



Beschaffenheit von Deponiesickerwasser in Nordrhein-Westfalen

LANUV-Fachbericht 24

Beschaffenheit von Deponiesickerwasser in Nordrhein-Westfalen

LANUV-Fachbericht 24

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2010

Neufassung Februar 2018

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Autor	Michael Trapp (LANUV)
Titelfoto	Sickerwasserbehandlungsanlage, Dr. Michael Tiedt (LANUV)
Stand	2019 (Korrektur Abbildung 1)
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachberichte
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Einführung	4
1. Deponiesickerwasserqualität	5
1.1 Deponieklasse III	6
1.2 Deponieklasse II	11
1.2.1 Siedlungsabfalldeponien	12
1.2.2 Deponien für kommunale Klärschlämme	20
1.2.3 Deponien für anorganische Abfälle	25
1.3 Deponieklasse I	30
2. Gesetzliche Anforderungen	36
3. Sickerwasserbehandlung und -verbleib	38
4. Sickerwassermenge	40
5. Entwicklung der Sickerwasserbeschaffenheit	42
6. Oberflächenwasser	44
7. Schlussbetrachtung	49
Anhang	51
Literaturverweis	51
Abkürzungsverzeichnis	51
Verzeichnis der Abbildungen	52
Verzeichnis der Tabellen	53

Einführung

Die Kenntnis über die Beschaffenheit von Deponiesickerwasser ist von hoher Bedeutung für die Planung und Bemessung von Abdichtungssystemen für Deponien. Die Komponenten von Basisabdichtungssystemen (Kunststoffdichtungsbahn, mineralische Abdichtung, Entwässerungsschicht, Drainageleitungen) müssen den physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen auf lange Zeit widerstehen können. Darüber hinaus liegt es insbesondere an der Beschaffenheit des Deponiesickerwassers, ob eine (Vor)-Behandlung auf dem Anlagengelände erforderlich ist bzw. welche Behandlungsverfahren zweckmäßigerweise zum Einsatz kommen.

Neben Sickerwasser fällt nach Niederschlägen auch Oberflächenwasser auf dem Deponiegelände an. Die Beschaffenheit von Oberflächenwasser ist weit weniger problematisch. Hier spielen vor allem das Erfordernis einer Behandlung (in der Regel nicht gegeben) und die Kontrolle vor der Einleitung eine Rolle.

Seit 1998 wird im Land Nordrhein-Westfalen das Deponieinformationssystem ADDIS betrieben. Das System enthält neben den Stammdaten der Deponien mehr als 800.000 Messdaten, die im Rahmen der Deponieselbstüberwachung durch die Deponiebetreiber erhoben werden.

Seit 2011 wird ADDIS als Internetanwendung ADDISweb den Nutzern (Betreiber, Behörden, Öffentlichkeit) unter www.addis.nrw.de zur Verfügung gestellt. Daten, die nach dem Umweltinformationsgesetz der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen sind, können ohne Passwort von der Öffentlichkeit eingesehen werden (z. B. Stammdaten, Grundwassermessdaten).

Schwerpunktmäßig wird in dem vorliegenden LANUV-Fachbericht 24 die Qualität des unbehandelten Deponiesickerwassers nordrhein-westfälischer Deponien dargestellt. Für die Neufassung des Berichtes wurden im Vergleich zur ersten Fassung aus dem Jahr 2010 die im Deponieinformationssystem ADDIS enthaltenen Sickerwasserdaten neu ausgewertet. Statt der 75%-Quantile der Normalverteilung werden die 90%-Quantile gezeigt. Die Siedlungsabfalldeponien und den Siedlungsabfalldeponien mit geringem Anteil an Siedlungsabfällen (Mischdeponien) werden gemeinsam betrachtet, da es keine konkrete Abgrenzung zwischen den Typen gibt. Durch die hohe Anzahl an Deponien, die diesem Deponietyp zugeordnet werden, kann der zeitliche Konzentrationsverlauf dargestellt und auf die „Lebensphasen“ der Deponien eingegangen werden. Die Deponieklasse I wird in der Neufassung nicht unterteilt, auf Qualitätsunterschiede wird bei den entsprechenden Parametern im Text eingegangen. Darüber hinaus enthält die Neufassung Auswertungen in Bezug auf die gesetzlichen Anforderungen, zur Sickerwasserbehandlung, –verbleib und -menge und eine Prognose zur Entwicklung der Sickerwasserbeschaffenheit.

In der ersten Fassung wurde das Oberflächenwasser aus Dränschichten betrachtet. Während der Berichterstellung lagen nur sehr wenige Messdaten hierzu vor. Dies hat sich nicht geändert, da das gefasste Oberflächenwasser in der Regel nicht vor einer Zusammenführung mit abzuleitendem Betriebswasser getrennt analysiert wird. Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen an den Bau von Oberflächenabdichtungen gibt es keine nennenswerten Probleme mit der Qualität von Oberflächenwasser aus Dränschichten. Die Neufassung des Fachberichts zeigt nun einen Überblick über die Qualität von Oberflächenwasser, das bei Deponien anfällt und ggf. nach einer Behandlung abgeleitet wird.

1. Deponiesickerwasserqualität

Anhand der vorliegenden Analysedaten wurden Auswertungen für die Deponieklassen DK I und DK III vorgenommen. Für die Deponiekategorie DK II wurden die Deponien unterteilt in:

- Siedlungsabfalldeponien
- Deponien für kommunale Klärschlämme
- Deponien für anorganische Abfälle

Bei Deponien, die über Deponieabschnitte mehrerer Deponieklassen verfügen, wurden die Messstellen (sofern möglich) dem Deponieabschnitt (und damit einer Deponiekategorie) zugeordnet, in dessen Abwasserstrang die Messstelle angeordnet ist. Messstellen, die nicht zugeordnet werden konnten, wurden nicht berücksichtigt.

Für die Deponiekategorie 0 liegen nur wenige Messdaten vor. Eine statistische Auswertung ist nicht sinnvoll und daher im vorliegenden Bericht nicht enthalten.

Zu jeder der v. g. Deponieklassen bzw. Deponiearten ist nachfolgend eine Gesamtübersicht von Parametern dargestellt, die üblicherweise im Rahmen der Regelüberwachung gemessen werden. Als markante Eckwerte der Schadstoffkonzentration werden

- der Median (Wert mit gleich vielen Unter- und Überschreitungen) und
- das 90 %-Quantil (Wert, der von 90 % aller Messwerte unterschritten wird)

dargestellt.

Bei Messwerten, die unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wird die angegebene Bestimmungsgrenze für die statistische Auswertung verwendet. Hierdurch wird vermieden, dass hohe Messwerte mehr Berücksichtigung finden. Als zusätzliche Information werden die Anzahl an Messwerten und der Anteil an Messwerten, die unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze (BG) liegen, aufgeführt.

Auf ausgewählte Parameter wird im Folgenden näher eingegangen. Aufgeteilt nach den Parametergruppen:

- Organische Parameter und Stickstoffverbindungen
- Salzbildner
- Schwermetalle

werden die Mediane und die 90 %-Quantile grafisch dargestellt und die Besonderheiten im Text beschrieben. Darüber hinaus werden Mittelwert und Spannweite der deponiebezogenen Mittelwerte dargestellt. Bei dieser Art von Auswertung hat die oftmals stark unterschiedliche Anzahl an Messwerten pro Deponie keine Auswirkung.

Bei den Auswertungen wurden einzelne Deponien bzw. Messstellen aufgrund der untypisch hohen Messwerte für einige Parameter nicht mit einbezogen, um das Ergebnis nicht mit untypischen und nicht übertragbaren Einzelergebnissen zu überprägen. Auf diese Fälle wird im Text jeweils eingegangen.

1.1 Deponieklasse III

Im Informationssystem ADDIS liegen zu 16 Deponien Sickerwasseranalysedaten vor. Acht Sonderabfalldeponien und drei Zentraldeponien, die neben Deponieabschnitten anderer Deponieklassen auch über einen DK III-Abschnitt verfügen, befinden sich in der Ablagerungsphase. Vier Deponien sind in der Stilllegungs- und eine Deponie in der Nachsorgephase.

Auf den Sonderabfalldeponien werden jährlich rund 2 Mio. t Abfälle abgelagert. Gut die Hälfte davon sind Bau- und Abbruchabfälle. Darüber hinaus werden Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen und produktionsspezifische Sonderabfälle dort beseitigt.

Der Schadstoffgehalt ist in den Abfällen stark unterschiedlich. Dadurch sind auch die Sickerwässer der einzelnen Sonderabfalldeponien insbesondere bei den Werksdeponien stark unterschiedlich. Vielfach weisen nur wenige Parameter eine hohe Konzentration auf.

Das Sickerwasser einer Werksdeponie stellt für einige Parameter einen Sonderfall dar. Die meisten Messwerte für den pH-Wert liegen bei dieser Deponie äußerst niedrig (bis pH 1,8). U. a. aus diesem Grund liegen die Konzentrationen für einige Schwermetall-Parameter verhältnismäßig hoch, so dass die Deponie für diese Parameter nicht einer üblichen DK III-Deponie entspricht. Bei einigen Auswertungen wurde diese Deponie deshalb nicht berücksichtigt.

Der pH-Wert liegt bei den DK III-Deponien meist im neutralen bis schwach alkalischen Bereich zwischen pH 7 und pH 8. Der kleinste Messwert lag bei pH 3,3 und der höchste Wert bei pH 12.

Wie einleitend im Kapitel beschrieben, enthält Tabelle 1 eine Übersicht der üblicherweise gemessenen Parameter.

Tabelle 1 Übersicht der Sickerwasserinhaltsstoffe – Deponieklasse III

Parameter	Einheit	90 %- Quantil	Median	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG
TOC	mg/l	269	88	1.128	1%
CSB	mg/l	2.320	620	1.440	1%
BSB ₅	mg/l	1.960	45	845	9%
Stickstoff, gesamt	mg/l	1.590	648	1.366	0%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	1.380	238	1.736	1%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	26	2	1.104	47%
AOX	mg/l	7,1	1,0	1.892	19%
Sulfat	mg/l	5.510	1.300	2.236	1%
Chlorid	mg/l	25.250	6.870	2.506	0%
Natrium	mg/l	32.860	3.930	1.028	0%
Kalium	mg/l	14.250	863	994	0%
Calcium	mg/l	1.460	441	728	0%
Magnesium	mg/l	280	110	686	4%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	7.530	2.170	2.322	0%
Arsen	mg/l	5,2	0,2	1.306	10%
Cadmium	mg/l	0,57	0,003	1.403	31%
Chrom	mg/l	1,3	0,06	1.361	8%
Chrom VI	mg/l	0,5	0,03	408	82%
Kupfer	mg/l	2,73	0,055	1.246	14%
Quecksilber	mg/l	0,008	0,0003	1.254	33%
Nickel	mg/l	1,4	0,36	1.393	2%
Blei	mg/l	0,22	0,1	1.393	50%
Zink	mg/l	5,57	0,07	1.721	5%
pH-Wert	-	9	8	2.442	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	2	0,3	764	60%
Phosphor, gesamt	mg/l	6	2	1.037	6%
Sulfid	mg/l	11	0,1	233	53%
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	0,1	0,1	822	75%
Kohlenwasserstoffe	mg/l	17	0,1	820	44%
Aluminium	mg/l	2.260	300	83	17%
Eisen	mg/l	99	4	1.071	3%
Mangan	mg/l	62	2	590	8%
Gesamt trockenrückstand	mg/l	132.000	24.100	233	0%

Organische Parameter und Stickstoff

Auf Deponien der Klasse III wurden zum Teil relevante Mengen an organikhaltigen Abfällen abgelagert. Diese sind zumeist nicht oder nur schwer biologisch abbaubar. Mengemäßig bedeutend sind hierbei vor allem kohlenteeerhaltige Bitumengemische.

Abbildung 1 zeigt die organischen Parameter und Stickstoff für die Deponieklasse III im Vergleich. Der Auswertung liegen die Einzelwerte aus dem Sickerwasser aller DK III-Deponien bzw. DK III-Abschnitte zugrunde.

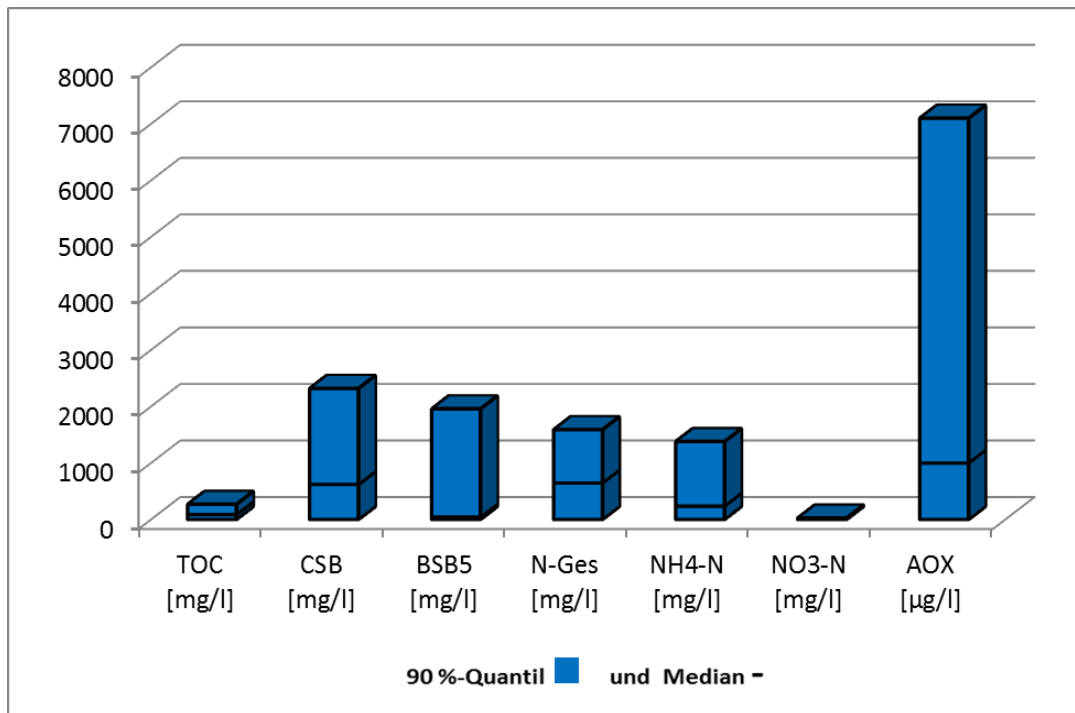


Abbildung 1 Organische Parameter und Stickstoff - Deponieklasse III

Es ist Abbildung 1 zu entnehmen, dass bei allen dargestellten Parametern die Mediane deutlich unter den 90 %-Quantilen liegen. Wie schon zuvor bemerkt, sind die Sickerwässer in ihrer Beschaffenheit stark unterschiedlich. Dies verdeutlicht auch Tabelle 2.

Tabelle 2 Organik und Stickstoff – Deponieklasse III

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
TOC	mg/l	359	7 – 2.362
CSB	mg/l	1.783	105 – 7.832
BSB ₅	mg/l	693	17 - 4014
Stickstoff, gesamt	mg/l	374	1 – 1.217
Ammonium-N	mg/l	389	0 – 1.457
Nitrat-N	mg/l	27	0 - 154
AOX	µg/l	1.335	23 – 7.746

Eine Messstelle einer in der Stilllegungsphase befindlichen Deponie weist für den Parameter CSB sehr hohe Konzentrationen bis 365.000 mg/l auf. Es handelte sich hier um eine Jahres-sickerwassermenge von etwa 200 m³ aus einem Teilbereich dieser Deponie. Andere Bereiche

weisen deutlich niedrigere Konzentrationen auf, so dass der Mittelwert mit 7.832 mg/l für diese Deponie deutlich tiefer liegt. Eine weitere Deponie hat ebenfalls eine mittlere CSB-Konzentration von über 7.000 mg/l. Ansonsten liegen die Konzentrationen meist unter 1.000 mg/l.

Vom Summenparameter AOX wurden bei einer anderen in der Stilllegungsphase befindlichen Deponie Konzentrationswerte bis 46.000 µg/l gemessen. Die hohen Werte führen zu einem Mittelwert von 7.746 µg/l. Vom überwiegenden Teil der Deponien liegen die mittleren Konzentrationswerte unter 1.000 µg/l.

Salzbildner

Auf Deponien der Klasse III werden in großen Mengen Industrieabfälle sowie Bodenaushub und Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen abgelagert. In diesen Abfällen sind in der Regel salzbildende Stoffe in höherer Konzentration enthalten.

Abbildung 2 stellt die Konzentrationen der Salzbildner für DK III-Deponien gegenüber.

