



BIOLOGISCH ABBAUBARE WERKSTOFFE

BRINGT VERGÄRUNG EINEN ÖKOLOGISCHEN GEWINN?

Immer mehr pflanzenbasierte und erdölbasierte Verpackungsmaterialien sind biologisch abbaubar und lassen sich theoretisch vergären. Was für die Verwertbarkeit ein Fortschritt zu sein scheint, muss für die Ökologie keiner sein - wie eine umfassende Studie zeigt. Die neu erschienene Ökobilanz der Carbotech AG, kombiniert mit Vergärversuchen der Fachhochschule Wädenswil (ZHAW) zeigt, dass fast alle der untersuchten Teller, Becher, Säcke und Folien aus biologisch abbaubarem Material besser in einer Kehrrichtverbrennungsanlage mit Energierückgewinnung entsorgt werden.

Simon Schwarzenbach, AWEL; Martin Gruber, AUE Basel Stadt; Urs Baier, ZHAW; Susan Glättli, ecotext; Thomas Kägi; Fredy Dinkel, Carbotech AG*

RÉSUMÉ

MATIÈRES BIODÉGRADABLES – EST-CE QUE LA FERMENTATION APPORTE UN BÉNÉFICE ÉCOLOGIQUE?

De plus en plus de matériaux d'emballage à base de plantes et à base de pétrole sont biodégradables et s'éliminent par fermentation. Ce qui semble être une avancée pour le recyclage ne doit pas obligatoirement en être une pour l'écologie. C'est ce que montre une étude globale. Le nouveau bilan écologique publié par Carbotech AG, associé aux essais de fermentation de la Haute école spécialisée de Wädenswil (ZHAW), montre que l'élimination de quasiment la totalité des assiettes, gobelets, sacs et films en matières biodégradables est plus bénéfique au moyen d'une installation de combustion de déchets avec récupération énergétique.

Voici les résultats des recherches en détail: Trois des huit produits biodégradables se dégradaient correctement dans l'installation de fermentation. Par conséquent, ils conviennent en principe à la fermentation. Le bilan écologique destiné à comparer deux méthodes d'élimination des matières biodégradables, la fermentation et la combustion, a toutefois révélé seulement un produit biodégradable (assiette palmier) dont la fermentation représente une charge significativement inférieure pour l'environnement à sa combustion dans une installation de combustion des déchets: Les assiettes palmier peuvent ainsi être collectées avec les déchets verts et être correctement recyclées dans une installation de biogaz ou de com-

EINLEITUNG

Einweggeschirr, Verpackungsfolien, Kompostierbeutel und Tragetaschen, alles Produkte mit einer sehr kurzen Lebensdauer, werden zunehmend aus Materialien hergestellt, die biologisch abbaubar sind und theoretisch wie Grüngut vergoren oder kompostiert werden können. Die Hersteller dieser Produkte werben teilweise mit dieser Eigenschaft. Sie lassen also vermuten, dass die Umwelt weniger belastet wird, wenn die Produkte in eine Biogas- oder Kompostieranlage gegeben werden, als wenn sie mit dem Kehrrecht entsorgt werden. Umweltbehörden und Grüngutverwerter stehen vor der Frage, ob sich zukünftig der Aufwand lohnt, diese Produkte mit dem Grüngut zusammen zu sammeln und das Material mit zu vergären. Um diese Frage zu beantworten, war es wichtig herauszufinden, wie gut sich biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW) in der Vergärung abbauen, ob die Endprodukte nutzbar sind und ob dadurch aus der Vergärung ein ökologischer Gewinn gegenüber der Verbrennung resultiert. Wenn es sich ökologisch nicht lohnt oder wenn die Produkte im Verwertungsprozess Probleme verursachen, so sind BAW im Grüngut nicht nützlich und werden besser via Kehrrechtsack entsorgt. Damit wird auch die Kennzeichnung «biologisch abbaubar» hinfällig. Vier kantonale und städtische

*Kontakt: simon.schwarzenbach@bd.zh.ch

Umweltämter haben darum eine Studie in Auftrag geben und eine Palette von acht im Detailhandel erhältlichen BAW-Produkte eingehend untersuchen lassen. Die Auftraggeber waren das Amt für Umwelt und Energie, Basel-Stadt (AUE), und das AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich), mit Unterstützung des Amtes für Umwelt (AfU), Solothurn, und Entsorgung & Recycling, Stadt Bern. Die Resultate der Studie werden hier präsentiert.

