



## **Sickerwasseranfall bei mineralischen Oberflächenabdichtungen unter dem Gesichtspunkt der Nachsorge**

Dipl.-Ing.(FH) **Wolfgang Huber**,  
AU Consult GmbH, Augsburg

### **1. Vorbemerkung**

Ein wesentlicher Aspekt bei der Minimierung der Nachsorgekosten von Deponien, ist die Reduzierung der Sickerwassermenge durch Abdichten der Deponieoberfläche nach Abschluss der Verfüllung. Der Stand der Technik hat sich in diesem Bereich in den 80 er Jahren rasch entwickelt. Aus diesem Entwicklungsprozess entstand der in der TA-Siedlungsabfall vorgeschriebene Regelaufbau für Oberflächenabdichtungen, bestehend aus der Kombination der beiden Dichtungssysteme mineralische Dichtung und Kunststoffdichtungsbahn (KDB).

Bei Altdeponien oder Deponieabschnitten, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der TA Siedlungsabfall (Juni 1993) bereits rekultiviert waren, konnte unter bestimmten Voraussetzungen auf diesen Regelaufbau verzichtet werden. In Bayern wurde hiervon bei Altdeponien bzw. den von diesen Regelungen betroffenen Deponieabschnitten häufig Gebrauch gemacht und auf die KDB verzichtet.

Da in Bayern viele Altdeponien mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung ausgerüstet sind, soll an Hand des Beispiels der Hausmülldeponie Gallenbach der Sickerwasseranfall bei mineralischen Oberflächenabdichtungen unter dem Gesichtspunkt der Nachsorge näher beleuchtet werden.

Die Betrachtung wurde beispielhaft an der ehemaligen Hausmülldeponie Gallenbach gemacht, da diese Deponie von der Ingenieur-Gesellschaft Abfallwirtschaft & Um-



welttechnik GmbH, Augsburg seit 1995 im Auftrag der Regierung von Schwaben betreut wird.

Anhand der von uns seither aufgezeichneten Daten zum Sickerwasseranfall der Hausmülldeponie Gallenbach wird die oben angesprochene Thematik diskutiert und es werden die hieraus entstehenden Konsequenzen für die Nachsorge aufgezeigt.

## 2. Daten zur HMD Gallenbach

### 2.1 *Beschreibung der HMD Gallenbach*

Die HMD Gallenbach erstreckt sich über eine Fläche von ca. 14 ha und wurde sukzessive nach Verfüllung der einzelnen Bauabschnitte mit einer Oberflächenabdichtung ausgerüstet. Seit 1993 ist die komplette Deponie oberflächenabgedichtet.

Der Aufbau stellt sich wie folgt dar (von oben nach unten):

- Bepflanzung mit Sträuchern, Bäumen und extensiven Grünflächen
- ca. 1 m Rekultivierungsschicht sandig-schluffig
- ca. 0,3 m Entwässerungsschicht (Sand, kf ca.  $10^{-4}$  m/s)
- ca. 1 m mineralische Dichtung (lagenweiser Einbau, kf ca.  $10^{-9}$  bis  $10^{-10}$  m/s)
- ca. 0,2 m Ausgleichsschicht für die Oberflächenabdichtung.

Das in der Entwässerungsschicht anfallende Oberflächenwasser wird weitgehend an den Deponierand abgeleitet, über eine Rinne gefasst und über ein Sammelbecken in den Vorfluter eingeleitet.

Das Dichtungssystem wurde von der Betreiberfirma selbst aufgebracht. Die Fremdüberwachung erfolgte durch das Bayer. Geologische Landesamt in München. Untersuchungen, die vom Geologischen Landesamt in den 90er Jahren auf der HMD Gal-



lenbach durch Freilegen der Oberflächenabdichtung an mehreren Stellen durchgeführt wurden, bestätigten die Qualität der Oberflächenabdichtung.

Zuletzt wurde die Oberflächenabdichtung im Zuge der Herstellung einer Baugrube für die aktuell laufende Baumaßnahme zur Sanierung der Sickerwasserhauptleitung im Januar 2001 unter Beisein des Geologischen Landesamtes begutachtet. Nach Beurteilung des Geologischen Landesamtes hat sich die Dichtung weder in ihrer Konsistenz noch in ihren Kennwerten gegenüber dem Einbauzustand verschlechtert. Bei den Untersuchungen wurden nach Auskunft von Herrn Schneider, Geologisches Landesamt, kf-Werte  $10^{-9}$  -  $10^{-11}$  m/s und Proctordichten  $> 0,9$  festgestellt.

