

2. Österreichisches Sickerwasser-Seminar

Tagungsband

Herausgeber: Bernhard Mayr



Bad Gleichenberg, 22. und 23. September 1994

• A • S • A • ABFALL SERVICE HOLDING AG

A - 8053 Graz • Straßganger Straße 293

Tel. 0 316 / 28 76 00 • Fax 0 316 / 28 76 00 / 30

BEHÄLTERBIOLOGIE BIOJET[®] MIT NACHGESCHALTETER UMKEHROSMOSE DEPONIE HALBENRAIN

VORTRAGENDER: DI DR. B. MAYR

A.S.A.

ABFALL SERVICE HOLDING AG

STRASSGANGER STR. 293

A-8053 GRAZ

1. GRUNDSÄTZLICHE ÜBERLEGUNGEN

Die Tendenz der Gesetzgebung hat sich in den letzten Jahren sehr stark in Richtung der Grenzwertbeschränkung entwickelt (siehe WRG-Novelle vom September 1990).

Dieser Trend hat auch die Firma A.S.A. Holding in Graz veranlaßt, ein dem Gesetzgeber entsprechendes Gesamtplanungskonzept für die eigene MDHalbenrain zu entwickeln und umzusetzen.

Diese Maßnahmen befürworten den Gedanken der effizienten und nachhaltigen Senkung der Belastungen, die auf die Bevölkerung und die Umwelt einwirken.

Um die angesprochene nachhaltige Senkung der Umweltbelastung zu gewährleisten, haben wir das Vermeidungsprinzip und die Einbindung der Verfahrensabläufe in die Ökosphäre zur Maxime des gegenständlichen Projekts erklärt. Dies bedingt den weitgehenden Verzicht auf "end of pipe" Techniken und die größtmögliche Rückgewinnung von nutzbaren Rohstoffen [1].

Das mittlerweile weitgehend fertiggestellte Gesamtprojekt zeigt die Notwendigkeit und den Vorteil einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise, da sich die Teilbereiche biologische Sickerwasserreinigung, Gasnutzung, Sortierung und Kompostierung im Rahmen von Gesamtbilanzen sinnvoll ergänzen.

In die genannte ganzheitliche Betrachtungsweise wollen wir natürlich nicht nur die Mülldeponie mit all ihren Anlagen miteinbeziehen, sondern auch die Auswirkungen auf die Biosphäre. Um dies zu gewährleisten, wenden wir die vier Ökoprinzipien für eine umweltverträgliche Betriebsweise an [2].

1. Ökoprinzip: *Schließen der Massenkreisläufe um nicht das dynamische Gleichgewicht der Ökosphäre zu stören. Immissionen müssen an die Assimilationskapazität der Umgebung angepaßt sein.*

Die Schließung der Massenkreisläufe ist aufgrund der andauernden Zulieferung von neuem Müll naturgemäß nur bedingt zu erfüllen. Daher muß im Fall einer Mülldeponie besonders darauf geachtet werden, daß eine bestmögliche Anpassung der Emissionen an die Assimilationskapazität der Umgebung erreicht wird. Mit anderen Worten müssen die Abluft- bzw. Abwassermengen minimiert werden.

Das Deponiegas wird mit einer im Haus entwickelten, innovativen *Gasreinigungsanlage* von Schadstoffen gesäubert. Mit einem Reinheitsgrad von 95 - 98 % CH₄ wird dann das gereinigte Gas für die Nutzung durch eine Verstromungsanlage bzw. für die Gasnetzversorgung des Ortes Halbenrain eingesetzt.

Ebenso wird das aus dem Deponiekörper austretende verunreinigte Sickerwasser durch eine nachfolgend beschriebene biologisch-physikalische Sickerwasser Reinigungsanlage umweltfreundlich gereinigt.

Zusätzlich wurden die bereits vorhandenen *Sickerwasserbecken* mit einer *Abdeckung* versehen, die die Geruchssituation gravierend verbessern.

2. Ökoprinzip: *Erhalten der Biodiversität*

Diese Forderung wird in der biologischen Kläranlage mit den Bestandteilen anoxyischen Denitrifikation und belüfteter Nitrifikation erfüllt, da eine Vielzahl von Organismen in Symbiose lebt. Zum Beispiel dient das durch die Nitrifikanten erzeugte Nitrat den Kohlenstoffabbauern als Sauerstoffquelle. Die Population besteht nur aus bereits in der Umgebung vorkommenden Mikroorganismen, die sich mit der Zeit immer besser dem Sickerwasser anpassen.

Ebenso stellt die Produktion von Kompost einen rein biologischen Prozeß dar, der in den Rotteboxen emissionsarm und kontrolliert abläuft.

3. Ökoprinzip: *Minimieren der Massen - und Energieströme*

Das Vermeidungsprinzip muß in erster Linie für den Anfall von Sickerwasser gelten, da jeder Reinigungsvorgang (auch biologische!) sehr energieintensiv ist. Daher werden Maßnahmen gesetzt, die den Anfall an Sickerwasser minimieren. Einerseits wird dazu der Deponiekörper entsprechend dem Stand der Technik mit einer *TOP-Abdeckung* versehen. Diese verhindert das Eindringen von Oberflächenwasser in den Deponiekörper und vermeidet somit auch die Entstehung eines bedeutenden Anteils des Deponiesickerwassers. Andererseits verhindern die Abdeckungen der Sickerwassersammelbecken ein Eindringen von reinem Regenwasser in das Schmutzwasser, daher bleibt der Sickerwasserstrom stets minimal.

Ein sehr interessanter Teilaspekt des gegenständlichen Projekts ist die energetische Autarkie der gesamten Mülldeponie. Obwohl die Sickerwasserreinigungsanlage eine bedeutende Menge an Energie (ca. 260 kW) konsumiert, wird dieser nicht vernachlässigbare Verbrauch von der mit Deponiegas betriebenen Verstromungsanlage (Erzeugung ca. 450 kW) abgedeckt.

Darüberhinaus wird die Abluftminimierung forciert, indem die Geruchs- und Lärmbelastungen sowohl durch die Einhausung der Sortieranlage als auch durch eine geschlossene Komposterzeugung soweit als möglich herabgesetzt werden. Ein *Hallenbau* über beide Anlagen dient zur Vermeidung von Emissionen und wird derzeit verwirklicht.

