

# 1:0 für Mehrwegbecher

## Gutachter erstellten eine vergleichende Ökobilanz für verschiedene Bechersysteme bei der Fußballeuropameisterschaft 2008

Von Christian Pladerer, Markus Meissner, Fredy Dinkel, Mischa Zschokke, Doris Schüler und Günter Dehoust

Bei Großveranstaltungen sind auch unter ungünstigsten Annahmen Mehrwegbechersysteme den Einweg-Lösungen ökologisch deutlich überlegen. Selbst das beste Einwegsystem führt zu einer doppelt so hohen Umweltbelastung wie das ungünstigste Mehrweg-System. Kompostierbare Einwegbecher aus nachwachsenden Rohstoffen schneiden nicht besser ab als herkömmliche Einwegbecher. Zu diesen Ergebnissen kommt eine vergleichende Ökobilanz für verschiedene Bechersysteme (Einweg und Mehrweg) beim Getränkeausschank, die von den Umweltministerien Österreichs und der Schweiz in Auftrag gegeben und vom deutschen Umweltministerium unterstützt wurde. Für die Stückzahl, Umlaufzahlen und Transportdistanzen wurden in der Studie die Bedingungen zugrunde gelegt, die bei der Fußballeuropameisterschaft UEFA EURO 2008 gelten werden. Die Studie liefert die neuesten ökologischen Vergleichsdaten der gebräuchlichsten Mehrweg- und Einwegbecher, die heute auf dem Markt erhältlich sind. Verglichen wurde ein Mehrwegsystem, bei dem unterschiedliche Umlaufzahlen für die Becher angenommen wurden, mit jeweils unterschiedlich zu entsorgenden verschiedenen Einwegbechern aus den Materialien PET, Polystyrol, Karton, PLA sowie aus dem Spezialkunststoff der Firma Belland.

In Fußballstadien, bei sonstigen Sportgroßveranstaltungen wie Olympischen Spielen aber auch bei Konzerten und Stadtfesten werden für den Getränkeausschank sowohl Einweg- als auch Mehrwegbechersysteme genutzt. Seit einigen Jahren sind spezielle Einwegsysteme auf dem Markt, die aus nachwachsenden Rohstoffen oder aus sogenannten recyclingfähigen Kunststoffen hergestellt sind. Verschiedene Hersteller und

Betreiber der Systeme verweisen dabei auf besondere ökologische Vorteile ihrer Systeme und zitieren als Beleg teilweise Ökobilanzstudien. Es existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Bilanzen, die aufgrund ungleicher Bedingungen sehr unterschiedliche Ergebnisse lieferten. In Deutschland und in der Schweiz haben einige Stadionbetreiber beziehungsweise Caterer den Mehrwegbecher abgeschafft und mit dem Hinweis auf die ökologische Sinnhaftigkeit ihres Systems auf Einwegbecher umgestellt. Österreich, die Schweiz und die Firma Euro 2008 SA haben sich bereits im Juni 2007 gemeinsam mit der Unterzeichnung der Nachhaltigkeits-Charta verpflichtet, ökologische, wirtschaftliche und soziale Maßnahmen bei der UEFA EURO 2008 zu unterstützen. Im Umweltbereich liegt eine Zielsetzung darin, durch Abfallvermeidungsmaßnahmen nachhaltige Standards für künftige Großveranstaltungen zu setzen, zum Beispiel durch ökologisch optimale Gebinde beim Getränkeausschank. Aufgrund der widersprüchlichen Behauptungen der Anbieter der unterschiedlichen Systeme ist eine große Unsicherheit entstanden, welches System nun aus ökologischer Sicht für Sportgroßveranstaltungen wie die UEFA EURO 2008 die beste Variante ist.

Die Umweltministerien aus Österreich, Schweiz und Deutschland haben deshalb mit Unterstützung der Länder beziehungsweise Städte Basel, Bern, Hannover, Klagenfurt, Salzburg, Wien und Zürich das Österreichische Ökologie-Institut, das Deutsche Öko-Institut e.V. und die Schweizer Firma Carbotech AG beauftragt, eine vergleichende Ökobilanzierung unterschiedlicher Bechersysteme zu erstellen, wobei die aktuellen Erfahrungen von der FIFA WM 2006 in Deutschland und spezifische Rahmenbedingungen einer Fußball-

Europameisterschaft berücksichtigt werden sollten.

