

Landkreis Gießen
Der Kreisausschuss
Dezernat III
Büroleitung
Frau Goldbach
Riversplatz 1-9

35394 Gießen

Prof. Dr. Stefan Gäth &
Dr. Jörg Nispel

Heinrich-Buff-Ring 26c
D-35392 Giessen

Tel. +49 (0)641/99-373 83
Fax +49 (0)641/99-373 89
Mobil +49 (0)172/671 54 89
stefan.a.gaeth@umwelt.uni-giessen.de

Oktober 2012

Kurzfassung des Abschlussberichts

Ressourcenpotenzial der Deponie Reiskirchen

-Eine theoretische Abschätzung-



Professur für Abfall-
und Ressourcenmanagement

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen	2
Tabellen	3
Hinweis zum vorliegenden Bericht.....	4
1 Einleitung.....	5
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	6
2 Stand der Forschung.....	7
3 Die Deponie Reiskirchen.....	8
4 Material und Methoden	9
4.1 Datenanalyse	10
4.1.1 Ablagerungsmenge.....	10
4.1.2 Abfallzusammensetzung	10
4.1.3 Deponieprozesse.....	10
4.1.4 Ökologische und ökonomische Betrachtung	10
5 Ergebnisse und Diskussion.....	11
5.1 Ablagerungsmenge	11
5.2 Spezifische Abfallzusammensetzung	12
5.3 Potenzialermittlung	12
5.3.1 Abgelagertes Stoffpotenzial	13
5.3.2 Theoretisches Rohstoffpotenzial.....	14
5.3.3 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	16
5.3.4 Theoretisches Energiepotenzial	17
5.4 Ökologische und ökonomische Betrachtung	18
5.4.1 CO ₂ -Einsparung.....	18
5.4.2 Metallvermarktung	19
5.4.3 Kosten des Rückbaus.....	21
5.4.4 Kosten der Nachsorge	21
6 Zusammenfassende Bewertung	23
6.1 Rückbau oder Nachsorge – Aktuell.....	23
6.2 Rückbau oder Nachsorge – zukünftig	24
6.3 Zusammenfassende Betrachtung	29
7 Fazit.....	31

Abbildungen

Abbildung 1:	Schritte und Zielgrößen des theoretischen Modellansatzes zur Ermittlung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen	9
Abbildung 2:	Schwankungsbereich der Ablagerungsmenge an Hausmüll unter Berücksichtigung der definierten Szenarien	11
Abbildung 3:	Auf der Deponie Reiskirchen abgelagertes Stoffpotenzial und dessen Variationsbreite ..	13
Abbildung 4:	Im Rahmen der Deponiegasproduktion modellierter Abbau der organischen Substanz Summenkurve	14
Abbildung 5:	Aktuelles Ressourcenpotenzial (Frischmassepotenzial) der Deponie Reiskirchen unter Berücksichtigung des modellierten Abbaus der organischen Substanz	15
Abbildung 6:	Aktuelles Ressourcenpotenzial (Trockenmassepotenzial) der Deponie Reiskirchen unter Berücksichtigung des modellierten Abbaus der organischen Substanz und stoffspezifischer Wassergehalte	16
Abbildung 7:	Gegenüberstellung der Modellierten mittleren Stoffpotenziale der Deponie Reiskirchen Absolutmengen	17
Abbildung 8:	Energetische Betrachtung der heizwertreichen Fraktion unter Beachtung unterschiedlicher Wirkungsgrade bei der Energieerzeugung.....	18
Abbildung 9:	Potenzielle CO ₂ -Einsparung durch die Gewinnung und den Einsatz der gewonnenen Sekundärrohstoffe (Variation der recycelbaren Stoffmengen bei mittlerer Einsparung) .	19
Abbildung 10:	Potenzielle Wertschöpfung der Metallvermarktung (gestrichelt jeweils das minimale und maximale Rohstoffpotenzial dargestellt).....	20
Abbildung 11:	Minimale, mittlere und maximale Rückbaukosten unter Berücksichtigung spezifischer Kenngrößen.....	21
Abbildung 12:	Modellierte Nachsorgekosten der Deponie Reiskirchen	22
Abbildung 13:	Entwicklung der Nachsorgekosten der Deponie Reiskirchen unter Berücksichtigung einer 50 Jahre andauernden Nachsorgephase und linearem Rückgang.....	22
Abbildung 14:	Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen in Abhängigkeit des Rückbauzeitpunkts.....	24
Abbildung 15:	Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen in Abhängigkeit des Rückbauzeitpunkts bei einer 10-prozentigen Kosteneinsparung der Deponiegutaufbereitung durch Effizienzsteigerung und technischen Fortschritt	26
Abbildung 16:	Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen in Abhängigkeit des Rückbauzeitpunkts bei einer 30-prozentigen Kosteneinsparung der Deponiegutaufbereitung durch Effizienzsteigerung und technischen Fortschritt	27
Abbildung 17:	Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen in Abhängigkeit des Rückbauzeitpunkts bei einer 30-prozentigen Kosteneinsparung der Deponiegutaufbereitung durch Effizienzsteigerung und technischen Fortschritt sowie den aufgezeigten Preisentwicklungen auf dem EBS-Rohstoffmarkt (Modell I).....	28
Abbildung 18:	Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen in Abhängigkeit des Rückbauzeitpunkts bei einer 30-prozentigen Kosteneinsparung der Deponiegutaufbereitung durch Effizienzsteigerung und technischen Fortschritt sowie den aufgezeigten Preisentwicklungen auf dem EBS-Rohstoffmarkt (Modell II).....	28

Abbildung 19: Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen (technische Weiterentwicklung und Energiepreisentwicklung) auf die Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen (Ausgangsszenario aller Betrachtungen ist jeweils Szenario MW).....29

Tabellen

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der Gesamtablagerungsmengen auf der Deponie Reiskirchen unter Berücksichtigung der Mengenvariation von Hausmüll.....11

Tabelle 2: Kennwerte der Wassergehalte der Stofffraktionen in Gew.-% der FM – Ergebnisse eigener Untersuchungen auf der Kreismülldeponie Hechingen.....14

Tabelle 3: Differenzierung der Metallfraktion.....20

Tabelle 4: Bilanzierung der aufgestellten Kosten und Erlöse des Rückbaus der Deponie Reiskirchen für das Jahr 2012.....24

Hinweis zum vorliegenden Bericht:

Dieser Bericht stellt eine kurze Fassung des ausführlichen Abschlussberichts

„Ressourcenpotenzial der Deponie Reiskirchen -Eine theoretische Abschätzung-,“

dar.

Aus diesem Grund werden ausschließlich wesentliche Fakten, Erkenntnisse und Ergebnisse kurz vorgestellt. Diese ermöglichen es dennoch, eine erste Vorstellung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen zu bekommen. Zudem wird aufgezeigt in welchem Zeitraum der Rückbau der Deponie Reiskirchen realistisch und wirtschaftlich erscheint.

Im Abschlussbericht selbst, der ca. 200 Seiten umfasst, werden die einzelnen Themen, zugrunde liegende Annahmen und gewonnene Ergebnisse ausführlich dargestellt.

1 Einleitung

Primäre Ressourcen wie Stahl und Energie werden in zunehmendem Maße knapper. Dazu trägt in erster Linie die steigende Nachfrage nach Rohstoffen bei. Dies führte bzw. führt letztlich dazu, dass auf den nationalen und internationalen Primär- sowie Sekundärrohstoffmärkten die Preise stark gestiegen sind und auch weiterhin steigen werden.

An dieser aktuellen Situation wird sich prinzipiell nichts ändern. Es ist eher zu erwarten, dass sich die Marktlage mit steigender Weltbevölkerung und entsprechendem Konsumwandel noch drastischer entwickelt.

In den nächsten Jahren bis Jahrzehnten kommt demnach auf die Weltbevölkerung eine große Aufgabe zu, die es zu lösen gilt. Alternative und nachhaltige Lösungen zu finden, wird damit immer dringender.

Auf Hausmülldeponien wie der Deponie Reiskirchen wurden bis zu ihrer Stilllegung Abfälle zur Beseitigung unvorbehandelt abgelagert, wie es Praxis seit mehreren Jahrzehnten war. Erst die Einführung der Getrenntsammlung und die Forderung nach der Verwertung von Abfällen im Zuge des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes hat ab Anfang der 90er Jahre zu einer Veränderung der Ablagerungspraxis geführt.

Zu den auf der Deponie Reiskirchen abgelagerten Abfällen gehören alle Stofffraktionen, wie sie auch heute in unseren Getrenntsammlensystemen anfallen, wobei sich die Zusammensetzung der unterschiedlichen Fraktionen wie PPK, Kunststoffe, Organik, Mineralstoffe, Elektronikschrott etc. im Laufe der Nutzung entsprechend dem gesellschaftlichen Konsum- und Produktionsverhalten geändert hat.

Dies bedeutet, dass Hausmülldeponien wie die Deponie Reiskirchen anthropogene Rohstofflager darstellen, deren Inhalt und Werthaftigkeit von der Nutzung und der Nutzungsdauer abhängig ist. Es wird erwartet, dass die Nutzung der in den Deponien enthaltenen Rohstoffe durch Rückbau mit steigender Rohstoffknappheit wirtschaftlich erforderlich ist. Der Rohstoffgehalt und damit der Rohstoffwert einer Deponie ist jedoch bislang unbekannt.

Im Vergleich zur Nutzbarmachung der Rohstoffe in Form des landfill minings wäre die Abdichtung und Nachsorge der Deponie Reiskirchen ins Auge zu fassen. Die gesetzlich geforderte Oberflächenabdeckung mit verschiedenen Oberflächenabdichtungssystemen, die eine nachhaltige Sicherung der Umwelt und des Deponiekörpers erreichen sollen, wobei die Dauerhaftigkeit der Abdichtungssysteme mehrere Jahrhunderte betragen soll, ist in diesem Fall in großen Teilen des Deponiekörpers noch nicht vorhanden, sodass neben jährlichen Überwachungs-, Pflege- und ggf. Sanierungskosten auch Investitionskosten für die endgültige Oberflächenabdichtung bei einem Abwägungsprozess ins Gewicht fallen.

Zu beachten ist hierbei, dass eine Entlassung von Deponien aus der Nachsorgephase keinen konkreten Anforderungen unterliegt bzw. im Ermessensraum der jeweils zuständigen Behörde liegt und derzeit keine fundierten Aussagen über einen realistischen Nachsorgezeitraum existieren.

Der Begriff des „landfill minings“ bzw. des „rohstofforientierten Deponierückbaus“ beschreibt vor diesem Hintergrund eine Möglichkeit, diesen Problemstellungen entgegenzuwirken und derzeit ungenutzte Rohstoffpotenziale zu mobilisieren sowie lokalen Rohstoff- und Energieengpässen entgegenzuwirken.

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Ziele dieser Arbeit sind wie folgt zu benennen:

- Ermittlung der abfallspezifischen Ablagerungsmengen auf der Deponie Reiskirchen
- Ableitung des theoretischen Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen
- Aufstellung der verfügbaren Techniken, die für eine geeignete Aufbereitung deponierter Rohstoffe dienen könnten
- Bewertung der energetischen Effizienz, der Kostenstrukturen und des CO₂ Einsparpotenzials des Rückbaus der Deponie Reiskirchen
- Abschätzung der Folgekosten der Deponieabdichtung und Nachsorge der Deponie Reiskirchen
- Gegenüberstellung der Kosten und des Nutzens des Rückbaus der Deponie Reiskirchen unter definierten Randbedingungen.

Insgesamt wird durch die formulierten Aufgabestellungen das Ziel der theoretischen Bewertung des Rückbaus der Deponie Reiskirchen erreicht. Ebenfalls können Empfehlungen für das weitere Vorgehen und mögliche Folgeuntersuchungen gegeben werden.

Abschließend ist es möglich, die Frage zu beantworten, unter welchen Randbedingungen die umweltverträgliche Aufbereitung und Nutzung deponierter Ressourcen wirtschaftlicher sowie nutzeneffizienter sein könnte, als die alternativ notwendige Deponienachsorge.

2 Stand der Forschung

Der Prozess des landfill minings kam bereits vor mehr als 50 Jahren erstmals zum Einsatz. Das 1953 realisierte Projekt des Rückbaus einer Deponie der Stadt Tel Aviv (Israel) belegt zudem die Wirtschaftlichkeit solcher Vorhaben.

Unter Deponierückbau bzw. landfill mining wird dabei die vollständige oder teilweise Herausnahme von eingelagerten Abfällen aus einer Deponie verstanden. Dabei kann eine nachgeschaltete Behandlung des Deponiegutes stattfinden. Es werden die Ziele

- der Volumenreduzierung,
- der Reduzierung des Flächenbedarfs,
- der Inaktivierung des reaktiven Abfallkörpers,
- der Rückgewinnung von Materialien,
- die Verlängerung der Nutzungsdauer sowie
- die Sanierung von Altlasten

verfolgt. Der Erfolg des landfill minings ist in diesem Zusammenhang im Wesentlichen von folgenden Einflussgrößen abhängig:

- Zusammensetzung des abgelagerten Abfalls
- Einbaubedingungen und historische Betriebsführung
- Zersetzungsgrad des Abfalls
- vorhandener Markt für die gewonnenen Produkte.

Allein in Deutschland besteht aus aktueller Sicht aufgrund der historischen Entwicklungen in der Abfallwirtschaft ein enormes Angebot an potenziellen Rückbauobjekten.

Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen des Abschlussberichts folgende Thematiken ausführlich dargestellt:

- Rechtliche und technische Belange des Deponierückbaus
- Kosten des Rückbaus einer Deponie
- Darstellung wesentlicher Projektergebnisse stattgefundener Untersuchungen zum Deponierückbau
- Deponieprozesse bzw. der des Gas- und Wasserhaushalt von Deponien
- Nachsorge und Stilllegung von Deponien
- Preisentwicklung ausgewählter Rohstoffe/Metalle

3 Die Deponie Reiskirchen

Die ehemalige Deponie Reiskirchen des Landkreises Gießen wurde am 13.02.1973 in Betrieb genommen und bis zur Mitte des Jahres 2001 mit unvorbehandelten Abfällen verfüllt. Die Gesamtfläche des Betriebsgeländes beträgt ca. 12 ha, wobei sich die eigentliche Ablagerungs- bzw. Deponiefläche auf ca. 10 ha ausdehnt. Dort lagert nach Angaben des Landkreises Gießen - Fachdienst Abfallwirtschaft (2008) ein Gesamtabfallvolumen von etwa 2,3 Mio. m³. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um die Abfallarten

- Hausmüll,
- Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle,
- Sperrmüll,
- Schlämme,
- Baustellenabfälle,
- Bauschutt und
- Erdaushub.

