Deponiesickerwasser-Reinigung

Autor(en): **Ritz, Walter K.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 12

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77074

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Deponiesickerwasser-Reinigung

Die verschärfte Handhabung gesetzlicher Bestimmungen wird dazu führen, dass Deponiesickerwässer ohne Vorbehandlung nicht mehr abgeleitet werden dürfen. Diese Anforderungen rufen nach Verfahren, die zu einer Neukonzeption der Sickerwasserreinigung führen.

VON WALTER K. RITZ, UTTINGEN

Entstehung von Deponiesickerwasser

Auf jeder Mülldeponie entsteht Sickerwasser. Es handelt sich dabei um von der Deponie nicht aufgenommenes, überschüssiges Wasser aus Niederschlägen und in den Deponiekörper eindringendes Oberflächen- und Grundwasser.

Solche Sickerwasserbildung kann durch geeignete Abdichtungsmassnahmen stark reduziert werden. Eine vollständige Abdichtung gegen Niederschläge ist jedoch nicht erwünscht, da für den biochemischen Abbau der Abfälle Feuchtigkeit notwendig ist.

Das Sickerwasser wird über ein Dränagesystem erfasst und in der Regel kommunalen biologischen Kläranlagen zugeführt oder direkt in Vorfluter abgeleitet. Nur in Einzelfällen erfolgt eine Vorbehandlung zur Vermeidung von Gerüchen und zur Neutralisation und Abtrennung von Schwermetallen und anderen ungelösten Stoffen.

Sickerwasserbeschaffenheit

Deponiesickerwässer sind in bezug auf die Inhaltstoffe und deren Konzentrationen sehr unterschiedlich und innerhalb grösserer Bandbreiten schwankend. Die löslichen Stoffe aus den Abfällen und solche aus biochemischen Umsetzungsprozessen werden vom durchsickernden Wasser aufgenommen und ausgeschwemmt.

Die Belastung des Sickerwassers hängt zudem von der Zusammensetzung des Abfalls, vom Alter, der Betriebsweise und den hydraulischen Gegebenheiten einer Deponie ab. Nach Abklingen der anfänglich aeroben Vorgänge bildet sich ein anaerobes Milieu, in dem die organische Belastung des Sickerwassers drastisch reduziert wird (es bilden sich Methan und Kohlendioxid). Durch gleichzeitige Änderung des pH-Wertes ändern sich auch die Löslichkeiten der anorganischen Stoffe. Das Sickerwasser ist aus der ersten Deponiephase hoch organisch, in der nachfolgenden Phase jedoch stark anorganisch belastet (Bild 1). Ein Abbau solcher anorganischen Schadstoffe wie z.B. Chloride, Schwermetalle, Nitrate, Sulfate, ist in biologischen Kläranlagen nur bedingt möglich.

Anforderungen an die Sickerwasserbehandlung

Die grossräumige und unkontrollierbare Verteilung solcher Stoffe über den Ablauf der Kläranlagen oder gar Vorfluter ist aus ökologischer Sicht nicht mehr vertretbar. Bei den meisten Deponien wird dies zu einer Neukonzeption der Sickerwasserbehandlung führen, sei es als Vorbehandlung oder als Vollreinigung. Die Reinigung hat im wesentlichen die folgenden Schadstofffrachten auf die örtlichen Einleitbedingungen zu reduzieren:

- die organische Belastung (BSB^5, CSB)
- Stickstoffverbindungen (NH_4^+, NO_2)
- Schwermetalle
- halogenorganische Verbindungen (AOX).

Verfahren zur Reinigung von Sickerwasser

Die verfügbaren Verfahren zur Reinigung von Sickerwasser werden nachfolgend kurz beschrieben. Sie haben grundsätzlich einzeln oder kombiniert folgende Bedingungen zu erfüllen:

- keine zusätzliche Beeinträchtigung der Umwelt
- keine Emissionsverlagerungen (Rückstände)
- Abbau der Schadstoffe entsprechend den Erfordernissen
- hohe Verfügbarkeit (Betriebssicherheit)
- Kostenfreundlichkeit.

