

Entwicklung der Sickerwasserzusammensetzung in der Nachsorgephase – Auswertung von bayerischen Altdeponien



AU Consult GmbH
Friedberger Str. 155
86163 Augsburg
Tel. 0821 / 261 99-0 / Fax 0821 / 261 99-30
www.au-consult.de

Von:
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Huber
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schatz



1. Einführung

Im Jahr 2002 hat die AU Consult GmbH im Auftrag des Landesamts für Umwelt (LfU) das Projekt „Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayerischen Deponien“ durchgeführt (Forschungsprojekt 3260). Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, dass trotz der mineralischen Oberflächenabdichtung der Sickerwasseranfall im Mittel bei ca. 15 % des Jahresniederschlags liegt und somit auch in der Nachsorge mit relevanten Sickerwassermengen zu rechnen ist, für die meist eine aufwendige Vorbehandlung erforderlich ist.

Da die Kosten für die Sickerwassererfassung und –behandlung in der Nachsorgephase die Nachsorgekosten wesentlich beeinflussen, ist es für die Deponiebetreiber von großem Interesse, zu wissen, nach welchen Nachsorgezeiträumen die im Anhang 51 der Abwasserverordnung enthaltenen Grenzwerte für die Indirekteinleitung bzw. die Direkteinleitung eingehalten werden und damit die Aufwendungen für die Sickerwasserbehandlung reduziert werden bzw. entfallen können.

Im Rahmen des hier vorgestellten Vorhabens wurde deshalb untersucht, ob auf der Basis der beim LfU vorliegenden Analysendaten aussagekräftige Erkenntnisse zum zeitlichen Verlauf der Sickerwasserzusammensetzung gewonnen werden können. Die Untersuchung erfolgte anhand relevanter Sickerwasserparameter.

2. Grundlagen und Vorgehensweise

Für die Auswertung wurden vom LfU Daten zur Qualität des Sickerwassers aus der Datenbank „infowas“ für 18 bayerische Altdeponien herangezogen. Von den Wasserwirtschaftsämtern werden die von den Deponiebetreibern übermittelten Daten aus dem Grund-, Oberflächen- und Sickerwassermonitoring in diese Datenbank „infowas“ eingepflegt. Da diese Datenbank zum Teil lückenhaft war, wurden als weitere Datenquellen die dem LfU vorliegenden Deponiejahrbücher und die Jahresberichte zum Deponiesickerwasser hinzugezogen.

Die Daten zu den Sickerwasser- und Niederschlagsmengen wurden aus dem o. g. Forschungsprojekt 3260 übernommen oder zusätzlich von den Betreibern abgefragt.



Aus den vorhandenen Daten wurden bei folgenden Sickerwasserparametern, die für die Beurteilung der Sickerwasserqualität entscheidend sind, die Jahresmittelwerte gebildet:

- Leitfähigkeit (LF) bei 20°C in $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) in mg/l
- Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX) in mg/l
- Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) in mg/l
- Nitratstickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$) in mg/l
- Nitritstickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$) in mg/l
- Gesamtstickstoff (rechnerisch als Summe der o. g. Parameter) in mg/l

Bei der Beurteilung der nachfolgenden Ergebnisse ist zu beachten, dass von den Deponiebetreibern übermittelte Betriebsdaten ausgewertet wurden, die nicht unter exakten wissenschaftlichen Bedingungen erfasst wurden.

3. Ergebnisse der Auswertungen

3.1 Allgemeine Beschreibung der Deponien

Es wurden Daten von 18 Deponien ausgewertet, die in der Regel vor 1985 in Betrieb gingen und vor 1995 abgeschlossen wurden. Die Deponien wurden überwiegend innerhalb von 3 bis 20 Jahren verfüllt. Die eingelagerte Abfallmenge bei den betroffenen Deponien betrug in der Regel ca. 100.000 bis 800.000 m^3 . In 2 Fällen wurden 2,5 Mio. m^3 Abfälle abgelagert.

Bei den betrachteten Deponien wurden die für diese Betriebszeit typischen unbehandelten Abfälle – Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall – mit relativ hohem Organikanteil abgelagert.

