

Kurzbericht

Ökobilanz PE-Verwertungswege

Update und Ergänzung zu den beiden Studien "Ökologischer Vergleich von PE-Selektiv- und Gemischtsammlung mit der Verwertung in KVA Schweiz und Thurgau" sowie "Entsorgung von 100'000 t Kunststoff"

Auftraggeber

Martin Eugster
Amt für Umwelt, Kanton Thurgau
Bahnhofstrasse 55
8510 Frauenfeld

Verfasser

Thomas Kägi und Dr. Fredy Dinkel
Carbotech AG, Basel

Anzahl Seiten: 16
Referenz: 285.48
Basel, 21. April 2015

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Auftrag	3
2 Vorgehen	3
3 Rahmenbedingungen und Datengrundlagen	5
4 Resultate und Diskussion	7
4.1 Varianten der PE-Verwertungswege	7
4.2 Verwertung von 100'000 t Kunststoff	11
5 Schlussfolgerung	14
5.1 Varianten der PE-Verwertungswege	14
5.2 Verwertung von 100'000 t Kunststoff	14
6 Literatur	15

Anhang

–

Dieser Bericht wurde von der Carbotech AG mit Sorgfalt erarbeitet unter Verwendung aller uns zur Verfügung stehenden, aktuellen und angemessenen Hilfsmittel und Grundlagen, dies im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der Vereinbarung bezüglich eingesetzter Ressourcen. Die Grundlagen der Bewertungsmethode, auf welcher dieser Bericht basiert, können ändern. Danach sind die Schlussfolgerungen nicht mehr uneingeschränkt gültig und vom Auftraggeber nur noch auf eigene Verantwortung verwendbar. Aus dem Inhalt dieses Berichtes hervorgehende Veröffentlichungen, welche Resultate und Schlussfolgerungen daraus nur teilweise und nicht im Sinne des Gesamtberichtes darstellen, sind nicht erlaubt. Insbesondere dürfen solche Veröffentlichungen diesen Bericht nicht als Quelle angeben oder es darf nicht anderweitig eine Verbindung mit diesem Bericht oder der Carbotech AG hergestellt werden können. Für Forderungen ausserhalb des oben genannten Rahmens lehnen wir jegliche Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber sowie Dritten ab. Dieser Bericht ist ausschliesslich für den Auftraggeber erstellt worden und wir übernehmen keine Verantwortung gegenüber Dritten, welche Kenntnis erlangen über diesen Bericht oder Teile davon.

1 Ausgangslage und Auftrag

Heute wird Polyethylen (PE) in der Schweiz grösstenteils in Kehrrichtverwertungsanlagen (KVA) entsorgt, nur ein geringer Anteil wird separat gesammelt und stofflich verwertet. Für das Amt für Umwelt, Kanton Thurgau, hat die Carbotech AG bereits die ökologischen Auswirkungen verschiedener PE-Verwertungswege anhand einer Ökobilanz analysiert (Kägi und Dinkel 2013a). Zudem hat die Carbotech AG für InnoPlastics AG den ökologischen Nutzen von der Sammlung und Verwertung von 100'000 t Kunststoff betrachtet (Kägi und Dinkel 2013b). Basierend auf diesen beiden Studien sollen nun folgende Updates und Ergänzungen analysiert werden:

A: Varianten der Verwertungswege

1. Verwertung in einer durchschnittlichen schweizerischen KVA
2. Verwertung in einer stromoptimierten KVA (Bsp. KVA Monthey)
3. Verwertung in einer wärmeoptimierten KVA (Bsp. KVA Basel)
4. Verwertung in einer wärme- und stromoptimierten KVA (Bsp. KVA Hagenholz)
5. Verwertung in einem Zementwerk auf Basis Kohleersatz
6. Verwertung in einem Zementwerk auf Basis Heizöl (S)-Ersatz
7. Verwertung in einem Zementwerk auf Basis Heizöl (EL)-Ersatz
8. Verwertung in einem Zementwerk auf Basis Erdgasersatz
9. Stoffliches Recycling

B: Verwertung von 100'000 t Kunststoff (ohne PET-Flaschen)

1. Gemischtsammlung von 100'000 t Kunststoff mit 50 % stofflichem Recycling und 50 % Verwertung im Zementwerk
2. Selektivsammlung von 20'000 t PE-Hohlkörpern und 80'000 t Kunststoff in KVA
3. Keine Sammlung: 100'000 t Kunststoff in KVA

