

Untersuchung über den Nutzen des Deponierückbaus – Gedanken zum Deponierückbau unter heutigen Rahmenbedingungen am Beispiel einer BSR-Deponie –

Alexander Gosten

1.	Ausgangslage	448
1.1.	Strategische Grundlage und Auftrag der BSR.....	448
1.2.	Deponien und Altablagerungen.....	448
1.3.	Deponie Wernsdorf.....	449
2.	Rechtslage	450
3.	Grundlagen für den Rückbau von Deponien	452
3.1.	Definition des Deponierückbaus.....	452
3.2.	Gründe für den Deponierückbau.....	452
3.3.	Gründe gegen den Deponierückbau.....	454
3.4.	Grundsätzliche Vorgehensweise beim Deponierückbau	455
4.	Vorgehensweise der BSR	457
4.1.	Analyse der Rohstoffpotentiale	457
4.2.	Erlöspotenziale.....	460
4.2.1.	Metalle.....	460
4.2.2.	Kunststoffe	461
4.2.3.	Altholz	462
4.2.4.	Ersatzbrennstoff.....	462
4.2.5.	Mineralische Baustoffe.....	463
4.3.	Kosten des Rückbaus	463
4.3.1.	Transporte.....	463
4.3.2.	Abdeckung und Wiedereinlagerung.....	464
4.3.3.	Aufbereitung	464
4.3.4.	Sonstiges	465
4.4.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	465
4.5.	Sensitivitätsanalysen.....	466
5.	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	466
6.	Literaturverzeichnis	468

1. Ausgangslage

Neben den großen Kernaufgaben in der Abfallwirtschaft, die tägliche Sammlung und Entsorgung von Abfall und die Straßenreinigung einschließlich Winterdienst, gehören auch der Betrieb und die Verwahrung von Deponien und Altablagerungen zu den Tätigkeitsfeldern der BSR.

1.1. Strategische Grundlage und Auftrag der BSR

Im Rahmen der Strategie der BSR, sich den Leistungsauftrag des Landes Berlin zu sichern, ist, neben der Gewährleistung von dauerhaft vergleichsweise niedrigen Gebühren bei Tarifstetigkeit und der Erfüllung der sozialen Verantwortung für die Mitarbeiter, der Ausbau des ökologischen Profils ein wichtiger Baustein.

Außerdem hat die BSR im Rahmen ihrer Strategie einen hohen Anspruch, den Berlinern den Mehrwert eines kommunalen Unternehmens nicht nur durch geringe Gebühren sondern auch durch soziale und ökologische Anstrengungen zu verdeutlichen.

Dazu zählt eine Vielzahl von Aktivitäten, zum Beispiel die Ausbildung von Jugendlichen über den eigenen Bedarf oder der Abschluss einer Kooperationsvereinbarung mit dem Land Berlin zur Senkung der CO₂-Emissionen.

Die BSR versteht sich als kommunales Vorzeigeunternehmen, das den Nachweis erbringt, dass es möglich ist, eine gute Leistung mit hoher Sozialverträglichkeit und hohem ökologischen Standard bei geringen Gebühren für alle Bürger zu realisieren. Die Untersuchungen über den Nutzen des Deponierückbaus sind Teil dieser Strategie.

1.2. Deponien und Altablagerungen

Historisch bedingt, betreibt die BSR drei Siedlungsabfalldeponien, die der Ostberliner Teilbetrieb mit der Fusion nach der Wende eingebracht hat und die im Bundesland Brandenburg liegen. Insgesamt sind auf den Standorten der BSR wohl 30 bis 35 Millionen Tonnen Abfall abgelagert worden. Für die Sanierung dieser Deponien wurden nach der Umwandlung der BSR in eine Anstalt des öffentlichen Rechts zum 01. Januar 1994 die erforderlichen Rückstellungen mit den Abfallgebühren angespart. Alle drei Deponien haben keine Basisabdichtung und wurden den rechtlichen Vorgaben entsprechend am 31. Mai 2005 für die Deponierung von unbehandeltem Siedlungsabfall geschlossen. Gleichwohl werden noch rund 300.000 Tonnen mineralische Abfälle pro Jahr mit sehr strengen Zuordnungskriterien auf den Deponien verwertet.

In den letzten Betriebsjahren hat die BSR Anlagen zur Deponiegasfassung und -verwertung gebaut, die mit einer installierten Leistung von 4,98 MW (Schwanebeck), 4,73 MW (Schöneicher Plan) und 1,88 MW (Wernsdorf) einen erheblichen Beitrag zu den oben genannten Umweltzielen der BSR leisten. Am größten Blockheizkraftwerk in Schwanebeck ist es zudem gelungen, die Abwärme von

insgesamt etwa 6,5 MW zu verwerten. Sie wird – abzüglich eines geringfügigen Eigenbedarfs – vollständig über eine Fernwärmeleitung zum Heizkraftwerk Buch geleitet und deckt dort einen erheblichen Teil der Grundlast ab.

Bereits in den neunziger Jahren hat sich die BSR im Rahmen der Dissertation von Dr. Matthias Finck [1] ausführlich mit einer Umlagerung oder Abtragung der Deponie Wernsdorf beschäftigt.

Damals war die Fragestellung nach der Wirtschaftlichkeit eines Rückbaus im Vergleich zur herkömmlichen Stilllegung und Nachsorge. Für diesen Vergleich wurde die Deponie Wernsdorf ausgewählt, weil hier aufgrund von stärkeren Grundwasserbeeinflussungen der größte Nutzen zu erwarten war. Im Ergebnis wurde vom Rückbau abgeraten, da er – im Vergleich zu einem vierzigjährigen Stilllegungs- und Nachsorgezeitraum – unverhältnismäßig höhere Kosten erwarten ließ.

Auf Grund des erheblichen Anstiegs der Energie- und der Sekundärrohstoffpreise hat die BSR zusammen mit Dr. Finck im Jahre 2008 erneut die Deponie Wernsdorf als Muster für einen möglichen Deponierückbau untersucht.

1.3. Deponie Wernsdorf

Die Deponie befindet sich im Südosten von Berlin. Sie wurde 1958 als Hangdeponie in einer Kiesgrube begonnen und entwickelte sich zu einer Haldendeponie. Unmittelbar angrenzend beginnt an den sumpfigen Uferzonen des Wernsdorfer Sees ein Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Gebiet. Das Deponievolumen beträgt etwa 4,5 Millionen Kubikmeter und die beschüttete Fläche umfasst 22 Hektar. Der Hochpunkt der Deponie liegt auf 81 m NN, das Umgebungsniveau fällt von etwa 50 m NN an der Neu Zittauer Straße ab bis auf etwa 32 m NN am Wernsdorfer See.

Diese Deponie enthält in den Altbereichen typischen *Ostmüll* aus Haushaltungen mit hohen Ascheanteilen und geringen Gehalten an hochkalorischen Verpackungen. Nach der Wende hat sich die Qualität des Mülls erheblich verändert. Das Inventar aus dieser Zeit entspricht statistisch der in der Berliner Hausmüllanalyse festgestellten Zusammensetzung. In den Bereichen aus den frühen und mittleren neunziger Jahren sind außerdem größere Sperrmüllanteile enthalten.



Bild 1: Luftbildaufnahme der Deponie Wernsdorf

Die Abfälle wurden durch die Müllsammel Fahrzeuge und durch gewerbliche Fremdanlieferer bis März 2000 angeliefert. Der reguläre Deponiebetrieb wurde eingestellt, um das verbliebene Restvolumen zur Abflachung der Böschungen zu nutzen und durch Altmüllumlagerung die Endkubatur herzustellen.

Das Landesumweltamt Brandenburg hat im März 2008, also acht Jahre nach

Beendigung des Betriebes, ein Oberflächenabdichtungssystem mit doppellagiger Kunststoffdichtungsbahn genehmigt, wobei ein erheblicher Teil der Zeit für die Vorbereitung des Antrages benötigt worden ist. Die Bauarbeiten sollen auf dem ersten Bauabschnitt 2009 beginnen. Bis dahin wird die Herstellung des Abfallplanums sowie der gasgängigen Trag- und Ausgleichsschicht durch das Deponiepersonal abgeschlossen sein.

