

Ökobilanz: Vergleich zweier Systeme der Schachtabdeckung

Konventionelle Schachtabdeckung
und Automatisches Niveau
Ausgleichsystem (ANA)

Dr.-Ing. Angelika Tisch

2009-10-05

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Ziel und Untersuchungsrahmen	5
2.1	Funktionelle Einheit.....	5
2.2	Definition der zu vergleichenden Systeme	6
2.3	Nutzungsdauer der zu vergleichenden Systeme	8
2.4	Lebensweg und Systemgrenzen	10
2.5	Daten und Annahmen für die Sachbilanz	13
2.6	Wirkungsabschätzung	13
3	Ergebnisse der Ökobilanz	15
3.1	Umweltwirkungen im Vergleich (inkl. Baustellenstau)	15
3.2	Umweltwirkungen im Vergleich (ohne Baustellenstau)	19
3.3	Die umweltrelevantesten Prozesse im Lebensweg der Schachtabdeckungen.....	22
4	Sensitivitätsanalyse.....	27
4.1	Sensitivitätsprüfung 1: Geringeres Gewicht des Schachtdeckels und Bahntransport	27
4.2	Sensitivitätsprüfung 2: Erhöhte Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel bei konventioneller Schachtabdeckung	28
4.3	Sensitivitätsprüfung 3: Erhöhte Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel beim ANA-System	31
4.4	Sensitivitätsprüfung 4: Keine Berücksichtigung der Transporte bei der konventionellen Schachtabdeckung	31
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	34

Anhang

1 Einleitung

Das IFZ wurde vom Unternehmen Plochberger & Partner OEG mit der Durchführung einer Ökobilanz für zwei Systeme der Schachtabdeckung beauftragt. Das eine System ist eine konventionelle Schachtabdeckung, das andere ein relativ neues Verfahren, das Automatische Niveau Ausgleichssystem (ANA-System).

Im Rahmen eines Pilotprojekts wird das ANA-System in den Jahren 2008-2009 an ausgewählten Stellen in der Stadt Wien eingebaut. Das Pilotprojekt und die vorliegende Ökobilanz wurden mit Unterstützung der Stadt Wien realisiert.

Im vorliegenden Bericht der Ökobilanz werden in Kapitel 2 das Ziel der Ökobilanz und der Untersuchungsrahmen beschrieben. Die funktionelle Einheit wird festgelegt, auf die die Stoff- und Energieströme sowie die Umweltwirkungen bezogen werden. Die zu vergleichenden Systeme und ihre jeweilige Nutzungsdauer werden definiert und ein Modell für den Lebensweg der einzelnen Systeme der Schachtabdeckung modelliert (von der Produktion bis zur Entsorgung). Zudem wird dargestellt, woher die Daten für die Ermittlung der Stoff- und Energieströme im Lebensweg der zwei Systeme stammen und mit welcher Methode die Umweltwirkungen (etwa *krebserregende Stoffe*, *Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen* oder *Klimaveränderung*) dieser Stoff- und Energieströme abgeschätzt wurden.

In Kapitel 3 werden die zentralen Ergebnisse der in der Ökobilanz durchgeführten Wirkungsabschätzung vorgestellt.

Einzelne Annahmen zum Lebensweg der zwei Systeme der Schachtabdeckung haben einen größeren Einfluss auf das Ergebnis der Ökobilanz. Daher wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse in Kapitel 4 dargestellt wird. Im Rahmen dieser Sensitivitätsanalyse wurden mehrere Annahmen zum Lebensweg der Systeme verändert und die Ergebnisse der Ökobilanz neu berechnet.

Kapitel 5 des vorliegenden Berichts enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Die vorliegende Ökobilanz basiert – wie andere Ökobilanzen auch – auf Modellen der untersuchten Systeme. Zudem basiert sie auf Daten, die aus Befragungen, von Datenbanken oder aus Annahmen stammen (siehe Anhang). Die Ergebnisse der Ökobilanz bilden daher die Wirklichkeit nicht 1:1 ab, sondern sind zwangsläufig mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Diese Unsicherheiten bestehen grundsätzlich bei allen Ökobilanzen. Im Rahmen der vorliegenden Ökobilanz wurden diese Unsicherheiten möglichst gering gehalten, indem etwa für die Erhebung der Daten soweit möglich Befragungen durchgeführt und international anerkannte Datenbanken wie die Datenbank ecoinvent verwendet wurden.

Für die Erarbeitung der vorliegenden Ökobilanz wurden fast alle Anforderungen der ÖNORMEN EN ISO 14040 *Umweltmanagement – Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen* und 14044 *Umweltmanagement – Ökobilanz. Anforderungen und Anleitungen* berücksichtigt, jedoch mit einer Ausnahme: Eine Ökobilanz, die alle Forderungen der oben genannten Normen erfüllt, muss einer Kritischen Prüfung durch einen Ausschuss interessierter Kreise¹ unterzogen werden. Für die vorliegende Ökobilanz ist die Durchführung einer solchen Kritischen Prüfung derzeit nicht geplant.

Die Ökobilanz wurde mit Hilfe der Software SimaPro 7 (PRe Consultants) erarbeitet.

¹ Siehe ÖNORM EN ISO 14040:2006, S. 24: "Vom Auftraggeber einer Studie muss ein externer, unabhängiger Sachverständiger ausgewählt werden, der als Vorsitzender eines Prüfungsausschusses mit mindestens drei Mitgliedern tätig ist. Auf der Grundlage des Ziels, des Untersuchungsrahmens und des für die Kritische Prüfung zur Verfügung stehenden Budgets muss der Vorsitzende weitere, unabhängige, qualifizierte Sachverständige auswählen."

2 Ziel und Untersuchungsrahmen

In der Ökobilanz werden die Umwelteffekte der folgenden zwei Systeme der Schachtabdeckung verglichen:

- Die *konventionelle Schachtabdeckung*, bei der der Schachtdeckel mit einer Betonschicht (Ortbeton) mit dem Abwasserschacht verbunden ist.
- Das *Automatische Niveau Ausgleichsystem (ANA-System)*, bei dem der Schachtdeckel auf eine Dilatations-Plattenkonstruktion geklebt ist, welche auf dem Frostkoffer und Planum aufliegt. Die Dilatations-Plattenkonstruktion (das sogenannte Dilatationselement) ist über eine Membran mit dem Kanalschacht verbunden.

Bei beiden Systemen werden auch die Asphaltsschichten des Fahrbahnaufbaus, die die Schachtabdeckung unmittelbar umgeben, als zum System zugehörig betrachtet.

Der Ökobilanz liegt die Frage zugrunde, ob das ANA-System im Vergleich zur konventionellen Schachtabdeckung mit Umweltentlastungen oder Umweltbelastungen verbunden ist.

Die Ökobilanz richtet sich an die Stadt Wien, die als potenzieller Anwender des ANA-Systems bei der Sanierung der Schachtabdeckungen oder bei der Komplettsanierung der Straße die Wahl zwischen den beiden Systemen hat. Alle Annahmen der vorliegenden Ökobilanz wurden daher auf die Stadt Wien zugeschnitten, etwa die Abmessungen der untersuchten Schachtabdeckungen oder die Transportentfernungen. Die Ökobilanz richtet sich aber auch an alle anderen öffentlichen Auftraggeber in Österreich.

Die Ökobilanz wurde vom Unternehmen Plochberger & Partner OEG in Auftrag gegeben. Ihre Ergebnisse werden von der Stadt Wien veröffentlicht.

2.1 Funktionelle Einheit

Die beiden zu vergleichenden Systeme besitzen die einzige Funktion, Abwasserschächte zur Straße hin abzudecken. Als funktionelle Einheit für den Vergleich der beiden Systeme der Schachtabdeckung wird in der vorliegenden Ökobilanz die *"Abdeckung eines Abwasserschachtes mit einer Schachtabdeckung der Größe 60cm x 60cm² über einen Zeitraum von 15 Jahren"*³ gewählt. Die Ergebnisse, die in Kapitel 3 für die zu vergleichenden

² Die Größe 60cm x 60cm wurde gewählt, da die Abwasserschächte in Wien diese Größe besitzen und die Ökobilanz mit Bezug auf den Ort Wien erarbeitet wurde.

³ Der Zeitraum von 15 Jahren wurde aufgrund der Annahme gewählt, dass Straßen im Durchschnitt alle 15 Jahre komplett saniert und damit auch die Schachtabdeckungen erneuert werden.

Systeme der Schachtabdeckung dargestellt sind, stellen also die Umweltwirkungen der Stoff- und Energieströme (Sachbilanz) dar, die für die Abdeckung eines Schachtes über den Zeitraum von 15 Jahren erforderlich sind.

2.2 Definition der zu vergleichenden Systeme

System 1: *Konventionelle Schachtabdeckung*, bei der der gusseiserne Kanaldeckel über eine Schicht Ortbeton mit dem Abwasserschacht verbunden ist. Bei dem System wird auch der Asphalt der oberen Schichten des Fahrbahnaufbaus berücksichtigt, der den Schachtdeckel umgibt. In der folgenden Abbildung ist die konventionelle Schachtabdeckung skizziert.

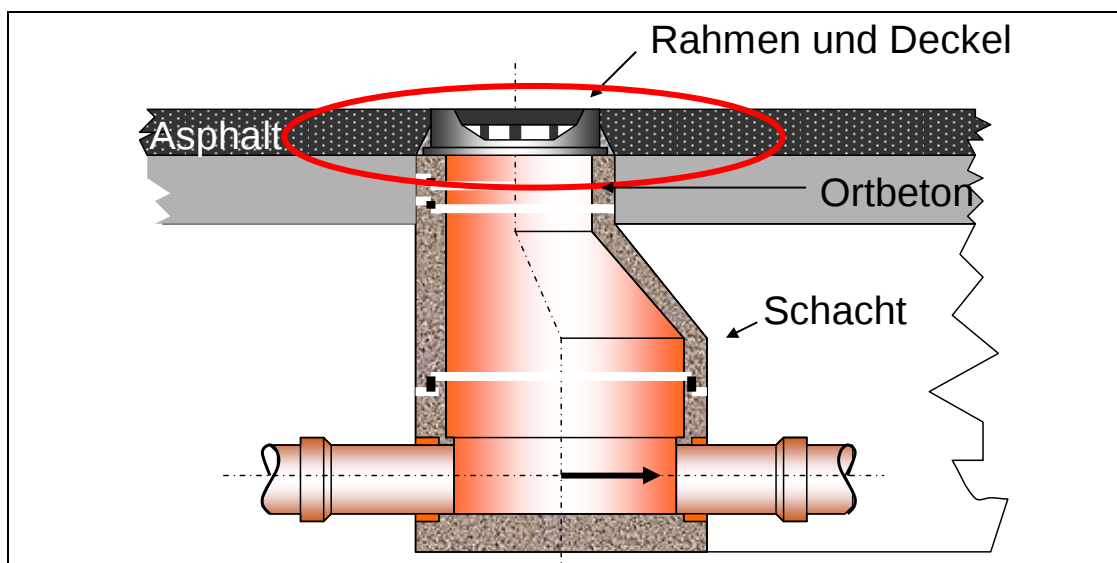


Abb. 1: Skizze eines Schachts mit konventioneller Schachtabdeckung (rot umrandet die Schachtabdeckung).

System 2: *ANA-System*, bei dem der gusseiserne Kanaldeckel mit einer Dilatations-Plattenkonstruktion aus glasfaserverstärktem Kunststoff verklebt ist. Die Platte liegt auf dem Planum auf. Zum Schacht hin ist sie mit einer Membran (Bauschaum) abgedichtet. Auch hier zählt zum System der Asphalt des Fahrbahnaufbaus, der den Schachtdeckel unmittelbar umgibt. Das ANA-System ist in den zwei folgenden Abbildungen dargestellt.

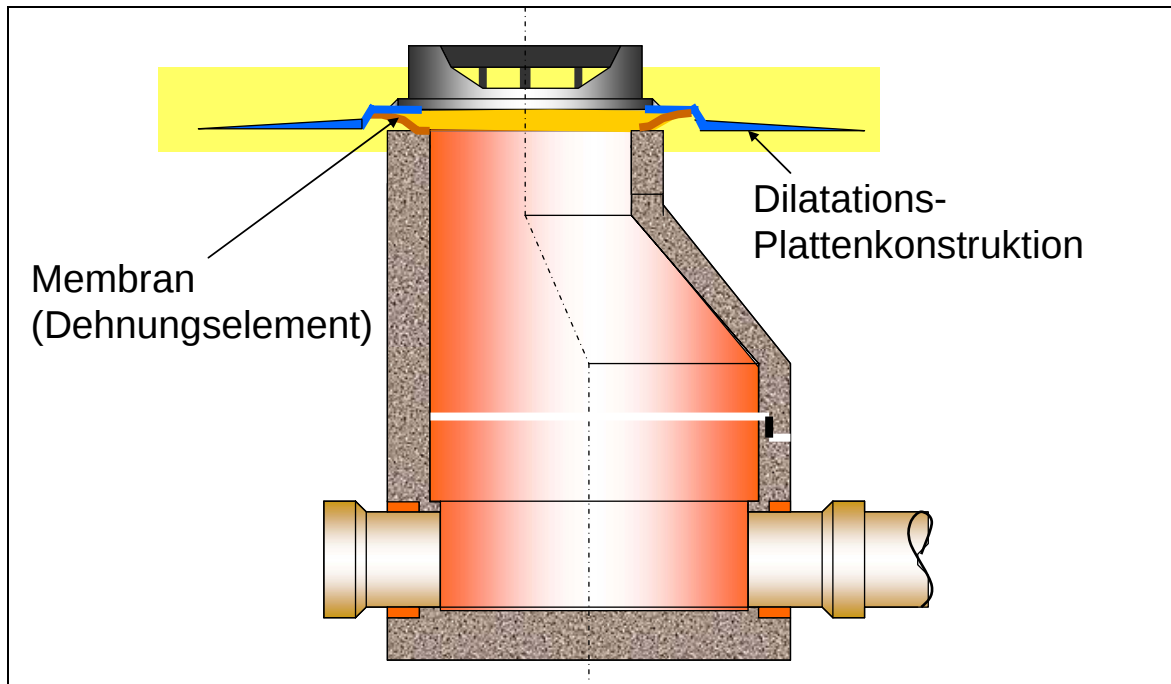


Abb. 2: Skizze eines Schachts mit dem ANA-System als Abdeckung.