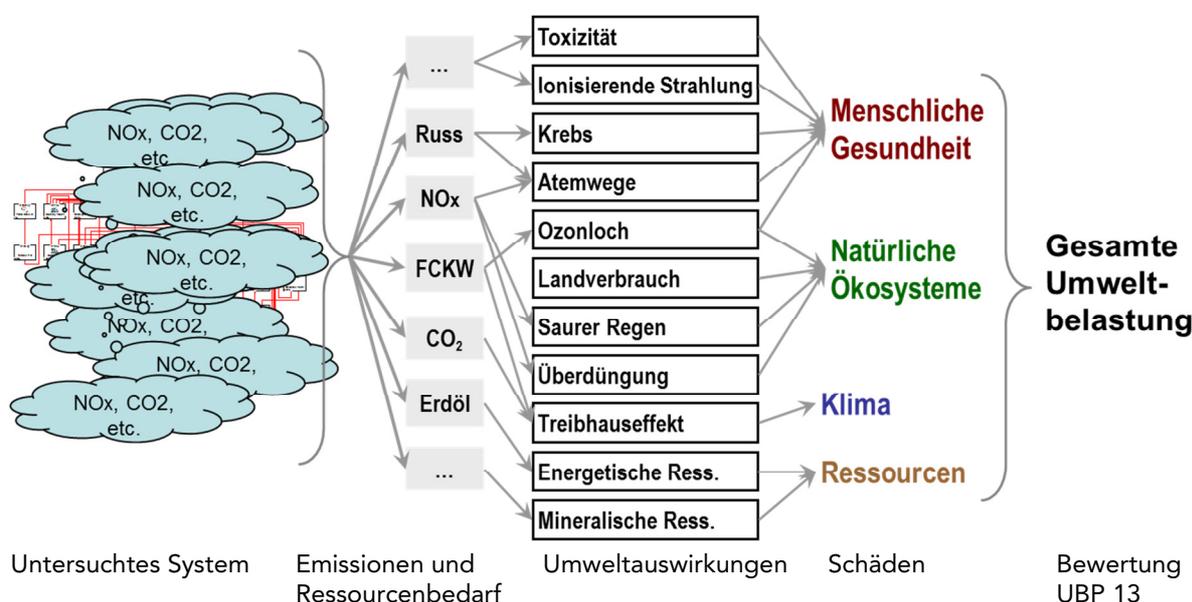
2 Vorgehen

Um den ökologischen Nutzen abzuklären, wurde die Methode der Ökobilanzierung verwendet. Sie gilt als die umfassendste Methode, um ökologische Fragestellungen zu beantworten, weil sie eine Vielzahl von Umweltauswirkungen über die gesamte Prozesskette berücksichtigt.

In der Untersuchung wurden die Rahmenbedingungen in der Schweiz betrachtet, so z. B. die Sammeltransporte mit den entsprechenden Fahrzeugen oder die spezifische Energienutzung bei der Verwertung in der durchschnittlichen KVA. Für allgemeinere Prozesse oder Dienstleistungen wie Stromerzeugung, Bereitstellung fossiler Energieträger, Treibstoffverbrauch, etc. wurden ebenfalls auf schweizerische Durchschnittswerte zurückgegriffen.

Die verschiedenen Verwertungsarten führen zu unterschiedlichen Produkten mit unterschiedlichem Nutzen. Bei der energetischen Nutzung in einer KVA werden die Energieträger Strom und Wärme bereitgestellt, welche z. B. die entsprechenden fossilen Energieträger ersetzen können. Bei der stofflichen Nutzung wird Recycling Polyethylen (R-PE) hergestellt, welches primäres PE ersetzen kann. Bei der Verwertung im Zementwerk werden direkt fossile Energieträger eingespart. Die verschiedenen Systeme können nur verglichen werden, wenn sie auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden. Für die Berechnungen wurden die Systeme deshalb so erweitert (mittels Gutschriften für alle Nebenprodukte), dass alle denselben Gesamtnutzen aufweisen. D. h. falls das PE einer stofflichen Nutzung zugeführt wird, so muss die Energiemenge, welche in der KVA hätte bereitgestellt werden können, anderweitig bereitgestellt werden. Bzw. bei einer energetischen Nutzung muss die entsprechende Menge Primär-PE hergestellt werden.

Die Auswirkungen der Emissionen und des Ressourcenbedarfs wurden mit verschiedenen international anerkannten Methoden ausgewertet. Da alle Methoden zu ähnlichen Resultaten führten, werden im Bericht nur die Resultate der Methode der ökologische Knappheit 2013 – UBP 13 (Frisknecht R. und Büsser Knöpfel S. 2013) dargestellt.



Gesamtaggregierende Methoden haben den Vorteil, dass sie die unterschiedlichen Umweltauswirkungen gegeneinander gewichten und zu einer einzigen Kennzahl zusammenfassen. Die Darstellung solcher Kennzahlen erleichtert Vergleiche oder macht solche überhaupt erst möglich. Die Methode UBP 13 wurde vom Bundesamt für Umwelt mitentwickelt. Sie geht von der Umweltsituation in der Schweiz aus und richtet sich bei der Bewertung nach der schweizerischen Umweltpolitik.

Aufgrund der Aktualität des Themas wurde zusätzlich der Einfluss auf das Klima (IPCC 2014) separat ausgewiesen.

3 Rahmenbedingungen und Datengrundlagen

PE-Verwertung in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Für die Verbrennung von PE in einer KVA wurden die in der KVA für PE spezifischen Emissionen sowie der Infrastruktur und Ressourcenbedarf mit den entsprechenden ecoinvent v2.2 Inventaren (ecoinvent 2010) abgebildet. Dabei wurden gewisse Emissionen aufgrund neuer Entwicklungen angepasst. Zusätzlich wurde der Strom- und Wärmenutzungsgrad der betrachteten KVAs mitberücksichtigt. Gemäss Rytec (2014) setzen sich die Nutzungsgrade folgendermassen zusammen:

KVA CH: Schweizer Durchschnitt:	16.7 % Strom,	28.1 % Wärme
KVA S: stromoptimiert (Bsp. Monthey):	24.7 % Strom,	19.2 % Wärme
KVA W: wärmeoptimiert (Bsp. Basel):	9.9 % Strom,	68.4 % Wärme
KVA W&S: wärme- und stromoptimiert (Bsp. Hagenholz):	15.5 % Strom,	52.3 % Wärme

Im Gegensatz zur damaligen Studie wurde basierend auf neuen Erkenntnissen und Überlegungen der "Konsequenzen-Ansatz" verwendet. Das heisst, es wird versucht abzuschätzen, was die Konsequenzen einer Änderung von Technologien oder Entscheiden sind. Dies bedeutet z. B. im Falle der Gutschriften von Strom aus einer KVA, dass nicht der heute aktuelle Strom-Mix verwendet wird, sondern diejenige Art der Strom Bereitstellung, welche bei einer Veränderung des Strombedarfs zur Anwendung kommt. Dieser Strom-Mix wird als Grenzstrommix¹ bezeichnet. Die KVA-Nutzwärme ersetzt Heizwärme aus Erdöl (58%) und Erdgas (42%) (BFE 2014).

Selektivsammlung von 20'000 t PE mit stofflichem Recycling

Daten zur Selektivsammlung und Aufwände des stofflichen Recyclings von PE wurden der PE-Folien-Recycling-Studie (Dinkel u. a. 2012) entnommen. 86 % der gesammelten Menge können wiederverwertet werden. 14 % bestehend aus Fremdstoffen und nicht verwertbarem PE-Anteil werden in einer durchschnittlichen KVA Schweiz entsorgt. Das rezyklierte PE wird nicht in Flaschen für Lebensmittel, aber in vielen anderen Anwendungen verwendet. Trotz einer Qualitätsminderung durch den Recyclingprozess kann davon ausgegangen werden, dass das Sekundär-PE in den entsprechenden Anwendungsgebieten ca. 90% Primär-PE ersetzen kann. Dies aufgrund der Tatsache, dass die Qualitätsminderung z. B. darin besteht, dass R-PE eine farbliche Beeinträchtigung hat, welche jedoch für viele Anwendungen, wie Abwasserrohre, kein Problem darstellt oder, dass ein wenig mehr R-PE Material benötigt wird, um die gleichen Anforderungen zu erfüllen.