VERGÄRVERSUCH UND ÖKOBILANZ

In Vergärversuchen an der ZHAW wurden die anaerobe Abbaubarkeit und der Biogasertrag ausgewählter handelsüblicher biologisch abbaubarer Werkstoffe (BAW) unter Bedingungen industrieller (d.h. thermophiler) und landwirtschaftlicher (d.h. mesophiler) Vergärung gemessen. Damit wurde eine gute Datengrundlage für die Modellierung der Verwertung von BAW in Vergärungsanlagen (Biogasanlagen) geschaffen.

Auf dieser Basis wurden von der Firma Carbotech AG mittels einer vergleichenden Ökobilanz die Umweltbelastungen sowie die Umweltnutzen der beiden Verwertungsprozesse einander gegenübergestellt und errechnet, welche Produkte aus Umweltsicht besser vergärt und welche besser verbrannt werden sollten. Das Ziel der beiden Studienteile (Vergärversuche und Ökobilanz) war es, die folgenden Fragen zu beantworten:

- Ist es sinnvoll, biologisch abbaubare Kunststofffolien, mit Biokunststoffen beschichtete Kartonbecher, Palmblattteller etc. in einer Biogasanlage energetisch und stofflich zu verwerten?
- Oder ist die Entsorgung von BAW in einer Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA), unter Nutzung des energetischen Potenzials zur Strom- und Wärmeproduktion, ebenso gut oder sogar besser bzw. ökologischer?

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse dieser Studie nur für die untersuchten BAW gelten und nicht allgemein für die Vergärung von Biomasse, wie z.B. Grün- gut, Speisereste etc. Zudem macht die Studie auch keine Aussage darüber, ob ein Produkt über den ganzen Lebensweg, einschliesslich Herstellung, Transport und Verwendung, als ökologisch sinnvoll eingestuft werden kann. Es wurde lediglich die Entsorgung und Verwertung der Produkte betrachtet. Entsprechend liefert

Bezeichnung	Produkt	Form	Material
Celluloseacetat-Folie	Verpackungsfolie für Nahrungsmittel	Folie	100% Celluloseacetat
Mater-Bi-Beutel	Kompostierbeutel	Beutel	100% Mater Bi (Mater Bi besteht aus einem Stärke-Blend, d.h. einer Mischung aus Stärke und fossilem Kunststoff)
PLA-Becher	Trinkbecher	Becher	100% PLA (Polylactid acid, steht für den Biokunststoff Polymilchsäure)
PLA-Tasche	Plastiktüte	Tasche	100% PLA
Palmblattteller	Einwegteller	Teller	100% Palmblätter
Teller aus Zuckerrohrfasern	Einwegteller	Teller	100% Zuckerrohr- und Bambusfasern
Kartonbecher Öko	Kaffeebecher	Becher	94% Karton FSC mit 6% Stärkebeschichtung
Kartonbecher	Kaffeebecher	Becher	94% Karton FSC mit 6% PE-Beschichtung (PE steht für den Kunststoff Polyethylen)

Tab. 1 Übersicht über die untersuchten BAW-Produkte
Aperçu des produits biodégradables examinés

die vorliegende Studie nur Antworten zur Entsorgung bzw. Verwertung der untersuchten BAW.

Für die Studie wurden acht Produkte ausgewählt, die alle im Detailhandel erhältlich sind. In Tabelle 1 werden diese Produkte kurz beschrieben.

VERGÄRVERSUCHE

Um die Verwertung der Materialien in einer Biogasanlage unter möglichst realen Bedingungen zu simulieren und die Biogaserträge zu messen, wurde das anaerobe Abbauverhalten in einem standardisierten Verfahren [1] ermittelt (Fig. 1). Dabei wurde gemessen, wie gut sich die BAW während einer typischen Verweildauer in einer Biogasanlage – zwei Wo-

chen für eine thermophile Anlage bei 55 °C und drei Wochen für eine mesophile Anlage bei 37 °C – abbauen und wie viel Gas dabei gebildet wird.