Die Anlagen werden durch eine *Flutlichtanlage* mit Bewegungsmeldern gesichert. Die gesamte Anlage ist weiters mit einer *Hydrantenringleitung* versehen, welche gewährleistet, daß jederzeit eine Möglichkeit für die örtliche Feuerwehr besteht, eventuelle Brände schnell und wirkungsvoll einzudämmen. Als Brauchwasser wird das in der SIWA-Anlage erzeugte Reinwasser verwendet.

4. Ökoprinzip: *Denken und Handeln bezogen auf lange Zeiträume, globales Denken und lokales Handeln.*

Den Gedanken der Verwertung von Abfallstoffen und somit der langfristigen Rückführung in den Stoffkreislauf trägt die •A•S•A• Süd bereits Rechnung, da eine *Kompostier- und Sortieranlage* besteht.

Die Tatsache, daß Sickerwasser nur in gereinigter Form verwertbar ist und auch nach einer Schließung der Deponie über Jahrzehnte anfällt, bedingt eine Verfahrenskombination, die einerseits Schadstoffe wirkungsvoll abbaut und andererseits die lokalen Immisionsbelastungen auch über Jahrzehnte auf ein Minimum beschränkt. Außerdem wurde bei der Auswahl der eingesetzten Materialien auf eine optimale Korrosionsbeständigkeit bzw. Wartungsfreundlichkeit geachtet.

2.) DATEN DER DEPONIE

2.1.) Lage und Qualität des Standortes

Die Deponie Halbenrain befindet sich im südöstlichen Teil der Steiermark im Bezirk Radkersburg (Abb. 1).

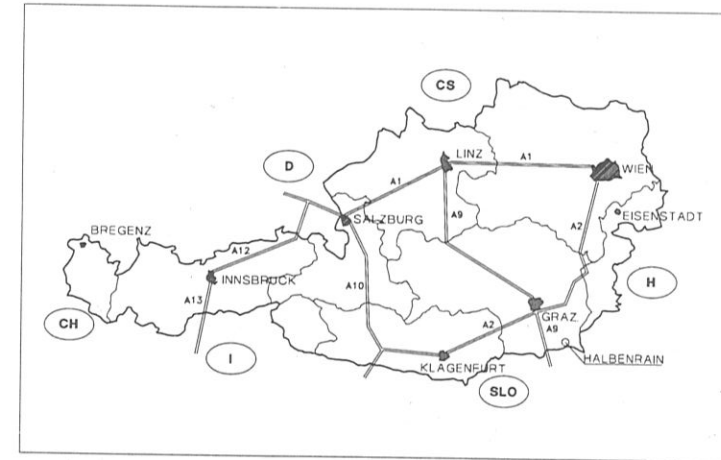


Abb.1: Lage des AWZ Halbenrain

Die Wahl, die Deponie Halbenrain im Gebiet des sogenannten Rothlehmboodenwaldes zu situieren, erfolgte unter dem Vorsatz, auch bei Versagen der künstlich errichteten Basisdichtung keine nachhaltigen Umweltschäden zu verursachen.

Geologisch / hydrogeologische Situation:

Der anstehende Boden besteht aus einer im Durchschnitt ca. 6 m mächtigen tonigschluffigen Schicht, die als dicht zu bezeichnen ist.

Darunter befindet sich ein rd. 3 m mächtiger Aquifer aus verlehnten Kies mit einer Durchlässigkeit von 10 -5 m/s.

Unter dieser Lage liegt tertiärer Tonmergel.

Durch diesen Aufbau ist sowohl die Kontroll- als auch die allfällige Sanierungsmöglichkeit durch einfache Maßnahmen gegeben.

2.2.) Technische Daten

Die als Hausmülldeponie konzipierte Anlage ging mit der Ausbaufäche A im Jahr 1979 in Betrieb.

Dieser Abschnitt weist bei rd. 40.000 m² Grundfläche ein Fassungsvermögen von ca. 400.000 m³ auf.

Im Zuge der Erweiterung durch die Sektoren wurde nicht nur bereits die heute noch übliche Kombinationsdichtung verwendet, sondern moderne Gaserfassungs- und Gasbehandlungssysteme realisiert. Der Abschnitt B (BI + BII) ist in der Lage rund 1,100.000 m³ Abfall der Eluatklasse III b bei einer Gesamtausbaufäche von ca. 70.000 m² aufzunehmen.

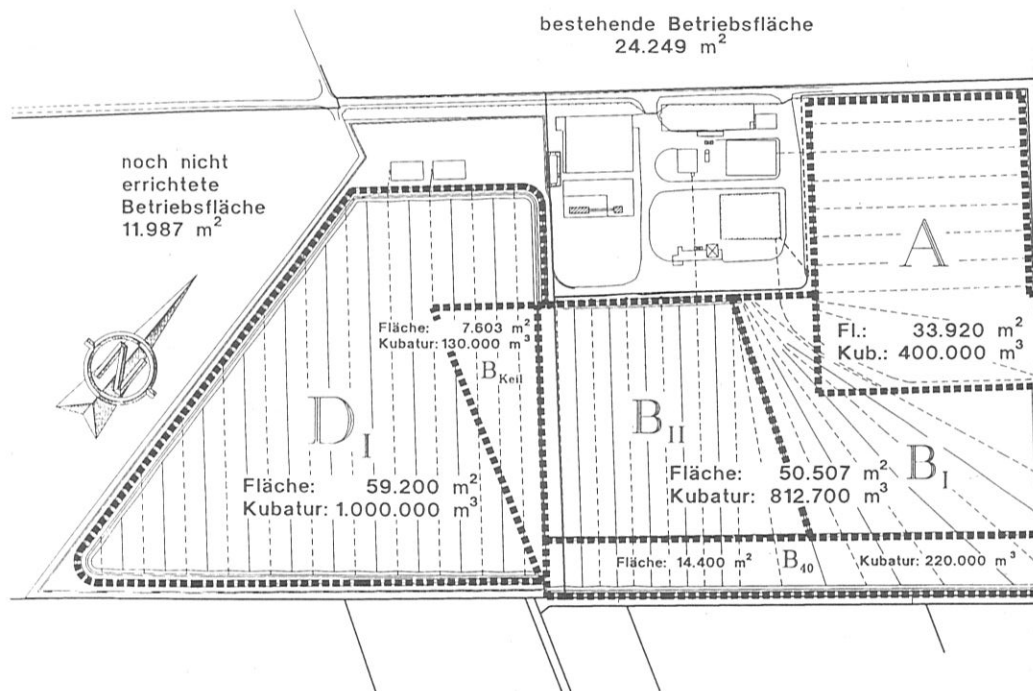


Abb. 2: Ausbaustufen des AWZ Halbenrain

Die Erweiterungsfläche DI soll zusätzlich zur Kombinationsdichtung noch mit einer Kontrollschicht versehen werden. Die Schüttfläche von ca. 55.000 m² ist bei einer maximalen Schütthöhe von rund 28 m für die Aufnahme von 850.000 m³ Abfall konzipiert.