¹ Als Grenzstrom wird diejenige Art der Strombereitstellung verstanden, die bei einem zusätzlichen Bedarf an Strom eingesetzt würde bzw. der Kraftwerkspark der abgeschaltet würde bei einer Reduktion der Nachfrage nach Elektrizität. Der Grenzstrommix ist tageszeitabhängig, wobei hier ein Mittelwert der einzelnen Tageszeigen verwendet wurde (Garz u. a. 2009).

Gemischtsammlung von 100'000 t Kunststoffmix mit stofflichem Recycling von 50% des Kunststoffmixes

Die Zusammensetzung des Kunststoffmixes basiert auf den Angaben der InnoPlastics-Studie (Kägi und Dinkel 2013b):

34.9 % PE, 7.8 % PP, 4.4 % PS, 35.1 % Verbundstoffe, 5.2 Diverses

Aufgrund mangelnder Daten zur Gemischtsammlung wurden Daten zum Sammel- und Sortieraufwand von der PE-Folien-Recycling-Studie (Dinkel u. a. 2012) entnommen. Diese Annahme ist insofern vertretbar, als dass die Sammel- und Sortieraufwände von geringer Umweltrelevanz sind und entsprechend keinen grossen Einfluss auf die Resultate haben. Gemäss der bereits erstellten Studie für InnoPlastics wird davon ausgegangen, dass rund 50 % der 100'000 t Kunststoffe stofflich rezykliert werden können (hauptsächlich die PE-, PP- und PET-Fractionen). Die restlichen 50 % werden in einem Zementwerk thermisch verwertet. Trotz einer Qualitätsminderung durch den Recyclingprozess kann davon ausgegangen werden, dass die Sekundär-Kunststoffe in den entsprechenden Anwendungsgebieten ca. 90 % Primärkunststoffe ersetzen können.

Verwertung in Zementwerk

PE oder Kunststoffmix (KS-Mix) kann als ARF (alternative resources and fuels) in einem Zementwerk eingesetzt werden und ersetzt somit fossile Energieträger. Die Klinkerproduktion benötigt gemässecoinvent Inventar rund 3.32 MJ Energieinput pro kg Klinker. Mit 1 kg PE (42.82 MJ Heizwert) können rund 12.9 kg Klinker hergestellt werden. Somit ersetzt 1 kg PE rund:

- 1.46 kg Kohle oder
- 1.05 kg Heizöl S oder
- 1.00 kg Heizöl EL oder
- 3.89 m³ Erdgas

Mit 1 kg KS-Mix (36.80 MJ Heizwert) können rund 11.1 kg Klinker hergestellt werden. Somit ersetzt 1 kg KS-Mix rund:

- 1.26 kg Kohle oder
- 0.96 kg Heizöl S oder
- 0.86 kg Heizöl EL oder
- 3.34 m³ Erdgas

4 Resultate und Diskussion

Die Resultate der Berechnungen sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt. Diese zeigen die Umweltauswirkungen gemessen mit den Indikatoren UBP 13 für die Gesamtumweltbelastung und Treibhauspotential für den CO₂-Fussabdruck. Entsprechend indiziert ein hoher Wert eine grosse Belastung und ökologisch vorteilhaft ist ein möglichst kleiner Wert. Dargestellt ist jeweils die relative Umweltauswirkung. Dabei ist das Resultat der Verwertung in einer durchschnittlichen KVA auf 100 % normiert. Für jede Verwertungsvariante sind die Prozessbeiträge sowie die Gutschriftsbeiträge dargestellt (linke Säulen). Die rechte orange Säule entspricht der Summe aller Beiträge. Die grün gestrichelte Säule entspricht dem Nutzen der entsprechenden Variante im Vergleich zur Verwertung in einer durchschnittlichen KVA.

Die schwarzen Balken widerspiegeln die in der Ökobilanzierung involvierten Unsicherheiten. Diese erscheinen auf den ersten Blick als riesig, z. T. fast 100 % der Summen (orange Säulen). Der Grund liegt darin, dass es sich jeweils um die Differenz von grosse Prozessbeiträgen und grossen Gutschriftsbeiträgen handelt. Eine Unsicherheit von 20 % bei den Gutschriften kann somit zu einer Verdopplung oder Halbierung der Summe (orange Säule) führen. Eine Variante ist dann signifikant umweltfreundlicher, wenn sich ihr Unsicherheitsbalken nicht mit dem Unsicherheitsbalken der Vergleichsvariante überschneidet.

4.1 Varianten der PE-Verwertungswege

Gesamtumweltbelastung

Aus Abbildung 1 ist Folgendes herauszulesen:

Im Vergleich zur Basisvariante "Entsorgung in durchschnittlicher Schweizer KVA"

- weisen sämtliche betrachtete Varianten einen Umweltnutzen auf mit Ausnahme der Variante "Thermische Verwertung in Zementwerk mit Erdgasersatz".
- Tendenziell den grössten Umweltnutzen weist die Variante "thermische Verwertung im Zementwerk mit Kohleersatz" auf (61 %, d. h. die Umweltbelastung ist um rund 60 % geringer).
- Gefolgt vom stofflichen Recycling mit einem Nutzen von rund 50 %.
- Die wärme- sowie die wärme- und stromoptimierte KVA haben einen Nutzen von rund 45 %
- Die Varianten "thermische Verwertung im Zementwerk mit Heizölersatz" weisen einen Umweltnutzen von 40 % für S-Heizölersatz respektive 35 % für EL-Heizölersatz.
- Die stromoptimierte KVA weist einen Umweltnutzen von rund 15 % auf.
- Die Variante "Thermische Verwertung in Zementwerk mit Erdgasersatz" hat tendenziell eine höhere Umweltbelastung (rund 20 %).