2. Rechtslage

Vor einer weiteren Betrachtung der technischen und wirtschaftlichen Aspekte und vor Aufnahme des *urban mining* wird hier die Rechtslage genauer beleuchtet:

Grundsätzlich sind bisher die Anforderungen an die Stilllegung von Deponien in der Deponieverordnung detailliert geregelt. Regelungen zur Verwertung von Abfällen auf Deponien gibt die Deponieverwertungsverordnung vor. Das auf mehrere Verordnungen und technische Verwaltungsvorschriften nicht immer widerspruchsfrei verteilte Deponierecht soll durch eine neue *Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts* zusammengefasst und aktualisiert werden. Dabei werden die bisher sehr konkreten Anforderungen an den Aufbau der Oberflächenabdichtungssysteme aufgegeben, um mehr Raum für Varianten zu bieten ohne das bisherige Sicherungsniveau zu verlassen.

So wird auch die bisherige Philosophie der Gesetzgebung nicht verändert. Viele Barrieren sollen die dauerhafte Ablagerung von Abfällen sicher machen (Multibarrierenkonzept). Alle technischen und organisatorischen Anforderungen sind darauf ausgerichtet, dass die Deponien ewig bestehen und durch die Stilllegungsmaßnahmen auf Dauer gesichert werden. Die anschließende Nachsorgephase dient der Pflege und ggf. einzelnen Reparaturmaßnahmen an technischen Einrichtungen, bis die Deponie in unverändertem Zustand völlig sich selbst überlassen werden kann.

Auch nach dem neuen Recht sollen für die BSR-Deponien weiterhin Abdichtungssysteme mit zwei Dichtungskomponenten vorgeschrieben sein, wobei diese jetzt im Rahmen der technischen Eignungsanforderungen frei wählbar sind. Das schafft immerhin Möglichkeiten, für einen späteren Deponierückbau durch die Anwendung dünnschichtiger und wenig materialintensiver Dichtungskomponenten geringere Hindernisse vorzubereiten.

Ein möglicher späterer Rückbau der Abfälle zur Verwertung der Rohstoffe oder des Energiegehalts ist bisher in den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen nur für die Untertagedeponie vom Typ Herfa-Neurode vorgesehen. Für den übertägigen Deponiebereich ist der Rückbau bisher nicht vorgesehen.

Genehmigungsrechtlich handelt sich daher im übertägigen Bereich, der hier betrachtet wird, auf jeden Fall um eine *wesentliche Änderung*. Je nach Einzelfall ist dann zu entscheiden, welche Unterlagen für die Änderungsgenehmigung zu erstellen sind und wer zu beteiligen ist. Hierbei findet u.a. das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) seine Anwendung.

Ein besonderes Problem kann hierbei der Wiedereinbau der nicht verwertbaren Abfälle des Rückbaus sein. Dieser Abfall oder Sortierrest erfüllt möglicherweise nicht die Kriterien für eine unbehandelte Ablagerung, weil z.B. der Kohlenstoffanteil zu hoch ist. Das neue Deponierecht sieht in § 6 Abs. 6 immerhin erstmalig eine Sonderregelung für Abfälle aus dem Deponierückbau vor. Die zuständige Behörde kann danach unter bestimmten Umständen die Ablagerung von Abfällen aus dem Rückbau einer Deponie trotz einzelner überschrittener Zuordnungswerte zulassen. So soll die Verbesserung der Gesamtsituation ermöglicht werden. Dies ist der erste Schritt zur Berücksichtigung von Rückbaumaßnahmen im Deponierecht. Für die Wirtschaftlichkeit ist die Klärung, ob der Alt-Abfall wieder unbehandelt eingebaut werden darf, vorab eindeutig zu klären und von entscheidender Bedeutung.

Insbesondere wenn der Abfall nicht auf der Deponie direkt aufbereitet, sondern zu einer bestehenden Anlage transportiert wird, muss sichergestellt werden, dass die Sortierreste wieder abgelagert werden können. Sollten diese Abfälle dann zwingend behandelt werden müssen, ist eine Wirtschaftlichkeit kaum vorstellbar. Sofern die Aufbereitung auf der Deponie direkt stattfindet, ist das gesamte abfalltypische Anlagengenehmigungsrecht zu beachten, auf das an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird.

Ferner sollten den Aspekten Emissionsschutz und Arbeitsschutz rechtzeitig die notwendige fachliche und kalkulatorische Aufmerksamkeit gewidmet werden. Je nach Lage der Deponie sind Aufwendungen für den Emissionsschutz zu ergänzen, die unter anderem davon abhängen, in welcher Entfernung die ersten Nachbarn wohnen und wie die Hauptwindrichtungen verlaufen.

Auch wenn es sowohl national als auch international eine Reihe von Referenzprojekten gibt, kann die Umsetzung eines derartigen Vorhabens für die lokalen Aufsichtsbehörden und Berufsgenossenschaft durchaus Neuland sein. Erfahrungen über den Umgang mit Alt-Müll liegen aus dem Bereich der Müllbunkersanierung vor. Regional wird diese Thematik gleichwohl unterschiedlich behandelt. Vorab sollten diese Themen mit den einschlägigen Ansprechpartnern bei den Behörden und Berufsgenossenschaften geklärt werden. Ob es gerechtfertigt ist, diese Erfahrungen auf den Deponierückbau zu übertragen, kann seitens der BSR bisher nicht beantwortet werden. Daher können bisher auch keine Aussagen zu diesen Kosten seitens der BSR gemacht werden.

Darüber hinaus ist zu betrachten, dass es bei der Geschwindigkeit, mit der sich in den letzten Jahren das gesamte Umweltrecht und besonders das Deponierecht weiter entwickelt hat, keineswegs gesichert ist, dass die zu Beginn der Rückbaumaßnahme geltenden und kalkulierten Anforderungen an den Rückbau und die Behandlung des Abfalls, die Verwertung der Wertstoffe und Entsorgung der Reststoffe über den gesamten Zeitraum der Maßnahme erhalten bleiben. Wenn Projektlaufzeiten von zehn bis zwanzig Jahren angenommen werden, ist dieser Aspekt nicht unerheblich. Erst vor wenigen Jahren wurde durch höchstrichterliche Entscheidungen der alte Grundsatz *Bundesrecht schlägt Landesrecht und Bergrecht schlägt jedes Recht* deutlich relativiert. Zurzeit hat die Rohstoff- und Energieversorgung nicht mehr die vorrangige Bedeutung in der Gesetzgebung und

der aktuellen Rechtsprechung, wie es der Bergbau in der Vergangenheit gewohnt war. Dies schließt natürlich nicht aus, dass sich dies wieder ändern kann, wenn der Trend von der Abfall- zur Ressourcenwirtschaft an Bedeutung gewinnt.

Da die Grundphilosophie der Verordnungen und Genehmigungen den Deponierückbau in keiner Form vorsieht, stehen Betreiber und Genehmigungsbehörde eines solchen Projektes genehmigungsrechtlich allein vor nicht geregelten Fragen. Diese sind zum Beispiel:

- Erfolgt die Rückbaugenehmigung nach Abfallrecht, Bergrecht oder Bau-recht?
- Darf eine bereits in der Nachsorgephase befindliche, also bezüglich der Si-cherungsmaßnahmen schlussabgenommene Deponie, wieder aufgedigra-ben werden?
- Stellt der Rückbau deponierechtlich wieder einen Rückschritt in der Betriebs-phase dar?
- Auf welcher Rechtsgrundlage und mit welchen Anforderungen kann so etwas genehmigt werden und welche rechtlichen Folgen sind damit für den Betrei-ber noch verbunden?
- Folgt nach Abschluss der Rückbaumaßnahme eine erneute Stilllegungsphase nach Abfallrecht?

Ein weiterer Hinderungsgrund liegt im *Ewigkeitsanspruch* für die zu bauende Oberflächenabdichtung und den dadurch staatlich verordneten materiellen, technischen und finanziellen Aufwand zur Abschottung des Abfallkörpers von der Umwelt, wenn diese mit einem Aufwand in der Größenordnung von etwa 100 EUR/m² mit einer mindestens etwa eineinhalb Meter dicken Schicht abge-deckt und abgedichtet worden ist. Wer will so ein teures und mit so viel Aufwand für die *Ewigkeit* geschaffenes Bauwerk zerstören, wo es doch erst wenige Jahre – zumindest im Verhältnis zur Bestimmungsdauer – seinen Zweck erfüllt hat?

3. Grundlagen für den Rückbau von Deponien

3.1. Definition des Deponierückbaus

Unter dem Rückbau von Deponien wird der teilweise oder der vollständige Ab-bau der eingebauten Abfälle an einem Ablagerungsstandort verstanden, womit auch eine Behandlung der Altabfälle (Deponiegut) verbunden sein kann. Die Verlagerung von Abfällen innerhalb eines Standortes (Umlagerung) wird nicht als Deponierückbau verstanden.