## **2.2 Sickerwasseranfall**

Die HMD Gallenbach ist eine Grubendeponie. Das Sickerwasser wird gezielt über einen Flächenfilter und Sickerwasserdränagen erfasst und im Westen der Deponie in einem Sickerwassersammelbecken gespeichert. Von hieraus wird es mit Tankwagen regelmäßig zur Kläranlage der Stadt Augsburg abtransportiert.

Mit Ausnahme des sogenannten „Alten Müllberges“ (ca. 2 ha im Südwesten der Deponie) verfügt die gesamte Deponie über eine Basisabdichtung.

Das Sickerwassererfassungssystem wird im Rahmen der Nachsorge einmal jährlich gespült und mit einer Kamera befahren.

Die Sickerwassermenge wird auf der HMD Gallenbach über das Wiegen der Tankfahrzeuge ermittelt. In Tabelle 1 sind die Sickerwassermengen der letzten 5 Jahre dargestellt. Neben den jährlichen Sickerwassermengen werden die spezifischen Sickerwassermengen in  $\text{m}^3/\text{ha} \times \text{d}$  sowie der relative Anteil des Sickerwassers am Niederschlag aufgeführt.



**Tabelle 1: Gegenüberstellung von Jahresniederschlag und Jahressickerwasseranfall am Beispiel der HMD Gallenbach**

Jahr	Niederschlag	Sickerwassermenge			SiWa/NS
	in mm/a	m <sup>3</sup> /a	mm/a	m <sup>3</sup> /ha x d	
1996	740	9.991	83	2,3	11%
1997	572	8.299	69	1,9	12%
1998	830	9.335	78	2,1	9%
1999	950	15.102	126	3,4	13%
2000	976	14.352	120	3,3	12%
<b>Min-Wert</b>	572	8.299	69	1,9	9%
<b>Mittelwert</b>	773	10.682	89	2,4	11%
<b>Max-Wert</b>	950	15.102	126	3,4	13%

Die Sickerwasserraten von ca. 70 bis 130 mm (bzw. im Mittel 11 % des Jahresniederschlages) liegen im üblichen Bereich für vergleichbare Altdeponien. Herr Dipl.-Ing. Peter Schnittger berichtet von Untersuchungen in Georgswerder bei denen in Testfeldern mit mineralischer Abdichtung bei einem jährlichen Niederschlag vom 940 mm Durchsickerungsraten vom 150-165 mm festgestellt wurden. Dies entspricht einen Anteil an dem Jahresniederschlag von ca. 16 %.

Insofern ist der oben aufgeführte Wert für die HMD Gallenbach unter Berücksichtigung folgender Unwägbarkeiten im Vergleich hierzu als niedrig bis gleichwertig einzustufen:

- Wie hoch ist der tatsächliche Erfassungsgrad für das Sickerwasser?
- Entspricht die Sickerwasserrate der tatsächlichen Neubildung aus dem Niederschlag?
- Wie unterscheidet sich die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge?
- etc.

Herr Dr. Ulrich Henken-Mellies berichtet von Untersuchungen an einer mineralischen Oberflächenabdeckung auf der Deponie "Am Dienstfeld" von Sickerwasserneubildungsraten, abhängig von der Trockenheit des Winters, von 90 bis 250 mm/a.

Die mittlere spezifische Sickerwassermengen von ca. 2,4 m<sup>3</sup>/ha x d in den Jahren 1995 bis 2000 in unserem gewählten Beispiel liegt ebenfalls in einer Größenordnung



wie sie beispielsweise von Herrn Dr. Kollbach Anfang der 90'er Jahre bei einer statistischen Auswertung ermittelt wurde.

Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die in Gallenbach vorgefundenen Ergebnisse durchaus auf andere Standorte mit einer kompletten mineralischen Oberflächenabdichtung übertragbar sind.