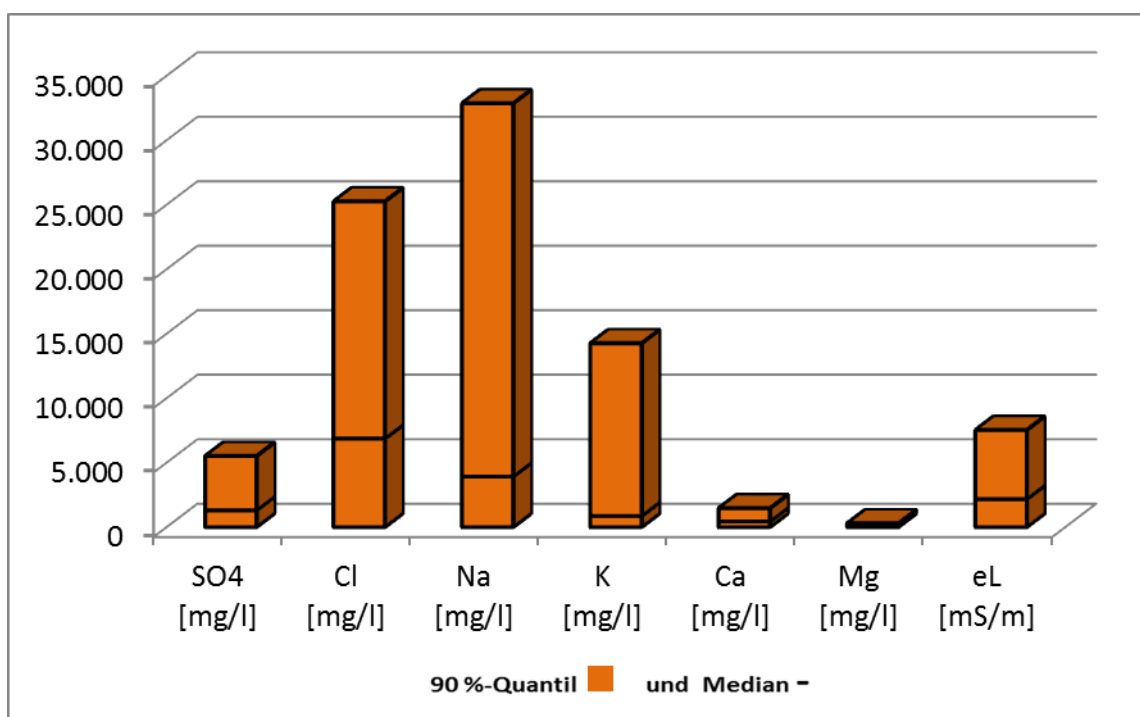


Abbildung 2 Salzbildner – Deponieklasse III

Bei den Salzbildnern fällt der Unterschied zwischen Median und 90 %-Quantil bei der Auswertung der Einzelmesswerte noch stärker auf. Auffällig hoch erscheinen die 90 %-Quantile von Natrium (32.855 mg/l) und Chlorid (25.250 mg/l). Diese werden geprägt durch hohe Analysewerte bei zwei in der Stilllegungsphase befindlichen Deponien. Die mittleren Konzentrationen sind Tabelle 3 zu entnehmen. Hiernach können Sonderabfalldeponien auch recht geringe Konzentrationen an Salzbildnern im Sickerwasser enthalten. Bei mehr als der

Hälfte der Deponien liegt die mittlere Konzentration an Natrium und Chlorid jeweils unter 10.000 mg/l.

Nur eine Deponie für produktionsspezifische Abfälle enthält hohe Sulfatkonzentrationen (max. Wert: 147.600 mg/l) im Sickerwasser. Die mittleren Konzentrationen liegen sonst unter 5.000 mg/l.

Tabelle 3 Salzbildner – Deponieklasse III

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Sulfat	mg/l	4.519	236 – 36.798
Chlorid	mg/l	11.538	88 – 49.988
Natrium	mg/l	6.499	383 – 16.999
Kalium	mg/l	1.961	18 – 6.857
Calcium	mg/l	801	296 – 2.290
Magnesium	mg/l	321	57 – 2.240
el. Leitfähigkeit	mS/m	3.825	829 – 15.821

Schwermetalle

Bei den Sonderabfalldeponien sind auch die Schwermetalle von Bedeutung. Sie können in den sogenannten „Abfällen mit schädlichen Verunreinigungen“, in Aschen aus Verbrennungsprozessen oder in Industrieschlämmen enthalten sein.

Abbildung 3 enthält die Auswertung der in ADDIS vorliegenden Konzentrationsmessdaten.

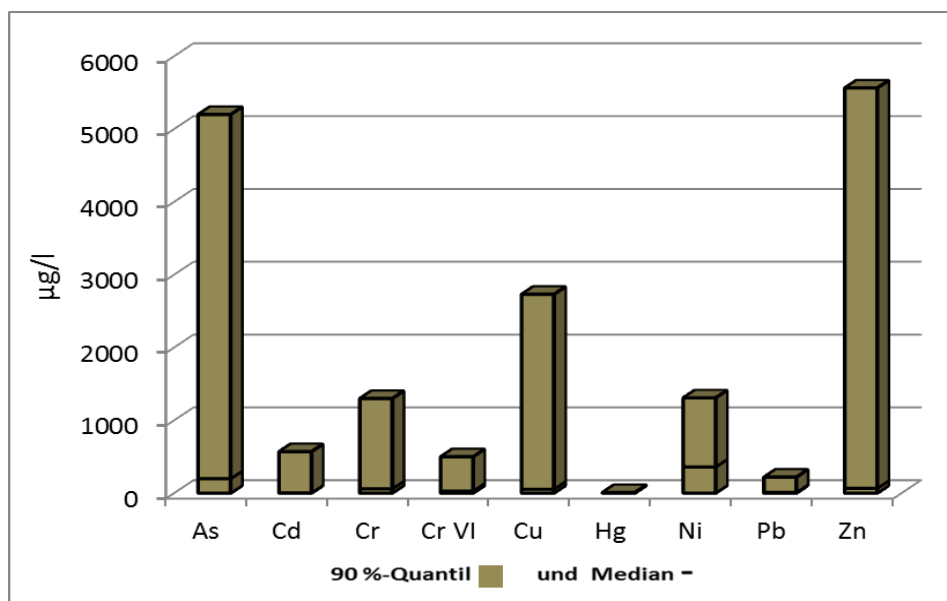


Abbildung 3 Schwermetalle – Deponieklasse III

Noch deutlicher als bei den Salzbildnern fällt hier der Unterschied zwischen den Medianen und den zugehörigen 90%-Quantilen auf. Insbesondere die 90%-Quantile von Arsen (5.200 µg/l), Kupfer (2.730 µg/l) und Zink (5.564 µg/l) sind auffällig hoch. Dies zeigt auch Tabelle 4.

Tabelle 4 Schwermetalle – Deponieklasse III

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Arsen	µg/l	457	8 - 4.695
Cadmium	µg/l	901	1 – 8.469
Chrom	µg/l	1.014	12 – 6.933
Chrom VI	µg/l	180	0 – 1.347
Kupfer	µg/l	2.317	26 – 27.236
Quecksilber	µg/l	2,3	0,1 – 12,1
Nickel	µg/l	2.287	24 – 29.061
Blei	µg/l	129	6 - 821
Zink	µg/l	105.476	7 – 1.443.473

Bei so unterschiedlichen Zinkkonzentrationen in den Sickerwässern ist die alleinige Betrachtung der Mittelwerte nicht zielführend. Der Median der deponiebezogenen Mittelwerte liegt bei 838 µg/l. Bei der Deponie mit den höchsten Zinkkonzentrationen im Sickerwasser (max. Wert: 9,23 g/l) handelt es sich um eine Sonderabfalldeponie für produktionsspezifische Abfälle. Der pH-Wert des Sickerwassers liegt bei dieser Deponie im sauren Bereich zwischen pH 2 und 4. Bei dieser Deponie sind auch die Kupfer-, Nickel- und Sulfatkonzentrationen im Vergleich zu den anderen betrachteten Sonderabfalldeponien am höchsten.

Die hohen Arsenkonzentrationen (max. Wert: 110 mg/l) sind im Sickerwasser einer in der Stilllegungsphase befindlichen Sonderabfalldeponie enthalten. Bei den anderen Deponien liegen wesentlich geringere Arsenkonzentrationen vor.

Die Auswertungen zu den Sonderabfalldeponien zeigen, dass in Einzelfällen sehr hohe Konzentrationen an Inhaltsstoffen in den Sickerwässern vorliegen können. Überwiegend liegen die Konzentrationen der betrachteten Parameter im moderaten Bereich.

1.2 Deponieklasse II

Die Auswertungen für die Deponieklasse II werden für die folgenden Deponietypen getrennt vorgenommen, da sich das Sickerwasser in Abhängigkeit des abgelagerten Abfalls deutlich unterscheidet:

- Siedlungsabfalldeponien
- Deponien für kommunale Klärschlämme
- Deponien für anorganische Abfälle.

1.2.1 Siedlungsabfalldeponien

Als Siedlungsabfalldeponien werden die Deponien angesehen, auf denen vorwiegend Siedlungsabfälle (Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll usw.) abgelagert wurden bzw. werden. In der Gruppe der Siedlungsabfalldeponien sind viele ehemalige Hausmülldeponien vertreten, auf denen bis zum 31.5.2005 unbehandelter Hausmüll mit hohen Organikanteilen abgelagert werden durfte.

Zu 73 Siedlungsabfalldeponien liegen für die Standardparameter 3.000 bis 6.000 Analysendaten je Parameter vor. Die Siedlungsabfalldeponien stellen damit den größten Anteil an der Zahl der Sickerwasseranalysen.

Die große Anzahl an Messwerten erlaubt es auch, Auswertungen mittels Zeitreihen vorzunehmen und auf die unterschiedlichen Lebensphasen von Deponien einzugehen.

Entsprechend den Angaben in ADDIS befanden sich von dieser Deponieart zum 31.12.2016

- 12 Deponien in der Ablagerungsphase
- 50 Deponien in der Stilllegungsphase und
- 11 Deponien in der Nachsorgephase

Der pH-Wert liegt zumeist im neutralen bis schwach alkalischen Bereich zwischen pH 7,2 und pH 8,3.

Tabelle 5 Übersicht der Sickerwasserinhaltsstoffe – Siedlungsabfalldeponien

Parameter	Einheit	90 %-Quantil	Median	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG
TOC	mg/l	1.083	300	5.800	0%
CSB	mg/l	3.140	727	4.859	1%
BSB ₅	mg/l	640	58	4.108	5%
Stickstoff, gesamt	mg/l	1.600	520	4.665	0%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	1.438	520	6.283	1%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	30	2	4.797	38%
AOX	mg/l	1,5	0,5	6.385	4%
Sulfat	mg/l	386	75	6.427	10%
Chlorid	mg/l	2.600	1.000	6.771	1%
Natrium	mg/l	1.860	790	4.551	0%
Kalium	mg/l	1.010	461	4.311	0%
Calcium	mg/l	221	127	5.014	0%
Magnesium	mg/l	150	83	4.516	0%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	2.000	975	6.825	0%
Arsen	mg/l	0,094	0,02	3.154	26%
Cadmium	mg/l	0,010	0,001	3.052	83%
Chrom	mg/l	0,44	0,04	3.659	12%
Chrom VI	mg/l	0,10	0,036	1.952	76%
Kupfer	mg/l	0,13	0,02	3.155	34%
Quecksilber	mg/l	0,001	0,0005	2.960	88%
Nickel	mg/l	0,21	0,056	3.349	7%
Blei	mg/l	0,05	0,01	3.359	65%
Zink	mg/l	0,33	0,07	3.297	15%
pH-Wert	-	8,3	7,7	7.214	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	3,0	0,2	3.227	35%
Phosphor, gesamt	mg/l	13	3,4	2.800	3%
Sulfid	mg/l	0,1	0,1	629	83%
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	0,03	0,01	819	91%
Kohlenwasserstoffe	mg/l	1,0	0,2	2.610	70%
Aluminium	mg/l	1,1	0,3	620	15%
Eisen	mg/l	18	6,7	3.203	1%
Mangan	mg/l	2	0,7	2.360	1%
Gesamtrockenrückstand	mg/l	10.000	5.660	1.935	0%

Organische Parameter und Stickstoffverbindungen

Die organischen Parameter sind bei Siedlungsabfalldeponien typischerweise relativ hoch, da bis zum 31.5.2005 unbehandelter Hausmüll mit hohem organischen Anteil abgelagert werden durfte und dieser Abfall bis heute das Sickerwasser solcher Deponien prägt. Die Spanne der Werte ist auch deswegen relativ hoch, weil auf den ausgewerteten Deponien zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Ablagerung organischer Abfälle eingestellt wurde.

Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die organischen Parameter und Stickstoffverbindungen im Vergleich.

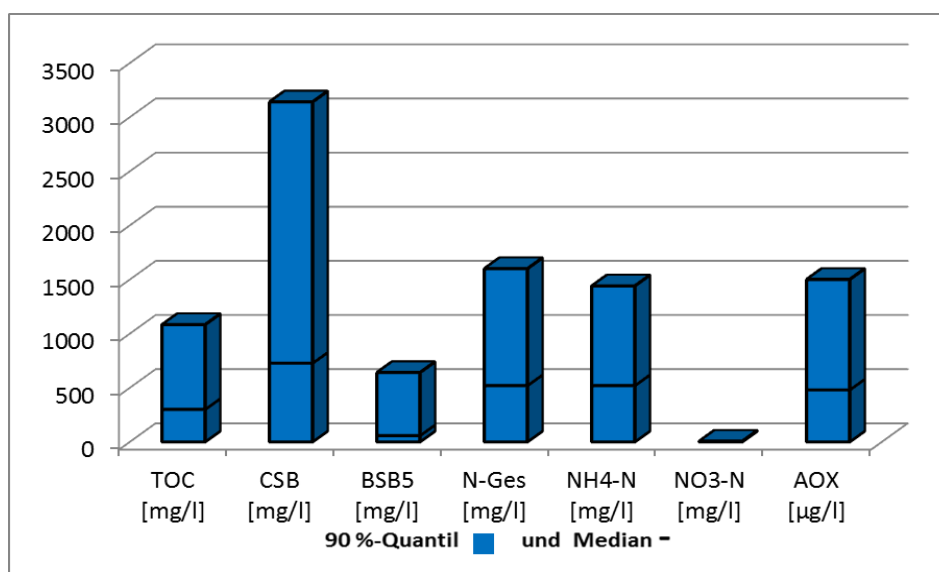


Abbildung 4 Organik und Stickstoff - Siedlungsabfalldeponien

Die Mittelwerte der Parameter TOC, Gesamt-Stickstoff, Ammonium-Stickstoff und AOX liegen leicht oberhalb des jeweiligen Medians, d.h. die Verteilung der Messwerte ist relativ symmetrisch. Bei BSB₅ und Nitrat-Stickstoff liegt der Mittelwert deutlich über dem Median. Aufgrund der reduzierenden Verhältnisse im Deponiekörper ist Nitrat nur in geringen Konzentrationen im Sickerwasser enthalten. Beim BSB₅ liegt das 90 %-Quantil um eine Potenz über dem Median. Das CSB/TOC-Verhältnis liegt bei 2,4 (Median) bzw. 2,9 (90%-Quantil).

Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte mit den Spannbreiten zwischen den Deponien. Sie liegen alle über den in Tabelle 5 dargestellten Medianen. Interessant ist hierbei die enorme Spannweite. Bei der Siedlungsabfalldeponie mit den geringsten Konzentrationen an Sickerwasserinhaltsstoffen handelt es sich um eine Deponie in der Nachsorge, die bis 1978 mit Abfällen beaufschlagt wurde mit einer mittleren Ablagerungshöhe von rund 5 m (max. 15 m). Die Deponie mit den höchsten Konzentrationen wurde bis 2005 betrieben. Der Müllkörper ist dort wesentlich mächtiger ausgebildet und erreicht bis zu 70 m Tiefe. Bei einer so langen Fließstrecke durch den Abfall werden naturgemäß vom Sickerwasser mehr lösliche Stoffe aus den Abfällen aufgenommen.

Tabelle 6 Organik und Stickstoff – Siedlungsabfalldeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
TOC	mg/l	423	10 – 2.212
CSB	mg/l	1.113	17 – 4.598
BSB ₅	mg/l	163	5 – 1.760
Stickstoff, gesamt	mg/l	652	19 – 1.693
Ammonium-N	mg/l	592	12 – 1.490
Nitrat-N	mg/l	12	0 - 109
AOX	µg/l	642	2 – 1.871

In Abbildung 5 ist der Konzentrationsverlauf der betrachteten Parameter vom Jahr 1998 bis zum Jahr 2015 abgebildet. Dargestellt werden die jährlichen Mittelwerte der deponiebezogenen Mittelwerte. Die zeitlichen Verläufe sind recht gleichmäßig, was auf die große Datenmenge und auf die Verwendung von Mittelwerten zurückzuführen ist.

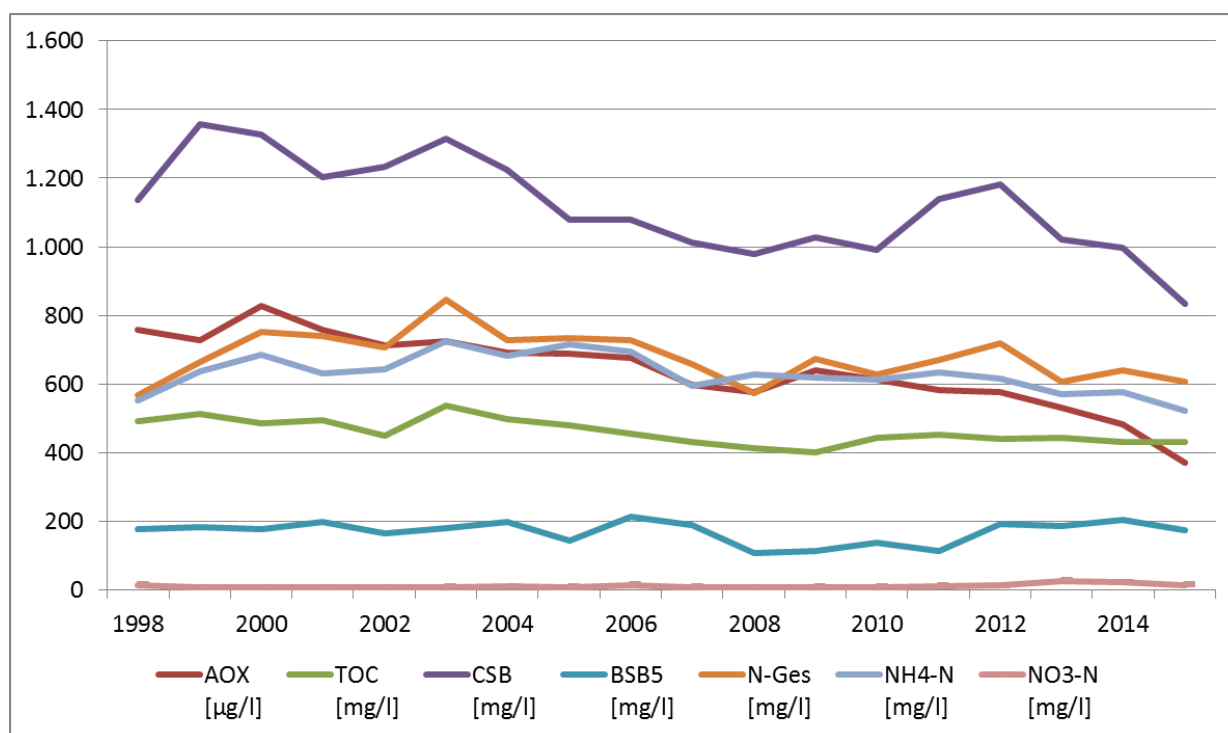


Abbildung 5 Konzentrationsverlauf von organischen Summenparametern und Stickstoffverbindungen

Abgesehen von der Nitrat- und der BSB₅-Konzentration, die im Betrachtungszeitraum gleichbleibend niedrig sind, nehmen die Konzentrationen an Gesamt-Stickstoff, Ammonium-Stickstoff, CSB und TOC moderat ab. Den am deutlichsten abnehmenden Trend zeigt der CSB.

