



Optimierungsvarianten der Überschussschlammbehandlung einer Sickerwasseranlage

Herrmann, A.¹; Rehorek, A.¹; Glinka, U.², Münch, M.³

¹ Fachhochschule Köln, Campus Leverkusen, F11, Kaiser-Willhelm-Allee, 51368 Leverkusen

² Fachhochschule Bingen, ITB gGmbH

³ Transferstelle Bingen (TSB) in der ITB gGmbH

Abstract

The present report is an economic comparison of different variants of the surplus activated sludge (SAS) utilization of the leachate plant at the landfill disposal centre Leppe with the current method of disposal.

As comparative parameters the annual full costs are pulled up.

As a base variation the current method of disposal about the wastewater treatment plant is considered and compared with alternative treatment and recovery options.

On this occasion, different variations with different versions of the components *storage, drainage, drying, transport* and *combustion* are compared.

Kurzdarstellung

Der vorliegende Bericht ist ein ökonomischer Vergleich verschiedener Varianten der Überschussschlamm (ÜSS)-Verwertung der Sickerwasseranlage auf der Deponie des Entsorgungszentrums Leppe mit dem aktuellen Entsorgungsweg. Als Vergleichsparameter werden die Jahresvollkosten herangezogen. Der derzeitige Entsorgungsweg über die kommunale Kläranlage wird hierbei als Basisvariante betrachtet und mit alternativen Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten verglichen. Hierbei werden verschiedene Varianten mit unterschiedlichen Ausführungen der Komponenten *Lagerung, Entwässerung, Trocknung, Transport* und *Verbrennung* gegenübergestellt.

1 Einführung

In diesem Bericht werden die Ergebnisse aus der Bachelorarbeit von A. Herrmann ergänzt und zusammengefasst (Herrmann 2013). Die Bachelorarbeit wurde an der Fachhochschule Bingen in Kooperation mit der Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen (TSB) und der Fachhochschule Köln im Rahmen des Forschungsvorhabens :metabolon verfasst.

Auf einer Deponie fallen unterschiedliche Sickerwässer an, die beim Durchsickern von Niederschlagswasser durch den Deponiekörper entstehen. Die Sickerwässer – weisen je nach Ursprung (Deponieabschnitt) – sehr unterschiedliche Belastungen auf. Solche Sickerwässer müssen anschließend so weit aufbereitet werden, bis die Grenzwerte verschiedener Schadstoffe, wie z.B. organischer und anorganischer Substanzen, Stickstoffverbindungen und Schwermetalle, nicht mehr überschritten werden.

Zu diesem Zweck werden die Sickerwässer auf der beispielhaft betrachteten Deponie des „Entsorgungszentrums Leppe“ bei Lindlar-Remshagen im Oberbergischen Kreis („Leppe-Deponie“) auf der eigenen Deponie-Sickerwasseraufbereitungsanlage in verschiedenen Verfahrensstufen aufbereitet. Während des Prozesses der Sickerwasserreinigung entsteht der sogenannte Überschussschlamm (ÜSS), der in regelmäßigen Zeitabständen dem System entzogen wird. Überschussschlamm ist das Ergebnis der Elimination von Abwasserinhaltsstoffen aus der Abwasserbehandlung durch den Stoffwechselprozess der Mikroorganismen.

Der Überschussschlamm dient nicht mehr zu Abbauzwecken in der Sickerwasseraufbereitung. Da in diesem Schlamm einige Schadstoffe enthalten sind, muss dieser soweit aufbereitet werden, bis er kein Risiko für Mensch und Umwelt darstellt.

Derzeit wird der Überschussschlamm der Leppe-Deponie in einer nahe gelegenen kommunalen Kläranlage entsorgt. Diese Entsorgung ist mit einem hohen Aufwand und hohen Kosten verbunden.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass der bisherige Verwertungsweg unter Umständen aufgrund von Kapazitätsmangel zukünftig nicht mehr zur Verfügung stehen wird. Aus diesem Grund wurde überprüft, welche alternativen und wirtschaftlichen Lösungen es zur Behandlung und Verwertung des Überschussschlammes gibt.