ÖKOBILANZIERUNG

Die Ökobilanzierung gilt zurzeit als die umfassendste und verlässlichste Methode, um die Umweltauswirkungen der relevanten Stoff- und Energieströme eines Produktes, Prozesses oder einer Dienstleistung zu beurteilen. Bei der hier vorgestellten Studie berücksichtigte die Ökobilanzierung eine Vielzahl von Umweltauswirkungen der beiden betrachteten Entsorgungs- bzw. Verwertungswege der untersuchten Materialien. Dabei flossen auch die Ergebnisse der Abbauver-



Fig. 1 Standardisierte anaerobe Versuche zur Bestimmung des Methanbildungspotenzials bei der Vergärung verschiedener BAW

Expériences anaérobiques standardisées pour déterminer le potentiel de la formation de méthane pendant la fermentation des différents produits biodégradables

GEWICHTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN

Die beiden Methoden «Eco-Indicator 99» (EI 99) und «Ökologische Knappheit 2006» (UBP 06) gewichten die verschiedenen Umweltauswirkungen eines Produktes, Prozesses oder einer Dienstleistung gegeneinander und fassen sie zu einer einzigen Kennzahl zusammen. Dies erleichtert Vergleiche oder macht solche überhaupt erst möglich.

METHODE UBP 06

Die Methode UBP 06 wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) mitentwickelt. Sie berücksichtigt die Umweltsituation in der Schweiz und richtet sich bei der Bewertung nach der schweizerischen Umweltpolitik. Entsprechend werden diejenigen Emissionen sehr hoch bewertet, für welche unsere Umweltpolitik weitere Einträge als sehr problematisch erachtet.

METHODE EI 99

Bei der Methode EI 99 werden die Schäden, welche an den drei Schutzziele Menschliche Gesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcen entstehen, berechnet. Anschliessend werden diese verschiedenen Schäden relativ zueinander gewichtet. Diese Gewichtung basiert auf der Einschätzung von europäischen Experten und widerspiegelt die gesellschaftlichen Wertemassstäbe und umweltpolitischen Ziele des europäischen Raums.

suche ein. Da die verschiedenen Verwertungsarten zu verschiedenen Produkten (z.B. Biogas, Wärme oder Strom) mit unterschiedlichem Nutzen führen, ist es notwendig, diese in der Betrachtung zu berücksichtigen. Dies kann gemacht werden, indem Gutschriften gewährt werden oder indem die untersuchten Systeme durch den Nutzen anderer Verwertungsarten ergänzt werden. Beide Ansätze wurden verwendet. Als Vergleichsbasis (funktionelle Einheit) diente die Verwertung von einem Kilogramm BAW.

Die Auswirkungen der Emissionen und des Ressourcenbedarfs auf die Umwelt wurden mit den folgenden zwei international anerkannten Methoden ausgewertet: Die «Methode der ökologischen Knappheit 2006» (UBP 06,[2]) und die Methode «Eco-Indicator 99» (EI 99, [3]) (siehe Box).

Die Verwendung zwei verschiedener Methoden ist sinnvoll, da so überprüft werden kann, ob sich aufgrund der unterschiedlichen Gewichtungen andere Resultate ergeben. Es zeigte sich, dass trotz der unterschiedlichen Bewertungsansätze die Resultate vergleichbar und damit aussagekräftig sind.

RESULTATE

VERGÄRBARKEIT

Bei den Vergärversuchen ergab sich (Tab. 2), dass die Verpackung aus Celluloseacetat, der Teller aus Zuckerrohrfasern und der Kartonbecher mit einer Stärkebeschichtung sowohl in thermophiler als auch in mesophiler Umgebung mit Abbaugraden von ca. 75% oder mehr gut abgebaut werden. Dementsprechend wie-

sen diese BAW auch relativ hohe Gaserträge aus. Andere untersuchte BAW (Tab. 2) wurden während typischer Verweilzeiten in einer Biogasanlage (14 Tage für die thermophile, 21 Tage für die mesophile Versuchsanordnung) nur zu ungefähr 50% abgebaut. Es handelte sich dabei um die Kartonbecher mit PE-Beschichtung und den Palmblattteller. Der Kompostbeutel aus Mater Bi wurde nur in der thermophilen Anlage bei 55 °C zu knapp 60% abgebaut, in der mesophilen Versuchsanordnung bei 37 °C fand innert 21 Tagen praktisch kein Abbau statt. Der PLA-(polylactic acid, Polymilchsäure)-Becher und die PLA-Tasche wurden in beiden Versuchsanordnungen kaum abgebaut. Diese Produkte scheinen also eher ungeeignet zu sein für eine Vergärung.