3.2. Gründe für den Deponierückbau

Der Rückbau von Deponien ist schon seit Jahrzehnten immer wieder thematisiert und in Einzelfällen auch umgesetzt worden. Dabei haben sich die Gründe in den Jahren entsprechend den veränderten abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingun-gen gewandelt.

In einem Statusbericht der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. und des Verbands Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V. (VKS) über *Umlagerung und Rückbau von deponierten Abfällen* aus dem Jahre 2002 [2] wurde die folgende Unterteilung gewählt:

- Sanierung/Ertüchtigung verfallter Deponieabschnitte (nach dem Stand der Technik),
- Entfernen des gesamten Deponiekörpers wegen:
 - * nicht sanierungsfähiger Belastung und hohem Schadstoffpotential,
 - * zu hoher Nachsorgekosten,
 - * höherwertiger Geländedenutzung, z.B. Eisenbahntrasse oder Bauland,
- Volumengewinnung durch:
 - * stoffliche Verwertung von entnommenem Abfall, z.B.:
 - Bauschutt,
 - Erdmaterial,
 - Schrott,
 - Holz,
 - Papier (-ballen),
 - * thermische Verwertung der hochkalorischen Fraktionen (Holz, Kunststoff, Papier, Pappe),
 - * hochdichte Kompaktierung des in seiner Struktur veränderten Mülls.

Die Gewinnung von Deponievolumen oder die Verlängerung von Deponielaufzeiten ist nach Beobachtung der BSR in Deutschland kein vorrangiges Thema mehr. Da die Deponien der BSR über keine Basisabdichtung verfügen, ist dies zu keinem Zeitpunkt ein Grund für ein Deponierückbauprojekt bei der BSR gewesen.

Die Erhöhung des Grundstückswertes der geräumten Fläche oder eine gewünschte Anschlussnutzung durch die Gewinnung von Bauland durch den Rückbau von Deponien gibt es wohl in großen Ballungsräumen, jedoch ist kein Fall aus Deutschland bekannt, wo dies der entscheidende Grund war. Dies kann aber im Einzelfall einen zusätzlichen wirtschaftlichen Anreiz für den Deponierückbau bieten. Sollte Berlin sich über den Berliner Ring hinaus als ein hochpreisiger Ballungsraum entwickeln, kann diese Betrachtung an Bedeutung zunehmen. Die aktuellen Entwicklungsprognosen sehen noch keine dramatische Entwicklung der Einwohnerzahlen und Grundstückspreise in Berlin.

Nach Einschätzung der BSR werden alte Deponien oder Halden zunehmend landschaftsgärtnerisch erfolgreich gestaltet und auf vielfältige Weise als Naherholungsgebiet von der Bevölkerung angenommen. Eine besondere Scheu vor dem Betreten einer abgedeckten und gestalteten Deponie oder Halde scheint nicht zu bestehen. Die BSR kann die Entwicklung sehr gut u.a. auf der Altablagerung Wannsee beobachten, die von 1954 bis 1982 betrieben wurde, sich im Eigentum des Landes Berlin befindet, und seit 2001 von der BSR betreut wird. Sie wird von den Anliegern als Naherholungsgebiet genutzt.

Der ethisch moralisch zu wertende Aspekt, dass eine *nachteilige Bodenveränderung*, die ansonsten von vielen Folgegenerationen beobachtet und nachgesorgt werden müsste, von der Verursachergeneration wieder beseitigt wird, ist dagegen wirtschaftlich schwierig zu fassen und wird daher hier nicht weiter betrachtet.

Im Rahmen des Gedankens von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft könnten kommunale Deponiebetreiber ihren Mehrwert für Bürger und Kommune durch die Einbeziehung derartiger Überlegungen jedoch unter Beweis stellen. Wenn es sowohl aus finanziellen als auch geostrategischen und ethischen Gründen ein Ziel wird, den Einsatz von Primärrohstoffen zu reduzieren, stellt die Bergung und Verwertung der im Deponiekörper enthaltenen Energie und Rohstoffe an sich einen Wert dar, der über die finanzielle Bemessung hinaus geht. Die BSR verfolgt die Entwicklung der Debatte von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft, von *Cradle to Cradle* oder dem *CO₂ Footprint* genau, um sich rechtzeitig darauf einstellen zu können.

Zurzeit sind diese Überlegungen jedoch für die BSR nicht kalkulierbar, so dass diese Trends noch nicht in die aktuelle Entscheidung einfließen können.

Dies kann sich aber in den nächsten Jahren bei einer weiter ansteigenden Erdbevölkerung und der Zunahme des globalen Rohstoffverbrauchs einerseits und der Zunahme der Welt CO₂-Produktion andererseits dergestalt ändern, dass diese Trends kalkulierbar werden oder der ethisch moralische Druck auf die Ausbeutung der Rohstoff- und Energielagerstätten vom Typ *Altdeponie* erheblich zunimmt.

Langfristig steigende Energie- und Rohstoffpreise, ungeachtet kurzfristiger Schwankungen, gaben daher ausreichend Anlass, die Wirtschaftlichkeit eines Deponierückbaus für die BSR erneut zu prüfen.

Die BSR hat sich vorgenommen, das Thema systematisch zu verfolgen, um einerseits rechtzeitig erkennen zu können, wann der geeignete Zeitpunkt für einen Deponierückbau gekommen ist und andererseits eine Vorauswahl der möglichen Standorte und angewandten Verfahren regelmäßig an den Stand der Erkenntnis anzupassen.

3.3. Gründe gegen den Deponierückbau

Die Gründe, die gegen den Rückbau von Deponien sprechen, lassen sich folgt zusammenfassen:

- Wirtschaftlichkeit,
- rechtliche Voraussetzungen,
- Deponieanlieger.

Wenn diese Hemmnisse überwunden sind, ist der Deponierückbau oder das *urban mining* machbar.

3.4. Grundsätzliche Vorgehensweise beim Deponierückbau

Die Einteilung der einzelnen Teilschritte könnte wie folgt aussehen [3]

- historische Erkundung (Durchsicht vorhandener Unterlagen, Befragung, usw.),
- Voruntersuchungen (unter anderem Erkundung von Materialeigenschaften, Deponieaufbau, mögliche Gasaustritte, Sickerwassereinstau, Erkundung des Gefahrenpotentials),
- Festlegung von Emissionsminderungsmaßnahmen sowie von Maßnahmen des Arbeitsschutzes und der messtechnischen Überwachung,
- Testgrabungen (Erprobung des Bauverfahrens, der Messtechnik, der Arbeitsschutzmaßnahmen und der vorgesehenen Maßnahmen zur Emissionsminderung unter Praxisbedingungen),
- Immissionsprognosen (Staub- und Geruchsausbreitung),
- Festlegung des Bauablaufs,
- Definition der Randbedingungen (Bedingungen unter denen die Arbeiten durchgeführt werden dürfen oder einzustellen sind),
- Erstellung von Planungsunterlagen (Umfangreiche Grabarbeiten im Deponiekörper werden von den zuständigen Behörden überwacht und bedürfen in der Regel zumindest einer Genehmigung, größere Projekte sogar einer Planfeststellung mit Öffentlichkeitsbeteiligung. Daher muss der gesamte Prozess der Grabarbeiten plausibel geplant und dokumentiert sein.),
- In-situ-Vorbelüftung des Deponiekörpers zur Geruchsstabilisierung und/oder Trocknung vor der Abgrabung,
- Abgrabung des Deponiekörpers; gegebenenfalls dabei schon weitgehende Separierung verschiedener Abfallarten,
- Behandlung der aufgenommenen Abfälle,
- erneute Ablagerung der behandelten Abfälle in zugewiesenen Deponien/Deponieabschnitten.

