Meerwasser mit ca. 35.000 mg/L Gesamtsalzgehalt und ca. 25 bar osmotischem Druck bei 6.500 bis 7.000 kPa (65 bis 70 bar) Betriebsdruck eine Ausbeute von üblicherweise 35 bis 45 %. Bei Sickerwasser aus Hausmülldeponien kann mehrheitlich einstufig und je nach Konzentration der Inhaltsstoffe in der Regel eine Ausbeute zwischen 70 bis 80 % erzielt werden.
- Scaling, Deckschicht auf der Membran durch Ausfällung von anorganischen Wasserinhaltsstoffen, hervorgerufen durch Überschreitung von deren Löslichkeitsgrenze.
- Fouling, Deckschichtbildung auf der Membran durch organische Wasserinhaltsstoffe.
- Biofouling, Ausbildung eines Biofilms auf den Membrane und innerhalb des Membran-Systems.

Einzelne dieser Effekte können durch entsprechende Maßnahmen verhindert werden, z.B. die Vermeidung der Ausfällung anorganischer Komponenten wie CaSO_4 oder CaCO_3 durch Verschiebung des pH-Wertes und damit der Löslichkeitsgrenze. Dabei ist zu betonen, dass bei der Reinigung von Deponie-Sickerwasser die Säuredosierung zwingender Bestandteil der Verfahrenskette ist.

Andere Effekte können nur vermindert werden, so z. B. das Wachstum eines Biofilms durch eine entsprechende Voraufbereitung bzw. ein Einsatzfall-spezifisches Spül- und Reinigungs-Regime.

1.3 Reinigung von Deponie-Sickerwasser

Aus diesen Details können die Möglichkeiten und die Grenzen für die Nutzung der Umkehrosmose für die Reinigung von Deponie-Sickerwasser abgeleitet werden. Aber um den Stand der Technik nachvollziehen zu können ist auch die historische Entwicklung der Membrantechnik in den letzten 20 Jahren zu betrachten.

Der Erfolg hat zwei Gründe: das wachsende Erfahrungspotential mit dem Betrieb von membrantechnischen Anlagen insgesamt und die ständige Verbesserung von Membran-Materialien, problemadaptierten Modulen und anforderungsgerecht konstruierten Anlagen.

Die ersten Versuche zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit Umkehrosmose in Europa, über die 1982 berichtet wurde, liefen in 1979. Ausgehend von der Erfahrung mit der Aufbereitung von verschiedenen Industrieabwässern mit Umkehrosmose wurde gefunden, dass die Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit Umkehrosmose neben hochresistenten Membranen den Einsatz von Offenkanal-Modulen erforderlich macht, damit die Membranen mit einem hohen Wirkungsgrad bezüglich Scaling, Fouling und Biofouling gereinigt werden können. Die ersten ermutigenden Resultate wurden mit dem Plattenmodul G4 erhalten, der Ende der 70ziger bei dem GKSS Forschungszentrum in Geesthacht entwickelt wurde. Dieser Modul wurde erfolgreich auch für Versuche für die Reinigung von Sickerwasser der Sonderabfalldeponie in Schwabach zwischen 1982 und 1983 genutzt (Peters 2003 a).

Die erste Umkehrosmose-Anlage im industriellen Maßstab ging auf der Deponie in Utingen in der Schweiz 1984 in Betrieb, nachdem die in 1983 mit Tubular-Moduln gefahrenen Versuche ausgewertet waren. Die nächste Anlage wurde in Gaggenau (Rastatt) in 1986 angefahren, gefolgt von Anlagen bei der VAM in 1986 und auf der SOB Deponie in 1987, beide in den Niederlanden (Dahm et al. 1994). Auch diese Anlagen waren mit dem Tubular-Modul mit Membranen aus Zellulose-Acetat bestückt, betrieben im Druckbereich 4.000 bis 6.000 kPa (40-60 bar). Beim ersten Membranwechsel nach ein paar Jahren kamen dann auch hier Composite-Membranen zum Einsatz.