Die Entwässerung der gesamten Deponiebasis erfolgt in freier Sickerwasservorflut in geeignete Sammelbecken.

Weiters ist der gesamte Deponiekörper mit einem aktiven Entgasungssystem ausgerüstet. Dieser so gewonnene Energieträger Deponiegas wird in einer im Betriebsgebäude situierten Anlage in elektrische Energie umgewandelt, bzw. bei hohen Temperaturen (1.200 °C) umweltschonend abgefackelt.

2.3.) Zusatzeinrichtungen und Infrastruktur

Um den Zielen der modernen Abfallwirtschaft gerecht zu werden, sind auf dem Betriebsareal auch noch eine Sortieranlage, sowie ein geschlossenes Kompostiersystem installiert. Diese Maßnahmen tragen dazu bei, daß die auf die Deponie gelagerten Abfälle in ihrer Menge deutlich reduziert werden konnten.

Selbstverständlich, aber der Ordnung halber doch erwähnt, ist das Vorhandensein eines Eingangslabors, einer EDV-gesteuerten Annahmezzone, sowie einer vollständigen Umzäunung des Geländes. Um eine Möglichkeit zur Kontrolle und Überwachung des Grundwassers zu gewährleisten, ist nach hydrogeologischen Kriterien situiert, ein großzügiges Netz an Beweissicherungspegeln installiert.

3. KONZEPT UND AUSLEGUNG DER SICKERWASSERREINIGUNGSANLAGE BIOJET®-RO

3.1. Konzept

Die biologische Sickerwasserbehandlung wird in drei drucklosen Bioreaktoren vollzogen (Abb. 3). SIWA wird dem vorgeschalteten DENI-Tank zugeführt. Das im SIWA enthaltene Ammonium durchströmt den DENI-Tank weitgehend unverändert und erreicht die Nitrifikation. In den Nitrifikationstanks herrschen aerobe Bedingungen, einerseits zur Oxidation von Ammonium zu Nitrat und andererseits zur weitergehenden Oxidation der CSB-Verbindungen.

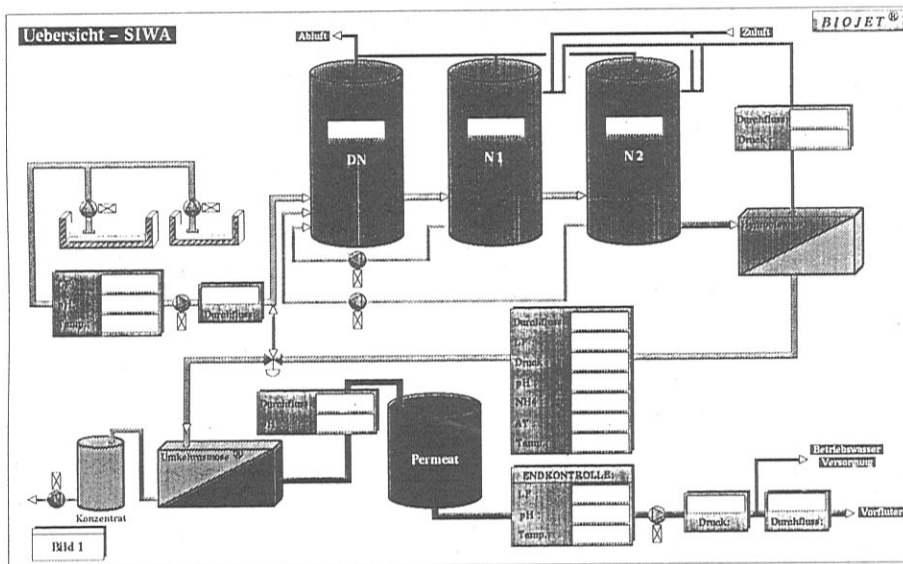
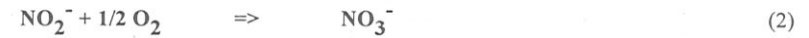
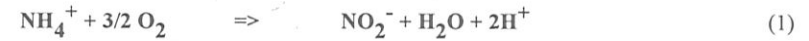


Abb. 3: BIOJET-RO, PLS-Gesamtübersicht - Computerausdruck

Vereinfacht läuft die Reaktion über zwei Arten von chemolithotrophen Mikroorganismen [3] ab (Formel 1,2).



Ein Teilstrom wird den NITRI-Tanks entnommen und in den DENI-Tank rückgeführt (Nitratrückführung). Bevor dieser Teilstrom in den DENI-Tank eintritt, wird er mit unbehandeltem SIWA vermischt. Der DENI-Tank ist als anoxischer Propfenströmungsreaktor ausgebildet. Fakultativ anaerobe Mikroorganismen verwenden Nitratsauerstoff zur Oxidation von leicht abbaubaren organischen Kohlenstoffverbindungen. Dabei wird Nitratstickstoff zu elementarem Stickstoff reduziert [3] (Formel 3).



Eine gut adaptierte Mikroorganismenkultur kann organische Abwasserinhaltsstoffe als Elektronendonator (Formel 3) verwenden, falls jedoch ein zu niedriges Verhältnis C:N vorliegt, ist die Zugabe einer externen Kohlenstoffquelle zum weitgehenden Nitratabbau unumgänglich [3].

Da die nitrifizierenden Bakterien langsam wachsende chemolithotrophe Stämme sind, ist die Aufrechterhaltung einer hohen Biomassekonzentration essentiell zum Erreichen von hohen volumetrischen Abbauraten im kontinuierlichen Prozeß. Dies kann erzielt werden, indem die Bakterien immobilisiert in Festbett- [4] oder Wirbelbett- [5] Bioreaktoren vorliegen, oder indem die Biomasse durch Sedimentation [3] oder Ultrafiltration [6-8] vom Ablauf abgetrennt und in die Bioreaktoren rückgeführt wird.