2 Verwertungswege von Klärschlämmen

Während Niederschlagswasser durch den Deponiekörper sickert, werden wasserlösliche Stoffe ausgelaugt. Die Zusammensetzung des entstehenden Sickerwassers ist von verschiedenen Faktoren, wie der Struktur des Deponiekörpers und den darin ablaufenden biologischen Prozessen, abhängig.

Generell müssen alle Abwässer, die aus oberirdischen Ablagerungen von Abfällen (Deponien), gemäß Abwasserverordnung [AbwV Anhang 51] so weit aufbereitet werden, dass sie die Grenzwerte verschiedener Schadstoffe, wie z.B. von organischen und anorganischen Substanzen, Stickstoffverbindungen und Schwermetallen, nicht überschreiten.

Für Klärschlämme gibt es unterschiedliche Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten. Man unterscheidet grob zwischen thermischer und landwirtschaftlicher Verwertung, landbaulichen Maßnahmen und sonstiger stofflicher Verwertung.

Im Jahr 2012 wurden beispielsweise in Rheinland-Pfalz von insgesamt 85.530 Tonnen Trockenmasse fast 70 % der Schlämme landwirtschaftlich und 25 % thermisch verwertet (Umweltbundesamt 2013). In Nordrhein-Westfalen hingegen wurden im Jahr 2012 von 425.393 Tonnen Trockenmasse mehr als 70 % der thermischen und nur knapp 20 % der landwirtschaftlichen Verwertung hinzugefügt.

3 Technische Umsetzung

Als erste Stufe der Klärschlammbehandlung erfolgt meist eine Abtrennung des Schlammwassers. Das

Ziel einer Abtrennung von Schlammwasser besteht in erster Linie darin, eine Volumen- und Gewichtsreduktion zu erreichen und in zweiter Linie auch in der Veränderung der Eigenschaften des Schlammes. Hierbei wird zwischen Eindickung und Entwässerung unterschieden.

Bei einer statischen Eindickung sedimentieren, konsolidieren oder komprimieren die im Schlamm enthaltenen Feststoffe mit einer höheren Dichte als Wasser aufgrund der natürlichen Schwerkraft.

Bei der Flotation werden die Schlammstoffe durch anhaftende Luftblasen zum Aufschwimmen gebracht.

Bei einer maschinellen Eindickung wird ein künstliches Schwerfeld genutzt, welches in folgenden Geräten zum Einsatz kommt: Zentrifuge, Trommel-eindicker, Schneckeneindicker, Bändeindicker, Eindickungspumpen oder Scheibeneindicker.

Hierbei wird entweder durch Druckkraft (Filterpresse, Siebbandpresse) oder Zentrifugalkraft (Zentrifuge) Schlammwasser abgetrennt.

Im Anschluss an die Schlammwasserabtrennung kann eine Trocknung mit Hilfe von thermischer Energie erfolgen, um die Wassermenge im Klärschlamm bzw. Überschussschlamm weiter zu reduzieren.

Als letzte mögliche Behandlungsmöglichkeit in einer solchen Verfahrenskette kann beispielsweise eine Verbrennung erfolgen. Dabei unterscheidet man zwischen Mono- oder Mitverbrennung.

Außerdem besteht die Möglichkeit Klärschlämme landwirtschaftlich, d.h. in Form von Klärschlamm-Komposten, kulturfähigen Böden oder organisch-mineralischen Düngern, zu entsorgen.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten auf.