Während die meisten Schritte selbsterklärend sind, wird hier noch einmal auf besondere Teilaspekte eingegangen:

Mit Kompaktoren verdichtet eingebauter Hausmüll unterliegt dem anaeroben Abbau organischer Substanz, der mit Deponiegasbildung und erheblichen Geruchsbelästigungen verbunden ist. Bei stark gasbildenden Deponien können beim Öffnen des Deponiekörpers schlagartig größere Gasmengen freigesetzt werden. Lokal erhöhte Konzentrationen an toxischen Spurenstoffen sind nicht auszuschließen. Die Gesundheit der Arbeiter und Anlieger kann gefährdet werden, wenn sich zündfähige Deponiegas-Luftgemische bilden. Neben der Belästigung für die Anwohner, die die Akzeptanz von Rückbaumaßnahmen bedrohen kann, können auch Gefahren für die im Kontaminationsbereich beschäftigten

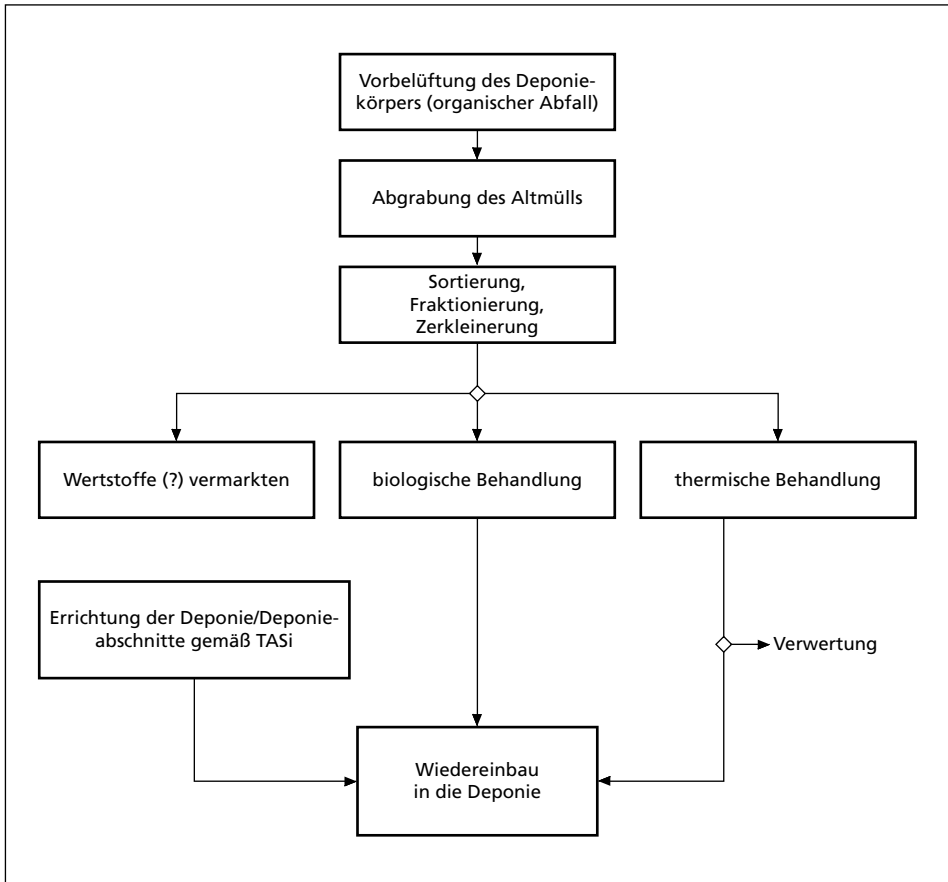


Bild 2: Verfahrensschritte beim Deponierückbau

Quelle: Rettenberger, G.; Göschl, R.: Demonstrationsprojekt Deponierückbau. Tagungsunterlagen der Umweltakademie, Seminar am 8.-9. November 1994, Ludwigsburg

Mitarbeiter entstehen. Abhilfe schaffen entweder Belüftungsmaßnahmen – z.B. Verfahren *Biopuster* – oder ein Vorgehen, das sich auf Grabungen in Schritten von wenigen Dezimetern beschränkt.

Die Fragen der Wasserhaltung, der Standsicherheit und des Brandschutzes stellen sich auch für Deponierückbauprojekte. Nach Kenntnis der BSR sind diese Aspekte bisher kaum oder gar nicht genauer untersucht worden. Vor Beginn der Maßnahme bedürfen auch diese Aspekte einer angemessenen Würdigung. Über die Kosten kann daher ebenfalls bisher nur spekuliert werden. Ob die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Bergbau, wo der Abbau von geogenen und anthropogenen Lagerstätten (Haldenbergbau) geübte Praxis ist, sich auf anthropogene Abfallberge übertragen lässt, stellt für die Zukunft sicher eine interessante Fragestellung dar.

4. Vorgehensweise der BSR

Basierend auf der Dissertation von Dr. Matthias Finck ist der Ausgangspunkt aller Überlegungen der BSR, wie im Bergbau, zuerst der Lagerstätteninhalt. Danach können die Kosten für den Rückbau und die Aufbereitung der nutzbaren Abfallfraktionen den möglichen Erlösen sowie den eingesparten Stilllegungs- und Nachsorgekosten gegenüber gestellt werden. Mit der Kenntnis der rohstofflichen Zusammenhänge versucht die BSR die Methoden des Bergbaus zu übertragen und die Potenziale für ein *urban mining* zu ermitteln.

4.1. Analyse der Rohstoffpotentiale

Für eine Rückbaumaßnahme zur Bergung von Energieträgern und Rohstoffen ist sicherlich nur der *Nachwendemüll* ab etwa 1990 interessant, der etwa ein Drittel der Gesamtmenge auf der Deponie ausmacht. Der darunter liegende *DDR-Müll* hat aufgrund des anderen Konsumverhaltens in der DDR eine davon stark abweichende Zusammensetzung. Ferner gab es das sehr wirkungsvolle SERO-System, das dafür sorgte, dass die wiederverwertbaren Stoffe wie Glas, Papier, Schrott, Alttextilien, usw. für den Wirtschaftskreislauf erhalten wurden. Der Abfall der damaligen Zeit besteht daher zu großen Anteilen aus mineralischen Anteilen und Hausbrandaschen.

Tabelle 1: Ablagerungsmengen der Deponie Wernsdorf von 1991 bis 2005

Jahr	Hausmüll	Gewerbeabfall	Sperrmüll	Bauschutt/ Boden	Straßen- Kehricht	Gesamt- anlieferung
1991	200.500	27.700	5.700	53.400	6.600	293.900
1992	133.900	9.300	26.300	115.900	21.000	306.400
1993	138.500	3.300	24.700	8.100	28.200	202.800
1994	117.900	4.400	18.800	8.300	20.100	169.500
1995	100.200	4.200	16.000	8.500	14.200	143.100
1996	69.600	4.100	18.700	3.000	19.000	114.400
1997	72.900	5.000	14.800	1.200	11.900	105.800
1998	84.800	5.100	10.900	1.300	1.900	103.900
1999	76.900	2.900	6.100	1.500		87.400
2000	24.600	400	600	800		26.500
2001		900	300	11.000		12.300
2002			100	31.000		31.100
2003				12.900		12.900
2004				4.300		4.300
2005				2.300		2.300
Summe	1.019.800	67.300	143.000	263.500	122.900	1.616.600

Quelle: Krüger, D. (BSR)

Nachdem die Abfälle, die vor 1990 abgelagert worden sind, von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen worden sind [5], werden nur die von 1991 bis 2005 angefallenen 1,6 Millionen Tonnen Abfälle auf der Deponie Wernsdorf betrachtet

(Tabelle 1). Der Anteil roh- und brennstoffhaltiger Abfälle aus Haushalten und Gewerbe – Hausmüll, Gewerbeabfall und Sperrmüll – beträgt etwa 76 Prozent, das sind 1,2 Millionen Tonnen.

Der abgelagerte Hausmüll, die größte Fraktion, enthält gemäß den offiziellen Müllanalysen 26 % Wertstoffe, 38 % organische Bestandteile und 36 % inerte Abfälle.

Basierend auf einer differenzierten Betrachtung der Abfallzusammensetzung der einzelnen Fraktionen ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten Potenziale an Roh- und Brennstoffen.

Tabelle 2: Ablagerungsmengen der Deponie Wernsdorf von 1991 bis 2005 nach Fraktionen

Jahr	Gesamt	jährliche Gesamtmenge					
		Fe-Metalle	NE-Metalle	Kunststoffe	Inertes/Rest	heizwertreich	Organik
		t					
1991	293.900	4.300	800	5.900	138.300	59.000	85.700
1992	306.400	3.300	600	6.100	187.200	53.700	55.400
1993	202.800	3.100	600	5.700	85.000	53.000	55.300
1994	169.500	2.600	500	4.700	70.700	43.600	47.400
1995	143.100	2.200	400	4.000	59.300	36.800	40.300
1996	114.400	1.900	400	3.800	47.200	32.000	29.100
1997	105.800	1.800	400	3.400	40.500	29.500	30.200
1998	103.900	1.800	400	3.100	36.100	28.500	34.100
1999	87.400	1.400	300	2.200	30.600	22.800	30.100
2000	26.500	400	100	500	9.800	6.300	9.400
2001	12.300	100	0	100	11.300	500	300
2002	31.100	0	0	0	31.000	100	0
2003	12.900	0	0	0	12.900	0	0
2004	4.300	0	0	0	4.300	0	0
2005	2.300	0	0	0	2.300	0	0
Summe	1.616.600	23.000	4.500	39.500	766.400	365.800	411.400

Das heißt, dass lediglich 27 % der ursprünglich abgelagerten Abfälle die Resource darstellen.

