



## 5.2 Ökobilanz der Aushubentsorgung in Hessen

Die lebensnotwendige Kohlenstoffdioxid-Einbindung und die Freisetzung in die Atmosphäre wird durch natürliche Aktivitäten an Land und im Wasser nahezu konstant gehalten. Das Gas respektive die CO<sub>2</sub>-Konzentration bleibt somit ohne anthropogene<sup>11</sup> Aktivitäten durch Photosynthese, Zellatmung und Zersetzung im Gleichgewicht. Das Problem ist jedoch die Verbrennung fossiler, kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, welche das CO<sub>2</sub>-Gleichgewicht kippen und zu einer steten Klimaerwärmung mit substantieller Gefährdung der Lebensgrundlage führen. (36)

Mit einer CO<sub>2</sub>-Billanz wird die Menge an Treibhausgasemissionen für eine bestimmte Aktivität quantifiziert. Auf Basis dessen lassen sich wirtschaftliche als auch gesellschaftliche Prozesse im Hinblick auf den Klimaschutz evaluieren und bestenfalls optimieren. Die Angabe erfolgt dabei als CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e) pro Zeiteinheit. Das bedeutet, die unterschiedliche Wirkung verschiedener Treibhausgase wird mit der Klimawirkung von CO<sub>2</sub> verglichen, umgerechnet und zusammengefasst. Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent bildet dann die Summe aller Treibhausgase mit CO<sub>2</sub> als Referenz ab. (36)

Um anhand einer Ökobilanz die Auswirkungen erhöhter Transportentfernungen zur Abfallentsorgung zu untersuchen, müssen gewisse Grundlagen geklärt werden. Die Emissionsdaten, welche der Berechnung zugrunde liegen, wurden den Emissionstabellen für Güterverkehr des Umweltbundesamtes entnommen und in Tabelle 4 zusammengefasst dargestellt. Durch Vergleich mit Angaben anderer Quellen kann von einer hohen Qualität und Plausibilität ausgegangen werden. Für Lastkraftwagen liegt die Treibhausgasemission gemessen in CO<sub>2</sub>e bei 113 Gramm pro Tonne und Kilometer.

Tabelle 4 Emissionsdaten im Güterverkehr – Bezugsjahr 2019 (37)

Transportmittel	Treibhausgase <sup>12</sup>	Kohlenmonoxid	Flüchtige Kohlenwasserstoffe <sup>13</sup>	Stickoxide	Partikel
	[g/tkm] Gramm pro Tonnenkilometer				
LKW <sup>14</sup>	<b>113</b>	0,087	0,037	0,248	0,006
Güterbahn	<b>17</b>	0,011	0,002	0,027	0,001
Binnenschiff	<b>30</b>	0,074	0,028	0,388	0,008

Die Daten der Tabelle sind rechnerische, durchschnittliche Emissionswerte, welche für die Transportmittel aus Basis vielfältiger, theoretischer Faktoren und wissenschaftlicher Annahmen ermittelt wurden. Im realen Fahrbetrieb können diese jedoch von obigen Daten abweichen. (37)

Das gängigste Transportmittel für Erdaushub oder Bauschutt ab der Baustelle sind Lastkraftwagen. Zum Bewegen großer Massen werden größtenteils Sattelzüge mit mehr als vier Achsen eingesetzt. Für diese Betrachtung wird davon ausgegangen, dass der gesamte Abfall lediglich mit Fahrzeugen, bestehend aus einer Zugmaschine mit zwei Achsen und einem Kippauflieger mit drei Achsen transportiert wird. Die zulässige Gesamtmasse eines solchen Fahrzeuges beträgt 40,00 Tonnen.

<sup>11</sup> anthropogen: [menschengemacht] durch den Menschen beeinflusst, verursacht (45)

<sup>12</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

<sup>13</sup> ohne Methan

<sup>14</sup> LKW ab 3,5 Tonnen, Sattelzüge, Lastenzüge

Das Leergewicht, abhängig von Fahrzeugtyp und Ausstattung wird mit 13,20 Tonnen angesetzt. Als Nutzlast respektive Ladegewicht bleiben somit noch 26,80 Tonnen übrig. Die Ladevolumina eines Sattelzuges liegen bei ca. 18 bis 25 Kubikmetern. Beim Transport von Erdaushub können jedoch bei einem Umrechnungsfaktor von 1,80 Tonnen pro Kubikmeter maximal 15 Kubikmeter geladen werden.

