

## Ökobilanzierung zur Entsorgung von teerhaltigem Straßenaufbruch

Florian Knappe und Joachim Reinhardt

1.	Methode .....	394
2.	Betrachtete Systeme und Wirkungskategorien .....	394
3.	Antransport und Logistik .....	397
4.	Ergebnisse und Diskussion .....	397
5.	Literatur.....	398

Bis vor einigen Jahrzehnten wurden in Deutschland im Straßenasphalt Kohlenteere als Bindemittel eingesetzt. Diese Teere sind entsprechend mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) belastet, von welchen einige kanzerogen sind. Mittlerweile wird im Asphalt nur noch das Bindemittel Bitumen verwendet.

Die alten Asphaltsschichten sind aber vielfach noch im Straßenkörper vorhanden. Gerade im kommunalen Straßennetz sind einige Straßen bis dato noch nicht grundhaft erneuert worden. Andererseits wurden außerorts Straßenkörper oftmals nur mit einem neuen Straßenkörper überbaut (Hocheinbau), oder das teerhaltige Material aufgenommen und in gebundener Form bspw. in Form einer hydraulisch gebundenen Tragschicht (HGT) wieder in den Straßenkörper eingebaut. Eine direkte Umweltbelastung ist damit ausgeschlossen. Mit jeder weiteren Baumaßnahme ist man jedoch erneut mit diesem schadstoffbelasteten Material konfrontiert, was nicht nur zu entsprechenden Kosten führt. Das Belastungspotenzial bleibt bestehen, die schadstoffbelasteten Massen werden nicht aus dem Materialkreislauf entnommen.

Diese Rückführung des teerhaltigen Straßenaufbruchs in den Straßenkörper ist zunehmend nicht mehr gewollt. Vor allem bei Baumaßnahmen in Baulast des Bundes und der Länder sollen diese Massen zukünftig entnommen und entsorgt, das PAK-belastete Material soll aus dem Kreislauf ausgeschleust werden.

Somit stellt sich die Frage, welche Entsorgungs- bzw. Verwertungsoptionen für diesen Abfallmassenstrom zur Verfügung stehen und wie diese aus ökologischer Sicht einzuordnen sind. Dies wird aufgrund der mit den jeweiligen Optionen verbundenen Transportwege und verschiedener lokaler Rohstoffsituationen ortsabhängig sein.

Der Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. (BDE) hat das ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg mit einer Studie beauftragt, mit der die verschiedenen Entsorgungsoptionen zunächst unabhängig von Transportketten analysiert und bewertet werden sollen. Im zweiten Schritt lassen

sich dann die spezifischen Vor- und Nachteile einzelner Optionen benennen und in Transportentfernungen beziffern, so dass ausschreibende Stellen in die Lage versetzt werden, die ökologisch günstigen Entsorgungswege unter den örtlichen Rahmenbedingungen identifizieren zu können.

## 1. Methode

Für eine ökologische Bewertung dieser Art ist das Instrument der Abfallökobilanz sehr zielführend. Auf der einen Seite werden die Betriebsmittel-, Energie- und Ressourcenverbräuche, die mit der Behandlung des teerhaltigen Straßenaufbruchs einhergehen, berücksichtigt. Der Verbrauch von Betriebsmitteln und Energie bedingt wiederum Emissionen und Ressourcenverbräuche, die bei deren Herstellung angefallen sind (Vorkette). Diese Inventardaten werden dann über wissenschaftlich abgeleitete Charakterisierungsfaktoren zu Wirkungskategorien zusammengefasst, welche die Umweltlasten der Entsorgung darstellen.

Auf der anderen Seite zielt die Abfallbehandlung auf einen Nutzen. Je nach Verfahren werden Energie oder primäre Rohstoffe ersetzt, deren Herstellung wiederum mit Umweltlasten verbunden wäre, welche dem System gutgeschrieben werden. Die Umweltlasten werden dann mit dieser Umweltentlastung zu Nettoergebnissen verrechnet.

Die Untersuchung kann auf erste Studien [1, 2] aufbauen, die als Ökoeffizienzanalysen verschiedene Handlungsoptionen bewertet haben. Die zur Verfügung stehenden Entsorgungsoptionen haben sich seitdem verändert. Auf eine ökonomische Bewertung wurde im Rahmen der Studie für den BDE verzichtet. Die Kosten einer Entsorgung lassen sich nicht beziffern, in aller Regel werden nur Preise zugrundegelegt. Diese sind sehr volatil und je nach Region unterschiedlich und müssen von den Akteuren vor Ort jeweils aktuell abgefragt werden. Mit der Verrechnung verschiedener Umweltwirkungen untereinander werden die Ergebnisse zudem intransparent.