Das Lagerstättenpotential wurde bisher nur rechnerisch aus den allgemeinen Hausmüllanalysen ermittelt. Das Ingenieurbüro IGEA kam rechnerisch so nur auf 23.000 Tonnen Eisen-Metalle, 4.500 Tonnen Nichteisen-Metalle und 405.000 Tonnen heizwertreiche Abfälle, die möglicherweise als Ersatzbrennstoff (EBS) vermarktet werden können. Darin enthalten sind 40.000 Tonnen Kunststoffe, die bisher nicht weiter kategorisiert worden sind. Der Metallgehalt ist mit < 2 %, wovon 84 % Eisen ist, gering. Eisenerzlagerstätten, die zurzeit in Brasilien abgebaut werden, haben einen Eisen-Anteil von über 50 %. Lagerstätten mit Eisen-Gehalten von rund 30 % werden als *Armerzlagerstätten* bezeichnet und gelten als nicht abbauwürdig. Die bisherige Betrachtung unterstellt, dass der Abfall statistisch

gleich verteilt ist und damit die gesamte Deponie zurückgebaut und aufbereitet werden müsste, um dieses Potenzial zu heben.

Bei der Annahme eines vollständigen biologischen Abbaus der abgelagerten organischen Fraktionen im Rahmen der Deponiegasbildung kann für eine Tonne rückgebauten Abfall die Zusammensetzung nach Bild 3 angenommen werden.

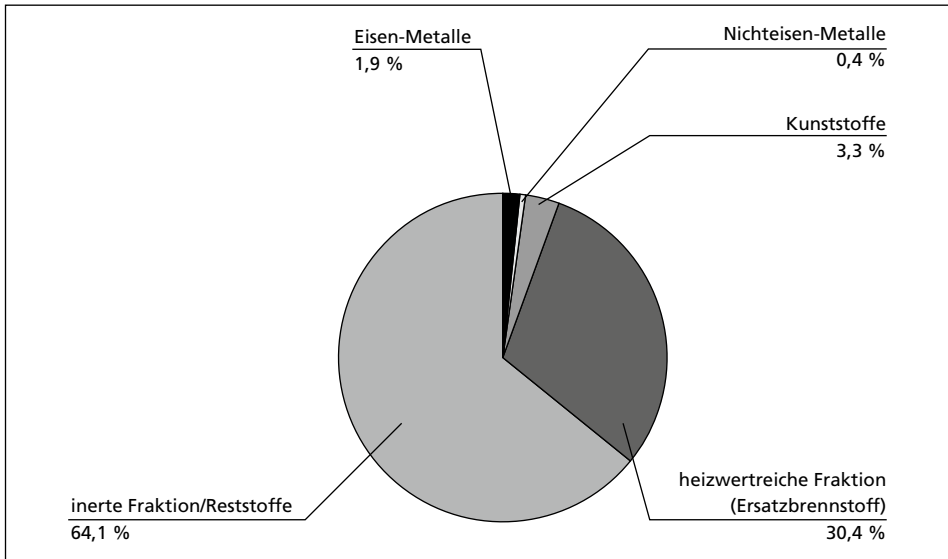


Bild 3: Angenommene Zusammensetzung von rückgebautem Abfall aus der Deponie Wernsdorf bei Annahme eines vollständigen biologischen Abbaus der abgelagerten organischen Fraktionen

Für eine professionelle Lagerstätten erkundung, wie sie im Bergbau Stand der Technik ist, müssen diese Annahmen durch geophysikalische Untersuchungen und Bohrungen unterstützt werden, die dann geostatistisch auszuwerten sind. Auf einer im Bergbau üblichen Lagerstättenkarte werden die unterschiedlichen spezifischen Gehalte und Qualitäten der Wertstoffe in Abbaublöcken kartiert. Ausgehend von einem Lagerstättenmodell, das auch die unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten bei der Bewertung berücksichtigt, wird es möglich sein, mit einer gewissen Genauigkeit den *cut-off grade* und *break-even-point* für ein *urban mining* zu bestimmen und den Abbau zu steuern.

Diese Begriffe stammen aus dem Bergbau. In der Rohstoffwirtschaft wird ein Rohstoff erst zur Ressource oder gar zur verfügbaren Reserve, wenn die Gewinnungs- und Aufbereitungskosten geringer als die erzielbaren Erlöse sind. Daher steigen die Rohstoffreserven, wenn

- die Rohstoffpreise steigen,
- höhere Konzentrationen (Anreicherungen) nachgewiesen werden können oder
- die spezifischen Gewinnungskosten durch z.B. Technologieentwicklungen sinken.

Natürlich haben auch die nachgefragten Qualitäten eine große Bedeutung. So entscheidet zum Beispiel der Schwefelgehalt einer Kohle, ob diese bestimmte Kohle zu den Reserven hinzugerechnet wird oder nicht. Der *cutt-off grade* gibt den Prozentanteil des werthaltigen Rohstoffes an, der mindestens enthalten sein muss, damit z.B. ein Erz noch ein Rohstoff ist. Andernfalls wird das Erz als *Abraum* oder *waste* abklassifiziert oder aufgehaldet. Dies führt dazu, dass z.B. bei einem hohen Metallpreis die *tailing dumps* oder Halden alter Bergwerke wieder neu aufbereitet werden. Analog findet dies auch bei anderen Rohstoffen oder bereits aufgegebenen Erdöllagerstätten statt. Ab einem gewissen Erdölpreis wird sich auch die Förderung von Ölschiefer oder Rohöl in Deutschland wieder lohnen, sofern der Naturschutz dies nicht verhindert. Ebenso verhält es sich auch mit den anderen Lagerstätten in Deutschland, die aus wirtschaftlichen Gründen in den letzten Jahrzehnten eingestellt worden sind. Je nach angewandter Abbau- und Aufbereitungstechnik muss eine gewisse Mindestgröße der Lagerstätte vorhanden sein, damit das Projekt wirtschaftlich sinnvoll ist.

Im Fall der Deponien sind die Qualitäten, die absoluten und relativen Mengen sowie deren Verteilung, der heizwertreichen Fraktionen, der Kunststoffe, der Zellulosefasern (PPK) und der Schrotte vorher möglichst genau abzuschätzen. Im Bergbau wurden umfangreiche mathematische und chemisch-physikalische Verfahren für die Abschätzung von Lagerstätteninhalten und deren Verteilung entwickelt. Ob diese allerdings ungeprüft auf die anthropogenen Lagerstätten von Mülldeponien übertragbar sind, ist, zumindest für die BSR, bisher nicht bekannt. Hier kann sich für die Zukunft möglicherweise ein interessantes geophysikalisches und lagerstättenkundliches Betätigungsfeld auf tun.

Sofern die rechnerisch ermittelten Werte annähernd realistisch sind, sind nur knapp dreißig Prozent des Deponieinhaltes von der Deponie Wernsdorf potenziell verwertbar. Die übrigen siebenzig Prozent des Deponieinhaltes werden idealerweise gar nicht abgebaut, sondern verbleiben auf ihrem angestammten Ort in der Deponie. Weder im Bergbau noch beim *urban mining* gibt es diese klare Trennung von werthaltigen Mineralen und nichtwerthaltigen Lagerstättenteilen.

Diejenigen Mengen, die aber abgebaut werden, werden unterschieden in den Teil der sofort wieder abgelagert wird, weil die Konzentration unterhalb des *cut-off grade* ist und in den Teil, der entweder einer Aufbereitung oder direkten Verwertung zugeführt wird.

Für die Deponie Wernsdorf wurde die Ermittlung und Bewertung der unterschiedlichen Massenströme bisher zurückgestellt, weil bereits die Vorstudie die Wirtschaftlichkeit nicht nachweisen konnte, so dass noch keine Lagerstättenkarte und Abbauplanung angefertigt worden ist.

4.2. Erlöspotenziale

4.2.1. Metalle

Auf der Deponie ist ein Gemisch der unterschiedlichsten Metalle oder Schrottsorten eingelagert worden. Die Verteilung und die Qualitäten der verschiedenen

Metallfraktionen, z.B. aus dem Sperrmüll oder der gewerblichen Abfallerzeuger, sind nicht bekannt.

Für den Eisenschrott gibt es bekannte und etablierte Abnehmerstrukturen. Die Erlöse betragen 2008 über 200 EUR/t für die BSR. Im Frühjahr 2009 ist jedoch der Schrottabsatz deutlich schwieriger geworden, so dass die Erlöse je nach Qualität auf unter 50 EUR/t gesunken sind. Für einzelne Qualitäten müssen sogar am Markt Zuzahlungen geleistet werden. Daher stellt sich auch für den Rohstoff Schrott die Frage nach der Aufbereitungstiefe und der Opportunität der Schrottentorgung.

