

## Siedlungsabfalldeponien – Nachsorge oder Rückbau?

Stefan Bölte, Julia Geiping

### Abstract

Das Ressourcenpotential von Siedlungsabfalldeponien an Wertstoffen unterschiedlichster Art wird für die Zukunft von vielen Wissenschaftlern als eine mögliche Rohstoff- und Energiequelle in Europa angesehen. Insbesondere unter Berücksichtigung des ansteigenden globalen Rohstoff- und Energieverbrauches, vor dem Hintergrund der Endlichkeit natürlicher Vorkommen und damit zwangsläufig verbundenen steigenden Rohstoff- und Energiepreisen, wird die Gewinnung von Wertstoffen aus Siedlungsabfalldeponien zukünftig eine immer größere Rolle spielen.

Da für die Siedlungsabfalldeponie Coesfeld-Höven nach den derzeitigen Planungen ab dem Jahr 2014 Maßnahmen zur abschließenden Oberflächenabdichtung vorgesehen sind, wurde am Beispiel dieser Deponie geprüft, ob und wenn ja unter welchen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Bedingung auch ein Rückbau sinnvoll sein kann. Dazu wurde das theoretische Ressourcenpotential der Deponie ermittelt und Nachsorgekosten wurden Rückbaukosten gegenübergestellt.

Many scientists consider various recoverable materials contained in landfills to be a major potential source of raw materials and energy in the future. The increase of energy consumption as well as the decrease of natural reserves of many resources play an important role for the recovery of raw material.

Measures for the final surface sealing of landfill Coesfeld-Höven are planned to be introduced in 2014. It was examined whether landfill remediation is ecologically worthwhile and, if so, technically possible and economically reasonable.

In order to compare the cost for the period after final sealing and costs for landfill remediation the resource potential of this landfill was theoretically determined.

### Schlüsselwörter, Keywords

Deponierückbau, Ressourcengewinnung, Kosten, Wiedereinbau,

Landfill mining, utilisation of resources, costs, replacement,

## 1 Einleitung

Die Internationale Energieagentur (IEA) prognostiziert in ihrem „World Energy Outlook 2010“ [1] für das Jahr 2035 einen Rohölpreis von durchschnittlich 113 USD pro Barrel (159 Liter) gegenüber nur 60 USD im Jahr 2009. Dies käme einer Verdopplung des Ölpreises nahe. Zudem geht die IEA davon aus, dass der globale Primärenergieverbrauch zwischen 2008 und 2035 um 36% ansteigt.

Dies verdeutlicht für die Zukunft, dass die Möglichkeit eines Deponierückbaus nicht mehr nur aus der Sicht eines Volumengewinnes betrachtet werden muss, sondern die Gewinnung des eingelagerten Wertstoffpotentials in Verbindung mit der Wirtschaftlichkeit in den Vordergrund treten wird. Werden bei einem Deponierückbau die abgegrabenen Abfälle klassiert und fraktioniert, werden Störstoffe aussortiert, werden Wertstoffe einer Verwertung zugeführt und nur der nicht verwertbare Anteil am Standort - nach dem heutigen Stand der Technik - verdichtet wieder eingebaut, kann der Nachsorgezeitraum erheblich reduziert und der Standort aus umwelttechnischer Sicht dauerhaft abgesichert werden.

Laut § 36d Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) [2] müssen die Kosten für die Stilllegung und Nachsorge für einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren rückgestellt werden. Eine Entlassung aus der Nachsorge bei der Berücksichtigung des jetzigen Wissenstandes ist aber zu diesem Zeitpunkt in den meisten Fällen noch nicht möglich. Diese Aussage bestätigt auch RETTENBERGER (2009) [3], welcher der Meinung ist, dass ein Deponierückbau ein klares „Muss“ wäre, wenn man die Nachsorgezeiträume der Realität anpassen würde. Wenn man als Deponiebetreiber dem Grundsatz, dass die Kosten für die Nachsorge einer Deponie nicht auf die nachfolgenden Generationen übertragen werden sollen, Folge leisten will, sollte man über alternative Maßnahmen wie den Rückbau nachdenken.

In einer hessenweiten Untersuchung haben sich WIEMER, BARTSCH und SCHMEISKY (2009) [4] mit dem Thema Deponierückbau beschäftigt. Sie halten die folgenden Gründe für einen Deponierückbau für ausschlaggebend:

- Erlöse aus der Sekundärrohstoffvermarktung
- Verkürzung der Deponienachsorgephase
- Anstrengungen zum weitergehenden Grundwasserschutz
- Flächennutzung des belegten Deponiegeländes
- fiskalische Nutzung der Rückstellungsreserven für die Deponieoberflächenabdichtung.

Einige der genannten Gründe sollten aber kritisch betrachtet werden. So ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht mit Erlösen für Sekundärbrennstoffe zu rechnen. Außerdem ist es fraglich, ob die geforderten Qualitäten bei Wertstoffen aus einer Rückbaumaßnahme erzielt werden können. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass, bevor das frei werdende Deponiegelände wieder genutzt werden kann, umfangreiche Rekultivierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, um den ursprünglichen Zustand wieder zu erreichen. Abschließend ist aber zu sagen, dass die genannten Gründe natürlich ausschlaggebend für einen wirtschaftlichen Rückbau sind. Die Wirtschaftlichkeit eines Rückbaus hängt nach Auffassung der Autoren vom Zeitpunkt der Rückbaumaßnahme, also der Entwicklung des Preisniveaus, ab.

