

**Endbericht**

**Projekt 3260**

**Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayerischen Deponien**

**Auftraggeber:**

LfU Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
86177 Augsburg

**Auftragnehmer:**

Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH  
Friedberger Str. 155, 86163 Augsburg

**Bearbeiter:**

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Huber  
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schatz  
Antje Quentin

**November 2002**

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>ALLGEMEINES UND AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>GRUNDLAGEN UND VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN AUSWERTUNGEN.....</b>	<b>8</b>
3.1	Ergebnisse der einzelnen Deponien .....	8
3.2	Kenndaten zu den einzelnen Deponien .....	9
3.3	Jährliche Sickerwassermengen.....	12
3.4	Sickerwasseranfall im Sommer- und Winterhalbjahr .....	18
3.5	Spezifischer Sickerwasseranfall bei unterschiedlichen Deponietypen	21
3.5.1	Deponien unterschieden nach Art der mineralischen Oberflächen- abdichtung.....	23
3.5.2	Deponien mit bzw. ohne Oberflächenentwässerungsschicht.....	27
3.5.3	Deponien mit einem hohen Plateauanteil (> 15 %) .....	27
3.5.4	Deponien differenziert nach der Einbauhöhe.....	27
<b>4.</b>	<b>DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>28</b>
<b>5.</b>	<b>WEITERER UNTERSUCHUNGSBEDARF .....</b>	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>34</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Niederschlag- und Sickerwasserganglinie von 17 bayerischen Deponien über den Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2001, Jahresmengen .....	18
Abbildung 2:	Niederschlag- und Sickerwasserganglinie von 17 bayerischen Deponien über den Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2001, Halbjahresmengen .....	20
Abbildung 3:	Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie S in der Zeit von 1996 bis 2001 .....	24
Abbildung 4:	Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie K in der Zeit von 1998 bis 2001 .....	25
Abbildung 5:	Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie D in der Zeit von 1995 bis 2001 .....	26

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenstellung der wesentlichen Deponiekenndaten aus den Erfassungsbögen. ....	10
Tabelle 2:	Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 17 bayerischen Deponiestandorten.....	13
Tabelle 3:	Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 14 bayerischen Deponiestandorten, deren spezifischer Sickerwasseranfall $< 6 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ ist.....	15
Tabelle 4	Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 13 bayerischen Deponiestandorten, die vor 1995 oberflächenabgedichtet wurden. ....	16
Tabelle 5:	Spezifischer Sickerwasseranfall.....	19
Tabelle 6:	Mittlerer Sickerwasseranfall in $\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ an Bayerischen Deponien differenziert nach Technischer Ausstattung .....	22

Tabelle 7:	Relativer Sickerwasseranfall an Deponien mit bzw. ohne definierter mineralischer Oberflächenabdichtung .....	23
Tabelle 8:	Sickerwassermenge an deutschen Deponien in Abhängigkeit von der Art der Mineralische Oberflächenabdichtung/-abdeckung, [5]...	28

### **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1: Datenerfassungsbogen

Anlage 2: Einzelauswertungen der Deponie

## 1. Allgemeines und Aufgabenstellung

Im Jahr 2001 wurden in Bayern 44 Hausmülldeponien, 8 Schlackedeponien und 1 Klärschlammdeponie betrieben. Neben diesen Deponien gibt es eine Vielzahl von Altdeponien, die nicht mehr verfüllt werden und bereits mit einer Oberflächenabdichtung abgeschlossen sind.

Durch Eindringen von Niederschlagswasser in den Abfallkörper entsteht an der Deponiesohle Sickerwasser, welches aufgrund der Belastung gezielt zu erfassen und entsprechend den Anforderungen der Abwasserverordnung zu behandeln ist. Die Sickerwasserneubildung kann vereinfacht als die Differenz aus Niederschlag und aktueller Verdunstung bzw. Oberflächenwasserabfluss angesehen werden. Zudem haben weitere Faktoren, wie z. B. Speicherung und Rückhalt, Wasserneubildung/-verbrauch durch biochemische Prozesse und Fremdwasserzuflüsse einen Einfluss auf die Sickerwassermenge.

Neben der Reduzierung von z.B. Deponiegasemissionen soll durch das Aufbringen der Oberflächenabdichtung erreicht werden, dass der Sickerwasseranfall unabhängig von den klimatischen Einflüssen minimiert wird. Die Deponiebetreiber teilen u.a. die erfassten Sickerwasser- und Niederschlagsmengen dem LfU in den Jahresberichten regelmäßig mit. In der Regel handelt es sich hierbei um Jahresmengen, die nicht weiter differenziert werden. An verschiedenen Altdeponien in Bayern wurde in den zurückliegenden Jahren die Erfahrung gemacht, dass sich die Sickerwassermengen trotz mineralischer Oberflächenabdichtung zeitgleich zu den ansteigenden Jahresniederschlagsmengen erhöhten.

Da die Erfassung und Behandlung des Sickerwassers einen nicht unerheblichen Kostenfaktor während der Stilllegungs- und Nachsorgephase darstellt und hier für die Deponiebetreiber noch Einflussmöglichkeiten beim Bau von neuen bzw. bei der Erüchtigung von bestehenden Abdichtungssystemen bestehen, sind für die Betreiber verlässliche Sickerwassermengenprognosen von großer Bedeutung. Auf deren Basis können dann auch Maßnahmen zur Minimierung der Sickerwassermengen getroffen werden.

Das LfU hat deshalb die Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH beauftragt, die vorhandenen Wasserhaushaltsdaten von 20 bayerischen Deponien auszuwerten, die bereits vollständig abgedichtet sind. Hieraus sollen Erkenntnisse gewonnen werden, in welchem Zusammenhang die Sickerwassermenge mit der Art der mineralischen Oberflächenabdichtung, der Niederschlagsmenge und dem zeitlichen Verlauf des Niederschlags steht (z.B. Einfluss der Rekultivierungsschicht und Vegetation auf die Sickerwassermenge).

Ziel ist es, Kennzahlen zu ermitteln, die den einzelnen Deponiebetreibern eine Einordnung ihrer Deponie ermöglichen. Der Deponiebetreiber kann durch Vergleich seiner Daten mit den gewonnenen Kennzahlen erkennen, ob er mit seinen Sickerwassermengen im Rahmen liegt oder ob es ggf. für ihn von ökonomischen und/oder ökologischen Interesse ist, seine Oberflächenabdichtung nachzuarbeiten.

Des Weiteren können die gewonnenen Ergebnisse für die Mengenprognose zur Kalkulation der weiteren Nachsorgekosten für die einzelnen Deponiebetreiber sehr hilfreich sein. Insbesondere für Investitionsentscheidungen (z.B. Sickerwasserbehandlung, Sickerwasserminimierungsmaßnahmen, Sickerwasserzweischenspeicher) fehlen im Moment derartige Kennzahlen.

## 2. Grundlagen und Vorgehensweise

In einem Fachgespräch mit Teilnehmern aus dem LfU wurden die auszuwertenden Deponien festgelegt.

Die Auswahl wurde unter folgenden Gesichtspunkten getroffen:

- Die Standorte sollten landesweit gleichmäßig verteilt sein, um möglichst alle klimatischen Bedingungen in Bayern abzudecken.
- Die Deponien sollten bereits vollständig oder weitgehend mit einer Oberflächenabdichtung ausgestattet sein.
- Es sollten Deponien mit unterschiedlichen Oberflächenabdichtungssystemen vertreten sein.
- Von den Deponien sollte eine möglichst vollständige Datenaufzeichnung über den Zeitraum von 1995 bis 2001 vorliegen.

Diese Ziele konnten nur teilweise realisiert werden. Vor allem der regionale Proporz war nur bedingt umzusetzen. Ein Großteil der ausgewählten Deponiestandorte liegt in Südbayern. Weiterhin konnten nur Deponien mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung berücksichtigt werden.

Nach dieser Festlegung wurde der in Anlage 1 beiliegende Datenerfassungsbogen an die Betreiber versandt. Hierbei wurden im Wesentlichen folgende Daten abgefragt:

- Allgemeine Betreiberdaten
- Angaben zur Deponie (Größe, Art der abgelagerten Abfälle, Verfüllhöhe etc.)
- Angaben zur Oberflächenabdichtung
- Angaben zur Oberflächenvegetation
- Angaben zum Oberflächengefälle
- Angaben zu den Niederschlagsmengen in der Zeit von 1995 bis 2001 in monatlicher Auflösung

- Angaben zu den erfassten Sickerwassermengen in der Zeit von 1995 bis 2001 in monatlicher Auflösung

Die erfassten Betreiberdaten wurden anonymisiert und anschließend in Tabellen erfasst und ausgewertet. Teilweise waren nach einer Plausibilitätskontrolle Rückfragen notwendig, deren Ergebnisse bei der Auswertung berücksichtigt wurden.

