

> Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser

*Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung
von Deponiesickerwasser*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

VBSA
ASED
ASIR



> Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser

*Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung
von Deponiesickerwasser*

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)

Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA)

Autoren

Rita Hermanns Stengele, FRIEDLIPARTNER AG, Zürich

Ruedi Moser, Hunziker Betatech AG, Winterthur

Begleitende Arbeitsgruppe

Kurt Alabor, Amt für Umwelt, St. Gallen; Marie-Amélie Ardriot, Bundesamt für Umwelt, Bern; Beat Baumgartner, Amt für Umwelt, Frauenfeld (Vertreter VSA); Stefan Gautschi, TBF + Partner AG, Zürich (Vertreter VSA); Berenice Iten, Bundesamt für Umwelt, Bern; André Laube, Bundesamt für Umwelt, Bern; Benjamin Sollberger, Bundesamt für Umwelt, Bern; Beat Walker, Deponie Teuftal (Vertreter VBSA); Ernst Widmer, Amt für Wasser und Abfall, Bern (Vertreter VSA)

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelfoto

Gefasstes Deponiesickerwasser (Antonio Bauen / VBSA)

Zitierung

Hermanns Stengele Rita, Moser Ruedi 2012: Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser. Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung von Deponiesickerwasser. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1223: 62 S.

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-1223-d

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache vorhanden.

© BAFU 2012

> Inhalt

Abstracts	5	Anhang	28
Vorwort	7	A1 Datengrundlage	28
Zusammenfassung	8	A2 Einfache Risikobetrachtung für ausgewählte Parameter	33
Einleitung	9	A3 Beispiele	48
<hr/>		A4 Kantonale Einleitbedingungen für Deponiesickerwasser	54
1 Rechtliche Grundlagen	11	A5 Behandlung von Deponiesickerwasser	56
<hr/>		Literatur	61
2 Anforderungen an die Einleitung	13	Verzeichnisse	62
2.1 Erläuterungen zum Stand der Technik	13		
2.2 Bestimmung der Anforderungen an die Einleitung im Einzelfall	14		
2.2.1 Allgemeines	14		
2.2.2 Anforderung an DOC	15		
2.2.3 Anforderung an Stickstoff	17		
2.2.4 Anforderungen an Sulfat und Sulfid	18		
2.2.5 Kriterien für weitere Anforderungen: Zustand des Gewässers	19		
2.2.6 Empfehlungen für die zu stellenden Anforderungen	20		
2.2.7 Vorgehensschema bei einer neuen Deponie	22		
2.2.8 Vorgehensschema bei einer bestehenden Deponie	24		
<hr/>			
3 Behandlung und Nachsorge	26		
3.1 Mögliche Verfahren zur Behandlung von Deponiesickerwasser	26		
3.2 Nachsorge	26		

> Abstracts

The present enforcement aid provides nationally harmonised recommendations regarding the assessment, treatment and discharge of landfill leachate, that both facilitate the implementation of the legislation on water protection and are useful in practice. The recommendations cover all landfills equipped with a leachate collection system, whether planned, in operation or already closed. They were drawn up following a review of existing landfills, a simple risk assessment of relevant landfill characteristics, a survey of the cantonal wastewater treatment plants and discharge prescriptions and an evaluation of possible treatment processes according to the present state of the art. The core of this enforcement aid is constituted by recommendations regarding leachate discharge and decision trees for leachate assessment applying either to new or to existing landfills. They are completed by explanations on how to characterise a leachate and assess the necessity of its treatment.

Die Vollzugshilfe soll schweizweit einheitliche und für den Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung sowie für die Praxis ausreichende Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung von Deponiesickerwasser schaffen. Der Anwendungsbereich beschränkt sich auf neue, in Betrieb stehende oder abgeschlossene Deponien mit gefasstem Sickerwasser. Die Empfehlungen wurden aufgrund einer Ist-Zustandserhebung bei den bestehenden Deponien, einer einfachen Risikobetrachtung relevanter Deponieparameter, einer Umfrage bei den Kantonen zu den spezifischen Einleitbedingungen und Abwasserbehandlungsanlagen sowie einer Beurteilung geeigneter Behandlungsverfahren nach dem Stand der Technik erarbeitet. Zentraler Bestandteil der Vollzugshilfe sind die empfohlenen Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser im Einzelfall sowie die Ablaufschemata für neue und bestehende Deponien. Die dazugehörigen Erläuterungen geben Auskunft darüber, wie bei der Prüfung der Deponiesickerwassereigenschaften und der Notwendigkeit einer Sickerwasserbehandlung vorgegangen werden kann.

Keywords:

landfill leachate collection
characterisation of an individual
landfill leachate
prescriptions regarding landfill
leachate
landfill leachate composition
treatment of landfill leachate

Stichwörter:

Gefasstes Sickerwasser aus
Deponien,
Deponiesickerwasserbeurteilung
im Einzelfall,
Anforderungen an
Deponiesickerwasser,
Deponiesickerwasser-
eigenschaften,
Deponiesickerwasserbehandlung

Les présentes recommandations, fondées sur la législation en matière de protection des eaux et sur les besoins du praticien, se veulent une aide concrète à l'évaluation, au traitement et au déversement des eaux de lixiviation issues de décharges. Unifiées à l'échelle du pays, elles concernent toutes les décharges nouvellement mises en place, en cours d'exploitation ou d'ores et déjà fermées comportant des captages de lixiviat. Elles ont été élaborées sur la base d'un relevé de la situation dans les décharges existantes, d'une analyse sommaire des risques liés à des paramètres spécifiques, des indications fournies par les cantons sur leurs conditions spécifiques de déversement et leurs installations de traitement des eaux usées, ainsi que d'une évaluation des méthodes de traitement appropriées, et répondent à l'état de la technique. A relever en particulier, les recommandations en matière de déversement de lixiviat et les schémas décisionnels s'appliquant aux nouvelles décharges et aux décharges existantes. Les explications y relatives renseignent sur la façon de procéder pour évaluer les propriétés des lixiviats et la nécessité de traiter ces derniers.

Il presente aiuto all'esecuzione fornisce raccomandazioni valide a livello nazionale sia per l'esecuzione della legislazione in materia di protezione delle acque, sia per la prassi per quanto attiene alla valutazione, alla gestione e all'immissione di percolato di discarica. Il campo di applicazione si limita alle discariche nuove, in esercizio o chiuse che captano acque di percolazione. Le raccomandazioni sono state elaborate sulla base di una rilevazione dello stato attuale delle discariche esistenti, un'analisi semplice dei rischi legati ai parametri di discarica più rilevanti, un'indagine effettuata presso i Cantoni sulle condizioni specifiche per l'immissione delle acque di scarico nei corpi d'acqua e sugli impianti di trattamento delle acque di scarico, come pure su una valutazione dei procedimenti di trattamento più appropriati secondo lo stato della tecnica. La pubblicazione è incentrata sulle raccomandazioni relative ai requisiti per l'immissione di acque di percolazione in casi specifici e sugli alberi decisionali relativi al trattamento del percolato nelle discariche nuove ed esistenti. Le spiegazioni forniscono informazioni su come procedere a una verifica delle proprietà del percolato di discarica e sulla necessità di un trattamento dello stesso.

Mots-clés :

lixiviat de décharge capté,
évaluation d'un lixiviat de
décharge spécifique,
exigences relatives aux lixiviats
de décharge,
composition des lixiviats de
décharge
traitement des lixiviats de
décharge

Parole chiave:

acque di percolazione captate da
discariche,
valutazione del percolato di
discarica nel caso specifico,
esigenze del percolato di
discarica,
proprietà del percolato di
discarica,
gestione del percolato di
discarica

> Vorwort

Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (SR 814.201) regelt in Anhang 3.3 (Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation) unter Ziffer 25 (Deponien) die Anforderungen für gefasstes Sickerwasser aus Deponien (Deponiesickerwasser).

Verschiedene Kantone und der Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA) machten darauf aufmerksam, dass für den Vollzug und die Praxis ein Handlungsbedarf zur Präzisierung und Erläuterung der Anforderungen besteht. Zudem hat sich die Zusammensetzung der in Deponien abgelagerten Stoffe seit der Einführung der Technischen Verordnung vom 10. Dezember 1990 (TVA, SR 814.600) – seit dem Verbot der Ablagerung unbehandelter Abfälle im Speziellen – wesentlich geändert. Aus der damit verbundenen möglichen Änderung bei der Schadstoffbelastung von Deponiesickerwasser stellte sich die Frage, ob eine Neu beurteilung der Anforderungen und Einleitbedingungen für das Sickerwasser aus bestimmten Deponietypen angezeigt war.

Im Rahmen der verstärkten Zusammenarbeit des BAFU mit dem Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) wurde 2007 ein Auftrag zur Ausarbeitung einer Vollzugshilfe Deponiesickerwasser an die Kommission Industrie und Gewerbe des VSA erteilt. Dazu wurde zur Projektkoordination eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von Bund, Kantonen und Betroffenen, namentlich von Seiten des VSA, VBSA und BAFU, eingerichtet und zur Unterstützung gemäss Pflichtenheft der Arbeitsgruppe ein Vertragsmandat an einen privaten Auftragnehmer vergeben.

BAFU, VSA und VBSA treten gemeinsam als Herausgeber der vorliegenden Vollzugshilfe auf und dokumentieren damit ihre geschlossene und breite Unterstützung dafür. Ziel dieser Vollzugshilfe ist es, die Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser für die Schweiz einheitlich und für den Vollzug und die Praxis in geeigneter Form zu präzisieren. Zu diesem Zweck wurden einerseits die Situationsanalyse und Evaluation der Entwicklung für Sickerwasser bei Reaktor-/Schlacke-, Reststoff- sowie Inertstoffdeponien durchgeführt und andererseits Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung von Deponiesickerwasser ausgearbeitet.

Stephan Müller
Chef der Abteilung Wasser
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Zusammenfassung

Die rechtlichen Grundlagen für Sickerwasser aus Deponien sind in Kapitel 1 der Vollzugshilfe zusammengestellt. Die Erläuterungen zum Begriff des Standes der Technik, soweit er für Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser von Bedeutung ist, stehen in Kapitel 2.1.

Im Rahmen der im Jahr 2007 durchgeführten Erhebung und Auswertung von Sickerwasserdaten von Reaktor-, Reststoff- und Inertstoffdeponien sowie von Schlackekompartimenten konnten keine klaren deponietypspezifischen Sickerwassereigenschaften festgestellt werden (Anhang A1). Somit war es nicht möglich, Klassierungen von Sickerwassertypen aufgrund von Deponietypen vorzunehmen, weil die Unterschiede die Gemeinsamkeiten überwiegen. Grundsätzlich stellt jede Deponie einen Einzelfall dar, deren Sickerwasser für eine allfällige Behandlung im Einzelfall zu prüfen ist.

In Kapitel 2.2 der Vollzugshilfe wird dargelegt, wie die Beurteilung der Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser im Einzelfall durchgeführt werden kann. Hierbei sollen vor allem die Vorgehensschemata bei neuen und bei bestehenden Deponien helfen, die richtigen Schritte für die Beurteilung und weitere Behandlung bzw. Einleitung des Sickerwassers auszuführen.

Die Behandlungsmöglichkeiten von Deponiesickerwasser und die Beurteilung, ob ein spezielles Verfahren grundsätzlich geeignet ist, sind in Kapitel 3 der Vollzugshilfe aufgeführt. Entsprechende Tabellen (Anhang A5) helfen bei der Beurteilung, welche möglichen Verfahren zur Behandlung von Deponiesickerwasser in Betracht kommen und welche Behandlungsverfahren für bestimmte deponietypische Parameter am besten geeignet sind.

Anhand einer einfachen Risikobetrachtung (Anhang A2) wird veranschaulicht, welche Parameter im Sickerwasser für welchen Deponietyp relevant sein können (Risikobewertung relevanter Immissionen). Diese sollten deshalb bei der Festlegung der Anforderungen an die Einleitung im Einzelfall besonders beachtet und z.B. in das Monitoringprogramm der jeweiligen Deponie aufgenommen werden.

Mit Hilfe von Beispielen (Anhang A3) wird sodann das Vorgehen verdeutlicht, und es werden spezielle Anforderungen der Kantone an die Einleitung von Deponiesickerwasser aufgezeigt (Anhang A4).

> Einleitung

Im Erfassungszeitraum (2007^[8]) standen in der Schweiz insgesamt 48 Reaktordeponien (mit oder ohne Reststoff- oder Schlackekompartimenten), fünf Reststoffdeponien sowie mehr als 200 Inertstoffdeponien in Betrieb.

Gemäss der Technischen Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle (TVA)^[6] muss das in den Entwässerungsanlagen von Deponien gesammelte und abgeleitete Abwasser, nötigenfalls nach entsprechender Behandlung, in einen Vorfluter oder eine Abwasserreinigungsanlage eingeleitet werden.

Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)^[17] regelt in Anhang 3.3 «Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation» die Anforderungen für gefasstes Sickerwasser aus Deponien unter Ziffer 25 «Deponien». Dabei ist unter anderem eine Beurteilung der notwendigen Anforderungen im Einzelfall vorgesehen.

Von Seiten verschiedener Kantone sowie vom Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA) wurde darauf hingewiesen, dass diese bestehende Regelung erläuterungsbedürftig ist.

In der Folge hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) mit dem Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) und dem VBSA eine gemeinsame Arbeitsgruppe eingerichtet und beauftragt, eine entsprechende Vollzugshilfe auszuarbeiten.

Die vorliegende Vollzugshilfe soll schweizweit einheitliche und für den Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung sowie für die Praxis ausreichende Empfehlungen für die Beurteilung, Behandlung und Einleitung von Deponiesickerwasser schaffen.

Für die Beurteilung einer Deponie hinsichtlich Sanierungs- und Überwachungsbedürftigkeit bezüglich Gewässer im Sinne der Altlastengesetzgebung des Bundes gelten die Artikel 9 und 10 in Verbindung mit den Konzentrationswerten von Anhang 1 der Altlasten-Verordnung vom 26. August 1998 (AltIV)^[18]. Für Stoffe, für welche die AltIV keine Konzentrationswerte enthält, beurteilt die Behörde die Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit nach den Vorschriften der Gewässerschutzgesetzgebung (Anh. 1 Abs. 1 AltIV). Für gefasstes Sickerwasser kann die Behörde dabei gemäss dieser Vollzugshilfe vorgehen.

Ist eine Deponie im Hinblick auf ein Gewässer sanierungsbedürftig im Sinne der Altlastengesetzgebung, kann als Sanierungsmassnahme eine gewässerschutzrechtskonforme Einleitung des zu fassenden oder bereits gefassten Sickerwassers in Betracht fallen, wobei die Behörde beim Entscheid über die Einleitung nach dieser Vollzugshilfe vorgeht. Weil das Gewässerschutzrecht für die Einleitung von gefasstem Deponiesickerwasser eine Spezialregelung enthält, die dem Altlastenrecht in diesem Bereich vorgeht, besteht die Sanierungsbedürftigkeit nicht mehr, sobald das Sickerwasser aus einer Deponie gewässerschutzrechtskonform in ein Gewässer oder in die Kanalisation eingeleitet wird.

1 > Rechtliche Grundlagen

Die Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990 (TVA)^[16] schreibt in Anhang 2 Ziffer 23 Absatz 6 vor, dass das in den Entwässerungsanlagen von Deponien gesammelte und abgeleitete Abwasser in einen Vorfluter oder eine Abwasserreinigungsanlage eingeleitet und nötigenfalls vorbehandelt werden muss. Es müssen bei sämtlichen Einleitungen Probenahmen und Mengenmessungen möglich sein. Wird Abwasser in einen Vorfluter eingeleitet, muss gemäss Absatz 7 der Bestimmung ausserdem sichergestellt werden, dass das Abwasser nötigenfalls jederzeit behandelt oder in eine Abwasserreinigungsanlage eingeleitet werden kann.

Entwässerung von Deponien

Artikel 6 Absatz 1 des Gewässerschutzgesetzes vom 24. Januar 1991 (GSchG)^[11] verbietet es, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, in Gewässer einzubringen oder versickern zu lassen.

Verunreinigungsverbot

Artikel 7 Absatz 1 GSchG legt fest, dass verschmutztes Abwasser behandelt werden muss und nur mit Bewilligung der kantonalen Behörde in Gewässer eingeleitet oder versickert werden darf. Die Bewilligung für die Einleitung in Gewässer wird gemäss Artikel 6 Absatz 1 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)^[17] erteilt, wenn die Anforderungen an die Einleitung von Anhang 3 GSchV eingehalten sind.

Einleitung in Gewässer

Gemäss Anhang 3.3 Ziffer 1 GSchV legt die Behörde die Anforderungen an die Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser als kommunalem Abwasser und Industrieabwasser auf Grund der Eigenschaften des Abwassers, des Standes der Technik und des Zustandes des Gewässers im Einzelfall fest. Sie berücksichtigt dabei internationale oder nationale Normen, vom BAFU veröffentlichte Richtlinien oder von der betroffenen Branche in Zusammenarbeit mit dem BAFU erarbeitete Normen. Zur Einhaltung des Standes der Technik müssen dabei mindestens die Anforderungen nach Anhang 3.3 Ziffer 2 GSchV eingehalten sein.

Anforderungen bei gefasstem Sickerwasser aus Deponien

Für gefasstes Sickerwasser aus Deponien wird in Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 1 GSchV festgelegt, dass es dann in Gewässer eingeleitet werden darf, wenn es die allgemeinen Anforderungen für Industrieabwasser nach Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV einhält, der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) nicht mehr als 20 mg/l O₂ und der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) nicht mehr als 10 mg/l C beträgt. Diese Werte können gemäss Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV von der Behörde nach einer Beurteilung des Einzelfalls auf Grund der Beschaffenheit des Sickerwassers oder des Zustands des betroffenen Gewässers angepasst werden. Die Beurteilung des Einzelfalls kann auch dazu führen, dass die Behörde zusätzliche Anforderungen an die Einleitung des Deponiesickerwassers festlegt.

Soll Industrieabwasser und anderes verschmutztes Abwasser in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden, ist gemäss Artikel 7 Absatz 1 GSchV eine Bewilligung notwendig. Sie wird erteilt, wenn die diesbezüglichen Anforderungen der Anhänge 3.2 und 3.3 GSchV erfüllt sind.

Einleitung in die öffentliche Kanalisation

Wie bei der Einleitung in Gewässer legt die Behörde die Anforderungen für die Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in die öffentliche Kanalisation im Einzelfall fest (Anhang 3.3 Ziffer 1 GSchV), wobei die Mindestanforderungen für die Einhaltung des Standes der Technik bei Deponiesickerwasser wiederum in Anhang 3.3 Ziffer 25 GSchV festgelegt sind. Gemäss dessen Absatz 2 darf gefasstes Sickerwasser in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden, wenn es die allgemeinen Anforderungen an die Einleitung von Industrieabwasser in die öffentliche Kanalisation einhält. Auch hier ist eine Anpassung und Ergänzung der Anforderungen im Einzelfall möglich (Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV).

Anforderungen bei gefasstem Sickerwasser aus Deponien

Gemäss Artikel 32b des Umweltschutzgesetzes vom 7. Oktober 1983 (USG)^[13] müssen Deponiebetreiber die Deckung der Kosten für Abschluss, Nachsorge und Sanierungen durch Rückstellungen, Versicherungen oder in anderer Form sicherstellen.

Sicherstellung der Nachsorgefinanzierung

2 > Anforderungen an die Einleitung

2.1 Erläuterungen zum Stand der Technik

Gefasstes Sickerwasser aus Deponien gilt als anderes verschmutztes Abwasser als kommunales Abwasser und Industrieabwasser. Anhang 3.3 Ziffer 1 GSchV verlangt für die Beseitigung von anderem verschmutztem Abwasser, dass die Anforderungen an die Einleitung von der Behörde im Einzelfall unter anderem auf Grund des Standes der Technik festgelegt werden. Mit der Anwendung eines dem Stand der Technik entsprechenden Anforderungsniveaus soll insgesamt die Umweltbelastung in vorbeugender Art und Weise so gering gehalten werden, wie dies technisch möglich, betrieblich machbar und wirtschaftlich tragbar ist. Für gefasstes Sickerwasser aus Deponien enthält Anhang 3.3 Ziffer 25 GSchV Minimalanforderungen zur Einhaltung des Standes der Technik.