Klar ist in jedem Fall, dass sich bei Altdeponien die Nachsorgezeiträume zum heutigen Zeitpunkt nur schwer abschätzen lassen. Geschätzt werden Zeiträume zwischen 30 und 300 Jahren. Diese ungenauen Angaben und die Tatsache, dass keine Deponie mit einer anderen vergleichbar ist, machen eine individuelle Betrachtung jeder möglichen Rückbaumaßnahme

erforderlich. Dazu wurde für die Deponie Coesfeld-Höven zunächst das theoretische Wertstoffpotential so genau wie möglich ermittelt.

## **2 Rechtliche Rahmenbedingungen für einen Deponierückbau**

Bei der Planung und Genehmigung eines Deponierückbaus sind die einschlägigen Vorschriften des KrW-/AbfG [2] maßgeblich. Diese werden hier als bekannt vorausgesetzt und nicht näher betrachtet.

Von erheblicher Bedeutung für einen wirtschaftlichen Deponierückbau ist die Verwertung der zurückgebauten Abfälle und damit auch die Frage des Verbleibs der nicht verwerteten Reste. In diesem Zusammenhang ist die Deponieverordnung (DepV) [5] bedeutsam. Die neue Deponieverordnung ist am 16. Juli 2009 als Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 in Kraft getreten.

Diese Verordnung ermöglicht es, Material, das aus einem Deponierückbau stammt, am gleichen Standort wieder einzubauen - auch wenn der Organikanteil zu hoch ist. Gemäß § 6 Absatz 6 dürfen „mit Zustimmung der zuständigen Behörde ... auch bei Überschreitung einzelner Zuordnungswerte, insbesondere des TOC und des Glühverlustes... nicht gefährliche Abfälle aus Schadensfällen auf einem gesonderten Teilabschnitt eines Deponieabschnittes der Klasse II abgelagert werden, soweit zuvor eine möglichst weitgehende Aussortierung organischer Anteile erfolgt ist und das Wohl der Allgemeinheit durch die Ablagerung nicht beeinträchtigt wird.“ Dies „gilt auch... für Abfälle, die aus dem Rückbau einer Deponie oder einer Altlast nach § 2 Absatz 5 des Bundes-Bodenschutzgesetzes stammen, wenn die heizwertreichen Abfallanteile vor der Ablagerung weitgehend abgetrennt und energetisch verwertet oder thermisch behandelt werden (DepV) [5]“.

Werden bei einem Deponierückbau die abgegrabenen Abfälle also klassiert und fraktioniert, werden die Wertstoffe einer Verwertung zugeführt und nur der nicht verwertbare Anteil am Standort verdichtet wieder eingebaut, so ist dies nach den vorgenannten Normen rechtlich zulässig.

## **3 Deponie Coesfeld-Höven**

Die Deponie Coesfeld-Höven wurde von 1969 bis 1978 als „ungeordnete Deponie“ von der Stadt Coesfeld betrieben. Das heißt, der Abfall wurde ohne Kontrolle nach Herkunft und Art abgelagert. Die Ablagerung erfolgte in der ehemaligen Tongrube des Ziegelwerks Kuhfuß. In den Anfangszeiten wurde noch parallel Ton abgebaut und Müll eingebaut. Die Deponie verfügt teilweise über eine qualifizierte Basisabdichtung. 1978 beantragte der Kreis Coesfeld den Betrieb einer zentralen Abfalldeponie am Standort Coesfeld-Höven. Alle damit anfallenden Aufgaben werden seit 1997 von der Wirtschaftsbetriebe Kreis Coesfeld GmbH, kurz WBC, ausgeführt. Die WBC sind ein privatrechtliches Unternehmen, dessen Gesellschafter allein der Kreis Coesfeld ist.

Es ist nicht genau bekannt, welche Abfallmengen und -arten im Zeitraum zwischen 1969 und 1978 eingelagert wurden. Nach dieser Zeit sind auf der Deponie hauptsächlich Abfälle wie Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, Sperrmüll, organische Abfälle, Bauschutt, produktionsspezifische Abfälle, Klärschlamm und kontaminierter Boden abgelagert worden. Der Abfall ist in diesem Zeitraum im Dünnschichtverfahren in Schichten von 50 cm mit dem Kompaktor eingebaut worden. Mit diesem Verfahren erzielte man eine Einbaudichte von  $1,1 \text{ Mg/m}^3$ . Die Ablagerung erfolgte bis 2002, anschließend wurden nur noch Abfälle zur Verwertung angenommen, um die Endkubatur und die Zwischenabdeckung herzustellen.

Die Deponie besitzt eine Fläche von ca. 16 ha mit einer Ablagerungsfläche von  $154.000 \text{ m}^2$  und einem Deponievolumen von ca. 2,2 Mio.  $\text{m}^3$ . Die maximale Ablagerungshöhe beträgt 28 m. Die Deponie befindet sich in der Stilllegungsphase und die temporäre Zwischenabdeckung ist seit Juni 2004 vollständig aufgebracht. Die endgültige Abdichtung der Deponie soll ab 2014 erfolgen. Für die Stilllegung und Nachsorge der Deponie wurden Rückstellungen gebildet, die nach aktueller Berechnung für eine Nachsorgedauer von 30 Jahren ausreichen. Zurzeit ist die Dauer der tatsächlichen Nachsorge noch nicht abzuschätzen.

### 3.1 Ermittlung der Wertstoffpotentiale

Um einen Deponierückbau wirtschaftlich planen zu können, müssen zu Beginn der Arbeiten eine Vielzahl von Deponiekennwerten erfasst werden. Dazu gehören beispielsweise die Zusammensetzung des Deponiematerials, das Einbauverfahren und die Ablagerungsflächen. Die Gewinnung dieser Daten ist mit einem großen Anteil an Archivarbeit zur Ermittlung von historischen Daten und Literaturrecherchen verbunden. Zu den Grundlagendaten gehören die Abfallmengen, die Abfallarten, Abfallzusammensetzung und die Aufmaße der Deponie.

