



Rückführung von verbrauchten Polyethylen- Folien in die Wiederverwertung

Bericht des Bundesrates
in Erfüllung des Postulates 09.3600 Cathomas
vom 11. Juni 2009

Vom Bundesrat an seiner Sitzung vom 22. September 2017 gutgeheissen.

Übersicht

Inhalt

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über das Volumen und die Entsorgungsart der in der Schweiz als Verpackungsmaterial in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verwendeten Folien aus Polyethylen (PE) und zeigt Vorschläge für Anreizsysteme zur erhöhten Rückführung der verbrauchten PE-Folien zur Verwertung, insbesondere zum werkstofflichen Recycling, auf.

Ausgangslage

Der Bundesrat unterbreitet den Bericht "Rückführung von verbrauchten Polyethylen-Folien in die Wiederverwertung" dem Parlament in Erfüllung des Postulates 09.3600 Cathomas.

Ressourceneinsparung und Nutzen für die Umwelt

Folien aus Polyethylen werden sehr vielfältig eingesetzt, unter anderem als Wickel-, Schrumpf- und Stretchfolien in Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe. Die Abfallmengen aus solchen sortenreinen und zum Teil unverschmutzten PE-Folien sind in den letzten Jahren stark angestiegen. Aus den Foli- enabfällen lässt sich PE-Regranulat für neue Produkte herstellen. Zurzeit werden aber immer noch rund 70 Prozent der Foli- enabfälle in Kehr- richtverbrennungsanlagen verbrannt.

In der vergleichenden Ökobilanz wird ersichtlich, dass das Recycling (stoffliche Verwertung) der PE-Folien sowie der Ersatz von Kohle durch PE im Zementwerk unter den verwendeten Annahmen die ökologisch besten Varianten darstellen und dass diese Verwertungsarten die Umwelt deutlich weniger belasten als die Entsorgung via Kehr- richtverbrennungsanlage. Weil durch eine effiziente Verwertung von PE-Folien bis zu 80 Prozent nicht-erneuerbare Energie (graue Energie) eingespart werden kann, wirkt sich eine verstärkte separate Sammlung und stoffliche Verwertung von PE-Folien auch positiv auf das Klima aus.

Mengen und Potenziale

Jährlich fallen schätzungsweise 110'000 Tonnen (13,8 kg pro Kopf) PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft als Abfall an. Das entspricht etwa 14 Prozent des jährlichen Kunststoffabfalls der Schweiz. Aktuell werden 24 Prozent der PE-Folien stofflich verwertet, weitere 6 Prozent gelangen in ein Zementwerk, der Rest wird in Kehr- richtverbrennungsanlagen verwertet. Laut Experten könnten bis zu 50 Prozent der PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft separat gesammelt und stoff- lich verwertet werden.

Mögliche Anreize zur Rückführung der verbrauchten PE-Folien

Separatsammlungen können sich nur dauerhaft etablieren, wenn alle Beteiligten einen Nutzen daraus ziehen können, wenn die Mengen genügend gross und die Logistik effizient sind.

Ein Anreiz zur separaten Sammlung könnte sein, dass die gesammelten Folien ab einer gewissen Menge kostenlos bei den Betrieben abgeholt und in die stoffliche oder thermische Verwertung ge- bracht werden. Der Betrieb kann so die Kosten für die Verbrennung einsparen und hat einen gleich- wertigen Entsorgungsservice. Häufig werden Sammelsysteme auf freiwilliger Basis durch einen vor- gezogenen Recyclingbeitrag (PET-Getränkeflaschen, elektrische und elektronische Geräte, Alumini- umdosen) oder einer vorgezogenen Entsorgungsgebühr (Altglas, Batterien) finanziert. Ein freiwilliges System zur Finanzierung der Sammlung und des Transports von Kunststofffolien zur stofflichen Ver- wertung müsste in einem ersten Schritt durch die Branche selbst organisiert werden. Ein Rücknahme- system mit regionalen Partnern existiert z.B. bereits für Landwirtschaftsfolien (RESI) oder Folien aus dem professionellen Bereich (RE-LOG System).

Die Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Ab- fallverordnung, VVEA, SR 814.600) enthält in Artikel 12 eine allgemeine Verwertungspflicht. Abfälle sind folglich nach dem Stand der Technik stofflich oder energetisch zu verwerten, wenn eine Verwer- tung die Umwelt weniger belastet als (a) eine andere Entsorgung und (b) die Herstellung neuer Pro- dukte oder die Beschaffung anderer Brennstoffe. Dies gilt auch für PE-Folien aus Industrie, Gewerbe

und Landwirtschaft, sie sollen entsprechend nach dem Stand der Technik stofflich oder energetisch verwertet werden. Zusätzlich ist im Artikel 17 Absatz 1 Buchstabe d VVEA festgehalten, dass stofflich verwertbare Kunststoffabfälle, die als Bauabfälle anfallen, auf der Baustelle möglichst sortenrein zu trennen sind. In der Anhörung zur Totalrevision der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) wurde vorgeschlagen, dass Kunststofffolien aus Industrie-, Gewerbe-, Dienstleistungs- und Landwirtschaftsbetrieben nach dem Stand der Technik stofflich zu verwerten sind. Der Artikel wurde nach der Auswertung der Anhörung aus der VVEA gestrichen, da bereits ein Sammelsystem privatwirtschaftlich angeboten wird und regulatorische Ansätze nicht gewünscht waren.

Weiteres Vorgehen

Bei der Sammlung von Kunststoffabfällen aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft stehen vorgängig freiwillige Massnahmen der Branche im Vordergrund. Erst wenn diese Massnahmen nicht ausreichend sind, soll der Bund eine Sammelpflicht einführen können (bspw. über eine Regelung in der VVEA).