Um noch rechtzeitig vor der Europameisterschaft eine aktuelle Entscheidungsgrundlage über das ökologischste Getränkebechersystem erarbeiten zu können, wurde ein Arbeitskreis aus Experten der beteiligten Ministerien, deren Fachbehörden sowie Vertretern der Städte eingerichtet. Mit diesem Arbeitskreis, der die Studie intensiv begleitete, wurden alle wesentlichen Entscheidungen zum methodischen Vorgehen abgestimmt. Außerdem unterzog Dr. Martin Patel, Assistenzprofessor am Fachbereich Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft (STS) an der Universität Utrecht, Niederlande, als externer Gutachter die Studie einer kritischen Überprüfung (Critical Review). Das Gutachten bestätigte die Korrektheit des Vorgehens und der Methodenanwendung. Die Ergebnisse der Studie wurden inzwischen der Euro 2008 SA, der UEFA und den Getränkeponsoren in Nyon (Schweiz) präsentiert.

### Methodik

In der vorliegenden Ökobilanzierung wurde der Einsatz aller wesentlichen auf dem Markt erhältlichen Ein- und Mehrwegbecher analysiert, soweit sie im Vorfeld der UEFA EURO 2008™ als mögliche Variante diskutiert wurden. Dabei wurden die Umweltauswirkungen – wie bei Ökobilanzen üblich – über den gesamten Lebensweg erfasst und bewertet.

Die vorliegende Studie richtet sich nach der Norm DIN EN ISO 14'040 und geht in Bezug auf die Bewertungsmethoden teilweise über diese hinaus. Neben der Bewertung der einzelnen Umweltkriterien erfolgte die Gesamtbewertung mittels zweier anerkannter aggregierender Methoden anhand von

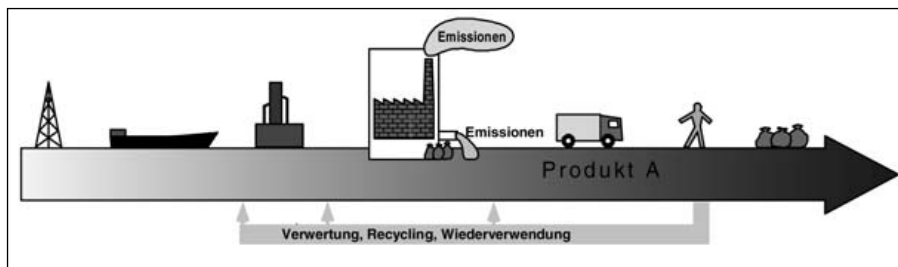


Abbildung 1: Umweltauswirkungen über den gesamten Lebensweg

Eco-Indikatoren und Umweltbelastungspunkten. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Bewertung anhand des Kriteriums Treibhauspotential (als CO<sub>2</sub>-Äquivalente) und zusätzlich die Umweltbelastungspunkte dargestellt.

Untersucht wurden sowohl Becher aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen als auch biologisch abbaubare Materialien.

Als Vergleichsbasis wurde die Ausgabe von einem Getränk in einem 0,5-Liter-Becher (Bier beziehungsweise Softdrinks) gewählt. Entsprechend dem Ökobilanzansatz wurden folgende umweltrelevante Prozesse über den gesamten Lebensweg erfasst und bewertet:

- Bereitstellung der Grundmaterialien wie Kunststoffe, Karton und PLA (Polylactide);

biologisch abbaubares Material auf Basis von Mais);

- Verarbeitung der Materialien, Beschichtung der Materialien und Herstellung der Becher;
- Bereitstellung der benötigten Energieträger;
- Transporte;
- Reinigung der Mehrwegbecher;
- Aufwendungen für die Verwertung beziehungsweise Entsorgung.