Mit der Inbetriebnahme der Umkehrosmose-Anlage auf der Sondermülldeponie in Schwabach wurde 1988 der Scheiben-Rohr-Modul DT erstmals zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser verwendet. Dieser war mit Composite-Membranen ausgerüstet, betrieben mit bis zu 6.500 kPa (Peters 1999).

Dieser Modultyp wurde seinerzeit für die Entsalzung von Meerwasser an Bord von Schiffen als Nachfolger des Plattenmoduls vom Typ G4 entwickelt, der in diesem Arbeitsbereich großtechnisch seit 1982 betrieben worden war, da der rohwasserseitig offene Kanal die Entsalzung ohne jegliche Art einer chemischen Vorbehandlung und unter rauen Betriebsbedingungen ermöglichte. Da das Platzangebot an Bord von Schiffen limitiert ist, war dies ein wichtiger Grund für die Auswahl dieses Moduls, da der Raumbedarf für die Lagerung der Vorbehandlungs-Chemikalien hier entfiel, die üblicherweise für den Einsatz der Umkehrosmose zur Meerwasser-Entsalzung benötigt werden. Der erfolgreiche Betrieb des DT-Moduls in dieser Anwendung seit 1985 war mit der Grund, diesen Modul auch für die Reinigung von Deponie-Sickerwasser einzusetzen.

Für diese Anwendung sind also der Tubular-Modul und der Scheiben-Rohr-Modul, der inzwischen in ca. 85 % der zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser in Betrieb befindlichen Umkehrosmose-Anlagen installiert ist, eingesetzt worden, da die Offen-Kanal-Konstruktion dieser Art von Moduln eine effiziente Reinigung der Membran ermöglicht.

2 Infiltration von Restsickerwasser

2.1 Deponie als Bioreaktor

Es ist inzwischen allgemein bekannt, dass der Mangel an Infiltrationswasser zum Erliegen der mikrobiologischen Abbau- und Umbau-Prozesse im Deponiekörper führt und damit zur unerwünschten „Trockenstabilisierung“ bzw. „Mumifizierung“ der organischen Inhaltsstoffe. Hierdurch wird die Produktion von verwertbarem Deponiegas, mit dem ca. 99% der im Abfall enthaltenen und biologisch umsetzbaren organisch gebundenen Kohlenstoff-Verbindungen ausgetragen werden, reduziert bzw. beendet. Gleichzeitig wird die Gefahr unkontrollierter Gasemissionen erhöht und die Nachsorgephase auf nicht mehr darstellbare Zeiträume verlängert (Heyer et al. 1999, Rettenberger 2000).

Bei der Mehrheit der Hausmüll-Deponien weisen weite Bereiche des Deponiekörpers den für den mikrobiologischen Abbau erforderlichen Feuchtigkeitsgehalt nicht auf. Üblich sind 15 – 25%, notwendig wären 35 – 40% (Rettenberger 2000).

Zur Erzielung der zwingend erforderlichen biologischen Abbau-Aktivität muss der Deponiekörper, der als Bioreaktor zu betrachten ist, kontrolliert befeuchtet werden. Dabei bewirkt der beschleunigte Abbau der organischen Fraktion gleichzeitig die Verkürzung der Nachsorgephase, was von besonderer Bedeutung ist, da hiermit heutige Entsorgungsprobleme nicht auf künftige Generationen verlagert werden (Drexler 1999).

Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass die biochemischen Abbauprozesse noch während der mit geschultem Personal sowie einer Aktiv-Entgasungsanlage ausgestatteten Betriebsphase stattfinden und während der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen kontrollierten Nachsorgephase soweit als möglich zum Abschluss kommen können (Drexler 1999).

Die hier betrachteten Wirkzusammenhänge beziehen sich dabei auf die bis heute fast ausschließlich betriebenen Altdeponien, d. h. die klassischen Hausmüll-Deponien. Bei diesen ist die Sickerwasser- und Gasproblematik völlig anders zu beurteilen als bei den vom Gesetzgeber vorgeschriebenen inerten Regel-Deponien.