3.2 Einzelauswertungen

Von den einzelnen Deponien wurden verschiedene tabellarische und grafische Auswertungen durchgeführt:



Es wurde qualitativ untersucht, ob und in welchem Zeitraum die aktuellen Grenzwerte für Direkteinleitung gemäß Anhang 51 der Abwasserverordnung aus heutiger Sicht (Stand 2006) für folgende Parameter erreicht werden:

- CSB
- NH₄-N
- AOX

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Auswertung der Sickerwasserqualität von 18 bayerischen Deponien anhand der Kriterien für die Direkteinleitung gem. Anhang 51 der Abwasserverordnung für die Parameter CSB, NH₄-N und AOX.



Deponie	Ablagerungs- dauer	Abgelagerte Abfälle	Nachsorge- dauer bezogen auf das Jahr 2005	Anhang 51 wird eingehalten		
				CSB 200 mg/l	NH ₄ -N 70 mg/l	AOX 0,5 mg/l
	a	m ³	a			
B	9	692.228	15	10 - 15 a	ja	ja
C	20	2.500.000	13	20 - 30 a	30 - 40 a	kein Trend
D	12	400.000	8	ja	ja	ja
E	40	600.000	6	ja	ja	ja
F	3,5	94.000	17	10 - 15 a	40 - 50 a	ja, instabil
G	8	380.000	16	20 - 30 a	40 - 50 a	kein Trend
H	6,5	269.000	15	40 - 50 a	kein Trend	ja, instabil
I	5	280.000	18	15 - 20 a	kein Trend	kein Trend
J	17	425.000	15	ja	kein Trend	ja
K	15	870.000	6	10 - 15 a	10 - 15 a	keine Daten
L	5	130.000	14	ja	5 - 10 a	ja
M	3	45.000	18	10 - 15 a	kein Trend	ja
N	10	454.165	8	ja	kein Trend	ja, instabil
O	6	350.000	16	ja	ja	ja, instabil
P	30	600.000	16	ja	10 - 15 a	ja
Q	30	870.000	16	ja	20 - 25 a	ja, instabil
S	31	2.560.700	6	kein Trend	kein Trend	ja, instabil
T	11	600.000	8	50 - 60 a	30 - 40 a	ja, instabil

Diese Auswertung zeigt, dass bei 2 Deponien die Kriterien für die betrachteten Parameter bereits eingehalten sind. Bei weiteren 5 Deponien sind die Kriterien für 2 Parameter und bei 3 Deponien für 1 Parameter eingehalten.

Der Parameter CSB wird bei 8 (ca. 40 %), der Parameter AOX ebenfalls bei acht und der Parameter NH₄-N bei vier Deponien (ca. 20 %) unterschritten.



Die Auswertung der Einzeldeponien lässt tendenziell erwarten, dass die Kriterien für die Direkteinleitung für den Parameter CSB und AOX nach ca. 40 bis 50 Jahren eingehalten werden, während für den Parameter Stickstoff mehr als 50 Jahre erforderlich sein können.

Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass die Beurteilung für die einzelnen Deponien sehr unterschiedlich ausfällt. Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die hierauf Einfluss nehmen können.

Einige davon sind nachfolgend aufgeführt:

- Deponiegröße (Fläche, Höhe, abgelagerte Abfallmenge)
- Deponielaufzeit
- Art der abgelagerten Abfälle
- Anfangskonzentration
- Art der Sickerwassererfassung (vollständig oder nur teilweise)
- Stabilisierungsmaßnahmen wie Infiltration, Belüftung und optimierte Entgasung

3.3 Auswertung nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung

Aufbauend auf den Einzelauswertungen wurden für die Parameter Leitfähigkeit, CSB, Ammoniumstickstoff und AOX der Mittelwert, der Mindest- und Maximalwert für die Jahre nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung (= Nachsorgephase) ermittelt. Die Mittelwerte aus dieser Betrachtung sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: Mittelwerte für die Parameter Leitfähigkeit, CSB, NH₄-N und AOX im Sickerwasser von bayerischen Deponien in der Nachsorgephase.