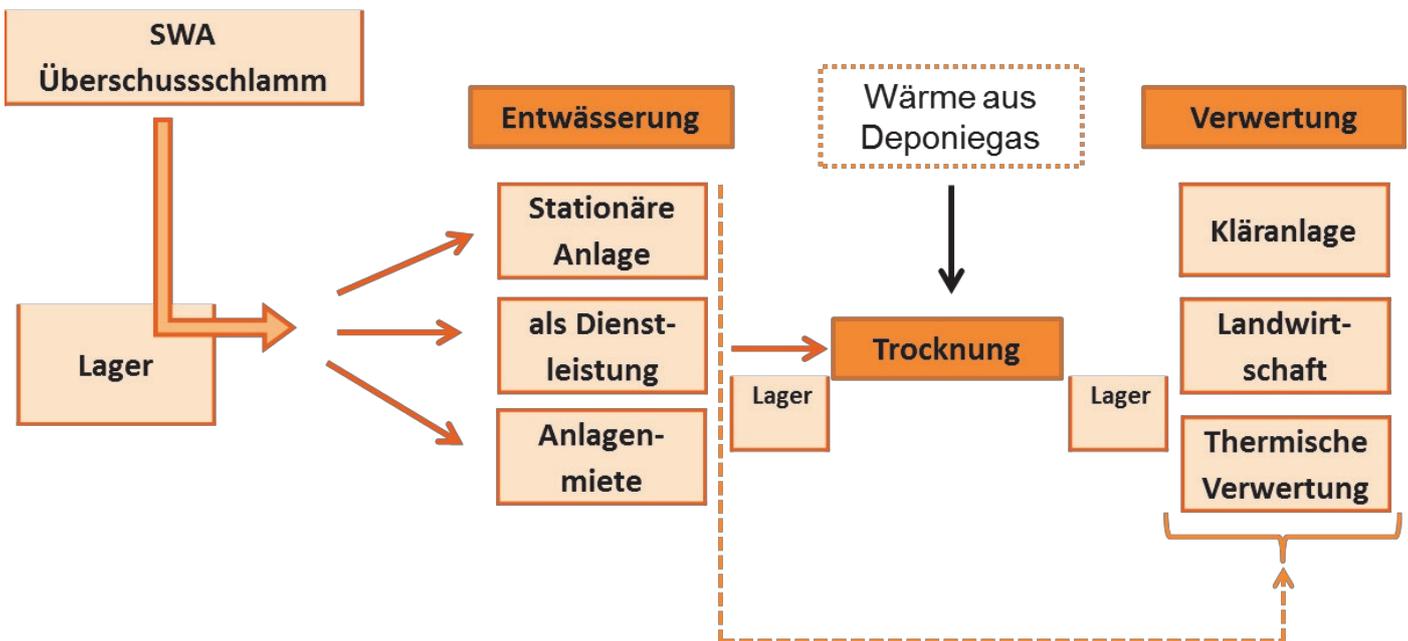


Abbildung 1: Übersicht über die möglichen Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten.

Neben den genannten Verfahren spielen auch thermochemische und Vergasungsverfahren eine Rolle. Viele der heute erhältlichen Anlagen sind allerdings nur in deutlich größeren Dimensionen, als für die ÜSS-Behandlung der Deponie benötigt, verfügbar.

Als Beispiel für eine erhältliche Anlage ist der PYREG-

Reaktor zu nennen. Selbst diese vergleichbar kleine Anlage (Substratleistung 500 kW_{Hu} – entspricht je nach Heizwert und Wassergehalt des Schlammes etwa 150 kg/h) wäre im Anwendungsfall der ÜSS-Leppe nicht ausgelastet.

An dieser Stelle wäre der Einsatz von Co-Substraten anderer biogener Reststoffe zu prüfen.

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Stand 2000. Es werden verschiedene Varianten der ÜSS-Verwertung mit einer Basisvariante (derzeitiger Entsorgungsweg) verglichen. Es wurde sich hierbei der Annuitätenmethode bedient, die alle Kosten jeder Variante als Jahresgesamtkosten darstellt.