Abb. 3: Foto des ANA-Systems, das gerade eingebaut wird (zu erkennen ist der Schachtdeckel, die Klebschicht und die darunter liegende graue Platte, das Dilatationselement).

2.3 Nutzungsdauer der zu vergleichenden Systeme

Untersuchungen zeigen, dass schon nach einigen Monaten nach Fertigstellung der Straße in der Umgebung von konventionellen Schachteinbauten erste Schäden an der asphaltierten Fahrbahnoberfläche auftreten können (vgl. Haar, 2003⁴). Ob und wann Schäden auftreten, hängt insbesondere von der Verkehrsbelastung, der Bauqualität und den klimatischen Verhältnissen ab. Diese Schäden resultieren aus dem unterschiedlichen Dilatationsverhalten (Längenausdehnung in Folge von Kraft und Wärme) des starren Kanalschachts und des Fahrbahnaufbaus, der den Kanalschacht umgibt. Es kommt zu Zugspannungen, die zu Rissen führen. Durch diese kann Wasser eindringen, das den Zerstörungsprozess des Fahrbahnbelags beschleunigt. In der Folge verliert der Belag an statischer Tragkraft, was insbesondere um den Kanaldeckel herum in Form von Senkungen des Asphalts und Rissen im Asphalt sichtbar wird.

Der Ökobilanz liegt die Annahme zu Grunde, dass es bei dem ANA-System zu deutlich weniger Schäden am Fahrbahnbelag, der den Schachteinbau umgibt, sowie am Schachtdeckel selbst kommt. Beim ANA-System wird der Schachtdeckelrahmen vom Schacht kräftemäßig entkoppelt. Wenn in der Umgebung des Schachtes Spannungen auftreten, so gleicht das ANA-System diese ohne Ausbildung von Spannungsrissen im Asphalt aus. Dazu liegen entsprechende Untersuchungsergebnisse vor bzw. es werden derzeit praxisnahe Dauerversuche des Systems durchgeführt. Die Lebensdauer des ANA-Systems wurde auf mindestens 25 Jahre festgelegt⁵.

Für die Nutzungsdauer der zwei Systeme werden folgende Annahmen getroffen:

Das ANA-System hat eine Nutzungsdauer von mindestens 15 Jahren. In dem Zeitraum von 15 Jahren, der in der Ökobilanz betrachtet wird, wird die Schachtabdeckung mit dem ANA-System also nicht saniert.

⁴ Egon Haar: "Dilatationsausgleichssystem" für verschiedene Schachtabdeckungen in einer Bodenfläche. Judenburg 2003.

⁵ Theoretische Berechnungen und praktische Tests zur Nutzungsdauer des ANA-Systems wurden bzw. werden u. a. vom Unternehmen 4a engineering GmbH (Thomas Wimmer) in Traboch durchgeführt.

Die Nutzungsdauer der konventionellen Schachtabdeckung ist zum einen von der Stärke der Schäden am Schachtdeckel und an dem sie umgebenden Fahrbahnaufbau abhängig. Sie ist zum anderen davon abhängig, ob eine Sanierung der Schachtabdeckung tatsächlich durchgeführt wird. Statt einen Durchschnittswert für die Nutzungsdauer zu bestimmen, werden im Folgenden drei Szenarien für die Nutzungsdauer der konventionellen Schachtabdeckung angenommen:

- Nutzungsdauer von 5 Jahren: Im Zeitraum von 15 Jahren (siehe funktionelle Einheit) wird die Schachtabdeckung *zweimal* saniert.
- Nutzungsdauer von 7,5 Jahren: Im Zeitraum von 15 Jahren wird die Schachtabdeckung *einmal* saniert.
- Nutzungsdauer von 15 Jahren: Im Zeitraum von 15 Jahren wird die Schachtabdeckung nicht saniert.

Insgesamt werden also für insgesamt 4 Szenarien der Schachtabdeckung die Umweltwirkungen ermittelt:

1. ANA-System.
2. Konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren.
3. Konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren.
4. Konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren.

2.4 Lebensweg und Systemgrenzen

Der Lebensweg einer Schachtabdeckung – unabhängig davon ob konventionell oder mit dem ANA-System – besteht im Wesentlichen aus den folgenden Phasen:

- Produktion der Elemente der Schachtabdeckung (z. B. Schachtdeckel)
- Einbau der Schachtabdeckung
- Ggf. Sanierung des Fahrbahnaufbaus um den Schachtdeckel bzw. Austausch des Schachtdeckels
- Entsorgung der Schachtabdeckung

In den zwei folgenden Abbildungen sind Modelle der Lebenswege der zwei Systeme der Schachtabdeckung dargestellt. In den Abbildungen sind auch die Transportentfernungen genannt, die der Ökobilanz zugrunde liegen. Die Stoff- und Energieströme der einzelnen Prozesse sind im Detail in der Tabelle im Anhang dargestellt.

In der Abbildung sind einzelne Prozesse grau markiert. Das sind Prozesse, die in der Ökobilanz nicht berücksichtigt sind, entweder weil sie für beide Systeme der Schachtabdeckung identisch sind und daher bei beiden vernachlässigt wurden; oder weil ihr Beitrag zu den Umweltwirkungen als unerheblich eingeschätzt wurde.

Lebensweg der konventionellen Schachtabdeckung

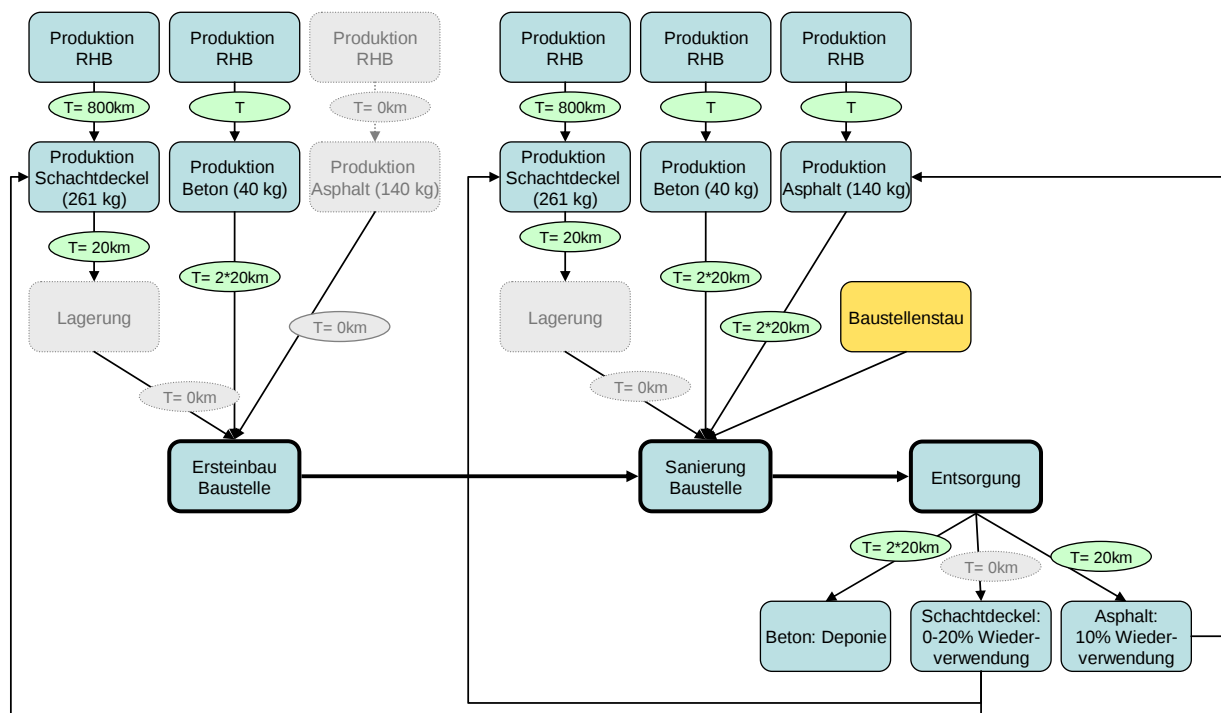


Abb. 4: Modell des Lebenswegs der konventionellen Schachtabdeckung
(T = Transportentfernung, RHB = Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe)

Für den Ersteinbau der Schachtabdeckung sind die Produkte Schachtdeckel, Beton und Asphalt notwendig. In dem hier modellierten System wird davon ausgegangen, dass der Einbau der Schachtabdeckung im Rahmen der Komplettsanierung der Straße erfolgt. Da diese Komplettsanierung der Straße bei beiden Systemen der Schachtabdeckung identisch verläuft, wird sie hier nicht weiter betrachtet. Daher wird auch die Produktion der Asphalts sowie der Energieaufwand für den Ersteinbau (etwa der Energieverbrauch der Baumaschinen) nicht berücksichtigt. Die Lagerung des Schachtdeckels beim Bauunternehmen wird nicht berücksichtigt, weil deren Umwelteffekte als vernachlässigbar eingeschätzt wurden.

Bei dem Szenario *konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren* findet im betrachteten Zeitraum von 15 Jahren eine Sanierung der Schachtabdeckung statt, beim Szenario *konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren* wird zweimal saniert. Beim Szenario *konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren* wird keine Sanierung durchgeführt (siehe Kapitel 2.3). Die im Modell berücksichtigten Prozesse bei der Sanierung sind ebenfalls in der Abbildung dargestellt. Bei der Sanierung wird der Asphalt berücksichtigt, da er nur in den Szenarien relevant ist, in denen eine Sanierung durchgeführt wird. Außerdem wird bei der Sanierung auch der Stau einbezogen, der sich aufgrund der Baustelle ergibt. Eine durchschnittliche Baustelle zur Einzelsanierung von Schachtabdeckungen dauert in Wien etwa 12 Stunden. Die Bautätigkeit wird vornehmlich in der Nacht durchgeführt (Angaben der Wiener Magistratsabteilung MA 28). Die Annahmen für den Baustellenstau sind im Anhang dargestellt.

Für die Entsorgung des Asphalts wird angenommen, dass 10 % wiederverwendet werden. Der Rest des Asphalts sowie der Beton werden deponiert. Für die Entsorgung der Schachtabdeckung wird die Annahme getroffen, dass bei den Szenarien, bei denen eine Sanierung der Abdeckung durchgeführt wird, 20 % der Schachtdeckel wiederverwendet werden. Bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren wird dagegen angenommen, dass sich der Schachtdeckel aufgrund der langen Nutzungsdauer nicht mehr für eine Wiederverwendung eignet.

Lebensweg des ANA-Systems

In der folgenden Abbildung ist der Lebensweg des ANA-Systems dargestellt. Da es über den Zeitraum von 15 Jahren nicht saniert wird, folgt dem Prozess des Ersteinbaus direkt die Entsorgung.

Das ANA-System besteht aus einem Schachtdeckel, der gekröpften Platte (Dilatationselement), dem Kleber für die Befestigung des Schachtdeckels auf der Platte sowie dem Bauschaum, mit dem der Raum zwischen Dilatationselement und Kanalschacht abgedichtet wird. Auch beim ANA-System wird der Asphalt, der für die Komplettsanierung der Straße (im Modell als Ersteinbau bezeichnet) benötigt wird, nicht berücksichtigt. Auch die Lagerung der einzelnen Bestandteile der Schachtabdeckung

beim Bauunternehmen bleibt unberücksichtigt. Für die Entsorgung des ANA-Systems wird angenommen, dass das Dilatationselement in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt wird. Außerdem wird angenommen, dass der Schachtdeckel nicht wiederverwendet wird. Dies wird in der Realität nicht immer stimmen, da das ANA-System nicht nur Schäden am Straßenbelag, sondern auch am Schachtdeckel verhindern soll. So ist die Wahrscheinlichkeit relativ groß, dass auch beim ANA-System ein bestimmter Prozentsatz der Deckel wiederverwendet wird.