Die Kurven der Stickstoff-Parameter passen gut zueinander, obwohl nicht bei allen Deponien alle drei Parameter durchgängig bestimmt werden.

Bei den Deponien in der Ablagerungsphase sind die Schwankungen etwas stärker, da Aktivitäten auf der Deponie (z.B. Anschluss neuer Schüttfelder, Abdeckung von Teilbereichen) das Sickerwasser kurzfristig verändern.

Die in unterschiedlichen Betriebszuständen befindlichen Deponien weisen zumeist auch unterschiedliche Konzentrationen an Inhaltsstoffen im Sickerwasser auf. Dies kann auf ein unterschiedliches Abfallinventar und auf die unterschiedlich lange Verweilzeit für den Abbau von organischen Materialien und Austragung von Komponenten über den Gas- und Wasserpfad zurückzuführen sein. Und zwar liegt der Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte für das Jahr 2015 bei:

Ablagerungsphase: 974 mg/l NH₄-N und 1.979 mg/l CSB
 Stilllegungsphase: 468 mg/l NH₄-N und 717 mg/l CSB
 Nachsorgephase: 254 mg/l NH₄-N und 161 mg/l CSB

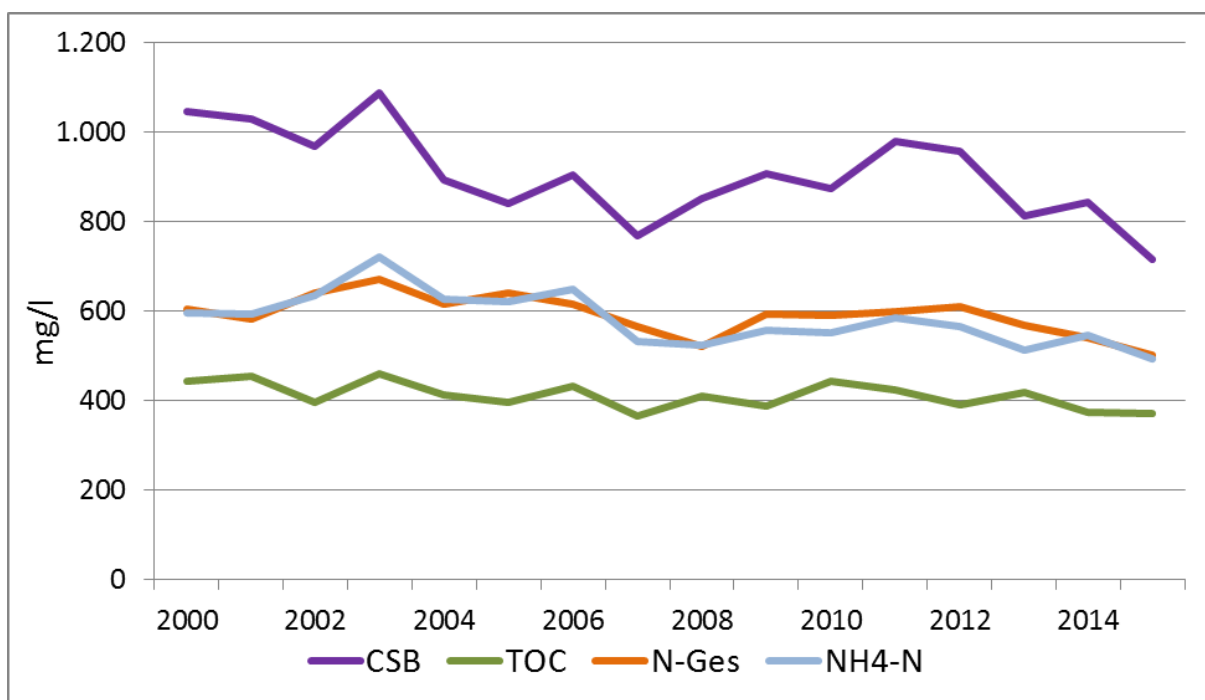


Abbildung 6 Konzentrationsverlauf ausgewählter Parameter von Siedlungsabfalldeponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase

In Abbildung 6 werden nur die Daten von Deponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase mit durchgängig vorliegenden Messwerten dargestellt (≥ 23 Deponien). Betrachtet werden wie in Abbildung 5 die jährlichen Mittelwerte der deponiebezogenen Mittelwerte.

Die Konzentrationen der dargestellten Parameter sind in Abbildung 6 etwas niedriger als in Abbildung 5, die mehr oder minder starke Abnahme der Konzentrationen im Berichtszeitraum ist jedoch recht ähnlich und auch hier beim CSB am deutlichsten ausgeprägt.

Salzbildner

Bei den Siedlungsabfalldeponien haben die Konzentration an Stickstoff und Organik sicherlich den höchsten Stellenwert. Die Salzfracht war bislang eher nur für die Inkrustationsbildung in den Sickerrohren und beim Einsatz von Umkehrosmoseanlagen zur Sickerwasserreinigung relevant. Der Anhang 51 der Abwasserverordnung [1] enthält keine Grenzwerte. Mit Einführung der Abwasserrahmenrichtlinie [2] steht nun auch die Qualität des Vorfluters im Fokus. Es gilt das Verschlechterungsverbot – auch bezüglich der Salzfracht. Dadurch sind auch die nachfolgenden Auswertungen besonders interessant.

Abbildung 7 zeigt die Salzbildner in einer vergleichenden Gegenüberstellung.

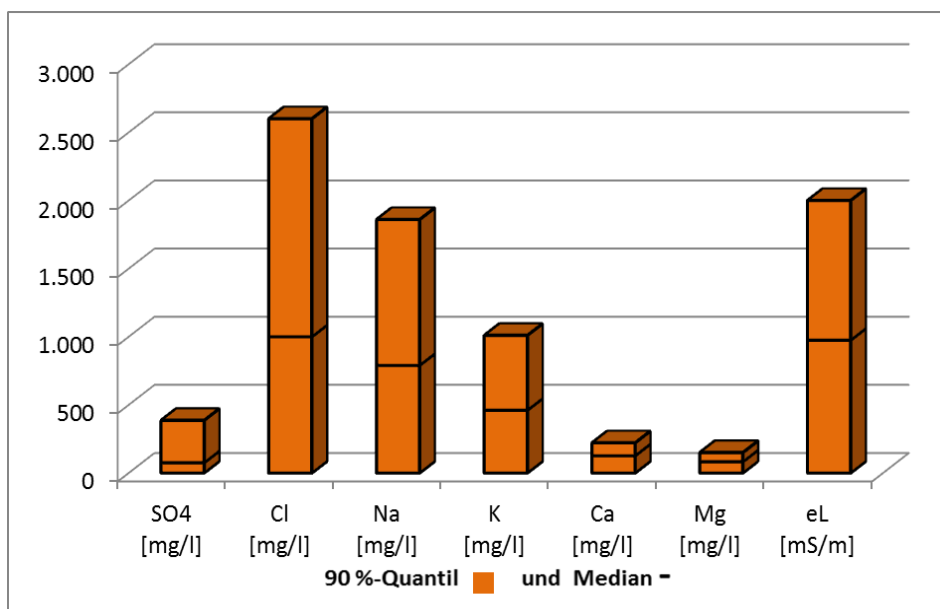


Abbildung 7 Salzbildner – Siedlungsabfalldeponien

Die Auswertung der Messwerte zeigt, dass die Konzentrationen an Chlorid und Natrium insgesamt wesentlich höher liegen als die von Sulfat, Kalium, Calcium und Magnesium. Die Werteverteilung ist relativ symmetrisch. Bis auf Sulfat beträgt der Median etwa die Hälfte des 90 %-Quantils. Tabelle 7 zeigt aber, dass es zwischen den Deponien doch erhebliche Unterschiede gibt. Bei den Deponien mit den geringen Konzentrationen an Salzbildnern handelt es sich um Deponien in der Nachsorge. Eine in der Stilllegungsphase befindliche Deponie weist hohe Konzentrationen an Chlorid, Natrium und Kalium auf. Hier wurden aber neben Hausmüll auch große Mengen an Bodenaushub und Industrieabfällen abgelagert.

Aufgrund der reduzierenden Verhältnisse im Deponiekörper von Siedungsabfalldeponien mit biologisch abbaubaren Inhaltsstoffen ist eher mit geringen Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser zu rechnen, da Schwefel maßgeblich als Schwefelwasserstoff mit dem Deponiegas ausgetragen wird.

Tabelle 7 Salzbildner – Siedungsabfalldeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Sulfat	mg/l	224	2 – 1.804
Chlorid	mg/l	1.590	29 – 33.197
Natrium	mg/l	1.104	18 – 16.501
Kalium	mg/l	570	22 – 7.174
Calcium	mg/l	157	44 - 457
Magnesium	mg/l	93	26 - 377
el. Leitfähigkeit	mS/m	1.694	86 – 12.702

In Abbildung 8 ist der Konzentrationsverlauf der betrachteten Parameter für die letzten 17 Jahre (ab 1999) abgebildet. Dargestellt werden die jährlichen Mittelwerte der deponiebezogenen Mittelwerte. Der zeitliche Verlauf ist recht gleichmäßig, was auf die großen Datenmengen und auf die Verwendung von Mittelwerten zurückzuführen ist.

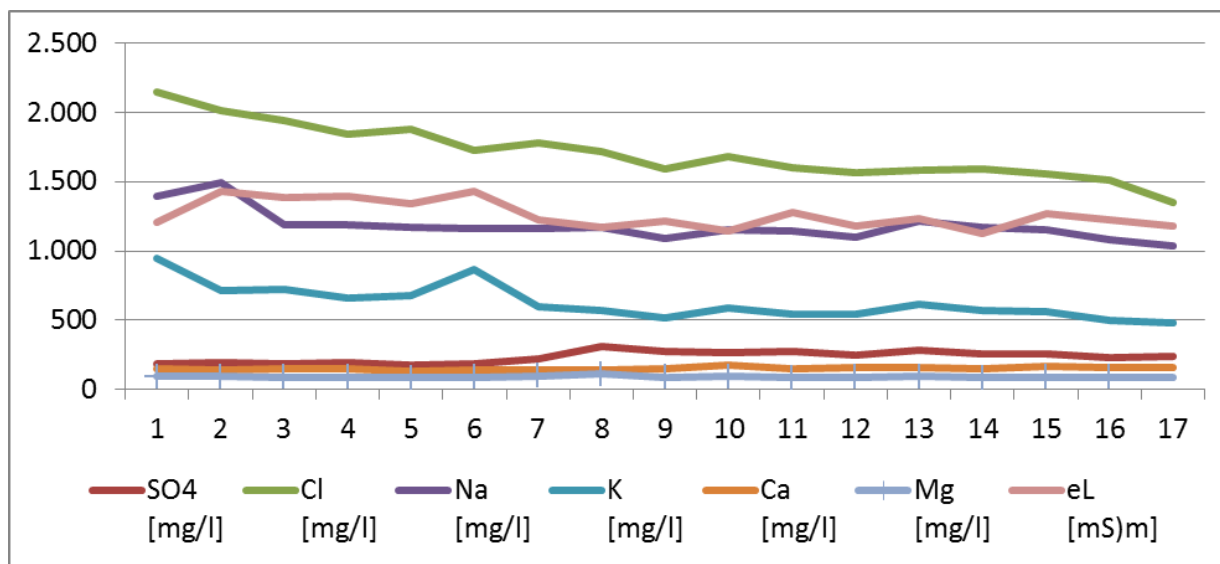


Abbildung 8 Konzentrationsverlauf von Salzbildnern

Bei Chlorid ist eine recht gleichmäßige Abnahme der Konzentration festzustellen. Chlorid ist ein Parameter, der gut wasserlöslich ist und schnell mit dem Sickerwasser ausgetragen werden kann. Auch bei Natrium und Kalium verringert sich die Konzentration im Betrachtungszeitraum.

Die Höhe der elektrischen Leitfähigkeit wird auch von anderen Parametern (z. B. gelöste organische Verbindungen) beeinflusst.

Schwermetalle

Lösbare Schwermetalle können bei Siedlungsabfalldeponien aus Bodenaushub und Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen sowie aus Aschen aus der Müllverbrennung und anderen Prozessen stammen.

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt die Schwermetallkonzentrationen im Sickerwasser von Siedlungsabfalldeponien.

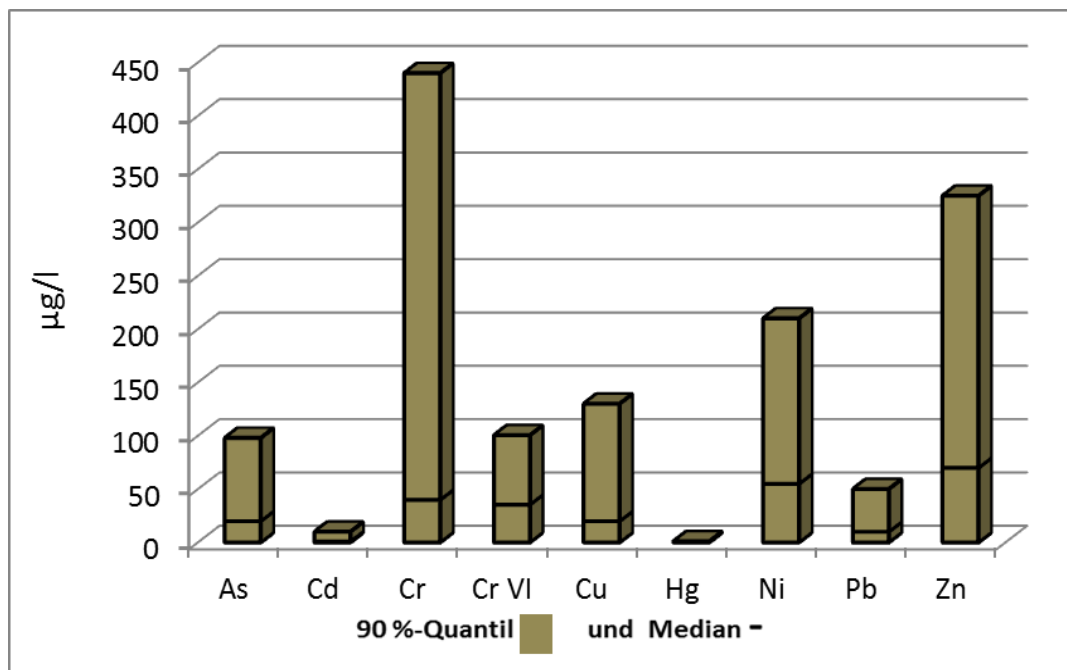


Abbildung 9 Schwermetalle - Siedlungsabfalldeponien

Wie bei den Sonderabfalldeponien ist der überwiegende Teil der Messwerte recht klein, was die geringen Mediane zeigen. Im Vergleich liegen die 90 %-Quantile insbesondere von Chrom wesentlich höher. Insgesamt gesehen sind aber auch die 90%-Quantile auf einem niedrigen Niveau. Insbesondere die Parameter Cadmium und Quecksilber sind hier von untergeordneter Bedeutung.

Tabelle 8 Schwermetalle – Siedlungsabfalldeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Arsen	µg/l	35	1 - 142
Cadmium	µg/l	4	0 - 21
Chrom	µg/l	136	2 – 1.000
Chrom VI	µg/l	72	10 - 338
Kupfer	µg/l	69	6 - 674
Quecksilber	µg/l	0,6	0 – 1,8
Nickel	µg/l	105	2 - 450
Blei	µg/l	29	1 - 145
Zink	µg/l	174	14 – 1.065

Bei mehreren Deponien wurden Chrom-Konzentrationen > 1.000 µg/l gemessen. Der höchste Wert von 4.120 µg/l wurde bei einer in der Stilllegungsphase befindlichen Deponie gemessen. Informationen über die im Vergleich zu Kupfer, Nickel und Blei auffällig höheren Werte liegen nicht vor. Da die Sickerwässer aufgrund anderer Inhaltsstoffe ohnehin behandlungsbedürftig sind, sind die etwas höheren Chromkonzentrationen nicht von besonderer Bedeutung.

Insbesondere weil die Schwermetall-Konzentrationen vielfach im Bereich oder unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, lässt sich kein Trend feststellen. Aus diesem Grund wird für die Schwermetalle im vorliegenden Fachbericht keine Darstellung des Konzentrationsverlaufs gezeigt.

1.2.2 Deponien für kommunale Klärschlämme

Die Gruppe der Klärschlammdeponien setzt sich aus den Deponien zusammen, auf denen ausschließlich oder überwiegend Klärschlamm aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen abgelagert worden ist. Fünf Deponien wurden in die Auswertung einbezogen.