### **3. Ergebnisse der statistischen Auswertungen**

#### **3.1 *Ergebnisse der einzelnen Deponien***

Von allen Deponien wurden hinsichtlich der erfassten Sickerwasser- und Niederschlagsdaten folgende Auswertungen durchgeführt:

- Tabellarische Auswertung des monatlichen Sickerwasseranfalls, des monatlichen Niederschlages sowie des monatlichen relativen Sickerwasseranteils am Niederschlag
- Tabellarische Auswertung des halbjährlichen Sickerwasseranfalls, des halbjährlichen Niederschlages sowie des halbjährlichen relativen Sickerwasseranteils am Niederschlag
- Tabellarische Auswertung des Sickerwasseranfalls, des Niederschlages sowie des Sickerwasseranteiles am Niederschlag bezogen auf Vegetationsperiode und Winter
- Tabellarische Auswertung des jährlichen Sickerwasseranfalls, des jährlichen Niederschlages sowie des jährlichen Sickerwasseranteiles am Niederschlag
- Grafische Auswertung der halbjährlichen Sickerwasser- und Niederschlagsmenge sowie des relativen Sickerwasseranfalls
- Grafische Auswertung der Sickerwasser- und Niederschlagsmenge bezogen auf die Vegetationsperiode und Winter
- Grafische Auswertung der jährlichen Sickerwasser- und Niederschlagsmenge

Die vorstehend aufgeführten Auswertungen der einzelnen Deponien sind die Grundlage der nachfolgenden Auswertungen und liegen vollständig in Anlage 2 bei.

Die Auswertungen der einzelnen Deponien werden nicht weiter interpretiert. Teilweise werden diese Einzelergebnisse zur Verdeutlichung von Gesamtergebnissen herangezogen.

### **3.2 *Kenndaten zu den einzelnen Deponien***

Zur Vervollständigung der vorliegenden Daten aus den Jahresberichten beim LfU wurde an die Deponiebetreiber der in Anlage 1 beiliegende Erfassungsbogen versandt. Von den 20 angefragten Deponiebetreibern haben 19 den Erfassungsbogen zurückgesandt. Bei einer der 19 Deponien lagen unzureichende Aufzeichnungen vor, so dass diese nicht in die Auswertung einbezogen werden konnte. Die restlichen Daten wurden wie oben beschrieben erfasst und ausgewertet. Die bestimmenden Kenndaten der einzelnen Deponien sind in nachfolgender Tabelle 1 dargestellt.

Die Sickerwassereinzugsfläche der ausgewerteten Deponien reichte von ca. 0,4 bis ca. 6 ha. Die eingelagerte Abfallmenge betrug bei den betroffenen Deponien ca. 10.000 bis ca. 800.000 m<sup>3</sup>. Die Deponien wurden etwa in der Zeit von 1970 bis Mitte der 90' er Jahre verfüllt.

In der Regel wurden die für diese Zeit typischen unbehandelten Abfälle – Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall - mit relativ hohem Organikanteil abgelagert.

**Tabelle 1: Zusammenstellung der wesentlichen Deponiekenndaten aus den Erfassungsbögen.**

Deponiestandort	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
<b>Oberflächenabdichtung seit:</b>	1992	1996	1993	1997	1999	1988	1989	1990	1987	1990	1999	1991	1987	1997	1989	1989	1989	unzureichende Daten	1999	keine Angaben		
<b>Definierte OFD</b>		x	x	x	x						x	x		x	x	x	x				x	x
<b>undefinierte OFD</b>	x					x	x	x	x	x			x									
<b>mit Oberflächenentwässerungsschicht</b>	x	x	x	x	x						x	x		x	x	x	x				x	
<b>ohne Oberflächenentwässerungsschicht</b>						x	x	x	x	x			x									
<b>hoher Plateauanteil (&gt;15 %)</b>			x							x		x	x	x	x							

Die Einstufung in die unterschiedlichen Kategorien erfolgte auf der Grundlage der Angaben im Erfassungsbogen nach folgenden Gesichtspunkten:

**Definierte OFD:** Hierunter fallen Deponien, die nachweislich über eine mineralische Oberflächenabdichtung mit folgenden Mindestanforderungen verfügen: Schichtdicke  $\geq 50$  cm und Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f < 10^{-8}$  m/s.

**Undefinierte OFD:** Hierunter fallen Deponien, die über eine mineralische Oberflächenabdichtung verfügen, deren Güte nicht nachweislich definiert ist.

**Mit Oberflächenentwässerungsschicht:** Hierunter fallen Deponien, die über eine Dränageschicht auf der mineralischen Oberflächenabdichtung verfügen.

**Ohne Oberflächenentwässerungsschicht:** Hierunter fallen Deponien, die nicht über eine Dränageschicht auf der mineralischen Oberflächenabdichtung verfügen.

**Hoher Plateauanteil:** Hierunter fallen Deponien, deren Plateauanteil an der gesamten Deponieoberfläche größer als 15 % ist. Dieses Kriterium wurde gewählt, um zu untersuchen, ob ein verzögerter Wasserabfluss auf der mineralischen Oberflächenabdichtung Auswirkungen auf den Sickerwasseranfall hat.

Von den in der Auswertung berücksichtigten Deponiestandorten verfügen ca. 60 % über eine definierte mineralische Oberflächenabdichtung und ca. 67 % über eine Oberflächenentwässerungsschicht. Bei etwa einem Drittel der Deponien ist der Plateauanteil größer als 15 %.

Alle Deponien mit einer definierten mineralischen Oberflächenabdichtung verfügen auch über eine Oberflächenentwässerungsschicht.

### **3.3 Jährliche Sickerwassermengen**

In den nachfolgenden Auswertungen wurden die erfassten Daten für den Zeitraum von 1995 bis einschließlich 2001 berücksichtigt. Soweit von den Betreibern keine Angaben zu den Niederschlagswerten gemacht wurden, wurden die Daten einer standortnahen Wetterstation über das Internet recherchiert.

In nachfolgender Tabelle 2 sind die Mittelwerte der Jahresmengen für die erfassten Niederschlags- und Sickerwasserdaten dargestellt. Weiterhin enthält Tabelle 2 Angaben über den mittleren spezifischen Sickerwasseranfall in m<sup>3</sup> pro ha und Tag sowie den mittleren relativen Anteil des Sickerwassers am Niederschlag. Alle Mittelwerte wurden aus den Betreiberangaben für den Zeitraum 1995 bis 2001 ermittelt.

**Tabelle 2: Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 17 bayerischen Deponiestandorten.**

Deponie	Niederschlag	Sickerwassermenge		SiWa/NS
	in mm/a	mm/a	m <sup>3</sup> /(ha*d)	
A	833	109	3,0	13%
B	1148	134	3,7	12%
C	816	99	2,7	12%
D	765	74	2,0	10%
E <sup>1)</sup>	1098	811	22,2	75%
F	1005	141	3,9	14%
G	935	118	3,2	12%
H	866	69	1,9	8%
I	855	116	3,2	14%
J	1315	275	7,5	21%
K	862	56	1,5	7%
L	1007	120	3,3	12%
M	1007	225	6,2	22%
N	1078	250	6,8	24%
O	677	112	3,1	16%
P	869	139	3,8	17%
Q	869	189	5,2	23%
S	654	103	2,8	16%
<b>Min-Wert</b>	<b>654</b>	<b>56</b>	<b>1,5</b>	<b>7%</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>915</b>	<b>137</b>	<b>3,8</b>	<b>15%</b>
<b>Max-Wert</b>	<b>1315</b>	<b>275</b>	<b>7,5</b>	<b>24%</b>

<sup>1)</sup> Diese Deponie wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Bei der Mittelwertbildung wurde die Deponie E nicht berücksichtigt, da es sich hierbei offensichtlich um einen Ausreißer handelt, der das Ergebnis verfälschen würde. Die Deponie E wurde erst im Jahr 1999 oberflächenabdichtet. Neben dieser Tatsache ist nicht auszuschließen, dass andere Ursachen (z. B. Fremdwasserzutritt) für die außergewöhnlich hohen Werte verantwortlich sind.