### **2.3 Sickerwasseranfall in Abhängigkeit von der Jahreszeit**

Der Wasserhaushalt für Deponien kann mit nachfolgender Wasserbilanzgleichung dargestellt werden:

$$N = V + I + A$$

Die Infiltration setzt sich zusammen aus:

$$I = S - DS + EX + D$$

- N: Niederschlag
- V: Verdunstung
- A: Oberflächenabfluss
- I: Infiltration in den Deponiekörper
- EX: Exfiltration durch die Basisabdichtung
- S: Sorption von Wasser im Abfallkörper
- DS: Desorption von Wasser im Abfallkörper
- D: Sickerwasser aus der Dränage

Die im vorangegangenen Kapitel dargestellten Sickerwassermengen entsprechen in diesem Zusammenhang der Größe D: Sickerwasser aus der Dränage.

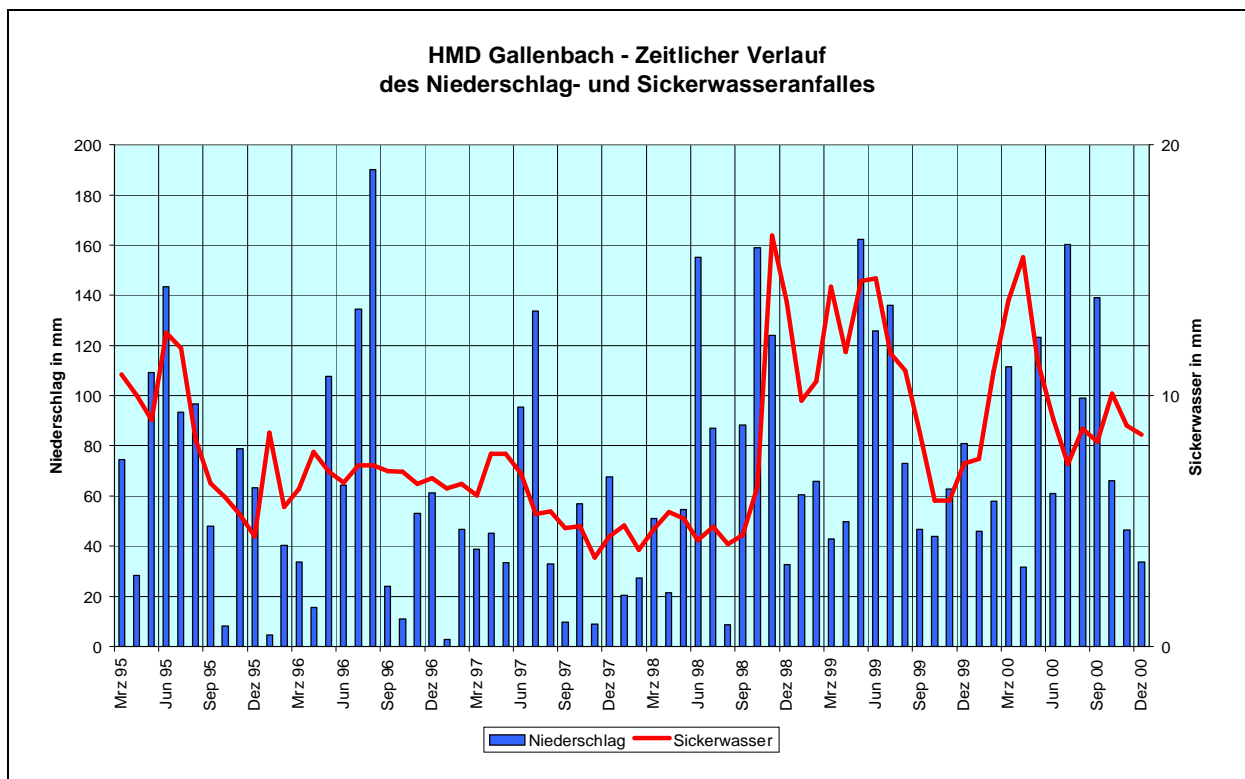
Für die Betrachtung des Sickerwasseranfalles bei mineralischen Oberflächenabdichtungen unter dem Gesichtspunkt der Nachsorge, ist es wichtig nicht nur die Jahres-



mengen zu betrachten, sondern die Wasserhaushaltsdaten weiter aufzuschlüsseln, um mögliche Optimierungsansätze ableiten zu können.