Jahre nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung	Leitfähigkeit in $\mu\text{S/cm}$		CSB in mg/l		AOX in mg/l		NH ₄ -N in mg/l	
	alle Deponien	ohne C + H	alle Deponien	ohne C + H	alle Deponien	ohne C + H	alle Deponien	ohne C + H
1	11.503	9.811	1.835	1.577	0,85	0,63	497	329
2	10.476	8.964	1.279	975	0,78	0,49	517	314
3	8.611	7.607	832	679	0,90	0,83	339	250
4	8.092	7.796	734	644	1,01	0,98	353	250
5	7.026	6.461	580	515	0,65	0,62	250	178
6	7.266	6.256	587	442	0,78	0,56	287	163
7	7.701	6.065	633	464	0,66	0,51	332	196
8	7.851	6.169	590	407	0,63	0,48	369	218
9	7.562	6.618	638	560	0,60	0,47	373	302
10	6.051	5.770	507	455	0,62	0,48	286	262
11	7.248	6.228	660	482	0,63	0,56	333	250
12	6.744	5.600	438	346	0,63	0,55	354	220
13	6.319	4.930	539	320	0,50	0,44	331	204
14	7.011	5.336	339	298	0,50	0,46	344	216
15	6.709	5.108	319	319	0,48	0,46	342	244
16	7.356	6.127	429	318	0,43	0,45	327	245
17	6.012	6.012	414	414	0,53	0,53	309	309
18	4.609	4.609	321	321	0,47	0,47	256	256
19	4.954	4.954	320	320	0,45	0,45	267	267

Die Unterscheidung „alle Deponien“ und „ohne C + H“ wurde vorgenommen, da die Werte von diesen beiden Deponien deutlich von den restlichen abweichen. Die Deponie C ist relativ groß und wurde innerhalb von ca. 20 Jahren mit 2,5 Mio. m³ unbehandelter Hausmüll befüllt. Die Deponie H ist bezüglich der Größe mit ca. 270.000 m³ Ablagerungsvolumen unauffällig. Die Nachfrage beim Betreiber ergab auch hinsichtlich der Qualität der abgelagerten Abfälle keine außerordentlichen Abweichungen zu den anderen Deponien. Der Hinweis, dass spezielle Gewerbeabfälle (z.B. Lederabfälle) abgelagert wurden, erklärt nicht die gravierende Abweichung (z. B. ist die Leitfähigkeit nach 10 Jahren noch bei ca. 15.000 µS/cm).

3.3.1 Verlauf des Parameters Leitfähigkeit

In nachfolgender Abbildung ist der Verlauf der Leitfähigkeit aus Tabelle 2 dargestellt und eine Trendlinie eingefügt.