Der pH-Wert liegt meist im neutralen Bereich zwischen pH 6,8 und pH 7,4. Der kleinste Messwert liegt bei pH 5,9 und der höchste Wert bei pH 9,8. Die hohen und niedrigen pH-Werte stammen von einer Deponie, auf der teilweise auch andere Abfälle (z.B. Müllverbrennungaschen) eingebaut wurden.

Tabelle 9 enthält eine Übersicht der üblicherweise gemessenen Parameter.

Tabelle 9 Übersicht der Auswertungen für Klärschlammdeponien

Parameter	Einheit	90 %-Quantil	Median	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG
TOC	mg/l	123	28	326	0%
CSB	mg/l	561	317	112	4%
BSB ₅	mg/l	110	9	78	22%
Stickstoff, gesamt	mg/l	253	32	276	1%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	246	29	373	18%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	10	1	326	29%
AOX	mg/l	0,15	0,05	332	13%
Sulfat	mg/l	1.060	230	340	1%
Chlorid	mg/l	806	260	336	0%
Natrium	mg/l	360	120	335	0%
Kalium	mg/l	149	28	335	0%
Calcium	mg/l	474	164	335	0%
Magnesium	mg/l	173	30	340	0%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	830	297	388	0%
Arsen	mg/l	0,045	0,004	231	43%
Cadmium	mg/l	0,01	0,0002	328	65%
Chrom	mg/l	0,10	0,01	330	67%
Chrom VI	mg/l	0,10	0,002	117	95%
Kupfer	mg/l	0,10	0,01	341	37%
Quecksilber	mg/l	0,0002	0,0001	294	91%
Nickel	mg/l	0,47	0,04	371	18%
Blei	mg/l	0,10	0,01	331	63%
Zink	mg/l	0,11	0,02	344	28%
pH-Wert	-	7,7	7,2	389	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	0,5	0,2	304	58%
Phosphor, gesamt	mg/l	3	0,2	246	23%
Sulfid	mg/l	0,09	0,05	21	95%
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	0,01	0,01	105	98%
Kohlenwasserstoffe	mg/l	1,8	0,2	57	70%
Aluminium	mg/l	0,35	0,06	192	11%
Eisen	mg/l	19	1,3	314	7%
Mangan	mg/l	10	0,5	303	7%
Gesamttrockenrückstand	mg/l	3.570	1.690	231	0%

Organische Parameter und Stickstoffverbindungen

Auf den Klärschlammdeponien wurden in der Regel ausgefaulte Klärschlämme abgelagert. Hohe Konzentrationen an organischen und stickstoffhaltigen Inhaltsstoffen sind im Sickerwasser nicht zu erwarten.

Abbildung 10 zeigt die organischen Parameter und Stickstoffverbindungen für die Gruppe der Klärschlammdeponien im Überblick.

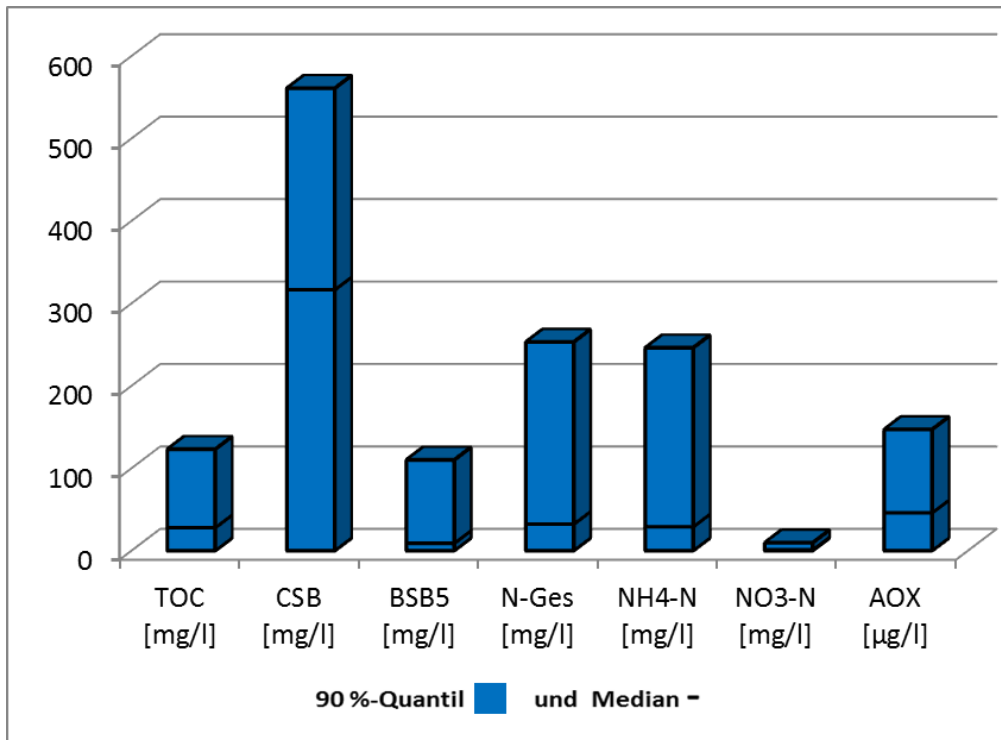


Abbildung 10 Organik und Stickstoff - Klärschlammdeponien

Mit Ausnahme des CSB zeigt Abbildung 10 für alle Parameter starke Unterschiede zwischen dem 90-% Quantil und dem zugehörigen Median. Der Mittelwert liegt bei diesen Deponien wesentlich über dem Median, d. h. die Verteilung der Werte ist sehr asymmetrisch. Die hohen Werte stammen überwiegend von nur einer der fünf Klärschlammdeponien.

Beim CSB liegen bei der Betrachtung der Einzelwerte der Median und Mittelwert eng bei einander. Die Verteilung der Werte ist symmetrisch.

Im Vergleich zu Siedlungsabfalldeponien sind die Konzentrationen für die organischen Parameter und für Stickstoffverbindungen erheblich niedriger. In Tabelle 10 sind hierzu die Spannbreiten der Deponien aufgeführt.

Tabelle 10 Organik und Stickstoff – Klärschlammdeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
TOC	mg/l	68	18 - 97
CSB	mg/l	206	56 - 403
BSB ₅	mg/l	18	2 - 52
Stickstoff, gesamt	mg/l	107	8 - 218
Ammonium-N	mg/l	72	6 - 223
Nitrat-N	mg/l	4	0,9 - 14
AOX	µg/l	141	46 - 307

Salzbildner

Die im Abwasser kommunaler Kläranlagen enthaltenen leicht löslichen Salze verbleiben zum großen Teil im gereinigten Abwasser. Im abgelagerten Klärschlamm ist die Konzentration an Natrium, Kalium und Chlorid für eine DK II-Deponie daher vergleichsweise gering, wie Abbildung 11 zeigt.

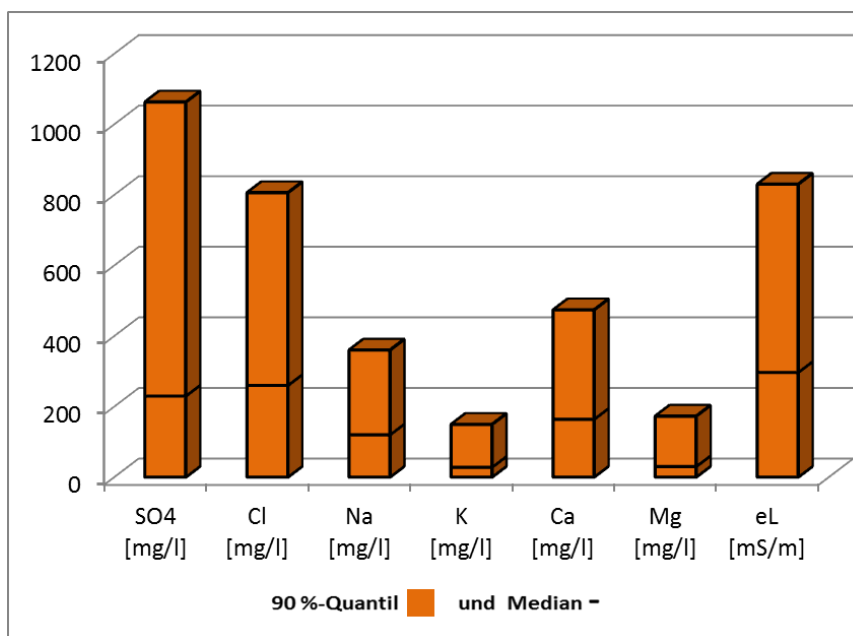


Abbildung 11 Salzbildner - Klärschlammdeponien

Insgesamt sind die Konzentrationen der dargestellten Salzbildner im Sickerwasser von Klärschlammdeponien unauffällig. In Tabelle 11 werden die Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 11 Salzbildner – Klärschlammdeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Sulfat	mg/l	574	364 – 1.116
Chlorid	mg/l	363	325 - 579
Natrium	mg/l	223	91 - 348
Kalium	mg/l	85	19 - 232
Calcium	mg/l	281	54 - 478
Magnesium	mg/l	102	19 - 202
el. Leitfähigkeit	mS/m	592	134 – 1.309

Schwermetalle

Im Sickerwasser von Klärschlammdeponien sind Schwermetalle in der Regel von untergeordneter Bedeutung, da der Schlamm überwiegend aus der Behandlung kommunalen Abwassers stammt, das meistens vergleichsweise geringe Mengen an Schwermetallen enthält.

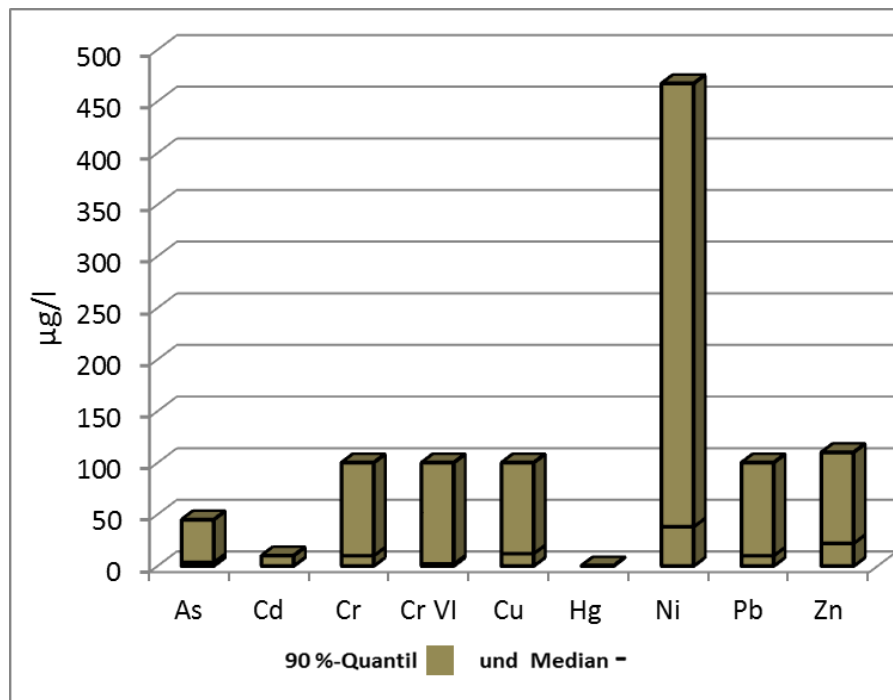


Abbildung 12 Schwermetalle - Klärschlammdeponien

Der Median liegt bei allen dargestellten Parametern auf niedrigem Niveau. Zu dem Parameter Nickel liegen von zwei der fünf Deponien einige hohe Analysewerte vor. Das 90 %-Quantil weicht deshalb stark vom Median für Nickel und von den 90 %-Quantilen der übrigen Parameter ab. Die Messwerte der relevanten Messstellen streuen sehr stark, d.h. es wurden dort auch niedrige Konzentrationen an Nickel bestimmt. Tabelle 12 zeigt die Mittelwerte der Schwermetallkonzentrationen.

Tabelle 12 Schwermetalle – Klärschlammdeponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Arsen	µg/l	11	1 - 21
Cadmium	µg/l	2	0 - 8
Chrom	µg/l	22	5 - 73
Chrom VI	µg/l	32	2 - 81
Kupfer	µg/l	48	8 - 94
Quecksilber	µg/l	0,2	0,1 – 0,5
Nickel	µg/l	133	8 - 416
Blei	µg/l	25	7 - 72
Zink	µg/l	75	22 - 146

Die Betrachtung der deponiebezogenen Mittelwerte zeigt vergleichbare Ergebnisse wie die Darstellung der Mediane. Abgesehen von Nickel liegen die Werte auf niedrigem Niveau.

Bei der Betrachtung der Schwermetalle ist zu beachten, dass die Konzentrationen im Sickerwasser häufig unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Für die Auswertungen wurde die angegebene Bestimmungsgrenze verwendet. Diese ist bei den vorliegenden Datensätzen nicht einheitlich. Sofern der Anteil an Messungen „< Bestimmungsgrenze“ über 50 % der Messwerte liegt, stellt der Median eine Maximalbetrachtung dar. Wie Tabelle 9 zeigt, liegen bei Cadmium, Chrom, Chrom VI, Quecksilber und Blei mehr als 50 % der Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze.

1.2.3 Deponien für anorganische Abfälle

Auf DK II-Deponien für anorganische Abfälle wurden in Nordrhein-Westfalen vorrangig Müllverbrennungsrückstände, unbearbeitete Schlacken aus der Stahlindustrie, Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung und Bodenaushub mit schädlichen Verunreinigungen abgelagert.

In Nordrhein-Westfalen gibt es derzeit acht Deponien dieses Deponietyps, von denen Qualitätsmessdaten vorliegen. Drei dieser Deponien befinden sich in der Stilllegungsphase.

Der pH-Wert liegt bei fünf Deponien im neutralen bis schwach alkalischen Bereich. Eine Deponie verfügt über ein sehr saures und zwei Deponien über ein recht alkalisches Sickerwasser. Der kleinste Messwert lag bei pH 3,8 und der höchste Wert bei pH 13,1.

Tabelle 13 Übersicht der Auswertungen für DK II-Anorganikdeponien

Parameter	Einheit	90 %- Quantil	Median	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG
TOC	mg/l	99	30	624	2%
CSB	mg/l	283	95	194	1%
BSB ₅	mg/l	17	3	202	36%
Stickstoff, gesamt	mg/l	1.900	168	262	1%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	125	21	380	13%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	1.470	45	352	6%
AOX	mg/l	0,35	0,10	624	21%
Sulfat	mg/l	14.740	2.100	579	0%
Chlorid	mg/l	7.060	1.010	584	0%
Natrium	mg/l	4.690	1.330	532	0%
Kalium	mg/l	2.720	198	423	0%
Calcium	mg/l	1.720	540	446	0%
Magnesium	mg/l	4.160	81	443	0%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	4.280	976	665	0%
Arsen	mg/l	0,51	0,02	452	40%
Cadmium	mg/l	0,12	0,001	487	59%
Chrom	mg/l	0,18	0,03	472	26%
Chrom VI	mg/l	0,10	0,03	346	86%
Kupfer	mg/l	0,66	0,03	494	30%
Quecksilber	mg/l	0,002	0,0003	453	74%
Nickel	mg/l	2,59	0,07	504	14%
Blei	mg/l	0,20	0,01	463	68%
Zink	mg/l	8,67	0,21	432	21%
pH-Wert	-	11	8	664	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	3	0,3	144	22%
Phosphor, gesamt	mg/l	2	0,5	137	11%
Sulfid	mg/l	0,1	0,09	254	90%
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	0,01	0,01	218	77%
Kohlenwasserstoffe	mg/l	1	0,2	229	77%
Aluminium	mg/l	158	2	156	11%
Eisen	mg/l	6	1	328	7%
Mangan	mg/l	481	2	308	9%
Gesamt trockenrückstand	mg/l	30.100	4.650	199	0%

Organische Parameter und Stickstoffverbindungen

Auf den Deponien werden Abfälle mit organischen Verbindungen nicht in relevantem Maße abgelagert. Im Deponiekörper herrschen nicht die im Deponiekörper von Hausmülldeponien typischen, reduzierenden Verhältnisse. Im Sickerwasser tritt Stickstoff daher zumeist in Form von Nitrat auf.

Abbildung 13 zeigt die organischen Parameter und die Stickstoffverbindungen für Anorganikdeponien im Vergleich.

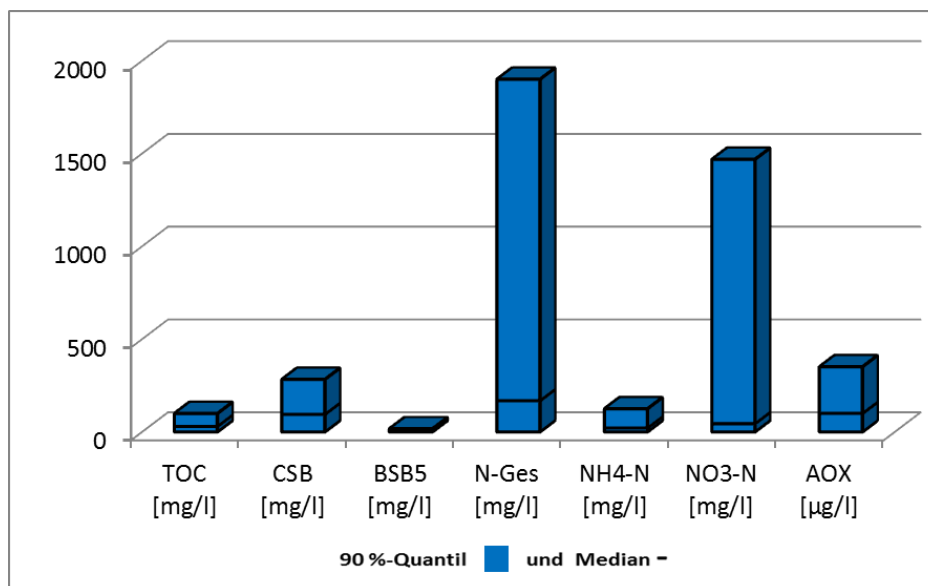


Abbildung 13 Organik und Stickstoff – Anorganikdeponien DK II

Auffällig sind in diesem Diagramm die hohen 90 %-Quantile von Gesamt- und Nitratstickstoff. Die hohen Messwerte wurden bei der Deponie mit dem sauren pH-Wert gemessen. Die Ammonium-Konzentration ist in dem Sickerwasser dieser Deponie vergleichsweise gering, der Nitratstickstoff dagegen liegt dort bei vielen Messergebnissen über 1.000 mg/l, wie auch Tabelle 14 anhand der Mittelwerte bestätigt.

