

# Hinweise zur Anwendung dieser Kalkulationsgrundlage

## 0. Allgemein

- Eingabefelder sind grundsätzlich **rötlich** eingefärbt und können variiert werden
- Ausgabefelder bzw. daraus resultierende Berechnungen sind **grünlich** hinterlegt und sollten/können nicht verändert werden
- Über unterschiedliche Schaltflächen können die Erkenntnisse der Ressourcenpotenzialermittlung der Kreismülldeponie Hechingen generiert und für weitere Kalkulationen verwendet werden
- Werden Änderungen in vorausgehenden Schritten oder Reitern durchgeführt, so werden diese Änderungen nicht immer automatisch in den Folgeschritten berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der Änderungen ist in den Folgeschritten eine Neuberechnung durch erneute aktive Auswahl eines Auswahlfeldes zu erzwingen. Generell sollte daher die Schrittabfolge eingehalten werden. Bei Nichteinhaltung ist zu prüfen, ob vorgenommene Änderungen auch für die weiteren Datenblätter übernommen wurden
- Es ist zu empfehlen, getätigte Potenzialermittlungen in einer neuen Datei zu erfassen, da so ausgeschlossen werden kann, dass getroffene Definitionen und spezifische Kenngrößen nachteilig oder vorteilhaft verändert werden

## 1. Kenndaten & Ablagerungsmenge

Die Ermittlung des Ressourcenpotenzials eines Deponiekörpers setzt voraus, dass Angaben zum Standort und den dort lagernden Abfällen vorgenommen werden. Folgende Angaben zur Ablagerungshistorie und den damit verbundenen Ablagerungsmengen zum jeweiligen Anlieferungszeitpunkt in Mg Frischmasse-Anlieferungszustand (FM) sind notwendig:

- Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall
- Gewerbeabfall
- Sperrmüll
- Sande
- Schlämme
- Bauschutt
- Rekultivierungs- und Bodenmaterial
- Profilierungsmaterial
- Besonders wertstoffhaltige Abfälle
- Kritische Abfälle
- Optional

Sollten diese Angaben nicht vorliegen, ist es ausreichend, die Gesamtablagerungsmenge (in einem der angebotenen Felder) anzugeben. Hierbei ist zu beachten, dass sich die in Schritt 2 definierten Zusammensetzungen auf die entsprechende Ablagerungsmengen unter Schritt 1 beziehen.

## 2. Deponiegutzusammensetzung

Neben den abgelagerten Abfallarten ist die Zusammensetzung dieser ein entscheidender Faktor für die Werthaftigkeit eines Deponiestandorts. Hierbei ist die Möglichkeit gegeben, auf reale (Kreismülldeponie Hechingen) oder theoretische (Deponie Reiskirchen) Definitionen zurückzugreifen. Es ist zu beachten, dass diese Definitionen nicht alle Abfallarten berücksichtigen. In Abhängigkeit der Angaben unter Schritt 1 müssen hier durch den Benutzer weitere Eingaben der Zusammensetzung der übrigen Abfallarten vorgenommen werden.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass reale Ergebnisse in den meisten Fällen die stattgefundenen Abbauprozesse beinhalten. Hingegen theoretische Untersuchungen sich auf den Zustand des Abfalls zum Zeitpunkt der Entstehung beziehen. Entsprechend sind vom Benutzer die nachgeschalteten Schritte des organischen Abbaus sowie ggf. die Angaben der spezifischen Wassergehalte zu definieren.

Der in diesem Zusammenhang aufgestellte Stofffraktionskatalog sieht die in Tabelle 1 gelisteten und charakterisierten Stoffgruppen vor. Es ist zu beachten, dass Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, Sperrmüll, Sande sowie Bauschutt – aufgrund der Erfahrungswerte bei den Untersuchungen auf der Kreismülldeponie Hechingen – als so genanntes Deponiegut zusammengefasst werden.