Aufgrund ihres Alters und dem damit verbundenen Stand der Technik, verfügt die Deponie Reiskirchen nur in Teilbereichen über eine technisch errichtete, rein mineralische, Basisabdichtung, die aus zwei Lagen zu je 0,3 m besteht. Hierbei handelt es sich um die nord-östlichen sowie süd-westlichen Erweiterungsbereiche des Deponiekörpers.

Der Altteil der Deponie Reiskirchen entlang der Autobahn (A5) wurde bereits 1988 bis 1990 mit einer zweilagigen mineralischen Oberflächenabdichtung versehen. Die Fläche dieser errichteten Oberflächenabdichtung beträgt ca. 29.500 m². Die verbleibende Restfläche zur Oberflächenabdichtung wird dabei auf etwa 64.500 m² geschätzt.

4 Material und Methoden

Gegenstand der Ermittlung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen stellen ausschließlich bereits vorhandene sowie statistisch abgeleitete Daten zur Abfallablagerung, Entwicklung der Abfallzusammensetzung und stattgefundenen Deponieprozesse dar (vergl. Abbildung 1).

Dies bedeutet, dass keine Untersuchungen des aktuell vorhandenen Deponiekörpers stattgefunden haben. Demnach handelt es sich bei dieser Potenzialabschätzung um einen rein theoretischen Ansatz, der als Grundlage für mögliche Handlungsoptionen dient.

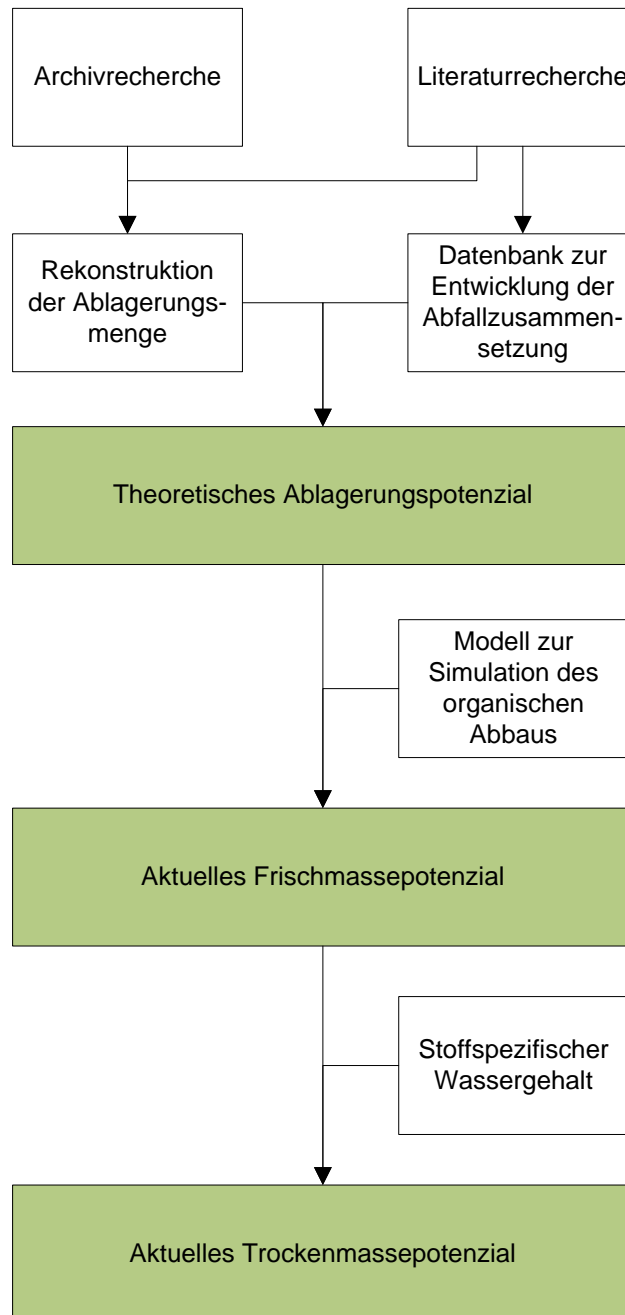


ABBILDUNG 1: SCHRITTE UND ZIELGRÖßEN DES THEORETISCHEN MODELLANSATZES ZUR ERMITTLUNG DES RESSOURCENPOTENZIALS DER DEPONIE REISKIRCHEN

4.1 Datenanalyse

Im Rahmen der Datenerfassung wurde neben der Auswertung des Archivs zur Historie der Deponie Reiskirchen ebenfalls eine weitreichende Recherche in Hinblick auf statistische Kenngrößen der abfallwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland gelegt.

Hierunter fällt ebenfalls die Prognostizierung stattgefundenener Deponieprozesse, die den heutigen Wert eines Deponiekörpers wesentlich prägen.

4.1.1 Ablagerungsmenge

Neben vorhandenen Daten wurden im Rahmen der Ermittlung der Ablagerungsmenge unterschiedliche Szenarien definiert bzw. abgeleitet.

Diese beruhen einerseits auf vorhandenen Basisdaten (Archivrecherche) und andererseits auf ermittelten spezifischen Kenngrößen der Literatur (Literaturrecherche). Insgesamt wird hierdurch eine realistische Darstellung der Ablagerungsmenge erreicht.

4.1.2 Abfallzusammensetzung

Die Entwicklung der Abfallzusammensetzung spielt eine wesentliche Rolle für die Bewertung einer Deponie als anthropogene Lagerstätte. In diesem Kontext wurde von der Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine weitreichende Datenbank zu dieser Fragestellung aufgebaut.

Aktuell basieren die theoretischen Annahmen zur Entwicklung der Hausmüllzusammensetzung auf ca. 150 unterschiedlichen Sortieranalysen, die sich über das gesamte Bundesgebiet (westdeutsch) sowie einen Zeitraum von 50 Jahren erstrecken.

Aufgrund des historischen Hintergrunds ist die Datenlage im Bereich des Gewerbeabfalls, Sperrmülls etc. entsprechend geringer, sodass hier meist nur allgemein gültige Aussagen getroffen werden können.

4.1.3 Deponieprozesse

Aufbauend auf vorhandenen Modellen zur Deponiegasproduktion wurde der Abbau der organischen Substanz in zwei Ansätzen bzw. mit zwei unterschiedlichen Parametersätzen simuliert.

Im Bereich der stoffspezifischen Wassergehalte wurde auf reale Untersuchungsergebnisse der Kreismülldeponie Hechingen zurückgegriffen.

4.1.4 Ökologische und ökonomische Betrachtung

Die ökologische Betrachtung fokussiert einerseits die CO₂-Einsparung durch das Recycling entsprechender Stofffraktionen und andererseits die potenzielle Energieausbeute der heizwertreichen Fraktion. Zur Kalkulation dienen jeweils spezifische Literaturkenngrößen.

Gleiches gilt für die Aufstellung der Kosten des Deponierückbaus und der Deponienachsorge.

Im Bereich der Metallvermarktung basieren die hier gemachten Zukunftsprognosen der Preisentwicklung von Stahl-, Kupfer- und Aluminiumschrott auf linearen Zeitreihenanalysen. Parallel wird momentan im Rahmen einer weiteren Dissertation an komplexeren Marktmodellen (System Dynamics) gearbeitet.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Ablagerungsmenge

Die Deponie Reiskirchen wurde von 1973 bis 2001 vom Landkreis Gießen betrieben. Die Rekonstruktion der abgelagerten Abfallmengen gestaltet sich schwierig, da aus den Jahren 1973 bis 1986 keine Aufzeichnungen vorliegen. Neben den vorhandenen Basisdaten (1986 - 2001) wurden daher unterschiedliche Ablagerungsszenarien simuliert. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse zur vermuteten Gesamtablagerungsmenge an Hausmüll wird aus Abbildung 2 ersichtlich. Demnach sind ca. 1,3 bis 2,0 Mio. Mg FM Hausmüll auf die Deponie Reiskirchen verbracht worden.

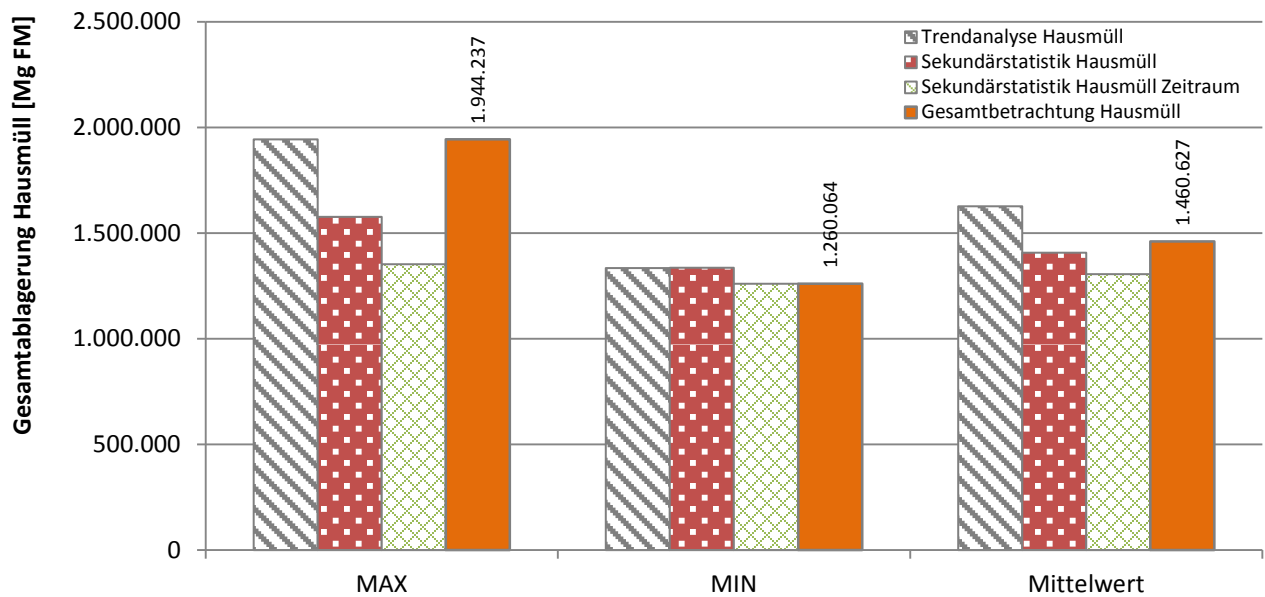


ABBILDUNG 2: SCHWANKUNGSBEREICH DER ABLAGERUNGSMENGE AN HAUSMÜLL UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER DEFINIERTEN SZENARIEN

Aufgrund der geringen Datenlage im Bereich der Gewerbeabfälle, des Sperrmülls, von Schlämmen sowie von Erdaushub und Bauschutt werden für diese Abfälle konstante Ablagerungsmassen angenommen.

Tabelle 1 verdeutlicht abschließend die Gesamtablagerungsmengen auf der Deponie Reiskirchen unter Berücksichtigung der Mengenvariation von Hausmüll.

TABELLE 1: ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER GESAMTABLAGERUNGSMENGEN AUF DER DEPONIE REISKIRCHEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER MENGENVARIATION VON HAUSMÜLL

Szenario	Hausmüll [Mg FM]	Gewerbeabfälle [Mg FM]	Sperrmüll [Mg FM]	Schlämme [Mg FM]	Erdaushub Bauschutt [Mg FM]	Gesamt [Mg FM]
MIN	1.260.064	892.818	51.829	370.140	495.626	3.070.478
Mittelwert	1.460.627	892.818	51.829	370.140	495.626	3.271.040
MAX	1.944.237	892.818	51.829	370.140	495.626	3.754.650

FORTSETZUNG TABELLE 1

Szenario	[Gew.-%]	[Gew.-%]	[Gew.-%]	[Gew.-%]	[Gew.-%]
MIN	41%	29%	2%	12%	16%
Mittelwert	45%	27%	2%	11%	15%
MAX	52%	24%	1%	10%	13%
Basisdaten (1986-2001)	41%	26%	2%	11%	20%

5.2 Spezifische Abfallzusammensetzung

Zu den auf Hausmülldeponien abgelagerten Abfällen gehören alle Stofffraktionen, wie sie auch heute in Getrenntsammlsystemen anfallen. Hierbei ist zu beachten, dass sich die unterschiedlichen Fraktionsanteile von Metallen, Kunststoffen, Organik, Elektronikschrott etc. im Laufe der Nutzung und in Abhängigkeit des gesellschaftlichen Konsums- und Produktionsverhaltens sowie in Abhängigkeit der Abfallart geändert haben.

Zur Erschließung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen wurden in einem ersten Schritt etwa 160 bundesdeutsche Sortieranalysen zu Hausmüll, Sperrmüll, Gewerbeabfällen und Industrieabfällen ausgewertet, vereinheitlicht und in einer Datenbank zusammengefasst. Der dabei erfasste Zeitraum erstreckt sich von 1950 bis 2005, wobei mit zunehmendem Alter der Sortieranalysen die Anzahl sowie der Detailgrad der vorhandenen Analysen abnehmen.

Die bisher aus dieser Datengrundlage gewonnenen Ergebnisse ermöglichen auf Ebene der Abfallart Hausmüll die Ableitung spezifischer Funktionen und Unsicherheiten, die die zeitlichen Veränderungen der Anteile einzelner Abfallfraktionen in Abfällen widerspiegeln.

Im Bereich der Gewerbeabfälle ist aufgrund fehlender Literaturwerte eine zeitspezifische Charakterisierung der Abfallzusammensetzung nicht möglich. In diesem Fall können jedoch über die Definition der Branchenstruktur des Einzugsgebiets der Deponie Reiskirchen Differenzierungen der spezifischen Abfallzusammensetzung vorgenommen werden.

Für die Abfallarten Sperrmüll und Bauschutt bzw. Baustellenabfall ist aufgrund der sehr begrenzten Literaturwerte aufgrund fehlender Untersuchungen lediglich die Angabe von Mittelwerten mit entsprechenden Schwankungsbereichen möglich.

5.3 Potenzialermittlung

Die aufgestellten Szenarien zur Zusammensetzung von Hausmüll und die definierten Zusammensetzungen von Gewerbeabfall, Sperrmüll sowie Bauschutt ermöglichen in Verbindung mit der spezifischen Abfallablagerungsmenge die Herleitung des theoretischen Ressourcenpotenzials.