Allgemeines

Der Begriff des Standes der Technik wird damit im Sinne einer Mindestanforderung etwas konkretisiert, jedoch nicht genauer definiert. Im Zusammenhang mit anderen Belangen des Gewässerschutzes, insbesondere der Anforderung, wonach bei der Einleitung von Industrieabwasser die nach dem Stand der Technik notwendigen Massnahmen getroffen werden müssen, können folgende Eigenschaften des Begriffs des Standes der Technik genannt werden:

Begriffserklärung

- > *Stand der Technik meint ein bestimmtes technologisches Niveau.*
- > *Der Begriff kennzeichnet einen fortschrittlichen Entwicklungsstand technologischer Verfahren (Front des technischen Fortschrittes).*
- > *Diese Verfahren haben sich in der praktischen Anwendung bewährt, oder sie sind in der Praxis durchführbar.*
- > *Die wirtschaftliche Durchführbarkeit muss gewährleistet sein, wobei zu beachten ist, dass die wirtschaftliche Durchführbarkeit nicht identisch ist mit individueller betriebswirtschaftlicher Vertretbarkeit oder Zumutbarkeit; vielmehr kommt es auf die ökonomische Durchführung entsprechender Verfahren usw. in dem betreffenden industriellen Sektor an.*

Von Bedeutung ist, dass sich der Inhalt des Ausdruckes «Stand der Technik» bei einem bestimmten Verfahren im Laufe der Zeit auf Grund technischer Fortschritte und wirtschaftlicher Faktoren sowie auf Grund von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen oder neuem wissenschaftlichen Verständnis ändern kann. Der Stand der Technik kann neben Änderungen der Verfahrenstechnik auch Änderungen in der Betriebsweise oder bei betrieblichen Einrichtungen nötig machen.

Bei der Umsetzung des Standes der Technik sind medienübergreifende Emissionsverlagerungen zu vermeiden¹.

¹ Kursiver Text: Zitat aus [4]

Bei der Einleitung von Industrieabwasser sind bei Produktionsprozessen und bei der Abwasserbehandlung die nach dem Stand der Technik notwendigen Massnahmen zu treffen. Ziel ist es, damit den Abwasser- und Stoffanfall soweit zu reduzieren, wie dies technisch und betrieblich möglich, aber auch wirtschaftlich tragbar ist. Für die Bestimmung des Anforderungsniveaus werden sowohl die branchenspezifischen Gemeinsamkeiten als auch die Voraussetzungen im Einzelfall mitberücksichtigt.

Stand der Technik bei
Industrieabwasser

Zusätzlich zum emissionsseitigen Ansatz muss in jedem Fall auch eine immissionsseitige Beurteilung stattfinden. Dies geschieht in einem zweiten Schritt, in welchem die Anforderungen entsprechend Artikel 6 Absätze 2 bis 4 und Artikel 7 Absätze 2 und 3 GSchV verschärft, ergänzt oder erleichtert werden. Damit soll insbesondere sichergestellt werden, dass durch die Einleitung des Abwassers die Anforderungen an die Wasserqualität nicht verletzt beziehungsweise der Betrieb der öffentlichen Kanalisation nicht erschwert oder gestört werden.

In diesem Sinne ist auch die Regelung der GSchV zu den Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser zu verstehen. Als Mindestanforderungen nach dem Stand der Technik enthält Anhang 3.3 Ziffer 25 GSchV numerische Anforderungen und sieht vor, dass diese im Einzelfall unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Sickerwassers oder des Zustandes des betroffenen Gewässers angepasst werden können.

Stand der Technik bei
Deponiesickerwasser

Da bei der Einleitung von gefasstem Deponiesickerwasser die standörtlichen Verhältnisse im Einzelfall eine sehr grosse Rolle spielen, ist sodann zu beurteilen, ob zusätzliche Anforderungen auf Grund des Zustandes des betroffenen Gewässers und unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Sickerwassers festgelegt werden müssen. Daraus lässt sich schliessen, dass es im Bereich der Einleitung von Deponiesickerwasser kein einheitliches Anforderungsniveau geben kann, das unabhängig vom Zustand des betroffenen Gewässers gilt. Entsprechend ist bei jeder Einleitung von Deponiesickerwasser im Einzelfall zu prüfen, welche Anforderungen an die Einleitung festgelegt werden können und müssen und mit welchen Verfahren diese erreicht werden können.

2.2 **Bestimmung der Anforderungen an die Einleitung im Einzelfall**

2.2.1 **Allgemeines**

Die Grundlage für die Festlegung der Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser ist die Gewässerschutzverordnung des Bundes. Für die praktische Anwendung sind die dort enthaltenen Anforderungen jedoch interpretations- und ergänzungsbedürftig.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen die Einzelfallbetrachtung gemäss Anhang 3.3 Ziffer 1 Absatz 1 und Ziffer 25 Absatz 3 GSchV nicht vorwegnehmen, sondern vielmehr den Weg aufzeigen, wie diese Einzelfallbetrachtung durchgeführt werden kann. Diese Einzelfallbetrachtung bezieht sich auch auf kompartimentsweise gefasstes Deponiesickerwasser, sofern dies zweckmässig ist. Die nachfolgenden Empfehlungen zu den Anforderungen stellen somit keine Verschärfung der bestehenden gesetzlichen

Anforderungen dar. Im Rahmen der Einzelfallbetrachtung muss auch geklärt werden, ob die Einleitung ins Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation erfolgen soll.

Für die Frage, welche Stoffe für die Einzelfallbeurteilung in Betracht gezogen werden müssen, bietet Anhang 2 eine Hilfestellung. Es empfiehlt sich bei der Einzelfallbetrachtung vorhandene Schadstoffinventare zu berücksichtigen.

Probennahmen und Analysemethoden sind der Fragestellung anzupassen. Untersuchungen und Ermittlungen richten sich nach den anerkannten Regeln der Technik (siehe Art. 48 GSchV).

2.2.2 Anforderung an DOC

Anhang 3.3 Ziffer 25 GSchV sieht vor, dass bei der Einleitung von gefasstem Sickerwasser in Gewässer dieses höchstens 10 mg gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) pro Liter enthalten darf. Diese Anforderung kann jedoch den Verhältnissen des Einzelfalls angepasst werden (Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV). Die folgenden Empfehlungen stützen sich auf diese Einzelfallanpassung ab. Es muss somit immer im Einzelfall beurteilt werden, ob sich die Festlegung der Anforderung im Sinne der Empfehlung unter Berücksichtigung des Zustandes des Gewässers (siehe Kap. 2.2.5), der Beschaffenheit des Sickerwassers und der Verhältnismässigkeit der Massnahme rechtfertigen lässt.

Einleitung in Gewässer

Der DOC als Summenparameter ist nicht zwingend aussagekräftig bezüglich der Gewässerrelevanz der organischen Abwasserinhaltsstoffe. Massgeblich für das Gewässer sind die Toxizität, die biologische Abbaubarkeit und das Bioakkumulationspotenzial der enthaltenen Organika (gefährliche Substanzen sind gemäss OSPAR² sogenannte PBT Substanzen, d.h. sie sind persistent, bioakkumulierbar und toxisch).

Der DOC im Sickerwasser einer alten Deponie besteht hauptsächlich aus huminstoffähnlichen Substanzen, die auch natürlicherweise vorkommen. Sie gelten als nicht besonders gewässerelevant, jedoch schlecht biologisch abbaubar (refraktär). Die GSchV legt in Anhang 2 Anforderungen bezüglich DOC für Fliessgewässer fest, die diese Tatsache berücksichtigen.

Die Anforderung der GSchV bezüglich DOC (10 mg/l C) an die Einleitung von gefasstem Deponiesickerwasser kann oft nicht oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand eingehalten werden. Sind die negativen Auswirkungen eines höheren DOC-Wertes auf Gewässer nicht so gross, dass eine sehr aufwändige Reduktion damit gerechtfertigt würde, kann fallweise eine Anpassung des zulässigen DOC-Wertes gemäss Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV vorgenommen werden, indem ein höherer DOC-Wert angesetzt wird oder statt des Grenzwertes ein minimaler DOC-Eliminationsgrad vorgeschrieben wird.

Zum Vergleich können die Anforderungen an DOC für die Einleitung von Deponiesickerwasser in Deutschland und Österreich herangezogen werden. Gemäss Anhang 51^[2]

² www.ospar.org > Work Areas > Hazardous Substances

der deutschen Abwasserverordnung wird bei Direkteinleitern ein CSB von maximal 200 mg/l (entsprechend einem DOC von etwa 70 mg/l C) zugelassen respektive eine CSB-Verminderung von mindestens 95 % verlangt. In Österreich ist der gesamte organische Kohlenstoff TOC auf 20 mg/l beschränkt^[3].

Im praktischen Betrieb von biologisch/chemischen Sickerwasserbehandlungsanlagen, ohne Nachbehandlung wie Ozonierung oder dergleichen, sind bei gut abbaubaren Inhaltsstoffen DOC-Eliminationsgrade von 80 % erreichbar.

Empfehlung für den Fall, dass die Auswirkungen eines höheren DOC-Wertes als 10 mg/l auf den Zustand des Gewässers eine sehr aufwändige Reduktion von DOC nicht rechtfertigen: bei *Direkteinleitung* sind entweder ein $\text{DOC} \leq 20 \text{ mg/l}$ oder ein Eliminationsgrad von $\geq 75 \%$ zu verlangen.

Erfordert es hingegen der Zustand des Gewässers, so ist der empfohlene Wert anzupassen. Dies ist insbesondere der Fall, wenn ökotoxikologisch relevante Inhaltsstoffe im DOC oder die Beurteilung des Gewässers anhand des Modulstufenkonzepts gemäss Abschnitt 2.2.5 einen entsprechenden Handlungsbedarf anzeigen.

Für die Einleitung von Deponiesickerwasser in die öffentliche Kanalisation enthält die GSchV keine numerische Anforderung an den DOC-Gehalt des Deponiesickerwassers. Eine solche ist allenfalls gestützt auf Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 im Einzelfall festzulegen.

Einleitung in die öffentliche
Kanalisation

Bei Einleitung eines Deponiesickerwassers in die öffentliche Kanalisation und damit in eine zentrale Abwasserreinigungsanlage (ARA) findet bei nicht gut abbaubaren Inhaltsstoffen teilweise lediglich eine Verdünnung und keine Elimination des DOC statt. Es ist grundsätzlich nicht zulässig die Anforderungen allein durch Verdünnung zu erreichen. Deshalb sieht Anhang 3.1 Ziffer 1 Absatz 4 GSchV vor, dass die Behörde in Fällen, in welchen das Abwasser einer zentralen Abwasserreinigungsanlage auch Industrieabwasser oder anderes verschmutztes Abwasser enthält, die Anforderungen an die Einleitung in Gewässer nötigenfalls in Abweichung von den allgemein für die Einleitung von kommunalem Abwasser geltenden Anforderungen so festgelegt, dass mit dem Abwasser gesamthaft nicht mehr Stoffe eingeleitet werden, die Gewässer verunreinigen können, als dies bei getrennter Behandlung und Einhaltung der Anforderungen der entsprechenden Anhänge der Fall wäre. Anhang 3.1 Ziffer 2 GSchV enthält für die Einleitung von kommunalem Abwasser bezüglich DOC die Anforderung, dass die Abflusskonzentration höchstens 10 mg/l betragen darf und ein Reinigungseffekt von 85 % erreicht wird.

Diese Bestimmung der GSchV steht auch im Einklang mit der IVU-Richtlinie 2008/1/EG^[14], wonach die Emissionsgrenzwerte bei Stoffen normalerweise an dem Punkt gelten, an dem die Emissionen die Anlage verlassen, wobei eine etwaige Verdünnung bei der Festsetzung der Grenzwerte nicht berücksichtigt wird. Bei der indirekten Einleitung kann die Wirkung einer Kläranlage bei der Festsetzung von Emissionsgrenzwerten der Anlage berücksichtigt werden, sofern ein insgesamt gleichwertiges Umweltschutzniveau sichergestellt wird und es nicht zu einer höheren Belastung der Umwelt kommt.

In diesem Sinne ist sicherzustellen, dass wegen hohen und in der ARA zu wenig abbaubaren DOC-Konzentrationen im Deponiesickerwasser nicht durch eine Verdünnung eine letztlich höhere Umweltbelastung entsteht als bei getrennter Einleitung der Abwässer. Dazu wird als zusätzliche Anforderung bezüglich DOC an die Einleitung von Deponiesickerwasser in die öffentliche Kanalisation gemäss Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV der Nachweis eines bestimmten DOC-Eliminationsgrades empfohlen.

Folgende Anforderungen werden bei Indirekteinleitung von Deponiesickerwasser in Deutschland und Österreich angegeben:

- > DOC-Eliminationsgrad $\geq 75\%$ (gilt nur, wenn das Sickerwasser vor der gemeinsamen biologischen Behandlung mit anderem Abwasser bereits eine CSB-Konzentration von weniger als 400 mg/l aufweist^[2]).
- > Biologischer Abbaugrad $\geq 75\%$ (gilt nicht, wenn das Sickerwasser vor der Einleitung in die öffentliche Kanalisation einer Reinigung unterzogen wird, sodass es danach einen TOC-Gehalt von nicht grösser als 120 mg/L und einen CSB-Gehalt von nicht grösser als 300 mg/l aufweist^[3]).

Es wird **empfohlen** im Rahmen der spezifischen Einzelfallbetrachtung, eine Ableitung auf die ARA zuzulassen, wenn:

- > die biologische Abbaubarkeit mit einer DOC-Elimination von $\geq 75\%$ im konkreten Deponiesickerwasser nachgewiesen ist. Eine Verschärfung dieser Anforderung muss in Betracht gezogen werden, wenn die ARA die Anforderungen bezüglich DOC (Konzentration ≤ 10 mg/l und Reinigungseffekt $\geq 85\%$) wegen der hohen DOC-Konzentrationen im eingeleiteten Deponiesickerwasser nicht einhält. Eine Erleichterung dieser Anforderung gemäss Art. 7 GSchV kann in Betracht gezogen werden, wenn die Fracht an refraktärem Kohlenstoff (C) im Verhältnis zur abgeleiteten Kohlenstofffracht der betroffenen ARA gering ist. In diesem Fall kann auf die Durchführung von Abbaubarkeitstest verzichtet werden.
- > keine Störung oder Erschwerung des Betriebs der betroffenen ARA erfolgt.

Dazu sind Abbaubarkeitstests unter ARA-nahen Bedingungen in realistischen Mischungsverhältnissen von ausgewiesenen Fachleuten durchführen zu lassen.

2.2.3 Anforderung an Stickstoff

Die GSchV enthält keine numerische Anforderung an den Stickstoffgehalt des Deponiesickerwassers bei der Einleitung in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation. Eine solche sollte jedoch gestützt auf Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV im Einzelfall festgelegt werden.

Die Stickstoffverbindungen (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_{org}) sind im Deponiesickerwasser häufig in erheblichen Konzentrationen vorhanden und haben eine hohe Gewässerrelevanz. In Analogie zu den Anforderungen an die Einleitung von kommunalem Abwasser (Anhang 3.1 Ziffer 2 Nr. 5 und 6 GSchV: Ammonium: 2 mg/l N als Grenzwert unter gewissen Voraussetzungen und Nitrit: 0,3 mg/l N als Richtwert) und sinngemäss

der IVU-Richtlinie 2008/1/EG^[14] ist die Begrenzung dieser Emissionen grundsätzlich in Betracht zu ziehen.

Folgende Limitierungen bei Direkteinleitung von Deponiesickerwasser gelten in benachbarten Staaten:

In der Abwasserverordnung Deutschland, Anhang 51^[2]:

- > $N_{\text{gesamt}} \leq 70 \text{ mg/l}$ oder Frachtreduktion $\geq 75 \%$
- > $\text{NO}_2\text{-N} \leq 2 \text{ mg/l}$

In der AEV Deponiesickerwasser von Österreich^[3]:

- > $\text{NH}_4\text{-N} \leq 10,5 \text{ mg/l}$
- > $N_{\text{gesamt}} \leq 50 \text{ mg/l}$
- > $\text{NO}_2\text{-N} \leq 2 \text{ mg/l}$

In nitrifizierenden Sickerwasserbehandlungsanlagen sind Konzentrationen von $\leq 10 \text{ mg NH}_4\text{-N}$ ohne weiteres zu erreichen.

Eine Empfehlung für einen einheitlichen Anforderungswert an die Einleitung von Deponiesickerwasser bezüglich Stickstoff kann nicht abgegeben werden, da die Stickstoffbegrenzung aufgrund des jeweiligen Gewässerzustandes festgelegt wird. Die Auswirkungen der Stickstofffrachten sind abhängig vom Verdünnungsverhältnis. Die Stickstoffspezies $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und N_{gesamt} sind jedoch im Einzelfall so zu limitieren, dass im Gewässer keine unzulässige Verschlechterung der Qualität (gemessen anhand des Modulstufenkonzepts, siehe Abschnitt 2.2.5) entsteht.

Einleitung in Gewässer

Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation ist sicherzustellen, dass die ARA ihre geforderte Reinigungsleistung bezüglich Stickstoff-Komponenten trotz Einleitung des Deponiesickerwassers einhalten kann.

Einleitung in die öffentliche Kanalisation

2.2.4 Anforderungen an Sulfat und Sulfid

Die GSchV enthält keine numerische Anforderung an den Sulfat- und Sulfidgehalt des Deponiesickerwassers bei der Einleitung in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation. Solche sollten jedoch gestützt auf Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind gemäss Art. 46 Absatz 3 GSchV die Anforderungen des USG an den Schutz der Bevölkerung vor Geruchsimmissionen sowie die Anforderungen des Arbeitsgesetzes vom 13. März 1964 (ArG)^[21] und des Unfallversicherungsgesetzes vom 20. März 1981 (UVG)^[22] an den Schutz der Gesundheit des Personals von Abwasseranlagen zu beachten.

Bei Arbeiten in der Kanalisation ist stets auf die potentielle Gefahr einer giftigen Atmosphäre Rücksicht zu nehmen. Für das Arbeiten in Kanälen wird auf die Publikation der SUVA «Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen»^[19] hingewiesen. Wegen teils erhöhten Sulfatkonzentrationen (bis zu 10000 mg

Hohe Sulfatkonzentrationen

$\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$) im Deponiesickerwasser soll ein spezielles Augenmerk auf die Arbeitssicherheit (Schwefelwasserstoffbildung) und die Folgen von hohen Sulfat-Konzentrationen gelegt werden.

Sulfat-Konzentrationen über $600 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$ gelten als stark betonaggressiv, solche über $3000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$ als sehr stark betonaggressiv^[6].

Treffen hohe Sulfatkonzentrationen (über $300 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$) in der Kanalisation auf organisch abbaubare Substanzen und ist das Wasser zudem sauerstoffarm und warm, so wird ein Milieu hergestellt, in dem Mikroorganismen in der Sielhaut das Sulfat (SO_4^{2-}) zu Sulfid (S^{2-}) reduzieren. Sulfid tritt in der wässrigen Lösung als Schwefelwasserstoff (H_2S) auf. Diese flüchtige Verbindung gast in der Kanalisation aus.

Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff kann in der Kanalatmosphäre Geruchsbelästigungen in der Nähe von Kanalisationsöffnungen verursachen und ein tödliches Risiko für Kanalreinigungspersonal darstellen. Er kann in hohen Konzentrationen (über $500 \text{ ml H}_2\text{S}/\text{m}^3$ Luft) beim Aufenthalt in der Kanalisation die Geruchsnerven lähmen. Durch die fehlende Wahrnehmung wird das Gas weiterhin eingeatmet: Tod durch Atemlähmung ist dann die Folge.

In der Gasphase kann Schwefelwasserstoff in das Kondenswasser der Kanalwandung eintreten. Wird das Kondenswasser durch Luft aerob, kann eine mikrobielle Umwandlung von Sulfid in Schwefelsäure (H_2SO_4) stattfinden. Dieser Prozess verursacht Korrosionsschäden in Betonkanälen, Pumpwerken und Installationen.

Das Deponiesickerwasser ist vor der Einleitung zu prüfen. Sind die Grundlagen für eine erhöhte Schwefelwasserstoffbildung gegeben, so sind Massnahmen wie die Dosierung von Fällmitteln (Eisen(II)-sulfat) oder Oxidationsmitteln (z.B. H_2O_2 , NO_3^- , KMnO_4) bzw. eine genügende Belüftung in den anaeroben Zonen zu empfehlen.

Massnahmen

2.2.5 Kriterien für weitere Anforderungen: Zustand des Gewässers

Gemäss Anhang 3.3 Ziffer 1 und Ziffer 25 GSchV ist bei der Bestimmung der Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser im Einzelfall der Zustand des Gewässers zu berücksichtigen. Dabei sind jeweils auch die ökologischen Ziele für Gewässer nach Anhang 1 der GSchV zu beachten. Von besonderem Interesse im Anhang 1 GSchV sind die Anforderungen gemäss Ziffer 1 Absatz 3 Buchstaben b und c. Zu beachten ist auch, dass im betroffenen Gewässer grundsätzlich die Anforderungen gemäss Anhang 2 der GSchV einzuhalten sind. Andernfalls müssen die Anforderungen an das einzuleitende Abwasser ergänzt oder verschärft werden.

Bei der Einleitung von Abwasser darf nicht das «Auffüllprinzip» angewendet werden, d.h., auch wenn die Wasserqualität eingehalten ist, gilt die allgemeine Sorgfaltspflicht und damit der Grundsatz, jede zumutbare Vorsorge zu treffen, um eine Verunreinigung zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten.