Deshalb wurde in Tabelle 2, Abbildung 1 und Abbildung 2 eine weitere Differenzierung der Daten vorgenommen.

In Abbildung 1 ist der monatliche Verlauf der Sickerwassermenge und des Niederschlages dargestellt. Diese Darstellung verdeutlicht den bekannten Zusammenhang, dass Niederschläge während den Monaten September bis einschließlich April, in der vegetationsfreien Zeit, einen vergleichsweise höheren Einfluss auf die Sickerwassermenge haben als Niederschläge während der Vegetationsperiode.



**Abbildung 1: Gegenüberstellung des monatlichen Sickerwasseranfalls und der monatlichen Niederschläge am Beispiel der HMD Gallenbach**

Noch mehr herausgearbeitet wurde diese Tatsache durch die Gegenüberstellung der Niederschlags- und Sickerwasserdaten aus der Vegetationsperiode (hier wurde Mai bis einschließlich August angenommen) und dem „Winter“ (hier wurde der Zeitraum



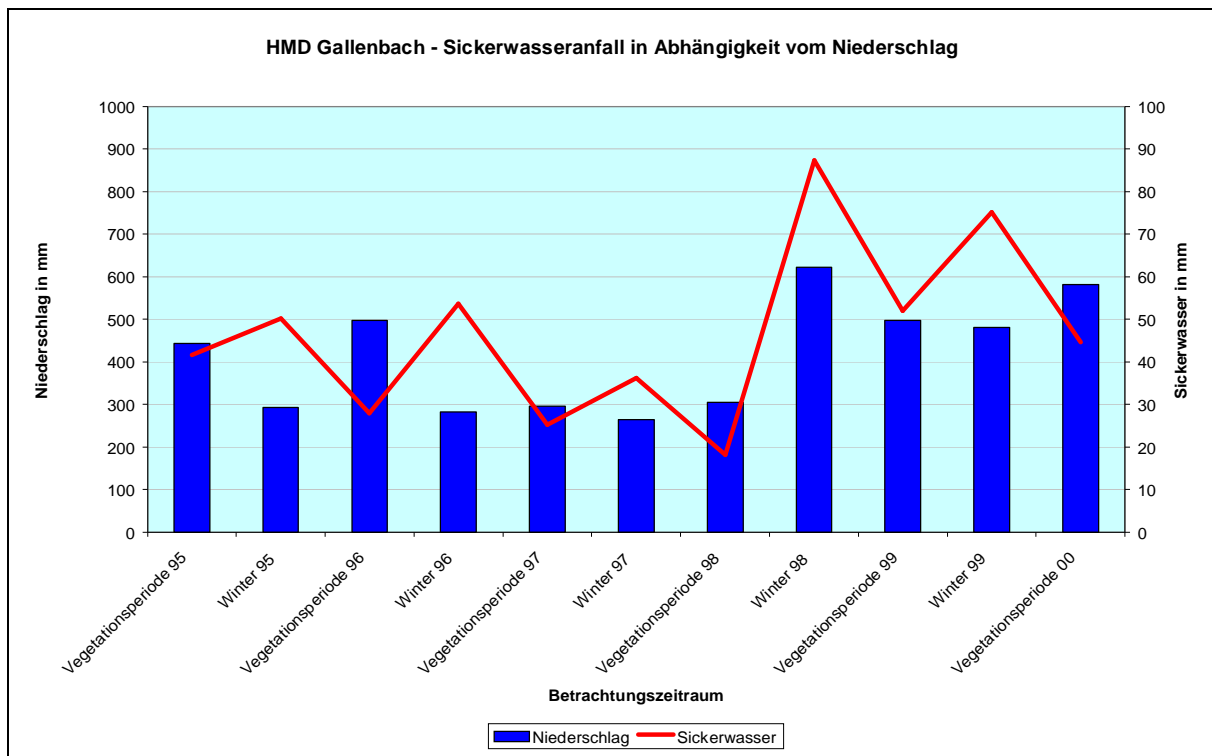
von September bis April zusammengefasst) in Tabelle 2 und Abbildung 2. Diese Auswertungen zeigen eindeutig, dass bei geringeren oder nahezu gleichen Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr deutlich mehr Sickerwasser anfällt als in der Vegetationsperiode.