Es gibt somit BAW, wie z.B. die untersuchten PLA-Produkte, die besser nicht in eine Biogasanlage gelangen sollten, weil sie fast gar nicht abgebaut werden und daher nach dem Gärprozess als Fremdstoffe im Gärgut zurückbleiben.

ÖKOBILANZ

Der auf den Abbauprodukten aufbauende Vergleich mittels Ökobilanzierung zeigte Folgendes (Fig. 2): Nur im Falle eines der acht untersuchten BAW-Produkte, und zwar des Palmblatttellers, liess sich ein signifikanter ökologischer Vorteil der Vergärung gegenüber der Verbrennung in einer durchschnittlichen Schweizer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) erkennen. Für alle anderen Materialien – auch für die gut abbaubaren Produkte – gilt diese Aussage nicht. Die Entsorgung bzw. Verwertung der untersuchten Materialien in einer KVA führt also nicht zu einer signifikant höheren Umweltbelastung als die Verwertung in der Vergärung. Ganz im Gegenteil: die Verbrennung kann je nach Material und vor allem je nach Energienutzung der KVA sogar der ökologisch sinnvollere Entsorgungspfad sein.

GRÜNDE FÜR DIE ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZIERUNG

Es zeigte sich, dass für die mittels UBP 06 und EI 99 errechneten relativen Umweltbelastungen und die daraus gezogenen Schlüsse vor allem folgende Gründe verantwortlich sind:

- Bei der Verbrennung in einer KVA wird als Zusatznutzen Strom und Wärme generiert. Dabei ist zu beachten, dass praktisch 100% der im Material enthaltenen Energie in Wärme umgewandelt

BAW	Abbaugrad nach 14 Tagen (55°C)	Abbaugrad nach 21 Tagen (37°C)	Nm ³ Methan/ t Frischmasse nach 14 Tagen (55°C)	Nm ³ Methan/ t Frischmasse nach 21 Tagen (37°C)
Celluloseacetat-Folie	82%	74%	356	292
Mater-Bi-Beutel	58%	6,0%	368	40
PLA-Becher	4,4%	0,0%	26	0
PLA-Tasche	3,2%	0,8%	22	5
Palmblattteller	60%	51%	303	277
Teller aus Zuckerrohrfasern	83%	80%	397	351
Kartonbecher BAW beschichtet	76%	74%	360	372
Kartonbecher PE beschichtet	46%	47%	201	231

Tab. 2 Ergebnisse der Vergärversuche: Abbaubarkeit und Methanwerte der untersuchten BAW
Résultats des expériences de fermentation