Während sich betriebs- und verbrauchs-basierte Kosten einfach in jährlichen Kosten darstellen lassen, müssen die Investitionen zur Umsetzung der Varianten (unter Berücksichtigung von Finanzierungskosten und der Nutzungsdauer von Einzelkomponenten) auf die Jahre umgelegt werden. Auf diese Weise annuisiert, werden die Investitionen [€] als Kapitalkosten [€/a] mit den Betriebs- und Verbrauchskosten jeder Variante aufsummiert und

den Jahreskosten der anderen Varianten gegenübergestellt. Um die alternativen Behandlungsmöglichkeiten mit der Basisvariante vergleichen zu können, werden Varianten aus der Verkettung der notwendigen Behandlungsschritte gebildet und mit der Basisvariante verglichen.

Bei der Definition der Vergleichsvarianten wurden neben der Basisvariante (derzeitiger Entsorgungsweg) verschiedene Kombinationen der Vorbehandlung (Entwässerung / Trocknung) für den Verwertungspfad externe Verbrennung berücksichtigt:

- a) Entwässerung mit einer Filterpresse: eigene Anschaffung (stationär), Mietanlage oder Entwässerung durch einen Dienstleister mit mobiler Filterpresse
- b) Trocknung: Niedertemperaturtrockner, Bandtrockner

Tabelle 1: Definition der Varianten nach den verschiedenen Behandlungsschritten.

Variantendefinition

Basisvariation	Lagerung, Entsorgung, ÜSS in Kläranlage Bickenbach
Variante 1:	Lagern, stationäre Entwässerung, Transport, Verbrennung
Variante 2:	Lagern, Miet-Entwässerung, Transport, Verbrennung
Variante 3:	Lagern, Entwässerung als Dienstleistung, Transport, Verbrennung
Variante 4:	Lagern, stationäre Entwässerung, Niedertemperaturtrockner, Transport, Verbrennung
Variante 5:	Lagern, stationäre Entwässerung, Bandtrockner, Transport, Verbrennung
Variante 6:	Lagern, Miet-Entwässerung, Niedertemperaturtrockner, Transport, Verbrennung
Variante 7:	Lagern, Miet-Entwässerung, Bandtrockner, Transport, Verbrennung
Variante 8:	Lagern, Dienstleistung-Entwässerung, Niedertemperaturtrockner, Transport, Verbrennung
Variante 9:	Lagern, Dienstleistung-Entwässerung, Bandtrockner, Transport, Verbrennung

Der derzeitige Entsorgungspfad (Basisvariante) über die kommunale Kläranlage verursacht Jahreskosten (Lagerung, Transport und Entsorgung in der Kläranlage) von etwa 85.000 € inkl. MwSt.

Zur Bestimmung der Kosten für die verschiedenen Vergleichsvarianten:

Da die berücksichtigten Werte für Investitionen, Verbräuche und Betriebskosten aus Literaturrecherchen stammen (Scharnagl 2009) und nur für wenige Komponenten durch konkrete Richtpreis-

angebote konkretisiert werden konnten, sind die Eingangswerte der Abschätzung kritisch zu hinterfragen.

Bei einem vollständigen Richtpreisangebot für die jeweiligen Varianten können insbesondere die zur Umsetzungen notwendigen Investitionen deutlich abweichen.

Die folgende Tabelle 2 bildet die Ergebnisse der Vollkostenberechnung ab, die zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt wurde.

Tabelle 2: Varianten der Behandlungsketten und Gesamtjahreskosten.