*Tabelle 1: Charakterisierung des definierten Stofffraktionskatalogs*

Stofffraktion	Nähere Charakterisierung
Fe-Metalle:	Getränkedosen; Konservendosen; Fe-Aerosoldosen; Umreifungsbänder; Sonst. Fe-Metalle
NE-Metalle:	Alu-Dosen; Alu-Aerosoldosen; Sonst. Alu-Verpackungen; NE-Verschlüsse; Blei-Kapseln; Cu-Rohre; Sonst. NE-Metalle
Pappe, Papier, Kartonage (PPK):	Pappe; Papier; Kartonagen; Einweggeschirr; Zeitschriften; Illustrierte; Bücher; Administrationspapiere; Pappmöbel; Papiertapeten; Sonst. PPK
Glas:	Weißglas; Braunglas; Grünglas; Glas-Verpackungen; Röhrenglas; Trinkgläser; Medizinische Gläser; Flachglas; Sonst. Gläser
Kunststoffe:	Becher; Blister; Folien; Schaumstoffe; Hohlkörper; Einweggeschirr; Umreifungsbänder; Fensterrahmen; Rohre; Dämmmaterialien; Kunststoffmöbel; Sonst. Kunststoffe
Organik:	Fleisch, Fisch, Knochen; Gekochte Speisereste; Laub; Rasenschnitt; Schnitt- und Topfblumen; Hygienepapiere
Holz:	Holz-Verpackungen; Holzmöbel; Sonst. Hölzer
Textilien:	Bekleidungstextilien; Haustextilien (Decken, Handtücher etc.); Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.); Produktionsspezifische Textilien
Mineralstoffe (kein Glas):	Keramik; Porzellan; Sonstige Mineralstoffe
Verbund-Verpackung:	Papier-Verbunde; Kunststoff-Verbunde; Alu-Verbunde; Getränkekartonagen; Sonst. Verbundverpackungen
Verbunde (komplexe Produkte):	Elektronikschrott; Polstermöbel; Matratzen; Sonst. Verbundmöbel; Fahrzeugteile; Holz-Metall-Verbunde; Kunststoff-Metall-Verbunde; Holz-Metall-Textilien-Verbunde
Problemabfälle:	Batterien; Akkumulatoren; Altmedikamente; Altchemikalien; Altölhaltige Materialien; Sonstige schadstoffbelastete Stoffe
Stoffe ang.:	Leder; Gummi; Kork; Altschuhe; Windeln; Sonst. Hygieneprodukte
Sortierreste:	Den übrigen Fraktionen vor Ort nicht zuzuordnen/Stoffgemische
Fraktion < 5 mm	Materialien/Stoffe kleiner 5 mm (Im wesentlichen mineralischer Art)

## Organischer Abbau und Wassergehalt

Im Laufe der Betriebsphase bzw. Zeit haben unterschiedliche Abbauprozesse der organischen Substanz stattgefunden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ausschließlich organisch belastete Abfälle in die Berücksichtigung fallen sollten. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, ist durch den Benutzer anzugeben, welche Abfallarten in welchem Maß organischen Abbauprozessen unterlagen. Dies wird erzielt, indem durch den Benutzer in Schritt 5 die anteilige Reduktion der Ausgangsmasse definiert wird.

Zur Abschätzung des Abbaus wird folgender Ansatz herangezogen:

$$C_{org} = \frac{G_t}{M * 1,868 * (0,014 * T + 0,28) * (1 - 10^{-kt})}$$

Mit:

$M$ : Müllmenge [Mg]

$G_t$ : bis zur Zeit  $t$  gebildete spezifische Deponiegasmenge [ $m^3 \cdot Mg^{-1}$ ]

$C_{org}$ : organischer Kohlenstoffanteil [%]

$k$ : Abbaukonstante

$t$ : Temperatur [ $^{\circ}C$ ]

$T$ : Zeit [Jahre]

Für typische Hausmülldeponien (DK 2) ergibt sich das in Abbildung 1 dargestellte prozentuale Abbaupotenzial. Individuelle Berechnungen und Annahmen sind durch den Benutzer separat vorzunehmen. Bei Verwendung dieser Standards wird empfohlen auf den mittleren Ablagerungszeitraum der einzelnen Stofffraktionen zurückzugreifen.