Tabelle 14 Organik und Stickstoff – Anorganikdeponien DK II

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
TOC	mg/l	57	23 - 143
CSB	mg/l	136	66 - 220
BSB ₅	mg/l	16	4 - 70
Stickstoff, gesamt	mg/l	302	40 – 1.323
Ammonium-N	mg/l	90	2 - 397
Nitrat-N	mg/l	206	1 – 1.273
AOX	µg/l	166	67 - 265

Salzbildner

In den abgelagerten mineralischen Abfällen ist ein gewisser Salzanteil zu erwarten, der bei Kontakt mit Wasser leicht eluiert werden kann und so mit dem gefassten Sickerwasser aus der Deponie ausgetragen wird. Die typischen „Salzbildner“ werden in Abbildung 14 dargestellt. Aufgeführt sind die Anionen Sulfat und Chlorid, die Kationen Natrium, Kalium, Kalzium und Magnesium sowie die elektrische Leitfähigkeit, deren Wert von der Konzentration der im Sickerwasser enthaltenen Ladungsträger abhängt.

Abbildung 14 zeigt die Salzbildner für die Gruppe der Anorganikdeponien der Klasse II in einer Übersicht.

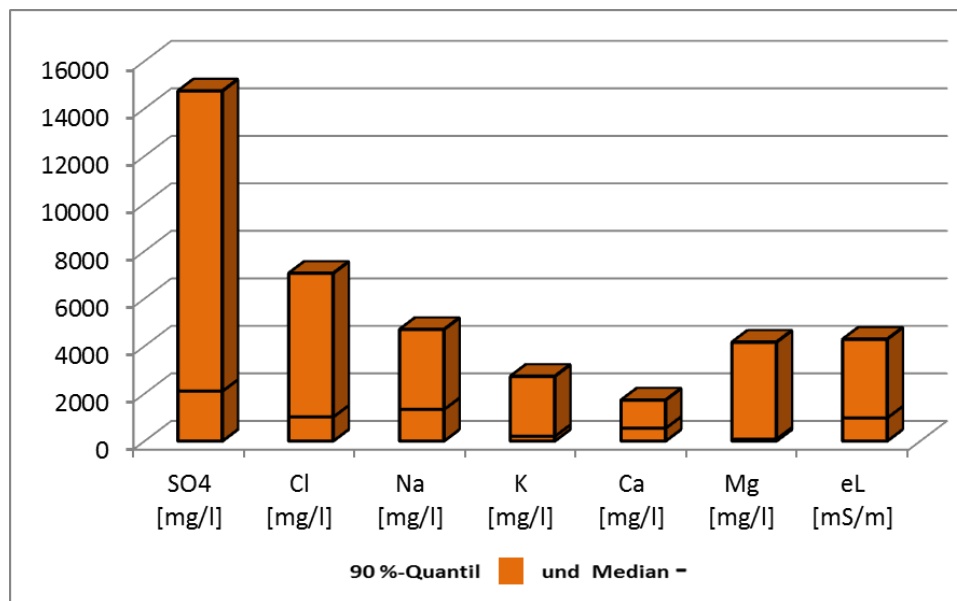


Abbildung 14 Salzbildner – Anorganikdeponien DK II

Bei den Salzbildnern ist insbesondere das hohe 90 %-Quantil von Sulfat bei gleichzeitig recht niedrigem Median auffällig. Die hierfür verantwortlichen hohen Analysewerte stammen von der zuvor schon beim pH-Wert und Nitratstickstoff genannten Deponie. Auch die hohen Magnesiumkonzentrationen stammen vom Sickerwasser dieser Deponie. Die in Tabelle 15 dargestellten Spannbreiten der Mittelwerte verdeutlichen dies.

Tabelle 15 Salzbildner – Anorganikdeponien DK II

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Sulfat	mg/l	5.481	196 – 27.216
Chlorid	mg/l	2.274	77 – 5.231
Natrium	mg/l	2.045	57 – 4.147
Kalium	mg/l	724	22 – 2.370
Calcium	mg/l	739	239 – 1.347
Magnesium	mg/l	1.092	25 – 5.651
el. Leitfähigkeit	mS/m	1.974	299 – 3.873

Schwermetalle

In Abbildung 15 werden die Schwermetallkonzentrationen für die Gruppe der Anorganikdeponien dargestellt.

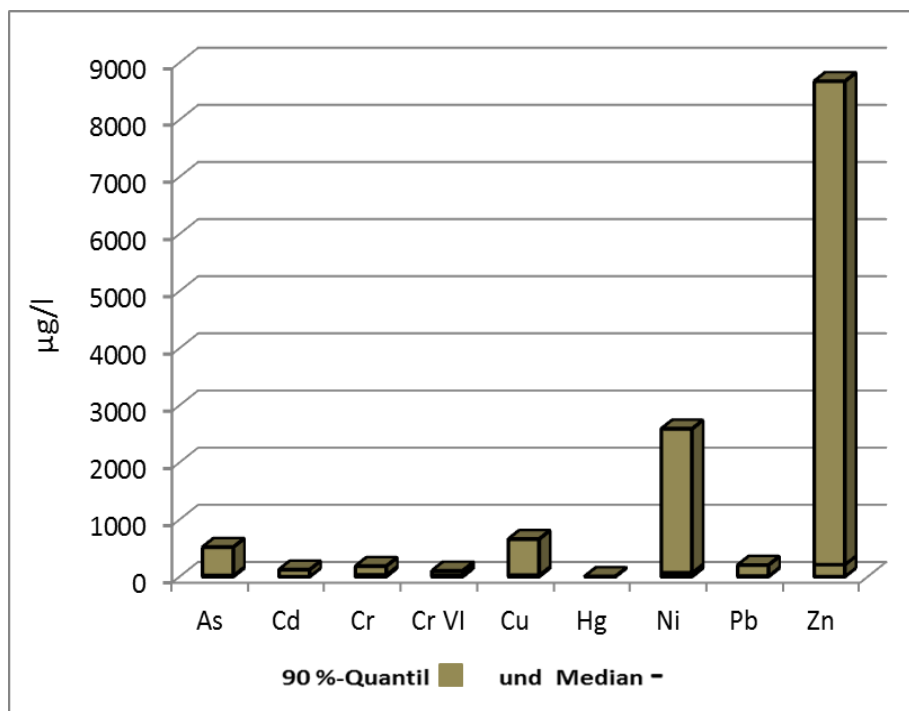


Abbildung 15 Schwermetalle – Anorganikdeponien DK II

Das Diagramm zeigt für Zink ein verhältnismäßig hohes 90 %-Quantil. Dies rührt von den Analysen einer einzigen Deponie. Dort sind die meisten Messwerte sehr hoch. Abgesehen von den Inhaltsstoffen in den abgelagerten Abfällen resultiert die hohe Zinkkonzentration auch aus den vorherrschenden sauren Milieubedingungen.

Die hohen Nickelkonzentrationen stammen dagegen von einer Werksdeponie, deren Sickerwasser einen alkalischen pH-Wert aufweist. Bei dieser Deponie liegen auch hohe Arsenkonzentrationen (Maximalwert: 16.000 µg/l) vor. Für die drei Parameter sind die in Tabelle 15 aufgeführten Spannbreiten recht groß.

Schwermetalle spielen bei den Anorganikdeponien vielfach nur eine untergeordnete Rolle. Aus der Ablagerung bestimmter Industrieabfälle können jedoch auch höhere Konzentrationen resultieren, wie Tabelle 16 zeigt.

Tabelle 16 Schwermetalle – Anorganikdeponien DK II

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Arsen	µg/l	526	2 – 2.693
Cadmium	µg/l	52	0 - 211
Chrom	µg/l	77	10 - 126
Chrom VI	µg/l	41	2 - 97
Kupfer	µg/l	271	10 – 1.241
Quecksilber	µg/l	1,2	0,1 – 3,8
Nickel	µg/l	645	13 – 2.782
Blei	µg/l	59	10 - 186
Zink	µg/l	2.290	83 – 8.783

Bei der Betrachtung der Schwermetalle ist zu berücksichtigen, dass die Konzentrationen im Sickerwasser häufig unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Für die Auswertungen wurde die angegebene Bestimmungsgrenze verwendet. Diese ist bei den vorliegenden Datensätzen nicht einheitlich.

1.3 Deponieklasse I

Bei Deponien der Klasse I handelt es sich in erster Linie um Deponien für Massenabfälle aus dem Bausektor oder um produktionsspezifische Deponien (z. B. Kraftwerksreststoffdeponien). Derzeit liegen zu 31 Deponien Sickerwasserdaten in ADDIS vor.

Der pH-Wert liegt bei den meisten Deponien im neutralen bis schwach alkalischen Bereich. Zwei Kraftwerksreststoffdeponien haben ein recht saures und drei Werksdeponien ein stark alkalisches Sickerwasser. Der kleinste Messwert lag bei pH 2,3 und der höchste Wert bei pH 13,9.

Tabelle 17 Übersicht der Auswertungen für DK I-Deponien

Parameter	Einheit	90 %- Quantil	Median	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG
TOC	mg/l	57	17	990	1%
CSB	mg/l	243	50	900	22%
BSB ₅	mg/l	10	3	624	61%
Stickstoff, gesamt	mg/l	74	19	896	4%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	64	1,0	1.255	17%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	36	3,6	1.159	15%
AOX	mg/l	0,33	0,06	1.332	24%
Sulfat	mg/l	2.780	754	1.403	1%
Chlorid	mg/l	1.900	223	1.392	0%
Natrium	mg/l	1.410	330	948	0%
Kalium	mg/l	524	114	923	0%
Calcium	mg/l	590	280	986	0%
Magnesium	mg/l	175	28	981	2%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	1.164	422	1.639	0%
Arsen	mg/l	0,035	0,007	947	29%
Cadmium	mg/l	0,005	0,001	1.227	71%
Chrom	mg/l	0,066	0,01	1.245	42%
Chrom VI	mg/l	0,1	0,01	837	78%
Kupfer	mg/l	0,082	0,02	1.210	40%
Quecksilber	mg/l	0,001	0,0002	1.031	87%
Nickel	mg/l	0,056	0,013	1.226	30%
Blei	mg/l	0,02	0,008	1.190	77%
Zink	mg/l	0,24	0,03	1.045	33%
pH-Wert	-	11,2	7,8	1.980	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	5	0,1	726	35%
Phosphor, gesamt	mg/l	1	0,2	941	27%
Sulfid	mg/l	0,1	0,04	301	89%
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	0,2	0,01	692	69%
Kohlenwasserstoffe	mg/l	0,5	0,1	815	73%
Aluminium	mg/l	0,9	0,2	309	13%
Eisen	mg/l	6,8	0,2	643	15%
Mangan	mg/l	2	0,04	728	22%
Gesamtrockenrückstand	mg/l	4.340	1.600	104	12%
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{EI})	-	2	2	48	0%

Organische Parameter und Stickstoffverbindungen

Die auf den Gewerbeabfalldeponien abgelagerten mineralischen Abfälle lassen in der Regel nur einen geringen Gehalt an Organik und Stickstoff im Sickerwasser erwarten.

Abbildung 16 zeigt die organischen Parameter und die Stickstoffverbindungen für Gewerbeabfalldeponien der Klasse I im Vergleich.

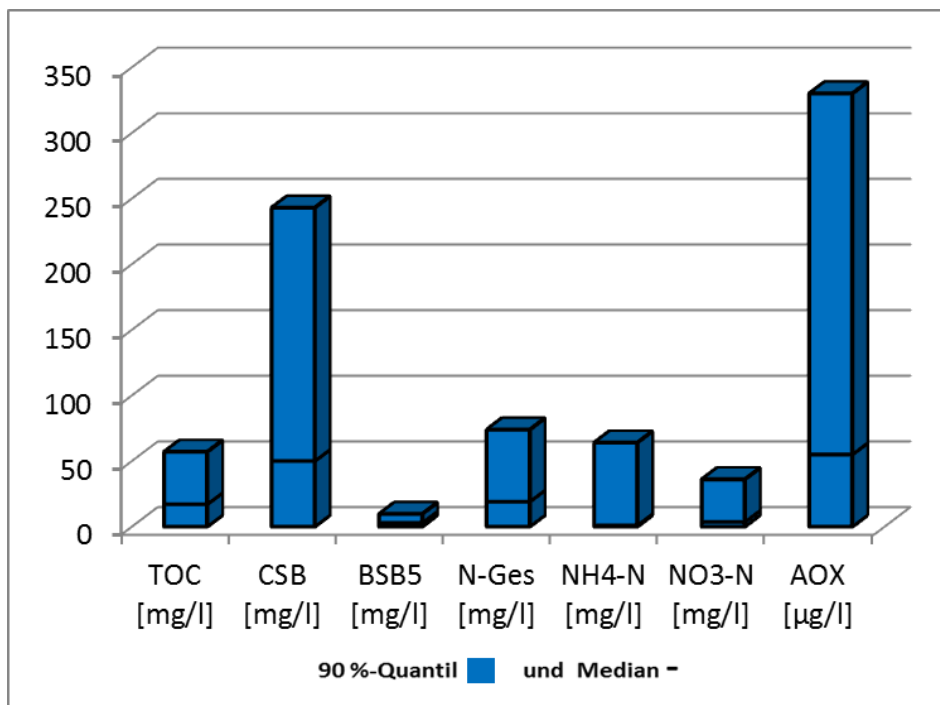


Abbildung 16 Organik und Stickstoff – DK I-Deponien

Bei allen dargestellten Parametern liegt das 90 %-Quantil deutlich höher als der Median. Beim Parameter CSB rührt das hohe 90 %-Quantil vorrangig von Deponien, auf denen gewerbliche Abfälle abgelagert wurden.

Beim Parameter AOX stammen die hohen Werte in erster Linie von einer seit Jahrzehnten stillgelegten Deponie für Bauabfälle, auf der damals jedoch auch Industrieschlämme abgelagert wurden, sowie von einer Werksdeponie.

Tabelle 18 zeigt die Auswertungen der Mittelwerte. Abgesehen von den genannten Ausnahmen ist im Mittel nur von geringen Konzentrationen an Organik und stickstoffhaltigen Verbinden im Sickerwasser von DK I-Deponien auszugehen.

Tabelle 18 Organik und Stickstoff – DK I-Deponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
TOC	mg/l	27	2 - 134
CSB	mg/l	118	15 – 1.009
BSB ₅	mg/l	13	2 - 101
Stickstoff, gesamt	mg/l	21	0 - 70
Ammonium-N	mg/l	25	0,1 - 322
Nitrat-N	mg/l	8	0,2 - 37
AOX	µg/l	93	10 - 411

Salzbildner

Typische DK I-Abfälle mit salzbildenden Inhaltsstoffen sind u.a. Kraftwerksreststoffe, Müllverbrennungaschen, Stahlwerksschlacken und Bauschutt.

Abbildung 17 zeigt die Konzentrationen der Salzbildner für DK I-Deponien im Vergleich.

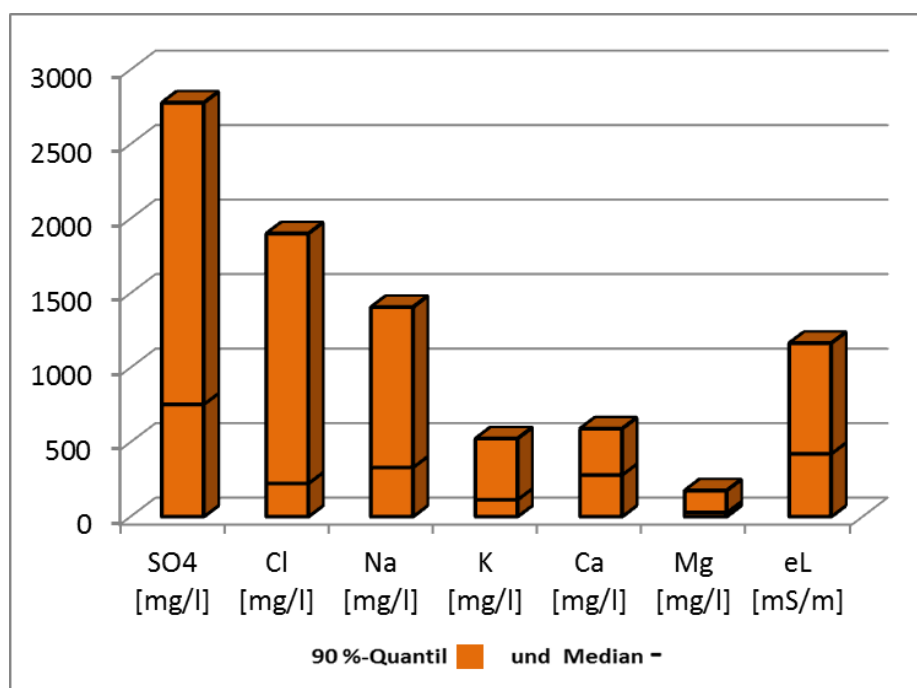


Abbildung 17 Salzbildner – DK I-Deponien

Von den Salzbildnern ist insbesondere Sulfat relevant. Der Median liegt bei 754 mg/l, der Mittelwert (der Einzelwerte) bei 1.213 mg/l. Zum Vergleich: bei den DK II-Anorganikdeponien liegen der Median mit 2.100 mg/l und der Mittelwert mit 6.885 mg/l wesentlich höher. Ansonsten sind die dargestellten Parameter wenig relevant. Tabelle 19 zeigt die entsprechenden Mittelwerte.