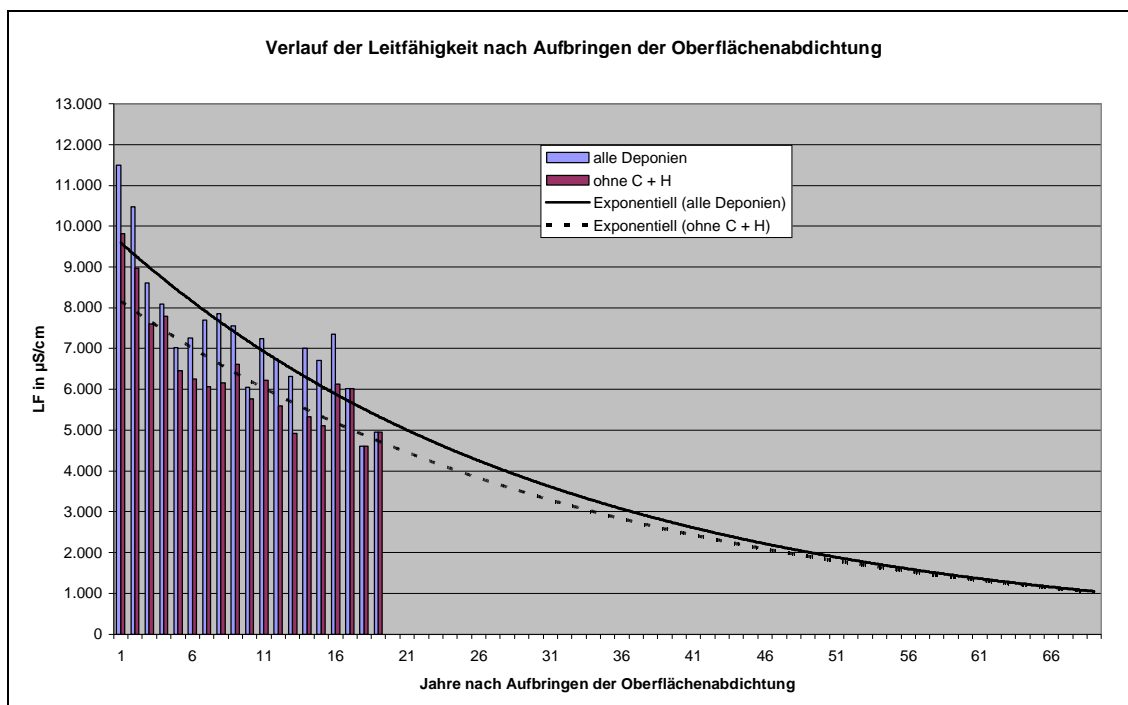


Abbildung 1: Verlauf des Parameters Leitfähigkeit, Basis: Mittelwerte aus Tabelle 2

Nach etwa 10 Jahren Nachsorge hat der Mittelwert der Leitfähigkeit aller Deponien um ca. 50 % auf etwa 6.000 µS/cm abgenommen. Nach weiteren 10 Jahren liegt der Mittelwert bei ca. 5.000 µS/cm, d. h. der Wert hat sich nur noch um ca. 20 % reduziert. Betrachtet man die Trendlinien, so wäre in ca. 70 bis 80 Jahren eine Leitfähigkeit von ca. 1000 µS/cm er-

reicht. Für die Leitfähigkeit gibt es keinen Grenzwert. Hier ist im Einzelfall die örtliche Situation (z.B. Vorflut) ausschlaggebend.

3.3.2 Verlauf des Parameters CSB

In nachfolgender Abbildung ist der Verlauf des CSB-Wertes aus der Tabelle 2 dargestellt und eine Trendlinie eingefügt.