Für die Ablagerungsphase von 1969-1987 sind beim Kreis Coesfeld keine Unterlagen über die abgelagerten Abfallarten archiviert. Um dennoch verwertbare Ergebnisse für die nicht erfassten Zeiträume zu erzielen, musste teilweise auf Werte aus der Literatur zurückgegriffen werden. Bei der weiteren Auswertung wurden nur die Mengen der Jahre 1978-2002 betrachtet. Es ist davon auszugehen, dass die vor diesem Zeitraum deponierten Abfälle sehr stark verdichtet und organisch abgebaut worden sind. Des Weiteren können keine verlässlichen Angaben zur Zusammensetzung der Abfälle gemacht werden. Aus diesen Gründen sind diese Mengen bei einem Rückbau plus Verwertung nicht von Relevanz.

Seit dem Jahr 1987 wurden Jahresberichte erstellt, in denen unter anderem die abgelagerten Abfälle und deren Menge aufgeführt sind. Da ca. 30 verschiedene Abfallarten bei der Anlieferung unterschieden wurden und die Bestimmung der Zusammensetzung für jede Abfallart zu umfangreich ist, erfolgte zur Vereinfachung die Einteilung in 6 Hauptgruppen: Restmüll, Gewerbeabfall, Sperrmüll, produktionsspezifische Abfälle, mineralische Abfälle und organische Abfälle. Für alle 6 Hauptgruppen - außer für Restmüll - ist von einer gleichbleibenden Zusammensetzung für den gesamten Ablagerungszeitraum ausgegangen worden. Durch Einflüsse der Abfallgesetzgebung sowie durch die Einführung des Dualen Systems 1993 und den flächendeckenden Anschluss der Biotonne 1995 hat sich der an der Deponie Coesfeld-Höven angelieferte Restabfall hinsichtlich seiner Zusammensetzung geändert. Vor diesem

Hintergrund wurden vier Hausmüllzusammensetzungen ausgewählt, die den gesamten Zeitraum abdecken. Diese stammen zum einen aus historischen Untersuchungen im gesamten Bundesgebiet und zum anderen aus Analysen, die im Kreis Coesfeld durchgeführt wurden. Zur Strukturierung der Datenlage ist jeder Zusammensetzung ein bestimmter Zeitraum zugewiesen worden.

**Tabelle 1:** Zeiträume und Quellen der Restmüllzusammensetzung

Zeitraum	Quelle/Studie
1978-1983	Hausmüllzusammensetzung 1979/80; Handbuch für Ver- und Entsorger (BUCHHOLZ, et al., 1993)
1984-1992	Hausmüllzusammensetzung 1985; Handbuch für Ver- und Entsorger (BUCHHOLZ, et al., 1993)
1993-1998	Hausmüllzusammensetzung 1995; Studie über die Umsetzung müllvermindernder Maßnahmen zur Vermeidung der Restmüllverbrennung am Beispiel des Landkreises Coesfeld (BRAUNGART, 1996)
1999-2002	Hausmüllzusammensetzung Kreis Coesfeld und Kreis Borken 2006; INFA

Die festgelegten Zusammensetzungen verfügen nicht über identische Stoffgruppen. Da zur Ermittlung des Wertstoffpotentials die Fraktionen aller Abfallarten zusammengefasst werden, wurde ein einheitlicher Stoffgruppenkatalog erstellt.

**Tabelle 2:** Stoffgruppenkatalog

Stoffgruppe	Differenzierungsebene
PPK	Verpackungen, Druckerzeugnisse, sonst.
Glas	Anteil im Hausmüll (Gläser, Flaschen), Abfälle aus der Glasherstellung
kompostierbare Stoffe	Küchenabfälle, Grünschnitt, Sortierreste
Kunststoffe	Verpackungen, Sortierreste, produktionsspezifische Abfälle
FE-Metalle	---
NE-Metalle	----
Verbundstoffe	Kunststoffverbunde
Holz	Anteile im Sperrmüll
Mineralien	Straßenkehricht, Bauschutt, kontaminierter Boden
Textilien	Matratzen
Problemabfälle	Windeln, Asbest, Krankenhausabfälle
sonst. Stoffe	Klärschlamm, Erzeugnisse aus der Fleischproduktion
Fraktion < = 40 mm	organisches Material, erdähnliches Material

Für die stoffliche Zusammensetzung von Sperrmüll sowie gewerblichen und produktionsspezifischen Abfällen wurde auf eine 4-wöchige Sichtungsanalyse der angelieferten Abfälle aus dem Jahr 1995 zurückgegriffen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Analyse einen Querschnitt über den gesamten Ablagerungszeitraum aufzeigt.

Die folgende Tabelle 3 zeigt die durchschnittlichen Heizwerte von Hausmüll, welche das Energievolumen des abgelagerten Materials bestimmen sollen. Die Heizwerte von Verbundstoffen und sonstigen Stoffen werden für die weiteren Berechnungen geschätzt.