Tabelle 19 Salzbildner – DK I-Deponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Sulfat	mg/l	1.038	2 – 3.694
Chlorid	mg/l	534	5 – 2.730
Natrium	mg/l	443	25 – 2.216
Kalium	mg/l	150	4 - 596
Calcium	mg/l	345	17 - 718
Magnesium	mg/l	71	2 - 522
el. Leitfähigkeit	mS/m	795	53 – 5.084

Schwermetalle

Für DK I-Deponien sind die Zuordnungskriterien für die Ablagerung von Abfällen hinsichtlich der Schwermetalle seit Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall im Jahre 1993 relativ streng, so dass das Sickerwasser davon nur relativ geringe Konzentrationen aufweist.

Abbildung 18 zeigt die Schwermetallkonzentrationen für die DK I-Deponien im Vergleich.

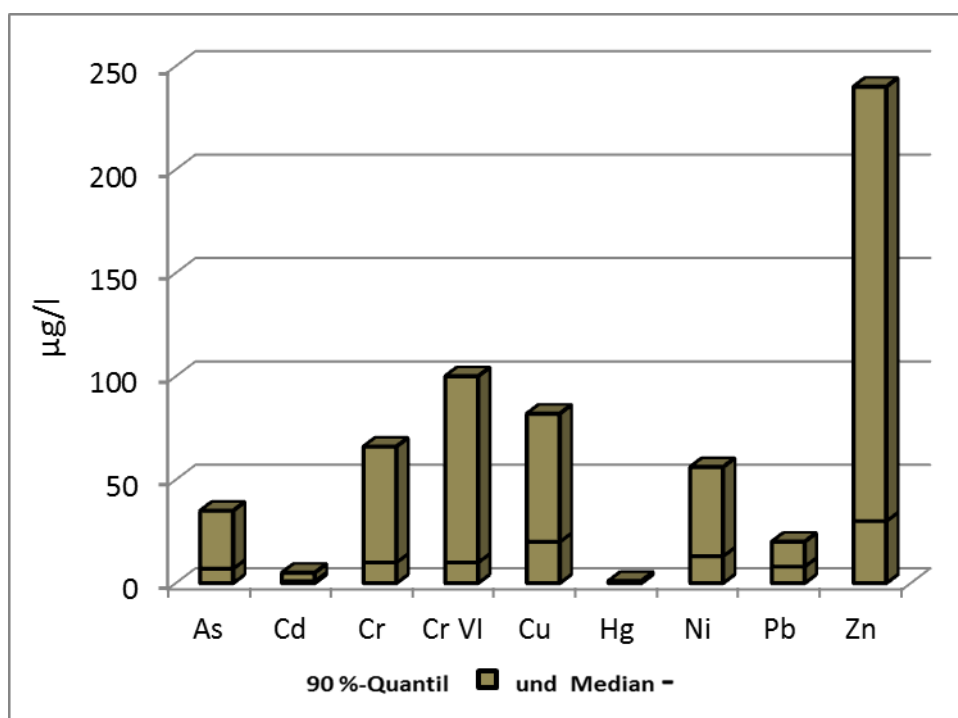


Abbildung 18 Schwermetalle – DK I-Deponien

Die Ablagerung von stoffspezifischen Massenabfällen kann zu unterschiedlichen Konzentrationen von bestimmten Schwermetallen im Sickerwasser führen. Aus diesem Grund sind die dargestellten Mediane wesentlich niedriger als die zugehörigen 90%-Quantile. Beispielsweise wurden bei einer Kraftwerksreststoffdeponie hohe Chrom- und Chrom VI-Konzentrationen im

Sickerwasser gemessen (Maximum: 3.580 µg/l). Bei vielen anderen DK I-Deponien liegt die Chrom-Konzentration im Bereich der Bestimmungsgrenze.

Tabelle 20 zeigt ein vergleichbares Bild. Insgesamt sind die mittleren Konzentrationen recht gering. Die Spannbreiten für Chrom und Chrom VI sind aufgrund der erwähnten Konzentrationen bei der Kraftwerksreststoffdeponie etwas größer.

Tabelle 20 Schwermetalle – DK I-Deponien

Parameter	Einheit	Mittelwert der deponiebezogenen Mittelwerte	Spannbreite der deponiebezogenen Mittelwerte
Arsen	µg/l	19	0 - 120
Cadmium	µg/l	2	0 - 5
Chrom	µg/l	37	1 - 538
Chrom VI	µg/l	46	1 - 479
Kupfer	µg/l	49	4 - 285
Quecksilber	µg/l	1,0	0,1 - 14
Nickel	µg/l	33	1 - 202
Blei	µg/l	17	1 - 79
Zink	µg/l	134	10 - 899

Bei der Betrachtung der Schwermetalle ist zu beachten, dass die Konzentrationen im Sickerwasser häufig unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Für die Auswertungen wurde die angegebene Bestimmungsgrenze verwendet. Diese ist bei den vorliegenden Datensätzen nicht einheitlich.

2. Gesetzliche Anforderungen

Die Abwasserverordnung [1] enthält im Anhang 51 für die Direkt- und Indirekteinleitung von Sickerwasser Anforderungen an die Sickerwasserbeschaffenheit. Im Anhang 51 werden nur die Konzentrationen an Inhaltsstoffen begrenzt, die Frachten werden nicht betrachtet. Als Maßgabe der Wasserrahmenrichtlinie [2] darf durch eine Einleitung in ein Gewässer das Gewässer nicht nachteilig verändert werden. Dies erfordert eine Einzelfallbetrachtung unter Berücksichtigung der Einleitungsfrachten und der Beschaffenheit des Vorfluters.

In den Tabellen 21 und 22 sind die Parameter nach Anhang 51 AbwV differenziert nach Abschnitt C und nach Abschnitt D aufgelistet. Abschnitt C enthält die Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle, Abschnitt D die Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung. Die beiden Tabellen enthalten eine Auswertung der in ADDIS vorhandenen Sickerwasserqualitätsdaten für Siedlungsabfalldeponien für den Zeitraum ab 1998. Es handelt sich hierbei um unbehandeltes Sickerwasser.

Tabelle 21 Qualitätsparameter nach Anhang 51 AbwV – Abschnitt C

Parameter Anhang 51 AbwV - Abschnitt C	Grenzwert Anhang 51 AbwV	DK I - Deponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Siedlungsabfalldeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Klärschlammdeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Anorganikdeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK III - Deponien Anzahl Messwerte > Grenzwert
CSB	200 mg/l	13%	84%	66%	22%	80%
BSB ₅	20 mg/l	4%	72%	40%	6%	67%
Stickstoff, gesamt	70 mg/l	11%	93%	37%	61%	81%
Phosphor, gesamt	3 mg/l	2%	2%	9%	8%	3%
Kohlenwasserstoffe	10 mg/l	0,4%	0,3%	0%	1%	10%
Nitrit-Stickstoff	2 mg/l	16%	12%	1%	15%	9%
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{EI})	2	6% (48 Messwerte)	86% (8 Messwerte)	keine Messwerte	92% (12 Messwerte)	keine Messwerte

Wie Tabelle 21 zu entnehmen ist, liegen zum Parameter „Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G_{EI})“ wesentlich weniger Messwerte vor als bei den restlichen aufgeführten Parametern. Dies ist u. a. darin begründet, dass der Biotest nach der LAGA-Mitteilung 28 [3] für Sickerwasser nicht vorgesehen ist.

Bei den DK I-Deponien liegen selten Überschreitungen der Grenzwerte nach Abschnitt C des Anhangs 51 vor. Bei den Deponieklassen II und III werden die Grenzwerte für die Parameter Gesamt-Stickstoff, G_{EI} und CSB auffällig häufig überschritten, bei den Deponien mit biogenen Ablagerungen auch der Grenzwert für BSB₅.

Sofern eine Überschreitung der in Tabelle 22 aufgeführten Grenzwerte vorliegt, darf das Sickerwasser nicht ohne Vorbehandlung in die Kanalisation geleitet werden. Aus diesem Grund werden diese Parameter häufig kontrolliert, was die Anzahl an Messwerten widerspiegelt. Die Messwerte einiger Parameter (insbesondere Quecksilber, leicht freisetzbare Cyanid und Sulfid) liegen meist im Bereich der Bestimmungsgrenze. Eine auffällig hohe Anzahl von Grenzwertüberschreitungen gibt es nur für den Parameter AOX beim Sickerwasser aus

Siedlungs- und Sonderabfalldeponien. Zu diesem Parameter liegen auch die meisten Messwerte vor.

Tabelle 22 Qualitätsparameter nach Anhang 51 AbwV – Abschnitt D

Parameter Anhang 51 AbwV - Abschnitt D	Grenzwert Anhang 51 AbwV	DK I - Deponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Siedlungsabfalldeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Klärschlammdeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK II - Anorganikdeponien Anzahl Messwerte > Grenzwert	DK III - Deponien Anzahl Messwerte > Grenzwert
AOX	0,5 mg/l	3%	47%	2%	4%	69%
Quecksilber	0,05 mg/l	0%	0%	0%	0%	0,3%
Cadmium	0,1 mg/l	0,08%	0,03%	0%	12%	15%
Chrom	0,5 mg/l	0,02%	8%	0%	0,0%	14%
Chrom VI	0,1 mg/l	8%	9%	0%	0,9%	23%
Nickel	1 mg/l	0,2%	0,2%	1%	17%	14%
Blei	0,5 mg/l	0,3%	0,4%	0%	0,4%	4%
Kupfer	0,5 mg/l	0,6%	2%	1%	12%	21%
Zink	2 mg/l	1%	1%	0,3%	26%	15%
Arsen	0,1 mg/l	5%	6%	1%	23%	59%
Cyanid, leicht freisetzbar	0,2 mg/l	9%	0,6%	0%	0%	5%
Sulfid	1 mg/l	6%	3%	0%	0,8%	25%

3. Sickerwasserbehandlung und -verbleib

Im Deponieinformationssystem ADDIS liegen zu 158 Deponien Angaben zur Sickerwasserbehandlung und dessen Verbleib vor.

Bei den Sonderabfalldeponien wird das Sickerwasser in externen Anlagen behandelt (z. B. in Chemisch-Physikalischen Behandlungsanlagen). Bei zwei Sonderabfalldeponien erfolgt nach Vorbehandlung eine Indirekteinleitung. Diese beiden Deponien haben vergleichsweise geringe Konzentrationen an Schadstoffen. Gleiches gilt für die drei Zentraldeponien, die über einen DK III-Abschnitt verfügen. Bei einer Anlage wird das DK III-Sickerwasser nach einer Schwermetallelimination mit dem Sickerwasser aus dem Organikbereich gemeinsam weiterbehandelt. Bei den beiden anderen Deponien erfolgt ebenfalls eine gemeinsame Behandlung. Das behandelte Sickerwasser wird im Anschluss in die Kanalisation eingeleitet.

Zu 37 nordrhein-westfälischen Siedlungsabfalldeponien liegen Angaben zur Sickerwasserbehandlung vor. Bei 27 Deponien erfolgt eine Vorbehandlung, bei 10 Deponien eine Endbehandlung. Es kommen bei der Endbehandlung unterschiedliche Verfahren zum Einsatz; bei allen werden Verfahrenskombinationen eingesetzt.

Wie Abbildung 19 zeigt, wird in Nordrhein-Westfalen mehrheitlich eine Kombination aus biologischer Behandlung (Organikabbau und Stickstoffausschleusung) und Aktivkohle-Adsorption eingesetzt. Nach der Biologischen Stufe werden Schwebstoffe und anhaftende Mikroorganismen durch eine Ultrafiltration oder durch andere Trennstufen abgetrennt und nach Bedarf in die Biologische Stufe zurückgeführt. Somit kann die erforderliche Nitrifikantenpopulation auch bei kürzeren Verweilzeiten aufrechterhalten werden.

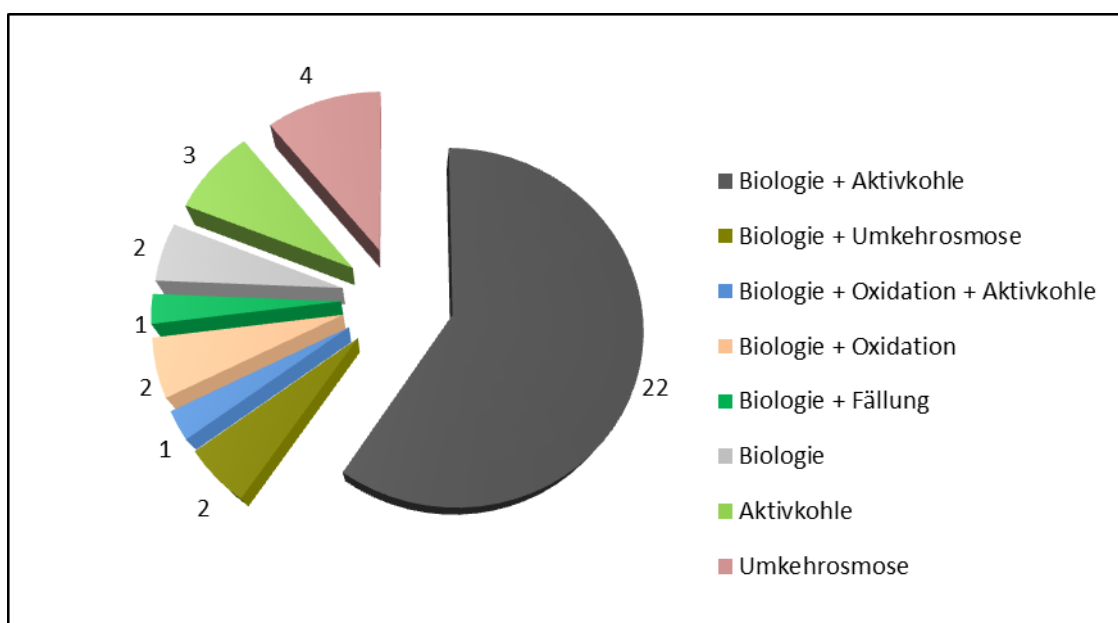


Abbildung 19 Sickerwasserbehandlung bei Siedlungsabfalldeponien

Bei den restlichen Behandlungsarten wird zumeist auch eine Biologie als erste Stufe eingesetzt. Daran schließen sich eine Umkehrosmose-, eine Oxidations- oder eine Fällungsstufe an. Bei den einstufigen Verfahren ist werden auch die Feststoffe vorher abgetrennt. Die einstufigen Verfahren dienen nur zur Vorbehandlung.

Der Verbleib des Sickerwassers der nordrhein-westfälischen Siedlungsabfalldeponien ist Abbildung 20 zu entnehmen. Bei den meisten Deponien erfolgt eine Indirekteinleitung bzw. eine Abfuhr zu einer kommunalen Kläranlage.

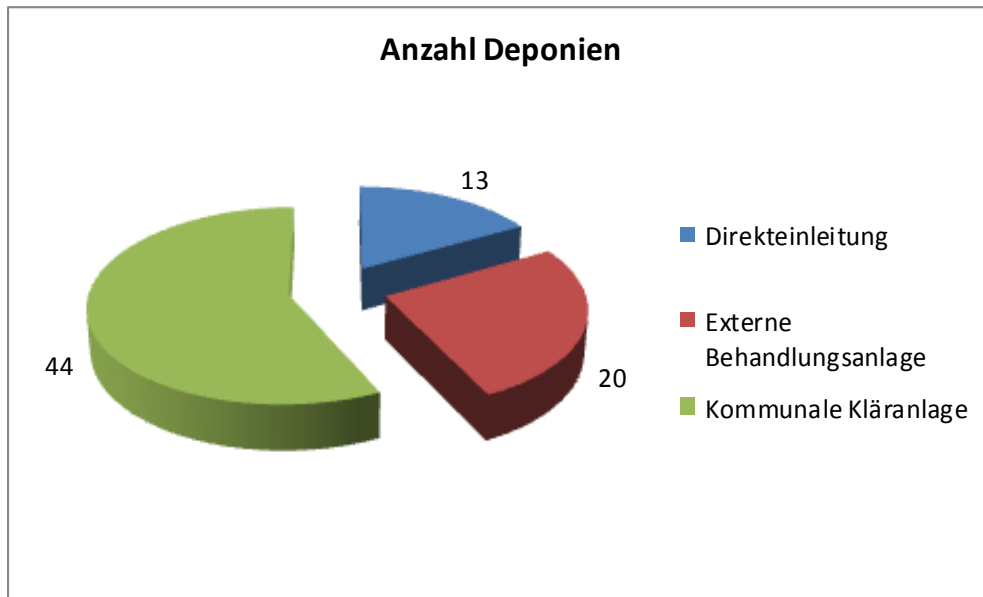


Abbildung 20 Sickerwasserverbleib bei Siedlungsabfalldeponien

Bei den DK II-Klärschlammdeponien erfolgt keine (Vor-)Behandlung auf dem Deponiegelände. Das Sickerwasser wird zumeist einer kommunalen Kläranlage zugeführt.

Bei den DK II-Anorganikdeponien wird bei vier Deponien das Sickerwasser extern bzw. in der Werkskläranlage behandelt. Bei sechs Deponien wird das Sickerwasser ohne Vorbehandlung (2) bzw. nach einer Vorbehandlung (4) in die Kanalisation gegeben.

An Behandlungsverfahren werden eingesetzt:

- Chemische Fällung mit Sedimentation und Neutralisation
- Flockung und Fällung
- Sandfilter mit anschließender Aktivkohleadsorption

Das Sickerwasser der DK I-Deponien wird in der Regel nicht vor Ort behandelt. Lediglich zwei Deponien haben eine Vorbehandlung. Bei der einen Deponie wird eine Neutralisation vorgenommen. Darüber hinaus werden Feststoffe durch Sedimentieren abgetrennt.