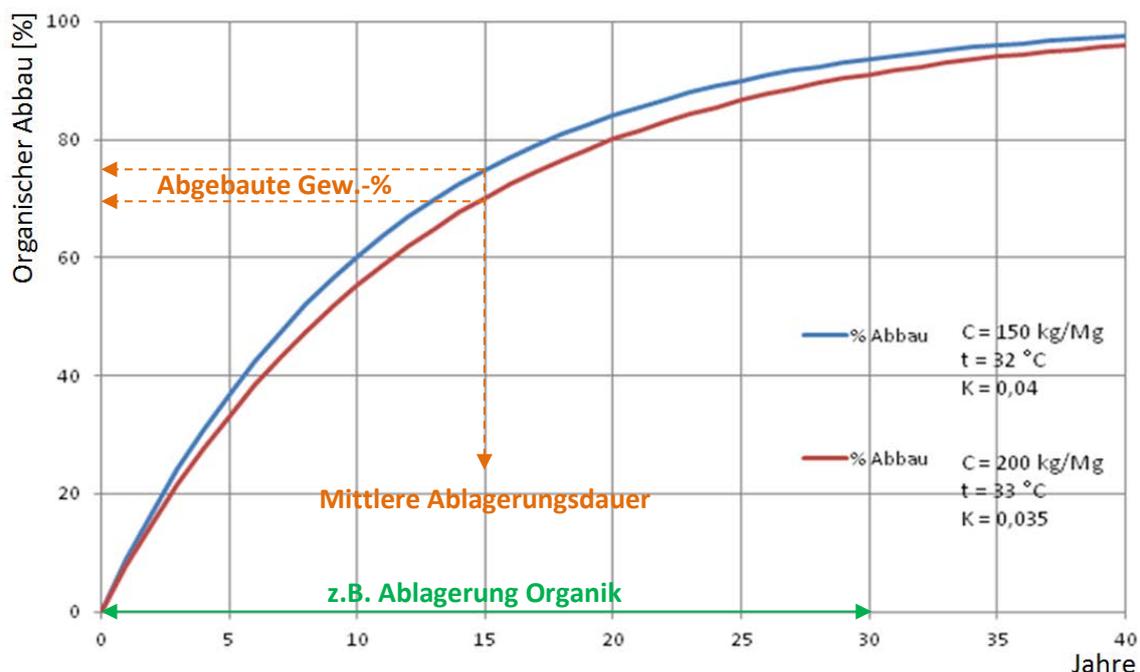


Abbildung 1: Modell zur Abschätzung des Abbaus der organischen Substanz

Um die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Deponiestandorte hinsichtlich des dort vorhandenen Ressourcenpotenzials zu erzielen, ist es notwendig, den stoffspezifischen Wassergehalt (zum Untersuchungszeitpunkt) der vorgegebenen Stofffraktionen zu definieren. Auch hier kann auf Werte der Kreismülldeponie Hechingen oder eine eigenständige Definition zurückgegriffen werden. Abschließend veranschaulicht Abbildung 2 die Zusammenhänge zwischen Ablagerungs-, Frischmasse- und Trockenmassepotenzial schematisch.