**Tabelle 3:** Heizwerte von Hausmüll nach FLAMME [6]

Fraktion	Zusammensetzung (inkl. Geschäftsm.)		Wassergehalt [Gew.-%]	Heizwert $H_{(u,10)}$				
	ohne Biot. [Gew.-%]	mit Biot. [Gew.-%]		für Fraktion		Praxiswerte		
			Min. [kJ/kg]	Max. [kJ/kg]	Praxis [kJ/kg]	o. Biot. [kJ]	m. Biot. [kJ]	
Holz	1	1	15-20	15330	17250	16100	141	181
Metalle	2	2	< 5	0	1600	0	0	0
Papier/Pappe	11	15	20-25	11000	12400	11000	1256	1627
Kunststoffe	8	11	5-10	30000	33500	31800	2457	3458
Glas	3	4	<5	0	193	0	0	0
Textilien	1	2	20-25	14280	16320	15300	168	281
organische Abfälle	34	25	50-60	4100	7600	4100	1384	1076
Windeln	2	5	80	7400	9260	8000	176	402
Feinmüll	17	12	40-50	3500	6500	5000	865	596
Sonstiges n. brennbar	5	10	30-40	0	0	0	0	0
Sonstiges	16	13	-	7500	8500	8000	1312	1024
<b>Summe</b>	100	100	-	-	-	-	-	-

### 3.2 Zusammensetzung des Deponieinventars

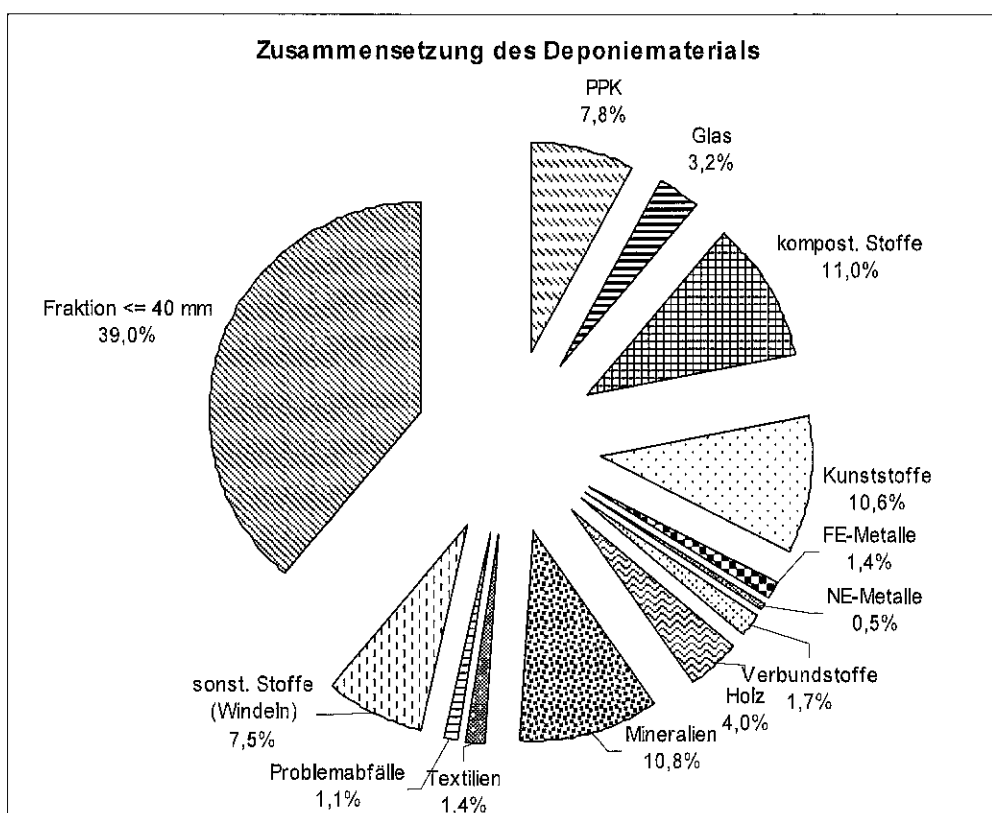
Die Gesamtzusammensetzung des Restmülls ermittelt sich aus den in Tabelle 1 genannten Daten. Hierfür wurden die in den entsprechenden Zeiträumen abgelagerten Abfallmengen bestimmt und die Massen der einzelnen Fraktionen anhand der jeweiligen prozentualen Zusammensetzung errechnet. Da bei den restlichen Abfallgruppen von einer gleichbleibenden Zusammensetzung ausgegangen wurde, mussten die einzelnen Fraktionen nur dem Stoffgruppenkatalog angeglichen werden. Durch die Summierung aller Anteile der Fraktionen ergibt sich die Gesamtzusammensetzung.

Die Ablagerungsmengen und die Gewichtsprozent der Abfallfraktionen ergeben sich aus rein historisch erfassten Daten. Vor diesem Hintergrund sind die Werte als Abschätzung anzusehen.

Auffällig ist, dass die Feinfraktion < 40 mm den größten prozentualen Anteil hat. Von größerer Bedeutung sind jedoch die Anteile der Stoffgruppen PPK, Kunststoffe und Metalle, da diese im Zusammenhang mit den Ablagerungsmengen die größten Energie- bzw. Wertstoffpotentiale erwarten lassen.

Die höchsten Anteile am Gesamtvolumen weisen die folgenden Stoffgruppen auf:

- Fraktion < 40 mm
- kompostierbare Stoffe
- Mineralien



**Abbildung 1:** Zusammensetzung des Deponieinventars

Anhand der Gesamtmengen der einzelnen Stoffgruppen lässt sich auch das theoretische Gesamtenergievolumen der Deponie unter Anwendung der Werte aus Tabelle 3 berechnen. Das theoretische Gesamtenergievolumen der auf der Deponie Coesfeld-Höven abgelagerten Stoffe beläuft sich auf ca. 14 Mio. GJ. In dieser Betrachtung wurde die Reduzierung durch Abbauprozesse allerdings nicht berücksichtigt.