Die Resultate zeigen deutlich, wie entscheidend sich die Annahmen zu den Gutschriften auswirken. Sowohl bei der Entsorgung in einer KVA wie auch bei der thermischen Verwertung in einem Zementwerk können die Gutschriften je nach Variante sehr unterschiedliche ausfallen. Diese sind insbesondere bei einem Vergleich zum stofflichen Recycling entscheidend für die Interpretation und Schlussfolgerung.

Unter Berücksichtigung der involvierten Unsicherheiten sind daher folgende Schlüsse zulässig:

- Im Vergleich zur Basisvariante "Entsorgung in durchschnittlicher Schweizer KVA" sind die Varianten wärme- sowie wärme und stromoptimierte KVA, Zementwerk mit Kohleersatz sowie Heizöl-S-Ersatz sowie das stoffliche Recycling signifikant umweltfreundlicher.

- Im Vergleich zur Variante stoffliches Recycling liegen alle Varianten in einer ähnlichen Grössenordnung (keine signifikanten Unterschiede) mit der Ausnahme der Basisvariante Entsorgung in durchschnittlicher KVA und thermische Verwertung in Zementwerk mit Erdgasersatz, welche beide eine deutlich höhere Umweltbelastung aufweisen.

CO₂-Fussabdruck

Aus Abbildung 2 ist Folgendes herauszulesen:

- Die Resultate sehen ähnlich aus wie die der Gesamtumweltbelastung hinsichtlich der KVA-Varianten, dem stofflichen Recycling sowie den Zementwerkvarianten mit Ausnahme von Kohleersatz
- Es fällt auf, dass insbesondere die Variante Kohleersatz im Zementwerk deutlich besser als alle anderen Varianten abschneidet. Das hat vor allem damit zu tun, dass wesentlich mehr CO₂-Emissionen eingespart werden als bei allen anderen Varianten (respektive Kohle mit Abstand der CO₂-lastigste Energieträger ist).

Es gilt zu beachten, dass der CO₂-Fussabdruck nur eine Umweltwirkung unter vielen ist und die Aussagekraft hinsichtlich des Umweltnutzens stark eingeschränkt ist.

Diskussion Energieersatz im Zementwerk

Im Allgemeinen wird mit ARF (alternative resources and fuels) im Zementwerk Kohle eingespart. Daraus ergibt sich eine hohe Reduktion der CO₂-Emissionen. Die Verwendung von Kohle ist jedoch nicht prozessbedingt, sondern wird aus ökonomischen Gründen eingesetzt. Entsprechend erachten wir die Gutschrift für Kohle als zu hoch, siehe auch Bericht PE Folien Recycling (Dinkel u. a. 2012) und erachten stattdessen eine Gutschrift basierend auf Heizöl als zielführender.

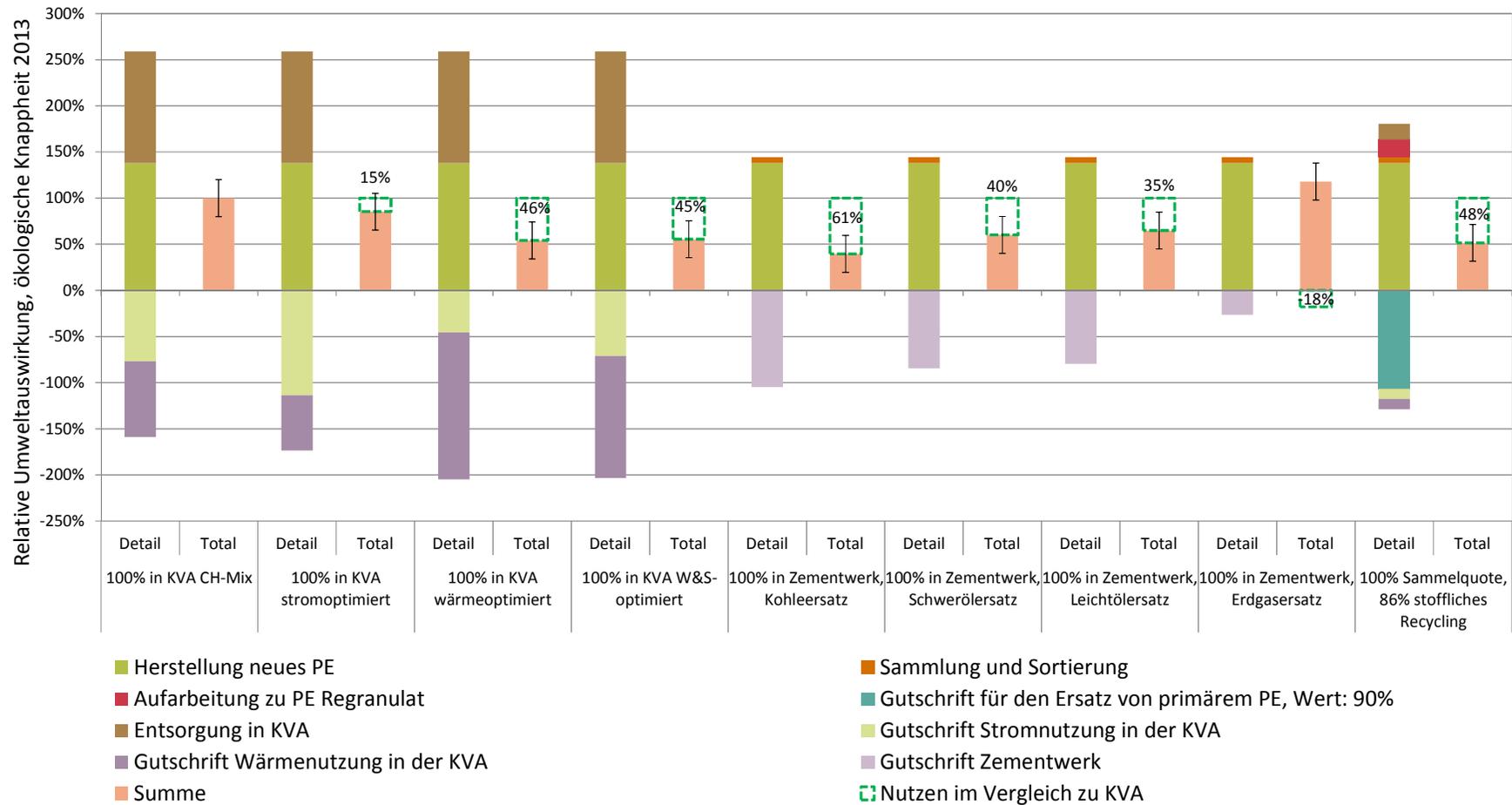


Abbildung 1: Vergleich der Umweltbelastung von PE-Verwertungspfaden mit der Methode der ökologischen Knappheit (2013)

Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an.