## 2. Betrachtete Systeme und Wirkungskategorien

Zur Entsorgung von teerhaltigem Straßenaufbruch stehen momentan folgenden Optionen zur Verfügung:

Die klassische Entsorgungslösung besteht in **Beseitigung** des Materials **auf der Deponie**. Es handelt sich um eine eher lokale Entsorgungslösung. Das Material kann zudem ohne weitere Aufbereitung nach dem Ausbau aus dem Straßenkörper direkt abgelagert werden. Für diese Option ist ein Energieverbrauch für den Einbau und den Betrieb der Deponie während der Verfüllungsphase zu beachten. Es entstehen keine Deponiegase, das teerhaltige Material unterliegt keinem Abbau. Während der Verfüllungsphase und dem Eindringen von Niederschlägen in den Deponiekörper bildet sich Sickerwasser. Mit dem Sickerwasser werden Bestandteile des Teer eluiert und je nach Deponie entweder nach einer eigenen Aufbereitung direkt in die Oberflächengewässer eingeleitet oder

indirekt zuvor einer Behandlung in einer kommunalen Kläranlage übergeben. Die Deponierung stellt eine endgültige Ablagerung dar. Landfill Mining und damit der zukünftige Rückbau eines Deponiekörpers ist nach heutigem Kenntnisstand unwahrscheinlich. Die Schadstoffe sind damit mit Ausnahme der o.g. Elution gesichert und dem Kreislauf entzogen, sie sind aber nicht beseitigt. Ein Restrisiko verbleibt.

Auf der Deponie wird teerhaltiger Straßenaufbruch aber auch als Baustoff entweder bspw. für den Wegebau oder heute vor allem für die Profilierung verwendet (Verwertung). In Abgrenzung zur Beseitigung auf der Deponie sollte die Verwertung mit einem Nutzen verbunden sein. Dieser besteht im Einsatz als Baustoff oder als Masse zur Schaffung von Volumen. Für beide Anwendungszwecke werden in der Praxis grundsätzlich Abfallmassen eingesetzt. Während jedoch für pechhaltiges Material eine stoffliche Verwertung nur auf dem Deponiekörper möglich ist, muss dies für die ansonsten alternativ zur Verfügung stehenden Abfallmassen nicht der Fall sein. Ihre Verwertung außerhalb des Deponiekörpers wäre – nach einer entsprechenden Aufbereitung bspw. bei einem Bauschuttrecycler – mit einem Einsatz als Wegebau- oder Erdbaumaterial und damit mit einer Substitution primärer Rohstoffe verbunden. In Summe führt die Verwertung von teerhaltigem Straßenaufbruch zu Bauzwecken auf der Deponie zu einer Substitution konventionellen auf primärer Rohstoffbasis hergestellten Baustoffen. Ansonsten gelten dieselben Rahmenbedingungen wie für die Beseitigung auf der Deponie.

Für die thermische Behandlung ist zumindest teilweise ein zusätzliches Vorbrechen des ausgebauten teerhaltigen Straßenaufbruchs unter Energieeinsatz nötig, um die teerhaltige Oberfläche aufzuschließen. Dieses Brechen erfolgt teilweise aber auch schon vor dem Transport. Das Material wird auf dem Gelände der Anlage zwischengelagert werden und von dort mittels Radlader sukzessive auf die Anlage aufgegeben. Die organischen Schadstoffe werden dann unter Zufuhr von Erdgas in der Verbrennungstrommel und der anschließenden Nachverbrennung weitgehend zerstört. Dabei wird der Kohlenstoff im Teer wie auch der Kohlenstoff aus dem verfeuerten Erdgas in Form fossilen Kohlendioxids emittiert. Die aus dem Teer und Erdgas gewonnene Energie wird über eine Dampfturbine teilweise in Strom gewandelt und kann zudem grundsätzlich als Fernwärme abgegeben werden. In beiden Fällen wird entsprechende Energie aus dem jeweiligen regionalen Energieträgermix substituiert.

Wird teerhaltiger Straßenaufbruch als Monofraktion verbrannt, verbleiben als feste Verbrennungsrückstände im Ansatz die mineralischen Materialien, die ursprünglich zur Herstellung des Asphalttes eingesetzt wurden. Diese Materialien lassen sich als Zuschlag in die Asphaltproduktion zurückführen oder auch in Konkurrenz zu Primärrohstoffen anderweitig hochwertig verwerten. Weiterhin wird dann über die Filter der Abgasreinigung das Material abgeschieden, das als Asphaltfüllstoff verwendet wurde und analog wieder als Substitut von Gesteinsmehl eingesetzt werden kann. Bei der Abgaswäsche entsteht zudem REA-Gips als Substitut für Natursteingips. Es handelt sich bislang um eine überregionale Entsorgungslösung, derartige Anlagen stehen in Deutschland noch nicht zur Verfügung. Die Bilanzierung dieser Entsorgungsoption erfolgte anhand des Praxisbeispiels REKO aus Rotterdam.