Bei einem mittleren Niederschlag von 915 mm lag der mittlere Sickerwasseranfall der betrachteten 17 Deponien bei **15 %** des Niederschlages. Dieses Ergebnis zeigt, dass bei mineralisch oberflächenabgedichteten Deponien permanent mit einem Sickerwasseranfall gerechnet werden muss. Ein anhaltender Rückgang der Sickerwassermenge ist ebenfalls nicht zu erwarten. Die große Schwankungsbreite von 7 bis 24 % deutet darauf hin, dass Faktoren wie Qualität der mineralischen Oberflächenabdichtung, Oberflächenentwässerungsschicht, Geometrie, Geographie etc. Einfluss auf die relative Sickerwassermenge haben. Noch größer ist die Schwankungsbreite bei den spezifischen Sickerwassermengen, die im Mittel über den betrachteten Zeitraum bei **3,8 m<sup>3</sup>/(ha\*d)** lag. Die Schwankungsbreite beträgt 1,5 bis 7,5 m<sup>3</sup>/(ha\*d).

Welchen Einfluss technische Einrichtungen (z. B. die Qualität der mineralischen Oberflächenabdichtung), das Vorhandensein der Oberflächenentwässerungsschicht oder die Geometrie des Deponiekörpers auf den Sickerwasseranfall haben, wird in Kapitel 3.5 diskutiert.

Bei den spezifischen Sickerwassermengen fallen die Deponien E, J, M und N mit Werten > 6 m<sup>3</sup>/(ha\*d) auf. Unter Umständen ist dies auf Einflüsse wie Fremdwasserzutritt, besonders ungünstige klimatische Bedingungen oder andere standortspezifische Eigenheiten zurückzuführen. In Tabelle 3 wurden deshalb diese Deponien aus der Wertung herausgenommen. Der Mittelwert für den spezifischen Sickerwasseranfall liegt dann bei **3,1 m<sup>3</sup>/(ha\*d)** und der mittlere Sickerwasseranteil am Niederschlag bei **13 %**.

**Tabelle 3: Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 14 bayerischen Deponiestandorten, deren spezifischer Sickerwasseranfall  $< 6 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$  ist.**

Deponie	Niederschlag	Sickerwassermenge		SiWa/NS
	in mm/a	mm/a	$\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$	
A	833	109	3,0	13%
B	1148	134	3,7	12%
C	816	99	2,7	12%
D	765	74	2,0	10%
E <sup>1)</sup>	1098	811	22,2	75%
F	1005	141	3,9	14%
G	935	118	3,2	12%
H	866	69	1,9	8%
I	855	116	3,2	14%
J <sup>1)</sup>	1315	275	7,5	21%
K	862	56	1,5	7%
L	1007	120	3,3	12%
M <sup>1)</sup>	1007	225	6,2	22%
N <sup>1)</sup>	1078	250	6,8	24%
O	677	112	3,1	16%
P	869	139	3,8	17%
Q	869	189	5,2	23%
S	654	103	2,8	16%
<b>Min-Wert</b>	<b>654</b>	<b>56</b>	<b>1,5</b>	<b>7%</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>869</b>	<b>113</b>	<b>3,1</b>	<b>13%</b>
<b>Max-Wert</b>	<b>1148</b>	<b>189</b>	<b>5,2</b>	<b>23%</b>

<sup>1)</sup> Diese Deponien wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

In Tabelle 4 wurden nur die Deponiestandorte berücksichtigt, die bereits vor 1995 oberflächenabgedichtet waren. Das heißt, dass diese Deponien über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1995 bis 2001 mit einer definierten bzw. undefinierten mineralischen Oberflächenabdichtung ausgestattet waren und deshalb im Gegensatz zu den vorangegangenen Auswertungen über den gesamten Betrachtungszeitraum diesbezüglich von konstanten Randbedingungen ausgegangen werden kann.

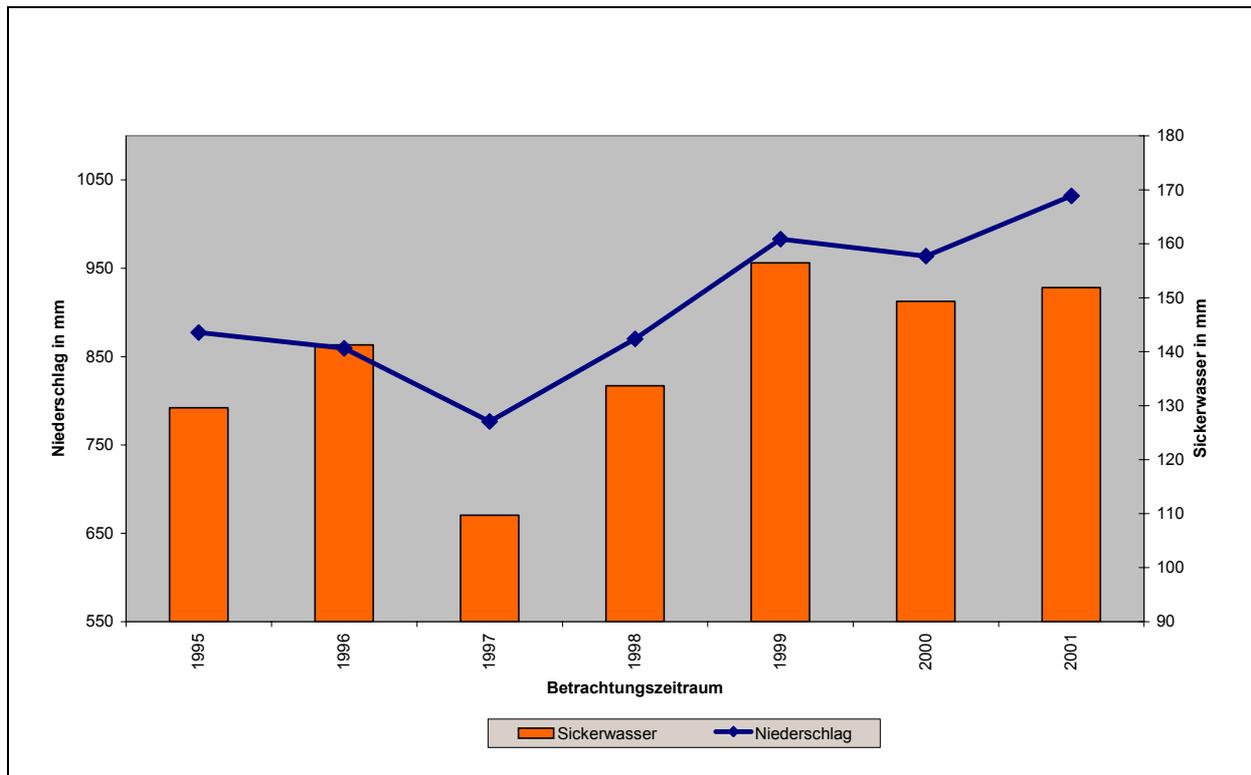
Bemerkenswert ist, dass die Ergebnisse vergleichbar mit den Ergebnissen aus Tabelle 2 sind und im Mittel bei **ca. 15 %** relativen Sickerwasseranfall und **3,8 m<sup>3</sup>/(ha\*d)** Sickerwasseranfall liegen.

**Tabelle 4 Mittlere Niederschlags- und Sickerwassermenge sowie relativer Sickerwasseranteil am Niederschlag von 1995 bis 2001 von 13 bayerischen Deponiestandorten, die vor 1995 oberflächenabgedichtet wurden.**

Deponie	Niederschlag	Sickerwassermenge		SiWa/NS
	in mm/a	mm/a	m <sup>3</sup> /(ha*d)	
A	833	109	3,0	13%
C	816	99	2,7	12%
D	765	74	2,0	10%
F	1005	141	3,9	14%
G	935	118	3,2	12%
H	866	69	1,9	8%
I	855	116	3,2	14%
J	1315	275	7,5	21%
L	1007	120	3,3	12%
M	1007	225	6,2	22%
O	677	112	3,1	16%
P	869	139	3,8	17%
Q	869	189	5,2	23%
<b>Min-Wert</b>	<b>677</b>	<b>69</b>	<b>1,9</b>	<b>8%</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>909</b>	<b>137</b>	<b>3,8</b>	<b>15%</b>
<b>Max-Wert</b>	<b>1315</b>	<b>275</b>	<b>7,5</b>	<b>23%</b>

Die in den Tabelle 2, 3 und 4 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass der Großteil der Deponien einen spezifischen Sickerwasseranfall von **3 bis 4 m<sup>3</sup>/(ha\*d)** und einem relativen Sickerwasseranteil am Niederschlag von **13 bis 15 %** aufweist.