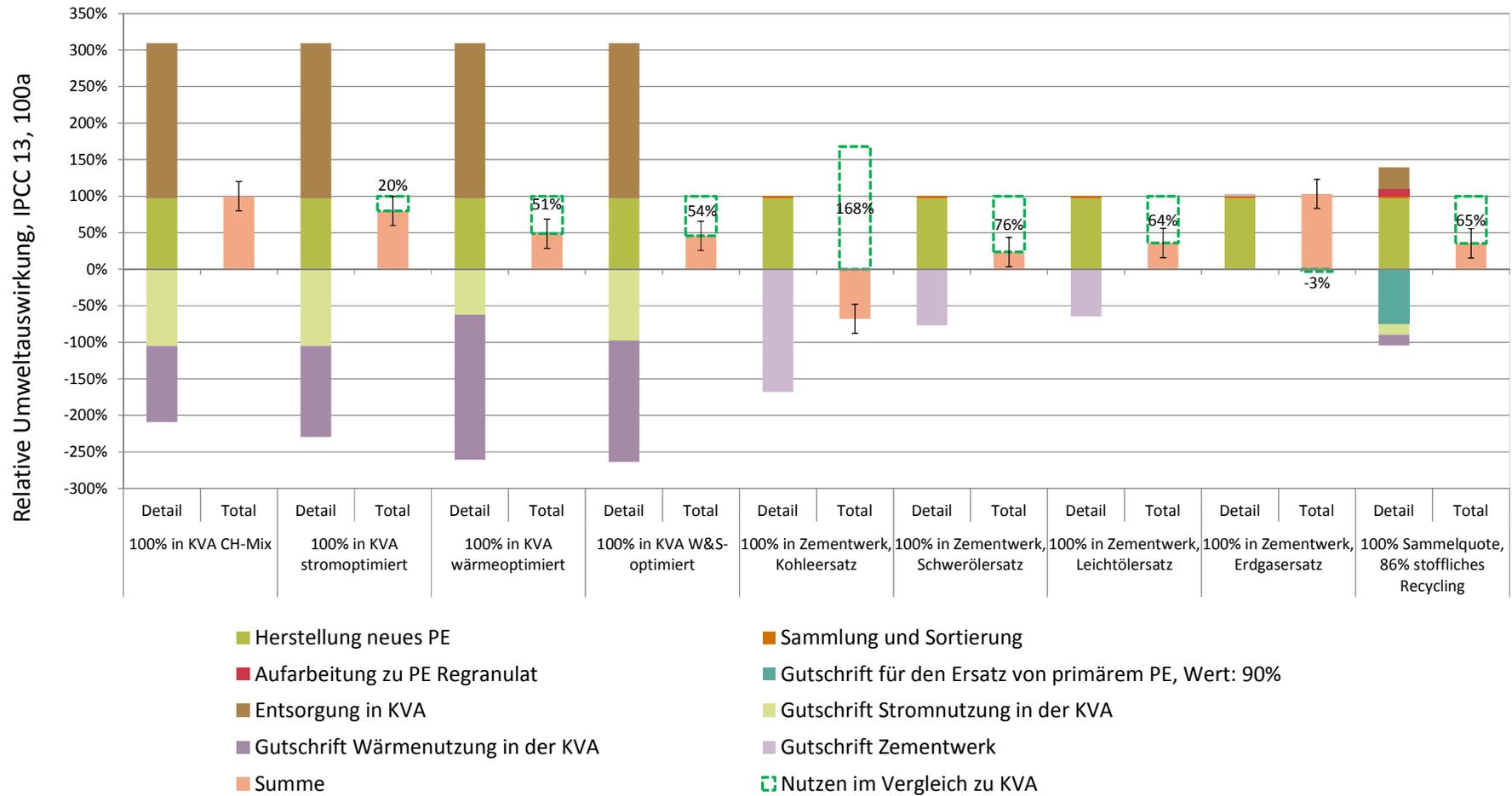


Abbildung 2: Vergleich des CO₂-Fussabdruckes von PE-Verwertungspfaden mit der IPCC 2013 Methode (Treibhauspotential)

Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an.

4.2 Verwertung von 100'000 t Kunststoff

Gesamtumweltbelastung

Aus

Abbildung 3 ist Folgendes herauszulesen:

Im Vergleich zur Basisvariante "Entsorgung in durchschnittlicher Schweizer KVA"

- weisen alle betrachteten Varianten einen Umweltnutzen auf.
- Den grössten Umweltnutzen (rund die Hälfte, d. h. die Umweltbelastung ist um 50 % geringer) weist die Variante „100 % Gemischtsammlung“ auf.
- Gefolgt von den Varianten "20 % Selektivsammlung in KVA W&S optimiert" und "100 % in KVA W&S optimiert" mit einem Nutzen von je rund einem Drittel.
- Den kleinsten Umweltnutzen (rund ein Siebtel) weist die Variante "20 % Selektivsammlung in KVA CH-Mix" auf.²

Unter Berücksichtigung der involvierten Unsicherheiten² sind daher folgende Schlüsse zulässig:

- Im Vergleich zur Basisvariante "Entsorgung in durchschnittlicher Schweizer KVA" sind alle Varianten umweltfreundlicher.
- "100 % Gemischtsammlung" weist die höchste Umwelteinsparung auf, hauptsächlich weil in dieser Variante 100'000 t Kunststoff gesammelt werden im Vergleich zur Selektivsammlung von nur 20'000 t.
- Zwischen der Variante "100 % Gemischtsammlung" und den Varianten mit Entsorgung in wärme- und stromoptimierter (W&S optimiert) KVA sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

CO₂-Fussabdruck

Aus

Abbildung 4 ist Folgendes herauszulesen:

- Die Resultate sehen ähnlich aus wie die der Gesamtumweltbelastung

Es gilt zu beachten, dass der CO₂-Fussabdruck nur eine Umweltwirkung unter vielen ist und die Aussagekraft hinsichtlich des Umweltnutzens stark eingeschränkt ist.