Inhalt

| | |
|--|---|
| Glossar | 5 |
| 1 Auftrag..... | 6 |
| 2 Vorgehen..... | 6 |
| 3 Zu den Separatsammlungen in der Schweiz | 6 |
| 3.1 Bestehende Sammelsysteme für Kunststoffabfälle aus Industrie und Gewerbe | 7 |
| 4 Rechtliche Rahmenbedingungen..... | 7 |
| 5 Mengen | 7 |
| 5.1 Kunststoffmaterialströme weltweit und in der Schweiz | 7 |
| 5.2 Mengen von PE-Folienabfällen aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft | 8 |
| 6 Verwertung von PE-Folien aktuell..... | 8 |
| 6.1 Stoffliche Verwertung von PE-Folien..... | 9 |
| 6.2 Energetische Verwertung | 9 |
| 6.3 Behandlung in KVA | 9 |
| 7 Potenziale für die stoffliche Verwertung von PE-Folien..... | 9 |
| 8 Ökobilanz | 10 |
| 9 Fazit und Empfehlungen | 11 |
| Literaturverzeichnis | 12 |
| Anhang | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| Anhang 1: Kunststoffströme Schweiz 2010..... | 13 |
| Anhang 2: Darstellung der vergleichenden Ökobilanz zu den 4 möglichen Verwertungswegen von PE-Folien: Kehrichtverbrennungsanlage, Zementwerk, Verölung und Recycling..... | 14 |

Glossar

BAFU: Bundesamt für Umwelt

KVA: Kehrrichtverbrennungsanlagen

LLDPE: Linear low-density polyethylene (Polyethylen mit niederer / niedriger Dichte)

LRV: Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1995 (SR 814.318.142.1)

MJ: Megajoule (Energie)

MWh: Megawattstunden (Energie)

PE: Polyethylen

PET: Polyethylenterephthalat

USG: Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)

VVEA: Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, SR 814.600)

Sammlung, Separierung:

Abtrennen und Bereitstellen von Kunststoffabfällen (getrennt nach Kunststofftyp oder nicht) zur Abholung oder zum Bringen an Sammelstelle, Einsammeln von Kunststoff --> Kunststoffabfälle von übrigen Abfällen getrennt.

Sortierung:

Trennen nach Kunststofftypen. Dies ist erforderlich, wenn verschiedene Kunststoffabfälle zusammen gesammelt werden oder unerwünschte Stoffe enthalten. Abtrennen von Fremdstoffen, Windsichten, Flotation, Nah-Infrarot-Technik, Trennen nach Fraktionen (Grösse, Gewicht, Material), optoelektronische Sortierung (NIR-Kennung) --> Kunststoffe nach Typen getrennt.

Aufbereitung:

Zerkleinern (brechen, shreddern, mahlen etc.), sieben, waschen, trocknen, agglomerieren: Kunststoffe werden von Fremdkörpern getrennt und stehen dann in erforderlicher Qualität für die stoffliche Verwertung bereit. Für die Verwendung im Zementwerk als Ersatzbrennstoff fällt der Schritt Waschen weg, die Kunststoffabfälle müssen lediglich sortiert und zerkleinert werden.

Recycling (Aufbereitung zu Granulat):

Herstellung und Einsatz von Regranulat

1 Auftrag

Mit der Überweisung des Postulates 09.3600 Cathomas "Rückführung von verbrauchten Polyethylen-Folien in die Wiederverwertung" am 25. September 2009 erhielt der Bundesrat folgenden Auftrag: „Der Bundesrat wird beauftragt, einen Bericht zu verfassen über das Volumen und die Entsorgungsart der in der Schweiz als Verpackungsmaterial in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft usw. verwendeten Polyethylenfolien und Vorschläge für Anreizsysteme zur erhöhten Rückführung der verbrauchten PE-Folien zur Wiederverwertung, insbesondere zum werkstofflichen Recycling, aufzuzeigen.“

2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stützt sich auf die Ergebnisse folgender Projekte:

- Das Projekt „Runder Tisch Kunststoff“, das die Untersuchung der aktuellen Kunststoffflüsse sowie des diesbezüglichen Recyclingpotentials zum Ziel hat. An diesem Projekt sind Vertreter der Kunststoff- und Recyclingindustrie, der Abfallwirtschaft, des Detailhandels, der Zementindustrie, kantonaler Behörden sowie des BAFU beteiligt. Der Runde Tisch Kunststoff hat bereits 2011 einen Bericht zu den Modulen 1 und 2 des Projekts veröffentlicht. Der zweite Teil zu den Modulen 3 und 4 erschien Ende 2016.
- Die Studie „Ökologischer Nutzen des PE Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe)“ der Firma Carbotech AG aus dem Jahr 2012. Die Studie wurde vom BAFU für die Beantwortung des vorliegenden Postulates in Auftrag gegeben.

Ausgewählte Ergebnisse aus beiden Projekten und Studien werden in diesem Bericht dargestellt und kommentiert. Auf dieser Basis sind auch die Empfehlungen formuliert.

Parallel zur Erarbeitung des Berichts zeigte die Anhörung zur Revision der Technischen Verordnung über Abfälle, heute Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600), dass eine in der Anhörung vorgeschlagene Regelung zur Verwertung von Polyethylen-Folien aus Industrie und Gewerbe nicht angezeigt sei. Vielmehr solle die Branche bereits existierende erste freiwillige Massnahmen zur Sammlung von Kunststoff-Folien weiterentwickeln, bevor eine staatliche Regelung in Betracht gezogen werden könnte. In der Zwischenzeit wurden diese Verwertungssysteme ausgebaut und etablieren sich. Weil diese Entwicklungen abgewartet wurden, verzögerte sich die Fertigstellung des Berichts stark.

3 Zu den Separatsammlungen in der Schweiz

In der Schweiz werden Abfälle, welche sich für das Recycling eignen, separat, d.h. einzeln, gesammelt, dies im Unterschied zu Sammelsystemen in Nachbarländern, wo gemischte Wertstoffsäcke oder Wertstofftonnen angeboten werden und die fürs Recycling geeigneten Abfälle erst nachträglich sortiert werden. Dieses System war bisher sehr erfolgreich, es konnten dank der Disziplin der Bevölkerung hohe Sammelquoten und eine hohe Reinheit bzw. Qualität des Sammelgutes erreicht werden. Mit der separaten Sammlung von Wertstoffen verbunden sind Rechtstexte, welche sich spezifisch auf einzelne Abfallströme beziehen (es gibt keine allgemeine Verpackungs- oder Recyclingverordnung), sowie auf die einzelnen Fraktionen zugeschnittene Organisationen und Finanzierungslösungen.