Die Anlage ist mit mehreren Rezirkulationsleitungen bestückt:

- * Der erste Kreislauf dient zur Rückführung von Nitrat und Mikroorganismen aus der Nitrifikation in die Denitrifikation.
- * Der zweite an den NITRI-Tank angeschlossene Kreislauf dient der Mikrofiltration.
- * Weitere Kreislaufleitungen dienen der Injektorbelüftung. Medium wird am Boden der Tanks entnommen um dann nach einer Druckerhöhung über die Injektoren wieder in die Tanks zu gelangen. In den Injektoren wird die zur Belüftung nötige Frischluft angesaugt und feinblasig mit einer effizienten Sauerstoffausnutzung ins Medium eingebracht. Ein positiver Nebenaspekt dieser Belüftungsvariante ist eine gute, homogene und energiesparende Durchmischung des Behälterinhaltes.

Zur Biomasseabtrennung wird in Halbenrain erfolgreich erstmalig eine keramische Mikrofiltration (MF) (Abb. 4) anstelle einer organischen Ultrafiltrationsmembran eingesetzt. Die MF ersetzt also die in der kommunalen Abwassertechnik üblichen Nachklärbecken mit Schwerkräftsedimentation. Keramische Membranen sind im Gegensatz zu organischen Membranen nahezu unzerstörbar, die Kosten für Membranwechsel und infolgedessen die Wartungskosten sind spürbar geringer. Die Keramikmodule weisen einen max. Porendurchmesser von 0,2 µm auf und sind mit einer automatischen druckluftbetriebenen Rückspüleinrichtung versehen. Konzentratseitig weisen die Module einen offenen Kanaldurchmesser von 8 mm auf.

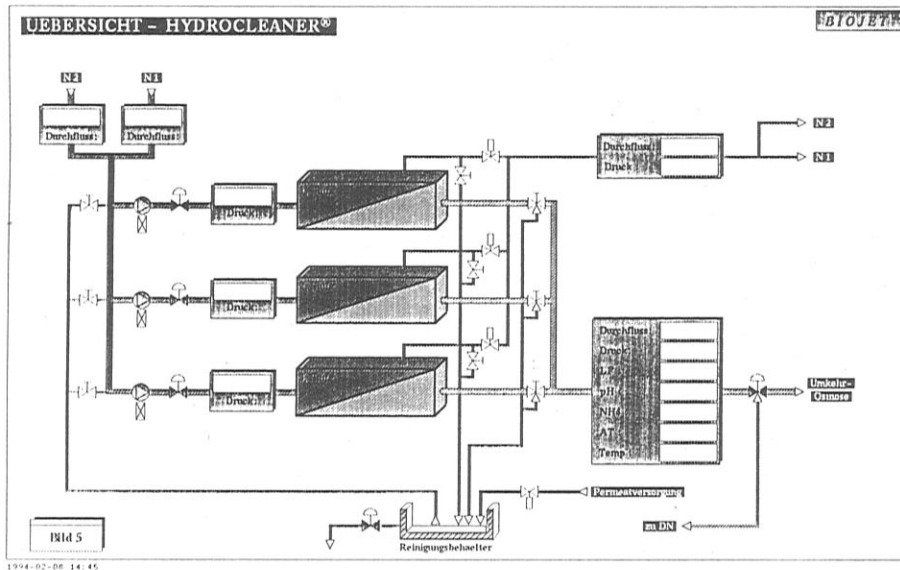


Abb. 4: Mikrofiltration, PLS-Übersicht - Computerausdruck

Das Konzentrat der MF wird wieder den Nitrifikationstanks zugeführt, wobei der verbleibende Druck über Injektoren zum Ansaugen von Frischluft ausgenutzt wird. Dies bewirkt einerseits eine erhöhte Permeatleistung auch noch am Austritt aus der MF und andererseits eine optimale Energieausnutzung.

Zur erforderlichen Reinigung des partikel- und biomassefreien Mikrofiltrationspermeates bis auf Direkteinleitungsqualität wird eine Umkehrosmoseanlage (UO) (Abb. 5) mit Wickelmodulen eingesetzt, um ionische bzw. biologisch nicht abbaubare molekulare Verunreinigungen abzutrennen.

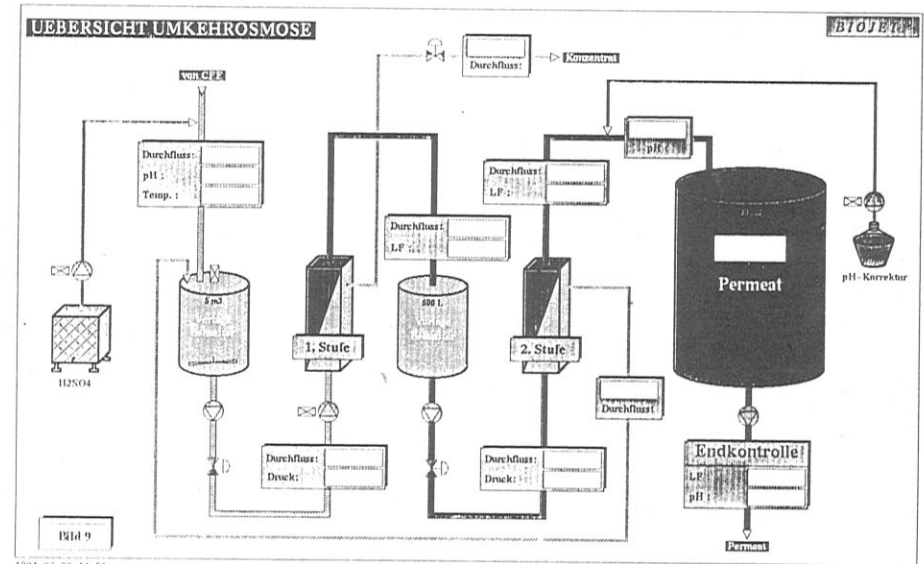


Abb. 5: Umkehrosmose, PLS Übersicht - Computerausdruck

Standardwickелеlemente, wie sie auch aus der Meerwasseraufbereitung bekannt sind, finden Verwendung. Dies ermöglicht im Vergleich zu bisher in der SIWA-Aufbereitung üblichen Rohr- bzw. Rohrscheibenmembranen überaus günstige Investkosten. Als Voraussetzung muß allerdings ein partikelfreier Zulauf gegeben sein. Dies wird aufgrund der eingesetzten MF gewährleistet. Die UO ist modular konzipiert. Die erste Stufe wird aus drei konzentratgestuften Blöcken gebildet, die vollautomatisch gespült bzw. gereinigt werden können, ohne den Betrieb einstellen zu müssen. Die zweite Stufe ist in Tannenbaumstruktur ausgeführt und arbeitet im Vergleich zur ersten Stufe bei einem niedrigeren Betriebsdruck. Eine vollautomatische Spülung mit Permeat erfolgt alle 12 Stunden in der ersten Stufe, während dieser Vorgang in der zweiten Stufe alle 24 Stunden wiederholt wird.