**Tabelle 2: Gegenüberstellung der Sickerwassermengen und des Niederschlags in Abhängigkeit von der Jahreszeit am Beispiel der HMD Gallenbach**

Betrachtungszeitraum		Niederschlag	Sickerwasser		SiWa/NS
		mm	mm	m <sup>3</sup> /haxd	
<b>Vegetationsperiode 95</b>	Mai 95 bis Aug 95	443	42	3,5	9%
<b>Winter 95</b>	Sep 95 bis Apr 96	292	50	2,1	17%
<b>Vegetationsperiode 96</b>	Mai 96 bis Aug 96	497	28	2,3	6%
<b>Winter 96</b>	Sep 96 bis Apr 97	283	54	2,2	19%
<b>Vegetationsperiode 97</b>	Mai 97 bis Aug 97	295	25	2,1	9%
<b>Winter 97</b>	Sep 97 bis Apr 98	263	36	1,5	14%
<b>Vegetationsperiode 98</b>	Mai 98 bis Aug 98	306	18	1,5	6%
<b>Winter 98</b>	Sep 98 bis Apr 99	623	87	3,6	14%
<b>Vegetationsperiode 99</b>	Mai 99 bis Aug 99	497	52	4,3	10%
<b>Winter 99</b>	Sep 99 bis Apr 00	481	75	3,1	16%
<b>Vegetationsperiode 00</b>	Mai 00 bis Aug 00	582	45	3,7	8%

Die hier vorgenommene Unterscheidung zeigt, dass auf der HMD Gallenbach der Sickerwasseranteil am Niederschlag während der Vegetationsperiode etwa nur halb so groß ist wie im Winter.

In Abbildung 2 sind diese Zahlen nochmals grafisch dargestellt. Diese Darstellung zeigt, dass die hohen Niederschläge im Winter 98 (Betrachtungszeitraum Sep 98 bis Mai 99) zu einem sprunghaften Anstieg der Sickerwassermenge geführt haben. Demzufolge ist durch das vorhandene Oberflächenabdichtungssystem – insbesondere im Winterhalbjahr - nur eine geringe zeitliche Entkoppelung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag gegeben.



**Abbildung 2: Gegenüberstellung der Sickerwassermengen und des Niederschlags in Abhängigkeit von der Jahreszeit am Beispiel der HMD Gallenbach**

Insgesamt lassen sich die hier durchgeführten Auswertungen zum Wasserhaushalt der komplett oberflächenabgedichteten Altdeponie HMD Gallenbach wie folgt zusammenfassen:

- Der mittlere jährliche Sickerwasseranfall liegt bei ca. 90 mm (bzw. 11 % des mittleren Jahresniederschlags).
- Der relative Anteil der Sickerwassermenge am Niederschlag war während der Vegetationsperiode (Mai bis September) deutlich niedriger. Er lag für diesen Zeitraum im Mittel bei ca. 8 % gegenüber ca. 16 % im Winter.
- Die Auswirkung des Niederschlags auf die Sickerwasserneubildung sind in der vegetationsfreien Zeit sehr kurzfristig. Im Winter 98 ist die Sickerwassermenge aufgrund der hohen Niederschläge innerhalb von 1 bis 2 Monaten sprunghaft angestiegen.



### 3. Konsequenzen für die Nachsorge

Die Ergebnisse aus dem Beispiel der HMD Gallenbach können sicher nicht eins zu eins auf andere Deponien übertragen werden. Trotzdem zeigt der Vergleich der ermittelten Wasserhaushaltsdaten mit Literaturdaten, dass zumindest die Sickerwasserjahresmenge im üblichen Bereich für Altdeponien mit mineralischer Oberflächenabdichtung liegt. Insofern kann meines Erachtens auch davon ausgegangen werden, dass die jahreszeitlichen Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Sickerwasseranfall auf andere Standorte weitgehend übertragen werden können, auch wenn die im Einzelfall sehr unterschiedlichen Standortbedingungen (Jahresniederschlag, Verdunstungspotential, Bepflanzung etc.) sicherlich das Ergebnis in die eine oder andere Richtung verändern wird.