Vergleicht man die spezifischen Aufbereitungskosten der verschiedenen Verfahren, sind erhebliche Unterschiede feststellbar. Es wäre jedoch falsch, den Kosten bei der Verfahrenswahl erste Priorität zuzuordnen.

Biologische Verfahren

Bei Sickerwässern aus der sauren Phase des Deponiekörpers lässt sich eine starke Verminderung der organischen Belastung (BSB5) mit aerobisch-biologischen Verfahren erzielen. Der BSB5 kann naturgemäss bei Sickerwässern aus der «Methan-Phase» nur gering abgebaut werden. In der Regel liegt in diesen Fällen das Hauptgewicht der biologischen Reinigung bei der Oxidation von Stickstoffverbindungen (Nitrifikation).

Belüftete Teiche

Für den gezielten Abbau organischer Substanzen eignen sich belüftete Teiche im Freien wegen der starken Auskühlung im Winterbetrieb in der Regel nicht. Erzielt wird eine gute Geruchsminderung des Sickerwassers, eine stabile Nitrifikation ist jedoch nicht gewährleistet.

Belebungsanlagen

Belebungsverfahren zur Reinigung von Sickerwässern lassen sich nur bedingt einsetzen. Die Elimination organischer Stoffe und von Stickstoffverbindungen ist unter bestimmten Bedingungen befriedigend. Zur Aufrechterhaltung eines guten Wirkungsgrades und eines sicheren Betriebes sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- die Belüftungssysteme dürfen nicht schlamm- und verkrustungsanfällig sein;
- eine Auskühlung unter 10 °C im Winter ist zu vermeiden;
- Möglichkeit zur Dosierung verschiedener Chemikalien;
- Möglichkeit zur Schaumbekämpfung durch Besprühen oder Zudosieren von Entschäumern.

Festbettanlagen

Tauchtropfkörper-Anlagen eignen sich gut zum Aufbau nitrifizierender Bakterien. Ihr Einsatz für Sickerwässer aus der Methanphase mit geringen organischen und hohen Stickstoff-Belastungen wird zurzeit in Kombination mit Umkehrosmose-Verfahren getestet.

Chemisch-physikalische Verfahren

Chemisch-physikalische Verfahren werden in der Regel in Kombination mit biologischen Verfahren zur Nachreinigung der biologischen Stufe eingesetzt.

Flockung/Fällung

Wegen der aufwendigen Verfahrensführung und der Reststoffproblematik kommen diese Verfahren zur Sickerwasserreinigung nur selten zur Anwendung. Im Vordergrund steht die Entfernung biologisch nicht abbaubarer organischer Reststoffe und die Reduktion von Schwermetallen.

Membrantrennverfahren

Zu den Membrantrennverfahren werden die Umkehrosmose und die Ultrafiltration gezählt.

Die *Ultrafiltration* basiert auf einem Siebverfahren. Die gelösten Stoffe mit hohem Molekulargewicht werden von den Membranen zurückgehalten, während Stoffe mit geringem Molekulargewicht zusammen mit dem Wasser die Membrane passieren. Der Arbeitsdruck beträgt 2 bis 10 bar. Eine Trennung verschiedener Substanzen ist mittels Einsatz verschiedener Membrantypen möglich, d.h. man kann durch Wahl der geeigneten Membrane den Aufbereitungseffekt der Ultrafiltration wählen. So liessen sich z.B. die organischen Anteile des Sickerwassers von den anorganischen abtrennen und die Reststoffe der beiden Phasen getrennt weiter aufkonzentrieren.

Der Einsatz einer Ultrafiltration zur Selektierung und Vorreinigung kann die nachgeschalteten Hauptreinigungsverfahren wesentlich entlasten und effektiver machen.

Mit der *Umkehrosmose* trennt man Wasser von allen anderen Stoffen einer Lösung ab, um entweder die Lösung zu konzentrieren oder weitgehend salzfreies Wasser herzustellen. Um den natürlichen osmotischen Druck zu überwinden, muss der Filtrationsdruck auf der Konzentratseite künstlich auf 40–45 bar erhöht werden.