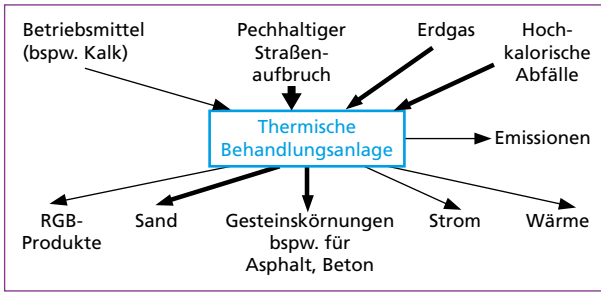


Bild 1:

Input- und Outputströme bei der thermischen Behandlung von pechhaltigem Straßenaufbruch in der REKO-Anlage Rotterdam

Der Energiewirkungsgrad einer thermischen Behandlung kann sehr unterschiedlich ausfallen. Zum einen hängt die Wärmenutzung und damit der Substitutionserfolg von den standörtlichen Rahmenbedingungen ab und der Anschlussmöglichkeit an ein Fernwärmenetz oder einen industriellen Abnehmer. Zum anderen lassen sich derartige Anlagen auch mit unterschiedlichen Energieeffizienzen und Wirkungsgraden in der Energieausbeute verwirklichen. Um diesem Aspekt gerecht zu werden, wurde die mögliche Spannweite der thermischen Behandlung über vier Szenarien abgebildet.

- Nur Stromauskopplung mit geringem Wirkungsgrad,
- Auskopplung von Strom und Fernwärme,
- Steigerung des Stromwirkungsgrades und weitgehende Auskopplung und Nutzung als Fernwärme,
- Auch in Verbindung mit einer weitgehenden Substitution des Erdgaseinsatz durch andere regenerative Energieträger (beispielsweise Holzvergaser).

Der durch die bereitgestellte Energie substituierbare Energieträgermix ergibt sich wiederum aus den regionalen und standörtlichen Bedingungen. Strom basiert von Land zu Land auf einem unterschiedlichen Energieträgermix. Dies gilt analog auch für Fernwärme.

Die substituierten primären mineralischen Rohstoffe müssen je nach Region aus unterschiedlicher Entfernung antransportiert werden. Mit der Entfernung zu den Mittelgebirgen steigt die Transportaufwendung für Steine, Gesteismehl und Gips und damit die Gutschrift. Die Bewertung der thermischen Behandlung ist damit im Gegensatz zur Entsorgung auf Deponien regionsspezifisch. Diese regionalen Abhängigkeiten wurden über verschiedene Szenarien aufgegriffen.

Betrachtet werden die für diese Fragestellung relevanten **Wirkungskategorien**. Dies sind:

- Treibhauseffekt, Ressourcen-Summenparameter fossiler primärer Energieaufwand (KEA): Energieverbrauch, Verbrennung fossiler Energieträger (Teer), Baumaschinen, Transporte,
- Versauerungs-, terrestrisches Eutrophierungspotenzial, luftseitiges Krebsrisikopotenzial (Humantoxizität): Verbrennungsprozesse, Baumaschinen, Transporte,
- Feinstaubemissionen (Humantoxizität): Verbrennungs- und mechanische Behandlungsschritte, Baumaschinen, Transporte,

- Naturraumbeanspruchung, Ressourcen-Summenparameter mineralischer kumulierter Rohstoffaufwand (KRA): Substitution mineralischer Primärressourcen mit Einsparung von Abbaufäche durch Verwertung teerhaltigen Straßenaufbruchs,
- PAK-Emissionen (Ökotoxizität): Repräsentant zur Abbildung der Elution von Schadstoffen aus der Deponie während der Verfüllungsphase.

### 3. Antransport und Logistik

Der Antransport unterscheidet sich bei den untersuchten Optionen sowohl hinsichtlich der Transportentfernung als auch der Verkehrsmittel sowie der Notwendigkeit von Zwischenlagerung und Umschlag.

Für die Ablagerung von teerhaltigen Straßenaufbruch geeignete Deponien sind regional verbreitet, so dass der Antransport unabhängig vom Anfallort grundsätzlich über kürzere Distanzen erfolgen kann, als dies für die Entsorgungsalternative thermische Behandlung möglich ist. Derartige Behandlungsanlagen existieren bislang nur in den Niederlanden.