Erkenntnisse aus diesem Gesamtzusammenhang wurden inzwischen auch zunehmend behördlicherseits umgesetzt mit der Auswirkung, dass die Rückführung von deponieeigenem Sickerwasser in den Deponiekörper befürwortet werden kann, wenn entsprechende Auflagen erfüllt sind (Deponieverordnung, 2002). Seit dem 1. August 2002 ist die Infiltration von Sickerwasser in Deutschland also per Gesetz erlaubt. Dies schließt nach allgemeinem Verständnis auch Restsickerwasser ein (Defregger 2003), in dem die Konzentration der Inhaltsstoffe je nach Permeat-Ausbeute ca. 3 bis 4 mal so hoch liegt wie im Rohsickerwasser. Negative Auswirkungen auf die Produktion von Gas sind nicht festzustellen (Albrecht 2001).

2.2 Kontrollierte Infiltration

Die „kontrollierte Infiltration“ beschreibt nach hier dargelegtem Verständnis eine von den örtlichen Randbedingungen und technischen Gegebenheiten einer Deponie abhängige überwachbare Verbringung von Infiltrationswasser in den Deponiekörper mit Hilfe von technischen Ausrüstungen, die eine Regelung der Dosierung, die mengenmäßige Erfassung der infiltrierten Volumina und die Veränderung der örtlichen Koordinaten Tiefe und Flächenpunkt ermöglicht. Ebenso muss die zur Optimierung der Einstellung, Steuerung und Überwachung der Infiltrations-Parameter notwendige Flexibilität gewährleistet sein, da Langzeit-Akkumulationseffekte nicht prognostizierbar sind und Auswirkungen beeinflussbar bleiben müssen.

Beispiele für technische Ausrüstungen, zumeist unter Druck betrieben, sind vertikale Bewässerungs-Systeme wie Schluckbrunnen, Sonden und Lanzen oder horizontale Systeme mit mehreren Drainagesträngen oder flächigen Infiltrationskörpern aus grobkörnigem Material oder Bruchglas. Die Dimensionierung und Auslegung, z. B. Anordnung unter einer Zwischen-Abdeckung, Oberflächen-Abdeckung, Oberflächen-Abdichtung oder in einer darunter liegenden wasserwegigen Ausgleichsschicht ist dabei fallweise unter Berücksichtigung der jeweiligen spezifischen Deponiebedingungen zu entscheiden (Heyer et al. 1999, Rettenberger 2000).

2.3 Infiltration von Sickerwasser

Umfangreiche Untersuchungen zur Infiltration von Sickerwasser - die nicht mit einer Sickerwasser-Kreislaufführung zu verwechseln ist - ergaben u. a. bei einer seit Ende 1993 in Bayern betriebenen Anlage eine verstärkte biologische Aktivität und eine drastisch höhere Gasabsaugungsmenge. Negative Auswirkungen, wie ein Anstieg der Konzentration der Inhaltsstoffe im ablaufenden Sickerwasser, wurden nicht festgestellt (Bauer et al. 1999).

Bei der Nutzung des Sickerwassers zur Beschleunigung der Mineralisierungsprozesse und damit der Immobilisierung des Deponiekörpers ist der Wasserhaushalt der Deponie zu berücksichtigen. Einflussgrößen sind dabei: Infiltrationsmenge, Niederschlagsmenge, diffuse Wassereinträge, Wasserverbrauch bzw. die Wasserproduktion durch biologische Aktivitäten, Wasserabgabemengen über den Kondensataustrag des Deponiegases und ablaufende Sickerwassermenge.

2.4 Infiltration von Restsickerwasser

Üblicherweise liegt in unseren Breitengraden die auf einer Deponie anfallende Sickerwassermenge über dem Volumen, das für die kontrollierte Infiltration benötigt wird bzw. zur Erhaltung definierter Prozesszustände im „Bioreaktor Deponie“ unter gleichzeitiger Beachtung der Standsicherheit genutzt werden darf. Deshalb ist ein sinnvoller Weg mit

Praxistagung Deponie 2005 www.wasteconsult.de

dem gleichen Endergebnis die Infiltration von Restsickerwasser (Umkehrosmosekonzentrat), das bei der Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit dem Membranverfahren Umkehrosmose entsteht.