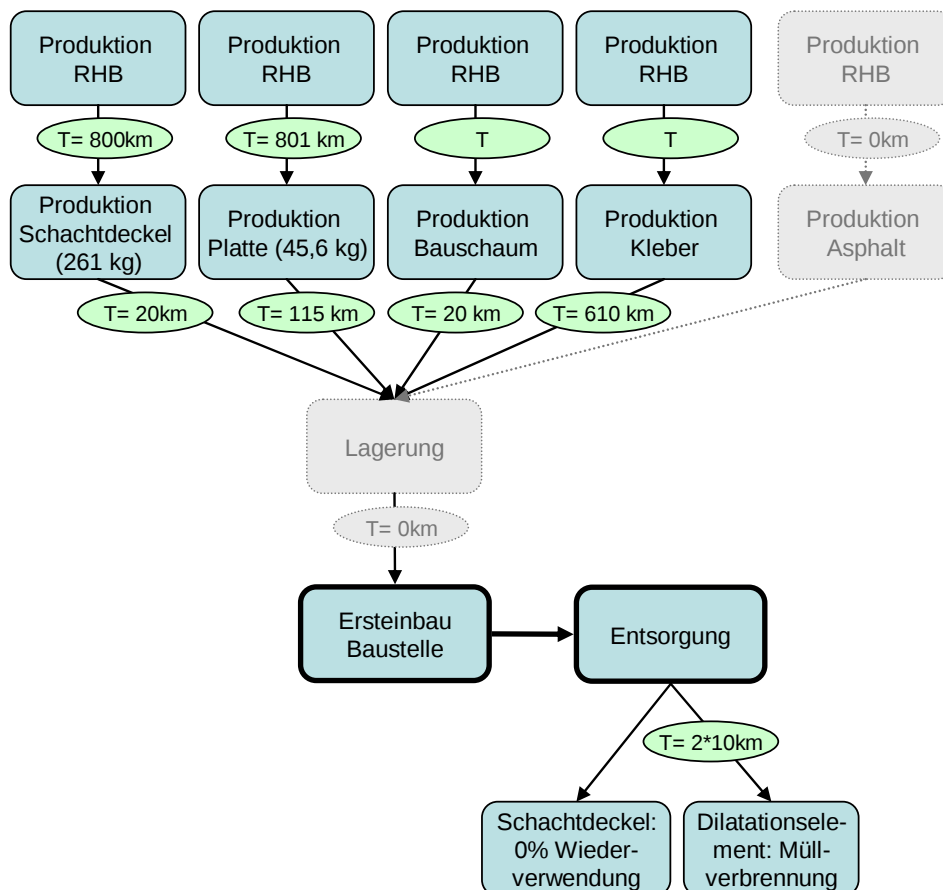


Abb.5: Modell des Lebenswegs des ANA-Systems.

Bei einzelnen Prozessen im Lebensweg der Schachtabdeckungen werden Stoff- und Energieströme berücksichtigt, die für die Produktion von Maschinen und Geräten notwendig sind (*Capital Goods*). Wenn beispielsweise eine Flex für die Produktion von 100.000 Werkstücken "verbraucht" wird, so können 1/100.000 der Stoff- und Energieströme für die Produktion der Flex dem Werkstück selbst zugeschlagen werden. In der vorliegenden Ökobilanz wurden zum Teil Datensätze verwendet, in denen diese *Capital Goods* mit berücksichtigt sind. In der Tabelle im Anhang ist dargestellt, bei welchen Prozessen die Aufwendungen für die Produktion der *Capital Goods* enthalten bzw. nicht enthalten sind.

2.5 Daten und Annahmen für die Sachbilanz

Die Daten zur Ermittlung der Stoff- und Energieströme im Lebensweg der beiden Systeme stammen aus drei verschiedenen Quellen:

- Befragung von Akteuren im Lebensweg der beiden Systeme.
- Datensätze aus der Datenbank ecoinvent und anderen Datenbanken. Die Ökobilanz wurde mit Hilfe der Software SimaPro 7 (PRe Consultants) erarbeitet, die auf verschiedene Datenbanken zurückgreift. Die einzelnen Datensätze sind in der Tabelle im Anhang dargestellt.
- In Einzelfällen wurden Annahmen getroffen.

In der Tabelle im Anhang ist ausführlich dargestellt, welche Energie- und Materialinputs und welche Materialoutputs bei den einzelnen Produkten, Produktions- und Entsorgungsprozessen angenommen wurden.

Falls im Rahmen der Ökobilanz Allokationsverfahren angewendet wurden, so von denjenigen, die die Datensätze erarbeitet haben. Darüber hinaus waren keine Allokationsverfahren notwendig.

2.6 Wirkungsabschätzung

Als Methode zur Ermittlung der Umweltwirkungen wurde der *Eco-Indicator 99* gewählt. Die Methode Eco-Indicator 99 wurde in Holland und in der Schweiz entwickelt. Sie hat vor allem in Europa eine hohe Akzeptanz. Bei der Methode werden die folgenden 11 Umweltwirkungskategorien berücksichtigt:

- Krebserregende Stoffe (Carcinogens)
- Organische Emissionen (Respiratory Organics)
- Anorganische Emissionen (Respiratory Inorganics)
- Klimaveränderung (Climate Change)
- Radioaktivität (Radiation)
- Abbau der Ozonschicht (Ozone Layer)
- Ökotoxizität (Ecotoxicity)
- Versauerung/Überdüngung (Acidification/Eutrophication)
- Landverbrauch (Land use)
- Verbrauch von Mineralien (Minerals)
- Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger (Fossil Fuels)

Mit der Methode Eco-Indicator 99 wurden zunächst die Umweltwirkungen der in den Lebenswegen bilanzierten Stoff- und Energieströme den einzelnen Wirkungskategorien zugeordnet (beispielsweise CO₂- und CH₄-Emissionen zur Wirkungskategorie Klimaveränderung). Im Anschluss wurden mit der Methode in den jeweiligen Umweltwirkungskategorien die Substanzen entsprechend ihres Schädigungspotenzials gewichtet (CH₄ trägt beispielsweise deutlich stärker zur Klimaveränderung bei als CO₂) (Charakterisierung). Darüber hinaus wurden Ergebnisse der Charakterisierung mit einem festgelegten Referenzwert verglichen – mit der gesamten Umweltbelastung einer Person in Europa über ein Jahr (Normalisierung). Die sich daraus ergebenden Kennzahlen zeigen, wie relevant die Wirkungskategorien für die untersuchten Lebenswege sind.

Die im Rahmen der Ökobilanz durchgeführte Normalisierung zeigt, dass für die zwei betrachteten Systeme der Schachtabdeckung die folgenden fünf Wirkungskategorien von Bedeutung sind:

- Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger (Fossil Fuels)
- Anorganische Emissionen (Respiratory Inorganics)
- Ökotoxizität (Ecotoxicity)
- Krebserregende Stoffe (Carcinogens)
- Klimaveränderung (Climate Change)

Mit den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung werden die Umweltwirkungen der zwei Systeme zur Schachtabdeckung vergleichend dargestellt (siehe Kapitel 3). Mit der Wirkungsabschätzung werden keine Voraussagen über Auswirkungen auf die Wirkungsendpunkte (etwa Krebs oder Erkrankungen der Atemwege), über Schwellenwertüberschreitungen, Sicherheitsspannen oder Risiken gemacht.

3 Ergebnisse der Ökobilanz

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ökobilanz der zwei oben beschriebenen Systeme der Schachtabdeckung dargestellt. Die Umweltwirkungen beziehen sich auf die funktionelle Einheit "Abdeckung eines Abwasserschachtes mit einer Schachtabdeckung der Größe 60cm x 60cm über einen Zeitraum von 15 Jahren". Es sei erneut darauf hingewiesen, dass für das konventionelle System drei verschiedene Szenarien für die Nutzungsdauer angenommen werden (15 Jahre, 7,5 Jahre und 5 Jahre), so dass in den folgenden Abbildungen die einzelnen Umweltwirkungen für vier verschiedene Szenarien dargestellt sind.

Die Ergebnisse werden in zwei Formen dargestellt: Bei der *Charakterisierung*, bei der alle Emissionen einer entsprechenden Wirkungskategorie zugeordnet sind, werden relative Ergebnisse angezeigt. Das Szenario, das in einer Kategorie die größten Wirkungen zeigt, erhält hier 100 % der (negativen) Umweltwirkungen. Die Ergebnisse der drei weiteren Szenarien werden in Relation zu diesem Wert wiedergegeben.

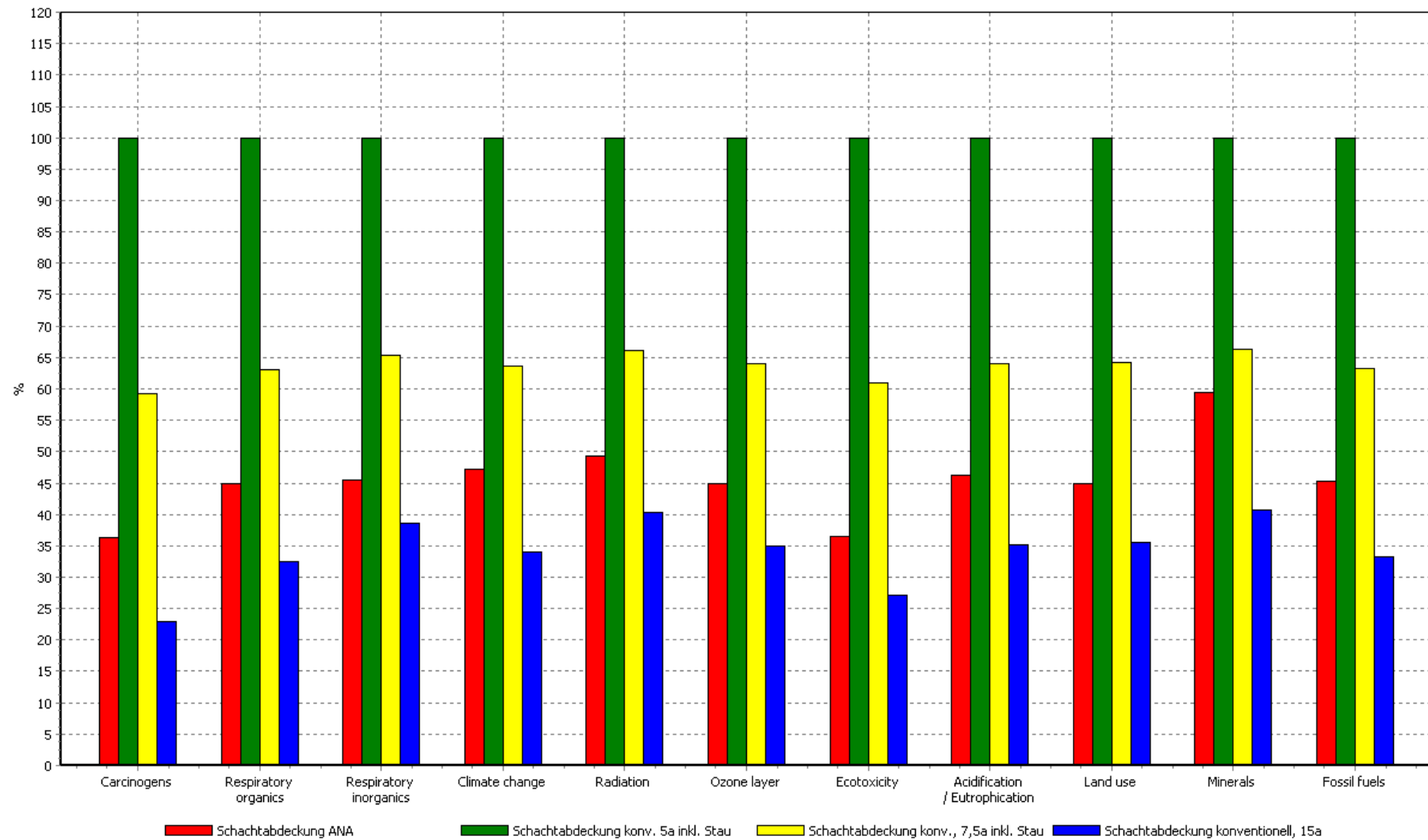
Bei der *Normalisierung* werden die Ergebnisse der Charakterisierung mit einem festgelegten Referenzwert verglichen. Hier mit der gesamten Umweltbelastung einer Person in Europa über ein Jahr. Mit der daraus folgenden Kennzahl kann eingeschätzt werden, wie relevant die Umweltwirkungskategorie für die untersuchten Lebenswege überhaupt ist.

Ein Beispiel: Bei der Charakterisierung erhält das Schachtabdeckungs-Szenario mit den größten Belastungen im Bereich Radioaktivität in dieser Umweltwirkungskategorie 100 % der Umweltwirkungen. Radioaktivität spielt aber in den untersuchten Systemen der Schachtabdeckung kaum eine Rolle. Es treten zwar radioaktive Belastungen auf, diese sind aber im Vergleich zu den Emissionen aus anderen Systemen sehr gering und daher zu vernachlässigen. Bei der Normalisierung ist leicht erkennbar, welche Umweltwirkungskategorien und Ergebnisse relevant sind.

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird darauf verzichtet, die genauen Prozentsätze oder Kennzahlen darzustellen. Da die Ergebnisse auf Modellen des Lebenswegs beruhen, die die Wirklichkeit vereinfacht abbilden und zudem Daten verwendet wurden, die mit einer gewissen Fehlerwahrscheinlichkeit behaftet sind, geben auch die Ergebnisse hauptsächlich Tendenzen wieder. Daher beschränkt sich auch die Auswertung darauf, festzuhalten, ob die Umweltwirkungen eines Szenarios der Schachtabdeckung deutlich geringer oder größer sind als die eines anderen.

3.1 Umweltwirkungen im Vergleich (inkl. Baustellenstau)

In der folgenden Abbildung ist das zentrale Ergebnis der Ökobilanz dargestellt: Die Umweltwirkungen des ANA-Systems im Vergleich zu den Umweltwirkungen der drei Szenarien der konventionellen Schachtabdeckung. Die Umweltwirkungen werden getrennt für die 11 untersuchten Wirkungskategorien angegeben. Der Stau, der sich aufgrund der Baustelle bei der Sanierung ergibt, wird berücksichtigt.