Andererseits muss zur Kenntnis genommen werden, dass jede Abwassereinleitung eine (wenn auch möglichst geringe) Qualitätsverschlechterung im Gewässer nach sich zieht. Um das vertretbare Ausmass dieser Qualitätsverschlechterung zu quantifizieren, liegt es nahe, mit dem **Modulstufenkonzept MSK**^{3 [5]} zu arbeiten. Zu betrachten ist eine worst-case-Situation (hoher Abfluss Deponiesickerwasser bei Niedrigwassersituation im Gewässer). Es wird **vorgeschlagen**, bei Direkteinleitungen die folgenden Qualitätseinbussen durch die Einleitung von Deponiesickerwasser zu tolerieren:

Beurteilung anhand des
Modulstufenkonzeptes

Tab. 1 > Modulstufenkonzept MSK⁴

zu beachtende Module des MSK	zulässige Qualitätseinbüsse (Qualität unterhalb Abwassereinleitung gegenüber oberhalb Abwassereinleitung)
«äusserer Aspekt»	kein Klassenwechsel zulässig
«chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe» ^[5]	höchstens um 1/3 der Klassenbreite für jeden einzelnen Parameter

Die ökotoxikologische Beurteilung zeigt auf, ob der Zustand des Gewässers eine Anpassung der Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser erfordert. Bei der Probenahmestelle ist dabei auf eine weitgehende Durchmischung zu achten. Zum Nachweis werden in Deutschland und Österreich Tests mit Algen, Bakterien, Daphnien und Fischeiern durchgeführt. Im Rahmen des OSPAR-Übereinkommens^[23] (die Schweiz ist Vertragspartei) wurde das «Whole Effluent Assessment» (WEA) entwickelt; es existieren auch alternative Vorschläge mit biologischen Testbatterien. Die Entwicklung von Testverfahren ist nicht abgeschlossen. Das Modul «Ökotoxikologie» als Beurteilungsgrundlage für die Schweiz ist zur Zeit noch in Arbeit. Es ist deshalb nicht zweckmässig, sich zum heutigen Zeitpunkt auf bestimmte Verfahren festzulegen. Für die Auswahl und Durchführung von geeigneten Tests sind deshalb fallweise qualifizierte Fachleute beizuziehen, welche auf dem neuesten Stand der Erkenntnisse und der Prüfmethodik sind, z.B. www.oekotoxzentrum.ch.

Ökotoxikologische Beurteilung

Wenn bei Deponiesickerwasser ökotoxikologisch nachteilige Auswirkungen festgestellt werden können, sollte nach Möglichkeit abgeklärt werden, welche Stoffe dafür verantwortlich sind.

2.2.6 Empfehlungen für die zu stellenden Anforderungen

Nachfolgend sind die empfohlenen Anforderungen bei Einleitung in Gewässer aufgelistet. Es sind alle Anforderungen **kumulativ** zu erfüllen. Es ist jedoch immer im Einzelfall zu prüfen, ob die Werte dem Zustand des Gewässers und der Beschaffenheit des Sickerwassers Rechnung tragen.

Einleitung in Gewässer

³ Mit dem Modulstufenkonzept MSK werden Fließgewässer aufgrund von chemischen, biologischen und morphologischen Analysen in die 5 Qualitätsklassen sehr gut – gut – mässig – unbefriedigend – schlecht unterteilt. Für jede Qualitätsklasse ist ein Bereich der Analysendaten (untere Klassengrenze bis obere Klassengrenze) vorgegeben. Dieser Bereich wird in der vorliegenden Vollzugshilfe «Klassenbreite» genannt. Beispiel: Einem Gewässer, dessen DOC zwischen 4,0 und 6,0 mg/l liegt, wird nach dem Modul Chemie des MSK die Qualitätsklasse mässig zugeordnet. Die Klassenbreite beträgt (6,0–4,0) = 2,0 mg/l. Ein Drittel der Klassenbreite wäre somit 2,0/3 = 0,67 mg/l DOC.

⁴ Für die Beurteilung können auch die Module Makrozoobenthos, Kieselalgen und Fische aus dem Modulstufenkonzept beigezogen werden.

- > Einhaltung der allgemeinen Anforderungen an Industrieabwasser nach Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV.
- > $BSB_5 \leq 20$ mg/l
- > Wenn die Auswirkungen eines höheren DOC-Wertes als 10 mg/l auf die Gewässer eine sehr aufwändige Reduktion von DOC nach dem Stand der Technik nicht rechtfertigen, kann ein $DOC \leq 20$ mg/l **oder** ein DOC-Wirkungsgrad ≥ 75 % in einer Sickerwasserbehandlungsanlage zugelassen werden (siehe Abschnitt 2.2.2).
- > Die Qualitätsverschlechterung des Vorfluters durch die Einleitung des Sickerwassers beträgt höchstens ein Drittel einer Klassenbreite gemäss Beurteilung nach dem Modulstufenkonzept, «Chemie, Stufe S» (siehe Abschnitt 2.2.5), insbesondere zu beachten bei NH_4-N , NO_3-N , NO_2-N , N_{gesamt} , P, DOC, Schwermetalle.
- > Die Qualitätsverschlechterung des Vorfluters durch die Einleitung des Sickerwassers führt nicht zu einem Klassenwechsel gemäss Beurteilung nach dem Modulstufenkonzept «äusserer Aspekt» (siehe Abschnitt 2.2.5).
- > Ökotoxikologische Beurteilung für das eingeleitete Abwasser (siehe Abschnitt 2.2.5). Erfordert es die Beurteilung, sind die Anforderungen an das Deponiesickerwasser zu verschärfen oder zu ergänzen. Von der Forderung des Nachweises kann abgewichen werden, wenn aufgrund der Art der Deponie und des Sickerwassers ausgeschlossen werden kann, dass ökotoxikologisch bedenkliche organische Substanzen vorhanden sind.
- > Fallweise Limitierung von weiteren Parametern.

Fallweise können die Anforderungen, gestützt auf Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV, ergänzt, verschärft oder erleichtert werden.

Nachfolgend sind die empfohlenen Anforderungen bei Einleitung in die öffentliche Kanalisation und eine zentrale ARA aufgelistet. Es sind alle Anforderungen **kumulativ** zu erfüllen. Es ist jedoch immer im Einzelfall zu prüfen, ob die Werte dem Zustand der Abwasserreinigungsanlage, des Gewässers und der Beschaffenheit des Sickerwassers Rechnung tragen.

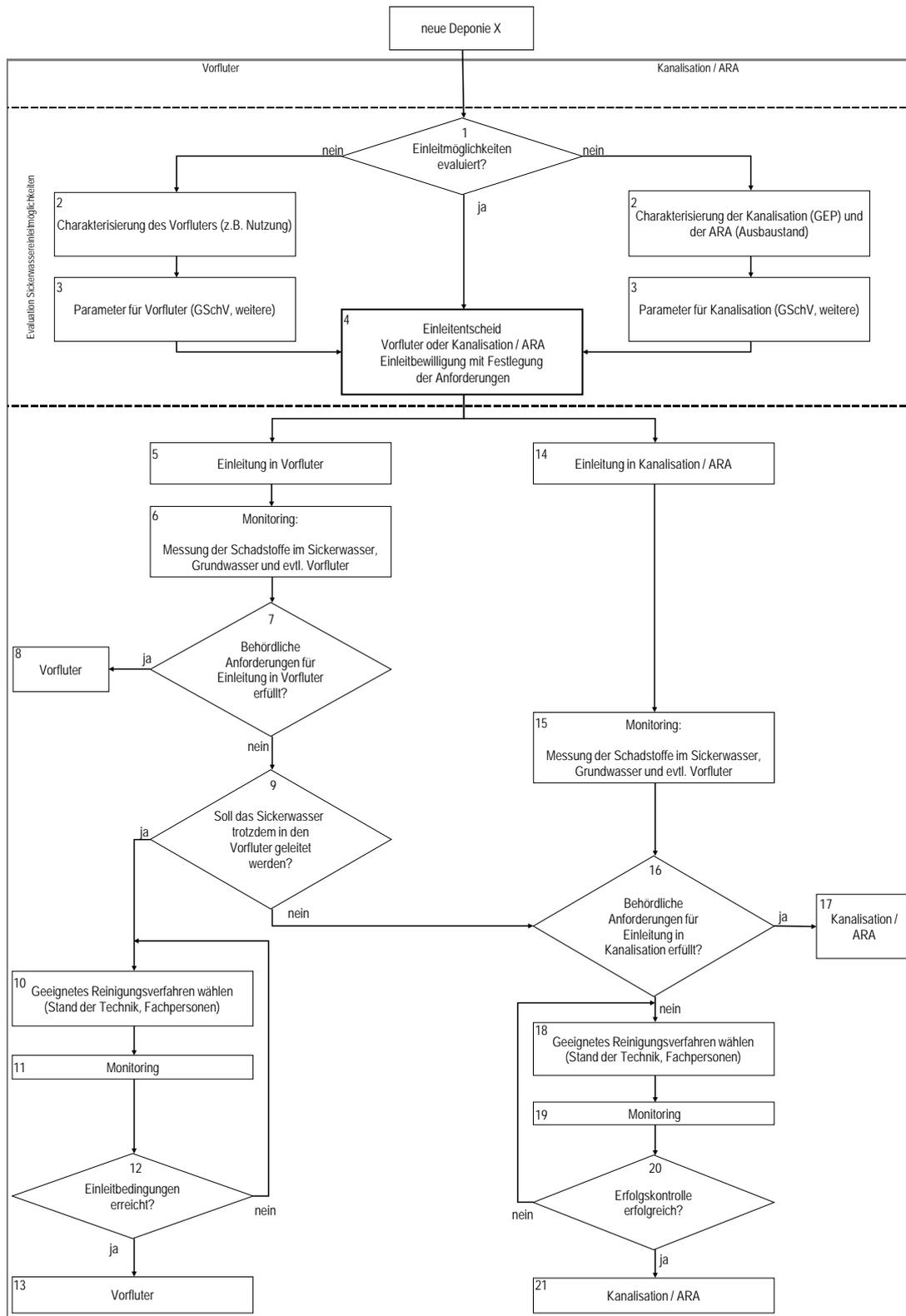
Einleitung in die öffentliche
Kanalisation

- > Einhaltung der allgemeinen Anforderungen an Industrieabwasser nach Anhang 3.2 Ziffer 2 GschV.
- > Nachweis der biologischen Abbaubarkeit mit einer DOC-Elimination von ≥ 75 % im konkreten Deponiesickerwasser mit einem ARA-nahen Abbauversuch; ist die DOC-Fracht im Verhältnis zur abgeleiteten DOC-Fracht der ARA gering, kann auf die Durchführung von Abbaubarkeitstests verzichtet werden (siehe Abschnitt 2.2.2).
- > Keine Hemmwirkung auf die Biologie der betroffenen ARA.
- > Limitierung der Frachten (insbesondere Stickstoff) derart, dass die betroffene ARA die an sie gestellten Anforderungen (insbesondere bezüglich Stickstoff) einhält und der Betrieb der Anlage nicht in anderer Weise erschwert oder beeinträchtigt wird.
- > Fallweise Limitierung der Sulfat- oder der Sulfidkonzentration (s. Abschnitt 2.2.4).
- > Fallweise Limitierung von weiteren Parametern.

Fallweise können die Anforderungen, gestützt auf Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV, ergänzt, verschärft oder erleichtert werden.

2.2.7 Vorgehensschema bei einer neuen Deponie

Abb. 1 > Neue Deponie

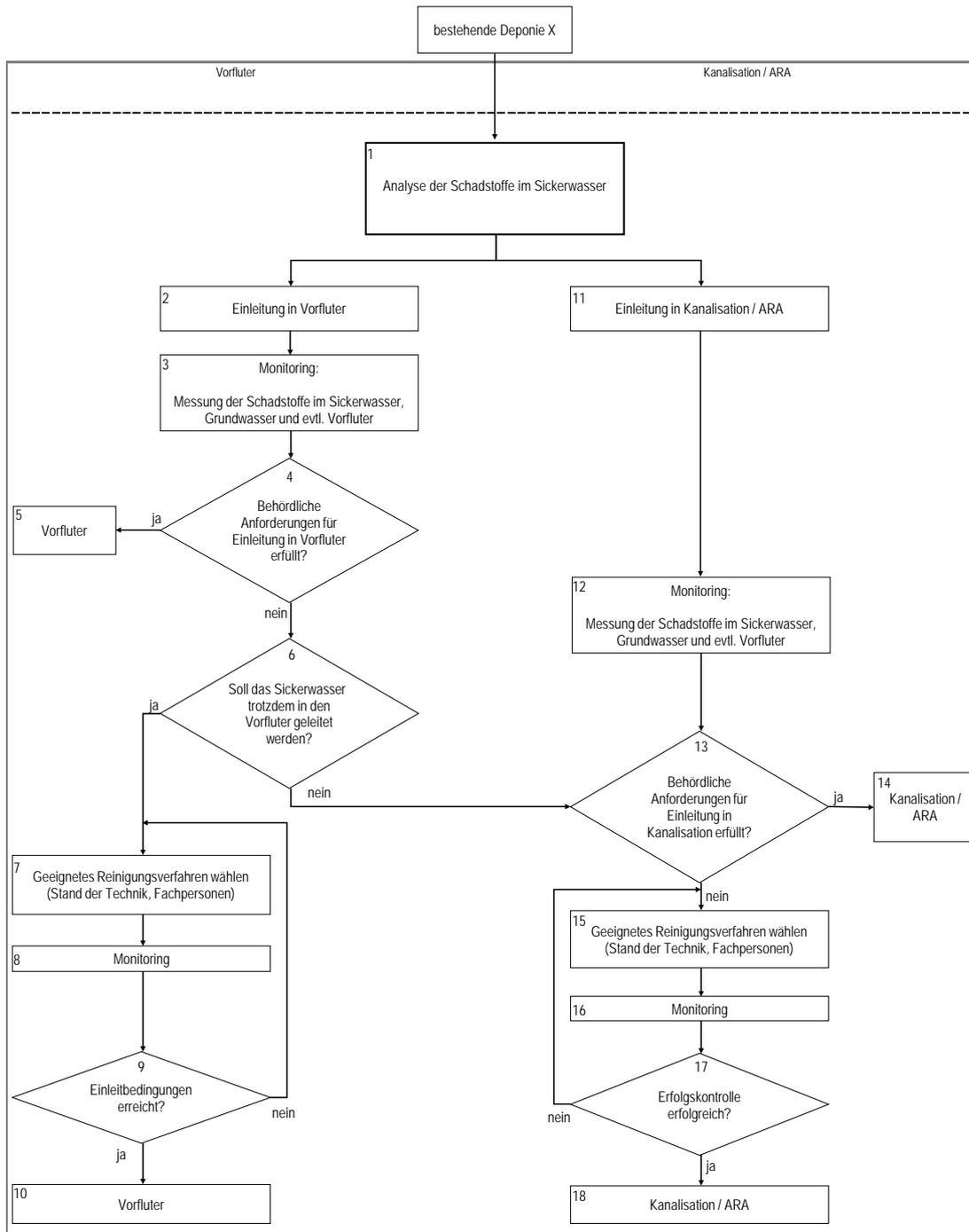


Tab. 2 > Erläuterungen zum Entscheidungsablauf einer neuen Deponie

Zuständigkeit Behörde		Relevante Gesetze und Verordnungen
1	Sind die denkbaren Einleitmöglichkeiten für die Deponie X evaluiert worden?	
2	Der Vorfluter resp. die Kanalisation / ARA sollen beurteilt werden, z. B. in einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Insbesondere sind die Nutzungen des Vorfluters zu berücksichtigen (Trinkwasserspeicher, Grundwasserspeicher, etc.). Bei einer Einleitung in die Kanalisation soll der GEP beigezogen (Überlastfälle, etc.) und die Grösse (Einwohnergleichwerte) sowie der technische Stand der ARA untersucht werden. Es soll sichergestellt werden, dass die ARA der zusätzlichen Belastung standhält.	3. Kapitel USG UVPV ¹
3	Für die Einleitung von Deponiesickerwasser gibt es je ein Parameterset mit Anforderungen für Vorfluter und Kanalisationen / ARA in der GSchV. Diese sind gegebenenfalls durch die zuständige Behörde zu ergänzen.	Anhang 3.3 Ziffer 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV
4	Aufgrund der Evaluation der Einleitmöglichkeiten wird entschieden, ob das Sickerwasser in ein Gewässer oder in die Kanalisation / ARA geleitet werden soll. Dabei ist die Machbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit einer solchen Ableitung zu prüfen. Mit der Einleitbewilligung werden die Anforderungen an das einzuleitende Abwasser festgelegt. Ebenso wird die Anforderung an die Abwasserkontrolle festgelegt (Monitoring).	Artikel 7 Absatz 1 GSchG Artikel 6 und Artikel 7 GSchV Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV
Zuständigkeit Deponiebetreiber / Behörde		Relevante Gesetze und Verordnungen
5	Das gefasste Deponiesickerwasser wird gemäss der Einleitbewilligung in den Vorfluter eingeleitet.	
6	Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser müssen gemessen werden. Es ist eine vollständige Beprobung des Sickerwassers hinsichtlich die in der Einleitbewilligung festgelegten Parameter durchzuführen. Die Messungen sollen im Rahmen eines Monitorings regelmässig wiederholt werden. Dies soll verhindern, dass Durchbrüche von Schadstoffen stattfinden.	
7	Sind die behördlichen Anforderungen für eine Einleitung in den Vorfluter erfüllt?	
8	Werden alle Anforderungen eingehalten, so kann das Sickerwasser ohne weitere Massnahmen weiterhin in den Vorfluter abgeleitet werden.	
9	Soll das Sickerwasser trotz Überschreitung der behördlich festgelegten Anforderungen in einen Vorfluter eingeleitet werden?	
10	Können die behördlichen Anforderungen bezüglich Einleitung in Gewässer nicht eingehalten werden, so sind weitere Massnahmen festzulegen.	Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV
11	Mittels eines festzulegenden Monitorings wird geprüft, ob mit den zusätzlichen Reinigungsmassnahmen die Anforderungen an die Einleitung eingehalten werden.	
12	Ist die Kontrolle der Massnahmen nicht erfolgreich, so muss die Anlage resp. die Betriebsweise der Anlage derart verändert werden, dass die Einhaltung der Einleitbedingungen gewährleistet ist.	
13	Ist die Kontrolle der Massnahmen erfolgreich und werden keine Überschreitungen der Anforderungen im Monitoring festgestellt, so kann das gereinigte Deponiesickerwasser in den Vorfluter abgeleitet werden.	
14	Das gefasste Deponiesickerwasser wird gemäss der Einleitbewilligung in die Kanalisation eingeleitet.	
15	Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser müssen gemessen werden. Es ist eine vollständige Beprobung des Sickerwassers hinsichtlich der in der Einleitbewilligung festgelegten Parameter durchzuführen. Die Messungen sollen im Rahmen eines Monitorings regelmässig wiederholt werden. Dies soll verhindern, dass Durchbrüche von Schadstoffen stattfinden.	
16	Falls die behördlichen Anforderungen für eine Einleitung in Vorfluter nicht eingehalten, die Anforderungen für eine Einleitung in die Kanalisation / ARA jedoch erreicht werden, so kann das Sickerwasser unbehandelt in die dafür vorgesehene Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV
17	Zeigt das Monitoring die Einhaltung aller Anforderungen, so kann das Sickerwasser ohne weitere Massnahmen weiterhin in die Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	
18	Können die behördlichen Anforderungen bezüglich Einleitung in die Kanalisation / ARA nicht eingehalten werden, so sind weitere Massnahmen festzulegen.	Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV
19	Mittels eines festzulegenden Monitorings wird geprüft, ob mit den zusätzlichen Reinigungsmassnahmen die Anforderungen an die Einleitung eingehalten werden.	
20	Ist die Kontrolle der Massnahmen nicht erfolgreich, so muss die Anlage resp. die Betriebsweise der Anlage derart verändert werden, dass die Einhaltung der Einleitbedingungen gewährleistet ist.	
21	Ist die Kontrolle der Massnahmen erfolgreich und werden keine Überschreitungen der Anforderungen im Monitoring festgestellt, so kann das gereinigte Deponiesickerwasser in die Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	