Der mittels der Umkehrosmose-Membranen gereinigte Teilstrom (Permeat) im Bereich von 75 bis 80% der insgesamt anfallenden Sickerwassermenge kann ohne weitere Behandlung dem nächsten Vorfluter zugeleitet werden und entlastet den Wasserhaushalt der Deponie (Eipper et al. 1999). Das verbleibende Restsickerwasser wird zur Beschleunigung der Immobilisierungsvorgänge in den Deponiekörper infiltriert.

3 Kontrollierte Infiltration von Restsickerwasser

3.1 Erfahrungen mit der kontrollierten Restsickerwasser-Infiltration

Die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen, insbesondere aber die langjährig gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen auf vielzähligen mit der gezielten Infiltration von Restsickerwasser betriebenen Deponien – die älteste seit 1986 - bestätigen, dass auch langfristig keine auffallenden Veränderungen im abfließenden Sickerwasser festzustellen sind (Henigin 1999). Der Deponiekörper wirkt als Schadstoffsene, wobei ein Teil dieser Schadstoffe zerstört und der andere nicht mehr eluierbar eingelagert wird. Dies beruht auf einer Vielfalt von komplexen biochemischen und physikalischen Prozessen und deren Zusammenwirken im Deponiekörper. Hierzu gehören (Gade, 1999, N. N. 1999, Henigin 1999, Albrecht 2001):

- Biochemische Abbauprozesse, die den Gehalt an organischen Komponenten im Abfall und im infiltrierten Konzentrat reduzieren
- Ablagerung von organischen und anorganischem Material in Form von Oxiden, Sulfiden und Karbonaten aus der Verstoffwechslung der Abfälle
- Adsorption von Schwermetallen an unterschiedlichen Oberflächen im Abfall
- Bildung von unlöslichen Komplexen durch die Reaktion von Huminsäure-haltigen Stoffen mit Schwermetallen
- Kristallisationsprozesse, bei denen Salze in ungelöster Form anfallen und sich einlagern bzw. sich Mineralien bilden
- Entstehen von Karbonaten, Sulfiden und Sulfaten durch chemisch-anorganische Prozesse

Bisher festgestellte signifikante Änderungen in der Konzentration waren auf Extremsituationen in der Deponie zurückzuführen. Hierzu gehören „Konzentrat-Kurzschlüsse“ bzw. „Kanalbildung“ (channeling) oder der Kontakt des infiltrierten Konzentrates mit

hoch salzhaltigen Sektoren im Deponiekörper. Beide Störungen können durch technische Massnahmen vermieden werden.

Voraussetzung ist, dass das System zur kontrollierten Infiltration von Restsickerwasser unter Berücksichtigung der Eigenschaften der entsprechenden Deponie ausgelegt und betrieben wird. Dabei müssen die Auswahlkriterien möglichst umfassend die für jede Deponie verschiedenen Standort-spezifischen ökonomischen und ökologischen Aspekte beinhalten, um für jeden Fall eine optimale Lösung zu finden. Bei der Beobachtung der für die Konzentration der Sickerwasser-Inhaltsstoffe ermittelten Werte sind dabei ebenfalls die fallweise festzulegenden Leitparameter für das zurückgeführte Restsickerwasser, die infiltrierte Restsickerwasser-Menge und die Niederschlagsereignisse zu beachten.

3.2 Beispiele für Deponien mit Restsickerwasser-Infiltration

In Deutschland sind derzeit ca. 15 Anlagen zur Infiltration von Konzentraten aus Umkehrosmose-Anlagen zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser erfolgreich in Betrieb, im Ausland eine zunehmende Zahl (Henigin 1999, Peters 2004). Tabelle 3 enthält einen auszugsweisen Überblick.