Bedingungen und gleichzeitig Erfolgsfaktoren einer Separatsammlung sind weiterhin langfristig gleichbleibende Sammelweisen, ein dichtes Netz von Sammelstellen, eine weitgehend kostendeckende und verursachergerechte Finanzierungslösung, ständige Kommunikation und Vertrauen in die Qualität der Verwertung. Dies muss auch für jede weitere Separatsammlung gewährleistet sein.

In der Schweiz gibt es wenige Pfandsysteme, es wurde vielmehr auf die Einbindung der jeweiligen Branche geachtet. Bei elektrischen und elektronischen Geräten beispielsweise liegt die Organisation und Finanzierung der Sammlung und Verwertung ausschliesslich bei der Branche, gesetzlich wurde lediglich die Rücknahmepflicht durch den Handel, sowie die Rückgabepflicht der Endverbraucher geregelt. Andere Wertstoffsammlungen beruhen auf dem Engagement und der Verpflichtung des Detailhandels.

Industrie- und Gewerbebetriebe können die betriebsspezifischen Abfälle selbst entsorgen und verwerten lassen. In der Schweiz gibt es keine direkte Erhebung der Mengen an Industrie- und Gewerbeabfällen. Im Bereich der Kunststoffe bzw. der PE-Folien wurde eine Abschätzung der Mengen vorgenommen.

3.1 Bestehende Sammelsysteme für Kunststoffabfälle aus Industrie und Gewerbe

Es existieren einige Systeme auf privatwirtschaftlicher Basis, welche die Rücknahme spezifischer Kunststoffabfälle für die stoffliche Verwertung ermöglichen:

- EPS-Recycling : Netz von lokalen Sammelstellen, Sammelsäcke, Material wird von Schweizer EPS-Produzenten wieder eingesetzt
- HG Commerciale: Baufolien aus PE, Sammelsäcke
- PVC-Fensterprofile: Rückgabe via Händler oder spezialisierte Baufirmen
- RE-LOG Prepaid-Säcke für Folien, Hohlkörper und EPS: gefüllte Säcke können an lokale Sammelstelle gebracht werden (lokale Partner, z.T. Landi) oder werden ab einer gewissen Menge direkt abgeholt.
- RESI: Projekt zur Sammlung von Landwirtschaftsfolien mit einem Netz lokaler Entsorgungspartner
- Verband des Schweizerischen Baumaterial-Handels (VSBH): Baufolien aus PE, Sammelsäcke

4 Rechtliche Rahmenbedingungen

PE-Folien, die in grösseren Mengen in Industrie, Gewerbe oder Landwirtschaft anfallen, sind gemäss Artikel 31c des Umweltschutzgesetzes (USG; SR 814.01) durch den Inhaber zu entsorgen.

Artikel 12 VVEA hält die allgemeine Verwertungspflicht fest. Abfälle sind nach dem Stand der Technik stofflich oder energetisch zu verwerten, wenn eine Verwertung die Umwelt weniger belastet als (a) eine andere Entsorgung und (b) die Herstellung neuer Produkte oder die Beschaffung anderer Brennstoffe. Weiter sind gemäss Artikel 17 VVEA Kunststoffe im Bereich der Bauabfälle von übrigen Bauabfällen jeweils möglichst sortenrein auf der Baustelle zu trennen.

Kunststoffabfälle, die nicht stofflich verwertet werden, sind gemäss Art. 10 VVEA in geeigneten Anlagen thermisch zu behandeln. Dies erfolgt in der Schweiz in Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) oder in Zementwerken als Alternativbrennstoffe. Gemäss Anhang 4 Ziffer 2.1 Buchstabe c VVEA dürfen Kunststoffabfälle als Brennstoffe in der Haupt- und Zweitfeuerung bei der Herstellung von Zementklinker verwendet werden, sofern eine stoffliche Verwertung nach dem Stand der Technik nicht möglich ist. Vorausgesetzt ist, dass der hergestellte Zementklinker die Grenzwerte von Anhangs 4 Ziffer 1.4 VVEA einhält.

5 Mengen

5.1 Kunststoffmaterialströme weltweit und in der Schweiz

Weltweit werden rund 4 Prozent des gefördert Erdöls für die Produktion von Kunststoffen verwendet. Von den über 5000 bekannten Kunststoffarten haben lediglich circa 50 eine wirtschaftliche Bedeutung, wobei über 70 Prozent der Nachfrage in Europa auf Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS) sowie Polyethylenterephthalat (PET) entfallen (PlasticsEurope 2016: 19). Den grössten Anteil im Verbrauch und im Abfall stellen PE und PP, die vorwiegend für die Produktion von Verpackungen, Folien und Hohlkörpern eingesetzt werden. PE und PP weisen als Erdölprodukte mit rund 12 kWh/kg bzw. 43 MJ/kg einen rund drei Mal höheren Heizwert als Holz auf und stellen so die energiereichste Fraktion im Siedlungsabfall dar.

Für die Produktion von 1 kg Kunststoff werden ca. 2,5 kg Erdöl benötigt. Knapp die Hälfte wird dabei im Produkt verarbeitet. Hochgerechnet sind das 2,5 Millionen Tonnen Erdöl pro Jahr, welche für die Herstellung der in der Schweiz verbrauchten Kunststoffe verwendet werden.

Der gesamte Kunststoffverbrauch in der Schweiz im Jahr 2010 beläuft sich auf rund 1 Million Tonnen. Davon entfallen rund 300'000 Tonnen bzw. 30 Prozent auf Verpackungen aus PE. Zur Entsorgung fallen rund 780'000 Tonnen Kunststoffabfälle pro Jahr an. Davon werden rund 80'000 Tonnen stofflich

verwertet. Etwa 650'000 Tonnen werden in Kehrichtverbrennungsanlagen und gut 50'000 Tonnen in Zementwerken energetisch verwertet (vgl. Graphik Stoffströme im Anhang 1).

5.2 Mengen von PE-Folienabfällen aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft

Folien aus Polyethylen werden sehr vielfältig eingesetzt, unter anderem als Wickel-, Schrumpf- und Stretchfolien in Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe. Die Abfallmengen aus solchen sortenreinen und zum Teil unverschmutzten PE-Folien sind in den letzten Jahren stark angestiegen. Aus den Folienabfällen lässt sich PE-Regranulat für neue Produkte herstellen. Zurzeit werden aber immer noch 70 Prozent der Folienabfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt.