Der Transport zu Deponien erfolgt per LKW. Eine Zwischenlagerung mit Umschlag ist nicht nötig. Bei der energetischen Verwertung wäre ein ähnliches Logistiksystem nur im Falle eines genauso engmaschigen Netzes entsprechender Anlagen zielführend. Je nach Anfallort lohnt sich aufgrund der weiteren Distanz ein Transport per Schiff oder Bahn, wobei der Transport zum Hafen bzw. Bahnhof jeweils straßengebunden erfolgen muss.

Bei einem Wechsel auf Schiff oder Bahn bzw. bei einem Transport per LKW über weitere Strecken muss eine Zwischenlagerung erfolgen, um die für eine gute Auslastung der Verkehrsmittel benötigten Massen zusammenzutragen. Eine Zwischenlagerung ist mit einem Umschlag vom Ersttransport über Lager zum Zweittransport durch Baumaschinen mit entsprechendem Energieverbrauch verbunden.

Eine pauschale Bewertung des Aufwands für Antransport und Logistik für die verschiedenen Optionen ignoriert die aufgezeigte Abhängigkeit vom jeweiligen Anfallort und greift daher zu kurz. Dieser muss für jeden Anfallort über Kennzahlen zum Transport mit den jeweiligen Verkehrsmitteln unter Berücksichtigung von Auslastung und Art der Transportwege sowie zum Umschlag im Einzelfall bestimmt werden. Die dafür benötigten Werte und Hintergründe sollen mit dieser Studie zur Verfügung gestellt werden.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Skripts lagen die Ergebnisse der Studie noch nicht vor.

Die Studie wurde in enger Abstimmung mit einem Projektbegleitkreis bestehend aus Verbandes-, Länder- und Bundesvertretern angefertigt, um eine objektive Darstellung und Herangehensweise sicherzustellen, die alle wesentlichen Punkte für eine

umweltpolitische Entscheidungsfindung beleuchtet. Im Vorfeld zur Erstellung dieses Manuskriptes fand ein erstes Treffen mit dem Begleitkreis statt, in welchem die hier dargestellte Herangehensweise festgelegt wurde.

Die Ergebnisse zur ökologischen Bewertung werden erst im Nachgang zu diesem Manuskript verfügbar sein, weil das Projekt erst dann in die Auswertephase geht. Sie werden in Folge für die verschiedenen Szenarien mit dem Begleitkreis erörtert, um gemeinsam noch Schwachstellen in der Analyse aufdecken zu können. In der Präsentation werden dann die endgültigen Ergebnisse gezeigt. Daraus werden grobe Empfehlungen abgeleitet, die dann wie dargestellt auf den jeweiligen Anfallort angepasst werden müssen.

Es sind gegenläufige Ergebnisse in den verschiedenen Wirkungskategorien zu erwarten. Die Diskussion darüber wird verbal-argumentativ erfolgen. Als Unterstützung dabei kann zum einen die Darstellung der quantitativen Bedeutung der jeweiligen Wirkungskategorien nach Normierung auf die Werte, die ein Einwohner in Deutschland über die gesamte Volkswirtschaft hinweg jährlich verursacht (Einwohnerdurchschnittswerte EDW), dienen. Zum anderen hat das Umweltbundesamt die Wirkungskategorien entsprechend den politischen Zielsetzungen, dem Stand der Wissenschaft wie auch der Sensibilität der Öffentlichkeit qualitativ priorisiert [3].

Am jeweiligen Anfallort können dann auch die jeweiligen Annahme- und Transportpreise abgefragt werden, um die verschiedenen Konzepte auch aus ökonomischer Sicht zu vergleichen. Ob dann unter den jeweiligen Randbedingungen die ökologische oder ökonomische Bewertung priorisiert wird, muss jeder Entscheidungsträger für sich festlegen.

## 5. Literatur

- [1] Kleine, A.; Müller, F.: Überbauen einer teerhaltigen Straße – Ökoeffizienzstudie – Zusatzauswertung. LUWG Rheinland Pfalz und MUEEF Rheinland-Pfalz (Hrsg.): TU Kaiserslautern, Mainz, 2009
- [2] Kleine, A.; Weber, V.; Saling, P.; Weicht, R.: Ökoeffizienz-Analyse zu Entsorgungsoptionen von pech-/teerhaltigem Straßenaufbruch. SAM Rheinland-Pfalz (Hrsg.): TU Kaiserslautern, BASF AG, Mainz, 2007
- [3] N.N.: Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043, Berlin (= UBA Texte 92/99)