² Obwohl sich der Fehlerbalken (Standardabweichung) der Variante Selektivsammlung mit der der Basisvariante überschneidet, handelt es sich bei den 13 % Umweltreduktion um einen signifikanten Unterschied. Der Grund liegt darin, dass ein grosser Teil der Fehler voneinander abhängig sind (80 % Entsorgung in KVA ist bei beiden identisch). So zeigt auch eine Monte Carlo Analyse über den Vergleich der beiden Varianten, dass die Selektivsammlung mit einer Wahrscheinlichkeit von 99.99 % eine signifikante Umwelteinsparung aufweist. Ähnliches gilt für die Varianten mit W&S optimierter KVA.

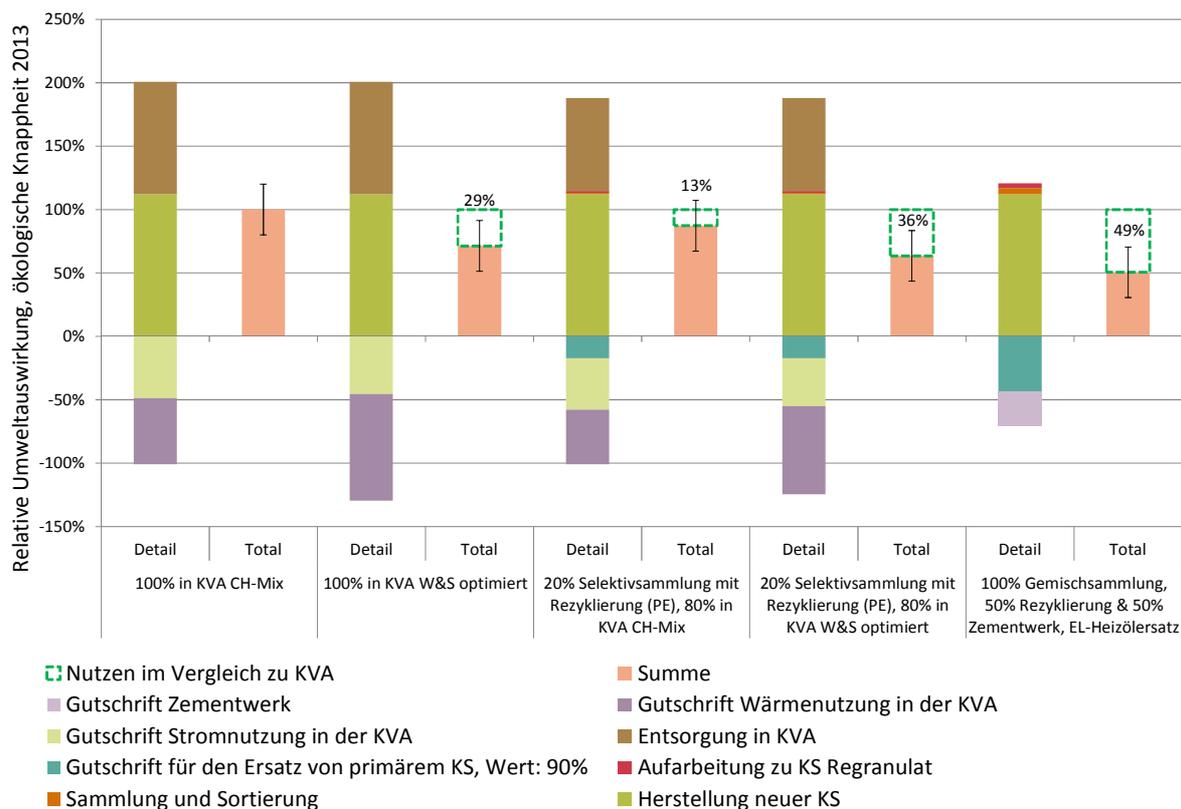


Abbildung 3: Vergleich der Umweltbelastung der Verwertung von 100'000 t Kunststoff mit der Methode der ökologischen Knappheit (2013)

Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Obwohl sich der Fehlerbalken (Standardabweichung) der Variante Selektivsammlung mit dem der Basisvariante überschneidet, handelt es sich auch bei den 13 % Umweltreduktion um einen signifikanten Unterschied. Der Grund liegt darin, dass ein grosser Teil der Fehler voneinander abhängig sind (80 % Entsorgung in KVA ist bei beiden identisch). So zeigt auch eine Monte Carlo Analyse über den Vergleich der beiden Varianten, dass die Selektivsammlung mit einer Wahrscheinlichkeit von 99.99 % eine signifikante Umwelteinsparung aufweist. Ähnliches gilt für die Varianten mit W&S optimierter KVA.