Die Volatilität der Schrottpreise in den letzten zwölf Monaten ist für die unterschiedlichen Nichteisenmetall-Qualitäten noch deutlich höher gewesen. Von über 1.500 EUR/t für bestimmte Nichteisenmetall-Fraktionen sind die Erlöse auf 300 bis 400 EUR/t gesunken. Einzelne Fraktionen mit hohen Verunreinigungen erweisen sich in der Vermarktung als schwierig. Die Abnehmer sind wesentlich spezialisierter und es bedarf deutlich höherer Stoffkenntnisse und Aufbereitungsfertigkeiten, um die Erlöse zu optimieren.

Mit den Erfahrungen der Jahre 2008 und 2009 bedeutet dies, dass Rückbauprojekte des *urban mining* über zehn bis zwanzig Jahre im Grunde genommen im Metallbereich spekulativ sind. Eine seriöse Kalkulation scheint nach den Erfahrungen der letzten zwölf Monate nur für begrenzte Zeiträume möglich. Laut Ingenieurbüro IGEA müssen die Metallerlöse für Eisen-Metalle und Nichteisen-Metalle im massen- und zeitbezogenen Durchschnitt bei etwa 2.500 EUR/t liegen, um die gesamten Gewinnungskosten zu decken.

Sollten weitere Fraktionen vermarktet werden, kann der break-even point deutlich früher erreicht werden.

4.2.2. Kunststoffe

Die zielgerichtete Aufbereitung und Sortierung von bestimmten Kunststoffen ist sicher die Königsdisziplin der Abfallsortierung. Hierbei liegen reichlich Erfahrungen in der Abfallwirtschaft aus der LVP-Sortierung vor. Da die handelsüblichen Kunststoffe in der Vergangenheit von der chemischen Industrie zum Leidwesen der Abfallwirtschaft regelmäßig verändert worden sind, sind die Möglichkeiten der erfolgreichen Sortierung und Aufbereitung von alten Kunststoffsorten jedoch kritisch zu betrachten. Vor einem großtechnischen Einsatz ist hierfür sicher eine Versuchsphase auf bestehenden Anlagen oder die Vorschaltung eines Pilotprojektes sinnvoll. Daher ist die Gewinnung und Vermarktung von hochwertigen Kunststofffraktionen aus der Deponie Wernsdorf auch nicht weiter betrachtet worden.

Sehr wohl ist mit vertretbarem Aufwand die händische Aussortierung von großen Kunststofffolien, wie sie in der Landwirtschaft oder Bauindustrie verwendet werden, sinnvoll. Da über den Anteil dieser Folien in der Deponie Wernsdorf keine belastbaren Erkenntnisse vorliegen, wurden diese Fraktionen auch nicht weiter betrachtet.

Analog der Entwicklung der Metallpreise konnten im Jahre 2008 für bestimmte Kunststoffe über 400 EUR/t erzielt werden. Aktuell gibt es für viele Kunststoffe kaum noch Absatzmöglichkeiten, weil der Export in bestimmte Länder zusammengebrochen ist. Damit gilt hier noch extremer als im Metallbereich, dass die längerfristige Kalkulation von Erlösen der Kunststoffsortierung aus alten Deponien mit letztlich unbekanntem Kunststoffqualitäten recht spekulativ ist, auch wenn langfristig der Preis für sortenreine Kunststoffe steigen kann.

4.2.3. Altholz

Der Wert von Altholz ist direkt an das Energiepreisniveau und die Nachfrage der Biomassekraftwerke gekoppelt. Der Altholzpreis ist ebenfalls volatil. Das heißt, dass der Preis um etwa 10 bis 20 EUR/t in Berlin/Brandenburg in den Jahren 2008 bis 2009 geschwankt hat. Auch bei Altholz gilt, dass die Erlöse von den nachgefragten Qualitäten der Abnehmer abhängen. Danach sollte sich der Umfang der Aufbereitung richten. Beim Rückbau von Altholz können die gewünschten Qualitäten wie die Korngrößenverteilung oder der Anteil an Störstoffen durch die Aufbereitung realisiert werden, was natürlich auch eine Kostenfrage ist. Welche Eigenschaften das Altholz aus der Deponie in der Aufbereitung und der späteren Verbrennung hat, ist jedoch im Grunde genommen unbekannt. Auch hierzu können nur Annahmen gemacht werden, die durch die Praxis bestätigt werden müssen. In der Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Projektes der Deponie Wernsdorf wurden daher Erlöse aus Altholz bisher nicht weiter berücksichtigt. In der Tendenz wird der Preis für Altholz zusammen mit den Energiepreisen mittel- bis langfristig steigen.

4.2.4. Ersatzbrennstoff

Mit rund dreißig Prozent rückbaubaren Mengen ist dieser heizwertreiche Anteil der Deponie, der das Potenzial hat, als Ersatzbrennstoff eingesetzt zu werden, der mit Abstand wichtigste Rohstoff. Die Erlöse dieses Energiepotenzials sind entscheidend für die Machbarkeit eines wirtschaftlich sinnvollen Rückbaus der Deponie Wernsdorf.

Die Bewertung wurde analog den aktuellen Ersatzbrennstoff-Preisen vorgenommen. Da zurzeit aber noch Zuzahlungen von den Ersatzbrennstoff-Erzeugern (Entsorger) an die Ersatzbrennstoff-Abnehmer (Kraftwerksbetreiber) zu leisten sind, rechnet sich aktuell kein Aufwand für den Rückbau, Transport und eine wie auch immer geartete Aufbereitung von Ersatzbrennstoffen.

Der Umfang der Zuzahlung für den Brennstoff Müll ist das Ergebnis der Marktpreisbildung, die stets nicht nur die Opportunität der Verdrängung eines anderen Energieerzeugers beinhaltet, sondern auch die im Vergleich zu einem Regelbrennstoff erhöhten Aufwendungen für die Abgasreinigung, die erhöhten Verschleißkosten, die relativ geringen Dampfparameter und den erhöhten Bearbeitungsaufwand bei einem im Vergleich deutlich geringeren spezifischen Energieinhalt.

Der Marktpreis für Ersatzbrennstoff muss sich also vollständig von der Zuzahlung zum Erlös wandeln. Dies wird zuerst bei denjenigen industriellen

Ersatzbrennstoff-Kraftwerken der Fall sein, die die Energie vollständig als Prozesswärme und Strom umsetzen können und gegen einen relativ hohen örtlichen Kohle- oder Gaspreis kalkulieren. Da im Umfeld der BSR bisher weder ein stabiler Abnehmer von Prozesswärme gefunden worden ist, der bereit ist, einen kostendeckenden Preis zu zahlen noch ein Ersatzbrennstoff-Abnehmer, der bereit ist, für eine Ersatzbrennstoff-Qualität nach Energieinhalt zu bezahlen, wurde das Thema nicht weiter verfolgt.

Im Jahre 2008 hat Wilhelm Terhorst bei einer Veranstaltung der Deutschen Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. (DGAW) in Lünen für Ersatzbrennstoff die folgende Kalkulation nach dem Prinzip des anlegbaren Preises gemacht:

Im Jahre 2004 war ein üblicher Marktpreis für einen Ersatzbrennstoff mit einem Heizwert von 14 GJ/t ein Zuzahlungspreis für die Entsorgung von -75 EUR/t, die der Erzeuger (Entsorger) an den Abnehmer (Kraftwerksbetreiber) zahlen musste. Sofern unterstellt werden kann, dass die Abnehmer alle Erschwernisse gegenüber einer klassischen Monoverbrennung inklusive Wagnis und Gewinn berücksichtigt haben, hätte der Preis sich im Jahre 2008 je nach verdrängter Energieart auf Grund der bekannten Preissteigerungen gemäß Statistischem Bundesamt, wie folgt verändern können:

Heizöl, schwer	+ 30 EUR/t
Erdgas	+ 12 EUR/t
Importkohle	- 35 EUR/t

Tatsache ist, dass diese Preise am Markt bisher von den Entsorgern wohl nicht realisiert werden konnten, obwohl sogar zeitgleich neue Ersatzbrennstoff-Verbrennungskapazitäten auf den Markt gekommen sind. Damit fällt das größte Rohstoffpotenzial der Deponie Wernsdorf bis auf weiteres als Erlösbringer aus.