In Abbildung 1 ist die mittlere Niederschlags- und Sickerwasserganglinie aller Deponien dargestellt. Im Mittel ist über alle 17 betrachteten Deponien der Niederschlag seit 1999 deutlich von 776 mm auf 1032 mm angestiegen. Der Sickerwasseranfall stieg im gleichen Zeitraum von 110 mm auf 152 mm. Das heißt, der Anstieg des Niederschlages um ca. 33 % hat im gleichen Zeitraum zu einem Sickerwasseranstieg um ca. 38 % geführt. Eine Entkoppelung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag konnte im Betrachtungszeitraum an den in die Auswertung einbezogenen Deponien, die ausschließlich mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung ausgestattet sind, somit nicht beobachtet werden. Vielmehr wird aus Abbildung 1 ersichtlich, dass mit dem Anstieg des Niederschlages im Jahre 1998 unmittelbar im Anschluss die Sickerwassermenge angestiegen ist. Eine Aussage über den genauen zeitlichen Zusammenhang zwischen Niederschlag und Sickerwasseranfall kann anhand dieser Auswertungen nicht getroffen werden. In nachfolgenden Kapiteln wird jedoch aufgezeigt, dass zumindest ein halbjährlicher Zusammenhang besteht.



**Abbildung 1: Niederschlag- und Sickerwasserganglinie von 17 bayerischen Deponien über den Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2001, Jahresmengen**

Die Auswertung der Wasserhaushaltsdaten der betrachteten 17 bayerischen Deponien für die zurückliegenden Jahre von 1995 bis 2001 zeigen, dass trotz mineralischer Oberflächenabdichtung auch zukünftig mit einem relevanten Sickerwasseranteil in der Größenordnung von rund 15 % des jährlichen Niederschlages zu rechnen ist.

### **3.4 Sickerwasseranfall im Sommer- und Winterhalbjahr**

Um den Zusammenhang zwischen Niederschlag und Sickerwasseranfall weiter zu differenzieren, wurden die Angaben der Deponiebetreiber in Halbjahresmengen zusammengefasst.

Dabei wurde folgende Definition getroffen:

Sommer: April bis einschließlich September

Winter: Oktober bis einschließlich März

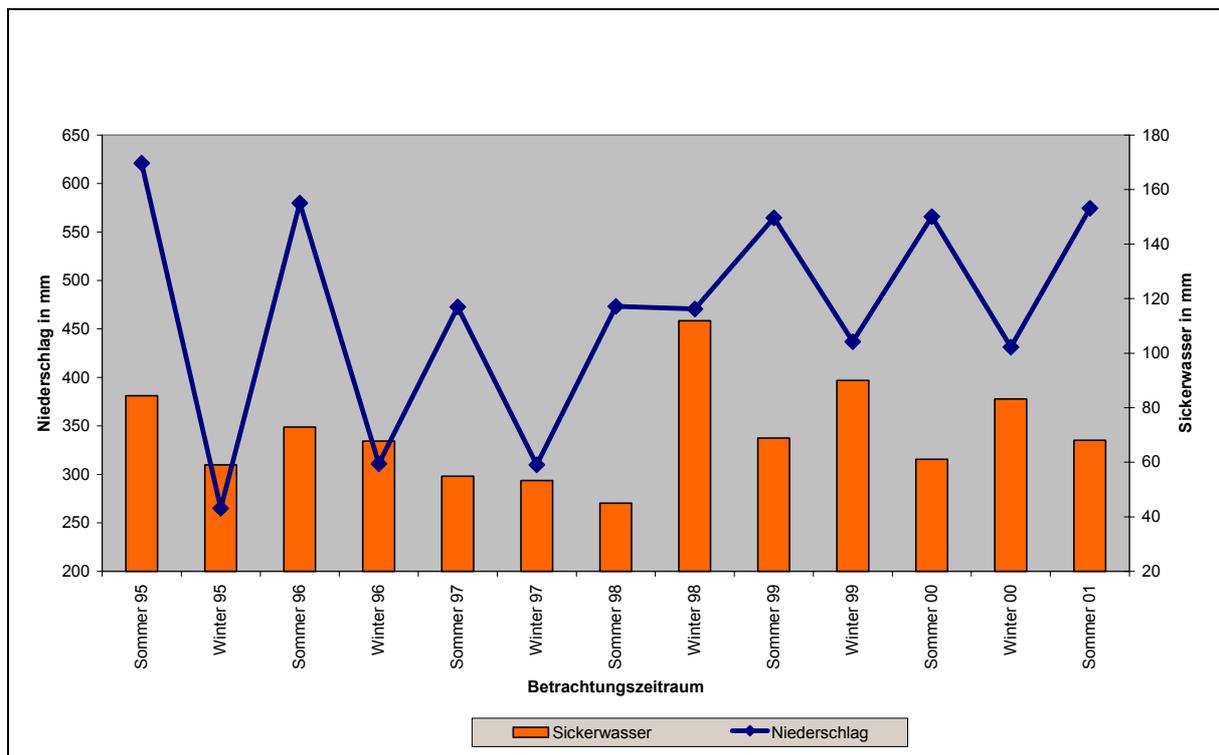
Die Daten aus der Deponie E wurden aus besagten Gründen nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Tabelle 5 zeigen deutliche Unterschiede zwischen Sommer und Winter. Der spezifische Sickerwasseranfall ist im Winterhalbjahr ca. 20 % höher als im Sommerhalbjahr. Beim relativen Sickerwasseranteil am Niederschlag ist der Anteil im Winter sogar um 80 % höher als im Sommer.

**Tabelle 5: Spezifischer Sickerwasseranfall**

	SiWa m <sup>3</sup> /(ha*d)		SiWa/NS	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
<b>Min</b>	1,4	1,2	5%	4%
<b>Max</b>	7,9	8,1	19%	33%
<b>Mittelwert</b>	3,5	4,3	11%	20%

In Abbildung 2 ist der Verlauf der mittleren Sickerwasser- und Niederschlagsmengen in halbjährlicher Auflösung dargestellt. Diese Abbildung bestätigt, dass die Sommerniederschläge einen deutlich geringeren Einfluss auf die Sickerwassermenge haben als die Niederschläge im Winterhalbjahr. Sehr deutlich wird dies im Sommer 1999 und 2000.



**Abbildung 2: Niederschlag- und Sickerwasserganglinie von 17 bayerischen Deponien über den Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2001, Halbjahresmengen**

Im Winterhalbjahr ist die Sickerwassermenge trotz niedrigerer Niederschläge als im Sommerhalbjahr angestiegen. Als Beispiel dient der Winter 1999 und 2000. Extrem haben sich die hohen Niederschläge im Winter 1998 ausgewirkt. Dadurch hat sich die Sickerwassermenge von Sommer 1998 auf Winter 1998 nahezu verdreifacht.

### 3.5 Spezifischer Sickerwasseranfall bei unterschiedlichen Deponietypen

In Tabelle 6 wurden die vorhandenen Daten der 17 bayerischen Deponien, unterschieden nach folgenden Kategorien, ausgewertet:

<b>Altdeponien mit definierter OFD:</b>	In dieser Kategorie wurden die in Tabelle 1 mit „Definierte OFD“ eingestuften Deponien berücksichtigt. Insgesamt fallen hierunter 11 von 18 Deponien.						
<b>Altdeponien ohne definierter OFD:</b>	In dieser Kategorie wurden die in Tabelle 1 mit „Undefinierte OFD“ eingestuften Deponien berücksichtigt. Insgesamt fallen hierunter 7 von 18 Deponien.						
<b>Altdeponien mit Entwässerungsschicht:</b>	In dieser Kategorie wurden die in Tabelle 1 mit „mit Oberflächenentwässerungsschicht“ eingestuften Deponien berücksichtigt. Insgesamt fallen hierunter 12 von 18 Deponien.						
<b>Altdeponien ohne Entwässerungsschicht:</b>	In dieser Kategorie wurden die in Tabelle 1 mit „ohne Oberflächenentwässerungsschicht“ eingestuften Deponien berücksichtigt. Insgesamt fallen hierunter 6 von 18 Deponien.						
<b>Altdeponien mit hohem Plateauanteil (&gt;15 %):</b>	In dieser Kategorie wurden die in Tabelle 1 mit „hoher Plateauanteil (>15 %)“ eingestuften Deponien berücksichtigt. Insgesamt fallen hierunter 6 von 18 Deponien.						
<b>Altdeponien differenziert nach Einbauhöhe:</b>	Abhängig von der mittleren Einbauhöhe wurden die 18 Deponien wie folgt zugeteilt: <table><tr><td>&lt; 10 m:</td><td>5 Deponien</td></tr><tr><td>&gt; 10 m und &lt; 20 m:</td><td>9 Deponien</td></tr><tr><td>&gt; 20 m:</td><td>4 Deponien</td></tr></table>	< 10 m:	5 Deponien	> 10 m und < 20 m:	9 Deponien	> 20 m:	4 Deponien
< 10 m:	5 Deponien						
> 10 m und < 20 m:	9 Deponien						
> 20 m:	4 Deponien						

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Es wurden jeweils die Mittelwerte berücksichtigt.