Folgende Umweltauswirkungen beziehungsweise Umweltindikatoren gingen in die Gesamtbilanz ein:

- Einfluss auf das Klima durch das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP);
- Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen wie Erdöl oder Erdgas durch den kumulierten Energieaufwand (KME);
- Beitrag zur Bildung von Ozon (Sommermog) durch Ozonbildungspotential;
- Beitrag zur Versauerung von Böden und Gewässern durch Säurebildungspotential;
- Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Toxizität);
- Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen durch die Emission von Stoffen (Ökotoxizität);
- Veränderung des Nährstoffgleichgewichtes in Boden und Wasser durch Eutrophierung oder Überdüngung;
- Einfluss auf die Biodiversität durch die Flächennutzung und deren Veränderung.

Es wurden Einweggetränkebecher aus den Kunststoffen PET (Polyethylenterephthalat) und PS (Polystyrol), aus beschichtetem Karton, aus dem biologisch abbaubaren Kunststoff PLA (Polylactide) und aus dem Belland-Material entlang ihres Lebensweges analysiert. Dabei wurde unter anderem unterschieden, ob die Getränkebecher nach ihrem einmaligen Gebrauch in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt oder stofflich verwertet beziehungsweise kompostiert werden.

Im Falle der Mehrweggetränkebecher aus dem Kunststoff PP (Polypropylen) wurden verschiedene Szenarien berechnet. Der wesentliche Unterschied der Systeme entsteht dadurch, dass durch eine eventuelle Markenstrategie, ein „UEFA EURO 2008™ Branding“, eine gewerbliche Nutzung der bedruckten Getränkebecher nach der Europameisterschaft 2008 verboten sein könnte. Die Angaben zu den Umlaufzyklen und Mitnahmequoten bei der UEFA EURO 2008™ basieren auf Erfahrungen aus der Fußball-Weltmeisterschaft 2006, auf Angeboten von eventuellen Systembetreibern für die UEFA EURO 2008™ und auf eigenen Modellrechnungen.

Diese Quellen wurden genutzt, um die Plausibilität zu prüfen. Im Zweifelsfall wurden für die Mehrwegbechersysteme eher konservative Werte verwendet. So wurde zum Beispiel eine Sicherheitsmarge berücksichtigt, welche dazu führt, dass relativ viele Becher einer Verwertung/Entsorgung zugeführt werden müssen, falls deren Weiternut-