In diesem Kontext wird durch die Variationsbreite der Ablagerungsmenge und der Hausmüllzusammensetzung das potenzielle Ressourcenpotenzial der Deponie Reiskirchen beschrieben. Als realistischste Abschätzung kann aus aktueller Sicht die mittlere Potenzialvariante angesehen werden.

5.3.1 Abgelagertes Stoffpotenzial

Das abgelagerte Stoffpotenzial beschreibt die tatsächlich auf die Deponie Reiskirchen verbrachten Stoffmengen der einzelnen Fraktionen. Es stellt somit das maximale Stoffpotenzial der Deponie Reiskirchen dar.

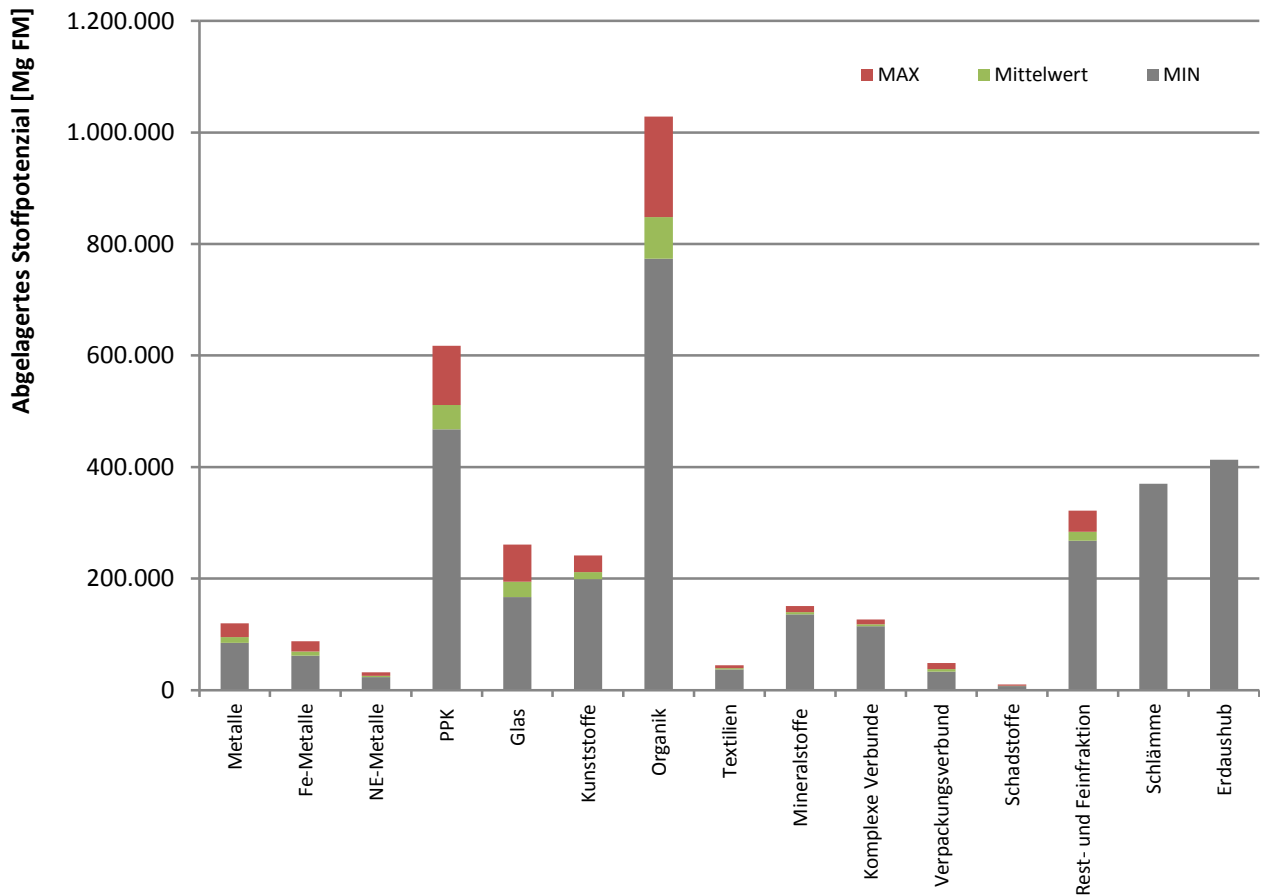


ABBILDUNG 3: AUF DER DEPONIE REISKIRCHEN ABGELAGERTES STOFFPOTENZIAL UND DESSEN VARIATIONSBREITE

Es wird deutlich, dass die Stofffraktion Organik (inkl. Holz) mit 0,8 bis 1,0 Mio. Mg FM die Hauptablagerungsmasse darstellt. Dies entspricht einem Anteil von 25 bis 27 Gew.-% FM an der Gesamtablagerungsmenge, die sich auf 3,1 bis 3,8 Mio. Mg FM beläuft.

Das nächst größere Ablagerungspotenzial besitzt die PPK-Fraktion, die mit Mengen von 0,5 bis 0,6 Mio. Mg bzw. 15 bis 17 Gew.-% FM der Gesamtablagerungsmenge auf die Deponie Reiskirchen verbracht wurde.

Erdaushub und Schlämme sowie die Rest-/Feinfraktion bewegen sich nach dieser Schätzung auf einem Niveau von 0,3 bis 0,4 Mio. Mg FM und machen gemeinsam ca. 28 bis 33 Gew.-% FM der Gesamtablagerung aus. Bereits an dieser Stelle ist dabei festzuhalten, dass aufgrund des Einbauverfahrens die Hauptmassen der Fraktion Erdaushub in den Randbereichen des Deponiekörpers zu vermuten sind, die hier zur Errichtung von „Schüttdämmen“ zum Einsatz kamen.

Die wirtschaftlich interessante Fraktion der Fe- und NE-Metalle macht in Summe ca. 3 Gew.-% oder 0,1 Mio. Mg FM aus. Kunststoffe und Glas treten im Mittel mit etwa 0,2 Mio. Mg FM zu gleichen Anteilen auf. In Hinblick auf die Schadstoffbelastung sind lediglich 0,3 Gew.-% der FM als Problemstoffe anzusehen.

5.3.2 Theoretisches Rohstoffpotenzial

Das theoretische Ressourcenpotenzial der Deponie Reiskirchen ergibt sich aus der Verschneidung des hergeleiteten abgelagerten Stoffpotenzials mit den gewonnenen Erkenntnissen zum Abbau der organischen Substanz (Abbildung 4) und den definierten stoffspezifischen Wassergehalten (Tabelle 2).

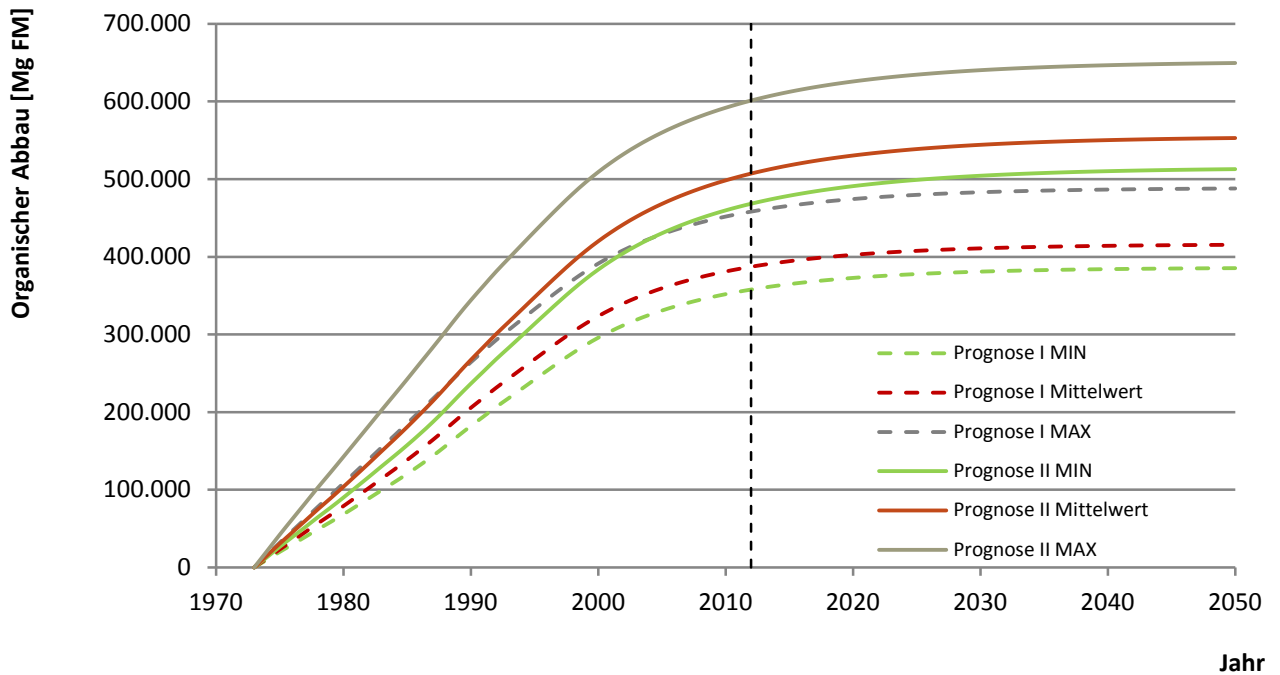


ABBILDUNG 4: IM RAHMEN DER DEPONIEGASPRODUKTION MODELLIERTER ABBAU DER ORGANISCHEN SUBSTANZ | SUMMENKURVE

TABELLE 2: KENNWERTE DER WASSERGEHALTE DER STOFFFRAKTIONEN IN GEW.-% DER FM – ERGEBNISSE EIGENER UNTERSUCHUNGEN AUF DER KREISMÜLLDEPONE HECHINGEN

Stofffraktion	Mittelwert [Gew.-% der FM]	Wassergehalt	
		MIN [Gew.-% der FM]	MAX [Gew.-% der FM]
Fe-Metalle	1,40%	0,90%	2,20%
NE-Metalle	2,00%	0,30%	2,90%
PPK	58,10%	53,00%	62,40%
Glas	1,80%	1,40%	2,60%
Kunststoffe	10,60%	7,10%	14,10%
Organik	56,20%	52,10%	59,00%
Textilien	52,40%	46,90%	57,40%
Mineralstoffe	11,00%	7,50%	13,20%
Komplexe Verbunde	40,60%	36,90%	44,50%
Verpackungsverbund	40,60%	36,90%	44,50%
Schadstoffe	18,00%	8,40%	24,80%
Rest- und Feinfraktion	42,80%	28,25%	55,10%
Schlämme	85,00%	75,00%	95,00%
Erdaushub	11,00%	7,50%	13,20%

Unter Berücksichtigung des beschriebenen Abbaus der organischen Substanz ergibt sich das in Abbildung 5 aufgezeigte aktuelle Ressourcenpotenzial/Frischmassepotenzial der Deponie Reiskirchen. Demnach lagern dort aus heutiger Sicht ca. 2,5 bis 3,4 Mio. Mg FM Abfall, die im Rahmen eines möglichen Rückbauvorhabens abgetragen und aufbereitet werden müssten.

Hierbei ist zu beachten, dass die Gesamtmasse der abgebauten organischen Substanz ausschließlich den Stofffraktionen PPK, Organik und Schlämmen angerechnet wurde. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass keine Massenreduktion der übrigen Stofffraktionen stattfindet und somit ihr prozentualer Anteil an der Gesamtmasse ansteigt.

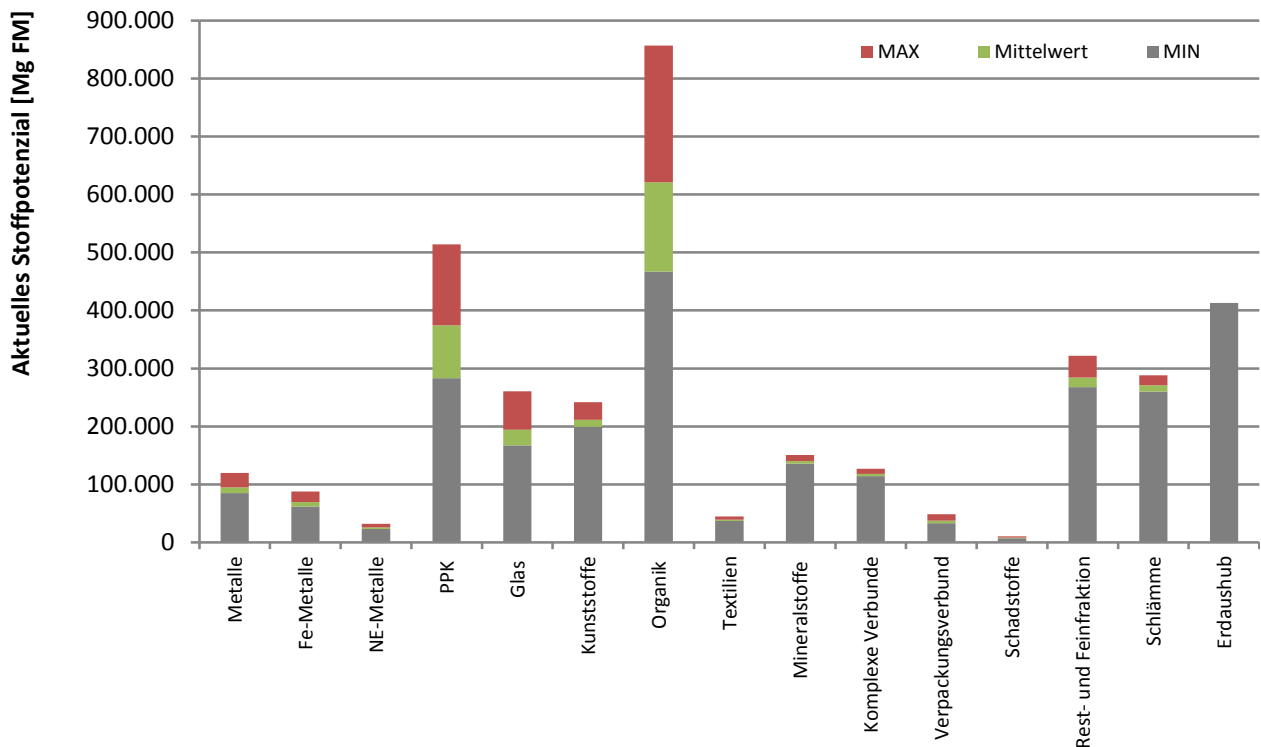


ABBILDUNG 5: AKTUELLES RESSOURCENPOTENZIAL (FRISCHMASSEPOTENZIAL) DER DEPONIE REISKIRCHEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES MODELLIERTEN ABBAUS DER ORGANISCHEN SUBSTANZ

Wie ersichtlich wird, bildet die Fraktion Organik, trotz des angesetzten organischen Abbaus, weiterhin die dominierende Stofffraktion. Bei einem Rückbau zum aktuellen Zeitpunkt ist entsprechend mit einem Anteil dieser Fraktion von 19 bis 25 Gew.-% FM zu rechnen, was ca. 0,47 bis 0,86 Mio. Mg FM entspricht.