4.2.5. Mineralische Baustoffe

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die mineralischen Fraktionen zu Recyclingbaustoffen aufzubereiten. Auch bei dieser Ressource liegen noch keine praktischen Erfahrungen mit der Aufbereitung bei der BSR vor. Daher können nur Annahmen über die erzielbaren Produkteigenschaften gemacht werden. Da sich einerseits die einschlägigen Verordnungen in der Überarbeitung befinden und andererseits ein geringes Preisniveau für Recyclingbaustoffe in der Region vorhanden ist, wurde dieses Erlöspotenzial nicht weiter betrachtet.

4.3. Kosten des Rückbaus

4.3.1. Transporte

Hierzu wurden die Kosten für das Abtragen und das Transportieren zu einer Aufbereitungsanlage auf der Deponie ermittelt. Die Kosten werden mit 7,20 EUR/t aktuell bewertet. Durch die vorherige Aufnahme einer Oberflächenabdichtung erhöhen sich die Kosten auf 14,00 EUR/t.

4.3.2. Abdeckung und Wiedereinlagerung

Die Kosten der Wiedereinlagerung hängen insgesamt davon ab, ob es gelingt, nur einen möglichst geringen Teil an *wertlosem* Material – im Bergbau als *Abraum*, *Berge* oder *waste* bezeichnet – abzubaggern. Hierzu müssen Lagerstättenmodelle und Abbauplanungen erstellt werden, die diesen Aufwand minimieren. Im Bergbau wurden hierzu Rechenprogramme für Tagebaubetriebe entwickelt. Daher wurde bisher vom Ingenieur-Büro IGEA davon ausgegangen, dass der gesamte Abfall einer Aufbereitungsanlage zugeführt wird.

Der Rücktransport und die Einbaukosten wurden jeweils mit 5,40 EUR/t kalkuliert.

Wenn eine bereits abgedeckte Deponie noch einmal *geöffnet* wird, ist zu berücksichtigen, dass diese Abdeckung faktisch *zerstört* wird. Sofern die bereits getätigten Aufwendungen neben der erneuten Abdeckung in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ebenfalls berücksichtigt werden müssen, wird die Hürde, den break-even-point zu erreichen, in dem Umfang höher, wie die dauerhaften und endgültigen Verwahrungsmaßnahmen der Deponie bereits umgesetzt worden sind.

Wenn nach dem Wiedereinbau der nicht verwertbaren Bestandteile eine Oberflächenabdichtung durchgeführt werden muss, sind hierfür aus heutiger Sicht etwa 100 EUR/m² zu kalkulieren.

Nur wenige Deponiestandorte bieten die Möglichkeit, neben den sonstigen Einrichtungen und Anlagen für den Deponierückbau auch noch pro zurück gebautem Quadratmeter Deponiefläche etwa zwei Kubikmeter Oberflächenabdichtung – aufgetrennt in mehrere verschiedene Materialarten – zwischen zu lagern. Dieses Platz- und möglicherweise Nachbarschaftsproblem kann dazu führen, dass bestimmte Deponien nicht weiter für einen Rückbau in Betracht gezogen werden.

Wenn durch den Rückbau jedoch, auch wenn er nur teilweise erfolgen sollte, das Deponievolumen verringert wird, vermindert sich der Aufwand für die Oberflächenabdichtung. Bei Kosten von rund 100 EUR brutto pro Quadratmeter Abdichtung sind die Einsparungen nicht unerheblich. Diese Kostenersparnis kann je nach Kalkulationsmodell ebenfalls in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt werden.

Möglicherweise entstehen in Einzelfällen auch gebühren- oder steuerrechtliche Konsequenzen aus der nicht bestimmungsgemäßen Nutzung der Abdichtung. Und nach diesen Erfahrungen mit der ersten *endgültigen* Oberflächenabdichtung stellt sich die interessante Frage, wie und von welchem Geld man die verbleibenden, (heute noch) nicht verwertbaren Reste erneut *endgültig* abdichtet?

4.3.3. Aufbereitung

Relativ leicht zu kalkulieren und zu beherrschen ist eine Aufbereitung auf der Basis der weit verbreiteten mobilen Aufbereitungstechnik für Bauabfälle oder Schlackenaufbereitung. Hierbei wird eine Klassierung und Sortierung der

Metallfraktionen mittels elektromagnetischer Sortierverfahren vorgenommen. Die Sortierung von Eisen- und Nichteisenmetall-Fraktionen ist grundsätzlich bekannt und erprobt. Jedoch hängt das *Ausbringen* der Sortieranlage von den aus der bergbaulichen Aufbereitungstechnik bekannten Faktoren Korngrößenverteilung, Metallgehalte, Aufschlussgrad und Wassergehalt ab. Neben den elektromagnetischen Verfahren sind auch andere Sortierverfahren bekannt, die mit wenigen Ausnahmen noch keinen Eingang in die Abfallwirtschaft gefunden haben. Die Metallsortierung der Baumischabfallaufbereitung wird mit rund 10 EUR/t kalkuliert.

Da die verschiedenen Teile der Deponie noch nicht nach aufbereitungstechnischen Kriterien beurteilt worden sind, kann noch keine abschließende Aussage über das sinnvollste Sortierverfahren für die Metallfraktionen gemacht werden.

In diesen Anlagen kann auch ein gewisser Anteil von Holz und großen Folien leicht aussortiert werden, die bisher nicht betrachtet worden sind.

Die Kosten für eine EBS-Aufbereitung schwanken außerordentlich und müssen in einem Pilotversuch ermittelt werden. Die technisch anspruchslosesten Aufbereitungsverfahren orientieren sich an einer Baumischabfallaufbereitung oder einer mechanischen Aufbereitung wie sie zum Teil auch für unbehandelten Siedlungsabfall im Einsatz ist. Die Kosten für anspruchsvolle mechanisch-physikalisch Ersatzbrennstoff-Anlagen, die eigens für die Zementindustrie produzieren oder für andere Abnehmer eine sehr bestimmte Ersatzbrennstoff-Qualität gewährleisten, sind deutlich höher.

Die Kosten können minimiert werden, wenn die heizwertreichen Fraktionen direkt nach der Abscheidung eines Überkorn, der Metalle und der Begrenzung der mineralischen Bestandteile als Ersatzbrennstoff verwertet werden. Sobald weitere Qualitätsanforderungen durch zusätzliche technische Verfahrensschritte erfüllt werden müssen, z.B. eine bestimmte Feuchte, die negative Selektion von bestimmten Bestandteilen oder eine bestimmte Kornform wie ein Pellet oder Brikett, erhöhen sich die Kosten ganz erheblich. Die Kosten schwanken daher von 30 EUR/t bis über 100 EUR/t.

Gänzlich ohne Aufbereitung kommt die direkte Verwertung der abgebauten heizwertreichen Fraktion in einer Abfallverbrennungsanlage oder einem Ersatzbrennstoff-Kraftwerk aus.

4.3.4. Sonstiges

Zusätzlich sind die standortspezifischen Begleitumstände zu berücksichtigen, die in die Kalkulation eingehen müssen. Darunter fallen notwendige zusätzliche Sanierungsmaßnahmen, die durch den Rückbau vermieden werden können, wie beispielsweise die Errichtung von Dichtwänden oder langfristige Grundwasserhaltungsmaßnahmen.

4.4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die von der BSR beauftragte Firma IGEA hat 2008 den break-even-point der Lagerstätte mit 155 EUR/t ermittelt. Das heißt, die durchschnittlichen Erlöse für

die rückbaubaren 433.000 Tonnen Rohstoffe müssen 155 EUR/t betragen, um die kalkulierten Kosten zu decken.

Da dieser Wert, insbesondere für die heizwertreichen Fraktionen, zurzeit nicht darstellbar ist, wurde auf eine Verfeinerung der Betrachtung verzichtet.

4.5. Sensitivitätsanalysen

Schwer zu beziffern ist dagegen das Risiko einer Veränderung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen während der Laufzeit einer derartigen Rückbaumaßnahme. Der Rückbau der BSR-Deponie Wernsdorf mit etwa 4,5 Millionen Kubikmeter Deponievolumen würde auch bei einer aus logistischen Gesichtspunkten anspruchsvollen Jahresleistung von 500.000 Kubikmeter rein rechnerisch neun bis achtzehn Jahre dauern. Bei einer realistischeren Jahresleistung von 250.000 Kubikmeter beträgt die Laufzeit für so ein Projekt inklusive Zeiten für Vor- und Nachbereitung rund zwanzig Jahre. Entsprechend größer, länger und anspruchsvoller sind solche Projekte bei viel größeren Deponien.