Eine nähere Beschreibung des Umkehrosmose-Verfahrens mit seinen Vorteilen und der Problematik der Reststoff-Entsorgung erfolgt in nachfolgenden Kapiteln.

Weitere Verfahren

Zur Sickerwasserreinigung sind weitere Verfahren anwendbar:

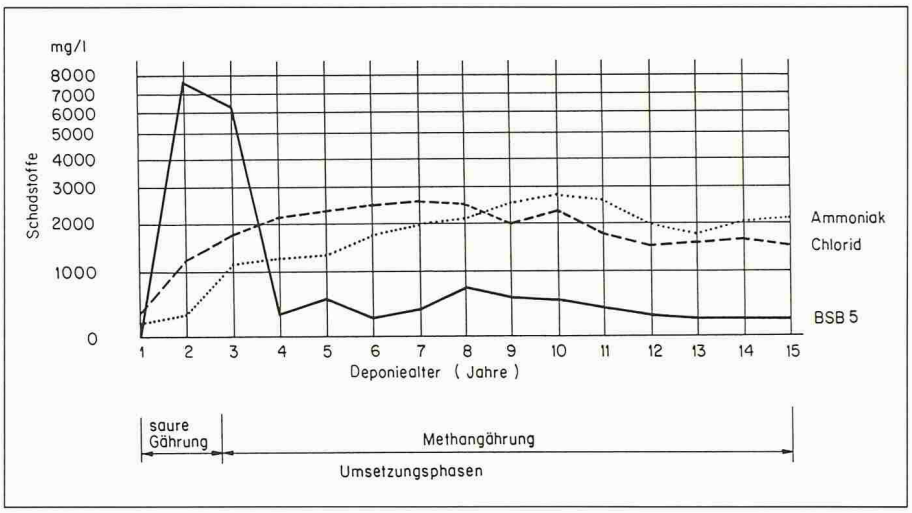


Bild 1. Sickerwasserbelastung

- Aktivkohleadsorption
- Verbrennung
- Eindampfung
- Chemische Oxidation
- Ionenaustausch.

Sie sind in Kombination mit anderen Verfahren interessant und zur Reinigung von Sickerwässern aus Sondermülldeponien oder von Reststoffen aus anderen Verfahren prüfenswert.

Reinigung von Deponiesickerwasser durch Umkehrosmose

Verfahren

Bei den zum Einsatz gelangenden semipermeablen Membranen handelt es sich um dünne Filterschichten aus Zelluloseazetat oder Polyamiden. Membranen werden in drei verschiedenen Ausführungen hergestellt und in den folgenden vier Modultypen eingesetzt:

- Flachmembranen als Wickelmodule oder Plattenmodule
- Hohlfasermembranen als Hohlfasermodule
- Tubularmembranen als Tubularmodule.

Die Wahl der geeigneten Module wird von der Verschmutzung des zu reinigenden Wassers und vom geforderten Reinigungsgrad bestimmt. Zur Sickerwasserreinigung werden in der ersten Stufe Tubularmembranen und in einer zweiten Reinigungsstufe Wickelmodule eingesetzt.

Das Anforderungsprofil solcher Membranen ist:

- grosses Rückhaltevermögen
- gute Selektivität
- chemische Beständigkeit und bakterielle Resistenz
- hohes Durchflussvermögen (Durchflussgeschwindigkeit)
- hohe mechanische Festigkeit
- lange Lebensdauer
- geringe Kosten.

Der Aufbau einer *Rohrmembrane* (Bild 2) besteht aus einem rohrförmigen Träger aus Polyester-Fliessstoff, auf dessen Innenseite eine Membranschicht aufgetragen ist. Diese Membranen werden in perforierte Stützrohre eingezogen. Sie sind auswechselbar.

Diese einzelnen Rohre werden bündelweise in Kunststoff- oder Edelstahlmodule zusammengefasst. Vorteile solcher Membranen:

- hohe Fliessgeschwindigkeit
- geringe Verschmutzungsgefahren
- einfache Reinigung
- keine «toten» Ecken
- gutes Rückhaltevermögen gelöster und ungelöster Stoffe.