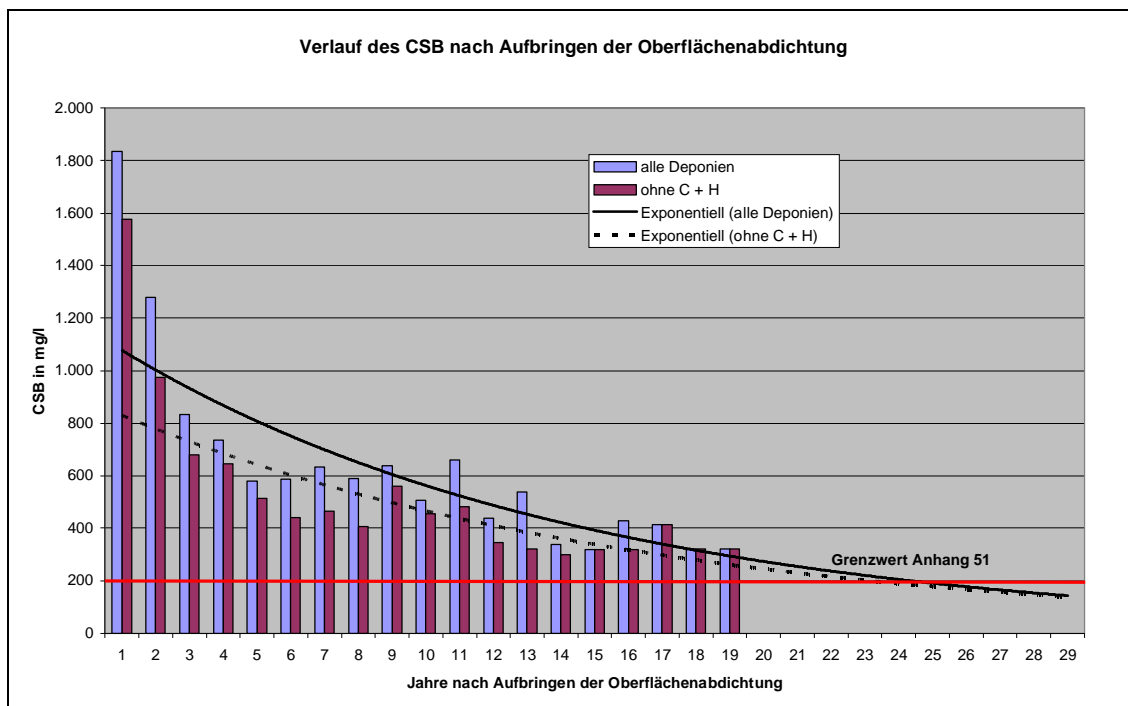


Abbildung 2: Verlauf des Parameters CSB, Basis: Mittelwerte aus Tabelle 2

10 Jahre nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung liegt der Mittelwert aller Deponien für den Parameter CSB bei etwa 500 mg/l und beträgt ca. 30 % des Wertes zu Beginn der Nachsorgephase. Nach ca. 20 Jahren Nachsorge liegt der Mittelwert etwa bei 320 mg/l und unterschreitet bereits den Wert für die Indirekteinleitung. Ein Unterschreiten der 200 mg/l-Linie¹ ist gemäß der oben dargestellten Trendlinien im Mittel voraussichtlich ca. 25 bis 30 Jahren nach Verfüllende zu erwarten.

¹ Der derzeitige Richtwert für die Direkteinleitung liegt gemäß Anhang 51 der Abwasserverordnung bei 200 mg/l.

3.3.3 Verlauf des Parameters AOX

In nachfolgender Abbildung ist der Verlauf des AOX-Wertes aus der Tabelle 2 dargestellt und eine Trendlinie eingefügt.