Jährlich fallen schätzungsweise 110'000 Tonnen (13,8 kg pro Kopf) PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft als Abfall an. Der Anteil der PE-Folien an den gesamten 412'000 Tonnen Kunststoffabfällen aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft beträgt 27 Prozent.

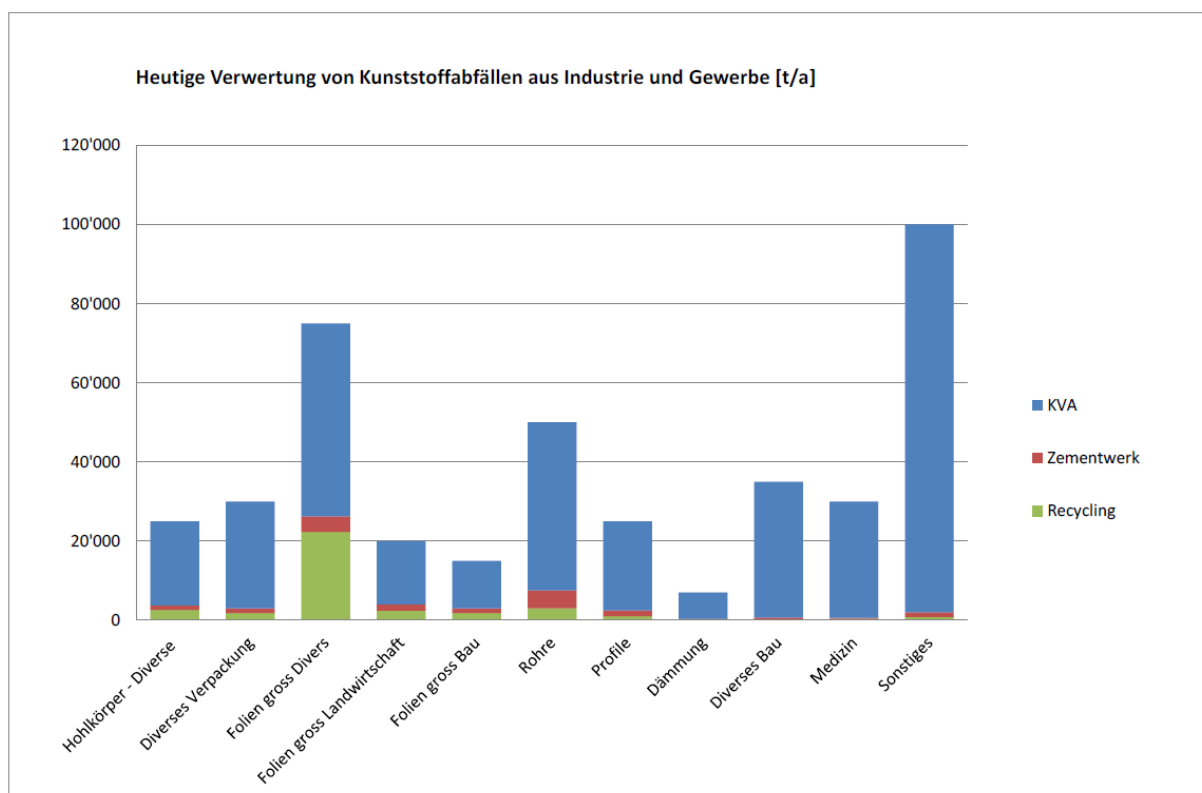


Abbildung 1: **Heutige Verwertung** von Kunststoffabfällen aus **Industrie und Gewerbe** nach Behandlungsweg (Gesamtmenge: 412'000 t/a) (Quelle: Ernst Basler + Partner 2013: 25).

Etwa 75'000 Tonnen (9,4 kg pro Kopf) der 110'000 Tonnen stammen aus dem Bereich Verpackungen, das sind vor allem Schrumpf-, Stretch- und Wickelfolien, Luftpolster und Sackware. Etwa 20'000 Tonnen (2,5 kg pro Kopf) stammen aus dem Bereich Landwirtschaft, das sind vor allem Silage-, Abdeck- und Treibhausfolien sowie Säcke. Weitere 15'000 Tonnen (1,9 kg pro Kopf) stammen aus dem Bereich Bau, das sind Bau- und Abdeckfolien, Dichtungen und Planen.

6 Verwertung von PE-Folien aktuell

Alle hier untersuchten Folien stammen aus Betrieben und stellen betriebsspezifische Abfälle dar. Die Unternehmen können – im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben - frei auswählen, in welche Entsorgungs- bzw. Verwertungsschiene sie die PE-Folienabfälle geben wollen. In der Regel entscheidet der Preis, wer die Abfälle erhält. Da es in der Schweiz eine regional gute Abdeckung von Kehrichtverbrennungsanlagen gibt, fallen auch nur geringe Transportkosten an, im Vergleich zu stofflichen Verwerter und Kunststoffaufbereiter, von denen es in der Schweiz nur wenige gibt. Vor diesem Hintergrund sind die aktuellen Verwertungsquoten und speziell auch die theoretischen Recycling-Potenziale im nächsten Kapitel zu sehen.

Tabelle 1: Aktuelle Verwertungsquoten für PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft (alle Werte geschätzt)

| Herkunft der PE-Folien | Verwertung stofflich (Recycling) | Verwertung Zementwerk | KVA |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Verpackung | 22'313 t | 3'938 t | 48'750 t |
| Landwirtschaft | 2'400 t | 1'600 t | 16'000 t |
| Bau | 1'800 t | 1'200 t | 12'000 t |
| Total | 26'513 t (24%) | 6'738 t (6%) | 76'750 t (70%) |