Die Sedimentation von Lehmteilchen erfolgt bei einer DK 0-Deponie. Bei einer weiteren DK 0-Deponie wird zudem eine Neutralisation mit CO₂ vorgenommen.

4. Sickerwassermenge

In Nordrhein-Westfalen werden jährlich etwa 5 bis 6 Mio. m³ Deponiesickerwasser gefasst.

Bei den Sonderabfalldeponien fallen jährlich rund 700.000 m³ Sickerwasser an. Die Hälfte der genannten Menge fällt bei einer Deponie durch Sumpfungsmaßnahmen an. Bei den Deponien in der Stilllegungsphase sind die Mengen nach dem Aufbringen der Oberflächenabdichtungen stark rückläufig. Die letzten Jahresmengenangaben pro Deponie liegen zwischen 670 und 3.000 m³.

Zu den Deponien der Klasse II liegen wesentlich mehr Mengendaten vor. Hier dominieren die Siedlungsabfalldeponien in der Stilllegungsphase. Es fallen etwa 3 bis 4 Mio. m³ Sickerwasser an.

In Abbildung 21 ist für Deponien der Klasse II der zeitliche Verlauf der Sickerwassermenge (SW) für die verschiedenen Betriebszustände im Vergleich zum Niederschlag (Nds) dargestellt. Die Daten für den jährlichen Niederschlag stammen von den Niederschlagsmessstellen der Deponien.

Die hohen Niederschläge in den Jahren 2002 und 2007 finden sich auch in den Sickerwassermengen der in der Ablagerungs- und Stilllegungsphase befindlichen Deponien wieder.

Bei den Deponien in der Stilllegungsphase ist ab dem Jahr 2010 eine signifikante Mengenabnahme des Sickerwassers erkennbar. Temporäre Deponieabdeckungen und der fortschreitende Bau des endgültigen Abdichtungssystems wirken sich aus.

Die Deponien in der Nachsorge waren zu Beginn des Betrachtungszeitraums bereits abgedichtet. Daher ist die mittlere Sickerwassermenge von vorn herein geringer. Es ist auch nur noch eine geringe Abnahme zu erkennen.

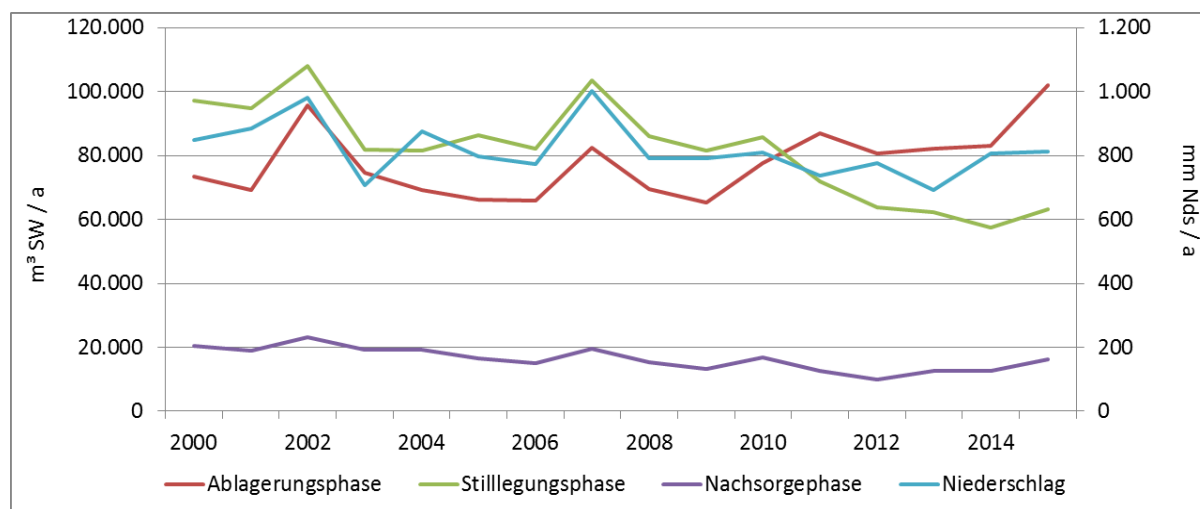


Abbildung 21 Sickerwassermenge im Vergleich zum Niederschlag – DK II

Zur vier Deponien der Klasse I liegen für den Betrachtungszeitraum Sickerwassermengendaten in ADDIS vor. Zwei Deponien sind in der Stilllegungsphase und zwei in der Ablagerungsphase. Bei allen ist ein mehr oder weniger großer Rückgang der Sickerwassermengen zu beobachten. Im Jahr 2000 fielen hier insgesamt 78.000 m³ an, im Jahr 2015 waren es nur noch 46.000 m³.

Eine allgemeingültige Aussage, wieviel Prozent des Niederschlages nach Aufbringung der Oberflächenabdichtung in Abhängigkeit von den eingesetzten Abdichtungskomponenten (z. B. Kunststoffdichtungsbahn (KDB) oder mineralische Abdichtung) noch anfällt, kann anhand der im Informationssystem ADDIS enthaltenen Daten nicht vorgenommen werden. Art, Mächtigkeit und ggf. Durchlässigkeit der Oberflächenabdichtung werden zwar als Stammdaten geführt. Inwieweit der Bau der Oberflächenabdichtung vorangeschritten bzw. abgeschlossen ist, kann anhand der Daten jedoch meist nicht ersehen werden. Darüber hinaus können ggf. Fremdwasser-Zutritte und Bereiche ohne oder mit einer undichten Basisabdichtung Auswirkungen auf die Sickerwasserbilanz haben. Oberflächenabdichtungen werden zumeist nicht einheitlich gebaut. Es gibt Unterschiede zwischen Alt- und Neubereichen sowie zwischen Plateau und Böschung.

Bei zehn in der Stilllegungsphase befindlichen Siedlungsabfalldeponien fielen im Jahr 2000 im Mittel noch 109 l Sickerwasser pro m² Ablagerungsfläche an. Das entspricht 13 % der Niederschlagsmenge (Bereich: 7 - 35%). Im Jahr 2014 wurden im Mittel nur noch 38 l/m², d.h. 5 % der Niederschlagsmenge (Bereich: 2 – 12%) aus den Deponien abgeleitet. Die Deponie mit dem höchsten Sickerwasseranteil ist bislang nur im Altbereich mit einer Kombination aus Kunststoffdichtungsbahn und einer mineralischen Komponente an der Oberfläche abgedichtet. Der restliche Bereich wurde bei dieser Deponie bislang nur temporär abgedeckt.

Von den drei Deponien mit nur 2 % Sickerwasseranteil verfügen zwei Deponien über eine KDB (teilweise als Kombinationsabdichtung ausgeführt). Die dritte Deponie verfügt über eine qualifizierte mineralische Oberflächenabdichtung.

In dem Schlussbericht vom Bayerischen Landesamt für Umwelt „Deponie-Forschung; Hausmülldeponien in der Stilllegungs-/Nachsorgephase: Entwicklung der Sickerwassermenge und –qualität im Hinblick auf die Entlassung aus der Nachsorge“ vom 07.12.2012 werden vergleichbare Ergebnisse vorgestellt [4]. Nach den bayerischen Auswertungen wird durch den flächenmäßigen Einbau einer Konvektionssperre ein prozentaler Rückgang der Sickerwassermenge auf im Mittel 2,5% des Niederschlags erreicht.

Bei bayerischen Deponien mit mineralischer Oberflächenabdichtung betrug der Sickerwasseranteil 6 bis 20 % des Niederschlags. Über die Qualität der Abdichtungen werden keine Angaben gemacht. Die Oberflächenabdichtungen wurden dort aber bereits im Zeitraum zwischen 1987 und 1999 aufgebracht. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Einbau nach anderen Qualitätsstandards erfolgte als heute.

5. Entwicklung der Sickerwasserbeschaffenheit

Hinsichtlich der Sickerwasserbeschaffenheit ist nicht nur die Spannweite der Qualität von Bedeutung, sondern vor allem auch die Änderung der Konzentration im zeitlichen Verlauf. Durch eine Prognose lässt sich vorhersagen, ab welchem Zeitpunkt eine günstigere Variante der Sickerwasserbehandlung möglich wird. Durch den Vergleich mit den Anforderungen für Deponiesickerwasser nach Anhang 51 der Abwasserverordnung kann grob abgeschätzt werden, ab wann eine Direkteinleitung in die Vorflut ohne Behandlung erfolgen kann. Dies wiederum ist ein entscheidendes Kriterium für die Entlassung aus der Nachsorge.

Hierfür von Bedeutung sind der Zeitpunkt der Beendigung der Ablagerung und ggf. eine gravierende Umstellung der zur Ablagerung anstehenden Abfälle wie z. B. die Einstellung der Ablagerung von organischen Abfällen im Jahr 2005. Betroffen waren hiervon neben Klärschlammdeponien in erster Linie die Siedlungsabfalldéponien.

Im LANUV wurden mit den in ADDIS vorliegenden Daten Auswertungen hinsichtlich der Entwicklung der Sickerwasserbeschaffenheit durchgeführt. In Abbildung 22 werden für Siedlungsabfalldéponien die mittleren Sickerwasser-Konzentrationen an CSB und Gesamtstickstoff für den Zeitraum von 1998 bis 2015 und deren Trend bis zum Erreichen des derzeitigen Grenzwertes nach Anhang 51 AbwV dargestellt.

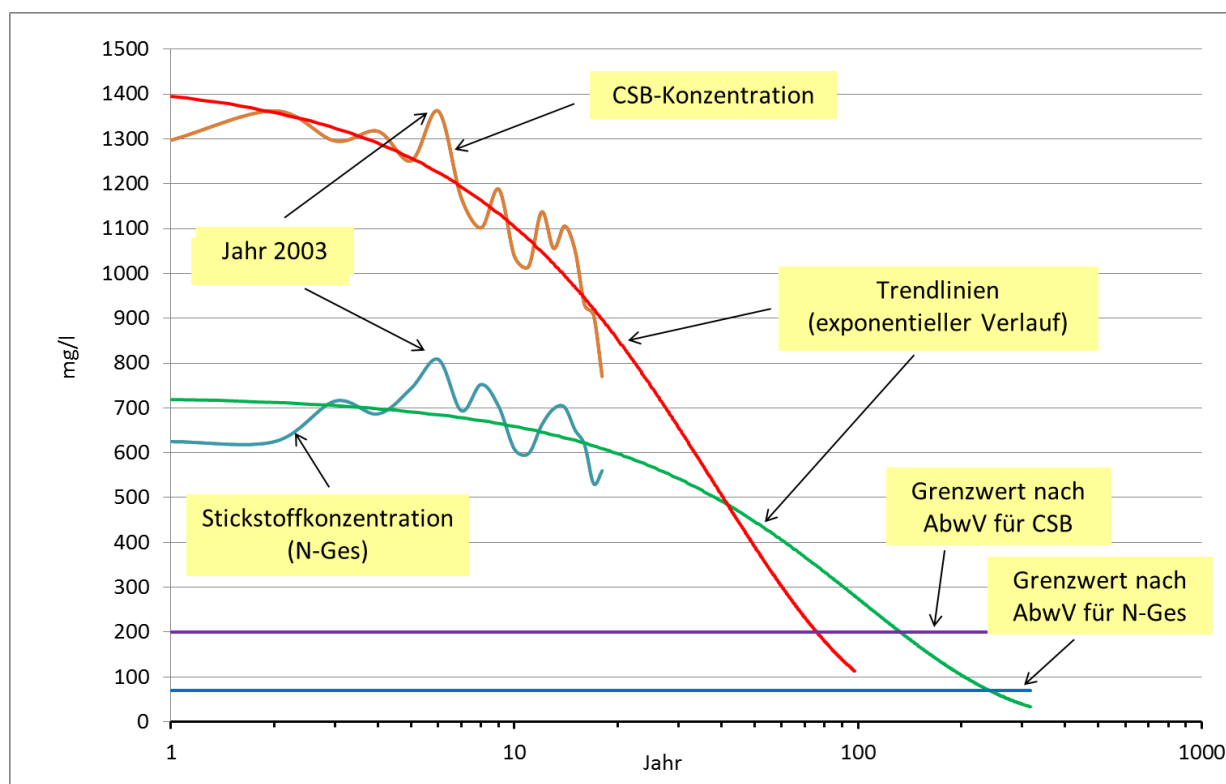


Abbildung 22 Trend der mittleren CSB- und Stickstoff-Konzentration im Sickerwasser von Siedlungsabfalldéponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase

In der Auswertung wurden zur Minimierung anderer Einflüsse ausschließlich Messstellen von Deponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase berücksichtigt, von denen Messdaten ab dem Jahr 1998 durchgängig vorliegen.

Wie Abbildung 22 zeigt, nehmen die Konzentrationen an CSB und Gesamt-Stickstoff im Betrachtungszeitraum mehr oder minder stark ab. Für beide Parameter sind jedoch auch jährliche Schwankungen sichtbar. Der Konzentrationsanstieg im Jahr 2003 ist aller Wahrscheinlichkeit nach der langen Trockenperiode in dem Jahr geschuldet. In den niederschlagsreichen Jahren 2002 und 2007 wurden vergleichsweise geringere Konzentrationen gemessen.

Der in Abbildung 22 dargestellte Trend zeigt, ab wann im Mittel die Einhaltung der heute gültigen Grenzwerte nach Anhang 51 AbwV erwartet werden kann. Es handelt sich um gemittelte Messwerte. Für den Trend wurde ein exponentieller Verlauf gewählt. Der Grenzwert für CSB von 200 mg/l wird danach bei vielen Siedlungsabfalldéponien erst nach mehreren Dekaden eingehalten. Der Grenzwert für Gesamt-Stickstoff von 70 mg/l wird noch später erreicht. Anhand der ausgewerteten Messdaten kann vorhergesagt werden, dass dies für viele Déponien noch weit mehr als 100 Jahre dauern wird. Dies bestätigen auch die Ausführungen von Krümpelbeck [5].

Vorliegende Messdaten von Déponien in der Nachsorgephase zeigen aber auch, dass deren Sickerwasser den Grenzwert von 70 mg/l teilweise schon einhalten oder in den nächsten 1-2 Jahrzehnten voraussichtlich einhalten werden.

6. Oberflächenwasser

Als Oberflächenwasser wird in diesem Fachbericht das oberflächennah gefasste Wasser verstanden. Es handelt sich um Niederschlagswasser, das

- von den Dach- und Betriebsflächen abgeleitet wird
- von nicht mit Abfall beaufschlagten neuen Ablagerungsflächen mittels Drainagen gefasst wird
- aufgrund des Gefälles von oberflächenabgedichteten Flächen in Ringdrainagen abfließt oder
- in der Entwässerungsschicht des Oberflächenabdichtungssystems gefasst wird

Das von den Betriebsflächen abgeleitete Wasser kann je nach Einsatzstoffen auf dem Gelände mit schädlichen Inhaltsstoffen belastet sein. Zu 21 Deponien liegen Angaben vor, dass das belastete Oberflächenwasser behandelt wird. Eingesetzt werden Schlammfang, Absatzbecken (Retentionsbecken), Benzinabscheider (für die Betankungsfläche), Ölabscheider und Koaleszenzabscheider.

Für 157 Deponien liegen Angaben zu unbelastetem Oberflächenwasser vor. Bei 37 Deponien wird das Oberflächenwasser vor der Direkteinleitung / Versickerung in ein Regenrückhaltebecken oder Teich geleitet. Dort können sich Schwebstoffe absetzen. Zudem kann dort die Qualität überwacht werden.

Der Verbleib des Oberflächenwassers ist bei den Deponien unterschiedlich. Zumeist erfolgt eine Direkteinleitung des unbelasteten Oberflächenwassers in einen Vorfluter (105) oder eine Versickerung außerhalb des Ablagerungsbereichs (53). Darüber hinaus werden auch Verbringung zu einer externen Anlage (7), Infiltration in den Deponiekörper (6), Indirekteinleitung (5) und interne Nutzung als Brauchwasser (5) vorgenommen.

Sanitärabwasser wird vielfach getrennt entsorgt. Bei diesen Deponien wird das Sanitärabwasser (teilweise mit Oberflächenwasser) zumeist unbehandelt in die Kanalisation geleitet oder zu einer Abwasserbehandlungsanlage abgefahren.

Die Lage der Oberflächenwassermessstellen stellt sich bei den Deponien in Nordrhein-Westfalen insgesamt wie folgt dar:

- Zulauf Behandlungsanlage (1)
- Ablauf Behandlungsanlage (1)
- Zulauf Retentionsbecken (16)
- Ablauf Retentionsbecken (11)
- Einleitungsstelle Vorflut (87)
- Einleitungsstelle Kanalisation (16)
- Einleitungsstelle Untergrund (15)
- im Gewässer vor Einleitung (27)
- im Gewässer hinter Einleitung (27)
- Sonstige Lage (103).

Die häufig vorkommenden Messstellen mit der Angabe „sonstige Lage“ können hinsichtlich ihrer Qualität nicht einheitlich bewertet werden. Sie können für die Beprobung unterschiedlichster Wässern eingesetzt werden (z. B. bei Betankungsanlagen). Die Qualitätsuntersuchungen des Vorfluters (vor und nach der Einleitung) sind für diesen Bericht nicht von Belang. Eine statistische Auswertung der Wasserqualitäten macht daher wenig Sinn. Um außerdem zu gewährleisten, dass die Analysen eines Sickerwassers nicht mehrfach ausgewertet werden (Kaskadenschaltung von Messstellen) wurde deshalb das Augenmerk ausschließlich auf die Einleitungsstellen gelegt.