Der Abbau der PPK Fraktion ist mit 0,10 bis 0,18 Mio. Mg FM zu beziffern, wodurch sich ihr Anteil an der Gesamtrückbaumasse auf ca. 12 bis 15 Gew.-% FM verringert.

Da das Aufkommen von abgelagerten Schlämmen im Vergleich zur Deponierung der Fraktionen Organik und PPK gering ausfällt, ist im Rahmen dieser Modellbetrachtung mit einer verhältnismäßig geringen Reduktion durch organische Abbauprozesse zu rechnen. Das aktuelle Potenzial dieser Fraktion liegt somit bei 0,26 bis 0,28 Mio. Mg FM. Abschließend sei erwähnt, dass sich der Anteil der Metalle durch Berücksichtigung des Abbaus der organischen Bestandteile auf ca. 3,5 Gew.-% FM steigert.

Auch die übrigen Stofffraktionen verzeichnen einen ähnlich hohen Anstieg ihres prozentualen Anteils an der Gesamtmasse.

Neben dem Abbau der organischen Substanz ist der stoffspezifische Wassergehalt eine entscheidende Größe zur Beurteilung des Rohstoffpotenzials einer Deponie und die Vermarktung einzelner Stofffraktionen wie bspw. Metalle. Hierbei ist zu beachten, dass Materialien mit vergleichsweise geringem Wasseraufnahmevermögen wie bspw. Metalle und Glas eine geringe Mengenreduzierung aufzeigen. Entsprechend steigen ihre prozentualen Anteile bei Betrachtung der Gesamtzusammensetzung an. Im Umkehrschluss reduzieren sich vor allem die Mengen und Anteile gut wasserspeichernder Stoffe.

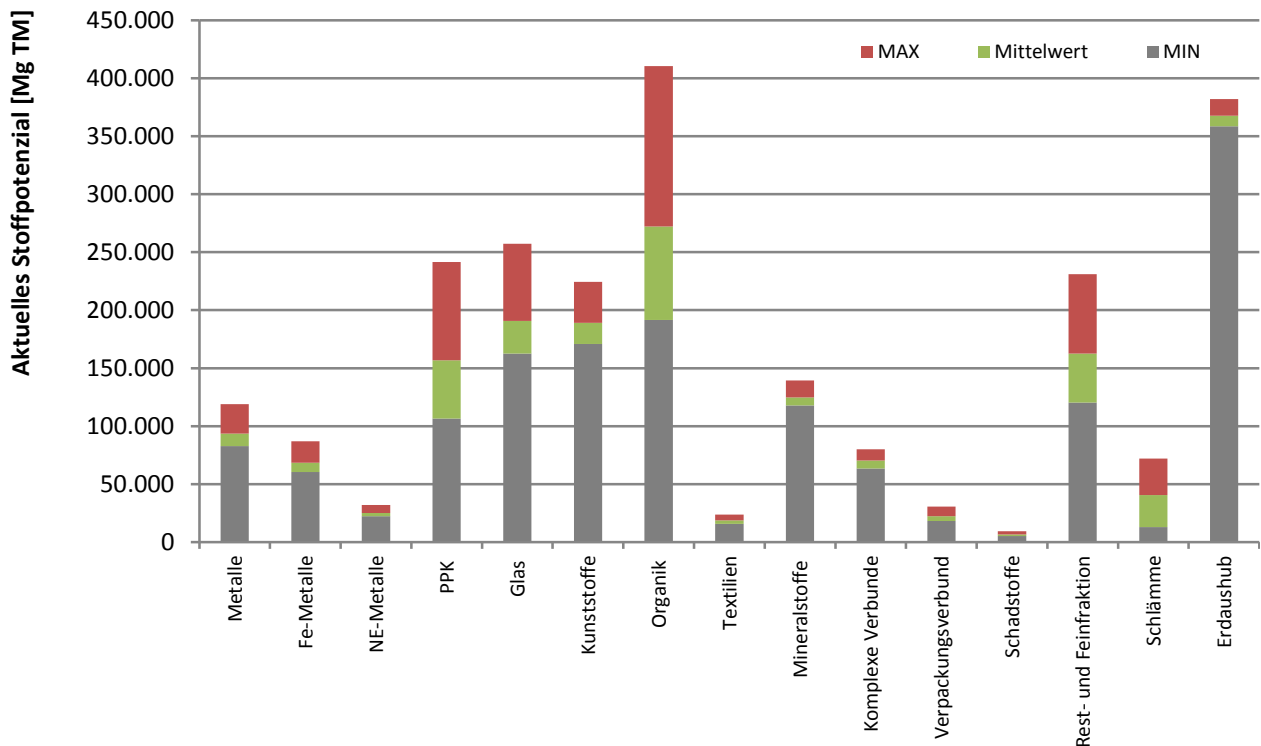


ABBILDUNG 6: AKTUELLES RESSOURCENPOTENZIAL (TROCKENMASSEPOTENZIAL) DER DEPONIE REISKIRCHEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES MODELLIERTEN ABBAUS DER ORGANISCHEN SUBSTANZ UND STOFFSPEZIFISCHER WASSERGEHALTE

Dominierende Stofffraktion ist in diesem Fall Erdaushub, der im Mittel zu ca. 370.000 Mg TM anfallen dürfte und somit einen Anteil an der Gesamttrockenmasse von 21 Gew.-% TM ausmacht. Trotz des modellierten Abbaus der organischen Substanz sind Restmengen von ca. 270.000 Mg TM zu vermuten. Glas, Kunststoffe und PPK bilden mit etwa 11 und 9 Gew.-% TM die nächst größeren Anteile. Absolut entspricht dies 190.000 und 160.000 Mg TM. Im Bereich von 70.000 bis 120.000 Mg TM bzw. 4 bis 7 Gew.-% TM liegen die Fraktionen Mineralstoffe, Metalle und Komplexe Verbunde. Abschließend sind in Größenordnungen von unter 50.000 Mg TM neben Schlamm, Textilien, Verbundverpackungen auch die Schadstoffe angesiedelt. Diese besitzen im Mittel ein Massenaufkommen von ca. 7.000 Mg TM (vergl. Abbildung 6).

5.3.3 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Die Berücksichtigung des Abbaus der organischen Substanz und der Abzug stoffspezifischer Wassergehalte führen automatisch zu einer Verringerung der ursprünglichen Ablagerungsmasse sowie zu einer Verschiebung der potenziellen Stoffzusammensetzung des vorhandenen Deponieguts der Deponie Reiskirchen.

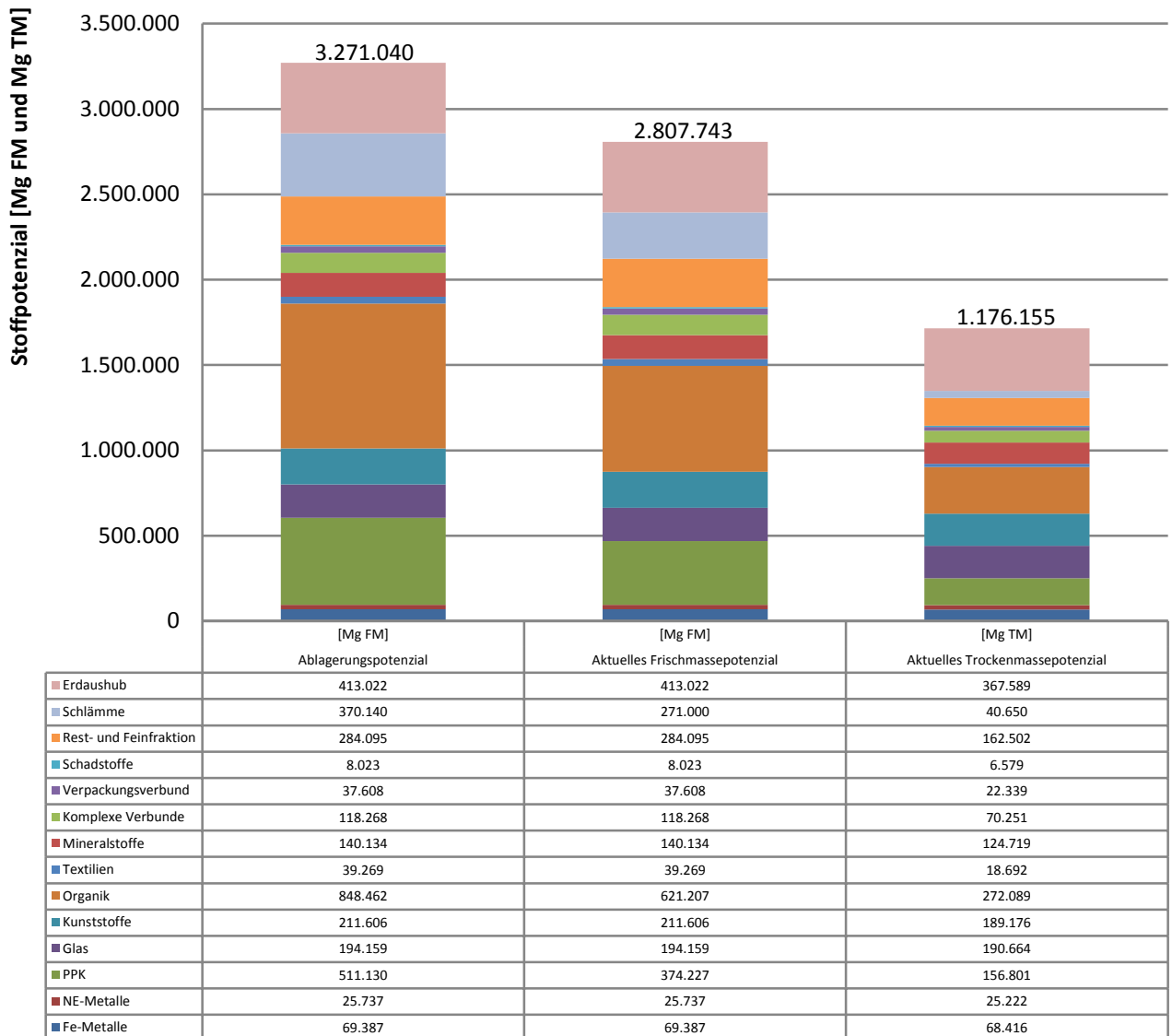


ABBILDUNG 7: GEGENÜBERSTELLUNG DER MODELLIERTEN MITTLEREN STOFFPOTENZIALE DER DEPONIE REISKIRCHEN | ABSOLUTMENGEN

Vor diesem Hintergrund stellt Abbildung 7 die daraus resultierenden Verschiebungen zusammenfassend und vergleichend dar. Hierbei ist zu beachten, dass sich das Ablagerungs- und Frischmassepotenzial auf die Frischmasse beziehen, hingegen beim Trockenmassepotenzial von der entsprechenden Trockenmasse des Deponiekörpers auszugehen ist.

5.3.4 Theoretisches Energiepotenzial

Das theoretische Energiepotenzial der Deponie Reiskirchen kann näherungsweise über die mittleren Heizwerte einzelner Stofffraktionen und das vermutete Trockenmassepotenzial dieser bestimmt werden.

Der Heizwert alleine reicht jedoch nicht aus, um das energetische Potenzial rückgebauter Abfälle zu bewerten. Ursache hierfür ist, dass unterschiedliche heizwertreiche Fraktionen in verschiedenen Kraftwerken mit differenzierten Wirkungsgraden verwendet werden. Diese reichen je nach technischer Ausstattung von 30 bis 90 % und schwanken somit stark. Unter Berücksichtigung dieser Kenngrößen

ergeben sich für die energetische Bewertung der Deponie Reiskirchen die in Abbildung 8 aufgezeigten Werte. Demnach können maximal 21,4 bis 1,4 Mio. GJ des Gesamtenergiegehalts energetisch umgesetzt werden.