2.2.8 Vorgehensschema bei einer bestehenden Deponie

Abb. 2 > Bestehende Deponie



Tab. 3 > Erläuterungen zum Entscheidungsablauf einer bestehenden Deponie

Zuständigkeit Deponiebetreiber / Behörde		Relevante Gesetze und Verordnungen
1	Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser müssen gemessen werden. Es ist eine vollständige Beprobung des Sickerwassers hinsichtlich der Parameter mit Anforderungen für Vorfluter oder Kanalisation in der GSchV durchzuführen. Die zuständige Behörde kann weitere Parameter resp. Verschärfungen definieren. Für eine erste Abschätzung können vorhandene Messwerte herangezogen werden.	<i>Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV</i>
2	Das gefasste Deponiesickerwasser wird gemäss der Einleitbewilligung in den Vorfluter eingeleitet.	
3	Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser müssen gemessen werden. Es ist eine vollständige Beprobung des Sickerwassers hinsichtlich die in der Einleitbewilligung festgelegten Parameter durchzuführen. Die Messungen sollen im Rahmen eines Monitorings regelmässig wiederholt werden. Dies soll verhindern, dass Durchbrüche von Schadstoffen stattfinden.	
4	Sind die behördlichen Anforderungen für eine Einleitung in den Vorfluter erfüllt?	
5	Werden beim Monitoring alle Anforderungen eingehalten, so kann das Sickerwasser ohne weitere Massnahmen weiterhin in den Vorfluter abgeleitet werden.	
6	Soll das Sickerwasser trotz Überschreitung der behördlich festgelegten Anforderungen in einen Vorfluter eingeleitet werden?	
7	Können die behördlichen Anforderungen bezüglich Einleitung in Gewässer nicht eingehalten werden, so sind weitere Massnahmen festzulegen.	<i>Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV</i>
8	Mittels eines festzulegenden Monitorings wird geprüft, ob mit den zusätzlichen Reinigungsmassnahmen die Anforderungen an die Einleitung eingehalten werden. Ein Messprogramm legt fest, in welchen zeitlichen Abständen das Sickerwasser beprobt werden soll.	
9	Ist die Kontrolle der Massnahmen nicht erfolgreich, so muss die Anlage resp. die Betriebsweise der Anlage derart verändert werden, dass die Einhaltung der Einleitbedingungen gewährleistet ist.	
10	Ist die Kontrolle der Massnahmen erfolgreich und werden keine Überschreitungen der Anforderungen im Monitoring festgestellt, so kann das gereinigte Deponiesickerwasser in den Vorfluter abgeleitet werden.	
11	Das gefasste Deponiesickerwasser wird gemäss der Einleitbewilligung in die Kanalisation eingeleitet.	
12	Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser müssen gemessen werden. Es ist eine vollständige Beprobung des Sickerwassers hinsichtlich der in der Einleitbewilligung festgelegten Parameter durchzuführen. Die Messungen sollen im Rahmen eines Monitorings regelmässig wiederholt werden. Dies soll verhindern, dass Durchbrüche von Schadstoffen stattfinden. Ein Messprogramm legt fest, in welchen zeitlichen Abständen das Sickerwasser beprobt werden soll.	
13	Falls die behördlichen Anforderungen für eine Einleitung in Vorfluter nicht eingehalten, die Anforderungen für eine Einleitung in die Kanalisation / ARA jedoch erreicht werden, so kann das Sickerwasser unbehandelt in die dafür vorgesehene Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	<i>Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV</i>
14	Werden beim Monitoring alle Anforderungen eingehalten, so kann das Sickerwasser ohne weitere Massnahmen weiterhin in die Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	
15	Können die behördlichen Anforderungen bezüglich Einleitung in die Kanalisation / ARA nicht eingehalten werden, so sind weitere Massnahmen festzulegen.	<i>Anhang 3.3 Ziffer 1 und 25 GSchV Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV</i>
16	Mittels eines festzulegenden Monitorings wird geprüft, ob mit den zusätzlichen Reinigungsmassnahmen die Anforderungen an die Einleitung eingehalten werden.	
17	Ist die Kontrolle der Massnahmen nicht erfolgreich, so muss die Anlage resp. die Betriebsweise der Anlage derart verändert werden, dass die Einhaltung der Einleitbedingungen gewährleistet ist.	
18	Ist die Kontrolle der Massnahmen erfolgreich und werden keine Überschreitungen der Anforderungen im Monitoring festgestellt, so kann das gereinigte Deponiesickerwasser in die Kanalisation / ARA abgeleitet werden.	

3 > Behandlung und Nachsorge

3.1 Mögliche Verfahren zur Behandlung von Deponiesickerwasser

Zur Behandlung von Deponiesickerwasser beschreibt Anhang A5-1 mögliche Verfahren. Gleichzeitig ist eine Beurteilung beigefügt, ob die Verfahren grundsätzlich zur Behandlung des Sickerwassers geeignet sind.

Verfahrensbeschrieb

Anhang A5-2 ist schadstofforientiert. Hier werden zu eliminierende Schadstoffe aufgelistet und den Reinigungsverfahren gegenübergestellt. Diese Tabelle soll bei der Entscheidung helfen, mit welcher Methode bestimmte Schadstoffe aus dem Deponiesickerwasser entfernt werden können.

Geeignete Verfahren

Bei Deponiesickerwasserbehandlungsanlagen sind häufig folgende Aspekte für Probleme beim Betrieb verantwortlich:

Planerische und betriebliche Aspekte

- > Unterschätzung der Unregelmässigkeiten in Anfall und Zusammensetzung des Sickerwassers.
- > Falsche Ermittlung der Grundlagen zur Bemessung.
- > Unterschätzung der Korrosivität und falsche Materialwahl.
- > Zu geringe Automatisierung der Prozesse.
- > Mangelhaft ausgebildetes Bedienungspersonal.
- > Fehlende oder unzureichende Mengemesseinrichtungen und Mengemessungen.

Bei der Planung von neuen Anlagen oder der Optimierung von bestehenden Behandlungsanlagen erfordern diese Punkte deshalb besondere Beachtung.

3.2 Nachsorge

Gemäss Umweltschutzgesetz muss die Deckung der Kosten der Deponienachsorge und somit auch der nach Abschluss der Deponie weiterhin notwendigen Sickerwasserbeseitigung in geeigneter Form sichergestellt werden.

Die TVA enthält Vorgaben an die Überwachung nach Abschluss der Deponie. Sie schreibt die Kontrolle der Anlagen, des Grundwassers, des Abwassers und der Deponiegase nach Abschluss der Deponie solange vor, bis schädliche oder lästige Einwirkungen auf die Umwelt unwahrscheinlich erscheinen. Sie enthält auch eine Mindestüberwachungsdauer nach Abschluss der Deponie.

Vorschriften darüber, wie genau die vom Umweltschutzgesetz verlangte finanzielle Sicherstellung der Nachsorge erfolgen soll, insbesondere über Umfang und Dauer der Sicherstellung, enthält die TVA bisher nicht. Künftig soll dies in der TVA geregelt

werden. Bisher gibt es für die Finanzierung der Nachsorge je nach Kanton verschiedene Modelle.

Die Nachsorge kann über den gesamten Nachsorgezeitraum dem Betreiber übertragen werden, welcher z. B. mit einer Stiftung oder einer durch den Kanton pfändbaren Gesellschaft diese Kapitalien sicherstellt. Es gibt ebenfalls Modelle, bei denen eine gemischte Lösung zur Anwendung kommt, bei der z. B. der Betreiber in einem ersten Zeitraum die Kapitalien sicherstellt und später gemeinsam mit einer kantonalen Deponielösung Kapitalien für alle Deponien für die Restzeit sichergestellt werden. Solche kantonalen Nachsorgefonds werden dann entsprechend durch die Deponiebetreiber gespeist.

Modelle

Unabhängig vom Modell gibt es wichtige Gemeinsamkeiten:

Für die Berechnung der notwendigen Rückstellungen wird die Nachsorgedauer heute üblicherweise für Reaktordeponien auf ca. 50 Jahre und für Reststoffdeponien kürzer angesetzt (d.h. ca. 15 bis 30 Jahre).

Nachsorgedauer

Man geht davon aus, dass die Entsorgungskosten für das Sickerwasser über die gesamte Nachsorgedauer anfallen. Entsprechend machen diese Kosten bei Reaktordeponien in den heute gängigen Nachsorgeberechnungen typischerweise 30 bis 50 % der gesamten Nachsorgekosten aus. Basis dazu ist das Konzept einer Einleitung in die Kanalisation (vgl. Abschnitt 2.2.2, Anforderungen an DOC bei Einleitung in die öffentliche Kanalisation). Geht man von einer deponieeigenen Sickerwasserreinigung nach heutigem Stand der Technik aus, kann sich der Anteil der Kosten für die Sickerwasserentsorgung um das Doppelte erhöhen.

Entsorgungskosten Sickerwasser

Während der Rückstellphase der Nachsorgekapitalien, d.h. in der Betriebsphase der Deponie, ist bereits definitiv der Entscheid für die Sickerwasserentsorgung der gesamten Nachsorgezeit zu fällen. Denn ein späterer Wechsel beispielsweise von der Sickerwassereinleitung in die öffentliche Kanalisation zu einer deponieeigenen Behandlung mit nachfolgender Einleitung in ein Gewässer führt zu Defiziten in der Nachsorgerückstellung.

Konsequenz

> Anhang

A1 Datengrundlage

A1-1 Erhebung und Erfassung der Deponiedaten

Anhand von Fragebögen, welche an die in Betrieb stehenden Reaktor- und Reststoffdeponien sowie an zahlreiche Inertstoffdeponien versandt wurden (2007), konnten umfangreiche Sickerwasserdaten sowie allgemeine Deponiedaten erhoben werden. Als Grundlage für die Adressdaten diente die Deponieliste des BAFU, Stand 2007, wobei die Liste der Inertstoffdeponien nicht vollständig war.

Datenerhebung

Die erhaltenen Daten wurden in der Datenbank des Deponie-Monitoring und Informationssystem (DEMIS) erfasst und ausgewertet.

Datenerfassung- und auswertung

Tab. 4 zeigt die Anzahl der angeschriebenen Deponien und der retournierten Antworten von Deponiebetreibern resp. Behörden.

Tab. 4 > Erfassung der Deponien, Stand 13. Dezember 2007

Deponietyp	insgesamt angeschrieben	Rückantwort	im DEMIS erfasst	Rücklaufquote [%]
Reststoff	5	2	1	40
Reaktor ¹	37	22	21	63
Reaktor (mit Reststoffkompartiment)	11	8	7	72
Inertstoff	218	66 ²	15	30
Σ im DEMIS erfasst			44	

¹ inkl. Schlackenkompartiment, falls vorhanden, ² davon 43 ohne Sickerwasserfassung

Die erhaltenen Daten wurden grob plausibilisiert, jedoch ohne Überprüfung auf ihre Richtigkeit und ohne Beurteilung der Qualität so weiterverwendet, wie sie übermittelt wurden. Die Art und Weise sowie der Zeitpunkt der Sickerwassermessungen wurden nicht überprüft. 38 der erfassten Deponien weisen Messreihen von mehr als drei Jahren, sechs Deponien von weniger als drei Jahren auf. Drei Deponien gaben keine Daten ab.

Datenqualität

Im Anhang A1-2 sind die erhaltenen und ausgewerteten Sickerwasserdaten nach Deponietyp zusammenfassend dargestellt.

Im Rahmen der durchgeführten Erhebung und Auswertung der Sickerwasserdaten von Reaktor-, Reststoff- und Inertstoffdeponien sowie von Schlackekompartimenten konnten keine klaren deponietypspezifischen Sickerwassereigenschaften festgestellt werden. Somit war es nicht möglich, Klassierungen von Sickerwassertypen aufgrund von Deponietypen vorzunehmen, weil die Unterschiede die Gemeinsamkeiten überwiegen. Grundsätzlich stellt jede Deponie einen Einzelfall dar, deren Sickerwasser für eine allfällige Behandlung im Einzelfall zu prüfen ist.

Fazit

A1-2 Zusammenfassung Sickerwasserdaten

Tab. 5 > Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Inertstoffdeponien

	Inertstoff				
	Anzahl Messwerte total	Min-Max	Median	25 %-Quartil	75 %-Quartil
Temperatur (°C)	214	0,5–25,2	12,6	10,7	14,5
pH-Wert	245	6,8–12,5	7,74	7,5	8,01
Leitfähigkeit (20 °C) (µS/cm)	224	10,2–5750	1222	934	2090
DOC (Gelöster org. Kohlenstoff) (mg C/l)	139	1,06–90	8,15	3,95	14,35
TOC (Gesamter org. Kohlenstoff) (mg C/l)	9	5,1–115	23	8,5	25
CSB gesamt (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	2	55–60	57,5	56,25	58,75
BSB ₅ (Biochem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	10	1–189	6,5	2,25	25,25
CSB gelöst (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	17	5–278	80	60	124
Nitrat (mg NO ₃ /l)	55	0,5–111	6,18	3,3	15,9
Nitrit (mg NO ₂ /l)	72	0,005–13,7	0,2255	0,025	1,3975
Ammonium (mg NH ₄ /l)	79	0,01–39,9	0,15	0,05	0,625
Ammonium-N (mg N/l)	66	0,006–7,6	0,181	0,07	0,5
Nitrat-N (mg N/l)	39	0,93–759	16,1	9,0841	28,25
Nitrit-N (mg N/l)	39	0,002–45,5	0,062	0,022	0,35
Phosphor gesamt (mg P/l)	k.M. ¹	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Gesamtstickstoff (Kjehldahl) (mg N/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chlorid (mg Cl/l)	150	2,9–1200	58	21,1	114,55
Sulfat (mg SO ₄ /l)	150	0,01–2670	517	92	937
Sulfid (mg S/l)	4	0,01–0,03	0,01	0,01	0,015
KWG (Gesamt-Kohlenwasserstoffe) (mg/l)	1	0,005–0,005	0,005	0,005	0,005
Quecksilber gelöst (mg Hg/l)	25	0,00005–0,001	0,001	0,001	0,001
Zink gelöst (mg Zn/l)	25	0,01–0,044	0,01	0,01	0,014
Nickel gesamt (mg Ni/l)	14	0,0048–0,28	0,021	0,01725	0,0285
Quecksilber gesamt (mg Hg/l)	14	0,00005–3	0,0002	0,0002	0,000875
Zink gesamt (mg Zn/l)	41	0,001–7,5	0,07	0,05	0,12
Nickel gelöst (mg Ni/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kupfer gesamt (mg Cu/l)	33	0,001–0,55	0,02	0,01	0,05
Cyanid leicht freisetzbar (mg CN/l)	14	0,01–0,05	0,01	0,01	0,025
Kobalt gesamt (mg Co/l)	5	0,001–0,01	0,01	0,001	0,01
Molybdän gesamt (mg Mo/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kupfer gelöst (mg Cu/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Blei gelöst (mg Pb/l)	25	0,001–0,008	0,002	0,002	0,002
Cadmium gelöst (mg Cd/l)	25	0,0001–0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Blei gesamt (mg Pb/l)	25	0,00002–0,3	0,005	0,002	0,005
Cadmium gesamt (mg Cd/l)	19	0,00002–1,51	0,001	0,00025	0,05
Chrom gesamt (mg Cr/l)	16	0,001–0,13	0,0055	0,0013	0,01
Arsen gesamt (mg As/l)	9	0,0019–0,02	0,008	0,005	0,011
Chrom(VI) gelöst (mg Cr(VI)/l)	1	0,001–0,001	0,001	0,001	0,001
Chrom(VI) gesamt (mg Cr(VI)/l)	5	0,01–0,05	0,01	0,01	0,03
Arsen gelöst (mg As/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom gelöst (mg Cr/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Tetrachlorethen (PER) (mg/l)	4	0,15–0,5	0,41	0,3225	0,455
AOX gesamt (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	4	0,04–36	0,045	0,04	9,0375
AOX gelöst (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	12	10–37	16,3	10	28,025

¹ «k.M.» = es liegen keine Messwerte vor

Tab. 6 > Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdatenaten von Reststoffdeponien

	Reststoff				
	Anzahl Messwerte total	Min-Max	Median	25 %-Quartil	75 %-Quartil
Temperatur (°C)	108	6,1–29,6	15,2	13,2	18,5
pH-Wert	247	6,5–10,4	9,9	8,98	10,94
Leitfähigkeit (20 °C) (µS/cm)	233	701–36900	8820	3050	11100
DOC (Gelöster org. Kohlenstoff) (mg C/l)	143	3–194	21	13,25	32,7
TOC (Gesamter org. Kohlenstoff) (mg C/l)	3	18–21,5	19	18,5	20,25
CSB gesamt (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	40	24–222	88,55	43	131,5
BSB ₅ (Biochem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	1	7,8–7,8	7,8	7,8	7,8
CSB gelöst (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Nitrat (mg NO ₃ /l)	71	4,4–212	29,5	15,55	59,85
Nitrit (mg NO ₂ /l)	38	0,005–34	5,25	3,2	7,6575
Ammonium (mg NH ₄ /l)	99	0,0025–110	0,34	0,105	3,7
Ammonium-N (mg N/l)	88	0,0077–47,6	0,35	0,06802	1,08142
Nitrat-N (mg N/l)	76	1–44,748	5,45	3,3175	8,9475
Nitrit-N (mg N/l)	41	0,002–10	1,6	0,907	2,18
Phosphor gesamt (mg P/l)	7	0,06–0,4	0,4	0,4	0,4
Gesamtstickstoff (Kjehldahl) (mg N/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chlorid (mg Cl/l)	129	60,4–9830	1270	408	1940
Sulfat (mg SO ₄ /l)	129	253–12200	1800	1090	2380
Sulfid (mg S/l)	4	0,1–0,1	0,1	0,1	0,1
KWG (Gesamt-Kohlenwasserstoffe) (mg/l)	5	0,02–0,2	0,05	0,03	0,1
Quecksilber gelöst (mg Hg/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Zink gelöst (mg Zn/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Nickel gesamt (mg Ni/l)	47	0,004–0,1	0,01	0,01	0,019
Quecksilber gesamt (mg Hg/l)	25	0,0005–0,0054	0,001	0,0005	0,001
Zink gesamt (mg Zn/l)	93	0,005–11,98	0,03	0,01	0,05
Nickel gelöst (mg Ni/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kupfer gesamt (mg Cu/l)	67	0,002–0,54	0,06	0,03	0,07
Cyanid leicht freisetzbar (mg CN/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kobalt gesamt (mg Co/l)	9	0,005–0,03	0,03	0,005	0,03
Molybdän gesamt (mg Mo/l)	36	0,04–4	2	0,97	2
Kupfer gelöst (mg Cu/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Blei gelöst (mg Pb/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Cadmium gelöst (mg Cd/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Blei gesamt (mg Pb/l)	63	0,001–0,5	0,01	0,01	0,2
Cadmium gesamt (mg Cd/l)	62	0,0001–0,107	0,01	0,00135	0,05
Chrom gesamt (mg Cr/l)	66	0,004–0,3	0,149	0,0485	0,2
Arsen gesamt (mg As/l)	44	0,002–0,06	0,01	0,005	0,02
Chrom(VI) gelöst (mg Cr(VI)/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom(VI) gesamt (mg Cr(VI)/l)	2	0,143–0,181	0,162	0,1525	0,1715
Arsen gelöst (mg As/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom gelöst (mg Cr/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Tetrachlorethen (PER) (mg/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
AOX gesamt (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	71	10–473	68	39,5	119,5
AOX gelöst (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	13	10–110	14	10	50

Tab. 7 > Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Schlackekompartimenten

	Schlacke				
	Anzahl Messwerte total	Min-Max	Median	25 %-Quartil	75 %-Quartil
Temperatur (°C)	275	6,7–41,1	19,7	15,8	27,45
pH-Wert	543	5,2–12,4	8,28	7,865	9,04
Leitfähigkeit (20 °C) (µS/cm)	523	6,13–84100	17990	8800	22700
DOC (Gelöster org. Kohlenstoff) (mg C/l)	245	2,5–633	44	26,9	78
TOC (Gesamter org. Kohlenstoff) (mg C/l)	50	4,7–326	42,1	15,125	83,675
CSB gesamt (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	14	84–379	114	96	141,625
BSB ₅ (Biochem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	23	5–120	19	8,25	33
CSB gelöst (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	29	19,2–305	52	34	74
Nitrat (mg NO ₃ /l)	173	0,1–1950	67,4	24	132
Nitrit (mg NO ₂ /l)	77	0,005–26,9	0,13	0,018	1,46
Ammonium (mg NH ₄ /l)	186	0,01–150	1	0,05	31,1
Ammonium-N (mg N/l)	113	0,002–328	11,7	1,164	40,8
Nitrat-N (mg N/l)	54	0,7–220,802	15,221	5	26,442
Nitrit-N (mg N/l)	23	0,37–16,416	6,11	3	10,032
Phosphor gesamt (mg P/l)	1	0,05–0,05	0,05	0,05	0,05
Gesamtstickstoff (Kjehldahl) (mg N/l)	9	1–2,7	1	1	1
Chlorid (mg Cl/l)	288	140–27700	4703,5	1997,5	6940,5
Sulfat (mg SO ₄ /l)	288	51–12965	1845	1029,25	2795
Sulfid (mg S/l)	37	0,001–0,2	0,01	0,01	0,05
KWG (Gesamt-Kohlenwasserstoffe) (mg/l)	19	0,01–0,2	0,05	0,05	0,09
Quecksilber gelöst (mg Hg/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Zink gelöst (mg Zn/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Nickel gesamt (mg Ni/l)	129	0,003–0,44	0,06	0,03	0,092
Quecksilber gesamt (mg Hg/l)	44	0,0002–1	0,001	0,0005	0,001
Zink gesamt (mg Zn/l)	195	0,0006–0,69	0,021	0,01	0,05
Nickel gelöst (mg Ni/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kupfer gesamt (mg Cu/l)	247	0,004–12	0,1	0,04	0,2
Cyanid leicht freisetzbar (mg CN/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Kobalt gesamt (mg Co/l)	18	0,005–0,05	0,005	0,005	0,00925
Molybdän gesamt (mg Mo/l)	118	0,029–3,9	0,6685	0,31	0,995
Kupfer gelöst (mg Cu/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Blei gelöst (mg Pb/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Cadmium gelöst (mg Cd/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Blei gesamt (mg Pb/l)	206	0,0001–8,19	0,01	0,005	0,01
Cadmium gesamt (mg Cd/l)	197	0,00002–0,1	0,003	0,001	0,01
Chrom gesamt (mg Cr/l)	139	0,003–0,673	0,064	0,0145	0,2
Arsen gesamt (mg As/l)	117	0,001–0,1	0,02	0,01	0,04
Chrom(VI) gelöst (mg Cr(VI)/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom(VI) gesamt (mg Cr(VI)/l)	6	0,005–0,5	0,0635	0,011	0,248
Arsen gelöst (mg As/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom gelöst (mg Cr/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Tetrachlorethen (PER) (mg/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
AOX gesamt (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	66	7–832	159,5	68,5	342
AOX gelöst (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	39	0,007–1600	0,23	0,1	50