Die Anzahl der untersuchten Parameter ist von Deponie zu Deponie unterschiedlich. Am häufigsten werden die Parameter

- elektrische Leitfähigkeit
- pH-Wert
- Chlorid
- Ammonium-Stickstoff
- organischer Kohlenstoff (TOC)

untersucht. Eine Gesamtübersicht der untersuchten Parameter zeigt die Tabelle 23 für Einleitungsmessstellen „Vorflut“ und „Untergrund“. Tabelle 24 enthält Angaben zu den Einleitungsmessstellen „Kanalisation“.

Auf Grund des unter den o. g. Voraussetzungen eingeschränkten Datenkollektivs bietet sich eine eingehende statistische Auswertung der Daten nicht an. Demzufolge werden nachfolgend die Anzahl der zugrundeliegenden Messwerte, der Mittelwert und die Spannbreite der gemessenen Parameter wiedergegeben. In den genannten Tabellen sind die Minimal- und Maximalwerte als Spannbreite für die am häufigsten untersuchten Parameter sowie die dazugehörige Anzahl der Deponien und Messwerte dargestellt. Zudem wird dargestellt, wie häufig die Messwerte (MW) unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze (BG) lagen.

Wie Tabelle 23 zeigt, liegen die Messwerte des zur Direkteinleitung vorgesehenen Oberflächenwassers vielfach im Bereich der Bestimmungsgrenze. In der Regel werden die Anforderungen nach Anhang 51 eingehalten. Auffällig ist jedoch, dass bei einigen Messstellen der pH-Wert und die Konzentration an Salzbildnern recht hoch sind. PH-Werte deutlich oberhalb von pH 9 traten bei einer in der Stilllegungsphase befindlichen Siedlungsabfalldeponie in unregelmäßigen Abständen auf. Seit zehn Jahren liegt der pH-Wert dort nun konstant im schwach alkalischen Bereich um pH 8. Die hohen Werte des Parameters „elektrische Leitfähigkeit“ stammen von zwei Siedlungsabfalldeponien und einer Boden-/Bauschuttdeponie.

Tabelle 23 Oberflächenwasserqualität – Einleitungsmessstellen „Vorfluter“ und „Untergrund“

Parameter	Einheit	Mittelwert	Schwankungs- breite	Anzahl Messwerte	davon MW < BG
TOC	mg/l	11	0 bis 130	2.064	2%
CSB	mg/l	26	0 bis 210	772	34%
BSB ₅	mg/l	3,1	0 bis 33	472	47%
Stickstoff, gesamt	mg/l	6,9	0 bis 50	503	11%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	0,9	0 bis 82	2.071	36%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	3,9	0 bis 45	1.058	14%
AOX	mg/l	0,03	0 bis 0,42	983	20%
Sulfat	mg/l	74	0 bis 1.050	1.004	5%
Chlorid	mg/l	53	0 bis 1.300	2.104	10%
Natrium	mg/l	58	0 bis 1.200	658	1%
Kalium	mg/l	19	0 bis 705	641	1%
Calcium	mg/l	98	0 bis 400	681	0%
Magnesium	mg/l	16	0 bis 130	665	0%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	93	0 bis 2.450	2.609	0%
Arsen	mg/l	0,003	0 bis 0,061	379	75%
Cadmium	mg/l	0,001	0 bis 0,01	357	83%
Chrom	mg/l	0,007	0 bis 0,24	628	65%
Kupfer	mg/l	0,01	0 bis 0,17	604	37%
Quecksilber	mg/l	0,0003	0 bis 0,002	349	89%
Nickel	mg/l	0,01	0 bis 0,26	661	41%
Blei	mg/l	0,01	0 bis 0,15	461	73%
Zink	mg/l	0,05	0 bis 1,4	704	22%
pH-Wert	-	8	5,5 bis 10	2.687	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	0,07	0 bis 3,3	624	37%
Phosphor, gesamt	mg/l	0,17	0 bis 2,3	353	48%
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l	0,03	0 bis 0,04	3	100%
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	0,01	0 bis 0,05	29	100%
Eisen	mg/l	0,76	0 bis 23,7	630	8%
Mangan	mg/l	0,22	0 bis 8,7	459	16%

Tabelle 24 zeigt die Messergebnisse der Einleitungsmessstellen „Kanalisation“ (Indirekteinleitung). Eine Messstelle wurde für die Auswertungen nicht verwendet, da dort aufgrund einer hohen Überwachungsdichte mehr Messwerte vorliegen als bei den restlichen Deponien zusammen. Zudem liegen die Konzentrationen für mehrere Parameter wesentlich höher, wodurch wohl auch die höhere Messdichte resultiert.

Tabelle 24 Oberflächenwasserqualität – Einleitungsmessstellen „Kanalisation“

Parameter	Einheit	Mittelwert	Schwankungs- breite	Anzahl Messwerte	davon MW < BG
TOC	mg/l	10	1,3 bis 312	124	0%
CSB	mg/l	34	3,5 bis 213	104	13%
BSB ₅	mg/l	6,80	2 bis 80	50	42%
Stickstoff, gesamt	mg/l	30	1,5 bis 78	42	0%
Ammonium-Stickstoff	mg/l	12	0,02 bis 78	169	31%
Nitrat-Stickstoff	mg/l	4,25	0,01 bis 40	126	18%
AOX	mg/l	0,04	0,01 bis 0,15	67	34%
Sulfat	mg/l	93	0 bis 431	106	1%
Chlorid	mg/l	92	2 bis 1.200	170	26%
Natrium	mg/l	170	1,8 bis 1.200	80	0%
Kalium	mg/l	76	1,2 bis 530	77	0%
Calcium	mg/l	90	19 bis 200	85	0%
Magnesium	mg/l	25	0,5 bis 340	78	1%
elektrische Leitfähigkeit	mS/m	121	13 bis 684	205	0%
Arsen	mg/l	0,012	0 bis 0,05	31	68%
Cadmium	mg/l	0,001	0 bis 0,01	61	95%
Chrom	mg/l	0,01	0 bis 0,05	42	79%
Kupfer	mg/l	0,01	0 bis 0,02	61	59%
Quecksilber	mg/l	0,0004	0 bis 0,002	43	100%
Nickel	mg/l	0,007	0 bis 0,034	61	31%
Blei	mg/l	0,01	0 bis 0,1	61	79%
Zink	mg/l	0,03	0 bis 0,12	60	37%
pH-Wert	-	8	6,2 bis 13	206	0%
Nitrit-Stickstoff	mg/l	0,07	0,003 bis 0,31	81	35%
Phosphor, gesamt	mg/l	0,33	0,01 bis 2,2	43	21%
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,04	< 0,04	4	100%
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	0,01	0,005 bis 0,05	25	100%
Eisen	mg/l	1,43	0 bis 15	39	36%
Mangan	mg/l	0,22	0,005 bis 4,2	29	55%

Die Tabellen 23 und 24 zeigen annähernd ähnliche mittlere Konzentrationen für die dargestellten Parameter. Lediglich die Mittelwerte von Gesamt-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff liegen bei den Einleitungsmessstellen „Kanalisation“ deutlich höher als bei den Messstellen im Bereich der Direkteinleitungen „Vorfluter“ und „Untergrund“. Aufgrund der wenigen Messdaten schlägt hier eine Siedlungsabfalldeponie, die vergleichsweise höhere Messdaten aufweist, zu buche.

Angaben zu Kohlenwasserstoffen sind in den Tabellen 23 und 24 nicht enthalten, da von den 353 Messwerten 86 % der Werte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen. Zwei Messwerte sind im Bereich des Grenzwertes von 10 mg/l.

Im Anhang D des Anhangs 51 AbwV wird Chrom VI mit 0,1 mg/l begrenzt. Die 352 Messwerte für die Einleitungsmessstellen liegen allesamt unterhalb der festgesetzten Bestimmungsgrenzen (ggf. auch Prüfgrenzen), d.h. unter 0,1 mg/l.

Die Volumenbestimmung des Oberflächenwassers kann aufgrund stark schwankender Wassermengen recht schwierig und ungenau sein. Dies mag der Grund sein, dass in ADDIS nur von wenigen Deponien Angaben zur Oberflächenwassermenge vorliegen. Hiernach wurde im Jahr 2015 bei 36 Deponien die gefasste Oberflächenwassermenge gemessen (insgesamt ca. 1,5 Mio. m³).

7. Schlussbetrachtung

Seit Einführung des Deponieinformationssystems ADDIS im Jahr 1998 liegen zahlreiche Messergebnisse und Stammdaten der nordrhein-westfälischen Deponien zentral und in digitaler Form vor und können für Auswertungen genutzt werden. So lassen sich Trendbildungen leichter erkennen, was den Betreibern und den zuständigen Behörden von großem Nutzen ist.

Die Sickerwasserqualität der DK III-Deponien ist entsprechend dem unterschiedlichen Abfallinventar und der Durchsickerungsstrecke stark unterschiedlich ausgeprägt. In der Regel sind die Summenparameter TOC, CSB und AOX in hohen Konzentrationen vorhanden. Die Höhe der Schwermetallkonzentrationen wird stark vom pH-Wert beeinflusst. Die Konzentrationen an Kupfer, Nickel, Zink und Arsen sind in Einzelfällen sehr hoch. Die Sickerwasserbehandlung erfolgt zumeist in externen Anlagen. Von einer Auswaschung der mobilen Schadstoffe bis zur Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen ist mittelfristig nicht auszugehen. Von daher bietet sich an, die Oberfläche dieser Deponien bzw. Deponieabschnitte nach Beendigung der Verfüllung abzudichten, um somit die Sickerwassermenge zu minimieren.

Bei den DK II-Deponien für anorganische Abfälle zeigt sich ein vergleichbares Bild hinsichtlich der hohen Konzentrationen bei einzelnen Deponien für Kupfer, Nickel, Zink und Arsen, jedoch im Vergleich zu den DK III-Deponien auf wesentlich niedrigeren Niveau.

Deponien für kommunale Klärschlämme haben im Vergleich zu den anderen DK II-Deponien ein recht „dünn“ Sickerwasser. Zumeist überschreiten nur die Konzentrationen an CSB, BSB₅ und Gesamt-Stickstoff die gesetzlichen Anforderungen nach Anhang 51 AbwV an die Direkteinleitung.

Bei den Siedlungsabfalldeponien lassen sich neben dem Einfluss der Durchsickerungsstrecke und des Anteils an nicht siedlungsabfallspezifischen Abfällen unterschiedliche Qualitäten auf die unterschiedliche Lebensdauer der Deponien zurückführen. Aufgrund des großen Datenpools konnten die Stickstoffkonzentrationen im zeitlichen Verlauf differenziert dargestellt werden. Das Sickerwasser einzelner in der Nachsorge befindlicher Deponien wird in den nächsten 20 Jahren den Grenzwert für Gesamt-Stickstoff von 70 mg/l nach Anhang 51 AbwV einhalten können. Bei den anderen Deponien wird es sicherlich noch sehr lange dauern, bis der Konzentrationswert für Gesamt-Stickstoff unterschritten wird. Der CSB-Grenzwert von 200 mg/l wird bereits vorher unterschritten.

In der Regel wird das Sickerwasser der Siedlungsabfalldeponien in einer Sickerwasserbehandlungsanlage behandelt. Oftmals bietet es sich an, das Sickerwasser benachbarter Deponien gemeinsam zu behandeln. Vielfach wird das vor Ort behandelte Sickerwasser einer kommunalen Kläranlage zur Endbehandlung zugeführt.

Die Deponieverordnung sieht vor, dass nach Abschluss der Deponie (nach Abklingen der Hauptsetzungen) eine Oberflächenabdichtung aufgebracht wird. Sofern nicht zielgerichtet Wasser in den Deponiekörper mittels Infiltration eingebracht wird, ist mit einem steten Austrocknen der Deponie zu rechnen. Sickerwassermenge und Schadstofffracht werden bei kompletter Abdichtung auf ein Minimum abnehmen, die Schadstoffkonzentration jedoch nicht.

In vielen Fällen genügt bereits das unbehandelte Sickerwasser der DK I-Deponien den Anforderungen nach Anhang 51 AbwV. Für Indirekteinleitungen ist i.d.R. keine Vorbehandlung erforderlich.

Das auf Dach- und Betriebsflächen und in den neuen oder oberflächengedichteten Ablagebereichen anfallende Oberflächenwasser ist vielfach unbelastet. Es wird überwiegend in die Kanalisation oder in den Vorfluter geleitet oder in den Untergrund versickert. Vor einer Direkteinleitung erfolgt teilweise eine Behandlung. Die einfachste Methode stellt das Verweilen in einem Retentionsbecken dar. Mitgerissene (Boden-)Partikel können sich absetzen, das Wasser wird hinsichtlich der Einleitungsmenge und Konzentration an Inhaltsstoffen vergleichsmäßigt.

Anhang

Literaturverweis

[1] **AbwV:** Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer - Abwasserverordnung - AbwV) vom 17.04.2004 (BGBl. I S. 1109/FNA 753-1-5) i. d. F. v. 29.03.2017 (BGBl. I S 626, 645)

[2] **Wasserrahmenrichtlinie:** RICHTLINIE 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, i. d. F. v. 30.10.2014 (ABl. L 311 vom 31.10.2014, S. 32)

[3] **LAGA-Mitteilung 28:** „Technische Regeln für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Deponien“ (Stand: Januar 2014), Länderarbeitsgemeinschaft Abfall; www.laga-online.de

[4] **Bayerisches LfU:** Schlussbericht vom Bayerischen Landesamt für Umwelt „Deponie-Forschung; Hausmülldeponien in der Stilllegungs-/Nachsorgephase: Entwicklung der Sickerwassermenge und –qualität im Hinblick auf die Entlassung aus der Nachsorge“ vom 07.12.2012

[5] **Krümpelbeck:** „Untersuchung zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien“, Dr.-Ing. Inge Krümpelbeck (Dissertation), Lehrstuhl für Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft der Bergischen Universität-Gesamthochschule Wuppertal, Heft 3, Jahr 2000

Abkürzungsverzeichnis

AOX	Adsorbierbares Organisches Halogenid
BG	Bestimmungsgrenze
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
eL	elektrische Leitfähigkeit
G _{EI}	Giftigkeit gegenüber Fischeiern
N-Ges	Gesamt-Stickstoff
NH ₄ -N	Ammonium-Stickstoff
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff
TOC	Organischer Kohlenstoff, gesamt

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1	Organische Parameter und Stickstoff - Deponieklasse III	8
Abbildung 2	Salzbildner – Deponieklasse III	9
Abbildung 3	Schwermetalle – Deponieklasse III	10
Abbildung 4	Organik und Stickstoff - Siedlungsabfalldeponien	14
Abbildung 5	Konzentrationsverlauf von organischen Summenparametern und Stickstoffverbindungen	15
Abbildung 6	Konzentrationsverlauf ausgewählter Parameter von Siedlungsabfalldeponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase	16
Abbildung 7	Salzbildner – Siedlungsabfalldeponien	17
Abbildung 8	Konzentrationsverlauf von Salzbildnern	18
Abbildung 9	Schwermetalle - Siedlungsabfalldeponien	19
Abbildung 10	Organik und Stickstoff - Klärschlammdeponien	22
Abbildung 11	Salzbildner - Klärschlammdeponien	23
Abbildung 12	Schwermetalle - Klärschlammdeponien	24
Abbildung 13	Organik und Stickstoff – Anorganikdeponien DK II	27
Abbildung 14	Salzbildner – Anorganikdeponien DK II	28
Abbildung 15	Schwermetalle – Anorganikdeponien DK II	29
Abbildung 16	Organik und Stickstoff – DK I-Deponien	32
Abbildung 17	Salzbildner – DK I-Deponien	33
Abbildung 18	Schwermetalle – DK I-Deponien	34
Abbildung 19	Sickerwasserbehandlung bei Siedlungsabfalldeponien	38
Abbildung 20	Sickerwasserverbleib bei Siedlungsabfalldeponien	39
Abbildung 21	Sickerwassermenge im Vergleich zum Niederschlag – DK II	40
Abbildung 22	Trend der mittleren CSB- und Stickstoff-Konzentration im Sickerwasser von Siedlungsabfalldeponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase	42

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Übersicht der Sickerwasserinhaltsstoffe – Deponieklasse III	7
Tabelle 2	Organik und Stickstoff – Deponieklasse III	8
Tabelle 3	Salzbildner – Deponieklasse III	10
Tabelle 4	Schwermetalle – Deponieklasse III	11
Tabelle 5	Übersicht der Sickerwasserinhaltsstoffe – Siedlungsabfalldeponien	13
Tabelle 6	Organik und Stickstoff – Siedlungsabfalldeponien	15
Tabelle 7	Salzbildner – Siedlungsabfalldeponien	18
Tabelle 8	Schwermetalle – Siedlungsabfalldeponien	20
Tabelle 9	Übersicht der Auswertungen für Klärschlammdeponien	21
Tabelle 10	Organik und Stickstoff – Klärschlammdeponien	22
Tabelle 11	Salzbildner – Klärschlammdeponien	23
Tabelle 12	Schwermetalle – Klärschlammdeponien	25
Tabelle 13	Übersicht der Auswertungen für DK II-Anorganikdeponien	26
Tabelle 14	Organik und Stickstoff – Anorganikdeponien DK II	27
Tabelle 15	Salzbildner – Anorganikdeponien DK II	29
Tabelle 16	Schwermetalle – Anorganikdeponien DK II	30
Tabelle 17	Übersicht der Auswertungen für DK I-Deponien	31
Tabelle 18	Organik und Stickstoff – DK I-Deponien	33
Tabelle 19	Salzbildner – DK I-Deponien	34
Tabelle 20	Schwermetalle – DK I-Deponien	35
Tabelle 21	Qualitätsparameter nach Anhang 51 AbwV – Abschnitt C	36
Tabelle 22	Qualitätsparameter nach Anhang 51 AbwV – Abschnitt D	37
Tabelle 23	Oberflächenwasserqualität – Einleitungsmessstellen „Vorfluter“ und „Untergrund“	46
Tabelle 24	Oberflächenwasserqualität – Einleitungsmessstellen „Kanalisation“	47

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de