6.1 Stoffliche Verwertung von PE-Folien

Aktuell wird circa ein Viertel der PE-Folien aus Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe für die stoffliche Verwertung separat gesammelt. Die Inhaber der Abfälle bringen entweder die Folienabfälle lose oder in Ballen selbst zu einem privaten Recycler oder Entsorger oder ein Entsorgungsunternehmen holt die gefüllten Sammelgebilde (z.B. Container, Bigbags oder Rahmenpaletten) beim Inhaber ab. Das Recyclingunternehmen, welches in der Schweiz den grössten Teil der separat gesammelten Folien stofflich verwertet, befindet sich in Eschlikon. Dort werden Folien aus verschiedenen Branchen zu Regranulat verarbeitet. Das dort produzierte Regranulat wird mehrheitlich für die Herstellung von Kabelschutzrohren verwendet. Für diese Verwertungsart dürfen keine oder nur sehr wenige Fremdstoffe und andere Kunststofftypen in den Verwertungsprozess gelangen, sie vermindern sonst die Qualität des Recyclingproduktes erheblich. Bei Silagefolien aus der Landwirtschaft gibt es oft Probleme mit Netzen und Schnüren, auch Sand und Heureste können im Wasch- und Schmelzprozess nur zum Teil entfernt werden. Werden solche Folien stofflich verwertet, entsteht ein Rezyklat, das nur durch Beimischen von reinerem R-PE oder neuem PE die für das Produkt erforderliche Qualität erreicht. Sekundärverpackungen aus dem Gewerbe (z.B. Schrumpffolien für Paletten) sind hingegen meist sehr sauber und ergeben ein sehr gutes Rezyklat.

6.2 Energetische Verwertung

Ein kleiner Teil (6 Prozent) aller PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft geht als Ersatzbrennstoff in die Zementwerke. Damit Kunststoffabfälle als Ersatzbrennstoffe verwendet werden können, müssen sie auf eine bestimmte Grösse zerkleinert und chlorhaltige Kunststoffe (PVC) aussortiert werden. Diese Aufbereitung findet zurzeit vor allem im Ausland statt.

6.3 Behandlung in KVA

Für die Verbrennung in einer KVA ist keine Sortierung der Kunststoffabfälle nötig, es können auch stark verschmutzte Folien angeliefert werden. 70 Prozent der PE-Folienabfälle geht diesen Weg. Mit der Verbrennung in der KVA kann ein grosser Teil der enthaltenen Energie für Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden.

7 Potenziale für die stoffliche Verwertung von PE-Folien

Die hier beschriebenen Potenziale sind Mengen von PE-Folienabfällen, welche zu einem vertretbaren finanziellen und organisatorischen Aufwand separat gesammelt und zu qualitativ brauchbaren Rezyklaten oder zu Ersatzbrennstoff aufbereitet werden können. Diese Einschätzung (Szenario) wurde 2011 von einer Anzahl Experten aus der Recycling- bzw. Zementindustrie im Rahmen des Projekts „Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz“ vorgenommen. Bei diesem Szenario wurde eine maximal realistische Sammelquote von 70 Prozent der gesamten PE-Folienabfälle angenommen (30 Prozent werden von der Sammlung nicht erfasst und gehen direkt in die KVA). Im Weiteren wurde angenommen, dass alle separat gesammelten PE-Folienabfälle zuerst sortiert werden, alles stofflich Verwertbare zu Regranulat verarbeitet wird und dass die Sortierreste ins Zementwerk oder in die KVA gehen. Die Resultate der hypothetischen Berechnung sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Hypothetische potenzielle Verwertungsmengen für PE-Folien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft (maximales Recycling-Szenario¹, alle Werte sind Annahmen)

| Herkunft der PE-Folien | Verwertung stofflich (Recycling) | Verwertung Zementwerk | KVA |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Verpackung | 40'163 t | 11'288 t | 23'550 t |
| Landwirtschaft | 10'710 t | 3'010 t | 6'280 t |
| Bau | 4'463 t | 4'988 t | 5'550 t |
| Total | 55'336 t (50%) | 19'286 t (17%) | 35'380 t (33%) |

In diesem maximalen Recycling-Szenario können (nach Sortierung und Qualitätssicherung) 50 Prozent der PE-Folienabfälle zu Regranulat verarbeitet und erneut für Kunststoffprodukte verwendet werden. Dies entspräche einer Menge von circa 55'000 Tonnen, welche als Ersatz für neues PE-Granulat verwendet werden kann. Selbst wenn als erste Priorität das Recycling gewählt wird (Recycling-Szenario) ergeben sich rund 20'000 Tonnen PE-Folienabfälle, welche sich für die Verwertung im Zementwerk eignen. Mit dieser Menge Kunststoff kann etwa die gleiche Menge Kohle als Brennstoff in Zementwerken ersetzt werden. Aus dieser Umlenkung resultiert eine grosse Entlastung der Umwelt, da entsprechend primäre fossile Brennstoffe eingespart werden können

In Abhängigkeit von der Qualität des Sammelguts kann eine grosse Palette von Kunststoffprodukten hergestellt werden. Wenn ein grosser Anteil dieser Folien aus dem Bau oder aus der Landwirtschaft stammt, so ist anzunehmen, dass die Qualität des Rezyklats eher schlecht ist.

8 Ökobilanz

In der Ökobilanzstudie zur Verwertung von PE-Folien als Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe, welche 2011 von der Firma Carbotech im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt und der Firma Innoplastics erstellt wurde, wurde unter anderem eine vergleichende Ökobilanz gerechnet. Die Studie untersuchte, wie gross die ökologische Ersparnis der drei Verwertungswege Recycling, Zementwerk und Verölung gegenüber der Entsorgung via Kehrichtverbrennungsanlage ausfällt.

Es wurden vier verschiedene Bilanzen gerechnet und verglichen:

In der **Energiebilanz** schneidet das Recycling am besten ab: bis zu 80 Tonnen weniger nicht-erneuerbare Energieträger werden benötigt, wenn PE-Folien stofflich verwertet statt in der KVA verbrannt werden. Betrachtet man die Bilanz der **Klimawirkungen** sollten Kunststoffabfälle am ehesten für den Ersatz von Kohle in Zementwerken verwendet werden. Vergleicht man die Verwertungswege mit der vollaggregierenden **ökologischen Gesamtbilanz** ReCiPe schneiden die Entsorgungswege Recycling (stoffliche Verwertung) und Ersatz von Kohle im Zementwerk am besten ab. Die in der Schweiz viel verwendete Methode der **ökologischen Knappheit** (vollaggregierende ökologische Gesamtbilanz mit der Einheit UBP) gibt ebenfalls an, dass der Ersatz von Kohle durch PE im Zementwerk sowie das Recycling (stoffliche Verwertung) der PE-Folien unter den verwendeten Annahmen die ökologisch besten Varianten darstellen.