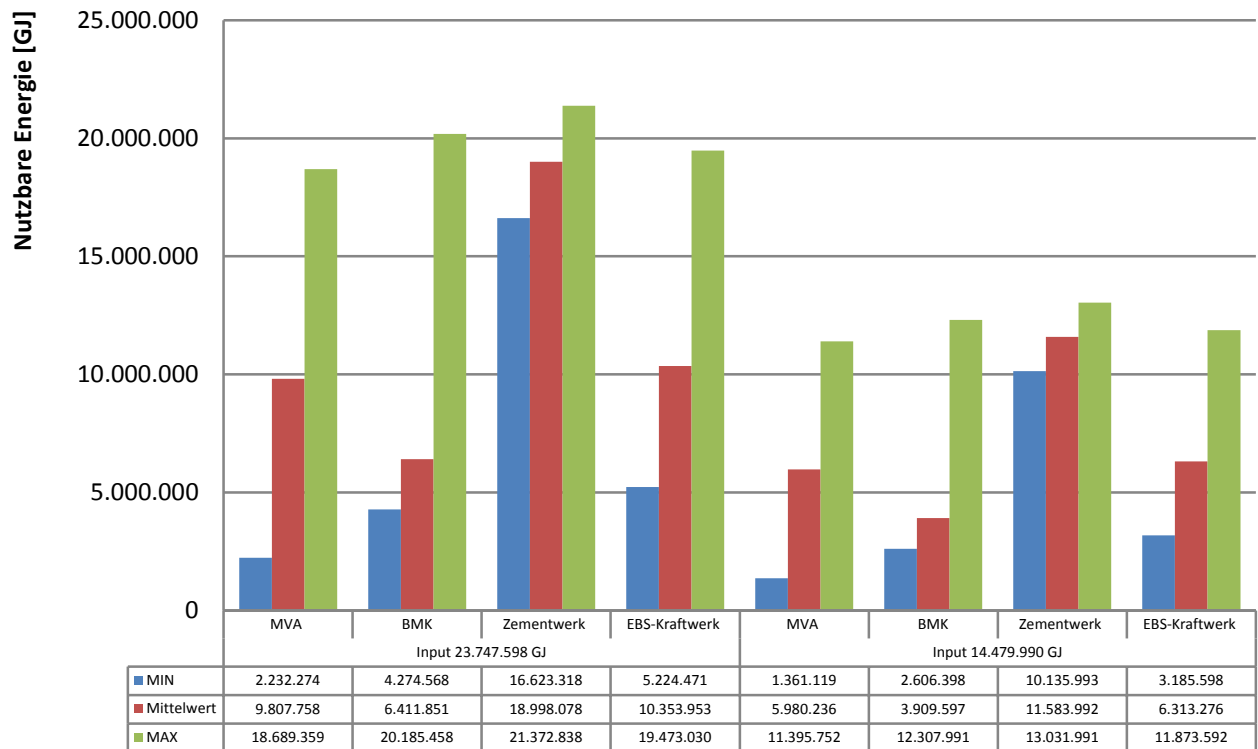


ABBILDUNG 8: ENERGETISCHE BETRACHTUNG DER HEIZWERTREICHEN FRAKTION UNTER BEACHTUNG UNTERSCHIEDLICHER WIRKUNGSRADE BEI DER ENERGIEERZEUGUNG

In diesem Zusammenhang stellt sich ebenfalls die Frage, welcher kumulierte Energieaufwand (KEA) zur Aufbereitung einer heizwertreichen Fraktion aus Deponiegut notwendig ist. In der Literatur werden hierzu Werte von 0,1 bis 0,2 GJ*Mg⁻¹ behandeltes Deponiegut genannt, wobei keine genauen Angaben zur eingesetzten Technik und Sekundärrohstoffqualität vorgenommen werden.

Eine in Verbindung mit dem Recyclingunternehmen Korn erstellte Bilanzierung kommt zum Ergebnis, dass zur Aufbereitung von einer Tonne Deponiegut ca. 0,14 GJ Energie benötigt werden.

Demnach werden für die eigentliche Herstellung einer heizwertreichen Fraktion weitere 96.000 bis 173.000 GJ Energie benötigt, die im Rahmen der Bilanzierung zu berücksichtigen sind.

5.4 Ökologische und ökonomische Betrachtung

5.4.1 CO₂-Einsparung

Durch den Einsatz sekundärer Rohstoffe können die Emissionen an klimaschädlichem CO₂ maßgeblich gesenkt werden. Unter Berücksichtigung der modellierten stoffspezifischen Rohstoffpotenziale ergeben sich die in Abbildung 9 aufgezeigten mittleren CO₂-Einsparpotenziale der Deponie Reiskirchen.

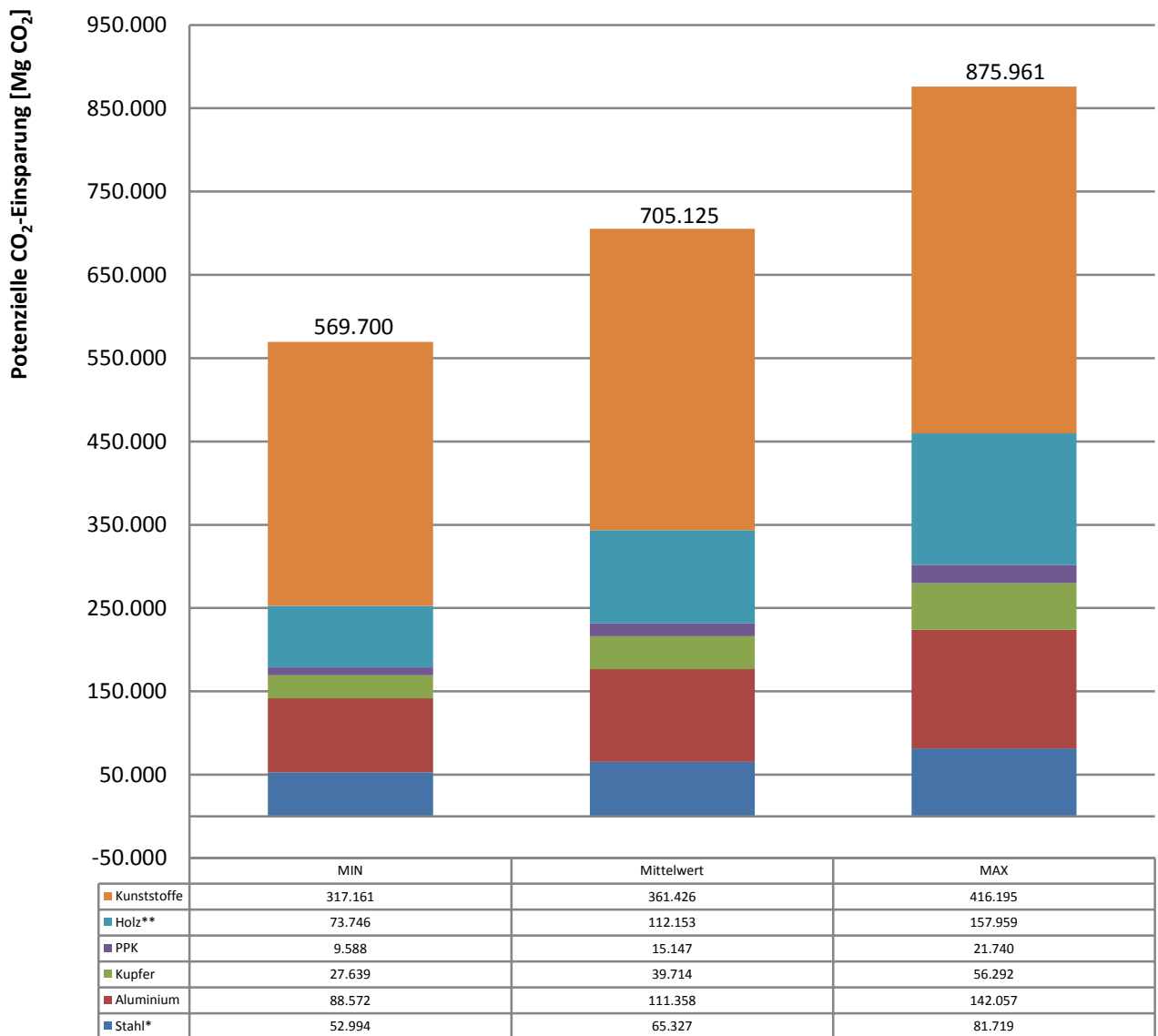


ABBILDUNG 9: POTENZIELLE CO₂-EINSPARUNG DURCH DIE GEWINNUNG UND DEN EINSATZ DER GEWONNENEN SEKUNDÄRRÖHSTOFFE (VARIATION DER RECYCELBAREN STOFFMENGEN BEI MITTLERER EINSPARUNG)

Hierbei wird deutlich, dass vor allem die Fraktion der Kunststoffe einen wesentlichen Beitrag zum aktiven Klimaschutz leistet. Daneben treten das Recycling von Aluminium, Stahlschrott und Holz in den Vordergrund dieser Betrachtung. Insgesamt können demnach durch den Rückbau der Deponie Reiskirchen und entsprechende Verwertung der gewonnenen Sekundärrohstoffe ca. 550.000 – 910.000 Mg CO₂ eingespart werden. Dies entspricht, bei einem CO₂-Zertifikatspreis von 12 €*Mg⁻¹, einem theoretischen monetärem Wert von 6,6 – 14,6 Mio. €.

5.4.2 Metallvermarktung

Derzeit stellen die Fe- und NE-Metalle erlösbringende Wertstofffraktionen dar, deren zukünftige Preisentwicklung abgeleitet wurde. Unter Einbindung der beim Rückbau der Deponie Reiskirchen zu erwartenden Metallmenge ergeben sich unter aktuellen Marktbedingungen Erlöse in Höhe von 67 – 120 Mio. €. Die Einschätzung der Anteile (Annahme I und Annahme II) an Aluminium, Kupfer und sonstigen Metallen an den NE-Metallen beruht auf Erkenntnissen, die während eigener Sortierungen

(Kreismülldeponie Hechingen und Deponie Dyckerhoffbruch in Wiesbaden) gewonnen wurden (vergl. Tabelle 3).

TABELLE 3: DIFFERENZIERUNG DER METALLFRAKTION

		Rohstoffpotenzial			
		Einheit	MIN	MW	MAX
Fe-Metalle		Mg TM	60.499	68.416	87.026
NE-Metalle		Mg TM	22.435	25.222	31.984
Gesamt		Mg TM	82.934	93.638	119.010
Annahmen I					
Anteile	Al	Gew.-% TM	45	45	45
Anteile	Cu	Gew.-% TM	50	50	50
Anteile	Sonstiges	Gew.-% TM	5	5	5
Absolut	Al	Mg TM	10.096	11.350	14.393
Absolut	Cu	Mg TM	11.217	12.611	15.992
Absolut	Sonstiges	Mg TM	1.122	1.261	1.599
Summe		Mg TM	22.435	25.222	31.984
Annahmen II					
Anteile	Al	Gew.-% TM	40	40	40
Anteile	Cu	Gew.-% TM	35	35	35
Anteile	Sonstiges	Gew.-% TM	25	25	25
Absolut	Al	Mg TM	8.974	10.089	12.794
Absolut	Cu	Mg TM	7.852	8.828	11.194
Absolut	Sonstiges	Mg TM	5.609	6.306	7.996
Summe		Mg TM	22.435	25.222	31.984

Hieraus ergeben sich in Verbindung mit den aufgestellten Trendfunktionen der Rohstoffpreisentwicklung sowie dem mittleren, maximalen und minimalen Rohstoffpotenzial die in Abbildung 10 aufgezeigten Funktionen der Wertschöpfung.

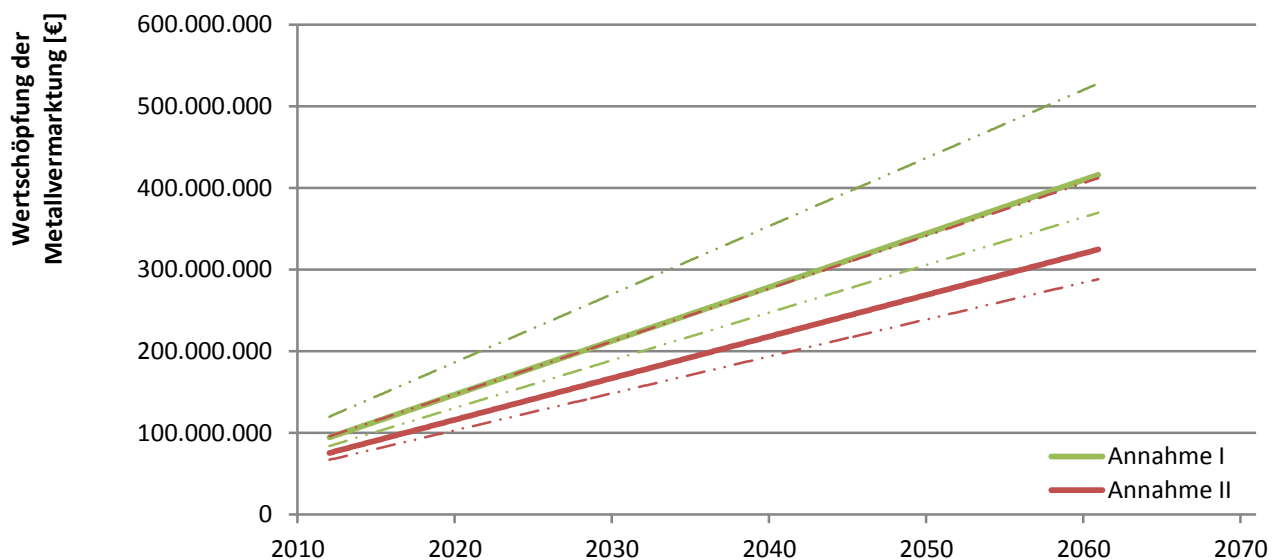


ABBILDUNG 10: POTENZIELLE WERTSCHÖPFUNG DER METALLVERMARKTUNG (GESTRICHELT JEWEILS DAS MINIMALE UND MAXIMALE ROHSTOFFPOTENZIAL DARGESTELLT)

5.4.3 Kosten des Rückbaus

Die Kosten des Rückbaus der Deponie Reiskirchen werden aus Abbildung 11 ersichtlich. Als Berechnungsgrundlage dienen in diesem Zusammenhang spezifische Literaturangaben sowie zwei eigene Annahmen.

Insgesamt erscheint eine Kostenspanne des Deponierückbaus incl. Deponiegutbehandlung in Höhe von 300 – 330 Mio. € realistisch. Bezogen auf die rückzubauende Gesamtmasse (FM) entspricht dies spezifischen Kosten von 107 – 118 €*Mg⁻¹ Deponiegut.

Der Vergleich zu Kenndaten aus der Literatur macht deutlich, dass je nach Tiefe der Aufbereitung sowie potenzieller Verwertungswege starke Kostenschwankungen auftreten können. Die Schwankungsbreite der spezifischen Rückbaukosten ist in diesem Kontext mit 43 – 110 €*Mg⁻¹ Deponiegut zu beziffern.