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv., 7,5a inkl. Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Charakterisierung

Abb. 6: Umweltwirkungen der vier untersuchten Szenarien (inkl. Baustellenstau); Charakterisierung.

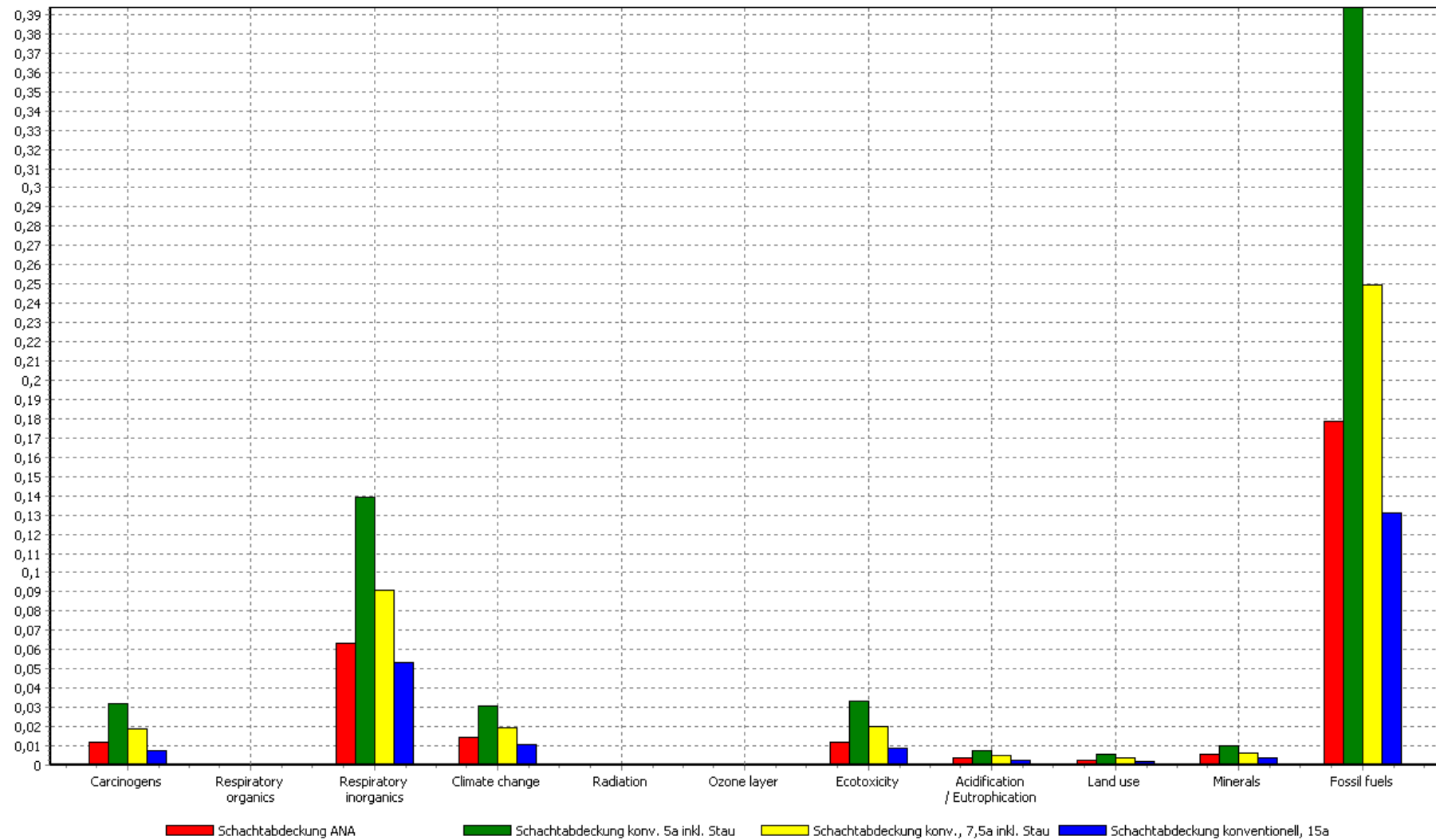
Aus der Abbildung ist erkennbar, dass die konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren (in der Abbildung mit grünen Balken dargestellt) in allen Wirkungskategorien am schlechtesten abschneidet. Für dieses Szenario betragen die Umweltschäden in allen Kategorien daher jeweils 100 %.

Die Schachtabdeckung mit den geringsten Umweltwirkungen ist die konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren (in der Abbildung mit blauen Balken dargestellt). Ihre Umweltwirkungen sind in allen Wirkungskategorien am geringsten. Das ANA-System (rote Balken) nimmt in jeder Wirkungskategorie den zweitbesten Platz ein. Seine Umweltwirkungen sind zwar größer als die des konventionellen Systems mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren, in allen Kategorien aber deutlich gering als die Umweltwirkungen der Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren (gelbe Balken) und der mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren.

Aus Umweltsicht ist das ANA-System dann besser als die konventionelle Schachtabdeckung, wenn diese im Zeitraum von 15 Jahren mindestens einmal saniert wird.

Das Ergebnis ist in der folgenden Abbildung in normalisierter Form dargestellt. Das Ergebnis der Normalisierung macht deutlich, dass bei den Schachtabdeckungen nur fünf Umweltwirkungen von Bedeutung sind: der *Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger*, *anorganische Emissionen*, *Ökotoxizität*, *krebserregende Stoffe* und *Klimaveränderung*.

Die Aussage dieser Abbildung ist ansonsten mit der Aussage der vorherigen Abbildung vergleichbar: Die Umweltauswirkungen sind bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren am geringsten, gefolgt vom ANA-System. Deutlich größer sind die Umweltbelastungen bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren, am größten sind sie bei einer konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren.



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv., 7,5a inkl. Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 7: Umweltwirkungen der vier untersuchten Szenarien inkl. Baustellenstau (normalisiert).

3.2 Umweltwirkungen im Vergleich (ohne Baustellenstau)

In den oben dargestellten Ergebnissen der Ökobilanz sind auch der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen berücksichtigt, die sich aufgrund des Baustellenstaus im Zuge der Sanierung der Schachtabdeckungen ergeben. Um festzustellen, wie groß der Einfluss des Baustellenstaus auf das Ergebnis ist, zeigt Abbildung 8 das Ergebnis der Ökobilanz, bei der der Baustellenstau nicht berücksichtigt wurde. Die Umweltwirkungen sind in normalisierter Form dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass der Baustellenstau nur bei den Szenarien berücksichtigt wurde, bei denen im Zeitraum der 15 Jahre saniert wird, also bei der konventionellen Abdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren sowie der konventionellen Abdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren. Bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren und bei dem ANA-System ist keine Sanierung notwendig, die Ergebnisse dieser Szenarien verändern sich im Vergleich zur vorangegangenen Abbildung, bei der der Baustellenstau berücksichtigt wird, also nicht.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die fehlende Berücksichtigung des Baustellenstaus dazu führt, dass die Umweltschäden der zwei Szenarien sinken, bei denen saniert wird. Der Unterschied zu dem Ergebnis, bei dem der Baustellenstau berücksichtigt wurde, ist aber vergleichsweise gering. Auch ohne Berücksichtigung des Baustellenstaus sind die Umweltwirkungen der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 sowie mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren deutlich größer als die Umweltwirkungen der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren sowie des ANA-Systems.

Um den relativ geringen Einfluss des Baustellenstaus auf das Ergebnis der Ökobilanz noch deutlicher zu machen, sind in Abbildung 9 die Umweltwirkungen des Szenarios *konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren* mit und ohne Berücksichtigung des Baustellenstaus dargestellt. Die dunkelgrünen Balken stehen für die Umweltwirkungen inklusive Baustellenstau, die hellgrünen Balken für die Umweltwirkungen ohne Baustellenstau. Hier ist erkennbar, dass sich der Baustellenstau hauptsächlich auf das Ergebnis der Wirkungskategorie *Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger* auswirkt.

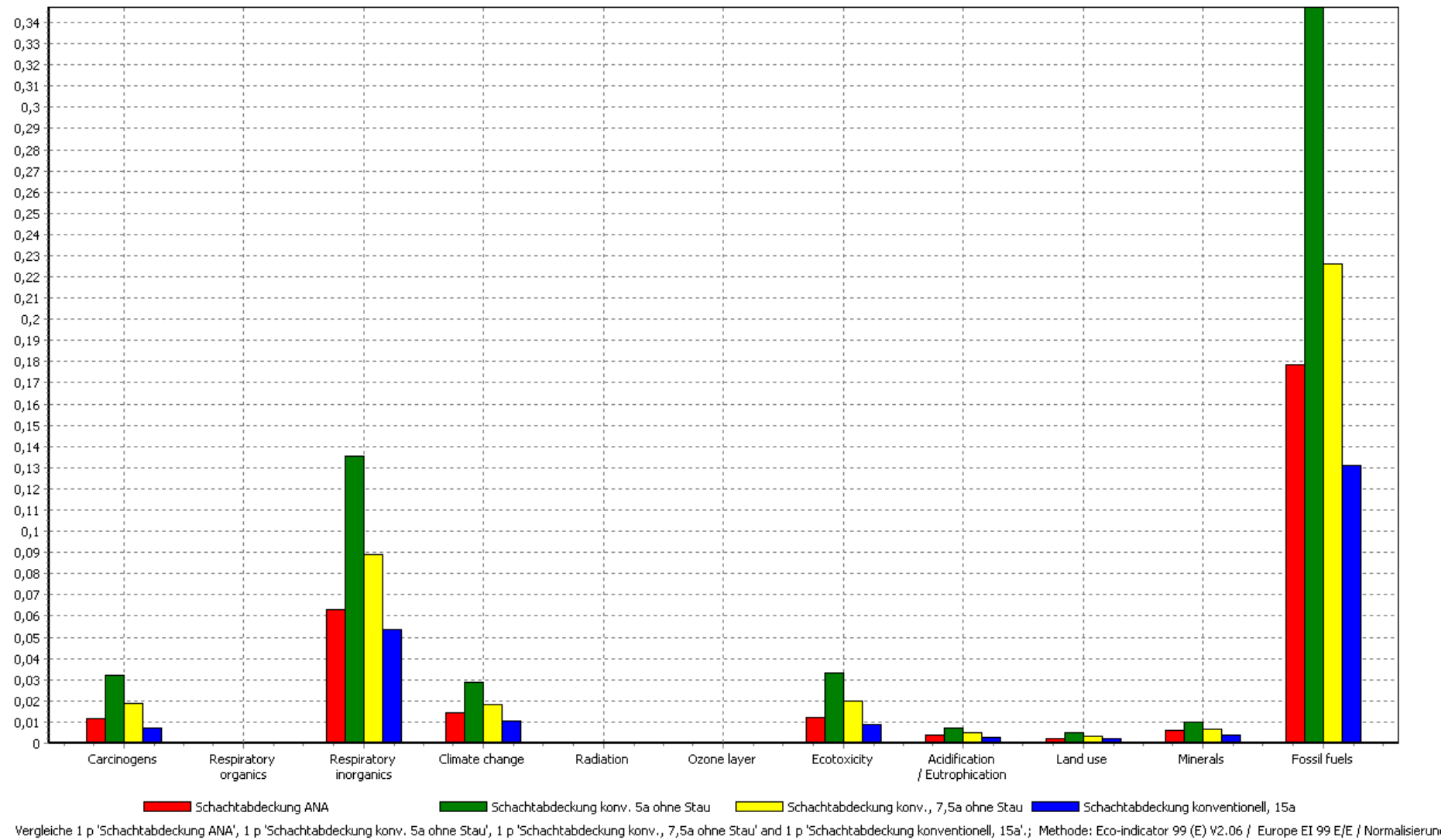
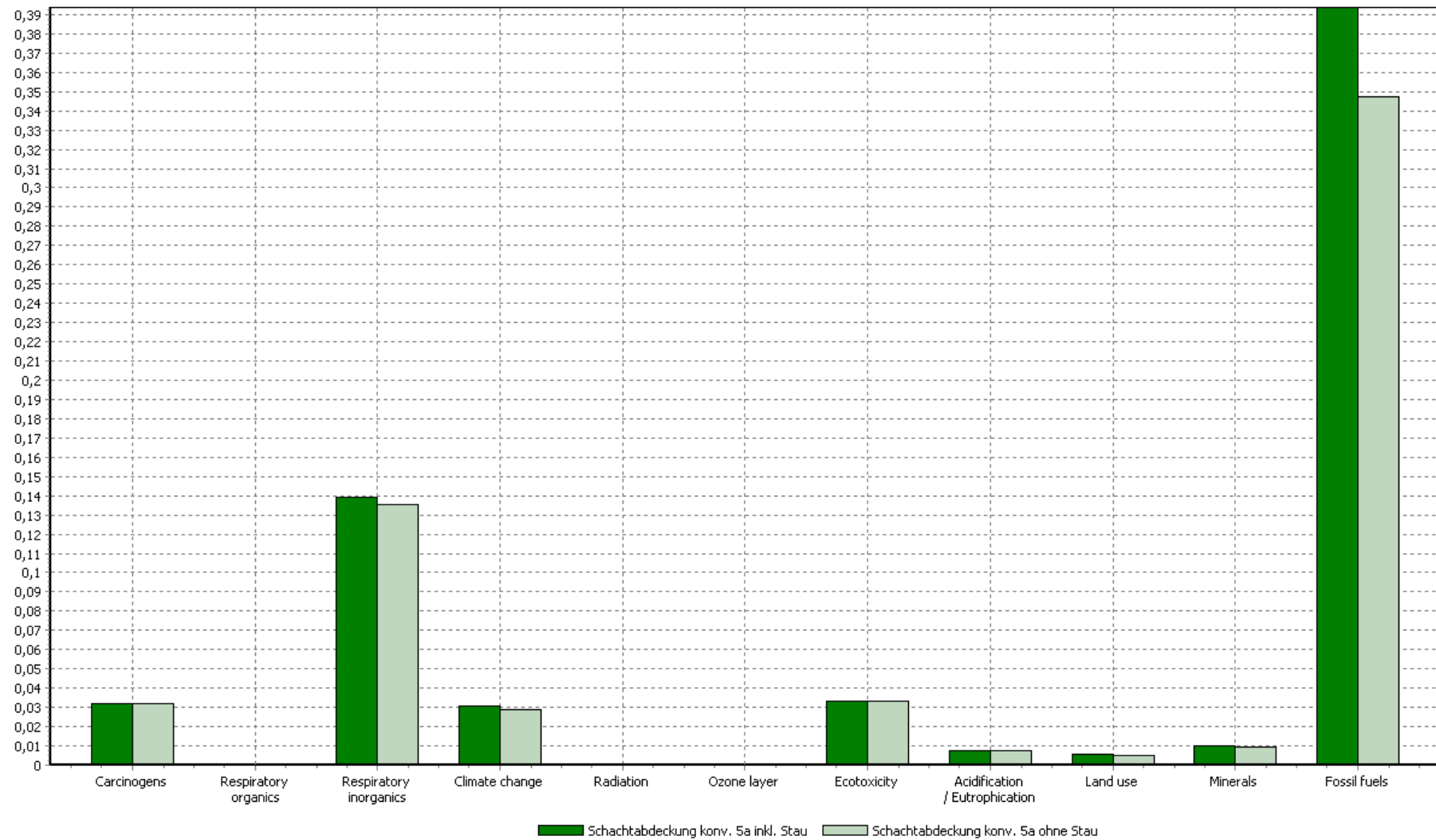