Das gewonnene Reinwasser weist in beiden Fällen eine Qualität auf, die sowohl die Direkteinleitung als auch die Nutzung dieses geruchslosen Wassers für Reinigungszwecke am Betriebsgelände gestattet.

Die Anlage wird über ein zentrales Prozeßleitsystem (PLS) gesteuert (Abb. 6).

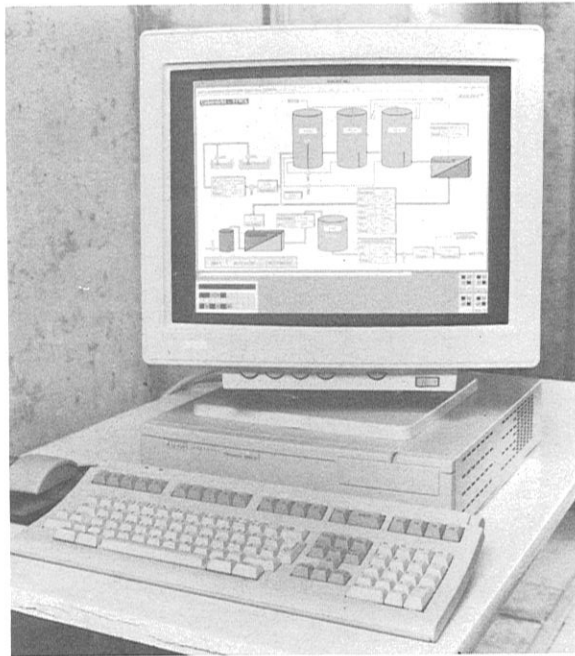


Abb. 6: Zentralrechner mit integrierter SPS

Ausfallsgefährdete Anlagenteile, z.B. die SIWA-Zudosierpumpen oder der Zentralcomputer, sind redundant ausgeführt und werden bei Problemen automatisch auf das Ersatzgerät umgeschaltet. Über ein Modem kann in die Steuerung eingegriffen werden, daher sind kleinere regeltechnische Änderungen auch ohne die Anreise zur Deponie möglich. Durch das vollautomatische PLS wird die Bedienung und Wartung vereinfacht, sodaß nur ein Mann zum Betrieb der Anlage erforderlich ist.

3.2. Anlagentechnik

Die wichtigsten Teile der Anlage (Abb. 3) sind:

- *vorgeschaltete Denitrifikation:*
ausgebildet als druckloser anoxischer Pfropfenströmungsbioreaktor mit einem Füllvolumen von 130 m³.
Material: Keramikbeschichtete Stahlplatten in Segmentbauweise
- *Nitrifikation:*
zwei drucklose aerobe BIOJET Bioreaktoren mit je 130 m³ Füllvolumen, ausgestattet mit Injektorbelüftung
Material: Keramikbeschichtete Stahlplatten in Segmentbauweise
- *Cross-Flow-Mikrofiltration zum Biomasserückhalt:*
Membranfläche: 25 m²
Betriebsdruck (Transmembran): 4,3 bar
Permeatleistung: 150 l/m²h
Material: Keramik/PVC
drei unabhängig voneinander zu betreibende Straßen
- *zweistufige Umkehrosiose:*

	Stufe 1	Stufe 2
Modulbauart	Wickel	Wickel
Konzeption	3 Blöcke	Tannenbaum
Membranfläche	330 m ²	250 m ²
Betriebsdruck	< 60 bar	< 40 bar
Permeatleistung	5,5 l/m ² h	5,5 l/m ² h
Druckrohrdurchmesser	8"	4"

Gesamtausbeute: ca. 70%

Material: Edelstahl, PVC, Composit Membrane, Druckrohr: GFK

- *Reinwasserspeicher:*
druckloser Tank mit 80 m³ Füllvolumen
Material: GFK

4.) BAUZEIT UND PLATZBEDARF

Die Bauzeit der anlagen- und elektrotechnischen Ausrüstung erstreckte sich von Mitte Jänner bis Ende April 1994. Sämtliche Aktivitäten wurden EDV unterstützt über ein Projektmanagement koordiniert und verfolgt.

Die Halle (Abb. 7) in der sich die BIOJET-Anlage befindet hat folgende Abmaße:

Länge: 39 m
 Breite: 18 m
 Höhe: 11-18 m



Abb. 7: Betriebsgebäude AWZ Halbenrain

5.) INBETRIEBSETZUNG (IBS)

Sickerwasser der Mülldeponie Halbenrain weist sowohl hohe Konzentrationen an organischen (z.B. CSB) als auch anorganischen (z.B. NH_4 , Schwermetalle) Inhaltsstoffen auf. Um die Biozönose an dieses stark belastete SIWA anzupassen, wurde der Bioprozeß mit einem sehr geringen SIWA-Zulauf und entsprechend mit einer kleinen Raumbelastung (Abb. 8) am 9. Mai 1994 gestartet.

Zur Erstbefüllung der Anlage fand Belebtschlamm aus einer kommunalen Abwasserkläranlage Verwendung.

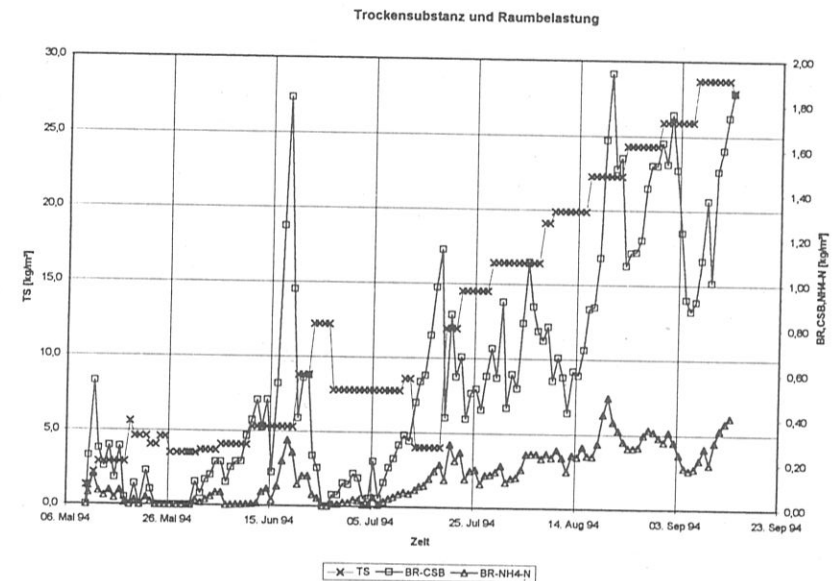


Abb. 8: Raumbelastung bezogen auf CSB bzw. $\text{NH}_4\text{-N}$, Trockensubstanz

In den folgenden 5 Wochen wurde die Raumbelastung unter ständiger Überwachung stetig gesteigert. Dabei richtet sich das Hauptaugenmerk darauf, den langsam wachsenden autotrophen Nitrifikanten optimale Wachstumsbedingungen zu bieten.