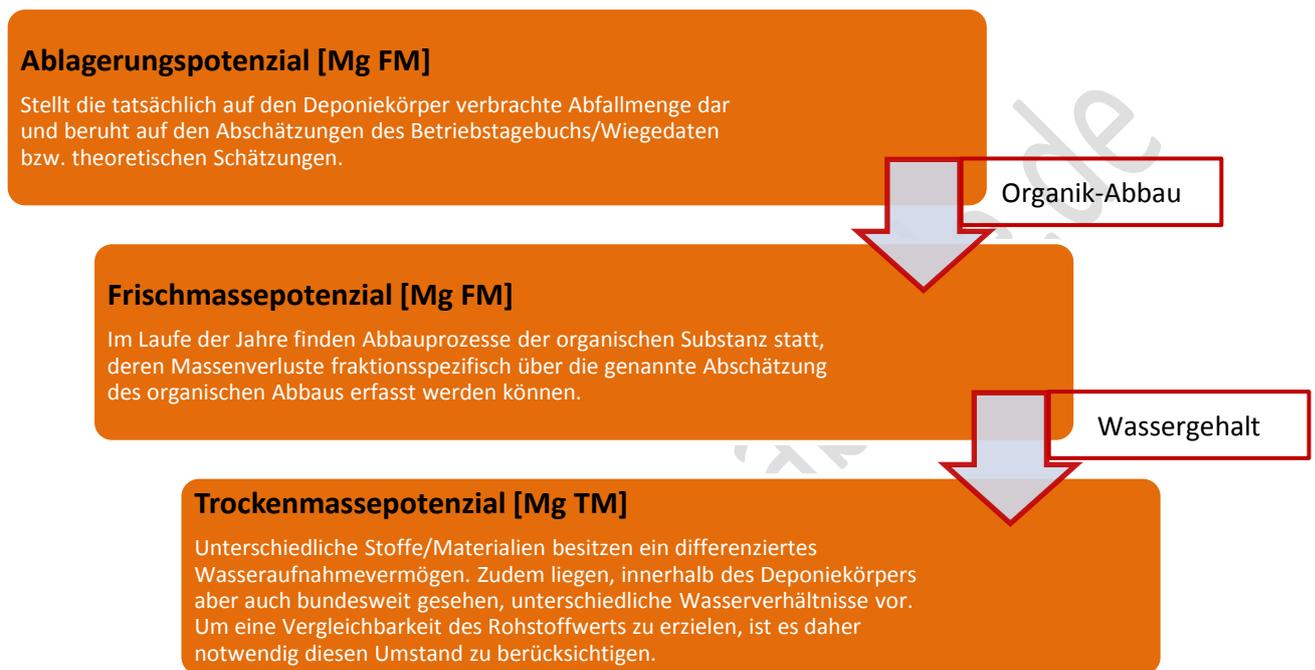


Abbildung 2: Zusammenhang Ablagerungs-, Frischmasse- und Trockenmassepotenzial

### 3. Kosten der Deponienachsorge

Die Kosten der Deponienachsorge sind im Wesentlichen vom Nachsorgebeginn, der Nachsorgedauer und den spezifischen Nachsorgekosten bestimmt, die im Rahmen der Anwendung durch den Benutzer definiert werden können. Diese Kosten werden im Rahmen der Anwendung standardmäßig spezifisch pro Tonne Abfall/Deponiegut (Deponiegut und sonstige Abfälle) definiert. Vom Anwender ist die zeitliche Entwicklung dieser Kosten prozentual zu definieren. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Nachsorgekosten völlig frei zu kalkulieren und als Ergebnis bei den einzelnen Jahren einzutragen.

### 4. Erlöse Sekundärrohstoffe

Aktuell können durch Eisen (Fe)- und Nichteisenmetalle (NE) wirtschaftliche Erlöse erzielt werden. Hierbei hat sich gezeigt, dass eine Unterscheidung zwischen Eisenmetallen (Stahl), Kupfer, Aluminium und sonstigen Nichteisenmetallen sinnvoll ist.

Der vordefinierte "Standard" der Preisentwicklung dieser Rohstoffe geht in diesem Zusammenhang von einer linearen Preisentwicklung der einzelnen Metalle aus und beruht auf dem Basisjahr 2012.

Über die Tabelle „Eigenständige Preisentwicklung definieren“ kann der Benutzer zusätzlich definieren, wie sich die Preise für oben genannte Metalle entwickeln und diese durch Modell I oder II in die Kalkulation einbeziehen. Die Preisentwicklung ergibt sich demnach aus dem aktuellen ökonomischen Wert der genannten Metalle sowie einer zu definierenden jährlichen Preissteigerungsrate. Über das entsprechende Auswahlfeld kann diese ins Gesamtmodell integriert werden.

Aufgrund der Tatsache, dass die definierten Metallfraktionen deutlich unterschiedliche Preisniveaus haben, muss zudem deren Anteil an der Gesamtmetallfraktion durch den Anwender definiert werden.