Abb. 8: Umweltwirkungen der vier Szenarien ohne Baustellenstau (normalisiert).



1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau' mit 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a ohne Stau' vergleichen; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 9: Einfluss des Baustellenstaus auf das Szenario *konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 Jahren*.

3.3 Die umweltrelevantesten Prozesse im Lebensweg der Schachtabdeckungen

Nachdem die zentralen Ergebnisse der Ökobilanz in den vorangegangenen Abschnitten präsentiert wurden, soll hier noch näher dargestellt werden, welche Prozesse bei den untersuchten Systemen der Schachtabdeckung mit den größten Umweltschäden verbunden sind. Dafür werden die Umweltwirkungen der sechs Baugruppen verglichen, aus denen die untersuchten Systeme der Schachtabdeckung bestehen – Schachtdeckel, Beton, Asphalt, Dilatationselement, Kleber, Bauschaum. In Abbildung 10 sind die Ergebnisse in normalisierter Form dargestellt.

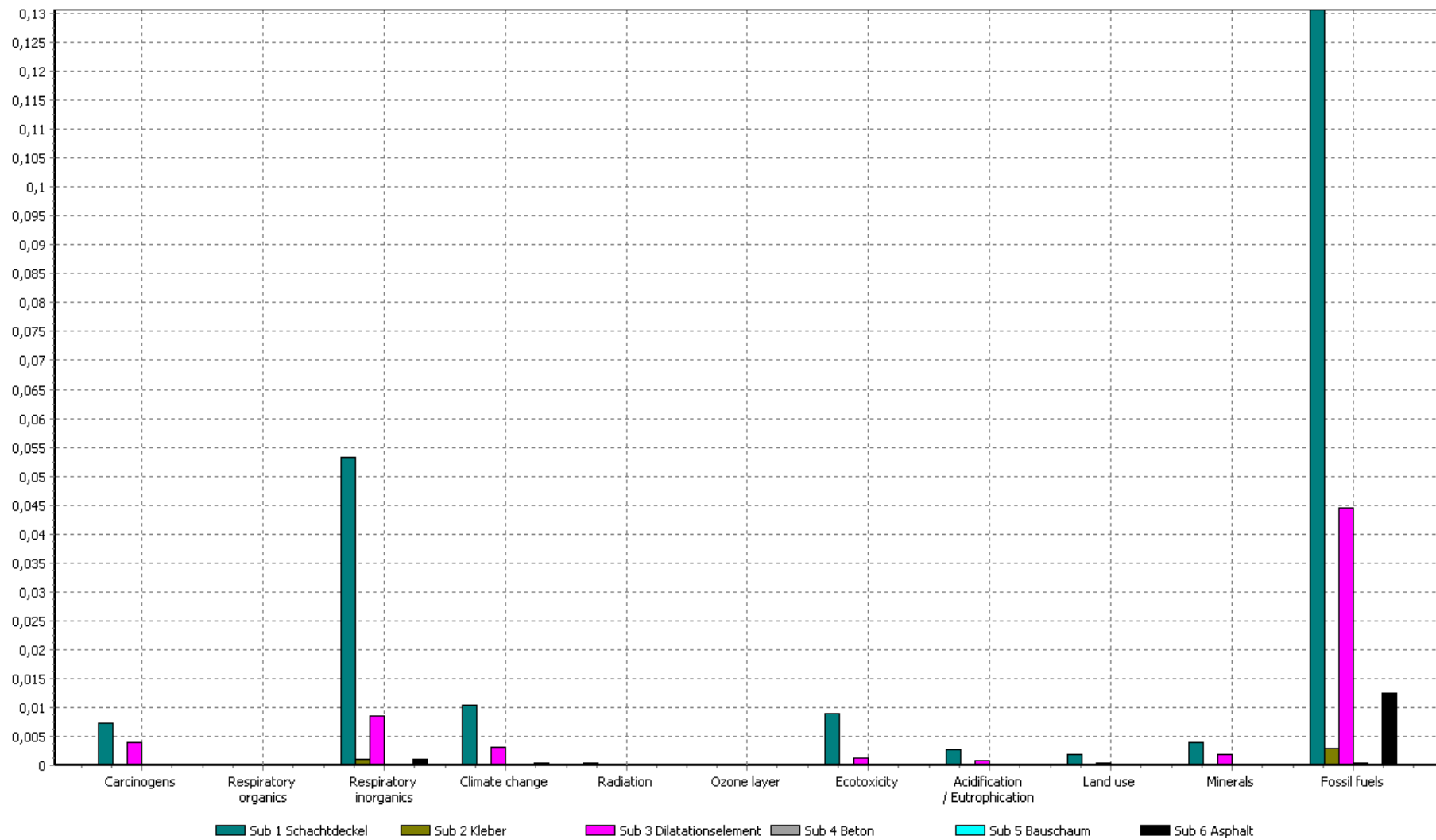
Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die größten Umweltschäden in den fünf relevanten Wirkungskategorien aus der Produktion des Schachtdeckels stammen. Folgende Prozesse der Herstellung des Schachtdeckels besitzen die relativ größten Anteile an den Umweltschäden:

- *Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen:* Verbrauch von Kohle und Erdöl bei der Herstellung des Gusseisens.
- *Anorganische Emissionen:* Produktion des Roh- und des Sinter Eisens, Emissionen des Rohstoff-Transports.
- *Ökotoxizität:* Produktion des Gusseisens, Entsorgung der Schlacke und sonstiger Abfälle aus der Metallproduktion.
- *Klimawandel:* Produktion des Roh- und Sinter Eisens, Emissionen aus dem Rohstoff-Transport.
- *Krebserregende Stoffe:* Entsorgung des Staubs aus der Eisenproduktion.

Die Umweltwirkungen aus der Produktion des Dilatationselements (siehe gelbe Balken) sind im Vergleich dazu deutlich geringer. Dennoch entstehen bei der Produktion des Dilatationselements in vier Wirkungskategorien nennenswerte Umweltbelastungen. Dafür sind die folgenden Prozesse verantwortlich:

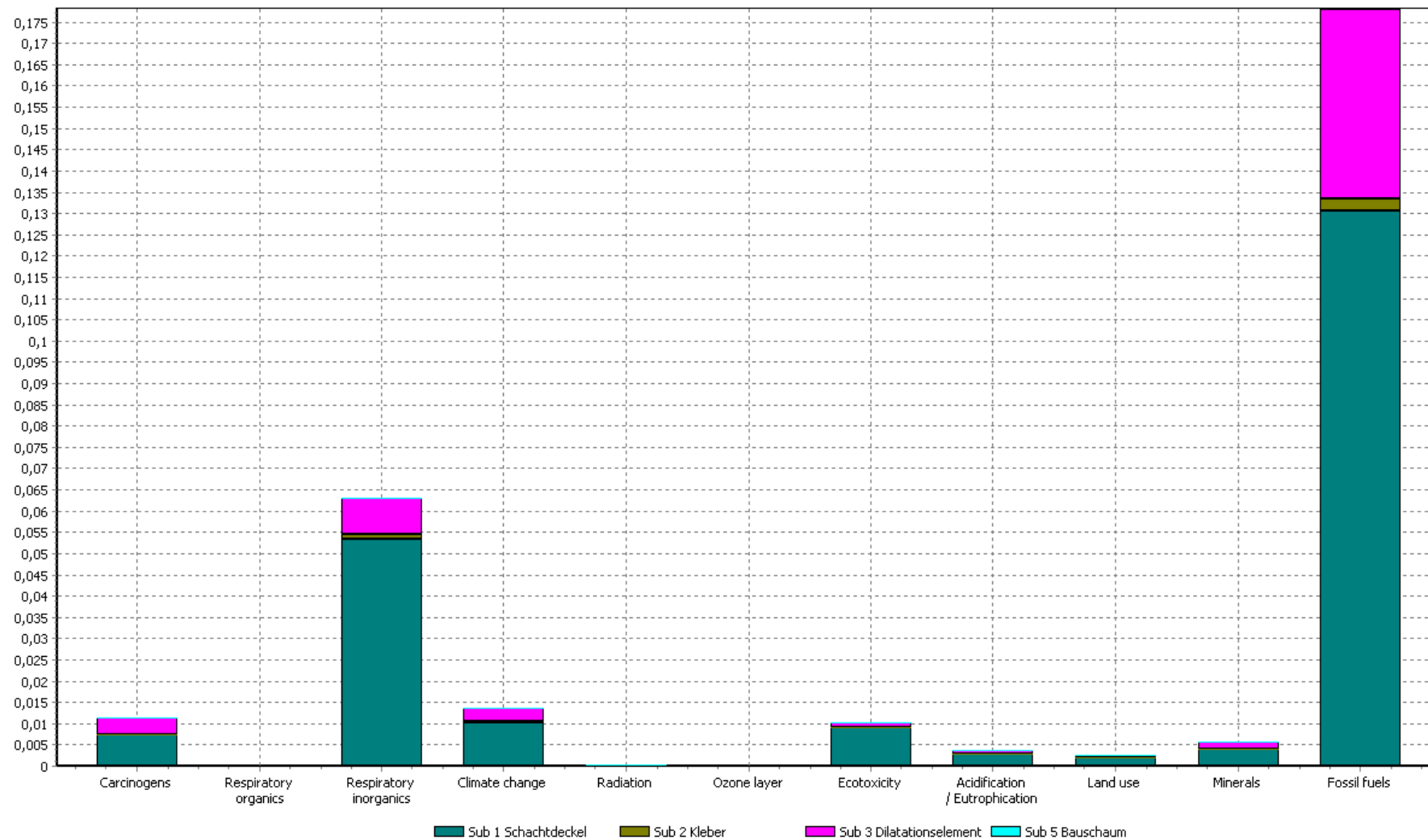
- *Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen:* Produktion des Polyesterharzes und der LDPE-Folie (Trägerfolie für das Glasfasermaterial), Gasverbrauch.
- *Anorganische Emissionen:* Produktion der Glasfasern, Transporte bei der Produktion, Produktion von Calciumborat (für Polyesterharz).
- *Krebserregende Stoffe:* Glasfasern.
- *Klimaveränderung:* Adipinsäure (Produktion des Polyesterharzes), Gasverbrauch.

Um das Verhältnis zwischen Umweltwirkungen des Schachtdeckels und des Dilatationselements deutlich zu machen, sind in Abb. 11 die Umweltschäden bei der Produktion des ANA-Systems dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Umweltschäden aus der Produktion des Schachtdeckels größer sind als die aus der Produktion des Dilatationselements.



Produktphasen vergleichen; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 10: Umweltwirkungen der Produktion von Schachtdeckel, Kleber, Dilatationselement, Beton, Bauschaum und Asphalt (normalisiert).



1 p 'Schachtdeckung ANA' analysieren; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 11: Umweltwirkungen aus der Produktion des ANA-Systems.

Die Umweltwirkungen aus der Entsorgung der einzelnen Baugruppen sind deutlich geringer als die aus der Produktion (siehe Abb. 10). Bei den Entsorgungsprozessen gibt es dennoch einzelne Prozesse, deren Umweltwirkungen relevant sind. In der folgenden Abbildung (Abb. 12) sind die Umweltauswirkungen der Entsorgungsprozesse dargestellt, ebenfalls in normalisierter Form.