Die größten Energiemengen liefern dabei erwartungsgemäß PPK und Kunststoffe mit zusammen über 10 Mio. GJ. Alle anderen Stoffgruppen spielen eine untergeordnete Rolle.

## 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für einen Rückbau

### 4.1 Kosten für eine 30-jährige Nachsorge

Bei der Kostenberechnung wurde von einer 30-jährigen Nachsorgedauer, beginnend mit dem Jahr 2014, ausgegangen. Berücksichtigt wurden neben den Baukosten, die im Zusammenhang mit der Stilllegung der Deponie anfallen (Oberflächenabdichtung), auch die Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie Kosten für die Sickerwasserreinigung und Gasverwertung. Die Kosten der Stilllegung sowie die Betriebs- und Instandhaltungskosten lassen sich aus der Rückstellungsberechnung entnehmen. Die anzusetzenden Kosten für die Si-

ckerwasserreinigung und Gasverwertung sind zusätzlich zu berücksichtigen. Pro Tonne eingebautes Material wurden spezifische Kosten von ca. 23 € berechnet. Verlängert sich die Dauer der Nachsorge auf 50 Jahre, ergeben sich spezifische Kosten von ca. 30 €/t. Den Kosten für die Nachsorgephase sind die Kosten für die Rückbauvarianten gegenüberzustellen.

#### 4.2 Kosten für 3 Rückbauvarianten

Durch die differenzierte Aufbereitung werden Fraktionen zur stofflichen und energetischen Verwertung generiert. Der größte Anteil besteht wie beschrieben aus der Fraktion < 40 mm und der Restfraktion. Die Verwertung dieser Fraktionen hat somit einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtkosten. Aus diesem Grund wurden drei unterschiedliche Verwertungs- und Beseitigungswege dieser Fraktionen geprüft.

- **Variante 1:** Fraktion < 40 mm → MBA; Restfraktion → MVA

Bei dieser Variante wird davon ausgegangen, dass der organische Anteil in der Fraktion < 40 mm trotz der Geruchsstabilisierung ausreichend hoch ist, um das Material in einer MBA zu behandeln. Die Restfraktion wird in der MVA behandelt. Nach Durchführung dieser Variante bleibt eine Nachsorgephase aus und das Deponiegelände kann wieder genutzt werden.

- **Variante 2:** Fraktion < 40 mm + Restfraktion → MVA

Es wird davon ausgegangen, dass das Material trotz Deponievereinfachungsverordnung § 6 nicht wieder abgelagert wird. Es gelten die Selben Schlussfolgerungen wie für Variante 1.

- **Variante 3:** Fraktion < 40 mm + Restfraktion → Wiederablagerung

Das Material wird nach heutigem Stand der Technik am Standort wieder abgelagert. Diese Variante kann auch als Wiedereinbau bezeichnet werden und ist nach § 6 der Deponieverordnung auch bei Überschreitung einzelner Zuordnungswerte, insbesondere des TOC und des Glühverlustes mit Genehmigung der zuständigen Behörde möglich. Bei einer Einbaudichte von 1,7 Mg/m<sup>3</sup> reduziert sich das Deponievolumen um ca. 1,1 Mio. m<sup>3</sup>. Es ist davon auszugehen, dass sich die Nachsorgephase verkürzt sowie der Sickerwasseranfall und die Gasproduktion stark zurückgehen.

Bei den anderen Fraktionen ist für Metalle eine stoffliche Verwertung vorgegeben, für die Leichtfraktion und die heizwertreichen Fraktionen eine energetische Verwertung.

Die Gesamtkosten für eine Rückbaumaßnahme setzen sich wie folgt zusammen:

- Kosten für die Aufnahme
- Kosten für die Aufbereitung
- Kosten und Erlöse für die Entsorgung
- laufende Kosten bis zur Fertigstellung des Rückbaus.



Erfolgt der Rückbau nach Variante 3, werden also die Feinfraktion und die Restfraktion wieder abgelagert, müssen zusätzlich Kosten für den Wiedereinbau mit einbezogen werden.

Die Aufbereitungskosten setzen sich zusammen aus den Aggregat-, Personal- und Gebäudkosten. Die Tabellen 4 – 6 zeigen die spezifischen Kosten der Varianten 1-3, die den Gesamtkosten ohne einen Rückbau gegenübergestellt werden. Aktuelle Annahmepreise der MVA-, der heizwertreichen und der SBS-Fraktion sowie die Erlöse von Fe- und NE-Metallen wurden nach Absprache mit aktiven Marktteilnehmern in die Kostenschätzung einbezogen. Der Entgeltsatz zur Entsorgung des MBA-Materials orientiert sich ebenfalls an den Marktpreisen und ist mit 105 €/Mg angenommen worden. Bei allen drei Varianten werden die laufenden Kosten bis zur Fertigstellung der Maßnahmen berücksichtigt.