**Tabelle 6: Mittlerer Sickerwasseranfall in m<sup>3</sup>/(ha\*d) an Bayerischen Deponien differenziert nach Technischer Ausstattung**

		Definierte Oberflächenabdichtung		Oberflächenentwässerungsschicht		hoher Plateauanteil	Mittlere Einbauhöhe		
		mit	ohne	mit	ohne		< 10 m	10 - 20 m	> 20 m
<b>Sommer 95</b>	Apr 95 bis Sep 95	5,4	4,5	4,6	4,8	5,9	3,2	4,9	4,8
<b>Winter 95</b>	Okt 95 bis Mrz 96	4,3	2,8	3,5	2,9	4,1	2,2	3,2	4,0
<b>Sommer 96</b>	Apr 96 bis Sep 96	5,7	3,8	4,1	4,0	5,5	2,3	3,7	4,4
<b>Winter 96</b>	Okt 96 bis Mrz 97	4,8	3,3	4,0	3,4	4,6	2,9	3,3	4,3
<b>Sommer 97</b>	Apr 97 bis Sep 97	3,3	3,3	2,7	3,6	4,1	2,0	3,5	3,5
<b>Winter 97</b>	Okt 97 bis Mrz 98	3,1	3,3	2,4	3,8	3,5	2,2	3,3	3,5
<b>Sommer 98</b>	Apr 98 bis Sep 98	2,7	2,6	2,4	2,6	2,8	2,0	2,6	3,2
<b>Winter 98</b>	Okt 98 bis Mrz 99	6,4	7,1	5,7	7,1	8,4	5,8	5,1	5,6
<b>Sommer 99</b>	Apr 99 bis Sep 99	3,9	4,3	3,3	4,7	4,8	3,0	4,0	3,8
<b>Winter 99</b>	Okt 99 bis Mrz 00	4,9	6,0	4,4	6,1	6,5	4,6	4,8	4,0
<b>Sommer 00</b>	Apr 00 bis Sep 00	3,3	4,0	2,9	4,3	4,1	2,9	3,7	3,4
<b>Winter 00</b>	Okt 00 bis Mrz 01	4,4	5,5	4,0	5,8	7,1	4,4	4,3	2,0
<b>Sommer 01</b>	Apr 01 bis Sep 01	3,1	5,1	3,1	5,0	5,3	3,5	3,8	2,2
<b>Mittelwert (Sommer 95 bis Sommer 01)</b>		<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>3,6</b>	<b>4,5</b>	<b>5,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,9</b>	<b>3,7</b>
<b>Mittelwert (Sommer)</b>		<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,3</b>	<b>4,1</b>	<b>4,6</b>	<b>2,7</b>	<b>3,7</b>	<b>3,6</b>
<b>Mittelwert (Winter)</b>		<b>4,6</b>	<b>4,7</b>	<b>4,0</b>	<b>4,9</b>	<b>5,7</b>	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>
<b>Verhältnis (Winter/Sommer)</b>		<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>

In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Ergebnisse im Einzelnen diskutiert.

### **3.5.1 Deponien unterschieden nach Art der mineralischen Oberflächenabdichtung**

Die Art der Ausführung der mineralischen Oberflächenabdichtung wirkt sich auf das Gesamtergebnis über den gesamten Betrachtungszeitraum kaum aus. Der spezifische Sickerwasseranfall mit und ohne definierte mineralische Oberflächenabdichtung lag im Mittel bei  $4,3 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ . In den Winterhalbjahren mit hohen Niederschlägen (ab Winter 1998) ist der spezifische Sickerwasseranfall bei den Deponien mit einer definierten mineralischen Oberflächenabdichtung tendenziell niedriger als bei Deponien ohne eine definierte mineralische Oberflächenabdichtung. Vor allem die Unterschiede zwischen Sommer und Winter fallen geringer aus.

Neben den spezifischen Sickerwassermengen wurden auch die relativen Sickerwasseranteile am Niederschlag ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 dargestellt.

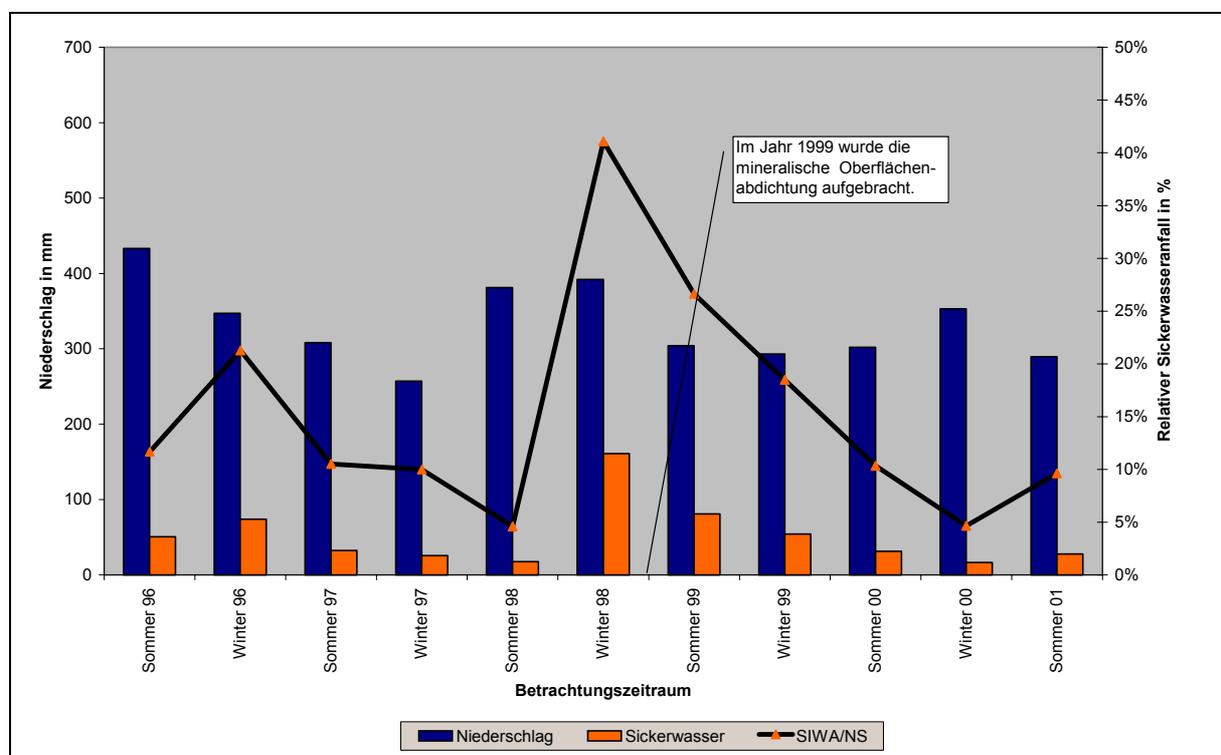
**Tabelle 7: Relativer Sickerwasseranfall an Deponien mit bzw. ohne definierter mineralischer Oberflächenabdichtung**

Art der Mineralischen Oberflächenabdichtung	Mittlerer relativer Sickerwasseranfall bezogen auf den Niederschlag	
	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr
mit definierter OFD	11 %	19 %
ohne definierter OFD	11 %	20 %

Auffällig ist, dass die Art der Ausführung der mineralischen Oberflächenabdichtung keinen nennenswerten Einfluss auf den relativen Sickerwasseranfall hat.