Um zu prüfen, ob diese Ergebnisse verlässlich sind bzw. ob nicht bei anders gewählten Annahmen (Werte, die ebenfalls möglich wären bzw. eintreffen könnten) sich die ökologische Reihenfolge der Verwertungswege verändert, wurden **Sensitivitätsanalysen** gerechnet. Folgende Einflussgrössen können die Resultate verändern:

- Ersatz von neuem PE durch rezykliertes PE:

Für eine gewisse Produktpalette kann das rezyklierte PE neues Material vollständig ersetzen. Diese Annahme wurde verwendet, weil sie zurzeit für die in der Schweiz hergestellten Produkte (schwarze

¹ Die Analyse, welche dieses Szenario entwickelt und berechnet hat, wurde 2011 vom Runden Tisch Kunststoff in Auftrag gegeben und von Experten der verschiedenen Verwertungswege begleitet.

Rohre) so stimmt. Für die Herstellung von Folien hingegen muss die Wandstärke dicker gewählt werden, wenn Rezyklat verwendet wird. In diesem Fall wird Neumaterial nicht zu 100 Prozent ersetzt. Wenn die Qualität der separierten Kunststoffabfälle abnimmt, oder wenn der Bedarf an Recyclingkunststoff für gewisse Anwendungen gedeckt ist, so ist möglicherweise die Verbrennung im Zementwerk eine ökologisch gesehen bessere Verwertungsart.

- **Energienutzung in der KVA:**

Es wurde mit einer durchschnittlichen Nutzung der Energie, welche die KVA aus den Abfällen gewinnt, gerechnet. Falls die KVA eine optimale Wärmenutzung von über 70 Prozent sowie eine Stromnutzung von 7 Prozent hat (vgl. KVA Basel), so ist die thermische Nutzung in der KVA vergleichbar bis tendenziell besser als diejenige in der Verölung. Ein werkstoffliches Recycling ist jedoch unabhängig von der energetischen Nutzung in der KVA mit den geringsten Umweltauswirkungen verbunden.

- **Art der Folien:**

Vor allem landwirtschaftliche Silagefolien werden vorwiegend aus LLDPE hergestellt, dieses Material unterscheidet sich leicht vom PE, welches für die meisten anderen Folien eingesetzt wird. Da bei den landwirtschaftlichen Folien teilweise sehr hohe Verschmutzungen auftreten, wurde ebenfalls eine Sensitivität mit einer doppelt so hohen Verschmutzung (28 Prozent) wie im Basisszenario (14 Prozent) gerechnet. Bei Silagefolien oder anderen Folien mit starker Verschmutzung schneidet die Verwertung im Zementwerk ökologisch gesehen gleich gut ab wie das Recycling.

9 Fazit und Empfehlungen

Ein Recycling von Kunststofffolien aus Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft ist zu bevorzugen, da das Material mehrmals verwendet und ein Grossteil der grauen Energie bei der Herstellung von neuen Produkten eingespart werden kann. Solange für die erzielte Qualität von Kunststoff-Regranulat aus der stofflichen Verwertung ein Absatz vorhanden ist, macht es Sinn, möglichst viele PE-Folien ins Recycling zu geben. Die Verwertung in Zementwerken hat verglichen mit einer KVA mit durchschnittlichem Energienutzungsgrad ökologische Vorteile. Die Umweltauswirkungen bei einer KVA mit optimierter Energienutzung nähern sich jenen einer Verwertung im Zementwerk an.

Es ist anzunehmen, dass der Markt die Lenkungsfunktion zwischen Zementwerk und Recyclinganlage übernehmen kann, wenn die Folien separat gesammelt vorliegen. Beide Verwertungswege stellen in der Ökobilanz eine ökologisch günstige Variante dar. Bestehende Sammelsysteme belegen, dass diese Abfallfraktion verwertbar ist, logistische Lösungen liegen bereits vor.