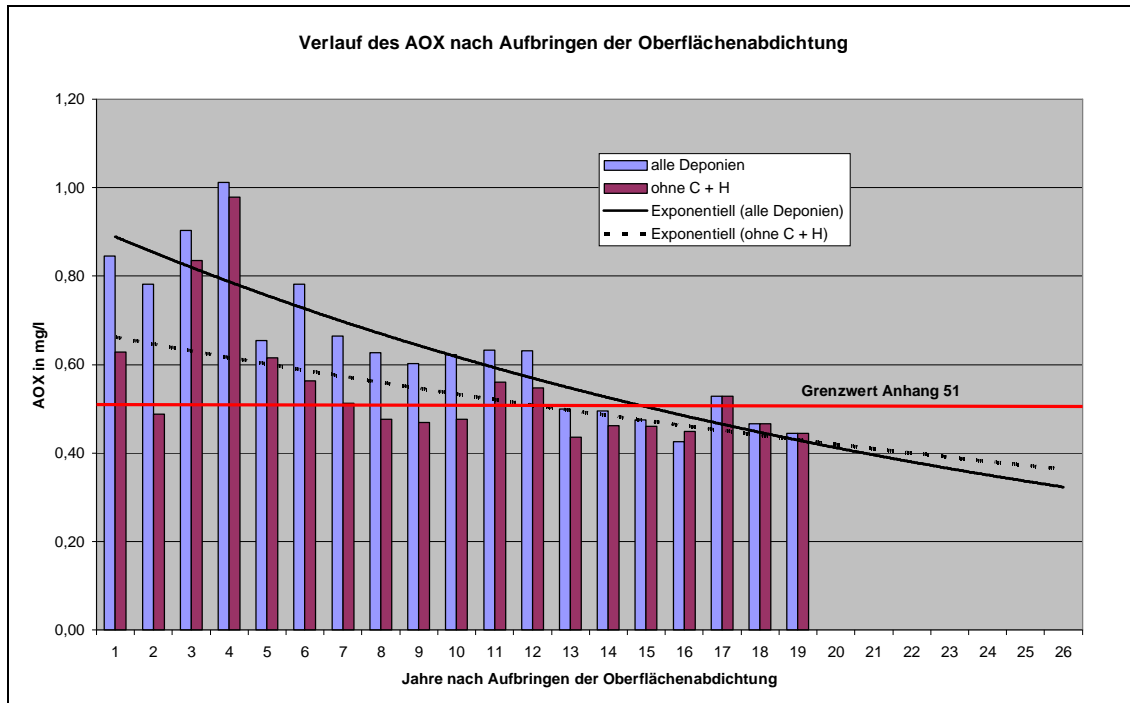


Abbildung 3: Verlauf des Parameters AOX, Basis: Mittelwerte aus Tabelle 2

Bereits 10 Jahre nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung liegt der Mittelwert aller Deponien für den Parameter AOX mit 0,48 bis 0,62 mg/l im Bereich des derzeitigen Grenzwertes des Anhangs 51 der Abwasserverordnung von 0,5 mg/l. Nach ca. 20 Jahren Nachsorge wird dieser Wert mit hoher Wahrscheinlichkeit von den betrachteten Deponien unterschritten. Die Trendlinien lassen im Mittel eine weiterhin leicht fallende Tendenz erwarten.

3.3.4 Verlauf des Parameters $\text{NH}_4\text{-N}$

In nachfolgender Abbildung ist der Verlauf des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Wertes aus der Tabelle 2 dargestellt und eine Trendlinie eingefügt.