## 5. CO<sub>2</sub>-Einsparung

Durch den Einsatz gewonnener Sekundärrohstoffe können primäre Rohstoffe und dementsprechend CO<sub>2</sub> eingespart werden. Es wird unterschieden zwischen:

- Stahlschrott
- Aluminium
- Kupfer
- PPK
- Holz
- Kunststoffen

In Abhängigkeit der jeweils eingesetzten Technik können diese Werte variieren. Im Rahmen des Tools sind folgende Potenziale definiert. (Näheres siehe UMSICHT | 2008: Recycling für den Klimaschutz - Ergebnisse der Studie von Fraunhofer UMSICHT und INTERSEROH zur CO<sub>2</sub>-Einsparung, Köln: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT)

Fraktion	Von Mg CO <sub>2</sub> *Mg <sup>-1</sup> Input	bis Mg CO <sub>2</sub> *Mg <sup>-1</sup> Input	MW Mg CO <sub>2</sub> *Mg <sup>-1</sup> Input
Stahl	0,817	0,903	0,86
Aluminium	9,376	10,363	9,87
Kupfer	3,344	3,696	3,52
PPK	0,085	0,094	0,09
Holz	0,731	0,808	0,77
Kunststoffe	1,805	1,995	1,90

Durch den Anwender dieses Tools ist jeweils festzulegen, welches spezifische CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial besteht und wie dieses aktuell sowie zukünftig monetär zu werten ist.

Treibhausgasemissionszertifikate können in diesem Zusammenhang auf unterschiedliche Art und Weise generiert werden. Für Deponierückbauprojekte sind derzeit Joint Implementation Projekte von besonderer Bedeutung. Nach Anerkennung und Registrierung des Vorhabens können so Treibhausgaszertifikate erworben und verkauft werden. Eine Methodologie für den Deponierückbau ist derzeit jedoch nicht vorhanden.

## 6. Kosten des Deponierückbaus

Für die Aufnahme, den Transport, die Aufbereitung und die spätere Verwertung bzw. Entsorgung des Deponieguts entstehen Kosten. Diese Kosten ergeben sich aus den spezifischen Kosten und der Gesamtmasse. Durch den Benutzer ist die spezifische Kostengröße anzugeben und die entsprechende Bezugsgröße (Ablagerungspotenzial, Frischmassepotenzial, Trockenmassepotenzial) zu wählen.

Die definierten Annahmen (Minimum, Maximum und Mittelwert) beruhen in diesem Kontext auf bisher durchgeführten Untersuchungen und stellen somit den aktuell anzunehmenden Kostenrahmen dar.

Durch die Eingabe der jährlichen Kostensteigerung [%] kann zudem die Entwicklung dieser Kosten erfolgen. Bspw. kann technischer Fortschritt und die Erschließung des Marktfelds Landfill Mining zur Kostenreduzierung führen.

## 7. Ergebniszusammenfassung

Die Ergebniszusammenfassung fasst die zuvor definierten Randbedingungen zusammen und gibt eine Übersicht, zu welchem Zeitpunkt ein Deponierückbau die nutzeneffizientere Lösung wäre.

Es ist zu berücksichtigen, dass sich je nach Auswahl des Benutzers, die einzelne Teilströme oder Berechnungsschritte auf unterschiedliche Bezugsgrößen (Ablagerungspotenzial, Frischmassepotenzial, Trockenmassepotenzial) beziehen können.

## Urheberrecht

Die durch die Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement erstellten Inhalte, Werke und Berechnungen des Rechenmodells „Ressourcenpotenzial von Hausmülldeponien“ unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der Zustimmung des Autors bzw. Erstellers.

## Haftungsausschluss

Der Autor bzw. Ersteller des Rechenmodells „Ressourcenpotenzial von Hausmülldeponien“ übernimmt keinerlei Haftung für Fehlberechnungen. Vielmehr ist durch den Benutzer zu prüfen, ob die getätigten Eingaben und die daraus resultierenden Ergebnisse plausibel sind.

*Für Fragen und mehr stehen wir Ihnen gerne zur Seite...  
...[www.einfälle-für-abfälle.de](http://www.einfälle-für-abfälle.de)*

---

## **Kontakt**

*Für Fragen oder Ideen stehen wir Ihnen gerne zur Seite...*

**Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement**  
Heinrich-Buff-Ring 26  
35392 Gießen

## **Ansprechpartner**

Prof. Dr. Stefan Gäth  
[stefan.a.gaeth@umwelt.uni-giessen.de](mailto:stefan.a.gaeth@umwelt.uni-giessen.de)

Dr. Jörg Nispel  
[joerg.nispel@umwelt.uni-giessen.de](mailto:joerg.nispel@umwelt.uni-giessen.de)