Beim *Wickelmodul* sind entsprechend der verlangten Leistung mehrere Mem-

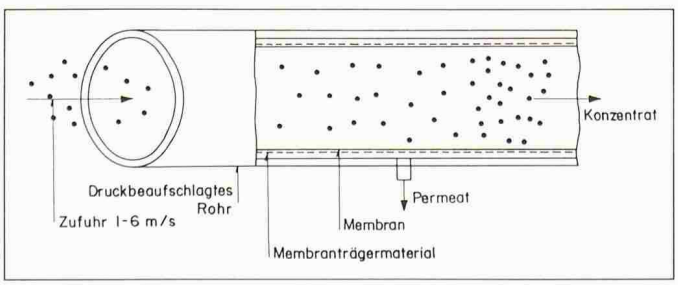


Bild 2. Rohrmembrane

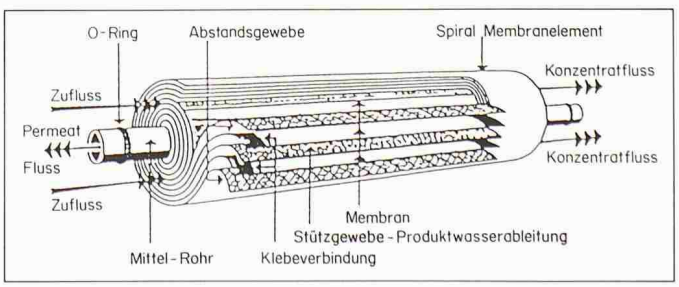


Bild 3. Wickelmodul

		Sickerwasser-zulauf Methanphase	1. Stufe		2. Stufe	
			Permeat	Reinigungs-leistung %	Permeat	Reinigungs-leistung %
Leitfähigkeit	µs/cm	15 000	1 500		15	
BSB5	mg/l	800	80	90	8	99,0
NH_4^+	mg/l	1 500	600	60	120	80,0
Chlorid	mg/l	1 900	380	80	20	99,0
Sulfat	mg/l	210	20	90	1	99,5
Schwermetalle	mg/l	130	3	98	0,01	99,9
AOX	mg/l	25	2	92	0,02	99,2

Tabelle 1. Reinigungsleistung

braneinheiten in ein Druckrohr eingebaut. Der eigentliche Membrankörper ist so konstruiert, dass Membranen und poröses Stützmaterial wechselweise aufeinandergeschichtet und spiralförmig um ein perforiertes Rohr aufgewikkelt werden. Stützmaterial und Membranen sind an drei Seiten miteinander verschweisst. Das Konzentrat tritt auf der dem Rohwasserzulauf entgegengesetzten Seite aus. Das Permeat wird über die Stützschicht und das perforierte Rohr abgeführt (Bild 3).

Vorteile dieses Modultyps:

- kompakte Bauweise
- hohes Rückhaltevermögen gelöster und ungelöster Stoffe.

Reinigungsgrade und Rückhaltevermögen

Wie weit die Reinigung des Sickerwassers als Vorbehandlung zur Einleitung in eine öffentliche Kläranlage durchzuführen ist oder ob die Einleitbedingungen von Vorflutern erfüllt werden müssen, ist von Fall zu Fall festzulegen. Das Umkehrosmose-Verfahren kann individuell den Bedürfnissen durch Zuschalten weiterer Reinigungsstufen, mit oder ohne Nitrifikation, angepasst werden. In Tabelle 1 sind in einem Beispiel die erreichbaren Werte zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Ammonium-Konzentration (NH_4^+), im Gegensatz zu den anderen Verunreinigungen, immer noch über den Einleitbedingungen liegt.

Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit werden durch folgende Parameter der Prozessführung beeinflusst:

- Temperatur
- Druck
- Strömungsgeschwindigkeit an der Membranoberfläche
- Konzentration der Schadstoffe in der Anströmflüssigkeit
- pH-Wert.