Tabelle 3: Beispiele für Deponien in Deutschland mit kontrollierter Infiltration des Restsickerwassers - Stand Mai 2002 (Henigin 1999, Peters 2004)

Deponie	Land *)	Infiltration seit	Infiltration bis	Grund für Beendi- gung der Infiltration	Probleme
Niemark	SH	1999	2003		Keine
Helvesiek	NS	1993	2001	Auslaufen der Ge- nehmigung	Keine
Celle-Höfer	NS	1993	2001	Auslaufen der Ge- nehmigung	Manchmal zu feucht
Burgdorf	NS	1991	In Betrieb		Keine
Kolenfeld	NS	1992	2005	Weiterführung als Restmüll-Deponie	
Meudt	RP	1992	2000	Auslaufen der Ge- nehmigung	Keine Genehmigung wieder beantragt
Halle-Lochau	ST	1993	2001	Ende der SIWA- Rei- nigung mit RO / jetzt Indirekteinleitung	Keine
Ormesheim	SL	1993	2002	Ende der Reinigung mit RO	Manchmal zu feucht
Rastatt	BW	1986	In Betrieb		Keine
Cunnersdorf	SA	1994	2000	Ende der SIWA- Rei- nigung mit RO / jetzt Indirekteinleitung	Keine
Göda- Buscheritz	SA	1993	In Betrieb		Keine

*) = Bundesland

BW = Baden-Württemberg

RP = Rheinland-Pfalz

SH = Schleswig-Holstein

NS = Niedersachsen

SA = Sachsen

SL = Saarland

ST = Sachsen-Anhalt

Bisher werden die Infiltrationssysteme auf diesen Deponien anaerob betrieben, Grundvoraussetzung für die Methanproduktion. Wenn mit zunehmendem Abbau der Organik der Methangehalt unter den für die Verwertbarkeit in Gasmotoren notwendigen Wert fällt, kann bis in den Bereich von ca. 25 % Methananteil im Deponie-Gas durch den

Einsatz von Membrantechnik entweder der Methangehalt im Deponie-Gas oder der Sauerstoffgehalt der Verbrennungsluft angereichert werden (Peters 2003 b). Unterhalb der Verwertbarkeitsgrenze kann zum weitergehenden Abbau der restlichen Organik und zur Reduzierung des durch die anaerobe Fahrweise nicht verminderten Ammonium-Gehaltes die aerobe in situ Stabilisierung eingesetzt werden (Heyer et al. 2004).

4 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die aufgezeigten technologischen, ökologischen, ökonomischen und rechtlichen Randbedingungen lassen empfehlen:

A. Die kontrollierte Infiltration von in Umkehrosmose-Anlagen zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser produziertem Restsickerwasser (Umkehrosmosekonzentrat) in den Deponiekörper ist für die Mehrheit der Altdeponien eine ökonomisch sowie ökologisch sinnvolle Lösung und eine unter umweltspezifischen Langzeit-Aspekten notwendige Maßnahme. Hiermit wird unter Berücksichtigung der durch den Wasserhaushalt einer Deponie systembedingt vorgegebenen hydraulischen Begrenzungen die erforderliche Inertisierung der organischen Komponente im Deponiekörper möglich und so, in Kombination mit einer bedarfsweise zeitlich nachgeschalteten aeroben Stabilisierung, der für die Langzeitsicherheit unerlässliche weitestgehende Abbau des Schadstoffpotentials erreicht.

B. Der Beitrag der infiltrierten Flüssigkeit zur Beschleunigung der Immobilisierung der organischen Materie im Deponiekörper und die einfache Umsetzung der Infiltrationstechnik lassen die Anwendung dieser Methode empfehlen, wenn die Eigenschaften des zu reinigenden Sickerwassers und die örtlichen sowie technischen Gegebenheiten auf einer Deponie dieses erlauben. Auf vielen Deponien sind die entsprechenden Voraussetzungen gegeben, so dass die kontrollierte Infiltration von Restsickerwasser sowohl kurzfristig zur Beschleunigung der Inertisierung der organischen Komponenten im eingelagerten Abfall als auch langfristig als integraler Bestandteil der unterschiedlichen Massnahmen zur Langzeitsicherung eingesetzt werden kann.

C. Die Reduzierung der negativen Auswirkungen von Deponie-Sickerwasser auf die Umwelt und die Ressourcen Grundwasser und Oberflächenwasser ist mit Hilfe des Membranverfahrens Umkehrosmose möglich. Hierzu tragen bei: die drastische Minimierung der verbleibenden Volumina, die kontrolliert infiltriert oder stabilisiert werden können, und die zuverlässig reproduzierbare hohe Qualität für das Permeat, das im Sinne einer nachhaltig umweltfreundlichen Entwicklung in den natürlichen Wasserkreislauf eingeleitet werden kann.