Tab. 8 > Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Reaktordeponien

	Reaktor				
	Anzahl Messwerte total	Min-Max	Median	25 %-Quartil	75 %-Quartil
Temperatur (°C)	1221	3,4–33,4	14,3	12,2	16,2
pH-Wert	2961	6,3–13,6	7,8	7,5	8
Leitfähigkeit (20 °C) (µS/cm)	3118	2,58–44700	2240	1538,5	3477,5
DOC (Gelöster org. Kohlenstoff) (mg C/l)	911	0,8–415	29	17	49
TOC (Gesamter org. Kohlenstoff) (mg C/l)	637	1,3–368	26	20	34
CSB gesamt (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	247	5–1240	81	37,5	196
BSB ₅ (Biochem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	135	1–900	18	6,2	67
CSB gelöst (Chem. Sauerstoffbedarf) (mg O ₂ /l)	29	40,2–374	167	125	209
Nitrat (mg NO ₃ /l)	275	0,05–1230	17	7,225	76,1
Nitrit (mg NO ₂ /l)	192	0,008–20	0,555	0,12	1,465
Ammonium (mg NH ₄ /l)	364	0,01–2030	16	1,4775	45,275
Ammonium-N (mg N/l)	1188	0,007–410	9,1	1,93	18,425
Nitrat-N (mg N/l)	656	0,035–97	4,655	2,26	14,012
Nitrit-N (mg N/l)	815	0,0015–63	0,37	0,19	0,62
Phosphor gesamt (mg P/l)	44	0,11–4,84	0,845	0,485	2,8
Gesamtstickstoff (Kjehldahl) (mg N/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chlorid (mg Cl/l)	1345	1–23900	234	139	414
Sulfat (mg SO ₄ /l)	917	10–4990	525	200	1210
Sulfid (mg S/l)	133	0,002–2,69	0,02	0,01	0,1
KWG (Gesamt-Kohlenwasserstoffe) (mg/l)	109	0,01–100	0,1	0,02	0,8
Quecksilber gelöst (mg Hg/l)	3	0,0001–0,0005	0,0001	0,0001	0,0003
Zink gelöst (mg Zn/l)	17	0,017–0,17	0,057	0,05	0,07
Nickel gesamt (mg Ni/l)	320	0,002–0,8	0,04	0,02	0,08
Quecksilber gesamt (mg Hg/l)	225	0,00005–0,56	0,001	0,0005	0,001
Zink gesamt (mg Zn/l)	421	0,005–1,9	0,06	0,03	0,1
Nickel gelöst (mg Ni/l)	7	0,011–0,041	0,015	0,0135	0,0205
Kupfer gesamt (mg Cu/l)	371	0,002–5,9	0,034	0,01	0,09
Cyanid leicht freisetzbar (mg CN/l)	29	0,01–0,05	0,01	0,01	0,03
Kobalt gesamt (mg Co/l)	63	0,002–0,1	0,1	0,015	0,1
Molybdän gesamt (mg Mo/l)	96	0,003–2	0,095	0,03	0,2
Kupfer gelöst (mg Cu/l)	7	0,002–0,0167	0,011	0,0075	0,015
Blei gelöst (mg Pb/l)	12	0,002–0,016	0,006	0,0041	0,00725
Cadmium gelöst (mg Cd/l)	9	0,0001–0,008	0,0001	0,0001	0,00019
Blei gesamt (mg Pb/l)	330	0,001–0,5	0,01	0,005	0,1
Cadmium gesamt (mg Cd/l)	317	0,00002–3	0,001	0,001	0,01
Chrom gesamt (mg Cr/l)	329	0,0008–3	0,013	0,009	0,09
Arsen gesamt (mg As/l)	229	0,0005–1	0,01	0,005	0,01
Chrom(VI) gelöst (mg Cr(VI)/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
Chrom(VI) gesamt (mg Cr(VI)/l)	18	0,0006–0,041	0,0013	0,0008	0,00595
Arsen gelöst (mg As/l)	13	0,0038–0,15	0,019	0,012	0,023
Chrom gelöst (mg Cr/l)	7	0,006–0,02	0,01	0,0085	0,015
Tetrachlorethen (PER) (mg/l)	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.	k.M.
AOX gesamt (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	575	0,005–3400	93	44	160
AOX gelöst (Adsorbierbares Organochlor) (µg Cl/l)	42	0,01–800	63,5	4,25	163,5

A2 Einfache Risikobetrachtung für ausgewählte Parameter

A2-1 System der einfachen Risikobetrachtung

Mit der einfachen Risikobetrachtung wird die Bedeutung von verschiedenen Parametern in Bezug auf ihr mögliches Schadenspotential pragmatisch beurteilt. So erhält die Behörde Anhaltspunkte dafür, auf welche Parameter sie bei der Festlegung der Anforderungen an die Einleitung des Deponiesickerwassers, insbesondere bei der nach Anhang 3.3 Ziffer 25 Absatz 3 GSchV vorgesehenen Ergänzung und Anpassung der Anforderungen im Einzelfall, besonders achten muss.

Bedeutung verschiedener Parameter

Zur Beurteilung der Sickerwassereigenschaft und deren Auswirkung auf Gewässer, die öffentliche Kanalisation oder eine ARA wurde für eine Auswahl von relevanten Parametern eine einfache Risikoabschätzung vorgenommen^[9]. Hierbei wurde die Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen, die von einem Schadstoff ausgehen oder ausgehen können, dreistufig bewertet (Wert 1: geringe Wahrscheinlichkeit bis Wert 3: hohe Wahrscheinlichkeit). Anschliessend wurde das immissionsseitige Schadenspotential sowohl für eine Einleitung in Gewässer aufgrund eines angenommenen ökologischen Schadensausmasses (Wert 1: geringes ökologisches Schadensausmass bis Wert 3: hohes ökologisches Schadensausmass) als auch für eine Einleitung in die öffentliche Kanalisation aufgrund eines angenommenen betrieblichen Schadensausmasses ebenfalls dreistufig eingeteilt. Das Produkt der beiden Faktoren ergibt die Bewertung für das Risiko ökologisch relevanter Immissionen, wobei die berechneten Werte zwischen 1 (geringes Risiko relevanter Immissionen) und 9 (hohes Risiko relevanter Immissionen) liegen.

Risikoabschätzung

Anhang A2-2 (Tabelle 9 und 10) veranschaulicht diese Risikobetrachtung.

Parameter

Die für Deponiesickerwasser zu untersuchenden relevanten Parameter finden sich in Spalte 1 im Anhang A2-2. Sie sind zum Teil durch die numerischen Anforderungen der Gewässerschutzverordnung an die Einleitung von Deponiesickerwasser vorgegeben (Anhang 3.3 Ziffer 25 und Anhang 3.2 Ziffer 2). Zusätzlich wurden für die Bestimmung allfälliger notwendiger zusätzlicher Anforderungen die Parameter aus der Altlasten-Verordnung vom 26. August 1998 (AltIV)^[18] und weitere relevante Parameter, zu denen in verwandten Regelungsbereichen, wie z.B. der Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV)^[20], Grenz- oder Richtwerte bestehen, in die Risikobetrachtungen aufgenommen.

Parameter GSchV

Teil Deponie

Im Teil *Deponie* wurden neben den TVA-Deponietypen *Inertstoff-, Reaktor- und Reststoffdeponie* auch reine *Schlackekompartimente* als Kategorie aufgeführt. Reststoffdeponien wurden in Abfälle *ohne Zementverfestigung* und *mit Zementverfestigung* unterschieden.

Deponietypen

Die ermittelte Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen beruht mangels Angaben zu Stoff- sowie Sickerwassermengen auf einer einfachen Kriterienbeurteilung. Die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Emission wird primär aufgrund von beobachtetem^[8] oder dann zu erwartendem Eintreten von Überschreitungen der Anforderung der GSchV an die Einleitung sowie allenfalls aufgrund anderer Richtwerte und Mobilitätseigenschaften des jeweiligen Parameters hergeleitet: Wertung von 1 bis 3, wobei 1 «niedrig» und 3 «hoch» ist. Genauere Informationen zur Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen der einzelnen Parameter sind dem Anhang A2-2 (Tab. 12) zu entnehmen.

Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen

Die Ist-Zustandserhebung des Deponiesickerwassers der Schweiz^[8] zeigt (vergleiche auch Anhang A1-2), dass von den insgesamt 18 Analysenparametern der GSchV lediglich pH-Wert, Temperatur, Zink und DOC regelmässig in sämtlichen Deponietypen untersucht werden. Arsen, Blei, Cadmium, Chrom gesamt und Nickel werden vor allem in Schlacke- und Reaktordeponien, Molybdän in Schlackedeponien und organische Chlorverbindungen (AOX) hauptsächlich in Reaktordeponien gemessen. Die Unsicherheiten bei den angegebenen Wahrscheinlichkeiten ist aufgrund der relativ wenig Messungen bei einigen Parametern entsprechend hoch.

Parameter GSchV aus Ist-Zustandserhebung

Einleitung in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation/ARA

Im Anhang A2-2 wird das Risiko relevanter Immissionen für eine *Einleitung in Gewässer* (Tab. 9) und für eine *Einleitung in die Kanalisation* (Tab. 10) unterschieden.

Allgemeines

Das Risiko für die Beeinträchtigung von Gewässern resultiert aus dem Produkt von «Wahrscheinlichkeit relevanter Emission» und «angenommenes ökologisches Schadensausmass». Das Risiko für die Beeinträchtigung der Kanalisation/ARA resultiert aus dem Produkt von «Wahrscheinlichkeit relevanter Emission» und «angenommenes betriebliches Schadensausmass». Das so ermittelte Risiko soll einen Hinweis darauf geben, welche Parameter beim jeweiligen Deponietyp möglicherweise problematisch sein können: Wertung von 1 bis 9, wobei 1 bis 3 «gering», 3 bis 6 «mittel», 9 «hoch» ist.

Risiko relevanter Immissionen

Unter genereller Berücksichtigung von Toxizität, Persistenz und Bioakkumulation des jeweiligen Parameters wird hinsichtlich der Einleitung ins Gewässer ein ökologisches Schadensausmass angenommen: Wertung von 1 bis 3, wobei 1 «niedrig» und 3 «hoch» ist.

Angenommenes ökologisches Schadensausmass

Unter genereller Berücksichtigung von Materialaggressivität, Toxizität und Bioakkumulation des jeweiligen Parameters sowie Aspekte der Arbeitssicherheit wird hinsichtlich der Einleitung in die Kanalisation ein betriebliches Schadensausmass angenommen. So kann beispielsweise die Aggressivität eines Parameters die Bausubstanz oder die Toxizität die biologische Stufe der ARA beeinträchtigen: Wertung von 1 bis 3, wobei 1 «niedrig» und 3 «hoch» ist.

Angenommenes betriebliches Schadensausmass

Ein Aspekt der Beurteilung des Schadensausmasses des Deponiesickerwassers ist dessen Untersuchung mittels Toxizitätstests (vgl. Abschnitt 2.2.5). Dies gibt einen Hinweis darauf, wie toxisch das Sickerwasser auf Organismen wirkt. Die Resultate solcher Untersuchungen sind in beschränktem Rahmen auf andere Organismen übertragbar und geben einen Hinweis, wie stark ein Ökosystem beeinträchtigt wird. Um die akute Toxizität festzustellen, können beispielsweise Daphnien und Leuchtbakterien dem Sickerwasser ausgesetzt werden. Für die chronische Toxizität bieten sich Versuche mit Daphnien, Fischeiern und Wasserlinsen (*Lemna sp.*) an.

Toxizitätstests

Bei solchen Tests kann allerdings nur eine Aussage über die Toxizität des Sickerwassers gemacht werden. Es kann nicht festgestellt werden, welche Stoffe toxisch wirken, da im Deponiesickerwasser eine Vielzahl an Stoffen enthalten sind und die Organismen auf das gesamte Stoffgemisch reagieren.

Zusätzliche Informationen zu den gewählten Parametern

Tabelle 11 des Anhangs A2-2 enthält zusätzliche Informationen zu den für die Risikobetrachtung gewählten Parametern, die Hinweise auf die gewässerökologische Relevanz der Parameter geben können. Es handelt sich um Informationen über weitere Anforderungen aus der Gewässerschutzverordnung (Anforderungen an die Einleitung aus Abwasserreinigungsanlagen, Anforderungen an die Wasserqualität von Fließgewässern), Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser in Deutschland und Österreich, PNEC-Werte⁵ für diejenigen Parameter, für welche solche Werte definiert wurden, Werte aus der FIV für Trinkwasser^[20] sowie die zulässigen Höchstkonzentrationen für prioritäre Stoffe nach EG-Richtlinie^[15]. Der Vergleich mit den aufgezählten Werten gibt Anhaltspunkte für die immissionsseitige Betrachtung.

Im Anhang A2-3 ist ein Lesebeispiel zur Risikobetrachtung von Cr(VI) aufgeführt.

⁵ Als PNEC (predicted no effect concentration) bezeichnet man die vorausgesagte Konzentration eines in der Regel umweltgefährlichen Stoffes, bis zu der sich keine Auswirkungen auf die Umwelt zeigen.

A2-2 Tabellen der einfachen Risikobetrachtung

Tab. 9 > Einleitung in Gewässer

Parameter	Teil Deponie					Einleitung in Gewässer						
	Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen ¹⁾					Anforderungen	Risiko relevanter Immissionen ²⁾					
	Inertstoff	Schlackekompartiment ³⁾	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung	GSchV Einl. in Gewässer	angenommenes ökolog. Schadensausmass ⁴⁾	Inertstoff	Schlacke	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung
pH-Wert	1	3	2	3	2	6,5–9,0	3	3	9	6	9	6
BSB ₅	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	3	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	20 mg/l O ₂	2	2	4	6	2	2
DOC	2	3	3	2	2	10 mg/l C	2	4	6	6	4	4
Temperatur	1	1	1	1	1	30 °C ⁶⁾	1	1	1	1	1	1
Durchsichtigkeit (nach Snellen)	1	1	1	1	1	30 cm	1	1	1	1	1	1
Gesamte ungelöste Stoffe	1	1	1	1	1	20 mg/l	1	1	1	1	1	1
Arsen	1 ⁵⁾	1	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	0,1 mg/l As (gesamt)	3	3	3	6	3	3
Blei	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	1	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	0,5 mg/l Pb (gesamt)	3	3	3	3	3	3
Cadmium	1 ⁵⁾	2	1	1	1	0,1 mg/l Cd (gesamt)	3	3	6	3	3	3
Chrom(III)	1 ⁵⁾	1	1	1	1	2 mg/l Cr (gesamt)	2	2	2	2	2	2
Chrom(VI) ⁵⁾	3	2	2	3	2	0,1 mg/l Cr(VI)	3	9	6	6	9	6
Kobalt ⁵⁾	1	1	1	1	1	0,5 mg/l Co (gesamt)	2	2	2	2	2	2
Kupfer	1 ⁵⁾	2	2	1	1	0,5 mg/l Cu (gesamt)	3	3	6	6	3	3
Molybdän	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	1	1	1	-	2	2	4	2	2	2
Nickel	1 ⁵⁾	1	1	1	1	2 mg/l Ni (gesamt)	2	2	2	2	2	2
Zink	1	1 ⁵⁾	1	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2 mg/l Zn (gesamt)	2	2	2	2	2	2
Cyanide ⁵⁾	1	1	1	1	1	0,1 mg/l CN (freies und leicht freisetzbares Cyanid)	2	2	2	2	2	2
Gesamte Kohlenwasserstoffe	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	10 mg/l	2	2	2	4	2	2
Leichtflüchtige chlorierte / halogenierte ⁵⁾ Kohlenwasserstoffe	1	1	2	1	1	0,1 mg/l Cl 0,1 mg/l X	3	3	3	6	3	3

Parameter aus GSchV

Parameter	Teil Deponie					Einleitung in Gewässer						
	Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen ¹⁾					Anforderungen	Risiko relevanter Immissionen ²⁾					
	Inertstoff	Schlackekompartiment ³⁾	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung	GSchV	angenommenes ökolog. Schadensausmass ⁴⁾	Inertstoff	Schlacke	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung
Einl. in Gewässer												
Leitfähigkeit	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Chlorid ⁷⁾	1	2	2	2	1		1	1	2	2	2	1
AOX	1 ⁵⁾	3	3	2 ⁵⁾	2 ⁵⁾		3 ⁸⁾	3	9	9	6	6
Ammonium ⁹⁾	1	2 ⁵⁾	3	1	1		2	2	4	6	2	2
Nitrit	3	2 ⁵⁾	3	3 ⁵⁾	3 ⁵⁾		2	3	4	4	3	3
Nitrat ⁷⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Sulfat ¹⁰⁾	2	3	2	3	2		1	2	3	2	3	2
Sulfid ¹⁰⁾	1 ⁵⁾	1	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾		1	1	1	2	1	1
CSB	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2	1	1		1	1	1	2	1	1
Antimon ⁵⁾	1	2	2	1	1		3	3	6	6	3	3
Quecksilber	1	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾		3	3	3	6	3	3
Silber ⁵⁾	1	1	1	1	1		3	3	3	3	3	3
Zinn ⁵⁾	1	1	1	1	1		2	2	2	2	2	2
Fluorid ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Phosphor (gesamt) ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
PCB ⁵⁾	1	1	2	1	1		3	3	3	6	3	3
aus Aktiv Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	1 ¹¹⁾	1	2	1	1		3 ¹²⁾	3	3	6	3	3

Tab. 10 > Einleitung in die öffentliche Kanalisation

Parameter	Teil Deponie					Einleitung in die öffentliche Kanalisation						
	Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen ¹⁾					Anforderungen	Risiko relevanter Immissionen ²⁾					
	Inertstoff	Schlackekompartiment ³⁾	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung		GSchV Einl. in Kanalisation	angenommenes betriebl. Schadensausmass ⁴⁾	Inertstoff	Schlacke	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung
pH-Wert	1	3	2	3	2	6,5–9,0 ¹³⁾	1	1	2	2	3	2
BSB ₅	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	3	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾		1	1	2	3	1	1
DOC	2	3	3	2	2		1	2	3	3	2	2
Temperatur	1	1	1	1	1	60 °C ¹⁴⁾	1	1	1	1	1	1
Durchsichtigkeit (nach Snellen)	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
Gesamte ungelöste Stoffe	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
Arsen	1 ⁵⁾	1	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	0,1 mg/l As (gesamt)	1	1	1	2	1	1
Blei	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	1	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	0,5 mg/l Pb (gesamt)	1	1	1	1	1	1
Cadmium	1 ⁵⁾	2	1	1	1	0,1 mg/l Cd (gesamt)	1	1	2	1	1	1
Chrom(III)	1 ⁵⁾	1	1	1	1	2 mg/l Cr (gesamt)	1	1	1	1	1	1
Chrom(VI) ⁵⁾	3	2	2	3	2	2 mg/l Cr (gesamt)	1	3	2	2	3	2
Kobalt ⁵⁾	1	1	1	1	1	0,5 mg/l Co (gesamt)	1	1	1	1	1	1
Kupfer	1 ⁵⁾	2	2	1	1	1 mg/l Cu (gesamt)	1	1	2	2	1	1
Molybdän	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	1	1	1	1 mg/l Mo (gesamt)	1	1	2	1	1	1
Nickel	1 ⁵⁾	1	1	1	1	2 mg/l Ni (gesamt)	1	1	1	1	1	1
Zink	1	1 ⁵⁾	1	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2 mg/l Zn (gesamt)	1	1	1	1	1	1
Cyanide ⁵⁾	1	1	1	1	1	0,5 mg/l CN- (freies und leicht freisetzbare Cyanid)	1	1	1	1	1	1
Gesamte Kohlenwasserstoffe	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	20 mg/l	1	1	1	2	1	1
Leichtflüchtige chlorierte / halogenierte ⁵⁾ Kohlenwasserstoffe	1	1	2	1	1	0,1 mg/l Cl 0,1 mg/l X	1	1	1	2	1	1
						Einl. in Kanalisation						