Für die weitere Analyse bleibt somit festzuhalten, dass für den Transport von 26,80 Tonnen Bauschutt oder Erdaushub mit einem Sattelzug, Treibhausgasemissionen von 4,52 Kilogramm pro Kilometer entstehen. Wichtig ist dabei zu beachten, dass dies lediglich für den beladenen Transport in Richtung Entsorgungsstelle gilt.

Befragte Transportunternehmen schätzen den Beladungszustand auf dem Rückweg zu 75 Prozent der Fälle „voll“ ein. „Nachdem Bodenaushub gefahren wurde, sind die Mulden teilweise mit diesem behaftete. In der Regel können jedoch trotzdem andere Materialien auf dem Rückweg geladen und zur Baustelle transportiert werden.“

Die Emissionen bei Leerfahrt betragen 1,49 Kilogramm pro Kilometer.

$$113,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 40 t (\text{Gesamtgewicht}) = 4.520 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = 4,52 \frac{kg}{km}$$

$$113,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 13,20 t (\text{Leergewicht}) = 1.491,60 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = 1,49 \frac{kg}{km}$$

Damit emittiert der beladene Lastkraftwagen das 29,35-fache eines „normalen“ Autos (PKW = 0,154 kg/km). (37)

In vorherigem Kapitel wurde die Gesamtmenge an entsorgten Bau- und Abbruchabfällen in Hessen aus Statistiken zu ca. 13,9 Millionen Tonnen bestimmt. Diese Menge erfasst jedoch lediglich die innerhalb der Landesgrenzen entsorgten Abfälle. Bau- und Abbruchabfälle, welche außerhalb Hessens entsorgt wurden, wie beispielsweise 600.000 Kubikmeter Aushub (Sand, Kies) von der Baustelle des Terminals 3 des Frankfurter Flughafens, werden nicht betrachtet.

Bei einer mittleren Transportentfernung von 47 Kilometern (s. Absatz 4.3) und einem jährlichen Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen von ca. 13,9 Millionen Tonnen, legen rund 550.000 Lastkraftwagen eine Strecke von 51.700.000 Kilometern zurück. Die dadurch entstehenden CO<sub>2</sub>e – Emissionen belaufen sich auf 215.000 Tonnen. Es bleibt zu berücksichtigen, dass in der rechnerischen Analyse gewisse Annahmen beziehungsweise Vereinfachungen getroffen wurden (s. nachfolgende Rechnung). Nichtsdestotrotz liefert das Ergebnis eine aussagekräftige Botschaft. Die gesellschaftlichen als auch umweltpolitischen Zielsetzungen des Bundes oder auch speziell des Landes Hessen können bei gleichbleibenden oder steigenden Transportentfernungen nicht erreicht werden.

→ Berechnung der jährlichen CO<sub>2</sub>e – Emissionen in Hessen durch die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen:

• Art des Abfalls:	Bau- und Abbruchabfälle (AVV 17)
• Gesamtmenge (2012 – 2018):	13.900.00 t
• Mittlere Transportentfernung:	47,00 km
• CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (beladen)	4,52 kg/km
• CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (nicht beladen)	1,49 kg/km

$$\frac{13.900.000 \text{ t}}{26,80 \frac{\text{t}}{\text{LKW}}} = 518.657 \text{ LKW} \approx 550.000 \text{ LKW (da LKW nicht immer volle Auslastung)}$$

$$550.000 \text{ LKW} \cdot 47,00 \frac{\text{km}}{\text{LKW}} = \mathbf{25.850.000 \text{ km}}$$

Hinweg (beladen):	25.850.000 km
Rückweg (beladen):	19.387.500 km ( $\cong 75,00 \%$ )
Rückweg (nicht beladen):	6.462.500 km ( $\cong 25,00 \%$ )
Gesamte zurückgelegte Strecke:	51.700.000 km

$$25.850.000 \text{ km} \cdot 4,52 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 116.842.000 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$19.387.500 \text{ km} \cdot 4,52 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 87.631.500 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg beladen})$$

$$6.462.500 \text{ km} \cdot 1,49 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 9.629.125 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg nicht beladen})$$

**Gesamt:  $214.102.625 \text{ kg CO}_2\text{e}$**

Um die Menge an CO<sub>2</sub>e – Emissionen von ca. 215.000 Tonnen besser zu erfassen, wird folgender Vergleich angestellt. Als gute Näherung kann die jährliche Speichermenge eines Mischwaldes pro Jahr und Hektar über alle Altersklassen hinweg zu ca. 6 Tonnen angegeben werden. (38)

Der jährliche CO<sub>2</sub>e-Ausstoß von 215.000 Tonnen entspricht somit der jährlichen Bindung von 35.684 Hektar Mischwald. Insgesamt umfasst die Waldfläche in Hessen etwa 894.180 Hektar oder 42 Prozent der Landesfläche. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass gut 4,0 Prozent des hessischen Waldes mit der Bindung der durch die Entsorgung von Erdaushub und Bauschutt entstehenden Treibhausgasemissionen beschäftigt sind.

Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen von der als stark umweltschädlich „verteufelten“ Zementherstellung liegen nach Angaben der Treibhausgasbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2018 bei 378.000 Tonnen. Stellt man beide Werte gegenüber, so zeigt sich, dass die Emissionen durch weite Transportwege mehr als halb so groß sind, wie die der prozessbedingten Zementklinker Herstellung. Dafür wird derer jedoch gesellschaftlich als auch politisch eine deutlich höhere Bedeutung zugemessen.

Nachfolgend wird aufgezeigt, dass die wirklich relevanten Stellschrauben zur Besserung der ökologischen Situation und der damit einhergehenden Reduzierung der Emissionen von klimaschädlichen Treibhausgasen im Bereich Entsorgung, nicht alleine in der Entwicklung neuer Antriebstechniken, sondern vor allem auch in der Schaffung eines der Wirtschaftsleistung angepassten Netzes an Deponien liegen.

Abbildung 29 zeigt zwei verschiedene Funktionsgraphen. Der orangefarbene Graph bildet die mathematische Beziehung zwischen mittlerer Transportentfernung und CO<sub>2</sub>e – Emissionen ab. Der zweite Funktionsgraph zeigt die mögliche Reduzierung an Treibhausgasemissionen durch die Entwicklung alternativer Antriebstechniken. Einigen Studien zufolge zeigt der Diesel-LKW für den Bau und Betrieb pro Kilometer zwei bis dreimal höhere Emissionswerte als der Elektro-

LKW. Die Emissionen aus dem Abtransport der Bau- und Abbruchabfälle könnten somit um 50 Prozent reduziert werden (s. blaue Funktion).

Das Diagramm verdeutlicht, dass ein Zusammenspiel aus beiden Ansätzen „geringere Transportentfernung“ und „Einsatz alternativer Antriebstechniken“ große Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>- Bilanz nimmt. Da jedoch der Ausbau eines engmaschigen Deponienetzes vergleichsweise niederschwelliger umzusetzen ist, als alle Lastkraftwagen auf den Antrieb mit erneuerbaren Energien umzustellen, sollte diesem Parameter mindestens gleichwertige Beachtung geschenkt werden. Selbstverständlich ist die Entwicklung umweltfreundlicher Antriebssysteme weiterhin mit großem Nachdruck fortzuführen.