Für die Nachsorge hat dieses Ergebnis meines Erachtens folgende Konsequenzen:

- Bei der Auslegung der Sickerwasserbehandlung muss aufgrund der unvollständigen zeitlichen Entkopplung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag mit relativ großen Schwankungsbereichen gerechnet werden (siehe Abbildung 1). Dies führt u.U. zu Überkapazitäten, die wiederum zusätzliche Kosten verursachen können.
- Um die erforderlichen Nachsorgekosten für die Behandlung der zukünftigen Sickerwassermengen ermitteln zu können, sind 10 - 15 % des mittleren Jahresniederschlag einer zurückliegenden Zeitreihe ein sehr guter Anhaltswert für die zu erwartende jährliche Sickerwassermenge.

Aufgrund der vergleichsweise hohen Abhängigkeit vom Niederschlag können die tatsächlichen jährlichen Nachsorgekosten einer Altdeponie mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung sehr unterschiedlich sein. Im vorliegenden Beispiel ist aufgrund des deutlichen Anstiegs des Niederschlags im September 1998 die zu behandelnde Sickerwassermenge innerhalb eines Jahres von 9.335 m<sup>3</sup> auf 15.102 m<sup>3</sup> angestiegen.

Im Hinblick auf die Nachsorge ist dies unbefriedigend. Deshalb stellt sich die Frage: Welche finanziellen Möglichkeiten bestehen für eine weitergehende Entkopplung



und Verminderung der Sickerwasserneubildung vom Niederschlag nach Abschluss der Deponie unter Betrachtung der gesamten Nachsorgekosten?

Um diese Frage in einem für diesen Vortrag angemessenen Umfang und Tiefe beantworten zu können, werden folgende Vereinfachungen bzw. Annahmen getroffen:

- Es wird ein Nachsorgezeitraum von 50 Jahren angenommen.
- Es werden Sickerwasserbehandlungskosten von gleichbleibend 50 DM/m<sup>3</sup> über den gesamten Nachsorgezeitraum zu Grunde gelegt.
- Für die Berechnung der gesamten Nachsorgekosten für die Sickerwasserbehandlung wird die Barwertmethode angewendet. Dabei wird ein Realzins von 2 % angenommen.

Unter diesen Annahmen ergeben sich bei einer jährlichen Sickerwassermenge von 12.500 m<sup>3</sup> sich die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse.

**Tabelle 3: Nachsorgekosten für die Sickerwasserbehandlung in Abhängigkeit von der Sickerwassermenge**

<b>Sickerwassermengenreduzierung</b>	<b>Einsparpotential als Barwert</b>	
	<b>gesamt</b>	<b>pro m<sup>2</sup></b>
<b>30%</b>	<b>5.659.721 DM</b>	<b>40</b>
<b>50%</b>	<b>9.822.199 DM</b>	<b>70</b>
<b>70%</b>	<b>13.656.339 DM</b>	<b>98</b>
<b>90%</b>	<b>15.573.409 DM</b>	<b>111</b>

An diesen Zahlen müssen aus rein wirtschaftlichen Betrachtungen die ggf. geplanten oder in Erwägung gezogenen Maßnahmen für eine Optimierung des Oberflächenabdichtungssystems gemessen werden. Bezogen auf das aufgeführte Beispiel, heißt dies, dass pro m<sup>2</sup> Deponiefläche, abhängig vom Erfolg der Sickerwasserreduzierung, etwa 40 bis 110 DM für die Optimierung zur Verfügung stehen.



Aufgrund der in Kapitel 2 aufgezeigten Vergleichbarkeit der Wasserhaushaltsdaten der HMD Gallenbach mit anderen Altdeponiestandorten, dürfte dies die Größenordnung für viele Deponiebetreiber sein.

Für die Optimierung der Oberflächenabdichtung zur Reduzierung der Sickerwassermengen gibt es viele Möglichkeiten, die im Einzelfall zu bewerten sind. An dieser Stelle möchte ich lediglich einige Beispiele nennen:

- Profilierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Gefällesituation.
- Optimieren der Rekultivierungsschicht.
- Optimieren der Bepflanzung unter dem Gesichtspunkt einer maximalen Verdunstung.
- Nachträgliches Aufbringen einer Kunststoffdichtungsbahn.
- Teilabdichtungen an besonders problematischen Bereichen (z.B. Plateaus).
- Verbesserung der Oberflächenwasserableitung in der Rekultivierungsschicht durch zusätzliche Dränagen.
- etc.