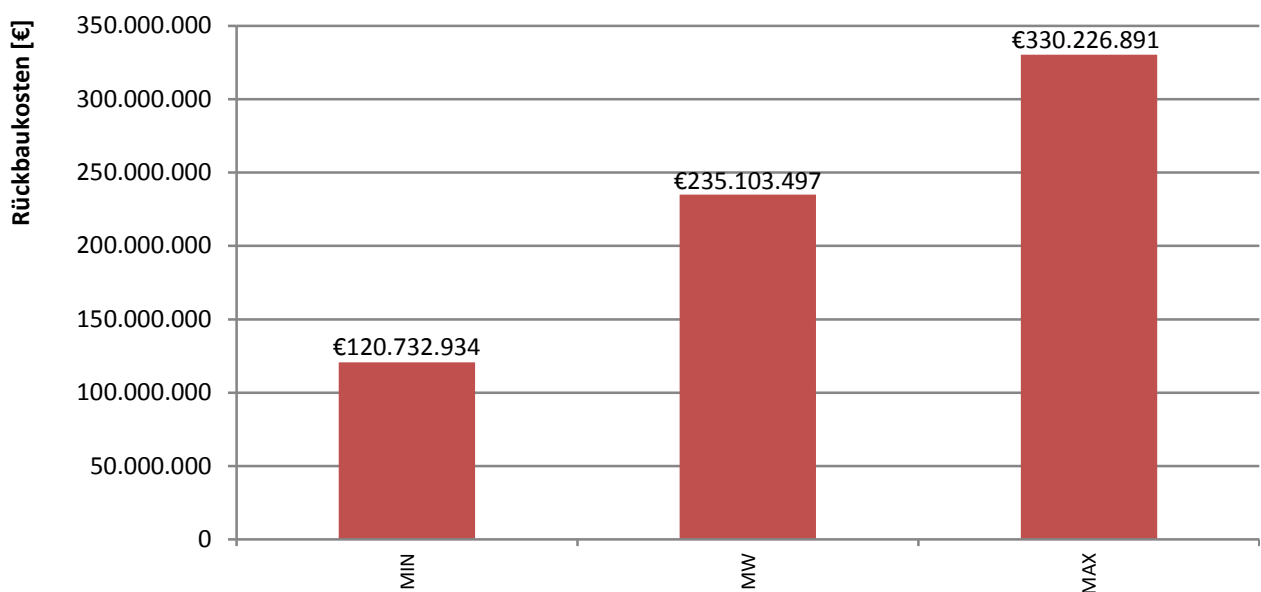


ABBILDUNG 11: MINIMALE, MITTLERE UND MAXIMALE RÜCKBAUKOSTEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG SPEZIFISCHER KENNGRÖßEN

5.4.4 Kosten der Nachsorge

Die mittleren Kosten der Deponienachsorge der Deponie Reiskirchen können unter Annahmen unterschiedlicher Autoren auf ca. 26 bis 51 Mio. € geschätzt werden. Hierbei wird von einer 50 Jahre andauernden Nachsorge ausgegangen und Investitionskosten wie die noch fehlende Oberflächenabdichtung berücksichtigt (Abbildung 12).

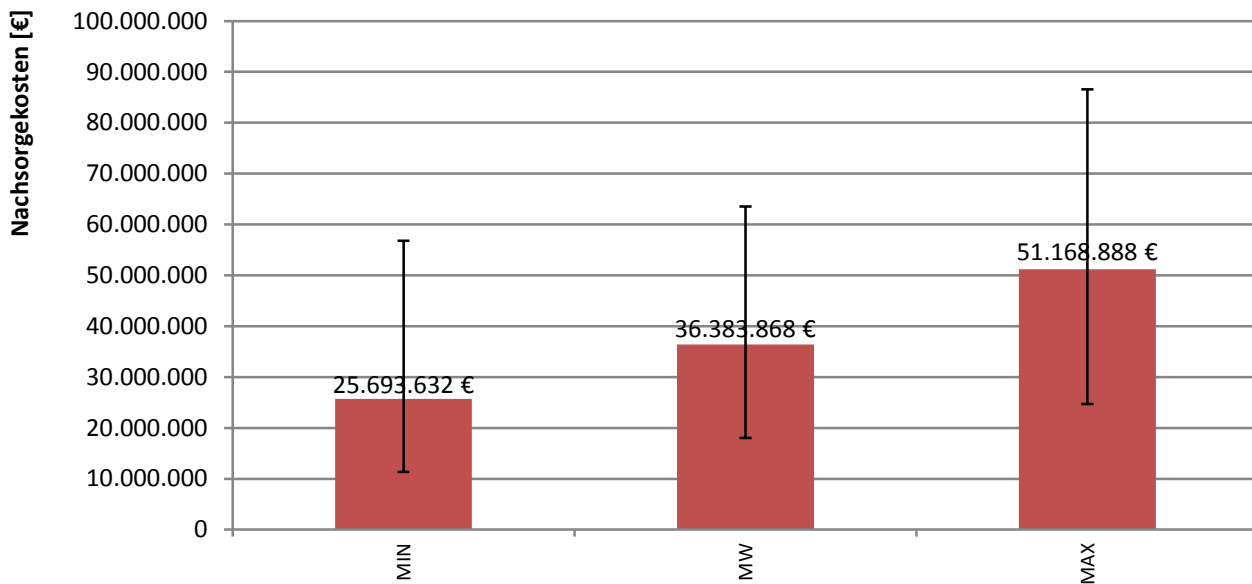


ABBILDUNG 12: MODELLIERTE NACHSORGEKOSTEN DER DEPONIE REISKIRCHEN

Ausgehend von diesen Gesamtnachsorgekosten kann unter Annahme eines linearen Kostenrückgangs innerhalb des Prognose-raums die in Abbildung 13 aufgeführte Folgekostenentwicklung abgeleitet werden.

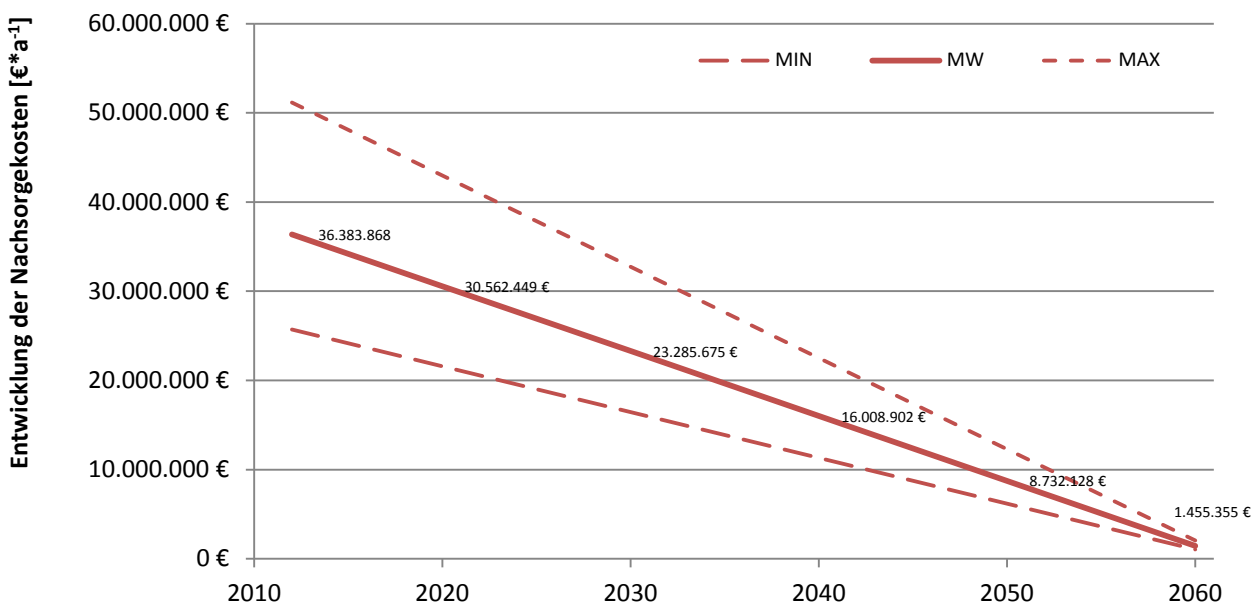


ABBILDUNG 13: ENTWICKLUNG DER NACHSORGEKOSTEN DER DEPONIE REISKIRCHEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG EINER 50 JAHRE ANDAUERNDEN NACHSORGEPHASE UND LINEAREM RÜCKGANG

6 Zusammenfassende Bewertung

Die Bewertung der Effizienz des Rückbaus der Deponie Reiskirchen ergibt sich aus folgenden maßgeblich wertgebenden Faktoren:

- Anfallende Rückbau- und Aufbereitungskosten
- Erlöse der Rohstoffvermarktung
- Entfallende Nachsorge- und Folgekosten
- CO₂-Einsparpotenzial

Folgende Nebeneffekte werden im Rahmen der Kosten/Nutzenanalyse nicht bilanziert, wobei zu beachten ist, dass sich eine Wertung dieser, positiv und/oder negativ auf die Bilanz auswirken kann:

- Flächennachnutzung
- Volumengewinn im Rahmen des laufenden Deponiebetriebs
- Umweltentlastung/-belastung
- Förderung der regionalen Wirtschaftssituation und des technischen sowie wissenschaftlichen Know-hows

6.1 Rückbau oder Nachsorge – Aktuell

Einen Eindruck zur Fragestellung „Rückbau oder Nachsorge unter aktuellen Rahmenbedingungen?“ gibt Tabelle 4. Es wird deutlich, dass unter idealen Annahmen ein Erlös des Rückbaus in Höhe von ca. 64,9 Mio. € erwirtschaftet werden kann. Dies setzt allerdings voraus, dass minimale Rückbaukosten bei gleichzeitig maximalen Erlösen auftreten. Wahrscheinlicher erscheint in diesem Zusammenhang die Betrachtung des mittleren Szenarios. Hierbei ist mit einem Defizit von 99,2 Mio. € zu rechnen. Im Extremfall, also unter Annahme maximaler Rückbaukosten und minimaler Erlöse kann sich dieses Defizit sogar bis auf 230,8 Mio. € steigern.

Auf Basis dieser Ergebnisse ist festzuhalten, dass der Rückbau der Deponie Reiskirchen unter aktuellen Rahmenbedingungen voraussichtlich unwirtschaftlich wäre.

Wie jedoch auch gezeigt wird, können bereits kleine Änderungen an den spezifischen Kosten- und Erlösfunktionen große Auswirkung auf die Gesamtkalkulation haben. Neben der Preisentwicklung sekundärer Rohstoffe (in dieser Betrachtung ausschließlich Metalle berücksichtigt) ist vor allem die zukünftige Entwicklung auf dem Energiemarkt ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Deponierückbaus. Zusätzlich sollten weitere Kalkulationen und Untersuchungen im Bereich der Rückbaukosten ein klareres Bild schaffen. Praxisnahe Angaben zum technischen Einsatz der Deponiegutaufbereitung sowie daraus resultierende Kosten existieren derzeit nur bedingt, worin dringender Forschungsbedarf zu sehen ist.

TABELLE 4: BILANZIERUNG DER AUFGESTELLTEN KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN FÜR DAS JAHR 2012

Rahmendaten			
Aktuelle Betrachtung 2012	MIN	MW	MAX
Kosten des Deponierückbaus	-120.732.934 €	-235.103.497 €	-330.226.891 €
Erlöse der Rohstoffvermarktung (nur Metalle)	67.065.002 €	89.461.313 €	119.907.768 €
Entfallende Nachsorge- und Folgekosten	25.693.632 €	36.383.868 €	51.168.888 €
CO ₂ -Einsparpotenzial	6.581.025 €	10.035.454 €	14.558.999 €
Summe der Erlöse	99.339.659 €	135.880.635 €	185.635.655 €
Bilanz	-21.393.275 €	-99.222.862 €	-144.591.236 €

	MIN	MAX
Spannweite	64.902.721 €	-230.887.232 €

6.2 Rückbau oder Nachsorge – zukünftig

Ausgehend von den aufgezeigten prognostizierten Preissteigerungen auf den Sekundärrohstoffmärkten, gleichbleibenden Rückbaukosten und einer Minderung der Nachsorge- sowie Folgekosten ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Bilanzierungsmodelle für die Bewertung der Rückbaufähigkeit der Deponie Reiskirchen. Preisänderungen für sekundäre Brennstoffe aus Abfall werden in diesem Kontext nicht betrachtet.

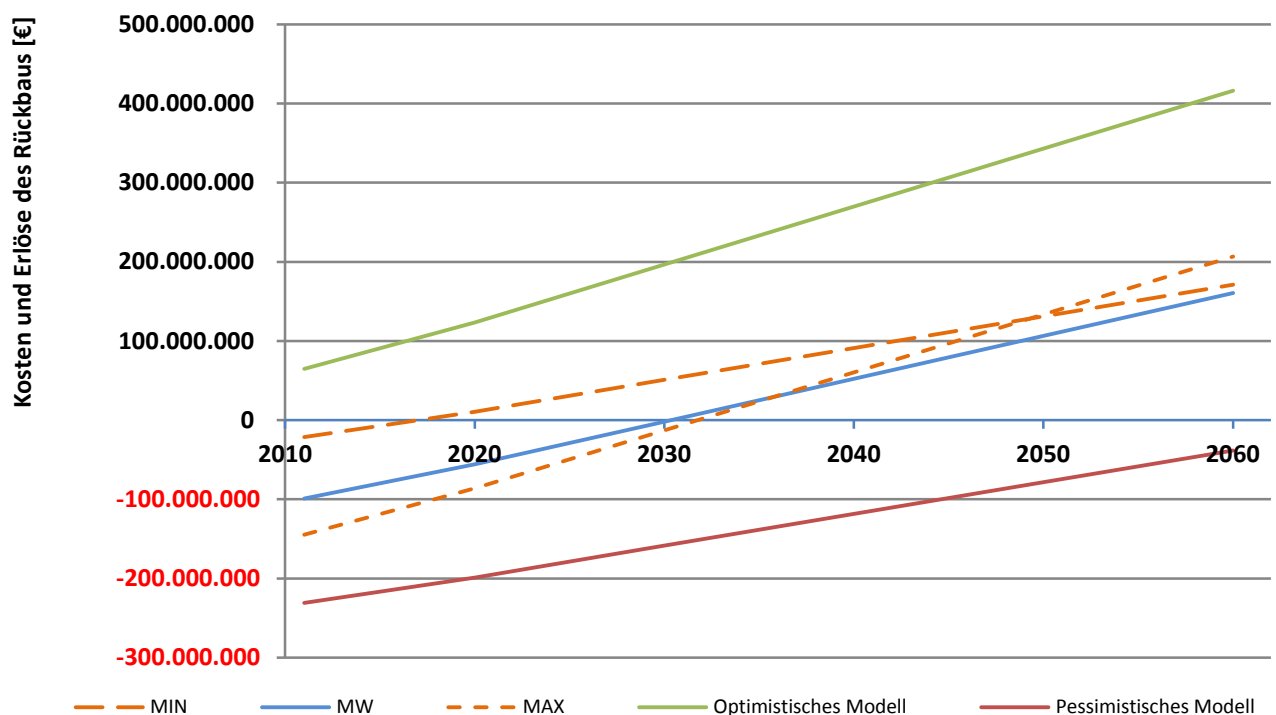


ABBILDUNG 14: KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES RÜCKBAUZEITPUNKTS

Bereits im Jahr 2020 können unter den definierten Bedingungen maximale Gewinne von 123,4 Mio. € erzielt werden. Das Risiko durch den Rückbau zusätzliche Kosten zu verursachen, bleibt jedoch weiterhin hoch, was durch die mittlere und maximale Betrachtung zum Ausdruck kommt. Hierbei würden auf Kostenseite 55,9 bis 86,0 Mio. € anfallen.