Parameter aus GSchV

Parameter	Teil Deponie					Einleitung in die öffentliche Kanalisation						
	Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen ¹⁾					Anforderungen	Risiko relevanter Immissionen ²⁾					
	Inertstoff	Schlackekompartiment ³⁾	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung	GSchV Einl. in Kanalisation	angenommenes betriebl. Schadensausmass ⁴⁾	Inertstoff	Schlacke	Reaktor	Reststoff mit Zementverfestigung	Reststoff ohne Zementverfestigung
Leitfähigkeit	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Chlorid ⁷⁾	1	2	2	2	1		2	2	4	4	4	2
AOX	1 ⁵⁾	3	3	2 ⁵⁾	2 ⁵⁾		3	3	9	9	6	6
Ammonium ⁹⁾	1	2 ⁵⁾	3	1	1		1	1	2	3	1	1
Nitrit	3	2 ⁵⁾	3	3 ⁵⁾	3 ⁵⁾		1	3	2	3	3	3
Nitrat ⁷⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Sulfat ¹⁰⁾	2	3	2	3	2		3	6	9	6	9	6
Sulfid ¹⁰⁾	1 ⁵⁾	1	2	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾		3	3	3	6	3	3
CSB	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾	2	1	1		1	1	1	2	1	1
Antimon ⁵⁾	1	2	2	1	1		1	1	2	2	1	1
Quecksilber	1	1 ⁵⁾	2 ⁵⁾	1 ⁵⁾	1 ⁵⁾		1	1	1	2	1	1
Silber ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Zinn ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Fluorid ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Phosphor (gesamt) ⁵⁾	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
aus AltIV PCB ⁵⁾	1	1	2	1	1		3	3	3	6	3	3
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	1 ¹¹⁾	1	2	1	1		1	1	1	2	1	1

Tab. 11 > Zusätzliche Informationen zu den Parametern

Parameter	GSchV	Anforderungen für die Einleitungsstelle, Deutschland ¹⁶⁾	Anforderungen an die Einleitung in ein Fließgewässer, Österreich ¹⁷⁾	weitere	GSchV	PNEC _{aq} ¹⁸⁾	FIV- Trinkwasser ²⁰⁾	Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe ¹⁹⁾
	Einleitung aus ARA ¹⁵⁾	Grenzwert	Toleranzwert		Anforderung an Wasserqualität Fließgewässer	(µg/l)	(mg/l)	(µg/l)
pH-Wert								-
BSB ₅	15–20 mg/l O ₂ ²⁰⁾	20 mg/l	10 mg/l O ₂		2–4 mg/l O ₂			-
DOC	10 mg/l ²⁰⁾				1–4 mg/l C			-
Temperatur								-
Durchsichtigkeit (nach Snellen)	30 cm							-
Gesamte ungelöste Stoffe	15–20 mg/l ²⁰⁾							-
Arsen		0,1 mg/l				4,4	0,05 ²¹⁾	-
Blei		0,5 mg/l	0,5 mg/l		0,01 mg/l Pb (gesamt)	5	0,01 ²¹⁾	n,a,
Cadmium		0,1 mg/l	0,1 mg/l		0,2 µg/l Cd (gesamt)	0,3	0,005 ²¹⁾	0,45–1,5
Chrom(III)		0,5 mg/l Cr	0,5 mg/l Cr (gesamt)		0,002 mg/l Cr (gesamt)	4,7		-
Chrom(VI) ⁵⁾		0,1 mg/l Cr(VI)	0,5 mg/l Cr (gesamt)		0,002 mg/l Cr(III und VI)	4,1	0,06 ²¹⁾	-
Kobalt ⁵⁾						0,5		-
Kupfer		0,5 mg/l	0,5 mg/l		0,005 mg/l Cu (gesamt)	1,6	1,5 ²²⁾	-
Molybdän								-
Nickel		1 mg/l			0,01 mg/l Ni (gesamt)	0,5		n,a,
Zink		2 mg/l			0,02 mg/l Zn (gesamt)	8,6	5 ²²⁾	-
Cyanide ⁵⁾		0,2 mg/l (leicht freisetzbar)				0,1	0,05 ²¹⁾	-
Gesamte Kohlenwasserstoffe		10 mg/l	5 mg/l					-
Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe oder							0,008 ²²⁾	-
Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe ⁵⁾			---					-

Parameter aus GSchV

	Parameter	GSchV Einleitung aus ARA ¹⁵⁾	Anforderungen für die Einleitungs- stelle, Deutsch- land ¹⁶⁾ Grenzwert	Anforderungen an die Einleitung in ein Fließgewäs- ser, Österreich ¹⁷⁾ Toleranzwert	weitere	GSchV Anforderung an Wasserqualität Fließgewässer	PNEC _{aq} ¹⁸⁾ (µg/l)	FIV- Trinkwass- er ²⁰⁾ (mg/l)	Umweltquali- tätssnormen für prioritäre Stoffe ¹⁹⁾ (µg/l)
weitere Parameter	Leitfähigkeit			---	---				-
	Chlorid ⁷⁾			---	---				-
	AOX	0,08 mg/l X ²⁰⁾	0,5 mg/l	0,5 mg/l					-
	Ammonium ⁸⁾	2 mg/l N ^{20,23)}		10 mg/l		0,2-0,4 mg/l N		0,5 ²²⁾	-
	Nitrit	0,3 mg/l NO ₂ - N ²⁴⁾	2 mg/l NO ₂ -N					0,1 ²²⁾	-
	Nitrat ⁷⁾				---	5,6 mg/l N		40 ²²⁾	-
	Sulfat ⁹⁾				> 200 mg/l, beton- aggressiv				-
	Sulfid ⁹⁾		1 mg/l	0,5 mg/l					-
	CSB		200 mg/l O ₂	50 mg/l O ₂					-
	Antimon ⁵⁾						9,3	0,005 ²²⁾	-
	Quecksilber		0,05 mg/l			0,03 µg/l Hg (gesamt) 0,01 µg/l Hg (gelöst)	0,2	0,001 ²¹⁾	0,07
	Silber ⁵⁾							0,1 ²²⁾	-
	Zinn ⁵⁾						1,5		-
	Fluorid ⁵⁾							1,5 ²²⁾	-
	Parameter aus AltIV	Phosphor (gesamt) ⁵⁾	0,8 mg/l ^{20,25)}	3 mg/l					1 ²²⁾ (Phos- phate)
PCB ⁵⁾									-
Polycyclische aroma- tische Kohlenwasserstoffe (PAK)								0,0002 ²²⁾	n,a,
Acenaphthen							3,7		-
Anthracen							0,06		0,4
Benzo(a)anthracen							0,024		-
Benzo(b)fluoranthen							0,03		-
Benzo(k)fluoranthen							0,03		-
Benzo(a)pyren							0,05		0,1
Chrysen									-
Dibenz(ah)anthracen									-
Fluoranthen							0,12		1
Fluoren							0,25		-
Indeno(1,2,3-cd)pyren							0,0016		-
Naphthalin									-
Pyren							0,024		-

Legende zu den Tabellen 9, 10 und 11 aus Anhang A2-2

- 1) Die ermittelte Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen beruht mangels Angaben zu Stoff- sowie Sickerwassermengen auf einer einfachen Kriterienbeurteilung. Die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Emission wird primär aufgrund beobachtetem oder dann zu erwartendem Eintreten von Überschreitungen der Anforderung der GSchV sowie allenfalls aufgrund anderer Richtwerte und Mobilitätseigenschaften des jeweiligen Parameters hergeleitet. Wertung von 1 bis 3, wobei 1 «niedrig» und 3 «hoch» ist. Genauere Informationen zur Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen der einzelnen Parameter sind dem Anhang A2-2 (Tabelle 12) zu entnehmen.
- 2) Das Risiko für die Beeinträchtigung des Gewässers resultiert aus dem Produkt von «Wahrscheinlichkeit relevanter Emission» und «angenommenes ökologisches Schadensausmass». Das Risiko für die Beeinträchtigung der Kanalisation/ARA resultiert aus dem Produkt von «Wahrscheinlichkeit relevanter Emission» und «angenommenes betriebliches Schadensausmass». Dieses Risiko soll einen Hinweis darauf geben, welche Parameter insbesondere beim jeweiligen Deponietyp möglicherweise problematisch sein können. Wertung von 1 bis 9, wobei 1 bis 3 «gering», 3 bis 6 «mittel», 9 «hoch» ist.
- 3) Schlackekompartiment auf Reaktordeponien.
- 4) Unter genereller Berücksichtigung von Toxizität, Persistenz und Bioakkumulation des jeweiligen Parameters wird hinsichtlich der Einleitung ins Gewässer ein ökologisches Schadensausmass zugeordnet. Wertung von 1 bis 3, wobei 1 «niedrig» und 3 «hoch» ist.
- 5) Es liegen keine oder nur wenig Werte vor.
- 6) Die Behörde kann kurzfristige Überschreitungen im Sommer zulassen (Anhang 3.2 Ziffer 2 Nr. 2 GschV).
- 7) Deponieindikator.
- 8) Bei erhöhten Werten weitere Abklärungen treffen.
- 9) Wird im Wasser Ammonium gemessen, so handelt es sich beim Messwert stets um die Summe der Konzentrationen von Ammonium und Ammoniak. Ammoniak ist ein starkes Fischgift. Das Verhältnis von Ammonium zu Ammoniak ist vom pH und der Temperatur abhängig. Bei pH > 9 liegt ausschliesslich Ammoniak vor.
- 10) Bildung von Schwefelwasserstoff → Arbeitssicherheit, Korrosion^[1].
- 11) Falls mit Ablagerung von PAK-haltigem Material gerechnet werden muss, dann mit 2 bewerten.
- 12) Je nach Einzelstoff.
- 13) Abweichungen sind bei ausreichender Vermischung in der Kanalisation zulässig.
- 14) Die Temperatur in der Kanalisation darf nach der Vermischung höchstens 40 °C betragen.
- 15) Einleitung von kommunalem Abwasser in Gewässer aus Anhang 3.1 GSchV.
- 16) Quelle: ^[2].
- 17) Quelle: ^[3].
- 18) PNEC_{aq} = Predicted no effected concentration (Konzentration); Werte gemäss INERIS^[10] und ETOX^[7].
- 19) Zulässige Höchstkonzentration aus 2006/0129 (COD) LEX 931: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik; Zur Änderung und anschliessenden Aufhebung der Richtlinien 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG und 86/280/EWG und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG; n.a. = nicht anwendbar^[15].
- 20) Zu diesem Parameter gibt es noch weitere Anforderungen bezüglich des Reinigungseffektes in Anhang 3.1 GSchV.
- 21) Grenzwert.
- 22) Toleranzwert.
- 23) Summe von NH₄⁺-N und NH₃-N.
- 24) Richtwert.
- 25) Anforderungen für die Einleitung in empfindliche Gewässer aus Anhang 3.1 GSchV.

Tab. 12 > Erläuterungen zur einfachen Risikobetrachtung (in Tab. 9 und Tab. 10)

Parameter	Zuordnung aufgrund	Zuordnung der Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen in Anh. A2-2	Erläuterung Parameter	Begründung angenommenes ökolog. Schadensausmass
pH-Wert	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 2 = MW häufig innerhalb GSchV 3 = MW fast immer ausserhalb GSchV	Der pH-Wert kann chemische Verbindungen beeinflussen. Er kann entscheiden, ob ein Stoff als toxische oder harmlose Verbindung auftritt oder ob Schwermetalle mobil oder immobil sind.	Auch im Zusammenhang mit Schadstoffen relevant; wirkt mit zunehmendem Wert als Fischgift (Ammoniak); kann alleine auch fischtoxisch sein (ungefähr ab pH 10)
BSB ₅	Reaktor: Messdaten aus IST-Zustandserhebung andere: zu wenig Daten, Annahme	3 = MW fast immer ausserhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten 3 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle hohe Werte erwarten	Gelangt Deponiesickerwasser mit einem BSB ₅ -Wert in einen Bach, kann dies die dortige Fauna beeinträchtigen.	Kann zu erhöhter Sauerstoffzehrung in Gewässern führen
DOC	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	2 = MW häufig innerhalb GSchV 3 = MW fast immer ausserhalb GSchV	Der gelöste organische Kohlenstoff (DOC = dissolved organic carbon) kann in Fliessgewässern ein Indikator für die zivilisatorische Belastung sein. Entscheidend für die Gewässerbelastung ist der leicht abbaubare Anteil des DOC (als BSB ₅ messbar).	Die problematischen organischen Verbindungen (PAK etc.), welche ebenso für das Gewässer relevant sind, treten im Summenparameter DOC aufgrund ihrer tiefen Konzentration zu wenig in Erscheinung. Insbesondere lässt sich keine Korrelation zwischen dem DOC und einer Toxizität (siehe Anhang A2-2) nachweisen.
Temperatur	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	1 = nicht relevant	-	-
Durchsichtigkeit	-	1 = nicht relevant	-	-
Gesamte ungelöste Stoffe	-	1 = nicht relevant	-	-
Arsen	Schlacke, Reaktor: Messdaten aus IST-Zustandserhebung andere: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 2 = MW häufig innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Blei	Schlacke, Reaktor: Messdaten aus IST-Zustandserhebung andere: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Blei ist wenig mobil; Eine Mobilisierung und damit eine Überschreitung der Grenzwerte kann erst ab einem pH < 5 auftreten.	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Cadmium	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 2 = MW häufig innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Chrom(III)	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 2 = MW häufig innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Chrom(III) ist immobil	mittlere Toxizität, hohe Persistenz

Parameter	Zuordnung aufgrund	Zuordnung der Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen in Anh. A2-2	Erläuterung Parameter	Begründung angenommenes ökolog. Schadensausmass
Chrom(VI)	zu wenig Daten, Annahme	2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten 3 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle hohe Werte erwarten	Chrom(VI) ist auch bei hohem pH-Wert sehr mobil. Es stammt in Deponien vor allem aus Zement (also aus Bauschutt). In Anwesenheit von organischen Verbindungen ist Chrom(VI) im Prinzip nicht stabil und wird zu Chrom(III) reduziert. Die Reaktion ist jedoch sehr langsam, wodurch das Chrom noch in der toxischen Form Chrom(VI) in einen Bach bzw. die biologische Stufe einer Kläranlage gelangen und dort Störungen bewirken kann.	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Kobalt	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor	mittlere Toxizität, hohe Persistenz
Kupfer	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 2 = MW häufig innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor sowie in Aushub aus belasteten Standorten	Hohe Toxizität (für Mikroorganismen), hohe Persistenz
Molybdän	Reaktor: Messdaten aus IST-Zustandserhebung andere: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor	mittlere Toxizität, hohe Persistenz
Nickel	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Kommt heute vor allem noch in Schlacke vor	mittlere Toxizität, hohe Persistenz
Zink	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Reststoff: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Zink ist wenig mobil, jedoch mobiler als Blei. Einleitgrenzwerte im Sickerwasser könnten nur in ganz seltenen Fällen überschritten werden. Kommt heute vor allem in Schlacke und Aushub aus belasteten Standorten vor.	mittlere Toxizität, hohe Persistenz
Cyanid	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Diese äusserst toxische Verbindung lässt sich im Deponiesickerwasser sehr selten nachweisen.	Hohe Toxizität, mittlere Persistenz
Gesamte KW	Reaktor: Messdaten, IST-Zustand andere: zu wenig Daten, Annahme	2 = MW häufig innerhalb GSchV 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Vor allem in Aushub aus belasteten Standorten und Mineralölunfällen	toxisch, mittlere Persistenz
Leichtflüchtige chlorierte / halogenierte KW	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Eher selten, wenn, dann in Aushub aus belasteten Standorten	Unter aeroben Bedingungen nicht abbaubar, unter anaeroben Bedingungen besser abbaubar; toxisch, hohe Persistenz
Leitfähigkeit	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	1 = nicht relevant	Die Leitfähigkeit ist ein Mass der Salzkonzentration. Sie dient als einfache Analyse-methode zur Feststellung von Veränderungen im Deponiesickerwasser. Absolut hat der Wert der Leitfähigkeit keine Bedeutung.	-
Chlorid	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	1 = kein Risiko 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Deponieindikator, Katalysator für Stahlkorrosion (allenfalls für armierten Beton schädlich)	-

Parameter	Zuordnung aufgrund	Zuordnung der Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen in Anh. A2-2	Erläuterung Parameter	Begründung angenommenes ökolog. Schadensausmass
AOX	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert, Reststoff: zu wenig Daten, Annahme	2 = MW häufig erhöht 3 = MW hoch 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Mit dem Analysenparameter AOX werden adsorbierbare organische Halogenverbindungen, wie z. B. Trichlorethylen (TCE) erfasst. TCE kann von gewissen Mikroorganismen abgebaut werden, wirkt aber in höherer Konzentration toxisch auf Kleintiere. Würde auf einer Reststoff- oder Reaktordeponie massiv mit TCE belastetes Aushubmaterial abgelagert und gelangte das entsprechende Sickerwasser unverdünnt in die Kanalisation, könnte dies zu einer Beeinträchtigung der ARA führen.	Unter aeroben Bedingungen nicht abbaubar, unter anaeroben Bedingungen besser abbaubar; Je nach Verbindung praktisch unschädlich oder hoch toxisch (z. B. Dioxine), hohe Persistenz
Ammonium	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Schlacke: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer tief 2 = MW häufig erhöht 3 = MW hoch 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Ammonium (NH_4^+) befindet sich in wässriger Lösung im Gleichgewicht mit Ammoniak (NH_3). Bei den im Sickerwasser der Deponie festgestellten pH-Werte (7 bis 9) liegt das Gleichgewicht auf der Seite von Ammonium. Bei pH-Werten über 9,2 dagegen liegt der überwiegende Teil des Ammoniums als Ammoniak vor. Letzteres ist ein starkes Fischgift. Wird stark basisches Sickerwasser (pH-Werte zwischen 9 und 13) unbehandelt in ein Gewässer geleitet, könnte es bereits bei Ammonium-Konzentrationen von 1 bis 2 mg/L zu einem Fischsterben kommen (LC_{50} von NH_3 : 0,8 bis 8 mg/L).	Hohe Toxizität (falls pH-Wert hoch: Ammoniak), mittlere Persistenz (wenn wenig O_2)
Nitrit	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Schlacke, Reststoff: zu wenig Daten, Annahme	2 = MW häufig erhöht, 3 = MW hoch 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten 3 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle hohe Werte erwarten	Nitrit ist stark fischgiftig, insbesondere für Salmoniden (Forellenart). Nitrit entsteht durch die biologische Umsetzung von Ammonium zu Nitrat. Es wird von einem Emissionsrichtwert von 0,3 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ ausgegangen. Von Vorteil ist Chlorid im Deponiesickerwasser, welches die Toxizität von Nitrit reduzieren kann. Im Gewässer geht man von einer Zielvorgabe von 0,02 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ bei < 10 mg/l Cl ⁻ und von 0,1 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ bei > 20 mg/l Cl ⁻ aus.	Mittlere Toxizität, mittlere Persistenz
Nitrat	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Negative Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in Oberflächengewässern durch Nitrat werden nicht beobachtet. Die Anforderung an Gewässer, die der Trinkwassernutzung dienen, beträgt 5,6 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$.	Niedrige Toxizität
Sulfat	Messdaten aus IST-Zustandserhebung	2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten 3 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle hohe Werte erwarten	Gemäss DIN 4030 ⁽⁶⁾ gilt Sickerwasser ab 200 mg/l SO_4 bereits als betonangreifend. Hohe Sulfatkonzentrationen können unter anaeroben Bedingungen, warmen Temperaturen und dem Vorliegen von organischer Substanz in Sulfid umgewandelt werden.	Niedrige Toxizität

Parameter	Zuordnung aufgrund	Zuordnung der Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen in Anh. A2-2	Erläuterung Parameter	Begründung angenommenes ökolog. Schadensausmass
Sulfid	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert, Reststoff: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer tief 2 = MW häufig erhöht 1 = keine hohen Werte zu erwarten	Sulfid kann im Deponiesickerwasser auftreten oder in der Kanalisation mit Unterstützung von hohen Sulfatkonzentrationen des Sickerwassers und entsprechenden Randbedingungen (anaerobe Zustände, T > 15 °C, organische Substanz vorhanden) gebildet werden. Sulfid ist für anaerobe Wasserorganismen toxisch und kann auf Kläranlagen Störungen verursachen. Ausgasendes Sulfid (Schwefelwasserstoff) ist für den Menschen in höherer Konzentration tödlich und belastet als Geruchsbelästigung die Umgebungsluft der Kanalisation. Schwefelwasserstoff wirkt in Kondenswasser stark korrosiv.	Hohe Toxizität, niedrige Persistenz
CSB	Messdaten aus IST-Zustandserhebung Inert, Schlacke: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer tief 2 = MW häufig erhöht 1 = keine hohen Werte zu erwarten	CSB steht für den chemischen Sauerstoffbedarf. Dieser Summenparameter zeigt auf, wie viel oxidierbare organische Substanz vorliegt. Im CSB ist auch ein Anteil des biologischen Sauerstoffbedarfs BSB ₅ enthalten. Der CSB ist ein Summenparameter der Abwassertechnik und bildet eine Grösse der organischen Belastung des Deponiesickerwassers ab.	Kann zu erhöhter Sauerstoffzehrung in Gewässern führen
Antimon	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Wenig mobiles Metall, etwas mobiler als Blei	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Quecksilber	Inert: Messdaten aus IST-Zustandserhebung andere: zu wenig Daten, Annahme	1 = MW fast immer tief 1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Vor allem in Aushub aus belasteten Standorten	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Silber	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Eher selten vorhanden	Hohe Toxizität, hohe Persistenz
Zinn	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Eher selten vorhanden	Mittlere Toxizität, hohe Persistenz
Fluorid	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Eher selten vorhanden	Niedrige Toxizität
Phosphor (gesamt)	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten	Eher selten vorhanden	Niedrige Toxizität
PCB	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Vor allem in Aushub aus belasteten Standorten (Hydrauliköle, Transformatoren, etc.), relativ mobil	Hohe chronische Toxizität bereits in geringen Mengen, hohe Persistenz
PAK	zu wenig Daten, Annahme	1 = keine hohen Werte zu erwarten 2 = lässt aufgrund abgelagerter Abfälle höhere Werte erwarten	Teerhaltiger Ausbauasphalt, Aushub von belasteten Standorten (Gaswerke, etc.)	Bei 3: Hohe Toxizität, hohe Persistenz, krebserregend (nachgewiesen oder wahrscheinlich) Bei 1: mittlere Toxizität, mittlere Persistenz

¹MW = Messwerte, KW = Kohlenwasserstoffe, PCB = polycyclische Biphenyle, PAK = polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

A2-3 Lesebeispiel zur Risikobetrachtung

Für das Lesebeispiel zur Risikobetrachtung wird hier Chrom in der Form Cr(VI) gewählt.