Variantendefinition	Investitionen €	Kapitalkosten €/a	Verbrauchskosten €/a	Betriebskosten €/a	Jahreskosten €/a
Basisvariation	0	0	0	85.140	85.140
Variante 1:	375.800	29.800	30.840	41.100	101.740
Variante 2:	249.900	17.400	100.990	86.100	204.490
Variante 3:	249.900	17.400	83.790	89.000	190.190
Variante 4:	1.192.800	102.000	16.925	127.700	246.625
Variante 5:	893.800	71.400	17.025	94.600	183.025
Variante 6:	1.066.900	89.600	87.075	172.700	349.375
Variante 7:	767.900	59.000	87.175	139.600	285.775
Variante 8:	1.066.900	89.600	69.875	175.600	335.075
Variante 9:	767.900	59.000	69.975	142.500	271.475

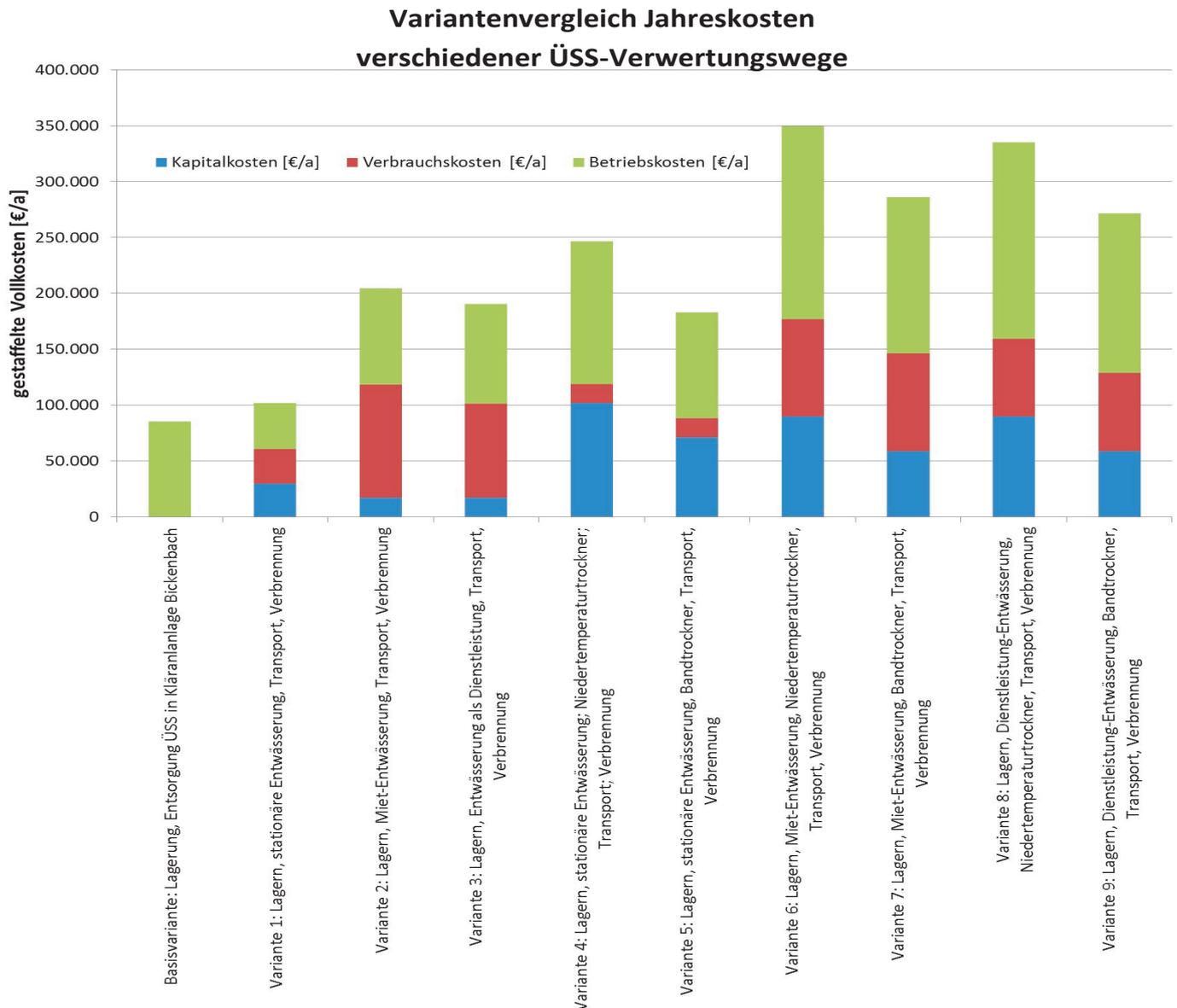


Abbildung 2: Wirtschaftlichkeit: Jahreskostenvergleich der Varianten.