Marktschwankungen für Rohstoffe und Energie, die innerhalb dieses Zeitraumes auftreten, können zumindest periodenweise die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen. Sie können aber auch, wenn sie in einem Ausmaß auftreten, wie es derzeit geschieht, zum Erliegen der Absatzmärkte für einzelne Sekundärrohstoffe führen. Die dann auftretenden erheblichen Zusatzkosten für Zwischenlagerung oder Stillstandszeiten können die Wirtschaftlichkeit des gesamten Projektes in Frage stellen.

Durch Sensitivitätsanalysen wird im Bergbau, der über einschlägige Erfahrungen verfügt, die Machbarkeit des Projekts auch bei veränderten Randbedingungen nachgewiesen werden.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Dass die *Entsorgung* von Abfällen durch Abkippen in die Landschaft kein angemessenes Verfahren einer geordneten Kreislauf- und Abfallwirtschaft ist, stellt in Deutschland niemand mehr in Frage. Diese überholte Praxis hat jedoch eine erhebliche Anzahl von Ablagerungen produziert, die nach adäquaten Lösungen verlangen.

Leitidee des heutigen Ansatzes ist die hermetische Abriegelung des Abfallkörpers von der Umwelt zum Schutz des Ökosystems vor Schadstoffen. Um diesen Anspruch bundesweit und unabhängig von den Ermessensspielräumen einzelner Genehmigungsbehörden durchzusetzen, wurden *Regelsysteme* für Basis- und Oberflächenabdichtung kreiert und zum rechtlichen Standard erhoben. An diese Systeme wird der Anspruch erhoben, Umweltauswirkungen durch absolute Dichtheit für die Ewigkeit auszuschließen. Mit hohem Bau- und Materialaufwand werden natürliche und künstliche Bauelemente zu einem System kombiniert, deren Komponenten sich durch die unterschiedlichen Stärken und Schwächen auf Dauer fehlerausgleichend ergänzen sollen.

Besonders zum Regelsystem für die Oberflächenabdichtung, das beispielsweise durch Setzungen, Witterung, Bepflanzung und Befahrung vielfältigen Belastungen ausgesetzt ist, hat es zahlreiche Untersuchungen, Diskussionen und Kritik gegeben. Im Ergebnis der daraus entstandenen Erkenntnisse lässt der Entwurf des neuen Deponierechts den Betreibern und Behörden zwar mehr Freiheiten bei der Gestaltung des Systems; der Anspruch an die *ewige* Haltbarkeit ist jedoch unverändert erhalten geblieben.

Dabei zeigt die Erfahrung, dass von Menschenhand geschaffene Bauwerke immer nur eine sehr begrenzte Haltbarkeit haben. Aufgrabungen an Oberflächenabdichtungen, die nur wenige Jahre alt waren, haben gezeigt, dass auch Abdichtungsmaterialien die ihnen zugeordnete Funktion nicht unbedingt dauerhaft erfüllen. Schon daher muss die Frage erlaubt sein, ob sich der Ansatz der ewigen Haltbarkeit überhaupt aufrecht erhalten lässt.

Aber dieser Ansatz führt auch dazu, dass die Fehler der Vergangenheit kaschiert und für lange Zeit bewahrt werden und das mit Maßnahmen, die sich in der Zukunft vielleicht genauso als Fehler heraus stellen, wie die einstige Abfallablagung selbst, die in der heute kritisierten Form ja auch einmal der anerkannte Stand der Technik war.

Dabei ist zu erwarten, dass vielleicht schon die übernächste Generation sich nicht mehr *erinnern* kann, um was für einen Berg es sich zum Beispiel bei der Deponie Wernsdorf handelt. Denn die Halbwertszeit von Informationen wird immer kürzer. Während früher oft nach demselben Plan über Jahrzehnte an einem Bauwerk gearbeitet wurde, ist es heute gar nicht so einfach, durch Recherchen herauszufinden, wie ein innerstädtisches Grundstück nach dem Zweiten Weltkrieg genutzt wurde. Und wer kann heute noch einer 1,4 MB-Diskette von vor zehn Jahren ihre Informationen entlocken? Oder gar einer Floppy-Disk, wie sie vor fünfzehn bis zwanzig Jahren benutzt wurde?

Der Rückbau von Deponien trägt also dazu bei, die Probleme durch die Verursachergeneration zu lösen oder zumindest durch die ihr nachfolgende, die im Vergleich zu den späteren Generationen einfacher über die dazu notwendigen Informationen verfügen kann. Es ist ein grundsätzlich ethisches und moralisches Problem, ob die bisherige Vorgehensweise des Einbaus von Abfällen oder zukünftig Rohstoffen und Ressourcen in Bauwerken für die *Ewigkeit* wirklich eine nachhaltige und verantwortliche Handlungsweise gegenüber den folgenden Generationen darstellt.

Angesichts der knapper werdenden Rohstoffe und fossilen Energieträger steht der Ansatz der *ewigen* Abschottung der abgedichteten Müllkörper auch im Widerspruch zur Kreislaufwirtschaft.

Die Ergebnisse der Studie zur Deponie Wernsdorf lassen vermuten, dass die Wirtschaftlichkeit der Bergung von Sekundärrohstoffen und Ersatzbrennstoffen eine Frage der eher langfristigen Zeitbetrachtung ist. Unter diesem Gesichtspunkt wäre es möglicherweise auch vertretbar, Ersatzbrennstoffe aus dem Deponierückbau zu *subventionieren*.

Alle diese Denkansätze legen den Schluss nahe, dass das Konzept zur Abdichtung, von dem kaum zu verwirklichenden Anspruch einer endgültigen Sicherheitsverwahrung hin zu einer weniger aufwändigen Lösung, die von vornherein eine zeitlich begrenzte Zielsetzung hat, verändert werden sollte. Mit den Ansprüchen an eine nur zeitlich begrenzt haltbare Oberflächenabdichtung würden auch der finanzielle und der materielle Aufwand abnehmen. Dadurch wiederum würden die angesprochenen Hürden gegen den Deponierückbau niedriger. Dieser Ansatz käme auch innovativen Lösungen für die Oberflächenabdichtung zugute. Die Bereitschaft, neue Techniken oder Materialien zu genehmigen, steigt zwangsläufig, wenn die Dichtung nicht mehr *ewig* halten muss. So würde die Anwendung neuer Gedanken und Lösungsansätze in mehreren Hinsichten ermöglicht. Auch die Sicherheit der Deponien wäre sicherlich höher, wenn die Chance besteht, mit jeder neuen Abdichtung aktuelle Erkenntnisse zu berücksichtigen. Das gebietet schon die Erfahrung, dass selbst sehr sorgfältig und nach bestem Wissen entworfene technische Konzepte der Beurteilung durch die Nachwelt nur in den seltensten Fällen stand gehalten haben.

Wie passt es eigentlich zusammen, dass wir in der letzten Zeit durchschnittlich alle zwei Jahre ein neues Stück Deponierecht brauchen, um neue Erkenntnisse zu verarbeiten und uns dabei einbilden, dass eine nach heutigen Erkenntnissen gebaute Oberflächenabdichtung für die nächsten Jahrhunderte den Ansprüchen unserer Nachfahren genügen soll?

Wir sollten also die Ansprüche relativieren, im Moment weniger Geld ausgeben und uns damit inhaltlich und wirtschaftlich die Chance einräumen, die Arbeit von heute nach wenigen Jahrzehnten zu überprüfen.

Der Rückbau von Deponien bietet also nicht nur Energie- und Rohstoffressourcen. Er ist auch grundsätzlich der moralisch ethisch richtige Weg, um unserer Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen gerecht zu werden. Und er könnte sich schon eher wirtschaftlich lohnen, wenn wir diese Chance nicht unter den vielen mächtigen Schichten eines wahrscheinlich nicht haltbaren Ewigkeitsanspruches verbauen.

Die BSR wird das Thema weiter verfolgen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Finck, M.: Rückbau versus Sicherung, Entwicklung eines Entscheidungsmodells am Beispiel der Deponie Wernsdorf. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 1999
- [2] DWA/VKS Fachausschuss AK-6: Arbeitsbericht Umlagerung und Rückbau von deponierten Abfällen. DWA, 2002
- [3] Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland Pfalz: Anwenderhandbuch: Grabarbeiten an bestehenden Deponien und Altablagerungen. Trier, 1996
- [4] Rettenberger, G.; Göschl, R.: Demonstrationsprojekt Deponierückbau. Tagungsunterlagen der Umweltakademie, Seminar am 8.-9. November 1994, Ludwigsburg
- [5] Bilitewski, B.; Conrad, H.: Lohnt sich der Deponierückbau? Untersuchungen in den neuen Bundesländern, Abfallwirtschafts Journal, (1995) Nr. 1-2, S. 71-75