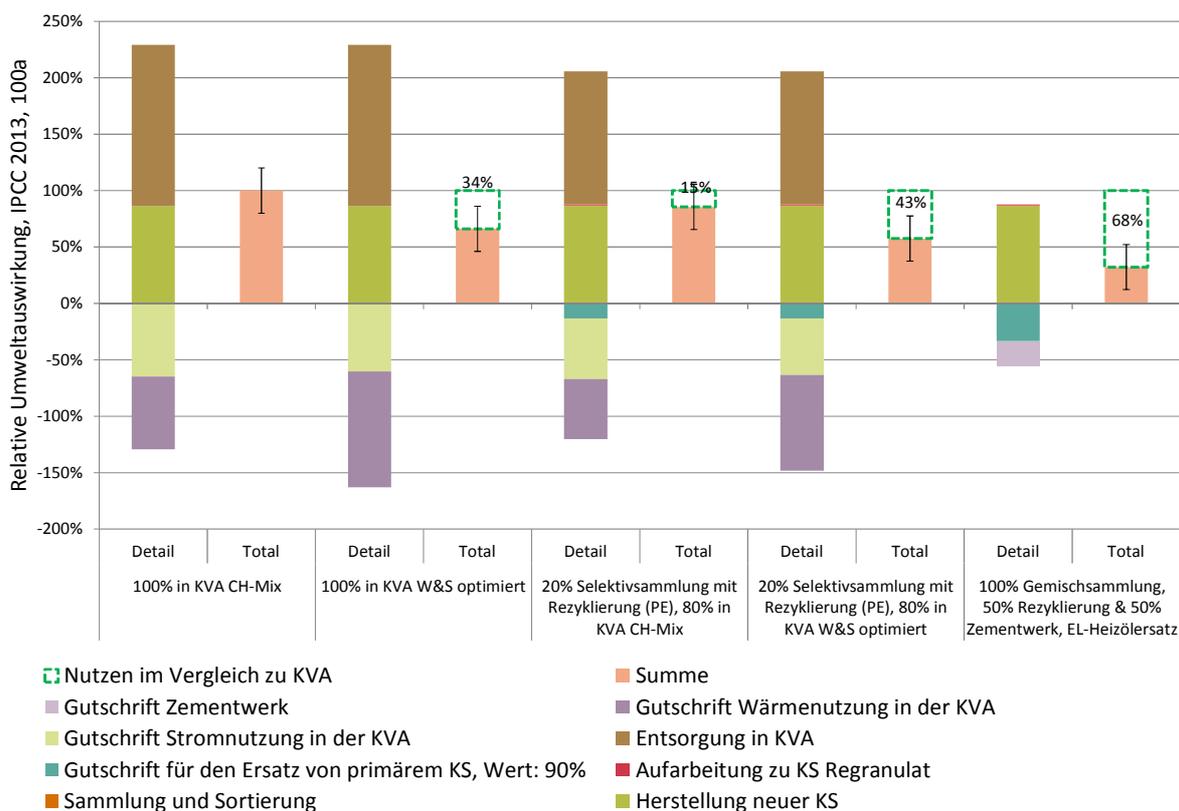


Abbildung 4: Vergleich des CO₂-Fussabdruckes der Verwertung von 100'000 t Kunststoff mit der Methode mit der IPCC 2013 Methode (Treibhauspotential)

Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Obwohl sich der Fehlerbalken (Standardabweichung) der Variante Selektivsammlung mit dem der Basisvariante überschneidet, handelt es sich auch bei den 15 % Umweltreduktion um einen signifikanten Unterschied. Der Grund liegt darin, dass ein grosser Teil der Fehler voneinander abhängig sind (80 % Entsorgung in KVA ist bei beiden identisch). So zeigt auch eine Monte Carlo Analyse über den Vergleich der beiden Varianten, dass die Selektivsammlung mit einer Wahrscheinlichkeit von 99.99 % eine signifikante Umwelteinsparung aufweist. Ähnliches gilt für die Varianten mit W&S optimierter KVA.

5 Schlussfolgerung

5.1 Varianten der PE-Verwertungswege

Die durchgeführten Analysen und Vergleiche zeigen, dass das stoffliche Recycling von PE eine ökologisch sinnvolle Alternative zur Entsorgung in einer durchschnittlichen schweizerischen KVA ist. Bei einer energetischen Verwertung in einem Zementwerk oder bei einer Entsorgung in einer optimierten KVA mit hoher Energienutzung sind die Umweltauswirkungen vergleichbar mit denjenigen des stofflichen Recyclings. Zentral für die richtige Schlussfolgerung ist die zugrundeliegende Fragestellung:

Ressourcenoptik

Wie soll eine bestimmte Menge PE-Abfall möglichst sinnvoll genutzt werden?

-> dann ist das PE im Sinne einer Kaskadennutzung möglichst oft stofflich zu rezyklieren. Mit jeder Kaskade wird ein zusätzlicher Nutzen generiert. Zum Schluss kann das PE dann immer noch in einem Zementwerk (oder KVA) mit entsprechendem Energienutzen entsorgt werden.

Bedarfsoptik

Wie soll PE-Abfall möglichst sinnvoll unseren Bedarf an stofflichem PE-Material und Energie decken? -> dann scheint die thermische Verwertung in einem Zementwerk oder in einer optimierten KVA mit sehr hoher Energienutzung ebenso sinnvoll wie das stoffliche Recycling zu sein. Dies gilt jedoch nur unter der heutigen Gegebenheit, dass der dabei zu ersetzende Energiemix stark auf fossilen Energiequellen beruht. Sollte sich dieser Energiemix vermehrt aus erneuerbaren Energiequellen zusammensetzen, wie dies das erklärte Ziel der Umweltpolitik ist, begünstigt dies automatisch das stoffliche Recycling (da die Energiegutschriften der KVA oder des Zementwerkes dann tiefer ausfallen).

5.2 Verwertung von 100'000 t Kunststoff

Aus Umweltsicht macht es Sinn, die potentiell verfügbaren 100'000 t Kunststoff aus dem Haushaltsabfall (ohne die bereits etablierte PET-Flaschensammlung) zu sammeln und soweit möglich stofflich zu rezyklieren und den Rest thermisch zu verwerten. Der Nutzen ist weitaus grösser als wenn man auf eine Selektivsammlung von 20'000 t PE fokussiert und die restlichen 80'000 t Kunststoff nicht sammelt. Der Hauptgrund liegt darin, dass nicht nur 20'000 t, sondern 50'000 t ins stoffliche Recycling gelangen und 50'000 t zusätzlich in einem Zementwerk thermisch verwertet werden. Der Umweltnutzen erhöht sich jedoch ebenfalls, wenn der Energienutzungsgrad der KVAs weiter erhöht wird.

Einschränkungen

Die Studie macht keine Aussage dazu, ob es ökologisch sinnvoller ist, die 100'000 t gemischt oder gänzlich selektiv zu sammeln (d. h. PE, PET, PP, PS, KS-Verbunde jeweils als Selektivsammlung) und dann soweit möglich stofflich zu rezyklieren und den Rest thermisch zu verwerten. Bei einem solchen Vergleich spielt die Qualitätsbeeinträchtigung der Rezyklate durch die Art der Sammlung und Sortierung eine Rolle. Falls z. B. eine gemischte Sammlung zu einer schlechteren Qualität der Rezyklate führen würde als die Selektivsammlung der 100'000 t Kunststoff, so hätte dies einen wesentlichen Einfluss auf die Resultate.