Eine weitestgehende Reduzierung wird sicherlich durch Aufbringen einer kompletten Konvektionssperre (z.B. KDB) erreicht. Unter Einbeziehung der oben dargestellten Einsparpotentiale muss dies allerdings nicht unbedingt die wirtschaftlichste Lösung sein. Deshalb müssen nachträgliche Maßnahmen an Altdeponien immer einer Einzelfallbetrachtung unterzogen werden, da die standortspezifischen Randbedingungen entscheidend sind.

Eine weitere Möglichkeit wäre z.B. die Optimierung der Wasserhaushaltsschicht. Die Optimierungsmöglichkeiten liegen vereinfacht dargestellt bei der Auswahl des Bodenaufbaus (z.B. hohe Feldkapazitäten), der Rekultivierungsstärke und der Auswahl der Vegetation (z.B. Verdunstungsleistung). Wo und wie hier eine Optimierung vorgenommen werden kann, wird Herr Dr. Klaus Berger in seinem Vortrag erläutern. Sicherlich muss auch dies von Fall zu Fall entschieden werden, da hier die standortspezifischen kleinklimatischen Faktoren nicht unerheblich sein dürften.



#### 4. Zusammenfassung

Die Auswertung der Wasserhaushaltsdaten am Beispiel der HMD Gallenbach aus den zurückliegenden 5 Jahren zeigt, dass die Wirkung der mineralische Oberflächenabdichtung im Verbund mit der Rekultivierungs- bzw. Vegetationsschicht stark von der Jahreszeit abhängt. Der Sickerwasseranteil am Niederschlag beträgt während der Vegetationsperiode nur noch bis zu 6 %. Im Winter liegt der Anteil bei bis zu 19 %. Diese Zahlen sind aufgrund von Literaturangaben im üblichen Bereich für Deponien mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung.

Für die Berechnung der Sickerwasserbehandlungskosten in der Nachsorge bzw. die Auslegung der Sickerwasserbehandlungskapazitäten ist aufgrund dieser Auswertungen der relative Bezug des Sickerwasseranfalls pro Jahr ausschlaggebend und es bleibt somit der große Unsicherheitsfaktor „Niederschlag“.

Aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen stehen abhängig vom Erfolg der Sickerwassermengenreduzierung ca. 40 bis 110 DM/m<sup>2</sup> für die Optimierung des Oberflächenabdichtungssystems zur Verfügung.

Welche Maßnahmen zu einem insgesamt wirtschaftlichen Ergebnis führen, muss schließlich im Einzelfall entschieden werden.

Um diese Überlegungen auf eine breitere Basis zu stellen, sollten die anhand dieses Beispiels erarbeiteten Ergebnisse unter Einbeziehung verschiedener Deponien mit ähnlicher Ausgangssituation verifiziert werden. Einen entsprechenden Antrag hat die Ingenieur-Gesellschaft Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH bereits vorbereitet und dem LfU zur Prüfung vorgelegt.

#### Literatur:

Dipl.-Ing. **P. Schnittger**, Umweltbehörde Hamburg in Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 109, „Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten '98, Berlin 1998, Erich Schmidt Verlag, ISBN 3-503-05059-0



- Dipl.-Ing. **S. Urban-Kiss**, RUK in Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 107, „Geforderte Maßnahmen bei der Stilllegung von Altdeponien“, Berlin 1998, Erich Schmidt Verlag, ISBN 3-503-05024-8
- Dipl.-Ing. **Schneider**, Geologisches Landesamt in München, Telefonische Mitteilung vom 26.03.01, unveröffentlicht
- Dr.-Ing. **J. Kollbach**, Enviro Consult im Tagungsband zur Fachtagung am 16. April 1991 in München; Thema: "Vergleich und Bewertung von Sickerwasserreinigungsverfahren - derzeitiger Stand, zukünftige Entwicklungen", 1991
- Dr. **U. Henken-Mellies**, in Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 119, "Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten 2000", Berlin 2000, Erich Schmidt Verlag, ISBN 3 503 05951 2

Autor:

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Huber, Geschäftsführer

AU Consult GmbH

Friedberger Str. 155

86163 Augsburg

Tel. 0821/26199-0, Fax 0821/26199-30

e-mail: [w.huber@au-consult.de](mailto:w.huber@au-consult.de)