Literaturverzeichnis

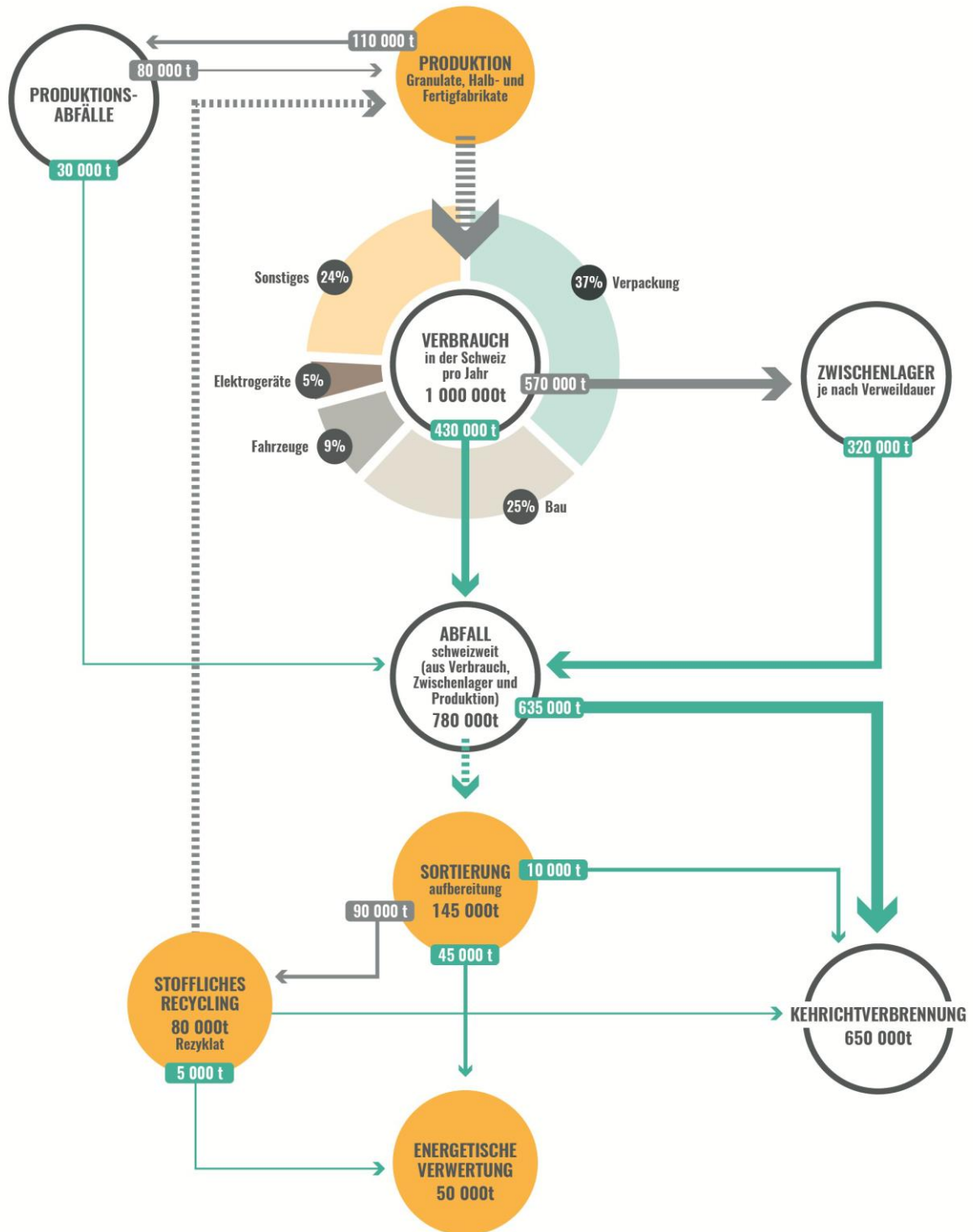
- Carbotech AG (2012): *Ökologischer Nutzen des PE-Folienrecyclings in der Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe): Studie im Auftrag des BAFU.*
- Ernst Basler und Partner (2013): *Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz: Modul 3 und 4: Studie im Auftrag des Runden Tisches Kunststoff unter der Leitung des BAFU.*
- HOLINGER AG und treeze Ltd. (2015): *Separatsammlung von Kunststoffabfällen in der Zentralschweiz. Multikriterienanalyse unter Einbezug der Bereiche Umwelt, Ökonomie und Gesellschaft.* Studie im Auftrag von Renergia Zentralschweiz AG, Perlen und Zentralschweizer Umweltdirektionen (ZUDK).
- PlasticsEurope (2016). *Plastics – the Facts 2016.* URL: <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics---the-facts-2016-15787.aspx?FolID=2>
- Redilo GmbH (2011): *Projekt „Kunststoffverwertung Schweiz“. Bericht Module 1 und 2: Studie im Auftrag des BAFU.*

Anhänge

Anhang 1: Kunststoffströme Schweiz 2010

Die Erklärungen und Bemerkungen zum Diagramm befinden sich im Bericht „Projekt Kunststoffverwertung Schweiz: Modul 1 und 2“ vom März 2011.

Die Zahlen basieren auf Schätzungen und Annahmen für 2010 mit einer Unsicherheit von ca. +/-10Prozent.



Quelle: Redilo GmbH 2011: 13.

Anhang 2: Darstellung der vergleichenden Ökobilanz zu den 4 möglichen Verwertungswegen von PE-Folien: Kehrlichtverbrennungsanlage, Zementwerk, Verölung und Recycling.

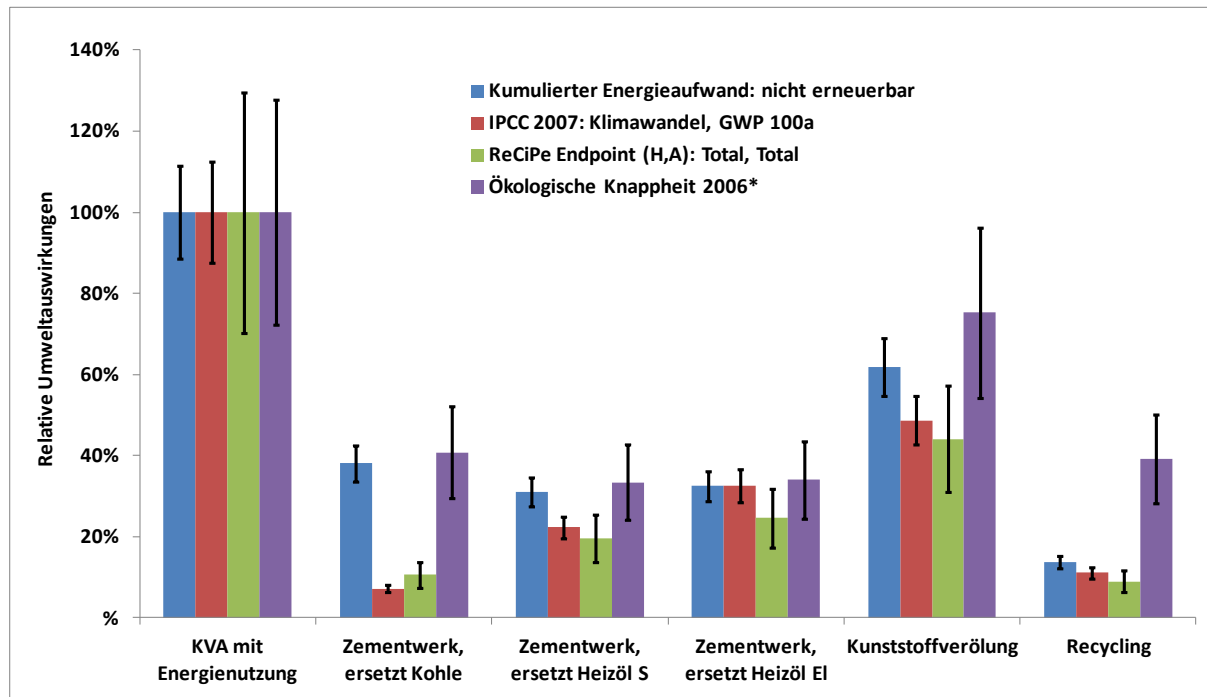


Abb. 1 Vergleich zwischen dem Basisszenario und den Verwertungsoptionen in der Schweiz anhand der ausgewählten Indikatoren und Bewertungsmethoden. Die Ausdehnung der Balken zeigt die Unsicherheit der Ergebnisse (Quelle Carbotech 2012: 64).