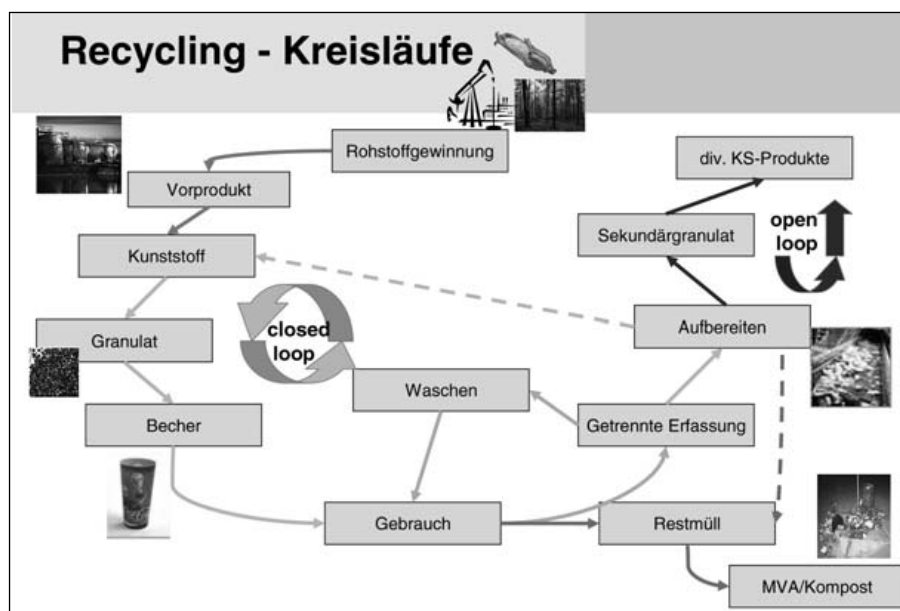


Abbildung 2: Umweltrelevante Prozesse bei Mehrweg- und Einwegbechern

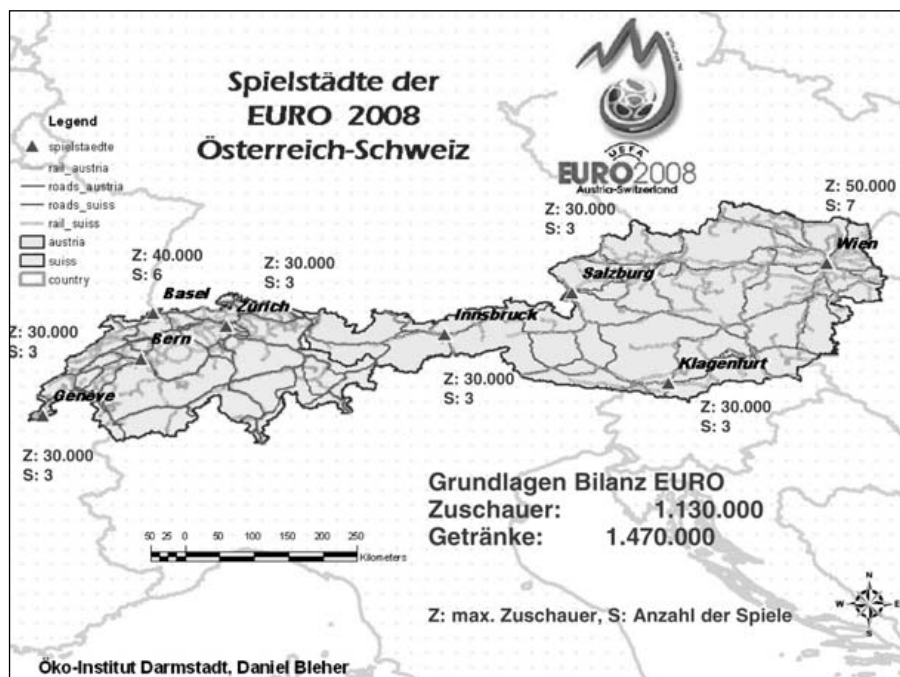


Abbildung 3: Spielstädte der EURO 2008

zung nicht erlaubt ist. Dem gegenüber wurde bei den Einwegbechern keine Sicherheitsmarge mitkalkuliert. Für die Bewertung wurden die gebräuchlichen Methoden, das UBA-Verfahren (Umweltbundesamt, Dessau) und die gesamttaggregierende Methode Eco-Indicator 99 und UBP (Umweltbelastungspunkte; Methode BUWAL/ÖBU; 2007) herangezogen.

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse in Sensitivitätsanalysen umfassend auf ihre Robustheit überprüft. Auf diese Weise kann erkannt werden, wie sich Änderungen der Bilanzfestlegungen oder eine unsichere Datenlage in einzelnen Modulen auswirken und in die abschließende Bewertung einfließen.

## Rahmenbedingungen der Bilanz

Im Hinblick auf die Darstellung der ökologischen Effekte der einzelnen Systeme wurde nach Abstimmung im Begleitarbeitskreis darauf verzichtet, Gutschriften aus der Verwendung von Ökostrom zum Waschen der Mehrwegbecher und aus dem Ausgleich von Treibhausgasemissionen durch den Verkauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten bei den Bechern aus PLA zu berücksichtigen, da diese Gutschriften grundsätzlich für jedes System zur Anwendung kommen könnten.

In Bezug auf die Herstellung der Kunststoffe PP, PET und PS wurde in der Bilanz der Datensatz für den europäischen Anlagenmix verwendet, der beim Ecoinvent Centre/Swiss Centre for Life Cycle Inventories hinterlegt ist. Für PLA wurden der Maisanbau und die Kunststoffproduktion in den USA bilanziert. Der Umstand, dass es sich dabei um gentechnisch veränderten Mais handeln könnte, wird in der Ökobilanz nicht bewertet. Der Transport des PLA aus den USA geht in die Bilanz ein.