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass die relativ größten Umweltschäden aus der Entsorgung des Asphalts resultieren. Für die Entsorgung des Asphalts wurde angenommen, dass 10 % wiederverwendet und 90 % deponiert werden. Bei der Deponierung des Asphalts sind insbesondere die Wirkungskategorien *krebserregende Stoffe* und *Ökotoxizität* relevant.

Die Abbildung macht darüber hinaus auch deutlich, dass mit der Wiederverwendung des Schachtdeckels deutliche Umweltentlastungen verbunden sind. Es wurde angenommen, dass bei den Szenarien, bei denen im Zeitraum von 15 Jahren eine Sanierung stattfindet, 20 % der Schachtdeckel wiederverwendet werden. Die Wiederverwendung von Schachtdeckel entlastet die Umwelt insbesondere dadurch, dass weniger *nicht erneuerbare Energieträger verbraucht* und weniger *anorganische Emissionen* emittiert werden.

.

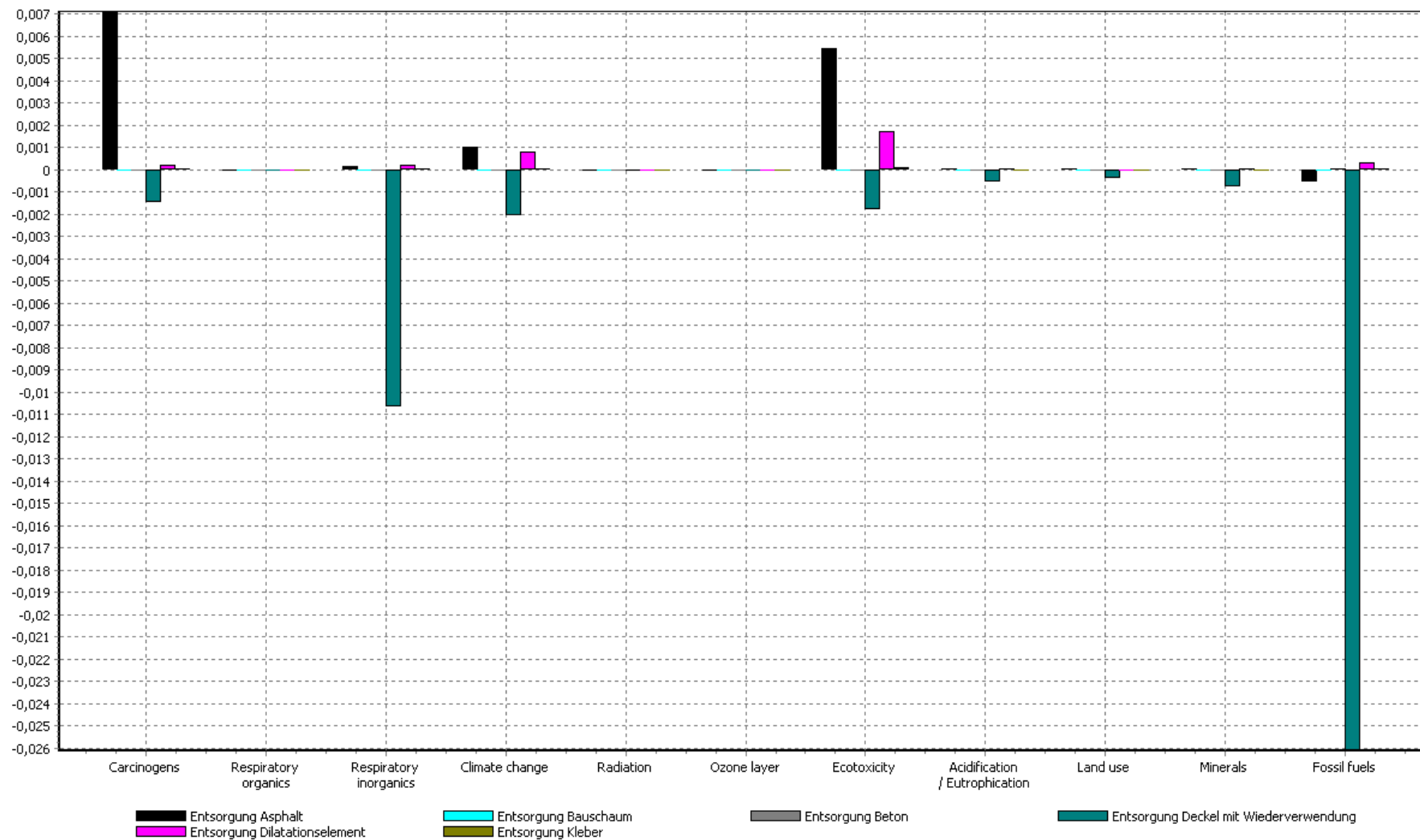


Abb. 12: Umweltwirkungen der Entsorgung der Baugruppen Deckel, Beton, Asphalt, Dilatationselement, Kleber, Bauschaum (normalisiert).

4 Sensitivitätsanalyse

Um zu ermitteln, wie zuverlässig die oben dargestellten Ergebnisse der Ökobilanz sind, werden im Folgenden vier Sensitivitätsprüfungen durchgeführt. Bei diesen Sensitivitätsprüfungen werden einzelne Annahmen in den betrachteten Systemen der Schachtabdeckung verändert und es wird überprüft, welche Auswirkungen diese veränderten Annahmen auf das Ergebnis haben. Da die Umweltschäden aus der Produktion des Schachtdeckels die Ökobilanz der zwei Systeme der Schachtabdeckung dominieren, werden in drei der vier Sensitivitätsprüfungen Veränderungen bei den Annahmen zum Schachtdeckel vorgenommen:

- *Sensitivitätsprüfung 1:* Das Gewicht des Schachtdeckels wird deutlich reduziert, der Transport des Gusseisens vom Hüttenwerk zur Gießerei erfolgt mit der Bahn statt mit dem Lkw.
- *Sensitivitätsprüfung 2:* Die Wiederverwendungsquote des Schachtdeckels wird bei den Szenarien, bei denen eine Sanierung stattfindet, von 20 % auf 40 % erhöht.
- *Sensitivitätsprüfung 3:* Die Wiederverwendungsquote des Schachtdeckels wird beim ANA-System von 0 % auf 30 % erhöht.
- *Sensitivitätsprüfung 4:* Die Transporte im Lebensweg der konventionellen Schachtabdeckung bleiben unberücksichtigt.

4.1 Sensitivitätsprüfung 1: Geringeres Gewicht des Schachtdeckels und Bahntransport

Bei der Sensitivitätsprüfung 1 werden für die Produktion des Schachtdeckels folgende veränderte Annahmen getroffen:

- Das Gewicht des Schachtdeckels wird von 261,5 kg auf 150 kg reduziert.
- Der Transport des Gusseisens vom Hüttenwerk zur Gießerei erfolgt per Bahn statt mit dem Lkw.

In Abbildung 13 sind die Umweltwirkungen der Ökobilanz dargestellt, bei der die zwei veränderten Annahmen berücksichtigt wurden. Aus der Abbildung ist erkennbar, dass die veränderten Annahmen (insbesondere das geringere Gewicht des Deckels) dazu führen, dass die Umweltschäden der Szenarien überproportional sinken, bei denen eine Sanierung durchgeführt wird. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei jeder Sanierung 80 % der Schachtdeckel erneuert werden. Eine Reduzierung des Gewichts der Deckel reduziert also insbesondere bei den Szenarien die Umweltbelastungen, bei denen über den Zeitraum von 15 Jahren mehrere Schachtdeckel notwendig sind.

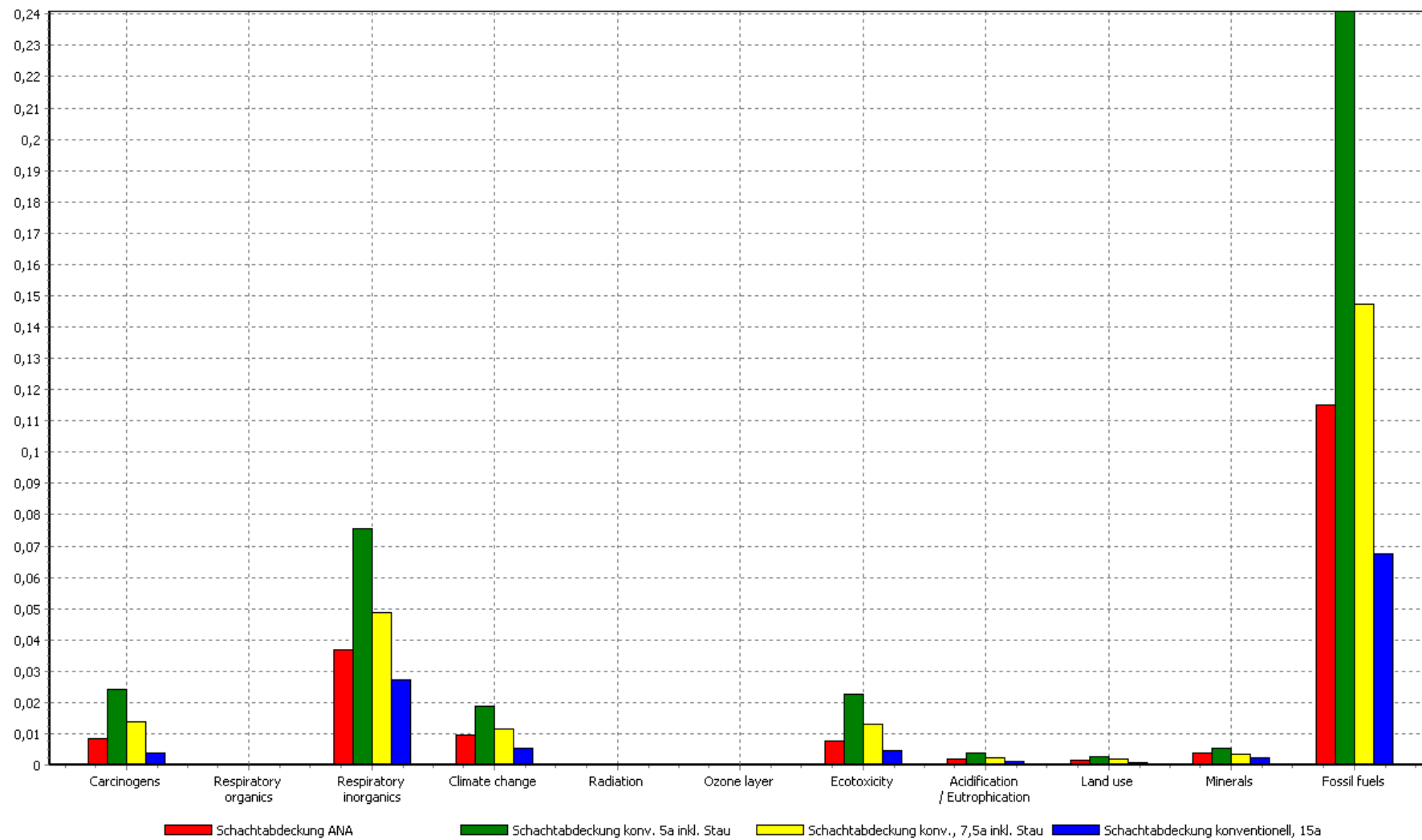
Die Abbildung zeigt aber auch, dass weiterhin die Umweltwirkungen des ANA-Systems deutlich geringer sind als die Umweltwirkungen der konventionellen Schachtabdeckungen, bei denen im Zeitraum von 15 Jahren mindestens eine Sanierung durchgeführt wird. Daraus kann geschlossen werden, dass das ANA-System im Vergleich zu konventionellen Abdeckungen, die saniert werden müssen, auch dann ökologische Vorteile bietet, wenn der Schachtdeckel etwas leichter ist, was etwa bei Gittern für Regenwasserschächte der Fall sein dürfte.

4.2 Sensitivitätsprüfung 2: Erhöhte Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel bei konventioneller Schachtabdeckung

Die Ökobilanz basiert auf den Annahmen, dass der Schachtdeckel bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren sowie beim ANA-System nicht wiederverwendet wird. Dagegen werden 20 % der Deckel bei den Szenarien wiederverwendet, bei denen nach 5 oder 7,5 Jahren Sanierungen stattfinden. In der Sensitivitätsprüfung 2 wird angenommen, dass die Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel bei diesen zwei Szenarien statt 20 % nun 40 % beträgt.