Die enge Korrelation zwischen Sickerwasser, Permeat und Konzentrat erfordert eine auf die Betriebsverhältnisse abgestimmte Verfahrensweise. Mit steigender Konzentration sinkt gleichzeitig die Durchflussrate (Permeatstrom) und das Rückhaltevermögen (Schadstoffe der Membranen). Der Aufkonzentration der Abwasserinhaltstoffe sind deshalb Grenzen gesetzt. Eine fünffache Aufkonzentration sollte nicht nur aus wirtschaftlichen, sondern auch aus technischen Gründen nicht überschritten werden, da sonst mit Verblockungen und Verkrustungen in der Anlage zu rechnen ist.

Entsorgung der Rückstände

Die Rückführung des Konzentrates auf den Deponiekörper ist heute eine gängige Methode zur Entsorgung der Reststoffe aus Membrantrennanlagen. Dabei gelangen etwa 20% des Sickerwassers (Konzentrat) mit 60–99% der Schadstoffe wieder an ihren Ausgangspunkt zurück. Das Konzentrat ist im Deponiekörper theoretisch folgenden Einflüssen unterworfen:

- Abbau der organischen Schadstoffe durch biochemische Prozesse
- Ausfällung anorganischer Schadstoffe durch Übersättigung und chemische Reaktion
- Speicherung von Konzentrat in Poren
- Durchlauf von Konzentrat.

Werden diese Stoffe in der Deponie nicht abgebaut, ausgefällt oder gespeichert, ist mit einer Konzentrationserhöhung im Sickerwasser zu rechnen. Zu erwarten wäre zudem durch die Konzentratrückgabe eine Sickerwasserabflusserhöhung. Tatsächlich wurden bei Anlagen, die seit mehreren Jahren in Betrieb sind, keine messbaren oder eindeutig auf der Konzentratrückführung beruhende Änderungen im Sickerwasser der Deponien festgestellt.

Dabei darf nicht ausser Betracht gelassen werden, dass diese Deponien durchweg folgende Merkmale aufweisen:

- das Speichervolumen ist nicht erschöpft;
- laufende Oberflächenabdichtung reduziert die Wassereinsickermengen aus Niederschlägen;
- der eingebrachte Müll wird gleichmässig und stark verdichtet;
- die Deponien sind immer noch in Betrieb.

Es ist zu erwarten, dass nach Erreichen der Speicherkapazität respektive nach Schliessung der Deponie kein Konzentrat mehr rückgeführt werden kann. Das System stellt somit eine zeitlich begrenzte Lösung für die Beseitigung der Reststoffe dar.

Zur Lösung dieser Rückstandproblematik müssen in Kombination mit Umkehrosmose-Anlagen, Eindampf- und Trocknungsanlagen eingesetzt werden. Damit wäre es möglich, ein minimales Reststoffvolumen herzustellen. Wünschenswert wäre zudem, frühzeitig die organischen und anorganischen Schadstoffe zu trennen, um so die Endkonzentrierung zu vereinfachen. Eine Immobilisierung oder Verwertung der Stoffe würde damit ebenfalls erleichtert.