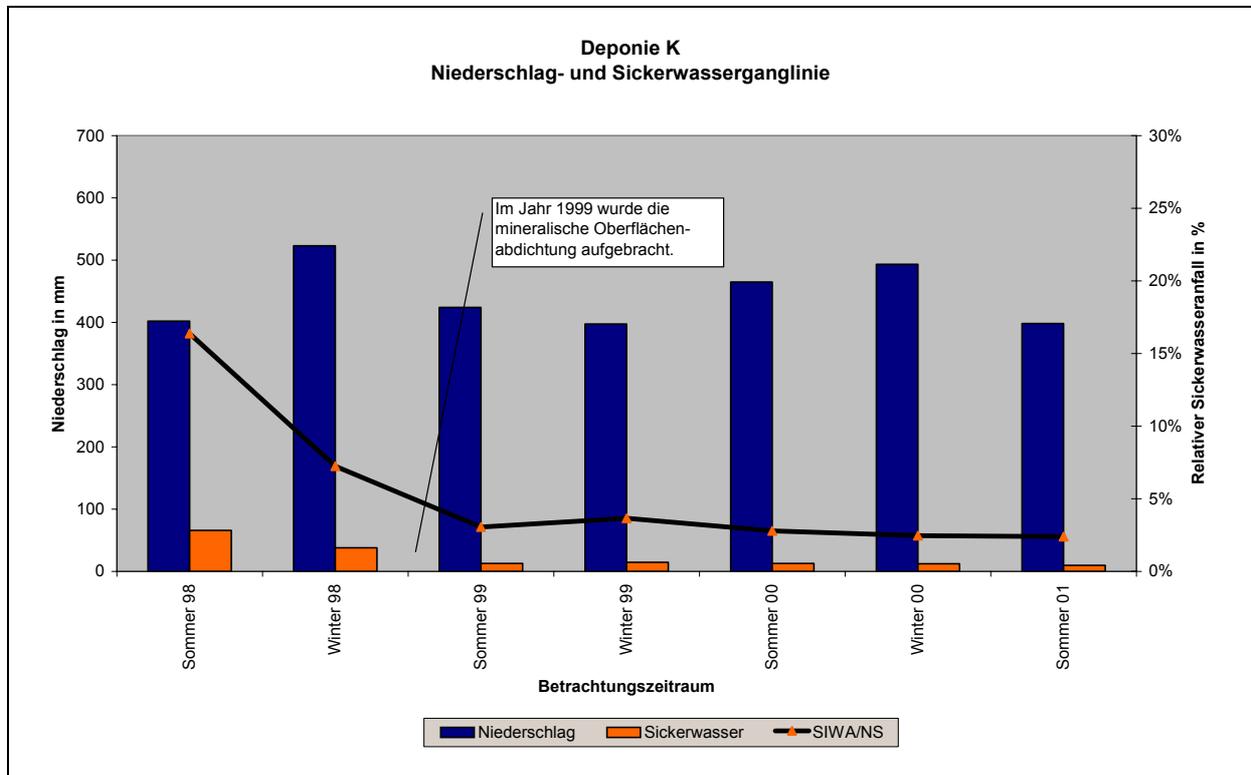
Bei beiden Deponietypen entspricht der relative Sickerwasseranfall im Sommer ca. 60 % des relativen Sickerwasseranfalls im Winter. Das heißt, im Winterhalbjahr lag der relative Sickerwasseranfall bei allen Deponien in etwa doppelt so hoch wie im Sommerhalbjahr.

Die generell positive Wirkung einer mineralischen Oberflächenabdichtung wird am Beispiel der Deponie S deutlich. Diese Deponie wurde 1999 mit einer 3-lagigen (à 20 cm) mineralischen Oberflächenabdichtung versehen. Aus der Abbildung 3 wird ersichtlich, dass ab diesem Zeitpunkt eine deutliche Entkopplung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag festzustellen ist. Der Anstieg der Sickerwassermenge von Sommer 1998 auf Winter 1998 bei gleichbleibendem Niederschlag konnte trotz zunehmendem Niederschlag im Winter 2000 gegenüber Sommer 2000 nicht mehr festgestellt werden.



**Abbildung 3: Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie S in der Zeit von 1996 bis 2001**

Ein weiteres Beispiel für eine positive Wirkung der mineralischen Oberflächenabdichtung ist die Deponie K, deren Ganglinien in Abbildung 4 dargestellt sind.

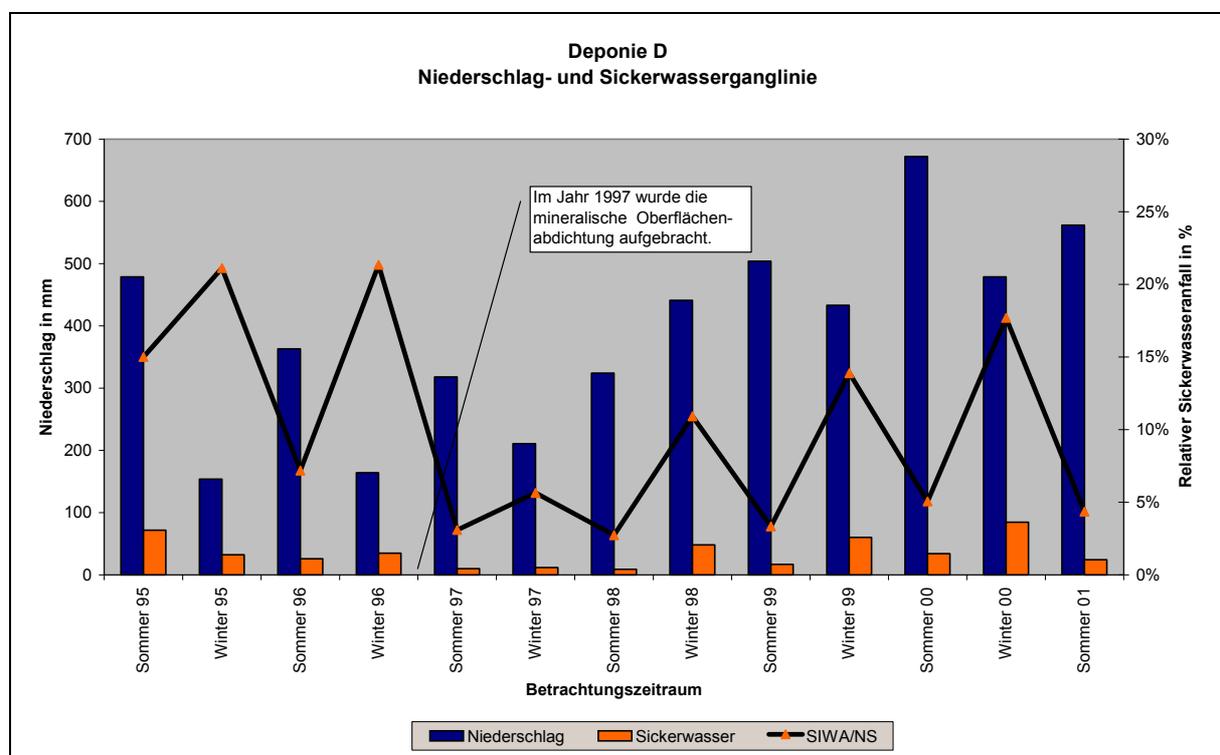


**Abbildung 4: Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie K in der Zeit von 1998 bis 2001**

Bei mehr als 50 % der Deponien funktioniert die Entkoppelung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag trotz mineralischer Oberflächenabdichtung allerdings nur bedingt. Im Sommerhalbjahr funktioniert die Entkopplung oft durch die hohe Verdunstung über die Vegetation noch sehr gut. Im Winterhalbjahr reicht dann die Speicherkapazität der Rekultivierungsschicht nicht aus.

Zu sehen ist dies z.B. an der Deponie D. Hier wurde 1997 eine 3-lagige mineralische Oberflächenabdichtung ( $\approx 20$  cm) mit einem  $k_f$ -Wert  $1 \times 10^{-9}$  m/s und eine Geodränmatte aufgebracht.

In Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass mit Ausnahme des Jahres 1997 der Sickerwasseranfall trotzdem deutlich vom Ausmaß und Zeitpunkt des Niederschlags abhängt. An diesem Beispiel ist ein sehr ausgeprägtes Sommer-/Winterverhalten festzustellen. Trotz abnehmendem Niederschlag von Sommer 1999 auf Winter 1999 hat sich die Sickerwassermenge mehr als verdoppelt. Umgekehrt hat sich die Sickerwassermenge im Sommer 2000 trotz steigender Niederschlagsmenge gegenüber dem Winter 1999 fast halbiert.



**Abbildung 5: Niederschlags- und Sickerwasserganglinie der Deponie D in der Zeit von 1995 bis 2001**

Neben der Tatsache, dass die Entkoppelung des Sickerwasseranfalls nicht zufriedenstellend ist, macht dieses Beispiel deutlich, dass die Speicherkapazität der Wasserhaushaltsschicht im Winterhalbjahr nicht ausreicht (bei diesen Jahresniederschlägen u.U. nicht ausreichen kann) und andererseits sich die Verdunstung durch die Vegetation im Sommerhalbjahr deutlich auswirkt und zu einer weitgehenden Entkopplung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag führt.

### **3.5.2 Deponien mit bzw. ohne Oberflächenentwässerungsschicht**

Der spezifische Sickerwasseranfall (siehe Tabelle 6) liegt über den gesamten Betrachtungszeitraum bei Deponien ohne eine Oberflächenentwässerungsschicht um ca. 25 % - ein Viertel – höher als bei Deponien mit einer Oberflächenentwässerungsschicht. Das Fehlen der Oberflächenentwässerungsschicht macht sich nach den Ergebnissen in Tabelle 6 besonders in Winterhalbjahren mit sehr hohen Niederschlägen (ab 1998) bemerkbar. In dieser Zeit war der spezifische Sickerwasseranfall um ca. 1 bis 2 m<sup>3</sup>/(ha\*d) höher als bei Deponien mit einer Oberflächenentwässerungsschicht.