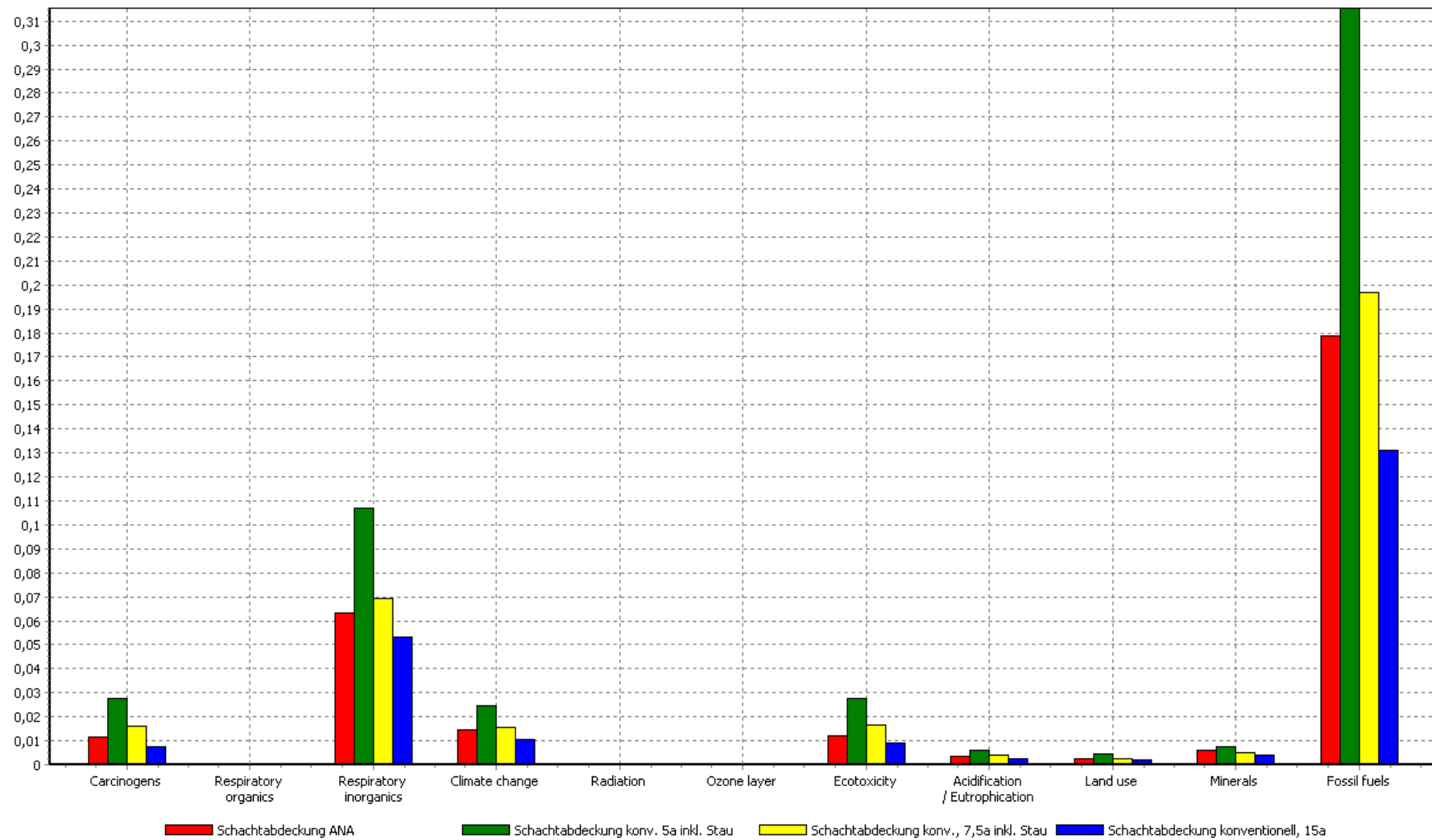
Abbildung 14 zeigt das Ergebnis der Sensitivitätsprüfung 2. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Ökobilanz hat.

Die Umweltwirkungen der konventionellen Schachtabdeckungen mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren sind zwar noch immer größer als die Umweltwirkungen des ANA-Systems, die Unterschiede werden aber deutlich geringer.



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 7,5a inkl. Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 13: Sensitivitätsprüfung 1: Geringeres Gewicht des Schachtdeckels und Transport des Gusseisens per Bahn (normalisiert).



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv., 7,5a inkl. Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 14: Sensitivitätsprüfung 2: Erhöhte Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel (normalisiert).

4.3 Sensitivitätsprüfung 3: Erhöhte Wiederverwendungsquote der Schachtdeckel beim ANA-System

Bislang wurde für das ANA-System angenommen, dass die Schachtdeckel nach der Nutzungsdauer von 15 Jahren nicht wiederverwendet werden. Dagegen wurden für die Szenarien, in denen saniert wird, eine Wiederverwendungsquote von 20 % angenommen.

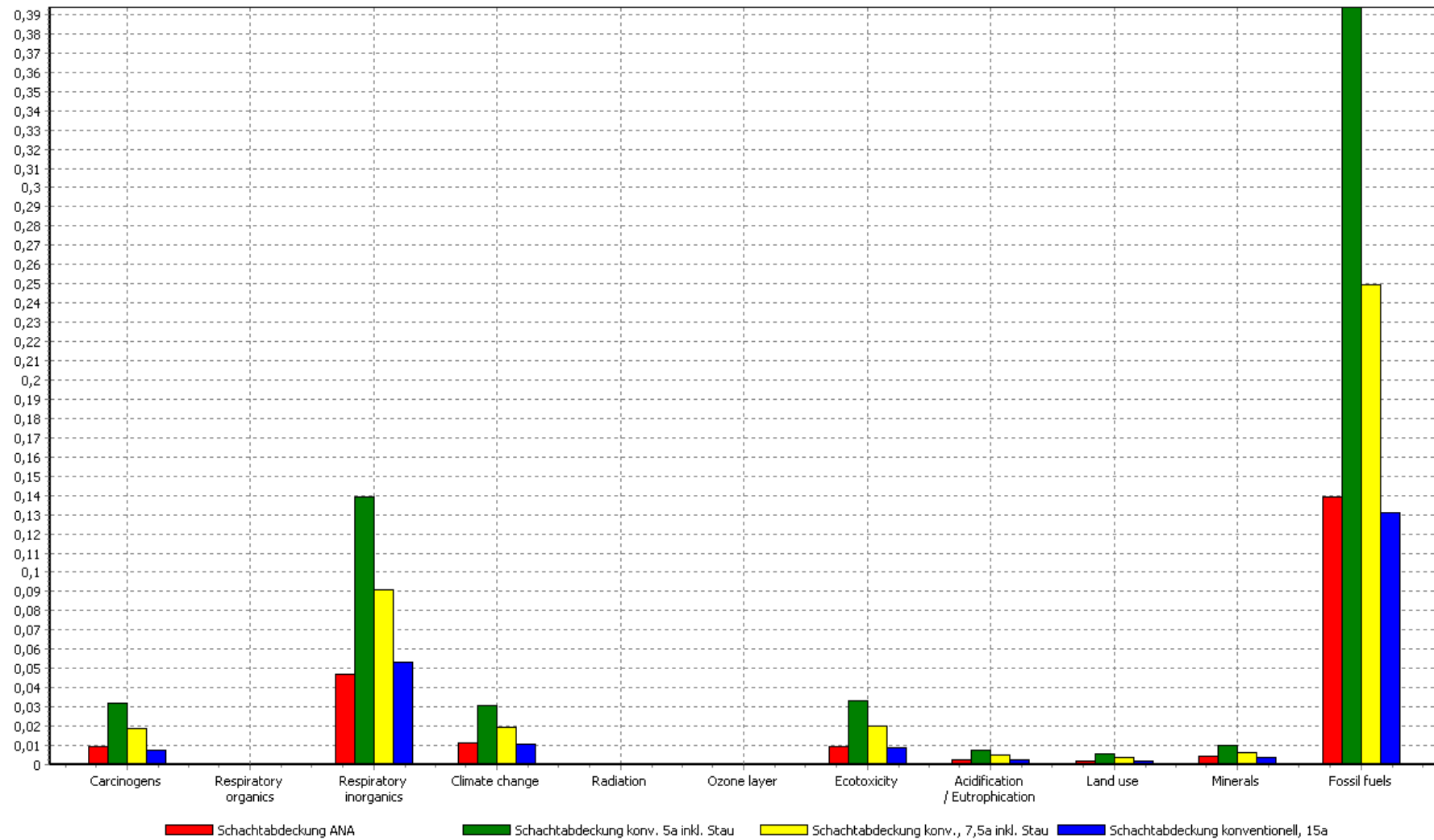
In der Sensitivitätsprüfung 3 wird angenommen, dass die Schachtdeckel des ANA-Systems zu 30 % wiederverwendet werden. Dies lässt sich damit begründen, dass durch das ANA-System Schäden am Fahrbahnaufbau sowie am Schachtdeckel vermieden oder zumindest reduziert werden. Somit ist anzunehmen, dass ein Teil der Schachtdeckel des ANA-Systems auch nach einer Nutzungsdauer von 15 Jahren noch so gut erhalten ist, dass eine Wiederverwendung problemlos realisiert werden kann.

In Abbildung 15 sind die Ergebnisse der Sensitivitätsprüfung 3 dargestellt. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Umweltwirkungen des ANA-Systems deutlich sinken. In der Wirkungskategorie *anorganische Emissionen* sind die Umweltwirkungen des ANA-System geringer als bei der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren. Diese liegt jedoch bei den vier weiteren relevanten Wirkungskategorien nach wie vor vorne.

4.4 Sensitivitätsprüfung 4: Keine Berücksichtigung der Transporte bei der konventionellen Schachtabdeckung

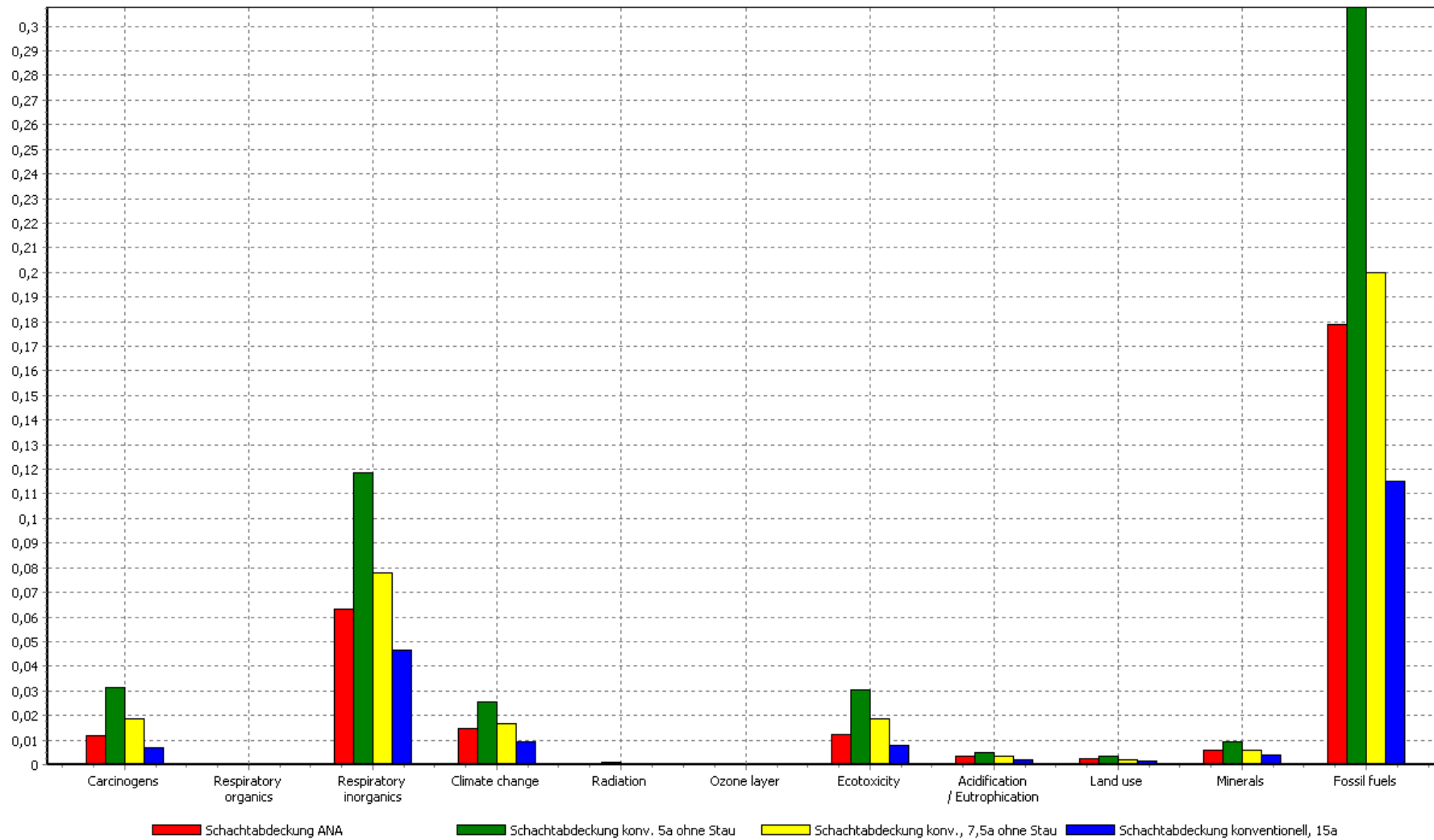
Um zu ermitteln, ob die Ergebnisse der Ökobilanz auch auf Schachtabdeckungen außerhalb Wiens übertragen werden können, bleiben in der 4. Sensitivitätsprüfung alle Transportaufwendungen im Lebensweg des konventionellen Systems unberücksichtigt. Auch der Baustellenstau wird nicht betrachtet. Im Lebensweg des ANA-Systems wurden die Transportaufwendungen dagegen nicht verändert.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsprüfung sind in Abbildung 16 dargestellt. Aus der Abbildung ist erkennbar, dass das Nichtberücksichtigen der Transporte beim konventionellen System der Schachtabdeckung zwar dazu führt, dass die Umweltwirkungen der drei Szenarien im Vergleich zum ANA-System deutlich sinken. Dennoch ist das ANA-System in allen fünf Wirkungskategorien weiterhin mit geringeren Umweltschäden verbunden als die Systeme der konventionellen Schachtabdeckung, in denen im Zeitraum von 15 Jahren mindestens eine Sanierung stattfindet.