5 Literatur

- Albrecht, B. 2001 Großlysimeter-Langzeit–Untersuchungen zur Rückführung von Umkehrosmose-Sickerwasserkonzentrat auf den Deponiekörper von Hausmülldeponien unter „Flushing-Bedingungen“. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft Band 80
- Bauer, W. , Meisinger, S. 1999 Infiltration von Deponie-Sickerwasser – ein Verfahren zur Optimierung von biologischen Umsetzungsvorgängen in abgedichteten Deponien. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- Dahm, W., Kollbach, J. 1994 Sickerwasserreinigung: Stand der Technik 1993/1994 – zukünftige Entwicklungen. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin
- Defregger, F. 2003 Entsorgung von Siedlungsabfällen in Bayern sowie Stellenwert der Deponie in der Abfallwirtschaft nach 2005. 14. Nürnberger Deponieseminar, Heft 81, LGA-Grundbauinstitut, Nürnberg
- Drexler, K. 1999 Auszug aus den technischen Hinweisen zu Planung, Errichtung, Betrieb und Abschluß von Deponien im Rahmen der Umsetzung der TA-Siedlungsabfall in Bayern. Referat, Deponienachbarschaftstag, 20.05.1999 Erbenschwang
- Gade, B. 1999 Bilanzierung des Schadstoffpotentials – Rückhaltekapazität und Mobilität von Schadstoffen am Beispiel der Sonderabfalldeponie Raindorf. Fachtagung „Zeitgemäße Deponietechnik – Forschung und Praxis in Bayern“, 26.10.1999, München
- Henigin, P. 1999 Auswirkungen der Konzentrat-Rückführung nach der Membranfiltration auf die Sickerwasserneubildung von Hausmülldeponien. In Bilitewski, B. et al. (Hrsg.): Beiträge zur Abfallwirtschaft; Band 11, Technische Universität Dresden

- Heyer, K.-U., Stegmann, R. 1999 Verkürzung der Nachsorgephase durch in situ Stabilisierung. In Rettenberger, Bilitewski, Stegmann (Hrsg.): Nachsorge von Deponien – Maßnahmen, Dauer, Kosten; Verlag Abfall aktuell, Stuttgart
- Heyer, K.-U., Hupe, K., Stegmann, R. 2004 In situ Stabilisierung in der Stilllegungsphase zur Reduzierung der Deponienachsorge: Wasserinfiltration und Aerobisierung. In: Proceedings zur Tagung „Der Countdown läuft ..nur noch 1 Jahr bis zur Deponiestilllegung“, DAS-IB GmbH, 26./27.04.2004, Markkleeberg
- N. N. 1999 Deponieforschung in Bayern – eine Handreichung für die praktische Anwendung. Broschüre, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München
- Peters, Th. 2004 Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit Umkehrosmose – Langzeitbetrieb und Perspektiven. In: Proceedings zur Tagung „Der Countdown läuft ..nur noch 1 Jahr bis zur Deponiestilllegung“, DAS-IB GmbH, 26./27.04.2004, Markkleeberg
- Peters, Th. 2003 20 Years experience with reverse osmosis in
a leachate treatment. Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari
- Peters, Th. 2003 Optimización del aprovechamiento energético
b de biogas de vertederos. Residuos, n° 70, Jan./Feb. 2003
- Peters, Th. 1999 Past and future of membrane filtration for the purification of landfill leachate. Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari
- Peters, Th. 1995 Volume reduction of leachate concentrates with modules for nanofiltration and reverse osmosis. Proceedings Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari
- Rettenberger, G. 2000 Anforderungen an eine sichere Deponie – mög-

liche Nachsorgestrategien am Beispiel der Deponie Halle-Lochau. In: Lukas W. und Peters Th. (Hrsg.): Abfall – Deponie-Sickerwasser – Deponie-Gas, Vulkan Verlag 2000, Essen

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Thomas Peters

Dr.-Ing. Peters Consulting für Membrantechnologie und Umwelttechnik

Broichstr.91

D – 41462 Neuss

Telefon +49 2131 22 89 63

Email dr.peters.consulting@t-online.de