**Tabelle 4:** Kostenschätzung Variante 1

Kosten/Gewinn bei Rückbau nach Variante 1: Verbringung der heizwertreichen Fraktion in die MVA und Verbringung der < 40 mm in die MBA	Gesamtpreis	Preis pro t abgebautes Material	Einheitspreise
<b>Rückbaukosten</b>	[€]	[€/Mg]	
Aufnahme	11.128.448	5,00	5,00 €/t
Aufbereitung	22.256.896	10,00	10,00 €/t
<b>Kosten/Erlöse Entsorgung</b>			
- Entsorgung MVA-Material	12.476.337	5,61	90,00 €/t
- Entsorgung heizwertreiche Fraktion	18.945.685	8,51	50,00 €/t
- Entsorgung SBS	1.123.264	0,50	10,00 €/t
- Entsorgung des Materials < 40 mm (MBA)	148.055.751	66,52	105,00 €/t
- Entsorgung Fe-Metalle	-2.680.830	-1,20	-100,00 €/t
- Entsorgung NE-Metalle	-4.257.858	-1,91	-400,00 €/t
- Transport	22.256.896	10,00	10,00 €/t
<b>Laufende Kosten bis zur Fertigstellung des Rückbaus</b>			
Betriebskosten	14.700.000	6,60	980.000,00 €/a
<b>Spezifische Gesamtkosten bei Rückbau</b>	<b>244.004.589</b>	<b>109,63</b>	

Tabelle 5: Kostenschätzung Variante 2

Kosten/Gewinn bei Rückbau Variante 2: Verbringung des gesamten Materials in der MVA	Gesamt- preis	Preis pro t abgebautes Material	Einheitspreise	
Rückbaukosten	[€]	[€/Mg]		
Aufnahme	11.128.448	5,00	5,00	€/t
Aufbereitung	22.256.896	10,00	10,00	€/t
<b>Kosten/Erlöse Entsorgung</b>				
- Entsorgung MVA-Material	139.381.266	62,62	90,00	€/t
- Entsorgung heizwertreiche Fraktion	18.945.685	8,51	50,00	€/t
- Entsorgung SBS	1.123.264	0,50	10,00	€/t
- Entsorgung des Materials < 40 mm (MBA)	-	-		
- Entsorgung Fe-Metalle	-2.680.830	-1,20	-100,00	€/t
- Entsorgung NE-Metalle	-4.257.858	-1,91	-400,00	€/t
- Transport	22.256.896	10,00	10,00	€/t
<b>Laufende Kosten bis zur Fertigstellung des Rückbaus</b>				
Betriebskosten	14.700.000	6,60	980.000,00	€/a
<b>Spezifische Gesamtkosten bei Rückbau</b>	<b>222.853.768</b>	<b>100,13</b>		

Tabelle 6: Kostenschätzung Variante 3

Kosten/Gewinn bei Rückbau Variante 3: Wiedereinbau am Standort ohne Wertstoffe	Gesamt- preis	Preis pro t abgebautes Material	Einheitspreise	
Rückbaukosten	[€]	[€/Mg]		
Aufnahme	11.128.448	5,00	5,00	€/t
Aufbereitung	22.256.896	10,00	10,00	€/t
<b>Kosten/Erlöse Entsorgung</b>				
- Entsorgung MVA-Material	-	-		
- Entsorgung heizwertreiche Fraktion	18.945.685	8,51	50,00	€/t
- Entsorgung SBS	1.123.264	0,50	10,00	€/t
- Entsorgung des Materials < 40 mm (MBA)				
- Entsorgung Fe-Metalle	-2.680.830	-1,20	-100,00	€/t
- Entsorgung NE-Metalle	-4.257.858	-1,91	-400,00	€/t
- Transport	5.286.930	2,38	10,00	€/t
<b>Wiedereinbau</b>				
- Wiedereinbau	7.743.404	3,48	5,00	€/t
- Basisabdichtung	11.352.000	5,10	120,00	€/m <sup>2</sup>
- Oberflächenabdichtung	5.676.000	2,55	60,00	€/m <sup>2</sup>
- Betriebskosten (vor der Fertigstellung)	11.760.000	5,28	980.000	€/a
- Sickerwasserentsorgung u. Gasentsorgung (nach der Fertigstellung)	3.795.000	1,71	345.000	€/a
- Betriebskosten	3.600.000	1,62	100.000	€/a
<b>Spezifische Gesamtkosten bei Rückbau</b>	<b>95.728.939</b>	<b>43,01</b>		

Die Kosten für die Basis- und Oberflächenabdichtung sind auf Grundlage aktueller Ausschreibungen sowie Erfahrungswerten angesetzt worden.

Betrachtet man die spezifischen Kosten der drei Varianten so fällt auf, dass bei Variante 1 mit ca. 109 €/Mg die höchsten spezifischen Kosten anfallen. Unwesentlich günstiger ist Variante 2 mit ca. 100 €/Mg. Die hohen Kosten sind mit der Massenverteilung der Outputströme zu erklären. Die Fraktion < 40 mm ist mit 1.410.055 Mg mengenmäßig die größte Fraktion,

die entsorgt werden muss. Hinzu kommt, dass die Annahmepreise für diese Fraktion bei einer Entsorgung in einer MVA bei ca. 90 €/Mg und in einer MBA bei ca. 105 €/Mg liegen. Dem gegenüber stehen die spezifischen Kosten der 3. Variante von 43 €/Mg. Die anfallenden Kosten betragen weniger als die Hälfte der ersten beiden Varianten. Es stellt sich heraus, dass der Wiedereinbau der Feinfraktion trotz Einbau nach heutigem Stand der Technik um ein Vielfaches günstiger ist. Durch den Wiedereinbau sind allerdings in einer Gesamtkostenbetrachtung auch wiederum Nachsorgekosten zu berücksichtigen.