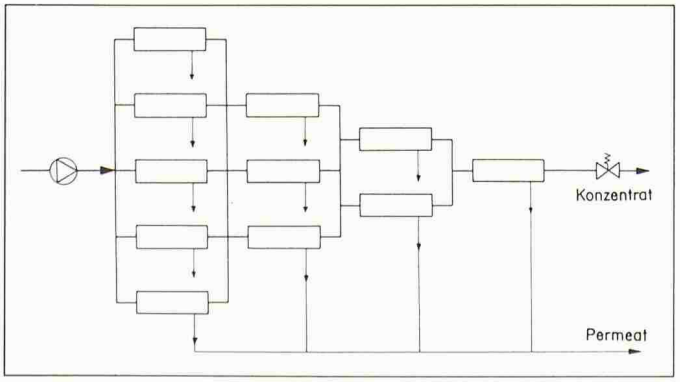


Bild 4. Reihenschaltung

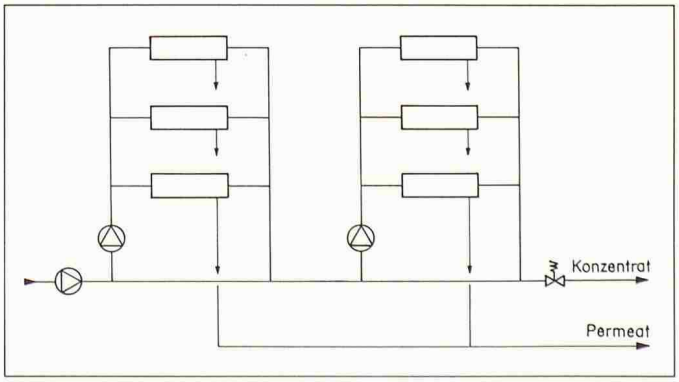


Bild 5. Rezirkulationsschaltung

Anlagen

Bei der Auslegung einer Membranfiltrationsanlage muss grundsätzlich zwischen zwei Systemen gewählt werden, der Reihenschaltung und der Rezirkulation.

Bei der *Reihenschaltung* durchfliesst die zugeführte Flüssigkeit die Module nur einmal (Bild 4). Die parallel geschalteten Module nehmen vom Zulauf bis zur Konzentratseite ab. Diese Bauweise gleicht bei ansteigender Konzentration die Volumenverringerung aus.

Die Durchflussgeschwindigkeit ist an jeder Stelle im System etwa gleich. Die erreichare Konzentration wird durch die Auslegung der Anlage bestimmt. Damit liegen jedoch einige sehr wichtige Prozessparameter fest und können bei quantitativen oder qualitativen Schwankungen des Zulaufs erhebliche Abweichungen vom idealen Zustand hervorrufen.

Im Rezirkulationsverfahren wird die zugeführte Flüssigkeit mehrfach im Kreislauf durch jede Stufe geführt (Bild 5). Ausser der üblichen Druckpumpe enthält dieses System eine Kreislaufpumpe, welche optimale hydrodynamische Bedingungen an der Membranoberfläche, unabhängig der Schwankungen des Zulaufes, ermöglicht. Die Druckdifferenz über jede Stufe ist gering und erlaubt den Betrieb unter sehr niedrigem Druck, was bei der Reinigung von grosser Bedeutung ist.

Die Rezirkulationsanlagen werden meistens als mehrstufige Anlagen ausgelegt und wegen ihrer Flexibilität für die Sickerwasserreinigung bevorzugt.

Bei einer solchen Anlage wurde wegen der ausserordentlich hohen Anforderungen an den Reinigungsgrad (Vorfluterqualität) ein mehrstufiges Verfahren gewählt, bei dem zwei verschiedene Modultypen kombiniert sind (Bild 6).

Die erste Stufe ist mit Tubularmembranen ausgestattet, die alle Feststoffe und einen Grossteil der gelösten Stoffe abtrennt. Bei der zweiten Stufe, welche nicht der starken Verschmutzung des rohen Sickerwassers ausgesetzt ist, werden Flachmembranen (Wickelmodule) eingesetzt.