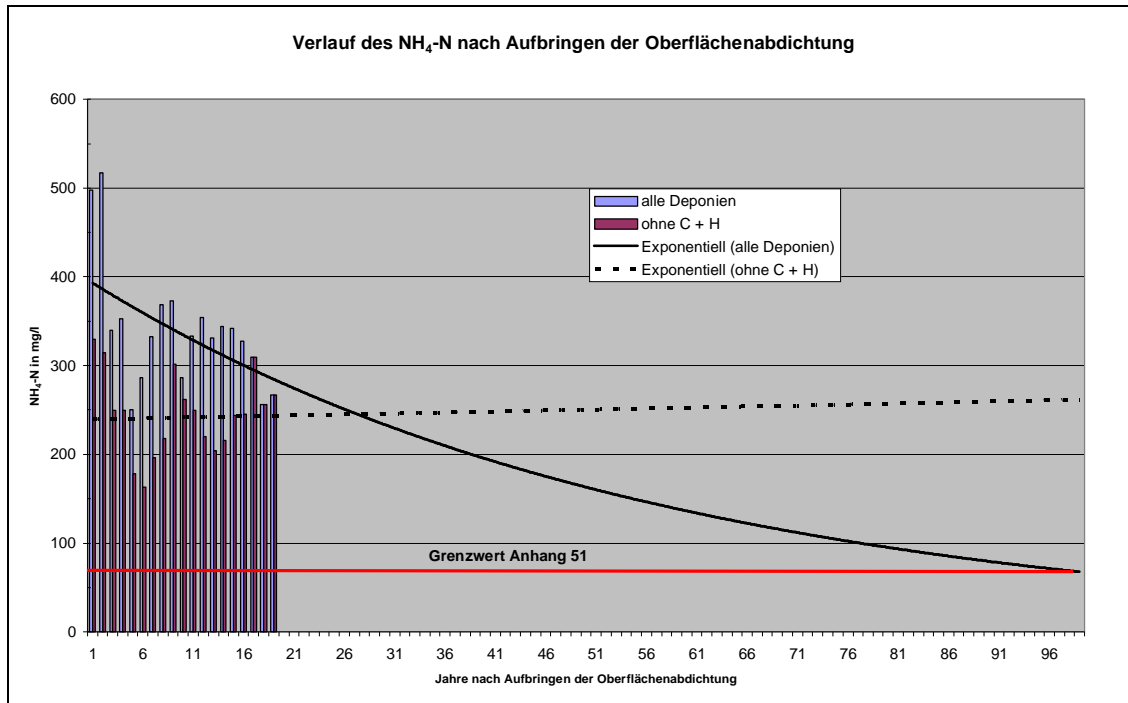


Abbildung 4: Verlauf des Parameters Ammonium-N, Basis: Mittelwerte aus Tabelle 2

Nach ca. 20 Jahren Nachsorge liegt der Wert für den Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$ im Mittel bei 270 mg/l. Dies entspricht etwa 50 % des Wertes zu Beginn der Nachsorgephase. Die Trendlinien zeigen, dass für diesen Parameter im Mittel für den Rückgang der Sickerwasserkonzentration mit deutlich längeren Zeiträumen als bei den Kohlenstoffparametern zu rechnen ist. Dies stimmt grundsätzlich auch mit Angaben in der Literatur überein, wo die Zeiträume für die Stickstoffparameter deutlich länger als für die Kohlenstoffparameter eingeschätzt werden. Ein Unterschreiten der 70 mg/l-Linie² ist nach der in Abbildung 4 dargestellten Trendlinie bestenfalls nach ca. 100 Jahren Nachsorge zu erwarten. In der Betrachtung ohne die Deponie C und H ist zudem kein abnehmender Trend zu erkennen.

² Der derzeitige Richtwert für die Direkteinleitung liegt gemäß Anhang 51 der Abwasserverordnung bei 70 mg/l.

3.4 Diskussion der Ergebnisse

Schlussfolgerungen

Die Auswertung der Analysedaten hat gezeigt, dass nach ca. 10 Jahren Nachsorge einige Deponien die Kriterien für die Parameter AOX, CSB und NH₄-N für die Direkteinleitung gemäß Anhang 51 der Abwasserverordnung bereits erfüllen. Einige wenige Deponien werden diese Kriterien innerhalb von 30 Jahren Nachsorge erfüllen. Der Großteil der Deponien wird diese Kriterien jedoch in den nächsten Jahrzehnten nicht unterschreiten.

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass die Unterschreitung der Kriterien bei den Parametern CSB und AOX in der Regel früher als beim Parameter NH₄-N zu erwarten ist. Die Auswertung unter Kapitel 3.3 lässt die Aussage zu, dass nach ca. 20 bis 25 Jahren Nachsorgezeit mit hoher Wahrscheinlichkeit zumindest eine Indirekteinleitung ohne Vorbehandlung möglich ist. Wenn diese Aussage zutrifft, ist dies sehr wichtig für anstehende Investitionsentscheidungen bei der Errichtung oder Nachrüstung von Sickerwasserbehandlungsanlagen.

Einschränkend hierzu ist zu erwähnen, dass in der Literatur teilweise erheblich abweichende Zeiträume genannt werden. So hat z. B. Frau Dr. Krümpelbeck im Rahmen ihrer Dissertation zur „Untersuchung zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfällen“, 1999, bis zum Erreichen der Kriterien des Anhangs 51 der Abwasserverordnung folgende Zeiträume genannt:

- für CSB 65 bis 230 Jahre
- für NH₄-N Jahrzehnte bis Jahrhunderte
- und für AOX 40 bis 100 Jahre.

Die Ergebnisse unsere Auswertungen liegen für die Parameter CSB und AOX deutlich unterhalb bzw. für den Parameter NH₄-N im unteren Bereich dieser Angaben. Eine statistisch abgesicherte Aussage, wann die o. g. Kriterien erreicht werden, ist auf der Grundlage der hier durchgeführten Auswertung aufgrund der großen Spreizung der Einzelergebnisse und der begrenzten Datenmenge von Deponien, die sich länger in der Nachsorge befinden, nicht möglich. Es muss deshalb immer eine Einzelfallbetrachtung erfolgen.

Es wurden ausschließlich Deponien mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung mit den bekannten Restdurchlässigkeiten von 10 bis 15 % des Jahresniederschlages untersucht.

Auf Deponien, die mit einer Kunststoffdichtungsbahn abgedichtet sind und eine sehr geringe Restdurchlässigkeit aufweisen, können diese Ergebnisse nicht übertragen werden.

Empfehlungen:

Die Auswertung der Mittelwerte nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung lässt grundsätzlich eine kontinuierliche Abnahme der Sickerwasserkonzentrationen für alle Parameter erwarten. Bei Deponien bei denen keine oder nur geringe Abnahmen der Sickerwasserbelastung festzustellen ist, sollten die möglichen Ursachen untersucht werden. Gegebenenfalls ist über Maßnahmen nachzudenken, die Einfluss auf das Deponieverhalten nehmen können. Als Beispiele seien hier die aerobe Stabilisierung und die Sickerwasserinfiltration genannt.