Beispiel Cr(VI)

Für den Fall Cr(VI) wird die Wahrscheinlichkeit, aus einer Inertstoffdeponie ausgewaschen zu werden, mit einer **3**, also als hoch eingestuft. Bei einem Schlackekompartiment ist dagegen eine **2** angegeben, was bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen für das Auftreten von Cr(VI) im Deponiesickerwasser als mittel eingestuft wird. Analog wird die Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen für die übrigen Deponiearten angegeben.

Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen

Die Anforderung für Cr(VI) für eine Einleitung in Gewässer beträgt gemäss GSchV 0,1 mg/l.

Grenzwert

Dem ökologischen Schadensausmass für Cr(VI) bei einer Einleitung in Gewässer wurde eine **3** zugeordnet, es wird also als hoch eingestuft.

Angenommenes ökologisches Schadensausmass

Das Risiko relevanter Immissionen für Cr(VI), das sich aus der Wahrscheinlichkeit relevanter Emissionen multipliziert mit dem ökologischen Schadensausmass ergibt, wird je nach Deponietyp angegeben. Somit ergibt sich für Sickerwasser aus einer Inertstoffdeponie oder aus einer Reststoffdeponie mit Zementverfestigung ein Wert von $3 \times 3 = 9$ (hoch), aus einem Schlackekompartiment oder aus einer Reststoffdeponie ohne Zementverfestigung ein Wert von $2 \times 3 = 6$ (mittel).

Risiko relevanter Immissionen

Dasselbe Vorgehen gilt für die Einleitung in die Kanalisation. Hier erhält Cr(VI) einen Wert von **1** für das angenommene betriebliche Schadensausmass. Das Risiko relevanter Immissionen wird analog zur Einleitung in Gewässer berechnet. Damit ergibt sich für Cr(VI) z. B. bei Inertstoffdeponien ein Wert von $3 \times 1 = 3$ (gering), bei Reststoffdeponien ohne Zementverfestigung ein Wert von $2 \times 1 = 2$ (gering).

Für Cr(VI) gibt es keine Anforderung aus der GSchV für die Einleitung von kommunalen Abwasser aus einer ARA in Gewässer. In Deutschland darf Deponiesickerwasser höchstens 0,1 mg/l Cr(VI) (Grenzwert) für eine Einleitung aufweisen. In Österreich gibt es einen Toleranzwert für Chrom gesamt; dieser beträgt 0,5 mg/l. Für den PNEC_{aq}-Wert für die Einleitung in ein Fließgewässer ist 4,1 µg/l und in der FIV 0,06 mg/l für Trinkwasser^[20] vermerkt.

Zusätzliche Informationen

A3 Beispiele

Mit den nachfolgend dargestellten Beispielen aus der Praxis wird gezeigt, wie die Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser umgesetzt werden können. Es empfiehlt sich bei der Einzelfallbetrachtung vorhandene Schadstoffinventare zu berücksichtigen.

Beispiel 1

Es ist geplant, eine bestehende Inertstoffdeponie zu erweitern. Es dürfen nur TVA-konforme Inertstoffe abgelagert werden; in der Vergangenheit wurden vermutlich auch kleinere Mengen anderer Abfälle, wie Klärschlämme und Schlacke, deponiert. Das Sickerwasser wird gefasst und über eine bestehende Flurleitung in einen kleinen Bach abgeleitet. Ein Anschluss an eine Schmutzwasserkanalisation wäre theoretisch möglich, aufgrund der grossen Distanz von ca. 600 Metern ist aber mit erheblichen Kosten in der Grössenordnung von Fr. 160 000 zu rechnen.

Ausgangslage

Für die bestehende Einleitung des Sickerwassers liegt keine Bewilligung vor; dies soll im Rahmen des Erweiterungsprojekts nachgeholt werden, d.h. **es muss geprüft werden, ob und unter Festlegung welcher Anforderungen die Einleitung dem Gewässerschutzrecht entspricht und bewilligt werden kann.**

Aufgrund der vorhandenen Daten des bestehenden Deponieteils und seiner Erfahrung mit ähnlichen Deponien stellt der planende Ingenieur folgende Prognosen:

Daten Deponiesickerwasser

Abfluss:	45 m ³ /Tag (entsprechend 0,52 l/s)
Leitfähigkeit:	2,2 mS/cm
pH-Wert:	7,6
Chlorid:	190 mg/l
Nitrat-N:	45 mg/l
Nitrit-N:	0,4 mg/l
Ammonium-N:	0,8 mg/l
DOC:	20 mg/l
BSB ₅ :	kein Wert
P _{gesamt} :	0,1 mg/l
Metalle (gesamt), mg/l:	Pb < 0,5
	Cr, Co, Mo, Ni je < 0,1
	Cd, Cu, Zn je < 0,05
	As < 0,005

Oberhalb Einleitung des Sickerwassers:

Daten Vorfluter

Abfluss bei Trockenwetter:	110 l/s
Ammonium-N:	0,36 mg/l
DOC:	2,5 mg/l
Nitrat-N:	7,5mg/l
o-PO ₄ -P:	0,14 mg/l

Bei der biologischen Untersuchung des Baches (äusserer Aspekt, Makroinvertebraten) wurde kein Einfluss der Sickerwassereinleitung auf diese biologischen Parameter festgestellt.

- > die allgemeinen Anforderungen an Industrieabwasser nach Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV sind erfüllt. CN und Kohlenwasserstoffe wurden nicht gemessen, da deren Vorkommen aufgrund des Deponieinhaltes nicht wahrscheinlich ist.
- > BSB₅ ≤ 20 mg/l
BSB₅ wurde nicht geprüft. Ein erhöhter BSB₅ ist wenig wahrscheinlich, er hätte sich auf die biologische Qualität / den äusseren Aspekt des Baches ausgewirkt.
- > DOC ≤ 20 mg/l oder DOC-Wirkungsgrad ≥ 75 % in einer Anlage nach dem Stand der Technik (siehe Abschnitt 2.2.2); die Abweichung von 10 mg/l ist akzeptierbar, weil einerseits die DOC-Anforderung erfüllt werden und andererseits die Kosten einer Reduktion nicht gerechtfertigt sind.
- > NH₄-N ≤ 15 mg/l
erfüllt
- > Die Qualitätsverschlechterung des Vorfluters durch die Einleitung des Sickerwassers beträgt höchstens ein Drittel einer Klassenbreite gemäss Beurteilung nach dem Modulstufenkonzept, Chemie (siehe Abschnitt 2.2.5), insbesondere zu beachten bei NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, P, DOC, Schwermetalle.
Die Verdünnung des Sickerwassers im Bach beträgt ca. 1:210. Damit lassen sich aus den oben aufgeführten Sickerwasserdaten die folgenden Erhöhungen der Konzentrationen berechnen:

Check auf Bewilligungsfähigkeit

Tab. 13 > Beurteilung gemäss MSK nach Einleitung

Parameter	Konzentration in Bach vor Einleitung	Beurteilung gemäss MSK vor	Konzentration in Bach nach Einleitung	Beurteilung gemäss MSK nach
o-P	0,14	schlecht	0,14	schlecht
NO ₃ -N	7,5	mässig	7,7	mässig
NO ₂ -N	X	?	X + 0,002	?
NH ₄ -N (> 10 °C)	0,36	unbefriedigend	0,36	unbefriedigend
DOC	2,5	gut	2,6	gut

Bei keinem der Parameter ist eine Verschlechterung von > 1/3 der Klassenbreite gemäss MSK festzustellen. Die Forderung ist somit erfüllt.

Tab. 14 > Konzentrationszunahme nach Einleitung

Parameter	Zielvorgabe [$\mu\text{g/l}$] Anhang 2 GSchV	Berechnete Konzentrationszunahme im Gewässer nach Einleitung ¹⁾ [$\mu\text{g/l}$]	Zulässige Konzentrationszunahme im Gewässer nach Einleitung (max. 1/3-Klassenbreite nach MSK) ²⁾ [$\mu\text{g/l}$]
Blei (Pb gesamt)	10	< 2,4	< 1,67
Cadmium (Cd gesamt)	0,2	< 0,24	< 0,03
Chrom (Cr gesamt)	5	< 0,48	< 0,84
Kupfer (Cu gesamt)	5	< 0,24	< 0,84
Nickel (Ni gesamt)	10	< 0,48	< 1,67
Quecksilber (Hg gesamt)	0,03	³⁾	< 0,005
Zink (Zn gesamt)	20	< 0,24	< 3,33

¹⁾ Berechnungsgrundlage ist der Prognosewert für das Sickerwasser und das Verdünnungsverhältnis

²⁾ Berechnungsgrundlage gemäss Tab. 2 MSK [5]

³⁾ es liegt kein Prognosewert für Hg vor

Aufgrund der Prognosewerte für das Sickerwasser könnte sich für die Metalle Pb und Cd eine unzulässige Erhöhung der Konzentration im Bach ergeben. Um Klarheit zu schaffen, muss das real anfallende Sickerwasser sowie die Vorbelastung des Baches regelmässig analysiert werden. Dabei ist auch das Metall Hg einzubeziehen, von welchem keine Prognosewerte vorliegen. Allfällige Gegenmassnahmen sind in der Einleitungsbewilligung als Auflage für den Fall der Überschreitung der zulässigen Konzentrationszunahme festzuschreiben.

Die Qualitätsverschlechterung des Vorfluters durch die Einleitung des Sickerwassers führt nicht zu einem Klassenwechsel gemäss Beurteilung nach dem Modulstufenkonzept «äusserer Aspekt».

- > Für das eingeleitete Abwasser muss die Auswirkung auf die Ökologie des Vorfluters beurteilt werden (siehe Abschnitt 2.2.5). Die ökotoxikologische Beurteilung zeigt auf, ob die Anforderungen an das Deponiesickerwasser zu verschärfen oder zu ergänzen sind. Von der Forderung des Nachweises kann abgewichen werden, wenn aufgrund der Art der Deponie und des Sickerwassers ausgeschlossen werden kann, dass ökologisch bedenkliche organische Substanzen vorhanden sind.

Die ökotoxikologische Beurteilung kann aufgrund der Makroinvertebraten-Untersuchung im Bach vorgenommen und als erfüllt betrachtet werden. Auf eine Untersuchung für organische Spurenstoffe kann aufgrund dieser Untersuchung und aufgrund des Deponietyps verzichtet werden.

- > Fallweise eine Limitierung von Sulfid und weiteren Elementen gemäss obenstehenden Erläuterungen.

Für solche Untersuchungen besteht im vorliegenden Fall kein Anlass.

Der Check auf Bewilligungsfähigkeit ist positiv verlaufen. Die Einleitungsbewilligung in den Bach kann also erteilt werden. Ein Anschluss an die Schmutzwasserkanalisation ist aufgrund der momentanen Sachlage nicht nötig und wäre damit unverhältnismässig. Der DOC, welcher die Vorgaben knapp erfüllt, muss im Rahmen des Monitoring besonders im Auge behalten werden.

Erwägungen, Entscheid

- > Die Einleitungsbewilligung wird unter der Voraussetzung erteilt, dass sich der Abfluss und die Qualität des Sickerwassers im Rahmen der Prognosewerte des Ingenieurs oder darunter bewegen. Falls die Werte wesentlich höher liegen sollten, muss eine neue Beurteilung vorgenommen werden.
- > Zur Überwachung der zulässigen Konzentrationszunahmen sind die Parameter der Tab. 14 im Sickerwasser und im Bach regelmässig zu analysieren.
- > Im Gewässer dürfen sich durch die Abwassereinleitung keine Ablagerungen, Trübungen oder Verfärbungen ergeben.
- > Vorbehalt: Falls die Anforderungen nicht eingehalten werden, muss an die Schmutzwasserkanalisation angeschlossen werden; oder es muss eine Abwasserbehandlung vor Ort durchgeführt werden.
- > Abfallrechtliche Auflagen, wie Kontrolle des angelieferten Deponiegutes und Statistik führen über Art und Menge der angelieferten Abfälle.
- > Monitoring von Menge und Qualität des Sickerwassers mit Rapportierung an Behörde.
- > Monitoring im Bach mit Rapportierung an Behörde.

Auflagen und Bedingungen der Behörde

Beispiel 2

Es handelt sich um eine altrechtlich erstellte Kehrichtdeponie (Deponie der Klasse III), in welcher neben Hauskehricht auch Bauschutt, Klärschlamm und Gewerbeabfälle abgelagert worden sind. Dieser Deponieteil ist abgeschlossen: Das Sickerwasser wird gefasst und einer bestehenden betriebseigenen Sickerwasserbehandlungsanlage (voll nitrifizierende Biologie, Entfärbung, keine gezielte Denitrifikation) zugeführt. Für das in dieser Anlage behandelte Abwasser hat die Behörde eine Einleitungsbewilligung in den Vorfluter erteilt, die Auflagen werden eingehalten; der CSB-Eliminationsgrad beträgt im Jahresmittel 81 bis 82 %.

Ausgangslage

Aufgrund der hohen Betriebskosten erwägt der Deponiebesitzer, die Abwasserbehandlungsanlage allenfalls stillzulegen und das Sickerwasser per Tankwagen in eine zentrale Kläranlage abzuführen. Es ist zu klären, ob dies zulässig ist und welche Auflagen gemacht werden müssen.

Abfluss:	33 000 m ³ /Jahr
Leitfähigkeit:	8 mS/cm
pH-Wert:	7,9
Sulfat	280 mg/l
Nitrat-N:	10 mg/l
Nitrit-N:	1 mg/l
Ammonium-N:	560 mg/l
DOC:	301 mg/l (ber, aus CSB mit Umrechnungsfaktor 1/3,29)
P _{gesamt} :	10,1 mg/l
KW:	< 0,1 mg/l
FOCl:	< 0,01 mg/l
Metalle (gesamt), mg/l:	As 0,02
	Sb 0,08
	Pb 0,02
	Cd < 0,001
	Cr 0,15
	Co 0,12
	Cu 0,18
	Ni 0,14
	Hg < 0,0005
	Zn 0,15
	Sn 0,05
	Mo 0,55

Daten Rohsickerwasser
vor Behandlung

Abfluss:	14 000 000 m ³ /Jahr
DOC-Fracht:	Zulauf = 2030 t/Jahr, Ablauf = 100 t/Jahr
DOC-Elimination:	95 %
N _{kj} -Fracht im Zulauf:	530 t/Jahr
N-Elimination:	71 %

Daten der zentralen ARA

- > die allgemeinen Anforderungen an Industrieabwasser nach Anhang 3.2 Ziffer 2 GSchV sind alle eingehalten (CN⁻ nicht gemessen, da hier irrelevant). **Erfüllt**
- > Nachweis der biologischen Abbaubarkeit mit einer DOC-Elimination von ≥ 75 % ist im konkreten Deponiesickerwasser mit einem ARA-nahen Abbauversuch nachzuweisen (siehe Abschnitt 2.2.2).
Dieser Nachweis ist noch zu erbringen. Bei einem Abbau von 75 % beträgt der refraktäre Anteil 2,5 t/Jahr, dies macht 2,5 % der ARA-Ablauffracht aus.
- > Nachweis der Auswirkungen durch eine ökotoxikologische Beurteilung des gereinigten Abwassers (siehe Abschnitt 2.2.5).
Dieser Nachweis ist noch zu erbringen. Da im betroffenen Gewässer PCB und Sprengstoffchemikalien nachgewiesen wurden, ist das gereinigte Deponiesickerwasser zusätzlich auf diese Stoffgruppen zu untersuchen.

Check auf Bewilligungsfähigkeit

- > keine Hemmwirkung auf die Biologie der betroffenen ARA.
Dieser Nachweis muss im Rahmen des Abbaubarkeitsversuchs erbracht werden
- > Limitierung der Stickstofffracht derart, dass die betroffene ARA die an sie gestellten Anforderungen bezüglich Stickstoff einhält.
*Die NH₄-N Fracht des Deponiesickerwassers beträgt 18,5 t/Jahr, was 3,5% der ARA-Zulauffracht ausmachen würde. Angesichts der guten Eliminationsleistung dieser ARA kann hier kein Problem entstehen. **Erfüllt***
- > Fallweise Limitierung der Sulfat-Konzentration derart, dass keine Betonkorrosion zu besorgen ist (siehe Abschnitt 2.2.4).
*Der Sulfatgehalt in diesem Sickerwasser ist nur mässig hoch und wird sich auf die ARA-Bauwerke nicht auswirken. Leitungen sind nicht betroffen. **Erfüllt***
- > Fallweise Limitierung der Sulfid-Konzentration (siehe Abschnitt 2.2.4).
*Da das Sickerwasser per Strassentransport auf die ARA geführt werden soll, sind mässige Sulfidkonzentrationen **irrelevant**.*
- > Fallweise eine Limitierung von weiteren Elementen (siehe Abschnitt 2.2.6).
*Die Konzentrationen an Hg, Sb, Sn im Sickerwasser sind gering, daher **irrelevant**.*

Sofern der Nachweis bezüglich Abbaubarkeit und die ökotoxikologische Beurteilung den Anforderungen genügen, kann die Einleitung bewilligt werden.

Erwägungen, Entscheid

Eine Einleitungsbewilligung wird nur erteilt, wenn die biologische Abbaubarkeit nachgewiesen und die ökotoxikologische Beurteilung (inklusive Analyse der oben erwähnten Stoffgruppen) erfolgreich durchgeführt worden ist.

Auflagen und Bedingungen der Behörde

Darüber hinaus wird die Bewilligung unter folgender Auflage erteilt: Die Einleitungsbewilligung wird unter der Voraussetzung erteilt, dass sich der Abfluss und die Qualität des Sickerwassers im Rahmen der bisherigen Werte oder darunter bewegen. Falls die Werte wesentlich höher liegen sollten, muss eine neue Beurteilung vorgenommen werden.