Stufenweise wurde die Durchsatzleistung erhöht. Die IBS begann mit der Beimpfung eines BIOJET[®]-Tanks. Nach etwa einer Woche wurde der DENI-Tank dazugeschaltet und nach weiteren fünf Tagen die MF gestartet. Die MF arbeitet seither problemlos, allerdings sank die Permeatleistung von Anfangswerten > 300 l/m²h auf dem Auslegungswert von etwa 160 l/m²h.

In der sechsten Betriebswoche wurde die SIWA-Zufuhr zu rasant gesteigert, sodaß ein Anstieg der Ammoniumkonzentration auf über 100 mg/l und eine Hemmung des Abbaus zu verzeichnen war. Der Prozeß konnte trotzdem wieder ohne neuerliche Beimpfung hochgefahren werden. Seit diesem Vorfall konnte die Durchsatzleistung kontinuierlich bis auf etwa 45 m³/d gesteigert werden. Dies entspricht dem tatsächlichen Anfall an SIWA während der Sommermonate. Die Trockensubstanz erhöhte sich ebenfalls seit Anfang Juli stetig und beträgt derzeit etwa 30 g/l.

Seit Anfang Juli bewegt sich die Ammonium-Stickstoff Konzentration im Zulauf zwischen 3.800 und 5.500 mg/l, die CSB-Konzentration zwischen 10.000 und 22.000 mg/l. Der pH-Wert des Rohsickerwassers wird nicht geregelt und schwankt zwischen 8,1 und 8,3, die Leitfähigkeit (LF) liegt bei etwa 36 mS/cm (Tab.1).

In der Großanlage sind keine Wärmeaustauscher integriert, daher ergab sich eine direkte Abhängigkeit der Prozeßtemperatur von den klimatischen Bedingungen. Mehrere Pumpen und der Bioprozeß bringen permanent Wärme in das System ein, daher lag die Prozeßtemperatur immer höher als die Umgebungstemperatur. Als minimale Prozeßtemperatur wurden 34 °C registriert, das Maximum betrug 43 °C.

Da die Prozeßtemperatur bei steigendem Durchsatz die für die Nitrifikation als Grenze geltenden 40 °C überschritt, wurde eine Fallfilmkühlung der NITRI-Tanks installiert. Als Kühlmedium wird das erzeugte Reinwasser aus dem Permeattank entnommen.

Die Belüftung der Nitrifikation wurde graduell während der Inbetriebsetzungsperiode gesteigert und wird abhängig von der in-situ gemessenen Konzentration an Gelöst-Sauerstoff erhöht. Während der stationären Betriebsweise wird der Prozeß meistens bei Gelöst-Sauerstoff-Konzentrationen größer 2 mg/l betrieben.

Wie bereits beim letztjährigen Seminar über die Pilotversuche [9,10] berichtet wurde, ist auch in der Großanlage bisher kein Überschußschlamm entnommen worden. Die Steigerung der Trockensubstanz (TS) und der Raumbelastung sind in Abb. 8 dargestellt.

In Abb. 9 sind die Konzentrationsverläufe Leitfähigkeit, Ammonium-Stickstoff, Nitrit-Stickstoff und CSB im Permeat der Mikrofiltration dargestellt.

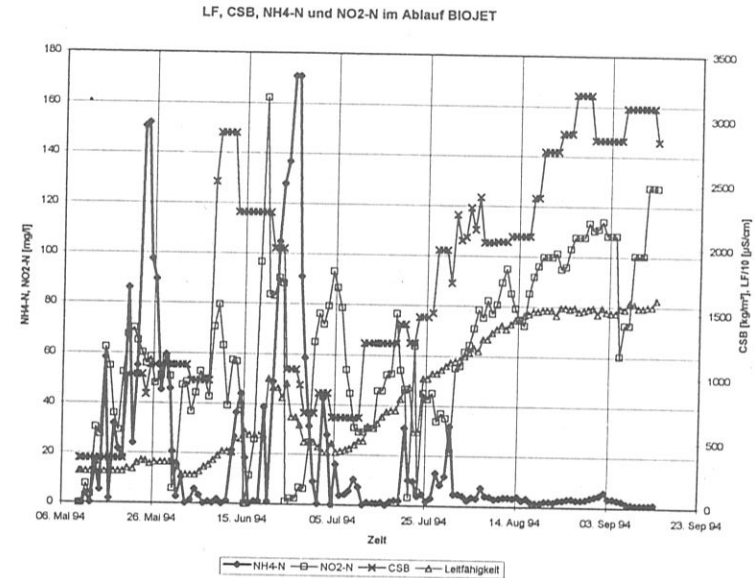


Abb. 9: LF, NH4-N, NO2-N und CSB im Ablauf der Mikrofiltration

Nitrat-Stickstoff lag bisher jeweils unter der Nachweisgrenze, auf eine Darstellung wurde daher verzichtet. Die Ammonium-Stickstoff Konzentration im Permeat befindet sich meistens unter 5 mg/l, mit der Ausnahme der bereits zuvor erwähnten Betriebsstörungen.

Identisch zu den Versuchen [9,10] beträgt die Abbauleistung der BIOJET-Stufe in bezug auf den Parameter CSB etwa 80 %. Seit Mitte August konnte keine Steigerung der Leitfähigkeit (LF) festgestellt werden, der Prozeß wird daher stabil betrieben. Hervorzuheben ist der biologische Abbau der LF um etwa 55 %. Dies ist vorallem auf die Entfernung des Ammoniums und sicherlich auch auf den CSB Abbau zurückzuführen.

Es wurde bereits zuvor darauf hingewiesen, daß bisher kein Nitrat nachgewiesen werden konnte, allerdings konnte Nitrit während des gesamten Zeitraumes quantifiziert werden.

Dies legt die Vermutung nahe, daß während der Adaptionszeit Nitrosomonas sp., die Ammonium zu Nitrit oxidieren (Formel 1), die Nitrobacter sp., verantwortlich für die Oxidation von Nitrit zu Nitrat (Formel 2), überwuchert bzw. verdrängt haben.