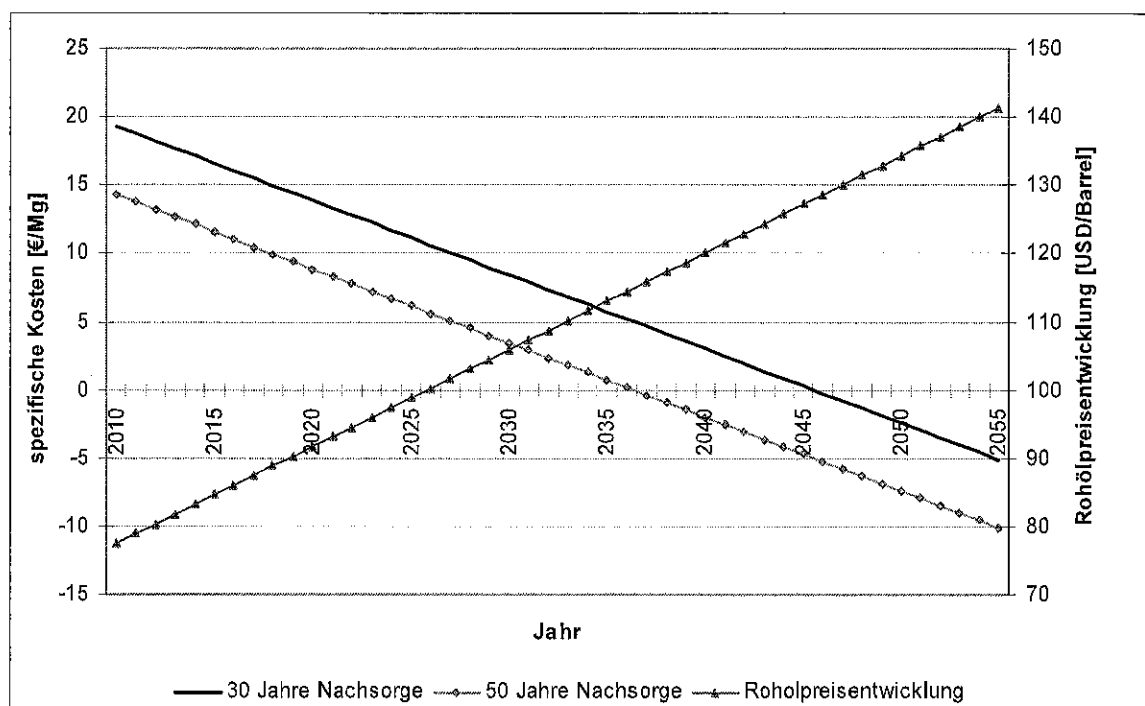
Im Vergleich zu den spezifischen Kosten der Rückbauvarianten sind die Kosten, die ohne einen Rückbau anfallen würden, nach heutigem Stand wesentlich geringer.

### 4.3 Break-even-Berechnung

Wie in der Kostenbetrachtung deutlich wird, ist ein Rückbau mit hohen Mehrkosten im Gegensatz zu den anfallenden Kosten einer Nachsorgephase von 30 Jahren verbunden. In den Varianten 1 + 2 hängt dies im Besonderen von der Entsorgung der Feinfraktion ab. Der Preis für die Müllverbrennung sowie für die mechanisch biologische Abfallbehandlung ist aufgrund eines gewissen Fixkostenanteils festgeschrieben und ist nicht an den Energiepreis für Primärbrennstoff gebunden. Dies gilt zurzeit auch für die energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen. Geht man allerdings nun davon aus, dass sich, wie eingangs erwähnt, der Rohölpreis in knapp 25 Jahren verdoppelt, wird eine Kopplung der Sekundärbrennstoffpreise an die Primärbrennstoffpreise immer wahrscheinlicher.

Um die Kosten für einen Rückbau zu reduzieren wurde im Weiteren nur der Wiedereinbau der Feinfraktion betrachtet. Im Einzelnen bedeutet dies, dass zur Berechnung der Gewinnschwelle nur die energetische Verwertung der heizwertreichen Fraktion und der SBS-Fraktion betrachtet wurde. Auch die Entsorgung der Metalle ist nicht weiter berücksichtigt worden, da der Gesamtanteil ca. 2,5 % ausmacht.

Zur Berechnung der Gewinnschwelle wurden die Annahmepreise zur Entsorgung der heizwertreichen Fraktion und der SBS-Fraktion nach dem Prinzip der Anlegbarkeit, an den Preis des Energieträgers Erdöl gekoppelt. Die Ersatzbrennstoffpreise bemessen sich nach dem Preis für den substituierten Energieträger, in diesem Fall Erdöl, sowie unter Berücksichtigung des Zusatzaufwandes für die Verwerter und evtl. Wirkungsgradnachteilen. Zur Ermittlung der anlegbaren Ersatzbrennstoffpreise wurde die Preisänderung des konventionellen Energieträgers zum Vergleichsjahr 2009 angenommen. Der Rohölpreis wurde unter Annahme der Prognose des „World Energy Outlook 2010“ ermittelt. Unberücksichtigt dessen, dass sich die Entwicklung des Rohölpreises nicht linear vollzieht, wird zur Vereinfachung von einem linearen Anstieg und einem Preisstand von 113 USD im Jahr 2035 laut Aussage der IEA ausgegangen.



**Abbildung 2:** Break-even-Betrachtung der Variante 3 bei 30 bzw. 50-jähriger Nachsorge

Die spezifischen Kosten sind auf der linken Ordinate eingetragen. Die Erlöse aus der Rückstellungsberechnung wurden nur anteilig gutgeschrieben, da die Wiederablagerung der Feinfraktion am Standort erfolgt. Aus diesem Grund müssen nach Fertigstellung der Maßnahme trotzdem Rückstellungen für die Nachsorgephase gebildet werden. Auf der linken Ordinate ist die Entwicklung des Rohölpreises abgetragen. Die Abbildung zeigt, dass der Rohölpreis bei ca. 128 USD/Barrel (30jährige Nachsorge) und bei 115 USD/Barrel (50jährige Nachsorge) liegen muss, um eine Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zu erzielen. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen zur Rohölpreisentwicklung sind diese Ziele ca. 2036 bzw. ca. 2046 erreicht.