A4 Kantonale Einleitbedingungen für Deponiesickerwasser

Tab. 15 > Spezielle kantonale Einleitbedingungen für Deponiesickerwasser (Stand 2009)

Kanton	Spezielle Einleitbedingungen	Grund	Erfahrungen
AG	<p>für Deponie Bärengraben, Würenlingen</p> <p>Einleitung in die Aare: Die allgemeinen Anforderungen des Anhanges 3.2 Ziffer 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 müssen im Auslauf der Abwasservorbehandlungsanlage eingehalten werden. Zusätzlich zu den numerischen Anforderungen des Anhanges 3.2 Ziffer 2 der GSchV sind die folgenden Anforderungen einzuhalten:</p> <p>Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) Reinigungseffekt bezogen auf Rohabwasser: (CSB_{Zulauf} → CSB_{Ablauf}) 80 % im Jahresmittel Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) Reinigungseffekt bezogen auf Rohabwasser: (TOC → DOC) 75 % im Jahresmittel Bei einer Überschreitung der folgenden Werte muss die Abteilung für Umwelt, Sektion Gewässer und Betriebsabwasser möglichst rasch informiert werden: CSB 150 mg/l; DOC 40 mg C/l Toxizität auf Testorganismen (z. B. Leuchtbakterien)</p>	Erleichterung beim DOC wegen des grossen Vorfluters und der unverhältnismässigen Kostensteigerung für zusätzliche Massnahmen	Toxizität auf Leuchtbakterien konnte bisher nicht festgestellt werden
AI	keine	-	-
AR	keine	-	-
BE	<p>Gewässereinleitung: Abwassermenge ermitteln, DOC-Elimination, BSB₅, NH₄-N, NO₃-N, N, GUS, Färbung, Durchsichtigkeit, Phosphor_{gesamt} sowie Parameter nach GSchV, Toxizität auf Testorganismen Kanalisationeinleitung: Parameter nach GSchV, Abwassermenge ermitteln, Reduktion Kohlenstoff-Fracht, bei hoher Ammonium-Fracht ist deren Reduktion zu prüfen. Messen CSB, Stickstoff, Phosphor.</p>	<p>Gewässereinleitung: DOC von 10 mg C/l kaum einzuhalten Kanalisationeinleitung: Reduzierung Schlupf durch ARA. Frachtabhängige ARA-Benutzungsgebühren</p>	Alle Parameter haben sich bewährt, man würde auf keine verzichten
BL	keine	-	-
BS	keine	-	-
FR	keine	-	-
GE	keine	-	-
GL	Sulfat 2000 mg/l, BSB ₅ 30 mg/l, CSB 250 mg/l (Chlorid = 1000 mg/l, pH = 9,5, Kupfer = 1 mg/l, Richtwerte: Ammoniak = 0,2 mg/l, Nitrit = 0,3 mg/l)	Erleichterungen aufgrund des grossen Vorfluters	In den letzten 5 Jahren CSB meist < 50 mg/l → evt. Korrektur mit neuer Betriebsbewilligung
GR	keine	-	-
JU	keine	-	-
LU	Möhrenhof: Sinnesprüfung, Abwassermenge, Leitfähigkeit, Ammonium, Sulfat = 300 mg/l, AOX = 0,08 mg/l Oberbürlimoos zusätzlich: Nitrat, Nitrit = 0,985 mg/l, Sulfid = 1 mg/l	Betonaggressivität (Sulfat), Arbeitssicherheit (Sulfid)	hat sich bewährt und wird bis auf weiteres so untersucht
NE	keine	-	-
NW	keine	-	der problematische Stickstoff wird in ARA abgebaut
OW	Cholwald: Ammonium = 4.8 mg/l, Nitrit = 1.3 mg/l, Nitrat = 500 mg/l, Phosphor = 0.8 mg P/l, DOC = 20–80 mg C/l	Direkteinleitung in Fliessgewässer; Basis: Qualitätsanforderungen und Verdünnung	wird nicht mehr in Gewässer eingeleitet, sondern in ARA Alpnach → Grenzwerte unwichtig
SG	keine	-	-
SH	keine	-	-

Kanton	Spezielle Einleitbedingungen	Grund	Erfahrungen
SO	keine	-	-
SZ	keine	-	-
TG	keine	-	DOC auf Inertstoffdeponien häufig überschritten
TI	keine	-	-
UR	keine	-	-
VD	keine	-	-
VS	keine	-	-
ZG	Walterswilerbach (Tännlimoos): DOC ≤ 5 mg C/l	Einleitung in Fliessgewässer	-
ZH	Bruni Pfungen (Inertstoff): DOC ≤ 20 mg C/l	zu hoher DOC, Direkteinleitung in Töss als mittleren Vorfluter	Einleitung zulässig, da DOC refraktärer und keine ökotoxikologische Wirkung nachgewiesen

A5 Behandlung von Deponiesickerwasser

A5-1 Mögliche Behandlungsverfahren

Tab. 16 > Mögliche Verfahren zur Behandlung von Deponiesickerwasser mit Beurteilung der Eignung

Verfahren		Wirkung / Anwendung	Technische Bemerkungen	Anlagengröße	Beurteilung der Eignung der Verfahren		Quelle *
					geeignet	nicht geeignet	
Biologische Verfahren	Aerob biologische Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidation von Kohlenstoffverbindungen • Oxidation von Stickstoffverbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Abdeckung meist nötig, wegen Ausgasen von VOC 	mittel / gross	x		Deponie Bärengraben AG, Türliacher BE, MKD Pflumm SH, Sondermülldeponie Kölliken AG, Deponie Teuftal BE, Deponie Dortmund Nordost DE, Deponie Ennigerloh DE
	Anaerobe biologische Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> • C-Abbau • Denitrifikation • Sulfide -> Ausfällung von Schwermetallen 	<ul style="list-style-type: none"> • Methanogene Phase: C-Quelle nötig • Geeignet für die saure Phase • Hohe Prozessstabilität auch unter Belastungsschwankungen 	mittel / gross	x		Sondermülldeponie Kölliken AG, Deponie Teuftal BE, Deponie Ennigerloh DE
Chemische Oxidation	H ₂ O ₂ / UV-Oxidation	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidation schwer abbaubarer oder toxischer Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbehandlung nötig • Geringer apparatetechnischer Aufwand • Einfache Reaktionsführung • Für ausreichend schnelle Wirkung von H₂O₂ ist eine zusätzliche Aktivierung nötig (UV) 	mittel / gross		x	
	Nass-oxidation	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidation von Sickerwasserinhaltsstoffen mittels elementarem Sauerstoff 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen von 200–300 °C und Drücke von 70 bis 200 bar nötig • hoher verfahrenstechnischer Standard nötig für Sicherheit und Werkstoffe 	gross		x	
	Oxidation mit Ozon	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidation schwer abbaubarer oder toxischer Stoffe • N-Verbindungen • ungesättigte Aromate • aromatische Kohlenwasserstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Anwesenheit von O₂ • Feststofffreies Wasser • Einschränkung bei hohen Salzgehalten wegen Ozonzerfall • Eventuell AOX-Neubildung • Eventuell Bildung von Calciumoxalat • Hoher Energieaufwand • Erhöhter Bedarf an O₃ bei Anwesenheit von Radikalfängern wie z.B. Carbonaten 	mittel / gross	x		Deponie Bärengraben AG
Membrananlagen	Umkehrosmose	<ul style="list-style-type: none"> • Rückhalt von organischen Verbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fouling, Scaling¹ • Energieaufwand • Rückstände (Konzentrat) • Geringer Platzbedarf 	alle	x		Türliacher BE, Uttigen BE, MKD Pflumm SH, Deponie Dortmund Nordost DE
Membrananlagen	Nano-/Ultrafiltration	<ul style="list-style-type: none"> • Rückhalt von: <ul style="list-style-type: none"> - grösseren organischen Molekülen - zweiwertigen Ionen • schlechter Rückhalt von einwertigen Ionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fouling, Scaling • Schlechtere Entfernung von halogenierten KW und SM als bei Umkehrosmose 	alle	x		Pizzante TI, Deponie Dortmund Nordost DE, Deponie Ennigerloh DE

Verfahren		Wirkung / Anwendung	Technische Bemerkungen	Anlagengrösse	Beurteilung der Eignung der Verfahren		Quelle *
					geeignet	nicht geeignet	
Adsorption	Pulver Aktivkohle (PAK)	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorption organischer Stoffe • Adsorption hydrophober Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Schlechte Abtrennung von: <ul style="list-style-type: none"> - Salzen - polaren organischen Stoffen - Metall-Ionen - Ammonium-Ionen • Regenerierung der AK nötig 	alle		x	
	Aktivkohlegranulat	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorption organischer Stoffe • Adsorption hydrophober Stoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Schlechte Abtrennung von: <ul style="list-style-type: none"> - Salzen - polaren organischen Stoffen - Metall-Ionen - Ammonium-Ionen • Regenerierung der AK nötig • In der Regel im Anschluss an andere Behandlungsstufen (konkurrierende Adsorption) 	alle	x		Deponie Bärengraben AG, Sondermülldeponie Kölliken AG, Deponie Dortmund Nordost DE, Deponie Ennigerloh DE
Fällung / Flockung		<ul style="list-style-type: none"> • Fällung/Flockung teilweise org. Inhaltsstoffe (CSB, AOX) • Abtrennung von Metallverbindungen • Abtrennung von Ammonium in Form von Magnesium-Ammonium-Phosphat (MPA feste Ausfällung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Entsorgung der Schlämme und Salze notwendig 	alle	x		Deponie Türlacher BE
Verdampfung / Trocknung		<ul style="list-style-type: none"> • Verdampfung/Trocknung von schwer belastetem Abwasser mit nicht wasserdampflichen Inhaltsstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Verbrauch an Frischdampf • korrosionsbeständiges Material nötig • Schaumbildung, Inkrustation • Entsorgung der Rückstände 	gross	x		Deponie Valle della Motta TI, Deponie Dortmund Nordost DE
Strippung		<ul style="list-style-type: none"> • Entfernen leichtflüchtiger organischer Inhaltsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Wird nur in Kombination mit anderen Reinigungsverfahren wie Biologie, Eindampfung, Membranverfahren oder Adsorption eingesetzt. 	gross		x	
Verbrennung		<ul style="list-style-type: none"> • Oxidation von Sickerwasserinhaltsstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verdampfung durch Eindüsen des Sickerwassers in einen Feuerraum. • Technisch und energetisch aufwendig • Aufkonzentrierung sollte vorgeschaltet sein • Sehr teures Verfahren • Verbrennungsgase müssen gereinigt werden 	gross		x	

¹ fouling = Ablagerung und/oder Adsorption von organischen und/oder kolloidalen Stoffen an oder in einer Filtermembran;
 scaling = Ausfällung von anorganischen Wasserinhaltsstoffen auf und in einer Filtermembran

* Grundsätzlich aus der Schweiz, ausgewählte aus deutschsprachigem Ausland. Quelle: [4]

A5-2 Eignung von Behandlungsverfahren

Tab. 17 > Beurteilung der Eignung von Behandlungsverfahren für bestimmte deponietypische Parameter

Parameter	biologisch	Ozonung	Umkehr- osmose	Nano-/Ultra- filtration	Aktivkohle- adsorption	Fällung / Flockung	Verdampfung / Trocknung	Strippung
BSB ₅	+	0	0	0	0	-	+	-
DOC	+	+	+	0	+	0	+	-
Durchsichtigkeit (nach Snellen)	-	-	+	+	+	0	+	-
GUS	-	-	+	+	+	+	+	-
Arsen	0	-	+	-	+	+	0	-
Blei	0	-	+	-	+	+	0	-
Cadmium	0	-	+	-	+	+	0	-
Chrom	0	-	+	-	+	+	0	-
Kobalt	0	-	+	-	+	+	0	-
Kupfer	0	-	+	-	+	+	0	-
Molybdän	0	-	+	-	+	+	0	-
Nickel	0	-	+	-	+	+	0	-
Zink	0	-	+	-	+	+	0	-
Cyanide	-	+	0	-	-	-	-	0
Gesamte Kohlenwasserstoffe	0	0	+	-	+	0	0	0
VOX	0	+	-	-	+	-	-	+
Leitfähigkeit	-	-	+	0	-	+	+	-
Chlorid	-	-	+	-	0	+	+	-
AOX	0	0	+	0	+	0	0	0
Ammonium	+	+	+	0	0	-	-	+
Nitrit	+	+	+	0	-	-	0	-
Nitrat	+	-	+	0	-	-	0	-
N _{tot}	+	-	0	-	-	-	0	+
Sulfat	-	-	+	0	-	+	+	-
Sulfid	0	0	+	-	0	+	+	-
CSB	+	+	+	0	+	0	+	0
Antimon	0	-	+	-	+	+	0	-
Quecksilber	0	-	+	-	+	+	0	-
Silber	0	-	+	-	+	+	0	-
Zinn	0	-	+	-	+	+	0	-
Fluorid	-	-	+	-	0	+	+	-
Phosphor (gesamt)	-	-	+	-	0	+	+	-

Eignung: + geeignet, 0 teilweise geeignet, - nicht geeignet

A5-3 Abwasserbehandlungsanlagen

Tab. 18 > Deponien in der Schweiz mit Abwasserbehandlungsanlagen (Stand 2009)*

Kanton / Deponie	Kompartiment	Behandlungsart	Abwasserbehandlung seit	Grund für Anlageart	Einleitungsort	Erfahrungen
AG: Bärengaben	Reaktor	Ozonanlage, Festbettbiologie (3mal Kreislauf), Aktivkohle könnte eingebaut werden	2000–2002 gebaut	Auswahlverfahren	direkt in Vorfluter	relativ lange Optimierungsphase um den Energiebedarf (primär durch Ozonanlage) zu reduzieren. Die Reinigungsanlage erfüllt Einleitbedingungen gemäss kantonalen Bewilligung. (Die Reinigungsleistung hängt vom Parameter ab!)
BE: Türlacher	Reaktor und Schlacke	Festbettbiologie mit chemischer Fällung	k.A.	Direkteinleitung in Gewässer, erforderliche Reinheit	Vorfluter	Erfahrungen gut, aber hohe Betriebskosten
SH: MKD Pflumm	Reaktor	Wirbelbett-Reaktor (biologische Anlage zur Ammonium-Elimination) und nachgeschaltete Umkehrosmose zur Abtrennung von Ammonium, Nitrat, Nitrit, Salzen und organischen Stoffen	1992	Einleitbedingungen für Oberflächengewässer	Vorfluter	Anlage funktioniert einwandfrei, sodass Einleitbedingungen für Oberflächengewässer eingehalten werden können
TI: Pizzante	Reaktor	Ultrafiltrationsanlage und Umkehrosmose	1996	Rückhalt Salze und Konzentrate in der Deponie, Einleitung im Oberflächengewässer für Permeat	Vorfluter	GSchV erreicht
LU: Haldeli	Inertstoff	Salzsäure (pH-Neutralisation)	1996	zu hohe pH-Werte gem. Anforderung für Einleitung in Gewässer, Ziel pH < 9	Vorfluter	Anlage funktioniert
LU: Oberbürlimoos	Reaktor	Belüftung	1992	hohe Sulfid-Werte (ca. 2-3 mg/l) unter 1 mg/l bringen und Bildung von H ₂ S vermeiden	ARA	gute Erfahrungen, die Konzentrationen liegen weit unter dem Grenzwert
TG: Pfyn	Reaktor (nur entschlackte Schlacke)	pH-Wert: wenig Schwefelsäure mit Dosieranlage kontinuierlich automatisch zugeben; Mikrosiebanlage	1996	pH-Reduktion	ARA	Funktioniert gut
TI: Valle della Motta	Reaktor	Biologische Vorbehandlung (Abbau BSB ₅ und Nitrifikation)(IPP), danach saure (HCl 33%) Verdampfung unter Vakuum (ITP)	ITP: 1993, IPP 1999	Abbau Organika, Rückhalt Salze und Konzentrate in der Deponie, Denitrifikation gestrebt.	ARA	Anlage funktioniert
UR: Eielen	Reaktor- und Reststoffdeponie (Reststoff bis 2004)	pH-Behandlung (CO ₂ -Neutralisation)	1994	aufgrund hoher pH-Werte (10-11) durch zu wenig abgebauten Zement (zementverfestigter Filterstaub)	ARA	Anlage funktioniert. Relativ aufwändig
ZH: Tambrig	Reaktor	Vorklärung: Tauchtröpfkörper	1989	Organische Substanz und Stickstoffkonz.	ARA	sehr gute Resultate

Kanton / Deponie	Kompartiment	Behandlungsart	Abwasser- behandlung seit	Grund für Anlageart	Einleitungsort	Erfahrungen
BE: Türlacher (stillgelegte Anlage)	Reaktor	Umkehrosmose eingestellt	k.A.	zu hoher Anteil refraktärer C bei Einleitung in ARA	ARA	Erfahrung gut, Schlupf für NH ₄ -N relativ gross
BE: Uttigen (stillgelegte Anlage)	Reaktor	Umkehrosmose eingestellt	k.A.	zu hoher Anteil refraktärer C bei Einleitung in ARA	ARA	Erfahrung gut, Schlupf für NH ₄ -N relativ gross
LU: Siedenmoos (stillgelegt)	Reaktor	Pflanzenkläranlage	1999	Teilweise zu hohe Werte gem. Anforderungen für Einleitung in Gewässer, ARA-Leitung zu weit weg	Vorfluter	ausser pH alle Werte tiefer, DOC-Werte bleiben aber über dem Grenzwert
ZG: Tännlimoos	Inertstoff	mit Schilf bepflanzter Sandfilter ist im Bau	im Bau	verschärfte Einleitbedingungen in Walterswilerbach	Vorfluter	noch keine
ZG: Tännlimoos	Reaktor- und Reststoffkomp.	Vorreinigung (bepflanzter Sandfilter, zweistufig) ist im Bau; Versuchsbetrieb	im Bau	Aus Kostengründen, Reduktion der Ammoniumfracht, evt. DOC-Reduktion	ARA	noch keine
NW: Cholwald	Reaktor	Sickerwasserkreislauf zurück in die Deponie, wo Inhaltsstoffe durch Bakterien abgebaut werden	1986	In erster Linie zur Beschleunigung des Abbaus in der Deponie. In zweiter Linie kann so Sickerwasser nach Kreislauf in ARA abgegeben werden	ARA	Anlage funktioniert gut

* nach Auskunft zuständiger Betreiber

Legende: gelb: vollständige Aufbereitung, blau: Vorbehandlung, rosa: im Bau oder stillgelegte Anlagen, orange: Spezielle «Sickerwasserbehandlung», k.A. = keine Angabe

> Literatur

- [1] ATV 1998: Korrosion in Abwasseranlagen – Abwasserleitungen. ATV-M 168 Merkblatt, ATV-Regelwerk Abwasser – Abfall.
- [2] Bundesgesetzblatt – BGBl 2004: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV). Anhang 51 Oberirdische Ablagerung von Abfällen, BGBl I 2004, Deutschland.
- [3] Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich – BGBl 2003: Verordnung über die Begrenzung von Sickerwasseremissionen aus Abfalldeponien (AEV Deponiesickerwasser). Teil II, 263. Verordnung, Österreich.
- [4] BUWAL 2001: Stand der Technik im Gewässerschutz. Erläuterungen zum Begriff Stand der Technik in der Gewässerschutzverordnung (GSchV). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 41. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [5] Liechti Paul 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [6] DIN 4030 1991: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Deutsches Institut für Normung.
- [7] ETOX (Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele), Umweltbundesamt Deutschland, www.uba.de.
- [8] FRIEDLIPARTNER AG 2007: Vollzugshilfe Deponiesickerwasser – Phase 1: Ist-Zustandserhebung, Zürich 18.12.2007, im Auftrag des BAFU.
- [9] FRIEDLIPARTNER AG 2009: Vollzugshilfe Deponiesickerwasser – Phase 2: Ergänzungen, Auswertungen und Empfehlungen, Zürich 25.11.2009, im Auftrag des BAFU.
- [10] INERIS (Institut National de l'environnement Industriel et des Risques) Chemical Substances Portal, www.ineris.fr, zuletzt geprüft März 2009.
- [11] Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG; SR 814.20).
- [12] Verordnung vom 19. Oktober 1988 über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV; SR 814.011).
- [13] Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01).
- [14] Richtlinie 2008/1/EG 2008: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. (IVU, kodifizierte Fassung). L 24/8, Amtsblatt der Europäischen Union vom 29.1.2008.
- [15] Richtlinie 2008/105/EG 2008: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik; Zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. 2006/0129 (COD) LEX 931.
- [16] Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle (TVA; SR 814.600).
- [17] Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201).
- [18] Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV; SR 814.680).
- [19] Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) 2003: Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen. Bereich Chemie, Arbeitssicherheit, 3. Auflage, Luzern.
- [20] Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV; SR 817.021.23)
- [21] Arbeitsgesetz vom 13. März 1964 (ArG; SR 822.11).
- [22] Unfallversicherungsgesetz vom 20. März 1981 (UVG; SR 832.20).
- [23] Übereinkommen vom 22. September 1992 zum Schutz der Meeresumwelt des Norostatlantiks (SR 0.814.293).

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1 Neue Deponie	22
Abb. 2 Bestehende Deponie	24

Tabellen

Tab. 1 Modulstufenkonzept MSK	20
Tab. 2 Erläuterungen zum Entscheidungsablauf einer neuen Deponie	23
Tab. 3 Erläuterungen zum Entscheidungsablauf einer bestehenden Deponie	25
Tab. 4 Erfassung der Deponien, Stand 13. Dezember 2007	28
Tab. 5 Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Inertstoffdeponien	29
Tab. 6 Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Reststoffdeponien	30
Tab. 7 Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Schlackekompartimenten	31
Tab. 8 Zusammenfassende Übersicht der erfassten Sickerwasserdaten von Reaktordeponien	32
Tab. 9 Einleitung in Gewässer	36
Tab. 10 Einleitung in die öffentliche Kanalisation	38
Tab. 11 Zusätzliche Informationen zu den Parametern	40

Tab. 12 Erläuterungen zur einfachen Risikobetrachtung	43
Tab. 13 Beurteilung gemäss MSK nach Einleitung	49
Tab. 14 Konzentrationszunahme nach Einleitung	50
Tab. 15 Spezielle kantonale Einleitbedingungen für Deponiesickerwasser (Stand 2009)	54
Tab. 16 Mögliche Verfahren zur Behandlung von Deponiesickerwasser mit Beurteilung der Eignung	56
Tab. 17 Beurteilung der Eignung von Behandlungsverfahren für bestimmte deponietypische Parameter	58
Tab. 18 Deponien in der Schweiz mit Abwasserbehandlungsanlagen (Stand 2009)*	59