Durch weitere Preissteigerung im Sekundärrohstoffsektor verbessert sich die Situation in Hinblick auf einen Rückbau der Deponie Reiskirchen. Es ist zu beachten, dass bereits 2030 die getroffenen mittleren Annahmen nur noch ein Minus von ca. 1,8 Mio. € aufzeigen.

Im Jahr 2040 liegt in der mittleren Betrachtung erstmals ein positives Ergebnis vor. Dies bedeutet, dass unter den hier definierten Randbedingungen ein gewinnbringender Rückbau der Deponie Reiskirchen denkbar wäre. Dennoch bleibt zu beachten, dass ein mögliches Defizit von etwa 118,6 Mio. € existiert.

In der Prognose für das Jahr 2050 reduziert sich dieses auf ca. 78,5 Mio. €. Die mittleren potenziellen Erlöse können mit 106,4 Mio. € angesetzt werden.

Im Modell des Jahres 2060 zeigen sich für die betrachteten Szenarien MIN, MW und MAX deutlich positive Bilanzen. Dies bedeutet, dass unter den angenommenen Randbedingungen durch den Rückbau des Deponiekörpers Erlöse erzielt werden können. Die Höhe dieser ist mit 160,5 bis 206,6 Mio. € anzusetzen. Dennoch besteht auch zu diesem Zeitpunkt ein Restrisiko Verluste zu erwirtschaften. Dieses tritt auf, wenn maximale Kosten entstehen und minimale Erlöse zu erwarten sind. Das Defizit kann an dieser Stelle immer noch bis zu 38,4 Mio. € betragen.

Zur Abschätzung des Zeitpunkts, zu dem sich Kosten und Erlöse die Waage halten, kann Abbildung 14 herangezogen werden. Diese verdeutlicht, dass unter idealen Rückbaubedingungen (optimistisches Modell) bereits heute ein gewinnbringender Rückbau der Deponie Reiskirchen durchführbar wäre.

Gegenteiliges beschreibt jedoch die enthaltene pessimistische Abschätzung, die zum Ergebnis hat, dass selbst nach dem Jahr 2060 die Deponienachsorge die bessere Alternative darstellt.

Die übrigen Modelle ordnen sich zwischen diesen beiden Extremen an. Nach ihnen ergibt sich für die Jahre 2018, 2030 und 2032 ein Gleichgewicht der Kosten und Erlöse des Deponierückbaus.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass unter günstigen Randbedingungen bereits heutzutage der Rückbau von Deponien eine sinnvolle Alternative zur Deponienachsorge darstellt. Dies betrifft nicht nur die gegenübergestellten Kosten. Positive Nebeneffekte treten ebenfalls durch die Entlastung der Umwelt auf, die bspw. in Form von entfallenden CO₂-Emissionen bewertet werden können. Hierneben stellt der Flächengewinn, je nach Lage und Umfeld des Deponiekörpers, einen positiv zu bewerteten Effekt dar, der jedoch im Fall der Deponie Reiskirchen nur geringe Relevanz besitzt und daher nicht in die Betrachtung aufgenommen wurde.

Die Ergebnisse belegen auch, dass der Rückbau von Deponien in naher Zukunft deutlich an Bedeutung gewinnt und praktikabel wird. Aufgewiesene Zeiträume von 20 bis 30 Jahren können in diesem Zusammenhang als realistische Planungsgröße angesehen werden und müssen genutzt werden, um weitere Erfahrungen auf diesem Gebiet zu erlangen.

Nur in ungünstigsten Fällen kann die heute gängige Deponienachsorge als bessere Alternative genannt werden, wobei ausdrücklich festzuhalten gilt, dass derzeit keine realitätsnahen Angaben zur Zeitdauer dieser Phase sowie zur Beständigkeit notwendiger technischer Einrichtungen bestehen. Die Unbestimmtheit dieser beiden Faktoren kann im Umkehrschluss zu deutlichen Steigerungen der benötigten Nachsorgeaufwendungen führen.

Die bisherigen Betrachtungen sind davon ausgegangen, dass zukünftig keine Effizienzsteigerungen und somit Kosteneinsparungen bei der Deponiegutaufbereitung stattfinden. Wie sich jedoch in den letzten Jahren in der Recyclingbranche gezeigt hat, ist diese Annahme nicht realitätsnah.

Bedingt durch steigende Energiepreise und fortschreitende Automatisierung der Aufbereitungs- und Sortiertechnik gewann und wird das Thema der Effizienzsteigerung im Aufbereitungsprozess weiter an Bedeutung gewinnen. In diesem Zusammenhang gelang es bereits zahlreichen Recyclingbetrieben ihre Energie- und Aufbereitungseffizienz deutlich zu steigern und den gestiegenen Kosten entgegenzuwirken.

Ausgehend vom Status quo wird im Rahmen dieser Arbeit angenommen, dass eine 10- bis 30-prozentige Kosteneinsparung durch Effizienzsteigerung im Aufbereitungsprozess von Deponiegut und technischen Fortschritt erzielt werden kann. Zudem wird berücksichtigt, dass zu Beginn der technischen Weiterentwicklung – in dieser Betrachtung auf das Jahr 2012 festgelegt - deutlich höhere Effizienzsteigerungen und somit Kostenreduzierungen realisierbar sind.

Unter Berücksichtigung dieser Annahme gestalten sich die Kosten- und Nutzenfunktionen des Deponierückbaus der Deponie Reiskirchen wie in Abbildung 15 und 16 dargestellt. Bei Betrachtung beider Abbildungen wird ersichtlich, dass Effizienzsteigerung der Aufbereitung und technischer Fortschritt die Möglichkeit des Deponierückbaus steigern kann und dieser bereits weitaus früher nutzeffizient sowie wirtschaftlich realisierbar wäre.

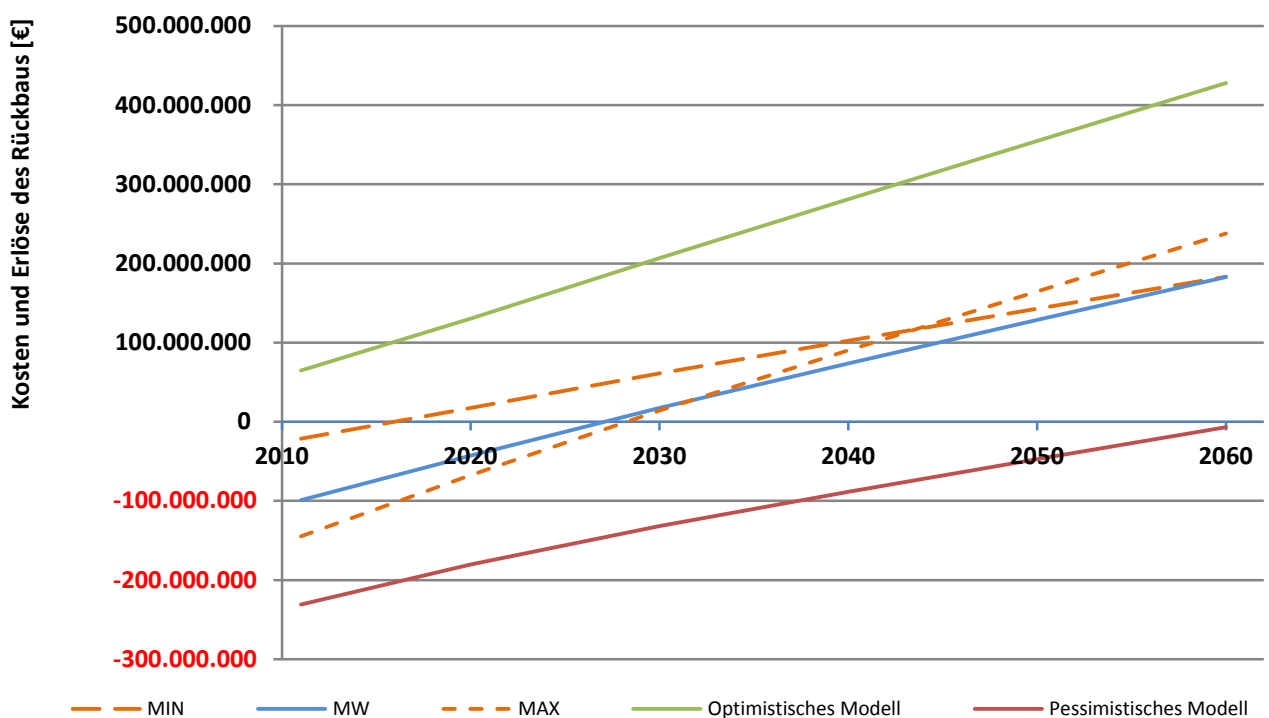


ABBILDUNG 15: KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES RÜCKBAUZEITPUNKTS BEI EINER 10-PROZENTIGEN KOSTENEINSPARUNG DER DEPONIEGUTAUFBEREITUNG DURCH EFFIZIENZSTEIGERUNG UND TECHNISCHEN FORTSCHRITT

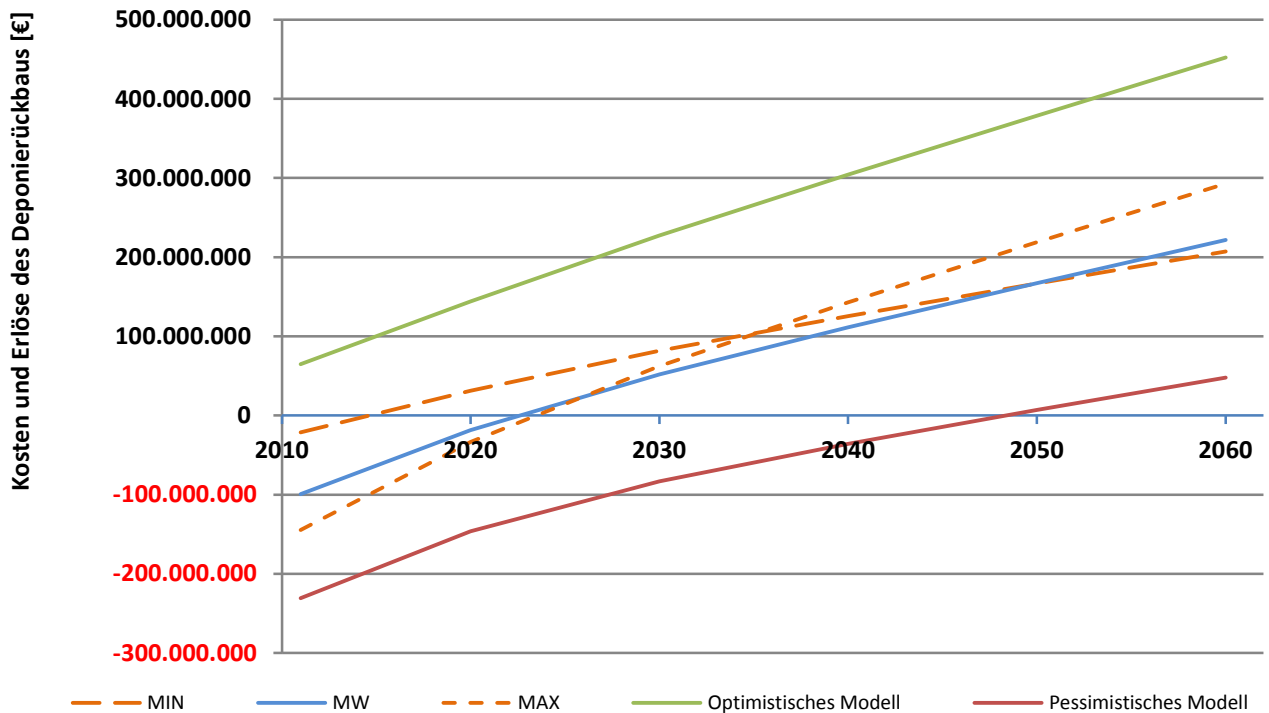


ABBILDUNG 16: KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES RÜCKBAUZEITPUNKTS BEI EINER 30-PROZENTIGEN KOSTENEINSPARUNG DER DEPONIEGUTAUFBEREITUNG DURCH EFFIZIENZSTEIGERUNG UND TECHNISCHEN FORTSCHRITT

Wie aufgezeigt, spielt die Preisentwicklung auf den weltweiten und lokalen Primär- und Sekundärenergiemärkten eine entscheidende Rolle für die Beurteilung des nutzeneffizienten und wirtschaftlichen Rückbaus einer Deponie. Ausgehend von der starken Nachfrage nach Energie kann vermutet werden, dass zukünftig heizwertreiche Abfallstoffe gewinnbringend vermarktet werden können.

Die getroffene Annahme, dass die Preise für EBS im Jahr 2020 bei ca. 10 €*Mg⁻¹ liegen werden (Modell I), sorgt für einen Anstieg der in Abbildung 17 aufgezeigten Kosten-/Nutzenfunktionen in dieser Periode. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass im Ausgangsszenario Zuzahlungen für EBS in Höhe von 50 €*Mg⁻¹ angesetzt wurden, sodass die tatsächliche Preisdifferenz und somit auch Kosteneinsparung mit 60 €*Mg⁻¹ zu beziffern ist. Aufgrund des in den Folgejahren definierten schwächeren EBS-Preisanstiegs (1 €*Mg⁻¹*a⁻¹) flachen die in Abbildung 17 aufgezeigten Funktionen nach dem Jahr 2020 wieder ab. Unter den definierten Randbedingungen ergibt sich selbst im schlechtesten Fall (Pessimistisches Modell) die nutzeneffiziente Rückbaufähigkeit der Deponie Reiskirchen im betrachteten Zeitraum bzw. im Jahr 2044. Für die übrigen Szenarien ergibt sich ein kostenneutraler Rückbau der Deponie Reiskirchen in den Jahren 2014 (MIN), 2021 (MW) und 2022 (MAX). Der optimistische Ansatz beschreibt zudem, dass bereits aktuell ein wirtschaftlicher Rückbau denkbar wäre. Unter Berücksichtigung deutlich stärkerer EBS-Preisentwicklungen (Modell II) ergeben sich die in Abbildung 18 aufgezeigten Verschiebungen der Kosten-/Nutzenfunktionen des Rückbaus der Deponie Reiskirchen. Wie zu erwarten ist, verschieben sich die Kurven weiter nach links, sodass bereits früher an einen kostenneutralen Deponierückbau zu denken ist bzw. dieser vorteilhafter als die Nachsorge wäre. Konkret können bei den hier getroffenen Annahmen die Jahre 2013 (MIN), 2020 (MW), 2021 (MAX) und 2038 (Pessimistisches Modell) als Wendepunkte angesehen werden, sodass der Rückbau der Deponie Reiskirchen in den kommenden 10 bis 20 Jahren realistisch und vorteilhaft erscheint.