Die Biozoonose im Denitrifikationstank adaptierte sich offensichtlich sehr gut zur Nitritreduktion, da Nitrit niemals im Ablauf des als Pfropfenströmungsreaktor ausgebildeten Tanks festgestellt werden konnte. Die Adaption an die im SIWA vorhandenen organischen Kohlenstoffverbindungen stellte sich ebenfalls als hervorragend heraus, daher konnte auf eine Zudosierung einer externen Kohlenstoffquelle seit Mitte Juli verzichtet werden.

Die UO wurde Mitte Juni gestartet. Sie wird seither ohne Probleme betrieben und liefert sowohl von der Ausbeute als auch im bezug auf die Qualität die geplanten Werte. In den vergangenen drei Monaten wurden die Membrane zweimal chemisch gereinigt, wobei die Erstreinigung als Test des Vorgangs durchgeführt wurde.

Die vollautomatische Konzeption erwies sich im Zusammenspiel mit der vorgeschalteten MF als sehr hilfreich, da die UO äußerst flexibel betrieben werden kann. Besonders hervorgehoben werden muß die exakte Auslegung auch in Hinblick auf das Erreichen der Grenzwerte, die zwar unterschritten werden, wobei jedoch dieselbe Größenordnung erreicht wird (Tab. 1).

Das erzeugte Reinwasser ist klar und geruchsfrei und entspricht den österr. Anforderungen an die Einleitung in ein Fließgewässer (613. Emissionsverordnung im 207 BGBl. des österreichischen Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft vom 24. September 1992).

In beiden Umkehrosenstufen finden Wickelmodule Verwendung. Eine befürchtete Verblockung der Module konnte auch nach mehreren Monaten Betrieb nicht festgestellt werden, sicherlich aufgrund des sehr gut vorgereinigten Permeats der Mikrofiltration der biologischen Stufe. Um Ausfällungen von Salzen auf der Membran zu verhindern, wird der pH-Wert des UO-Zulaufs auf 6,5 geregelt. Der Verbrauch an Schwefelsäure konnte aufgrund einer optimierten Regelungsstrategie minimiert werden und beträgt etwa 0,95 l/m³SIWA.

PARAMETER	EINHEIT	SIWA	ABLAUF BIOJET*	ABLAUF UOI	KONZ. UOI	ABLAUF BIOJET*-RO	613. VERORDNUNG
ALLGEMEINE PARAMETER							
pH-Wert	--	8,15	8,05	5,5	6,9	6,9	6,5 - 8,5
Leitfähigkeit	µS/cm	36.000	17.000	700	51.000	270	--
ANORGANISCHE PARAMETER							
Blei	mg/l	0,18	0,17	<0,005	0,39	<0,005	0,5
Chromgesamt	mg/l	4,4	2,9	0,011	8,0	<0,005	0,5
Kupfer	mg/l	0,12	0,11	<0,005	0,30	<0,005	0,5
Nickel	mg/l	0,63	0,53	0,006	1,5	<0,005	0,5
Quecksilber	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,01
Zink	mg/l	0,67	0,33	<0,05	1,6	<0,05	0,5
Ammonium	mg/l	4000	2,1	0,35	4,6	0,2	10
Chlorid	mg/l	4000	4000	55	18000	8	durch Gf begrenzt
Nitrat ber. als N	mg/l	7	8,5	<0,5	15	<0,5	35
Nitrit ber. als N	mg/l	<0,01	42	1,8	110	0,85	10
Sulfid ber. als S	mg/l	11	2,0	<0,05	1,5	<0,05	0,5
ORGANISCHE PARAMETER							
CSB, ber. als O ₂	mg/l	15.000	2.000	21	6.700	<10	50
BSB ₅ , ber. als O ₂	mg/l	5.300	--	15	--	<5	10
AOX, ber. als Cl	mg/l	--	--	0,17	7,9	0,17	0,5
Kohlenwasserstoffe, ges.	mg/l	0,83	0,14	0,05	0,09	<0,05	5

Tab. 1: Analysenergebnis vom 23. August 1994

6.) RÜCKKOPPLUNGSEFFEKTE AUF DIE DEPONIE

Wie in der Einleitung beschrieben, stellt die SIWA-Anlage einen, wenn auch wichtigen, Teil des Gesamtkonzeptes AWZ-Halbenrain dar. Um das Zusammenspiel der Konzentratrückführung mit der Gasproduktion im Deponiekörper zu untersuchen, wurden bereits seit April 1994 Rückführversuche durchgeführt. Die Gasproduktion konnte infolgedessen tatsächlich versechsfacht werden. Allerdings stellte sich auch - zeitlich verzögert - ein erhöhter SIWA-Anfall ein. Eine Aufsalzung durch die Konzentratrückführung konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

7.) BETRIEBSDATEN

- Betriebspersonal SIWA-Anlage:* 1 Mechaniker
- Wartung:* Gleitring-Dichtungen, UO-Membrane, Klappen etc., derzeit noch keine exakten Angaben möglich
- Chemikalienbedarf:* Schwefelsäure, Natronlauge, Phosphorquelle, Antischaum, Reinigungschemikalien
- Energie:* 260 kW im Normalbetrieb
- Automatisierungsgrad:* Vollautomatisch
- Verfügbarkeit:* > 95 %, redundante Ausführung gefährdeter Anlagenteile

8.) REINIGUNGSERGEBNISSE

Die Resultate einer Probenahme vom 23. August sind in Tabelle I angeführt.

9.) RESTSTOFFE

Konzentrat kann auf 10 Jahre befristet auf den Deponiekörper rückgeführt werden. Der positive Nebeneffekt der gesteigerten Gas- und infolge Stromproduktion wurde bereits erwähnt. Überschussschlamm fällt - wenn überhaupt- nur in geringen Mengen an.