Lesehilfe: Entsorgungsweg via KVA (Gruppe ganz links) ist als Referenzszenario auf 100 Prozent Umweltauswirkungen gesetzt worden. Die Verwertungsoptionen, bei denen die Balken am niedrigsten, d.h. am weitesten entfernt vom KVA Szenario sind, schneiden in diesem Vergleich ökologisch am besten ab.

In Abb. 2 sind die Umweltauswirkungen der verschiedenen analysierten Verwertungsoptionen relativ zum Referenzsystem (PE in KVA mit durchschnittlicher Energienutzung in der CH) dargestellt. Berücksichtigt sind alle Prozesse der verschiedenen Verwertungswege inklusive der Systemerweiterungen. Im Basisszenario wird davon ausgegangen, dass mit dem R-PE neues PE zu 100 Prozent ersetzt wird. Dies entspricht der aktuellen Situation in der Schweiz. Beim Zementwerk wurde neben dem Ersatz von Kohle ebenfalls der Ersatz von Heizöl S und EL aufgeführt. Dieser Vergleich zeigt, dass der Ersatz von Kohle zu einer höheren Reduktion der Umweltauswirkungen führt als der Ersatz von Heizöl. Eine Reduktion der Umweltauswirkungen der Zementherstellung könnte durch den Einsatz von Heizöl erreicht werden, unabhängig von der Verwertung von Kunststoffen. Kohle wird in erster Linie aus Kostengründen eingesetzt. Aus diesen Gründen erachten wir es als sinnvoll, Heizöl als Vergleichsbasis zu wählen. Da Heizöl EL aus Kostengründen nicht für die Herstellung von Zement verwendet wird, wurde als Standardvergleich Heizöl S gewählt.

Die Darstellung zeigt, dass alle untersuchten Verwertungsoptionen im Vergleich zur KVA zu einer signifikanten Reduktion der Umweltauswirkungen führen. Die dargestellten Indikatoren zeigen, dass die höchsten Reduktionen durch ein werkstoffliches Recycling oder eine energetische Verwertung in einem Zementwerk erreicht werden. Während die drei Indikatoren KEA, GWP und ReCiPe signifikant geringere Umweltauswirkungen des werkstofflichen Recyclings verglichen mit dem Zementwerk mit Heizöl S zeigen, weist der Indikator UBP eine vergleichbare Umweltauswirkung aus. Im Gesamten wird das werkstoffliche Recycling daher als tendenziell besser als die energetische Nutzung im Zementwerk beurteilt.

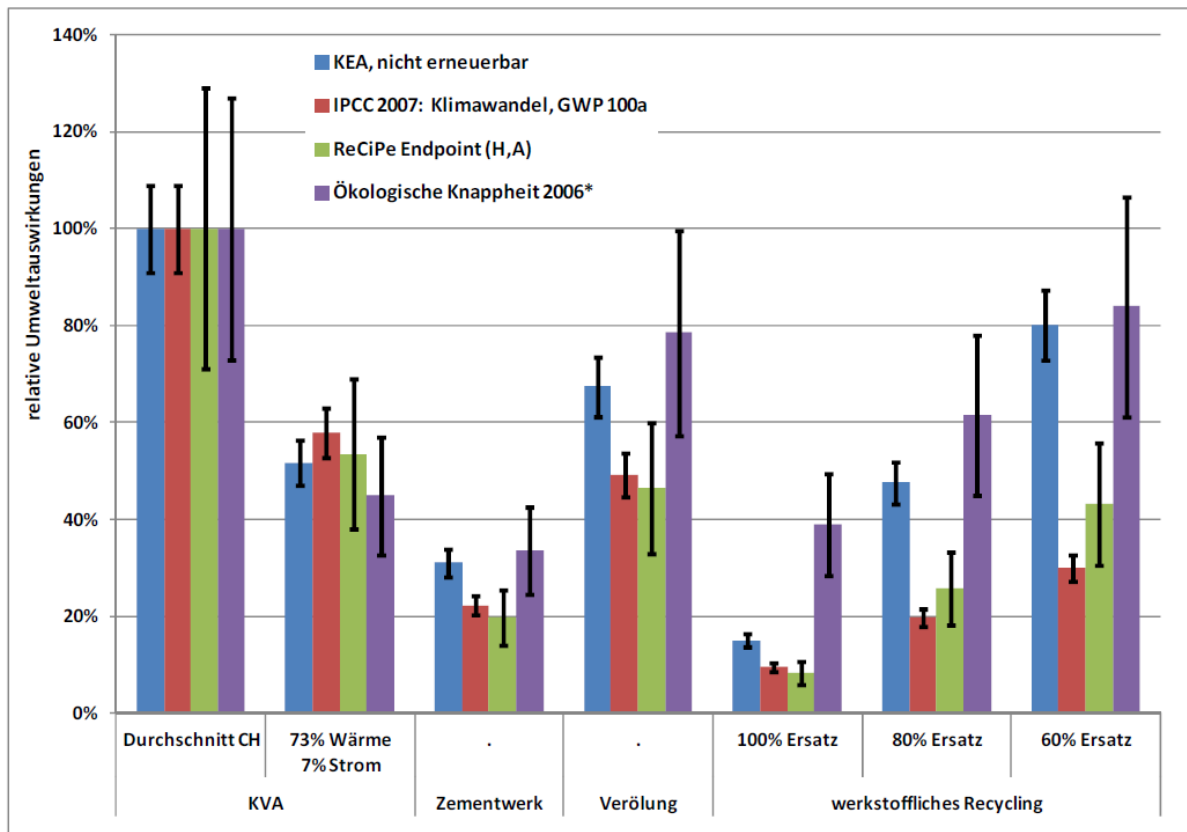


Abb. 2 Vergleich der Verwertungswege mit von der aktuellen Situation abweichenden Annahmen (optimierte Energienutzung KVA/ R-PE ersetzt neues PE nur zu einem gewissen Anteil). Die Ausdehnung der Balken zeigt die Unsicherheit der Ergebnisse (Quelle Carbotech 2012: 12).