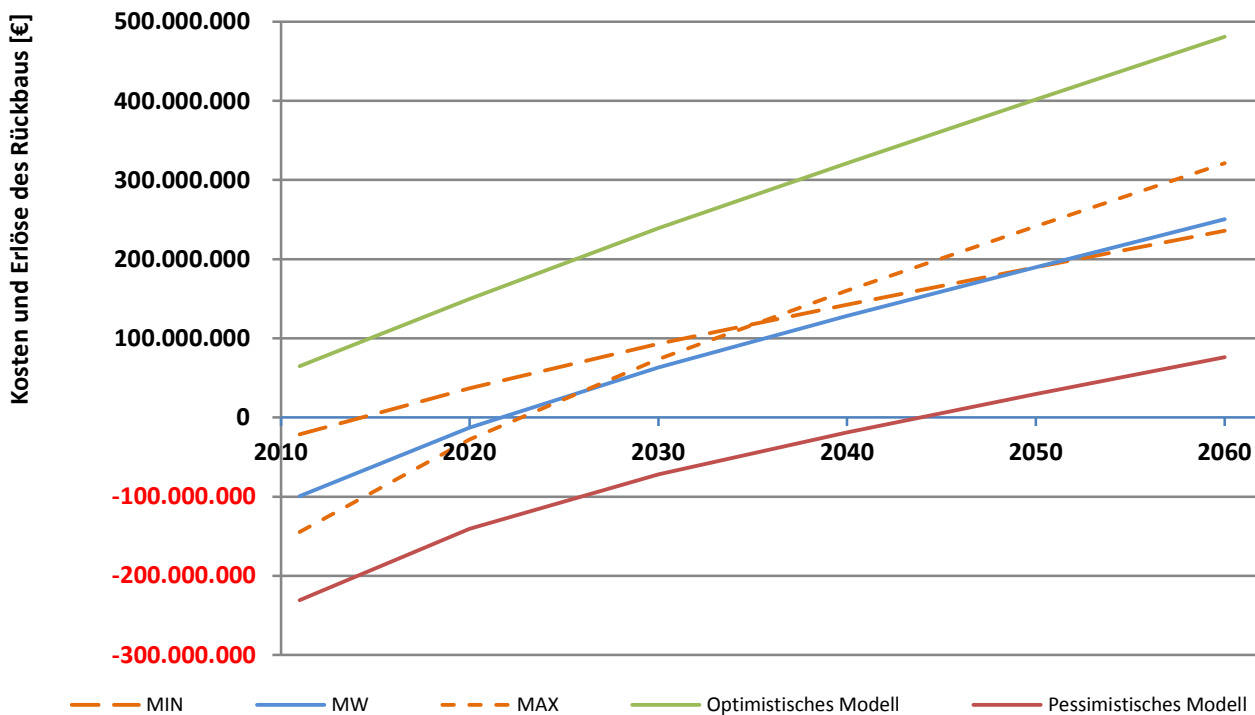


ABBILDUNG 17: KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES RÜCKBAUZEITPUNKTS BEI EINER 30-PROZENTIGEN KOSTENEINSPARUNG DER DEPONIEGUTAUFBEREITUNG DURCH EFFIZIENZSTEIGERUNG UND TECHNISCHEN FORTSCHRITT SOWIE DEN AUFGEZEIGTEN PREISENTWICKLUNGEN AUF DEM EBS-ROHSTOFFMARKT (MODELL I)

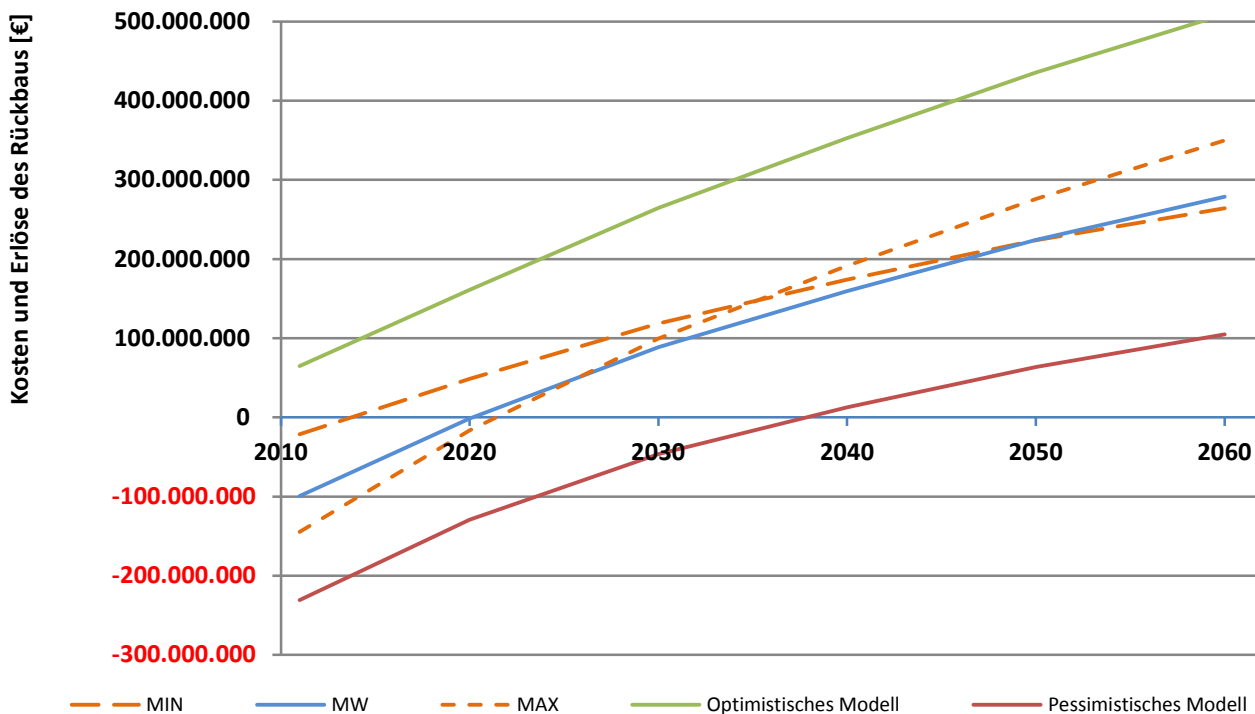


ABBILDUNG 18: KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES RÜCKBAUZEITPUNKTS BEI EINER 30-PROZENTIGEN KOSTENEINSPARUNG DER DEPONIEGUTAUFBEREITUNG DURCH EFFIZIENZSTEIGERUNG UND TECHNISCHEN FORTSCHRITT SOWIE DEN AUFGEZEIGTEN PREISENTWICKLUNGEN AUF DEM EBS-ROHSTOFFMARKT (MODELL II)

6.3 Zusammenfassende Betrachtung

Abbildung 19 verdeutlicht die Auswirkungen geänderter Rahmenbedingungen auf die Kosten- und Erlössituation des Rückbaus der Deponie Reiskirchen. Hierbei wird deutlich, dass technischer Fortschritt und Effizienzsteigerungen im Aufbereitungsprozess sowie Erlöse für die Vermarktung von Ersatzbrennstoffen den nutzeffizienten Rückbau deutlich früher realisierbar machen. Das dabei aufgezeigte Zeitfenster erstreckt sich von 2020 bis 2030.

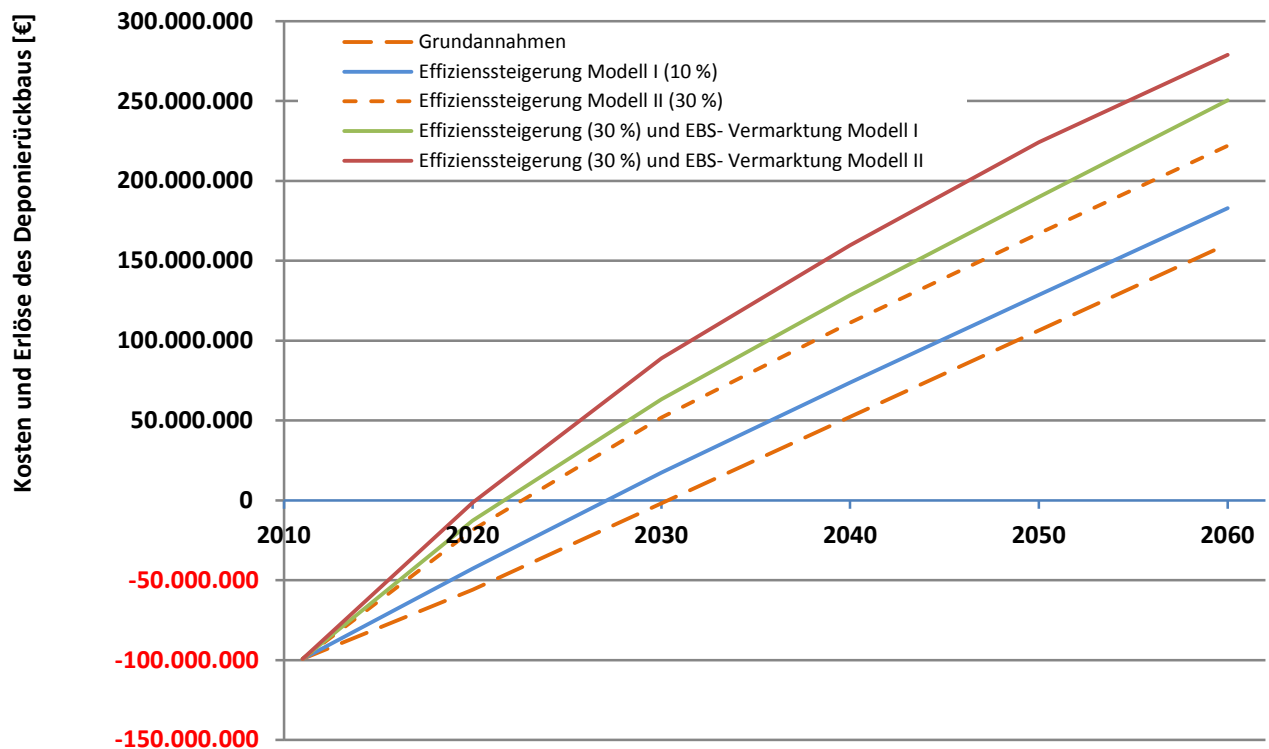


ABBILDUNG 19: AUSWIRKUNGEN VERÄNDERTER RAHMENBEDINGUNGEN (TECHNISCHE WEITERENTWICKLUNG UND ENERGIEPREISENTWICKLUNG) AUF DIE KOSTEN UND ERLÖSE DES RÜCKBAUS DER DEPONIE REISKIRCHEN (AUSGANGSSZENARIO ALLER BETRACHTUNGEN IST JEWELIS SZENARIO MW)

Insgesamt muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass die hier dargestellten Kosten-/Nutzenfunktionen des Rückbaus der Deponie Reiskirchen nur unter den definierten Randbedingungen zutreffen. So können bspw. starke Preiseinfälle auf dem EBS-Markt oder höhere Kosten der thermischen Verwertung von Reststoffen ein gegenteiliges Bild bewirken.

Im Fall der Effizienzsteigerung des Aufbereitungsprozesses durch technischen Fortschritt und Anlagenoptimierung ist zu beachten, dass zu erwartende starke Preisanstiege von Energie die hierdurch mögliche Kostenminimierung senken können.

Mittel- und langfristig gilt es daher, die Entwicklungen auf den Rohstoff- und Energiemärkten sowie die Kostenpunkte der Deponiegutaufbereitung und Reststoffentsorgung weiterhin zu beobachten und angenommene Modellparameter entsprechend zu aktualisieren.

Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass die hier aufgestellten realitätsbezogenen Modelle zur Kosten- und Nutzenstruktur des Rückbaus der Deponie Reiskirchen einen Rückbau in den kommenden 10 bis 20 Jahren nutzeneffizient erscheinen lassen.

7 Fazit

Die theoretische Abschätzung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen zeigt eindeutig, dass ein erschließbares Potenzial an Rohstoffen existiert. Vor diesem Hintergrund sind neben der Metallfraktion ebenso heizwertreiche Stoffe von besonderer Bedeutung und in nennenswerten Mengen vorhanden.

Zudem wird im Rahmen der Kosten/Nutzenabschätzung deutlich, dass ein ökonomisch interessanter Rückbau der Deponie Reiskirchen im Zeitraum 2025 bis 2035 realistisch und somit nutzeneffizient erscheint.

Wie eigene Untersuchungen auf der Kreismülldeponie Hechingen und der Deponie Dyckerhoffbruch in Wiesbaden belegen, stellt die vorhandene theoretische/modellbasierte Bewertung des Ressourcenpotenzials von Deponien eine gute Grundlage zur Beurteilung des Rohstoffwerts einer Deponie dar. Hierbei steht fest, dass Theorie und Realität deutliche Übereinstimmungen aufzeigen.

Dennoch bzw. aufgrund des aufgezeigten theoretischen Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen, der vorhandenen Kostenstruktur sowie zur Optimierung des Modellansatzes sollten vor einer „endgültigen“ Entscheidung reale Untersuchungen des Deponiekörpers erfolgen. Diese sollten in Form von Probebohrungen oder Schürfen mit anschließender Sortierung realisiert werden.

Hiernach wird sich zeigen, ob die Deponie Reiskirchen ein real erschließbares Lager darstellt und zur nachhaltigen Wirtschaft mit unseren Rohstoffen sowie unserer Umwelt beiträgt. Zudem bieten diese Untersuchungen die Möglichkeit, das bestehende Ressourcenpotenzialmodell zu validieren und zu verfeinern.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist daher zu empfehlen, die bisher vorhandene theoretische Abschätzung des Ressourcenpotenzials der Deponie Reiskirchen durch reale Deponiegutuntersuchungen zu bekräftigen.