Fehlerbetrachtung

Bei den vorangegangenen Ergebnissen handelt es sich um Auswertungen aus der Datenbank „Infowas“, in der Betreiberangaben über die Jahre hinweg von einer Vielzahl unterschiedlicher Behörden und Personen erfasst wurden. Die Daten wurden vom LfU übermittelt und konnten 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:

- Es ist nicht immer nachzuvollziehen, ob über die Jahre hinweg die gleiche Sickerwassermessstelle verwendet wurde.
- Bei der Auswertung wird unterstellt, dass potenziell sämtliches Sickerwasser, das auf der Einzugsfläche anfällt, erfasst wird.
- 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.
- Bei der Mittelwertbildung für die Auswertung in Tabelle 2 ist zu bedenken, dass nicht für jedes Jahr gleich viele Daten zur Verfügung standen, da nicht alle Deponien den gleichen Nachsorgezeitraum aufweisen. Nur ca. 70 % der Deponien sind seit mehr als 10 Jahren in der Nachsorge und ca. 40 % mehr als 15 Jahre.

- Bei den Jahresmittelwerten lagen nicht für jedes Jahr gleich viele (in der Regel 4) Analysen vor, so dass u. U. die Momentaufnahme in einer ungünstigen Betriebszeit (z. B. jahreszeitbedingt wenig oder viel Sickerwasser) erfolgte.

4. Zusammenfassung

Im Jahr 2002 hat die AU Consult GmbH im Auftrag des Landesamts für Umwelt (LfU) das Projekt „Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayerischen Deponien“ durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, dass trotz der mineralischen Oberflächenabdichtung der Sickerwasseranfall im Mittel bei ca. 15 % des Jahresniederschlags liegt und somit auch in der Nachsorge mit relevanten Sickerwassermengen zu rechnen ist, die zum Teil aufwendig behandelt werden müssen.

Im Rahmen des hier vorgestellten Vorhabens wurde ergänzend untersucht, ob auf der Basis der beim LfU vorliegenden Analysendaten (Datenbank: „Infowas“) aussagekräftige Erkenntnisse zum zeitlichen Verlauf der Sickerwasserzusammensetzung gewonnen werden können. Dies wurde anhand exemplarisch ausgewählter Parameter durchgeführt.

Die Auswertung der Analysedaten hat gezeigt, dass bereits heute, ca. 10 Jahre nach Ablagerungsende, einige Deponien die Kriterien des Anhanges 51 der Abwasserverordnung erfüllen. Der Großteil der betrachteten Deponien wird jedoch auch in den nächsten Jahrzehnten diese Kriterien nicht vollständig erfüllen. Nach den hier durchgeführten Untersuchungen besteht aber die berechtigte Hoffnung, dass bei vielen Deponien bereits nach 20 bis 30 Jahren Nachsorgezeit eine Indirekteinleitung des Sickerwassers ohne Vorbehandlung möglich ist. Einschränkend ist anzufügen, dass diese Aussagen nicht generell anzuwenden sind, da die Unterschiede bei den einzelnen Deponien zu groß sind und somit die Mittelwerte nur eingeschränkt repräsentativ sind. Bevor weitergehende Entscheidungen getroffen werden, ist immer eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.

Es wurden ausschließlich Deponien mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung mit den bekannten Restdurchlässigkeiten von 10 bis 15 % des Jahresniederschlags untersucht. Auf Deponien, die mit einer Kunststoffdichtungsbahn abgedichtet sind, können diese Ergebnisse deshalb nicht übertragen werden.

[1] Dipl.-Ing. ,(FH) Wolfgang Huber, Abfallwirtschaft & Umwelttechnik GmbH, Augsburg:
Endbericht zum Projekt 3260 „Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayeri-
schen Deponien“ im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung
und Umweltfragen, vertreten durch das LfU, Bayern

[2] Dr. Inge Krümpelbeck, Essen:
Dissertation: „Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien“,
1999

Autoren:

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Huber, Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schatz

AU Consult GmbH

Friedberger Str. 155

86163 Augsburg

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

e-mail: w.huber@au-consult.de