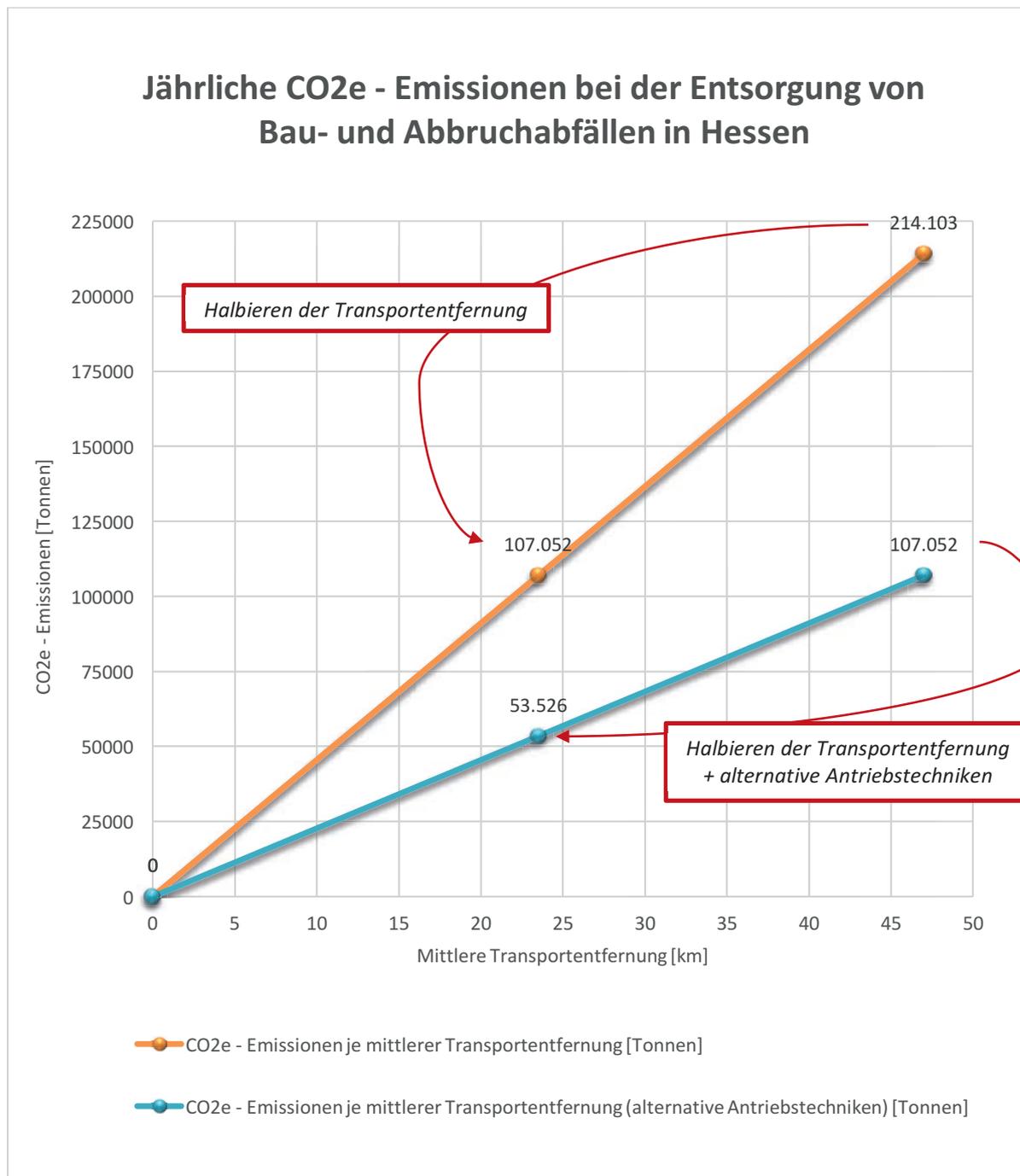


Abbildung 29 Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit der Transportentfernung und der Antriebstechnik [Eigenes Diagramm, 04.12.2021]

In dieser Ökobilanz soll des Weiteren ein Transportmittel untersucht werden, welches speziell im Raum Frankfurt zum Abtransport des Aushubmaterials verwendet wird: das Binnenschiff. Frachtschiffe der Binnenschifffahrt weisen eine mittlere Länge von 85,00 Metern und eine mittlere Breite von 9,50 Metern auf. Die Ladekapazität eines solchen Binnenschiffes liegt bei ca. 1.350 Tonnen und das Eigengewicht bei 1.615 Tonnen. (39)

Da sehr viele unterschiedliche Schiffstypen existieren wurden die obigen Mittelwerte als Referenz herangezogen. Abweichungen zu anderen Rechnungen sind daher nicht ausschließbar.

Bei voller Ladung ergibt sich ein CO<sub>2</sub>e Ausstoß von 88,95 Kilogramm pro Kilometer.

$$30,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 2.965 t (\text{Gesamtgewicht}) = 88.950 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = \mathbf{88,95 \frac{kg}{km}}$$

$$30,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 1.615 t (\text{Leergewicht}) = 48.450 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = \mathbf{48,45 \frac{kg}{km}}$$

Die Emissionsmenge pro Kilometer ist deutlich höher als bei einem Lastkraftwagen. Jedoch würde es rund 61 LKW Fahrten benötigen, um dieselbe Masse zu transportieren. Etliche Plattformen werben mit dem Binnenschiff als umweltfreundlicher Verkehrsträger. Ist es das tatsächlich?

Bei dieser Fragestellung muss beachtet werden, dass die Binnenschiffe sehr viel längere Transportwege hinter sich bringen als der Lastkraftwagen. Bau- und Abbruchabfälle, welche im Frankfurter Hafen geladen werden, werden vornehmlich in den Niederlanden entsorgt respektive im Zuge der Landauffüllung verwertet. Die einfache Transportentfernung liegt bei rund 550 Kilometern.

→ Welcher Verkehrsträger entsorgt Bau- und Abbruchabfälle umweltfreundlicher?