## 5 Ausblick

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für einen Rückbau zeigen, dass für die Deponie Coesfeld-Höven ein wirtschaftlicher Rückbau zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich ist. Die Berechnungen zeigen aber auch, dass vor dem Hintergrund steigender Primär- und Sekundärrohstoffpreise sich nicht die Frage stellt, ob der Rückbau einer Siedlungsabfalldeponie in der Zukunft wirtschaftlich sein kann, sondern sich vielmehr die Frage stellt, wann dieser Zeitpunkt erreicht ist.

Treten die Prognosen der IEA [1] ein, so dürfte spätestens mit der Verdopplung der Rohölpreise und einer nicht unrealistischen Nachsorgedauer von 50 Jahren das Preisniveau für die Entsorgung der aus einem Deponierückbau gewonnenen heizwertreichen Fraktion soweit abgesunken sein, dass der Rückbau der Deponie Coesfeld-Höven sowie der Rückbau vergleichbarer Siedlungsabfalldeponien wirtschaftlich ist.

Laut RETTENBERGER [7] lassen sich die derzeitigen Kosten für einen Deponierückbau ggf. auch reduzieren, falls zukünftig Emissionsminderungsgutschriften gewonnen werden können. Dies setzt allerdings voraus, dass entsprechende Rückbauprojekte als Treibhausgas-Zertifikat-Projekt durchgeführt werden.

Für die Zukunft gilt es zunächst, an alle Verantwortlichen zu appellieren, die gesetzlichen Voraussetzungen und die Entscheidungen für die Aufbringung einer endgültigen Oberflächenabdichtung zu überdenken. Ist eine endgültige Oberflächenabdichtung aufgebracht, besteht kein wirtschaftlicher und technischer Sinn mehr in einem Deponierückbau. Das vorhandene Ressourcenpotential ist somit „verloren“. Um Siedlungsabfalldeponien als mögliche Rohstoff- und Energiequellen für die Zukunft zu erhalten, sollten - soweit ausreichende temporäre Abdichtungen vorhanden sind und negative Beeinträchtigungen ausgeschlossen werden können - bei allen Siedlungsabfalldeponien mit relevantem Ressourcenpotential die Errichtungen von endgültigen Oberflächenabdichtungen ausgesetzt werden.

## 6 Literaturangaben

- [1] International Energy Agency (IEA) (2010): World Energy Outlook 2010 – Zusammenfassung, OECD/IEA, [www.iea.org](http://www.iea.org), [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org)
- [2] N. N.: KrW-AbfG (1994), Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen, zuletzt geändert am 11.08.2010
- [3] RETTENBERGER, G. (2009): Deponierückbau als Alternative zur Sanierung?, Fachhochschule Trier, [www.ruk-online.de/ruk\\_de/Aktuelles/Service/Downloads/RUECK02.pdf](http://www.ruk-online.de/ruk_de/Aktuelles/Service/Downloads/RUECK02.pdf)
- [4] WIEMER, K., BARTSCH, B., SCHMEISKY, H. (2009): Deponien als Rohstofflagerstätte von morgen - Ergebnisse einer hessenweiten Untersuchung, Vortrag 21. Kasseler Abfall- und Bioenergieforum, Kassel
- [5] N. N.: DepV (2009), Deponieverordnung, Verordnung über Deponien und Langzeitlager, Inkrafttreten 16.07.2009, zuletzt geändert am 26.11.2010
- [6] FLAMME, S. (2007): Skript zur Lehrveranstaltung Abfallwirtschaft, Fachhochschule Münster, Fachbereich Bauingenieurwesen
- [7] Stegmann, R., Rettenberger, G., Bidlingmaier, W., Bilitewski, B., Fricke, K., Heyer, K.-U. (2010): Deponietechnik 2010, Hamburger Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 35, Verlag Abfall aktuell, S. 249-262
- [8] Buchholz, M. P., et al. (1993), Handbuch für Ver- und Entsorger, 3. Auflage, F. Hirshammer Verlag, Hrsg. Bundesinstitut für Berufsbildung, München, ISBN: 3-88721-074-3
- [9] Braungart, M., et al. (1996), Vermeiden statt verbrennen, Studie über die Umsetzung müllvermindernder Maßnahmen zur Vermeidung der Restmüllverbrennung am Beispiel des Landkreises Coesfeld, EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, Hamburg

## 7 Angaben zum Verfasser

Um Sie und evtl. Ihre Co-Autoren korrekt im Autorenverzeichnis benennen und Sie kurzfristig über Aktuelles informieren zu können, wären wir Ihnen für die folgenden Angaben in Ergänzung zu Ihrem Manuskript sehr dankbar:

- Bölte, Stefan
  - Dipl.-Ing.
  - Wirtschaftsbetriebe Kreis Coesfeld GmbH
  - Borkener Str. 13, 48653 Coesfeld
  - Telefon +49 (0) 2541 / 9525-14
  - Fax +49 (0) 2541 / 9525-55
  - E-Mail-Adresse: stefan.boelte@kreis-coesfeld.de
- 
- Geiping, Julia
  - Dipl.-Ing.
  - LASU Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie
  - Postfach 3020, D-48016 Münster
  - Telefon +49 (0) 251/ 83 65 154
  - Fax +49 (0) 251/ 83 65 260
  - E-Mail-Adresse: j.geiping@fh-muenster.de