### **3.5.3 Deponien mit einem hohen Plateauanteil (> 15 %)**

Aus den Ergebnissen in Tabelle 6 wird ersichtlich, dass die Deponien mit hohem Plateauanteil im Vergleich einen deutlich höheren Sickerwasseranfall aufweisen. Der spezifische Sickerwasseranfall liegt bei allen Deponien über den gesamten Beobachtungszeitraum bei ca. 3,8 m<sup>3</sup>/(ha\*d). Mit 5,1 m<sup>3</sup>/(ha\*d) ist der mittlere spezifische Sickerwasseranfall bei Deponien mit hohem Plateauanteil ca. ein Drittel höher. Nach den hier durchgeführten Auswertungen macht sich dieser negative Einfluss insbesondere im Winterhalbjahr bemerkbar.

### **3.5.4 Deponien differenziert nach der Einbauhöhe**

Die mittlere Einbauhöhe hat auf den spezifischen Sickerwasseranfall nur einen untergeordneten Einfluss. Lediglich die Deponien mit Einbauhöhen < 10 m haben ein sehr ausgeprägtes Sommer-/Winterverhalten. Der spezifische Sickerwasseranfall im Winter ist ca. 40 % höher als im Sommer.

## 4. Diskussion der Ergebnisse

Die Auswertung der Wasserhaushaltsdaten von 17 bereits abgeschlossenen Deponien in Bayern ergab zusammenfassend die nachfolgend diskutierten Ergebnisse.

### Relativer Sickerwasseranfall

Der mittlere relative Sickerwasseranfall liegt den Auswertungen zufolge bei rund 15 % des Jahresniederschlags. Im Vergleich zu durchgeführten Untersuchungen von Frau Dr. Inge Krümpelbeck [5], deren Ergebnisse für den relativen Sickerwasseranfall von Hausmülldeponien in Tabelle 8 zusammengestellt sind, liegt der ermittelte Wert für die bayerischen Deponien im unteren Drittel der angegebenen Spannbreite.

**Tabelle 8: Sickerwassermenge an deutschen Deponien in Abhängigkeit von der Art der Mineralische Oberflächenabdichtung/-abdeckung, [5]**

<b>Art der Oberflächenabdichtung</b>	<b>Sickerwasser in % vom Niederschlag</b>
<b>Geringmächtige Bodenabdeckung</b>	25 – 60
<b>Bodenabdeckung mit stärkerer Mächtigkeit</b>	15 – 40
<b>Mineralische Oberflächenabdichtung</b>	10 – 40

Die Untersuchungen ergaben keine Hinweise darauf, dass der relative Sickerwasseranfall über die Jahre zurückgehen könnte. Es ist dementsprechend langfristig mit einem entsprechenden Sickerwasseranfall zu rechnen.

### Spezifischer Sickerwasseranfall

Der mittlere spezifische Sickerwasseranfall liegt bei ca. 3 bis 4 m<sup>3</sup>/(ha\*d). Die Spannweite betrug 1,5 bis 7,5 m<sup>3</sup>/(ha\*d). Der Höchstwert wurde zwar an der Deponie mit dem höchsten mittleren Jahresniederschlag von 1315 mm ermittelt, andererseits lag der mittlere Jahresniederschlag bei der Deponie mit dem geringsten spezifischen Sickerwasseranfall (862 mm) im Mittelfeld. Das zeigt, dass nicht nur der Niederschlag ein ausschlaggebender Faktor ist, sondern auch deponiespezifische Randbedingungen eine erhebliche Rolle spielen.

### Einfluss der Oberflächenabdichtungsqualität

Aus den durchgeführten Untersuchungen können hinsichtlich der Qualität der ausgeführten mineralischen Oberflächenabdichtungen keine signifikanten Unterschiede beim spezifischen bzw. relativen jährlichen Sickerwasseranfall abgeleitet werden. Das heißt, die Funktion der undefinierten bzw. definierten mineralischen Oberflächenabdichtungen liegt offensichtlich in einer ähnlichen Größenordnung.

### Einfluss der Oberflächenentwässerungsschicht

Ein deutlicher Unterschied zwischen den betrachteten Deponien war dagegen hinsichtlich des Vorhandenseins einer Oberflächenentwässerungsschicht erkennbar. Bei Deponien ohne Oberflächenentwässerungsschicht lag der spezifische Sickerwasseranfall um ca. 25 % über dem Mittelwert aller Deponien. Eine Optimierung des Oberflächenwasserabflusses kann damit bei bestehenden Deponien zu einer deutlichen Reduzierung des Sickerwasseranfalls führen.

### Einfluss des Oberflächengefälles

Ein erheblich höherer spezifischer Sickerwasseranfall wurde auch bei Deponien ermittelt, die einen größeren Plateauanteil (> 15 %) mit keinem oder nur geringem Oberflächengefälle aufwiesen. Bei solchen Deponien wurde ein um ein Drittel höherer spezifischer Sickerwasseranfall dokumentiert. Offensichtlich führt der verzögerte Abfluss zu Durchfeuchtungs- und Aufstauwirkungen in der Rekultivierungsschicht, die einen verstärkten Durchtritt des Niederschlages durch die Oberflächenabdichtung nach sich ziehen. Unter diesem Gesichtspunkt ist zu empfehlen, auf ein ausreichendes Oberflächengefälle zu achten, dass auch nach erfolgter Setzung des Deponiekörpers noch eine schnelle Ableitung des Oberflächenwassers sicherstellt.

### Einfluss der Verdunstung im Sommerhalbjahr

Im Sommerhalbjahr erfolgt offensichtlich eine erhöhte Verdunstung durch die höheren Temperaturen und die intensive Vegetation, so dass in Verbindung mit der Speicherkapazität der Rekultivierungsschicht weniger Niederschlag die Oberflächenabdichtungsschicht erreicht bzw. durchdringt. Im Winterhalbjahr dagegen ist die Rekultivierungsschicht aufgrund der geringen Verdunstung relativ schnell mit Niederschlagswasser gesättigt, so dass zusätzliche Niederschläge unmittelbar zu einer Beaufschlagung der Oberflächenabdichtung und einem Durchtritt von Wasser in die Deponie führen.

Es ist deshalb unter dem Gesichtspunkt Sickerwasserminimierung grundsätzlich zu empfehlen, eine Rekultivierungsschicht mit hohem Speichervermögen und eine Vegetation mit hoher Verdunstungsleistung zu wählen, wobei andere deponietechnische und naturschutzfachliche Anforderungen zu berücksichtigen sind.

## Fehlerbetrachtung

Bei den vorangegangenen Ergebnissen handelt es sich um Auswertungen von Betreiberangaben. Die Daten wurden von den Betreibern übermittelt und konnten dementsprechend im Rahmen der Auswertung lediglich auf Plausibilität geprüft werden.

Deshalb sind u.a. folgende Fehlerquellen bei der Auswertung der Daten möglich und bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten:

- Die Flächenangaben der Sickerwassereinzugsflächen wurden in der Regel in ha vorgenommen und beruhen nach unserer Kenntnis teilweise auf Schätzungen, da keine ausreichenden Bestandsunterlagen vorliegen.
- Bei der Auswertung wird unterstellt, dass potenziell sämtliches Sickerwasser, das auf der Einzugsfläche anfällt, erfasst wird.
- Teilweise wurden die Niederschlagsdaten aus benachbarten Wetterstationen über das Internet beschafft, so dass Abweichungen von den standortspezifischen klimatischen Einflüssen möglich sind.
- Zum Teil sind die Deponien nicht vollständig basisabgedichtet bzw. der vollständige Anschluss der Basisabdichtung an die Oberflächenabdichtung kann nicht vorausgesetzt werden, so dass unter Umständen Fremdwasser in den mit einer Sickerwassererfassung ausgestatteten Einzugsbereich zuströmt.

## Empfehlungen

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeigen, dass bei mineralischen Oberflächenabdichtungen langfristig mit Sickerwasser in einer Größenordnung von rund 15 % vom Niederschlag gerechnet werden muss. Die doch erheblichen Schwankungen von Deponie zu Deponie lassen den Schluss zu, dass bei geeigneter Ausgestaltung des mineralischen Oberflächenabdichtungssystems (einschl. Rekultivierungsschicht) eine Sickerwasserminimierung erreicht wird. Im Einzelfall ist nach einer ökonomi-

schen und/oder ökologischen Betrachtung über den gesamten Nachsorgezeitraum eine Optimierung zwingend zu empfehlen.