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| • Art des Abfalls:      | Bau- und Abbruchabfälle (AVV 17)        |
| • Zu entsorgende Menge: | 1.350 t                                 |
| • Annahme:              | Rückweg erfolgt bei LKW und Schiff leer |

### 1. Lastkraftwagen:

- |   |            |
|---|------------|
| • Mittlere Transportentfernung:                   | 47,00 km   |
| • CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (beladen)       | 4,52 kg/km |
| • CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (nicht beladen) | 1,49 kg/km |

### 2. Binnenschiff:

- |   |             |
|---|-------------|
| • Mittlere Transportentfernung:                   | 550,00 km   |
| • CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (beladen)       | 88,95 kg/km |
| • CO <sub>2</sub> e – Emissionen: (nicht beladen) | 48,45 kg/km |

**1. Lastkraftwagen:**

$$\frac{1.350 \text{ t}}{26,80 \frac{\text{t}}{\text{LKW}}} = 50,37 \text{ LKW} \approx 55 \text{ LKW (da LKW nicht immer volle Auslastung)}$$

$$55 \text{ LKW} \cdot 47,00 \frac{\text{km}}{\text{LKW}} = \mathbf{2.585 \text{ km}}$$

Hinweg (beladen): 2.585 km

Rückweg (nicht beladen): 2.585 km

Gesamte zurückgelegte Strecke: 5.170 km

$$2.585 \text{ km} \cdot 4,52 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 11.684,20 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$2.585 \text{ km} \cdot 1,49 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 3.851,65 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg})$$

**Gesamt: 15.535,85 kg CO<sub>2</sub>e**

**2. Binnenschiff:**

$$\frac{1.350 \text{ t}}{1.350 \frac{\text{t}}{\text{Schiff}}} = 1 \text{ Schiffahrt}$$

Hinweg (beladen): 550,00 km (Frankfurt – Niederlande)

Rückweg (nicht beladen): 550,00 km

Gesamte zurückgelegte Strecke: 1.100 km

$$550 \text{ km} \cdot 88,95 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 48.922,50 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$550 \text{ km} \cdot 48,45 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 26.647,50 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg})$$

**Gesamt: 75.570,00 kg CO<sub>2</sub>e**

Unter den getroffenen Annahmen und Vereinfachungen zeigt sich sehr deutlich, dass der Entsorgungsweg mittels Binnenschiff absolut zu vermeiden ist. Die Treibhausgasemissionen bei Transportwegen über die Grenzen der Bundesrepublik Deutschland hinaus entsprechen dem 4,9-fachen der inländischen Entsorgung. Es sind somit dringend regionale Alternativen zu entwickeln, die den Verkehrsträger Binnenschiff zur Abfallentsorgung ablösen.

### 5.3 Illegale Aushubentsorgung

Eine weitere negative Konsequenz des Status Quo ist die illegale Entsorgung der Bau- und Abbruchabfälle. Durch fehlende oder zu teure Alternativen kommt es speziell im ländlichen Bereich bei Kleinbaumaßnahmen zu häufigen Verstößen. Die während der Bearbeitungszeit durchgeführten Recherchen zeigen hierbei eindeutig, dass ein großes Unwissen über die Abfalleigenschaften von unbelastetem Bodenmaterial vorliegt. Das Material, welches aus Baugebieten „auf der grünen Wiese“ stammt, nicht ohne weiteres zur Auffüllung landwirtschaftlich genutzter Flächen verwendet werden darf, stößt auf großes Unverständnis.

Der Knackpunkt dieser Debatte ist § 3 Abs. 1 Satz 1 KrWG: „Abfälle sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. [...]“

Dementsprechend ist eben auch der Erdaushub, welcher beispielsweise bei dem Aushub einer Baugrube für ein Einfamilienhaus entsteht, als Abfall zu behandeln. Dieser Abfall darf nur in dafür vorgesehene Abfallentsorgungsanlagen entsorgt werden. Wird dieser auf nicht genehmigten Entsorgungsstätten abgeladen, so gilt dies als Straftat nach § 326 Abs. 1 und 2 Strafgesetzbuch (StGB).

Dieser Tatsache sind sich jedoch Baufachleute sowie Nichtfachleute oftmals nicht bewusst. Nichtsdestotrotz stellt die illegale Aushubentsorgung auch eine Möglichkeit dar, um sich der Kosten zu entziehen. Aufgrund der Ermangelung an Entsorgungsmöglichkeiten, impliziert die nicht genehmigte Aushubentsorgung enorme Gewinnmargen.

„Diese Mengen tauchen nicht in der Statistik auf, obwohl sie durchaus nennenswert sind“, erläuterte Kiesgrubenbetreiber Marcel Hett. „Da die ehemals gewünschte Feinmaschigkeit der Entsorgungsstellen nicht vorgehalten wird, ist die ungenehmigte Entledigung der Materialien für viele eine einfache und kostengünstige Alternative.“