10.) KOSTENBETRACHTUNG

1.) = GESCHÄTZTE DATEN

	AWZ-Halbenrain	RMVG Paulisturz [11]	SRA Purgstall [12]	Karlsruhe [12]	Alt-Duvenstedt [13]	Hettegger
<i>Kapazität pro Jahr</i>	30.000 m³	13.000 m³	10.000 m³	5.000 m³	32.000 m³	15.000 m³
<i>Investskosten:</i>						
Bauliche Maßnahmen	öS 15.000.000,-	öS 4.000.000,-	öS 18.500.000,-	öS 25.200.000,-		
SIWA-Anlagenbau (mech. u. elektr.)	öS 26.000.000,-	öS 13.000.000,-	öS 24.600.000,-	öS 53.000.000,-	öS 77.000.000,-	öS 9.300.000,-
<i>Betriebskosten:</i>						
Wartung	öS 1.500.000,-	öS 604.000,-	öS 708.300,-	öS 960.000,-	öS 2.643.300,-	öS 530.000,-
Chemikalien	öS 360.000,-	öS 120.000,-	öS 200.000,-	öS 420.000,-	öS 700.000,-	öS 155.000,-
Energie	öS 3.100.000,-	öS 415.350,-	öS 400.000,-	öS 840.000,-	öS 1.832.200,-	öS 264.000,-
Personal	öS 500.000,-	öS 300.000,-	öS 500.000,-	öS 1.890.000,-	---	öS 250.000,-
Analytik	öS 250.000,-	öS 415.350,-	öS 100.000,-	öS 100.000,-	öS 259.000,-	öS 300.000,-
Sonstige	öS 350.000,-	öS 20.000,-	öS 70.000,-	öS 120.000,-	öS 1.088.400,-	öS 450.000,-
Summe Betriebskosten	öS 6.060.000,-	öS 1.874.700,-	öS 1.978.300,-	öS 4.350.000,-	öS 6.522.900,-	öS 1.949.000,-
<i>Spezifische Betriebskosten:</i>						
pro m³ SIWA	öS 202,-	öS 144,-	öS 198,-	öS 870,-	öS 204,-	öS 130,-
pro t Müll	öS 87,-	öS 47,-	öS 132,-	öS 198,-	öS 81,50	öS 72,20
pro kg abgebauten CSB	öS 13,50	öS 57,70	öS 73,30,-	öS 335,-	öS 85,20	öS 72,20
pro kg abgebauten Ammonium	öS 50,50	öS 721,-	öS 283,-	öS 725,-	öS 204,-	öS 433,-

11.) ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die in dieser Arbeit erläuterte biologisch-physikalische Sickerwasserreinigung stellte sich als ein sowohl ökologisch als auch ökonomisch effizientes Verfahren heraus. Aufbauend auf Pilotversuchen wurde die BIOJET[®] Anlage bestehend aus drei Bioreaktoren (aerob und anoxisch), einer Mikrofiltration mit Keramikmembranen zum Biomasserückhalt und einer nachgeschalteten zweistufigen Umkehrosmose durch die •A•S•A• geplant, errichtet und in Betrieb gesetzt. Die Aufbereitung erfolgt bis zur Direktinleitungsqualität gemäß der 613. Emissionsverordnung des österreichischen Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft vom 24. September 1992, die erforderliche Schadstoffentnahme erreicht daher teilweise Werte bis 99,9 %.

Aufgrund der zukunftsweisenden Konzeption wurde das Konzept SIWA-Halbenrain durch die österreichische Kommunalkredit AG im Rahmen der betrieblichen Umweltförderung finanziell gefördert.

Besonders hervorzuheben ist noch die ausgezeichnete zielorientierte Zusammenarbeit mit den zuständigen Abteilungen der steirischen Landesregierung.

Mittlerweile konnten die gewonnenen Erfahrungen bereits in einer Reihe von Folgeaufträgen, die den Bogen von der Versuchsdurchführung über die Erstellung von Projekten zur Vorlage bei der Behörde bis zur Errichtung der SIWA-Reinigungsanlage Hettegger in Salzburg spannen, umgesetzt werden.

12.) LITERATUR

- [1] UMBERA:
An integral model of environment oriented company consultancy
BM für Wissenschaft und Forschung, August 1992
- [2] Moser A.:
Embedding technologies into the natural cycles of biosphere
Vortrag bei EPA/NATO workshop, April 1993, Graz
- [3] Verstraete W., van Vaerenbergh E. (1986):
Aerobic activated sludge,
in: Rehm, H.-J. and Reed, G. (Ed.), Biotechnology, Vol. 8, pp. 43-112, VCH
Weinheim
- [4] Atanasoff-Kardjalieff, K., Strohmeier, A. (1993):
Leistungsfähigkeit und Einsatzmöglichkeit von modernen Festbettverfahren zur weitestgehenden Abwasserreinigung am Beispiel der biologisch aktivierten Filtration,
Österreichische Wasserwirtschaft 45, 71
- [5] de Gooijer C. D., Wijffels R. H., Tramper J. (1993):
A Dynamic Model for the Growth of Immobilized Nitrifying Bacteria,
in: Sixth European Congress on Biotechnology, Firenze 13-17 June, Book of Abstracts MO181
- [6] Lang D. (1992):
Deponiesickerwasser: Versuche zur biologischen Vorbehandlung,
Diplomarbeit am Institut für Verfahrenstechnik
TU Graz, Österreich
- [7] Maté G. (1993):
Membranverfahren bei der Aufbereitung von Deponiesickerwässern,
Diplomarbeit am Institut für Verfahrenstechnik
TU Graz, Österreich

- [8] Gaisch F. (1993):
Versuchsbericht zur Sickerwasseraufbereitung,
•A•S•A• Abfall Service Holding AG, Graz, Österreich
- [9] Mayr B.
Biologische Sickerwasserreinigung
im Vortragsband des 1. Österr. Deponie Sickerwassers Seminars, Oktober 1993
•A•S•A• Abfall Service Holding AG
- [10] Mayr B., Novak S, Horvat P., Gaisch F., Narodoslowsky M., Moser A.
Hochleistungsbiologie und Membrantrenntechnik zur Abwassertechnik: Fallstudie
Deponiesickerwasser
ÖWAV 46 (1994), 7/8, 195-202
- [11] Goldgruber E.
Behälterbiologie, Mikrofiltration, Umkehrosiose - Deponie Paulisturz
dieser Vortragsband, 2. Österr. Deponie Sickerwassers Seminars, Sept. 1993
•A•S•A• Abfall Service Holding AG
- [12] Giselbrecht G.
Deponie Sickerwasserreinigung in Niederösterreich:
am Beispiel der Deponie Purgstall/Erlauf
dieser Vortragsband, 2. Österr. Deponie Sickerwassers Seminars, Sept. 1993
•A•S•A• Abfall Service Holding AG
- [13] Mohr P.
Sickerwasserbehandlung bei der Deponie Alt Duvenstedt
dieser Vortragsband, 2. Österr. Deponie Sickerwassers Seminars, Sept. 1993
•A•S•A• Abfall Service Holding AG