Die Aussage dieser Analyse ist einzig die, dass es aus ökologischer Sicht sinnvoll ist, möglichst viel des potentiellen Kunststoffabfalls zu sammeln und entsprechend stofflich zu rezyklieren.

6 Literatur

BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013,

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier_id=05071, (2014).

Dinkel, F., Stettler, C., Miranda, R.: Ökologischer Nutzen des PE-Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe). im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (2012).

ecoinvent: ecoinvent data v.2.2. Swiss Center for Life Cycle Inventories, St. Gallen (2010).

Frischknecht R., Büsser Knöpfel S.: Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern (2013).

Garz, H., Ötsch, R., Haas, A., Wirtz, P., Zank, S.: Deutsche Stromversorger - In der CO₂-Falle? Im Auftrag der Pan European Equity Deutschland (2009).

IPCC: Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York (2014).

Kägi, T., Dinkel, F.: Ökobilanz PE-Verwertungswege. Ökologischer Vergleich von PE-Selektiv- und Gemischtsammlung mit der Verwertung in KVA Schweiz und Thurgau. im Auftrag des Amt für Umwelt Kanton Thurgau (2013)(a).

Kägi, T., Dinkel, F.: LCA von Kunststoff-Recycling Verwertungsvarianten im Vergleich. Im Auftrag von InnoPlastics AG (2013)(b).

Rytec: Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren – Resultate 2013. Im Auftrag der Bundesämter für Umwelt und Energie (2014).

Anhang: Wo bleiben die Emissionen im Zementwerk?

Dem aufmerksamen Leser wird aufgefallen sein, dass in
Abbildung 1 und

Abbildung 2 zwar Emissionen bei der Entsorgung in der KVA aufgeführt sind, jedoch die Emissionen bei der Entsorgung des Zementwerkes fehlen. Weiter scheint die Gutschrift für die Entsorgung im Zementwerk kleiner zu sein als die Gutschrift der Entsorgung in der KVA. Der Grund für diese scheinbare Diskrepanz liegt darin, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit beim Zementwerk bereits die Differenz zwischen der Umweltbelastung mit PE-Abfall als Energieträger und der Umweltbelastung mit sonstigem Energiemix (z. B. Heizöl) dargestellt ist.

Folgende Abbildung stellt am Beispiel PE-Verwertung in einem Zementwerk mit EL-Heizölersatz dar, wie die Balkengrafik aussehen würden, wenn einerseits die Emissionen der Zementherstellung mit PE-Abfall als Brennstoff als Umweltbelastung und die Emissionen der Zementherstellung mit EL-Heizöl als Brennstoff als Gutschrift einzeln dargestellt würden. Wir haben in den Abbildungen 1 bis 4 diese Art der Darstellung aus folgenden Gründen nicht gewählt:

- Diese Art der Darstellung ist weniger überschaubar, da die beiden Zementbalken (Entsorgung und Gutschrift) um Größenordnungen grösser sind als die restlichen Balken.
- Zudem kann sie irreführend sein, obwohl in der Summe dasselbe Resultat herauskommt: Zement wird hergestellt, unabhängig davon ob PE-Abfall verwertet wird oder nicht. Im Gegensatz dazu entstehen die Emissionen der KVA nur dann, wenn Abfälle verbrannt werden. Die laufenden Emissionen des Zementwerkes werden deshalb der Zementherstellung angerechnet. Der PE-Abfallverwertung im Zementwerk wird nur die Differenz der Umweltbelastung angerechnet (so wie das in den Abbildungen 1 bis 4 dargestellt wird).

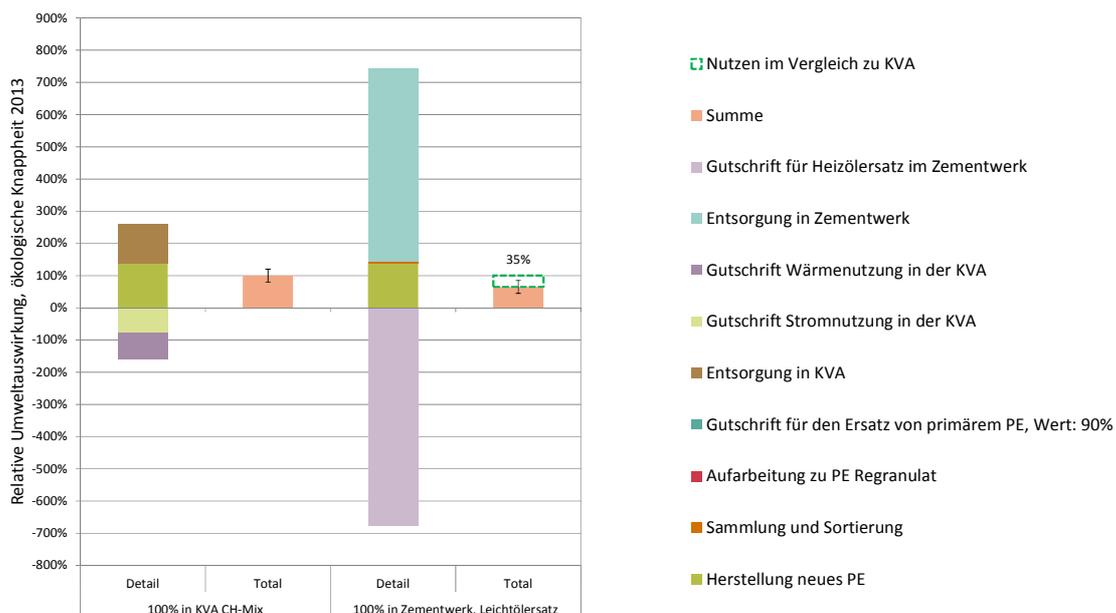


Abbildung 5: Vergleich der Umweltbelastung von PE-Verwertungspfaden mit der Methode der ökologischen Knappheit (2013)

Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an.