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a inkl. Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 7,5a inkl. Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 15: Sensitivitätsprüfung 3: Erhöhte Wiederverwendungsquote des Schachtdeckels beim ANA-System (normalisiert).



Vergleiche 1 p 'Schachtabdeckung ANA', 1 p 'Schachtabdeckung konv. 5a ohne Stau', 1 p 'Schachtabdeckung konv., 7,5a ohne Stau' and 1 p 'Schachtabdeckung konventionell, 15a'; Methode: Eco-indicator 99 (E) V2.06 / Europe EI 99 E/E / Normalisierung

Abb. 16: Sensitivitätsprüfung 4: Transporte im Lebensweg der konventionellen Schachtabdeckung bleiben unberücksichtigt. (normalisiert).

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Ökobilanz für die zwei Systeme der Schachtabdeckung zeigen, dass aus Umweltsicht die konventionelle Schachtabdeckung nur dann dem ANA-System vorzuziehen ist, wenn im Zeitraum von 15 Jahren keine Sanierung durchgeführt wird. Wird jedoch saniert, so ist das ANA-System mit deutlich geringeren Umweltbelastungen verbunden als die konventionelle Schachtabdeckung.

Die Ökobilanz hat ergeben (siehe Abbildung 6), dass die Umweltschäden durch die konventionelle Schachtabdeckung, die alle 5 Jahre saniert wird, mehr als doppelt so groß sind wie die Umweltschäden durch das ANA-System. Auch unter Berücksichtigung der in der Ökobilanz per se vorhandenen Unsicherheiten kann daher das Ergebnis als gesichert angesehen werden dass die Verwendung des ANA-Systems mit geringeren Umweltschäden verbunden ist als die Verwendung der konventionellen Schachtabdeckung, die eine Nutzungsdauer von 5 Jahren besitzt.

Die Ökobilanz zeigt auch, dass die größten Umweltbelastungen bei beiden Systemen aus der Produktion des Schachtdeckels stammen. Daher sollte unabhängig davon, ob die konventionelle Schachtabdeckung oder das ANA-System gewählt wird, bei der Sanierung von Schachtabdeckungen darauf geachtet werden, dass die Schachtdeckel einer Wiederverwendung zugeführt werden, sofern sie unbeschädigt sind.

Hier wird ein weiterer Umweltvorteil des ANA-Systems deutlich, der in der Ökobilanz nur in der Sensitivitätsprüfung 3 (Kapitel 4.3) berücksichtigt wurde: Wird davon ausgegangen, dass durch das ANA-System nicht nur Schäden am Fahrbahnaufbau sondern auch am Schachtdeckel verringert werden, so kann durch das ANA-System der Anteil der Schachtabdeckungen erhöht werden, der wiederverwendet werden kann. Die Ergebnisse der Sensitivitätsprüfung 3 zeigen, dass die Umweltschäden der konventionellen Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 7,5 Jahren fast doppelt so groß sind wie die Umweltschäden des ANA-Systems, wenn hier 30 % der Schachtdeckel wiederverwendet werden.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsprüfung 1 deuten darauf hin, dass das Ergebnis der Ökobilanz auch auf leichtere Deckel bis ca. 150 kg übertragen werden kann. Es ist also anzunehmen, dass das ANA-System auch bei leichteren Deckeln einen Umweltvorteil gegenüber der konventionellen Schachtabdeckung, die im Zeitraum von 15 Jahren mindestens einmal saniert wird, besitzt.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsprüfung 4 deuten zudem darauf hin, dass die Ergebnisse der Ökobilanz auch für Schachtabdeckungen gelten, die in anderen Orten als Wien eingebaut werden. Das Ergebnis dieser Sensitivitätsprüfung ist, dass das ANA-System auch dann gegenüber der konventionellen Schachtabdeckung, die im Zeitraum von 15

Jahren mindestens einmal saniert wird, besser abschneidet, wenn alle Transportentfernungen im Lebensweg der konventionellen Schachtabdeckung unberücksichtigt bleiben. Also wenn die konventionelle Schachtabdeckung mit einer Nutzungsdauer von 5 oder 7,5 Jahren direkt neben dem Hüttenwerk und der Gießerei und dem Ort, an dem der Beton und Asphalt produziert wird, eingebaut würde, würde sie dennoch zu größeren Umweltschäden führen als der Einbau des ANA-System, bei dem alle Transportaufwendungen berücksichtigt werden.

Daten, die für die einzelnen Produkte, Produktions- und Entsorgungsprozesse verwendet wurden

1. Baustellenstau

Es wird angenommen, dass auf einer durchschnittlichen Wiener Straße täglich 15.000 Fahrzeuge⁶ fahren. Die Baustelle für die Sanierung dauert laut Magistratsabteilung 28 etwa 12 Stunden und wird vornehmlich auch in den Nachtstunden durchgeführt. Es wird angenommen, dass in der Zeit der Bautätigkeit etwa 5.000 Fahrzeuge die Straße benutzen und dass 10 % dieser Fahrzeuge, also 500 Fahrzeuge, aufgrund des Staus, der sich an der Baustelle bildet, 10 Minuten im Stau stehen. Es wird weiterhin angenommen, dass die Fahrzeuge 10 Minuten lang im Leerlauf stehen (in der Realität fahren Fahrzeuge im Stau an und bremsen ab, was mit deutlich höheren Kraftstoffverbräuchen und Emissionen verbunden ist). Für die Ökobilanz werden der Kraftstoffverbrauch (1 l Benzin wird pro Stunde Leerlauf verbraucht) und die dabei entstehenden Emissionen berücksichtigt.

Für die Umweltwirkungen der Bereitstellung des Kraftstoffs wurde der Datensatz der ecoinvent-Datenbank *Benzin unverbleit (petrol, unleaded, at regional storage)* verwendet.

Für die Emissionen, die im Leerlauf eines Fahrzeugs entstehen, wurden die Emissionsfaktoren für den Fahrzustand "Leerlauf" und für den Betriebszustand „Motor warm“ aus „Technische Grundlage – Emissionen von Kraftfahrzeugen im Bereich von Abstellflächen“, BMWA, März 2006 verwendet.

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, welche Energie- und Materialinputs und welche Materialoutputs für die einzelnen Produkte, Produktions- und Entsorgungsprozesse in der vorliegenden Ökobilanz berücksichtigt wurden.

⁶ Siehe die händische Straßenverkehrszählung in Wien im Jahr 2005.

1. Schachtdeckel (60cm * 60cm)

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Schachtdeckel	Gewicht: 238-285 kg.			Befragt wurde ein Unternehmen, das 60cm x 60cm-Schachtdeckel an die Stadt Wien liefert.
Produktion Gusseisen		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent für die Produktion von Gusseisen ab Werk (Daten berücksichtigen die Aufwendungen für die Infrastruktur – Maschinen und Geräte – nicht).		35 % Altmetall ist in dem Prozess berücksichtigt.
Produktion Schachtdeckel (Gießerei)		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent für die durchschnittliche Prozesswärme von Maschinen zur Metallverarbeitung „metal working machine operation, average process heat“ (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur).	2 % Produktionsabfall.	
Transport Grauguss zur Gießerei		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit LKW; Entfernung 800 km.	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Transport Schachtdeckel nach Wien		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Entfernung 20 km.	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.
Entsorgung Schachtdeckel	20 % Wiederverwendung, 80 % Altmetall.			Informationen der MA 28.
Transport für die Wiederverwendung		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Für die Wiederverwendung fallen keine zusätzlichen Transporte an.	
Entsorgung des Schachtdeckels (Altmetall)			Wird nicht weiter betrachtet, da im Produktionsprozess für Gusseisen 35 % Altmetall berücksichtigt ist.	
Transport für die Entsorgung des Altmetalls			Wird nicht weiter berücksichtigt.	

2. Beton

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Ortbeton	Gewicht: "Einige kg".		Gewicht: 40 kg.	Informationen der MA 28.
Produktion Beton		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent für die Produktion von Beton (concrete, normal, at plant) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).		
Transport des Betons zur Baustelle in Wien		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Entfernung 20 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt, da Betonmischmaschine auf der Rückfahrt keine anderen Güter transportiert.
Transport zur Deponie		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 20 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt.
Deponierung des Betons		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Deponierung (Landfill of waste).		

3. Asphalt

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Asphalt	Gewicht: 140 kg.			Informationen der MA 28.
Produktion Asphalt		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent für die Produktion von Gussasphalt ab Werk (mastic asphalt, at plant) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur).		
Transport Asphalt	Entfernung 20 km einfach.	Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt, da Betonmischmaschine auf der Rückfahrt keine anderen Güter transportiert.
Entsorgung von Asphalt	10 % Wiederverwendung; 90 % Downcycling.		Annahme: 90 % des Asphalts wird in Form der Deponierung downgecycelt.	Informationen der MA 28.
Transport für die Wiederverwendung			Es wird angenommen, dass für die Wiederverwendung keine zusätzlichen Transporte anfallen.	
Transport zur Deponie		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 20 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt.
Deponierung von Asphalt		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Deponierung (Landfill of waste).		

4. Dilatationselement

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Dilatationselement	Gewicht: 45,6 kg.			Information des Unternehmens, das das Dilatationselement herstellt.
Produktion des GFK	Bestandteile: 60,6 % Glasfasern, 25 % Harz, 8,4 % Füllstoffe, 3 % inerte Trennmittel, 2 % Eindickungsmittel, 1 % Lagerstabilisatoren und Sonstiges; Träger- und Deckfolie aus LDPE+PS.	Datensatz aus der Datenbank ecoinvent für die Produktion von GFK (glas fibre reinforced plastic, polyester resin, hand lay-up, at plant) (der Datensatz wurde modifiziert durch die Angaben zu den Inhaltsstoffen des Herstellers des GFK inkl. den Angaben zur Deck- und Trägerfolie (es wurde eine reine LDPE-Folie angenommen); außerdem wurde die Handverarbeitung durch den Prozess des „Calendering rigid sheets“ ersetzt (es ist unklar, ob die Daten auch die Aufwendungen für die Infrastruktur berücksichtigen).	Annahme: Gewicht der Folie: 5,61 kg 5 % Produktionsabfall.	Informationen des Herstellers des Glasfaserverstärkten Kunststoffes (GFK).
Produktion Dilatationselement	Energieverbrauch für Kühlhaus, elektrischen Hubwagen, hydraulische Vulkanisierpresse, Nachbehandeln mit Flex: 21,5 kWh.	Datensatz „Electricity Austria B250“ aus der BUWAL-Datenbank 250 für die Umweltwirkungen des verbrauchten Stroms.	5 % Produktionsabfall.	Die Aufwendungen für die Produktion von Maschinen und Geräten (Capital Goods) werden nicht berücksichtigt.

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Transport des GFK	Transportentfernung 801 km.	Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw .	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.
Transport des Dilatationselements nach Wien	Transportentfernung 115 km.	Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw.	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.
Transport zur Müllverbrennung		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 10 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt.
Verbrennung des Dilatationselements (MVA)		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Müllverbrennung (Incineration).	Annahme, dass das Dilatationselement in einer MVA beseitigt wird.	

5. Kleber

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Kleber	Gewicht: 1,8 kg.			
Produktion des Klebers		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Produktion von Epoxidharz (epoxy resin, liquid, at plant). (Es ist unklar, ob die Daten auch die Aufwendungen für die Infrastruktur berücksichtigen).		
Transport des Klebers		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transportentfernung: 610 km.	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.
Transport zur Müllverbrennung		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 10 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt.
Verbrennung des Klebers		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Müllverbrennung (Incineration).	Annahme, dass der Kleber in einer MVA beseitigt wird.	

6. Bauschaum

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Bauschaum	Gewicht: 0,141 kg.			
Produktion des Bauschaums		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Produktion von Polyesterharz, ungesättigt (polyester resin, unsaturated, at plant) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).		
Transport des Bauschaums		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 10 km.	Transportentfernung wird einfach berücksichtigt, da bei der Rückfahrt andere Beladung wahrscheinlich.
Transport zur Müllverbrennung		Datensatz ETH-ESU 96 für Lkw, 16t (40 % Beladung) (Daten berücksichtigen auch die Aufwendungen für die Infrastruktur „Capital Goods“).	Transport mit Lkw; Transportentfernung: 10 km einfach.	Berücksichtigung Hin- und Rückfahrt.
Verbrennung des Bauschaums		Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zur Müllverbrennung (Incineration).	Annahme, dass der Bauschaum in einer MVA beseitigt wird.	

7. Bauarbeiten im Rahmen der Sanierung

Prozess oder Produkt	Daten aus Befragungen	Daten aus Datenbank	Annahmen	Bemerkungen
Transporte mit dem LKW	Entfernung: 20 km.	Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zu einem LKW >16t (operation, lorry >16t, fleet average) inkl. Treibstoff. (Daten berücksichtigen die Aufwendungen für die Infrastruktur nicht).		Informationen der MA 28.
Schneidgerät	1 Stunde.		Asphaltsäge mit einer Leistung von 35 kW.	Informationen der MA 28.
Rüttelplatte	1 Stunde.		Rüttelplatte mit einer Leistung von 2,5 kW.	Informationen der MA 28.
Kompressor	2 Stunden.	Datensatz aus der Datenbank ecoinvent zu Diesel in einer Baumaschine (Diesel, burned in building machine) (keine Berücksichtigung der Capital Goods).	Der Kompressor benötigt für den Betrieb der Baumaschinen insgesamt 4 l Diesel (144 MJ).	Informationen der MA 28.