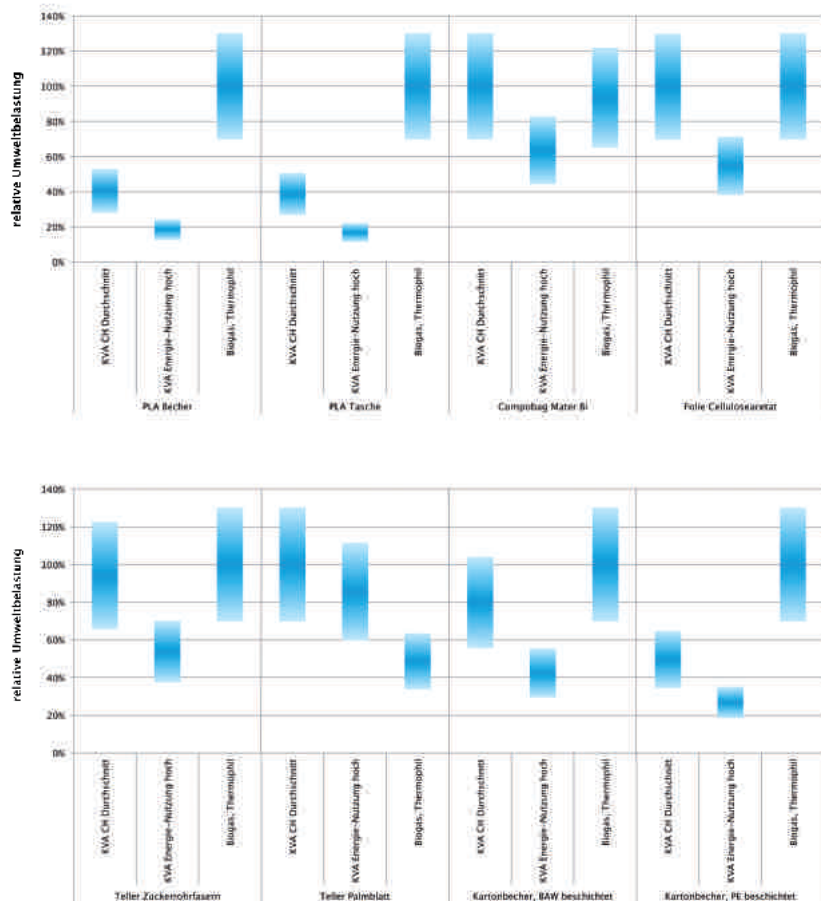


Fig. 2 Relative Umweltbelastung der Verwertungsarten der untersuchten BAW-Produkte. Bei dieser Darstellung wurde pro Material die Variante mit der höchsten Umweltbelastung auf 100% gesetzt. Entsprechend bedeutet ein hoher Balken eine hohe Umweltbelastung, die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheit der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt in der Mitte der Balken (dunkelblau). Die Resultate können jeweils pro Material miteinander verglichen werden, jedoch nicht zwischen den Materialien.

Pollution relative des types d'élimination des produits biodégradables examinés. Pour cette représentation, la variante avec la pollution la plus élevée a été mise à 100 % pour chaque matériau. Ainsi une barre haute correspond à une pollution élevée, l'allongement des barres indique l'incertitude des résultats. La valeur la plus probable se situe au centre de la barre (bleu foncé). Les résultats peuvent être comparés entre eux pour chaque matériau, mais pas entre différents matériaux.

wird und abzüglich der Wirkungsgradverluste genutzt (Strom und Wärme) werden kann. Bei der Vergärung dagegen ist grundsätzlich nur ein Teil dieser Energie nutzbar: Einerseits wird teilweise nicht das ganze Material abgebaut, andererseits beanspruchen die biologischen Abbau- und Umwandlungsprozesse Energie und ein Teil der abgebauten Materialien wird dabei in die Biomasse der am Prozess beteiligten Bakterien eingebaut. Letzteres gilt insbesondere auch für Materialien, die sich während der Verweilzeit in einer Biogasanlage gut abbauen (z.B. Celluloseacetat, Zuckerrohrfasern oder Karton).

- Aus anderen Studien ist bekannt, dass

bei der Kompostierung vieler BAW nicht mit einem Humuszuwachs oder mit einer Düngerwirkung zu rechnen ist [4]. Entsprechend haben die Abbauprodukte aus der Kompostierung oder Vergärung der BAW (Ausnahme: Palmblatzteller) keinen Mehrwert für den Boden und werden den Ausgangsmaterialien (BAW) in der Ökobilanzierung auch nicht als Gutschrift angerechnet. Das bei der Vergärung anfallende Gärgut der untersuchten biologisch abbaubaren Materialien (mit Ausnahme der Palmblatzteller) bewirkt also im Gegensatz zu Gärgut von Biomasse (z.B. Grüngut oder Speisereste) keine zusätzlich relevante Humusbildung und lässt sich nicht als Dünger verwenden.

VERGÄRUNG VON PALMBLATTTELLER

Wie bereits erwähnt bildet der untersuchte Palmblatzteller eine Ausnahme. Für das Palmblatt gilt die Erkenntnis, dass das feste Gärgut, das aus den Palmblatztellern entsteht, zu einer Humusbildung (Förderung der Bodenstruktur) beiträgt. Der Umweltnutzen (Gutschrift) dieser Humusbildung ist laut der Ökobilanz in etwa gleich hoch einzuschätzen wie der ökologische Wert einer Verbrennung, wo aus den Palmblatztellern Strom und Wärme gewonnen werden. Zusätzlich weist die Vergärung den Nutzen des Biogases auf. Die Verwertung des Palmblatztellers in einer Biogasanlage weist daher insgesamt geringere Umweltbelastungen auf als dessen Verbrennung in einer KVA.

SICHERHEIT DER RESULTATE

Um die Aussagekraft der Resultate abzusichern, wurden in der Ökobilanzierung zusätzlich folgende Szenarien durchgerechnet:

- Bei der Entsorgung in einer KVA wie auch bei der Verwertung des Biogases in einem BHKW wird Strom erzeugt. Welche Gutschrift dafür gegeben wird, beeinflusst das Resultat. Um den Einfluss dieses Strom-Mixes abzuklären, wurden für ausgewählte Materialien die Berechnungen mit dem europäischen Strom-Mix und einem Strom aus einem Gasturbinenkraftwerk berechnet.
- Für den Palmblatzteller und die Verpackung aus Celluloseacetat wurde neben der Vergärung auch die Verwertung in einer Kompostierung untersucht.
- Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz, nach Aufbereitung auf eine Reinheit von 96% Methan, und Nutzung als Ersatz von Erdgas, z.B. für Wärme oder als Treibstoff.