Tabelle 2 lässt erkennen, dass alle betrachteten Verwertungswege im Vergleich zum derzeitigen Entsorgungspfad mit Mehrkosten verbunden sind. Deutliche Mehrkosten ergeben sich insbesondere, wenn die Anlagen zur Entwässerung nicht selbst angeschafft werden, sondern Miet- oder Dienstleistungsmodelle in Anspruch genommen werden. Auch die Kosten der Trocknung fallen überproportional zur dadurch gewonnenen Nutzung (vor allem durch geringere Transportkosten) ins Gewicht. Es wird deutlich, dass Variante 1 (Lagerung, Stationäre Entwässerung, Entsorgung) mit etwa 100.000 €/a die günstigste Alternative ist und somit nur ca. 15 % teurer als die Basisvariante (derzeitiger Entsorgungsweg).

Alle anderen Behandlungsvarianten sind um mehr als das Doppelte teurer als die Basisvariante. Die teuerste Möglichkeit, Variante 6, ist sogar um das Vierfache teurer als die Basisvariante.

5 Ergebnisse

In dem vorliegenden Bericht wurden die verschiedenen Varianten der ÜSS-Entsorgung mit dem derzeitigen Entsorgungsweg unter dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit verglichen. Als Vergleichsparameter wurden die Jahresvollkosten herangezogen. Dabei zeigte sich, dass alle Varianten höhere Jahreskosten im Vergleich zum derzeitigen Entsorgungsweg aufweisen.

Jedoch steht der derzeitige Entsorgungsweg über die kommunale Kläranlage zurzeit zur Diskussion. Unter Umständen kann der Schlamm der Sickerwasseranlage der Leppe Deponie aufgrund von Kapazitätenmangel in Zukunft nicht mehr in die Kläranlage Bickenbach transportiert werden. Aus diesem Grund sind alternative Behandlungs- und Entsorgungsmöglichkeiten in Betracht zuziehen.

Die Variante 1 (Lagerung, Stationäre Entwässerung, Entsorgung) ist mit Jahreskosten von etwa 100.000 €/a die günstigste der Betrachteten.

Nach den durchgeführten Berechnungen empfiehlt es sich bei Betrachtung der Kosten, den Schlamm

mit einem stationären Aggregat (Filterpresse) zu entwässern und anschließend in eine Verbrennungsanlage zu transportieren.

Jedoch ist zu beachten, dass die der Berechnung zugrunde liegenden Werte aus Literaturrecherchen stammen und nicht aus einem konkreten Richtpreisangebot. Somit sind diese Werte kritisch zu hinterfragen.

Für genauere Ergebnisse wäre eine detailliertere Betrachtung und konkreter Herstellerkontakt (Einholen von Richtpreisangeboten) zwingend notwendig. Zusätzlich wäre es ratsam, die Vor- und Nachteile der Möglichkeiten mit Betreibern vergleichbarer umgesetzter Anlagen zu diskutieren.

Referenzen

AbwV: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, Anhang 51, 2013.

Herrmann, A. (2013): (Bachelorarbeit) Wirtschaftlichkeitsanalyse der Überschussschlammbehandlung der Deponiesickerwasseranlage Leppe; Bingen.

Scharnagl, C. (2009): Entsorgungskonzepte Klärschlamm DWA-Arbeitsgruppe 13.4, U.T.E. Ingenieur GmbH, München.

Umweltbundesamt (2013): Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik>. [Zugriff am Dezember 2013].

Verein Deutscher Ingenieure (1991 + 2001): VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Stand 1991 und 2000.