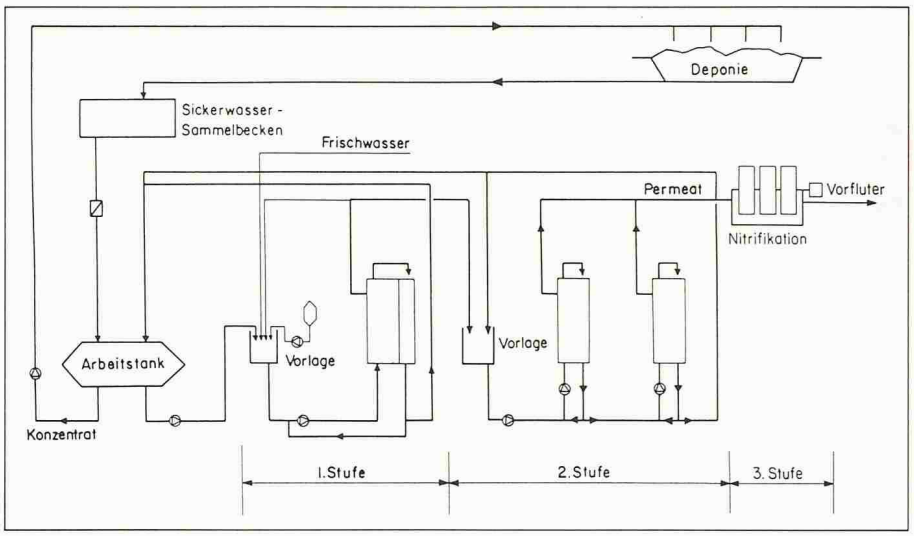


Bild 6. Schema Umkehrosmose-Anlage mit Nitrifikation

Sowohl die erste als auch die zweite Stufe sind Rezirkulationsstufen, in denen das Wasser unter genau beherrschten Verfahrensbedingungen (Druck, Durchflussgeschwindigkeit usw.) zirkuliert. Die gewählte Schaltung der unterschiedlichen Modulstufen bewirkt, dass die Konzentration von Anfang bis Ende einer Hauptstufe pro Modulstufe stetig zunimmt. Damit wird eine optimale Permeatqualität und ein hoher durchschnittlicher Permeatvolumenstrom erreicht. Durch Rezirkulation wird auf einfache Weise ein flexibles Verfahren realisiert, welches sich den schwankenden Zulaufmengen und den Konzentrationen anpassen kann.

In einer dritten Stufe, einer Tauchkörperanlage, erfolgt die Nitrifikation der restlichen Stickstoffverbindungen. Es werden bei Flächenbelastungen von 1–2 $gN/m^2/d$ Werte von NH_4-N < 3 mg/l erreicht.

Die Permeatqualität entspricht damit in jeder Beziehung den Einleitbedingungen für Vorfluter.

Das Konzentrat, etwa 20% des behandelten Sickerwassers, wird auf die Deponie zurückgeführt. Eine Aufbereitung ist zurzeit nicht notwendig. Als Option wird eine weitgehende thermische Volumenreduktion des Konzentrates vorgesehen.

Literatur

Marquardt K.: Mülldeponie-Sickerwasseraufbereitung unter Anwendung der Membrantechnik. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft «Zeitgemässe Deponietechnik», 1986.

Roth J.: Kritische Betrachtung der Konzentratrückführung auf den Deponiekörper. Tagung Sickerwasserreinigung, D-Esslingen, 1988.

Zusammenfassung

Die in grosser Bandbreite schwankenden und von Deponie zu Deponie unterschiedlichen Schadstoffe in Sickerwässern erfordern eine Reinigungstechnik, die in der Regel nur durch Kombination verschiedener Verfahren zum Erfolg führt. Bei der Auswahl der Verfahren darf die Problematik der Rückstandbeseitigung nicht vernachlässigt werden, da alle Verfahren feste, flüssige und gasförmige Reststoffe produzieren.

Der technische und finanzielle Aufwand zur Aufarbeitung dieser Rückstände in «Reststoffdeponie-Qualität» ist gross.

Mehrere Verfahren werden derzeit verbessert und erprobt.

Die Membrantechnik in Kombination mit biologischer Teilreinigung ist ein erprobter Baustein in der Verfahrenskette zur Behandlung von Deponiesickerwässern.

Die Vorteile des Verfahrens sind:

- Das Sickerwasser kann trotz Feststoffanteilen ohne Vorbehandlung direkt der Anlage zugeführt werden;
- Das System ist flexibel gegenüber schwankenden Inhaltsstoffen und schwankenden Zulaufmengen;
- Mit der Aufkonzentration der Schadstoffe wird eine Volumenstromreduktion von etwa 80% erreicht;
- Kleiner Platz- und Raumbedarf.

Die Betriebskosten solcher Anlagen können durch Verstromung und/oder Nutzung der Wärmeenergie des vorhandenen Deponiegases gesenkt werden.

Adresse des Verfassers: *W. K. Ritz*, Ing. HTL, Büro für Kies + Abfall AG, Aabord 32, 3118 Uttingen.