Auch unter diesen zusätzlichen Annahmen ergaben sich keine abweichenden Aussagen. Bei allen Sensitivitätsanalysen wurden folglich die zuvor erhaltenen Erkenntnisse bestätigt. In diesem Sinne sind die Resultate aussagekräftig.

Die Resultate der gesamten Studie sind allerdings nur sehr beschränkt auf andere Länder übertragbar. Sie gelten lediglich, solange die Verbrennung ohne grossen Schadstoffausstoss erfolgt und wenn der Energieinhalt der Abfälle mit einem gewissen Wirkungsgrad als Strom oder Wärme genutzt wird, wie es in der Schweiz der Fall ist.

FAZIT: VERGÄREN ODER VERBRENNEN?

Die Erkenntnisse der Vergärversuche und der darauf aufbauenden Ökobilanz lassen sich folgendermassen zusammenfassen: Drei der acht untersuchten BAW-Produkte bauten sich in den Vergärversuchen gut ab, alle anderen nur teilweise oder fast gar nicht. Alle untersuchten BAW-Produkte könnten zwar grundsätzlich der Vergärung übergeben werden. Das macht für die nur teilweise und schwer abbaubaren Produkte aber wenig Sinn, weil sie als Fremdstoffe im festen Gärgut zurückbleiben. Zudem weist die Ökobilanz, die die zwei Entsorgungsmöglichkeiten Vergärung und Verbrennung für BAW verglichen hat, nur ein BAW-Produkt (Palmblattteller) aus, dessen Vergärung die Umwelt deutlich weniger belastet als die Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage. Palmblattteller könnten demnach mit dem Grüngut gesammelt und in einer Biogasanlage sinnvoll verwertet werden. Für die restlichen der untersuchten Produkte, wie beschichtete Kartonbecher, PLA-Becher und Säcke, Zuckerrohrteller und Celluloseacetat-Folien, ist es aus ökologischer Sicht kein Nach-

teil, wenn diese verbrannt anstatt vergärt werden. Ist die KVA genügend effizient in der Energierückgewinnung, so kann die Verbrennung teilweise sogar die ökologisch sinnvollere Verwertung darstellen.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DIN EN ISO 11734. (1998): Bestimmung der vollständigen anaeroben biologischen Abbaubarkeit organischer Verbindungen im Faulschlamm (ISO 11734:1995). Beuth Verlag, Berlin
- [2] Frischknecht, R.; Steiner, R.; Jungbluth, N. (2009): Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006. Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen. Umwelt-Wissen Nr. 0906. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [3] Goedkoop, M.; Spriensma, R. (2001): The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report Nr. 1999/36A
- [4] Pladerer C., Dehoust G. und Dinkel F. (2008). Ökobilanz von Mehrweg- und Einwegbechern an der Euro 08 im Auftrag der Umweltministerien DE, AT, CH. Sowie persönliche Mitteilung von Dr. K. Schleiss, Fachmann im Bereich Grüngut-Verwertung, Umweco GmbH, Oktober 2012

> SUITE DU RÉSUMÉ

postage. Pour les autres produits biodégradables examinés, tels que les gobelets cartonnés avec revêtement, les gobelets et sacs PLA, les assiettes en canne à sucre et les films en acétate de cellulose, leur combustion au lieu d'une fermentation ne présente pas d'inconvénient d'un point de vue écologique. Si l'installation de combustion de déchets est suffisamment efficiente au niveau de la récupération d'énergie, la combustion de ces produits biodégradables peut même représenter une élimination plus judicieuse du point de vue écologique.



Eine Referenz in der Gastechnik und im Anlagen- u. Rohrleitungsbau



BWB Engineering

Planung u. Realisierung von Erdgas Druckreduzier- u. Messstationen

Spezialmesseinrichtungen aller Gase bis 100 °

Lieferung von Gasarmaturen

Revision von Gasdruck-Regelgeräten u. Industriearmaturen

Rohrleitungsbau HD u. ND

www.bwb-eng.com | BWB Engineering AG | +41 (0) 61 326 37 37

ISO 9001:2008