Strategien zur Nachbesserung bzw. Optimierung können z. B. sein:

- Optimierung der Oberflächenwasserableitung
- Profilierung von Plateaubereichen mit geringem oder keinem Gefälle
- Optimierung des Speichervermögens der Rekultivierungsschicht
- Intensivierung der Vegetation zur Erhöhung der Verdunstung
- Nachrüsten der gesamten Oberfläche oder von Teilflächen mit einer Kunststoffdichtungsbahn

## **5. Weiterer Untersuchungsbedarf**

Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass zwischen den einzelnen betrachteten Deponien erhebliche Unterschiede hinsichtlich des relativen Sickerwasseranfalls bestehen. Die Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass folgende Randbedingungen einen signifikanten Einfluss haben:

- Oberflächengefälle
- Entwässerungsschicht
- Aufbau Rekultivierungsschicht
- Vegetation

An einzelnen Beispielen ist zu erkennen, dass die Entkopplung des Sickerwasseranfalls vom Niederschlag unzureichend ist. An anderen Beispielen zeigt sich, dass durch das Aufbringen der mineralischen Oberflächenabdichtung erwartungsgemäß unmittelbar eine deutliche Verbesserung der Situation eintritt.

Darüber hinaus liegen Hinweise von einzelnen Deponiebetreibern vor, dass zwischen Niederschlag und Sickerwasseranfall sogar ein unmittelbarer Zusammenhang

besteht, d.h. dass insbesondere im Winterhalbjahr bereits in wenigen Tagen nach starken Regenereignissen ein erheblicher Anstieg der Sickerwassermenge zu verzeichnen ist.

Nachdem eine Vielzahl von Deponien mit mineralischen Oberflächenabdichtungen ausgestattet sind und mineralische Abdichtungssysteme voraussichtlich auch zukünftig eingesetzt werden (z.B. Bauschuttdeponie bzw. Deponieklasse 0), ist es nach unserer Einschätzung von großer Bedeutung, die praktische Funktion von mineralischen Oberflächenabdichtungen noch näher zu untersuchen und die in diesem Forschungsvorhaben ermittelten Effekte an ausgewählten Beispielen zu quantifizieren.

Wir schlagen deshalb vor, an ausgewählten Deponien die nachfolgenden Gesichtspunkte empirisch zu untersuchen:

- Überschlägige Quantifizierung des Einflusses des Oberflächengefälles
- Überschlägige Quantifizierung des Einflusses von Entwässerungsschichten
- Überschlägige Quantifizierung des Einflusses der Rekultivierungsschicht/Vegetation
- Interpretation der unterschiedlichen Restdurchlässigkeiten von mineralischen Abdichtungen
- Ermittlung des zeitlichen Zusammenhanges zwischen Niederschlag und Sickerwasser im Jahresgang

Auf Grund der Tatsache, dass durch die hier durchgeführten Untersuchungen eine Eingrenzung der Deponiestandorte auf Extrembeispiele möglich ist, ist es auch möglich, die Datenbasis bzw. die Hintergründe der vorhandenen Daten umfassender und detaillierter zu klären. Durch diese ergänzenden Untersuchungen können für den praktischen Deponiebetrieb in der Stilllegungs- und Nachsorgephase weitere wichtige Erkenntnisse gewonnen werden.

## 6. Zusammenfassung

In Jahr 2001 wurden in Bayern 45 Hausmülldeponien, 8 Schlackedeponien und 1 Klärschlammdeponie betrieben. Neben diesen Deponien gibt es eine Vielzahl von Altdeponien, die nicht mehr verfüllt werden und bereits mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung abgeschlossen sind.

Das LfU hat die Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH beauftragt, die vorhandenen Wasserhaushaltsdaten von 20 bayerischen Deponien, die bereits vollständig abgedichtet sind, auszuwerten. Dadurch sollen Erkenntnisse gewonnen werden, in welchem Zusammenhang der Sickerwasseranfall mit der Art der mineralischen Oberflächenabdichtung, der Niederschlagsmenge und dem zeitlichen Verlauf des Niederschlags steht (z.B. Einfluss der Rekultivierungsschicht und Vegetation auf die Sickerwassermenge).

Ziel ist es, Kennzahlen zu ermitteln, die den einzelnen Deponiebetreibern eine Einordnung ihrer Deponie ermöglicht. Dadurch erlangt der einzelne Deponiebetreiber Erkenntnisse, ob er mit seinen Sickerwassermengen im Rahmen liegt oder ob es ggf. für ihn von ökonomischem und/oder ökologischem Interesse ist, z.B. seine mineralische Oberflächenabdichtung nachzuarbeiten.

In Abstimmung mit dem LfU wurden von 20 bayerischen Deponien die Wasserhaushaltsdaten für den Zeitraum von 1995 bis 2001 sowie die wesentlichen Deponiekenndaten abgefragt. Die Betreiberdaten wurden systematisch zusammengefasst und einheitlich ausgewertet.

Basierend auf den Einzelauswertungen der beteiligten Deponien wurden sowohl die Jahres- als auch die Halbjahresmengen (Winterhalbjahr/Sommerhalbjahr) unter Berücksichtigung der Deponiekenndaten ausgewertet.

Die Auswertung der Wasserhaushaltsdaten von 17 bereits abgeschlossenen Deponien in Bayern ergab im Wesentlichen folgende Ergebnisse:

- Der mittlere relative Sickerwasseranfall liegt bei rund 15 % des Jahresniederschlags.
- Es konnte beim relativen Sickerwasseranfall kein signifikanter Unterschied zwischen Deponien mit definierter und undefinierter mineralischer Oberflächenabdichtung erkannt werden.
- Der mittlere spezifische Sickerwasseranfall liegt bei ca. 3 bis 4 m<sup>3</sup>/(ha\*d).
- Der spezifische Sickerwasseranfall ist bei Deponien ohne eine Oberflächenentwässerungsschicht um ca. ein Viertel höher als bei Deponien mit einer Oberflächenentwässerungsschicht.
- Der spezifische Sickerwasseranfall ist bei Deponien mit hohem Plateauanteil (>15 %) um ca. ein Drittel höher.
- Im Winterhalbjahr (Oktober bis April) ist der relative Sickerwasseranfall etwa doppelt so hoch als im Sommer.
- In der Zeit von 1997 bis 2000 haben im Mittel die Sickerwassermengen in der gleichen Größenordnung zugenommen wie die Niederschläge (ca. ein Drittel).

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass es innerhalb der Deponien große Unterschiede gibt und es sich von Fall zu Fall angesichts des zu erwartenden relativ langen Nachsorgezeitraums (in der Deponieverordnung wird ein Mindestzeitraum von 30 Jahren genannt) unter Umständen lohnt über Maßnahmen zur Sickerwasserminimierung nachzudenken. Im Einzelfall ist dies aus ökonomischen und/oder ökologischen Gründen zu empfehlen.

Welche Maßnahmen zur Sickerwasserminimierung zielführend sind, hängt vom Einzelfall ab. Es gibt verschiedene Strategien, die hier nicht abgehandelt werden.

Auf Grund der Tatsache, dass durch die hier durchgeführten Untersuchungen eine Eingrenzung der Deponiestandorte auf Extrembeispiele möglich ist, ist es auch möglich, die Datenbasis bzw. die Hintergründe der vorhandenen Daten umfassender und detaillierter zu klären. Durch ergänzende Untersuchungen können weitere für den praktischen Deponiebetrieb in der Stilllegungs- und Nachsorgephase wichtige Erkenntnisse gewonnen werden.

Augsburg, den 27.11.2002

Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Huber

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schatz

## **Literaturverzeichnis**

### **[1] Abfallwirtschaft Hausmüll in Bayern Bilanzen 2001:**

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Verfasser: Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH, noch nicht veröffentlicht.

### **[2] Dr. Klaus Berger, Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg:**

Fachvortrag: „Dimensionierung und Optimierung von Rekultivierungsschichten mit dem HELP-Modell zur Minimierung des Sickerwasseranfalls“ im Rahmen der Bayerischen Abfall- und Deponietage 2001

### **[3] Dipl.-Ing. ,(FH) Wolfgang Huber,**

#### **Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH, Augsburg:**

Fachvortrag: „Sickerwasseranfall bei mineralischen Oberflächenabdichtungen unter dem Gesichtspunkt der Nachsorge“ im Rahmen der Bayerischen Abfall- und Deponietage 2001

### **[4] Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten 2002 :**

Auswirkungen der AbfAbIV und der DepV auf Betreiber, Behörden, Planer, Hersteller und die Bauindustrie / hrsg. von Thomas Egloffstein ... im Auftr. des Arbeitskreises Grundwasserschutz e.V. und der Überwachungsgemeinschaft Bauen für den Umweltschutz e.V.. - Berlin : Erich Schmidt, 2002. - X, 349 S. : III.

### **[5] Dr. Inge Krümpelbeck, Essen:**

Dissertation: „Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien“, 1999