Für den Transport der Einwegbecher in die Stadien wurden 100 Kilometer angesetzt, genauso für den Transport der Mehrwegbecher zu den Waschanlagen. Als mittlere Transportentfernung zu den Müllverbrennungsanlagen (in der Schweiz: KVA = Kehrichtverbrennungsanlage) wurden 30 Kilometer angenommen.

## Ausschlaggebende Faktoren

Als wesentliche Faktoren wirken sich auf das Ergebnis insbesondere die Umlaufzahlen bei Mehrwegbechern aus. Neben den Verlusten sind hierfür insbesondere die Mitnahmequoten für bedruckte Becher („Souvenirs“) von Bedeutung. Mit der Verlustrate wird der Anteil an Bechern verstanden, der aufgrund von Defekten aus dem System ausgeschleust werden muss. Hierzu liegen verlässliche Daten aus zahlreichen Bundesligastadien vor, die eine Schwankungsbreite von 0,5 bis 2 Prozent aufweisen. Da die Becher mit jeweils circa 1 Euro bepfandet sind, kann der Verlust durch weggeworfene Becher vernachlässigt werden. Daraus errechnen sich theoretische Umlaufzahlen zwischen 60 und 200, im Mittel werden etwa 110 Umläufe erreicht.

Die Umlaufzahlen werden speziell bei Großereignissen wie der Euro 2008 aber

	Gewichtsangaben	Verwendete Werte
<b>Einwegbecher aus:</b>		
- Polystyrol, PS	12 – 20 g	16 g
- Polyester, PET	8,5 – 17,5 g	11,5 g
- Polylactic acid, PLA*	10 g – 11,6 g*	10 g
- Kartonbecher PE beschichtet	11 g	11 g
<b>Kreislauffähige Becher:</b>		
- Belland	13,7 g	13,7 g
<b>Mehrwegbecher:</b>		
- Polypropylen, PP	30, 46, 55 g	55 g

Tabelle 1: Gewicht der Becher

im Wesentlichen dadurch beeinflusst, dass Zuschauer die bedruckten Becher gezielt als Souvenir mitnehmen. Aus der Erfahrung der Weltmeisterschaft 2006 und vergleichbaren Großveranstaltungen weiß man, dass pro Spiel beziehungsweise Veranstaltung 25 bis 30 Prozent der ausgegebenen Becher auf diesem Weg dem System entzogen werden. Dies ergibt in Summe, bezogen auf die insgesamt bereitgestellten Becher für alle Spiele bei der UEFA EURO 2008™ eine Verteilung von circa 80 Prozent der Becher, die von den Zuschauern mitgenommen werden, und 20 Prozent, die nach dem Turnier einer weiteren Verwendung zugeführt, oder im Falle eines Brandings, das eine gewerbliche Nachnutzung nicht zulässt, verwertet werden müssen. Hierdurch errechnen sich im Mittel noch zwei bis drei Umläufe für die einzelnen Becher. Deshalb hat die Bewertung der privaten Nutzung der mitgenommenen Becher einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz. Ein Becher, der von einem Zuschauer trotz Befandung gezielt mitgenommen wird, stellt einen Nutzen dar. Mit einem Expertenpanel wurde die Art der Nutzung der mitgenommenen Getränkebecher diskutiert. Die Ergebnisse flossen anschließend in die Berechnungen ein. Demnach ersetzen 20 Prozent der mitgenommenen Getränkemehrwegbecher in der Bilanz ein Souvenir mit gleichem Materialaufwand, 30 Prozent werden zusätzlich zu einem Fanartikel mitgenommen und bekommen keinen zusätzlichen Nutzen gutgeschrieben, 50 Prozent werden zu Hause als Getränkebecher wie-

der verwendet und ersetzen somit entweder Einwegbecher oder einen Kunststoff-Mehrwegbecher. Zusätzlich wurden zwei Sensitivitäts-Varianten gerechnet: Sensitivität 1 unterstellt, dass die Becher nach der Euro 2008 im Ligabetrieb weiter genutzt werden können und Sensitivität 2, dass zu 100 Prozent materialgleiche Souvenirs ersetzt werden.

Ein weiterer wesentlicher Faktor der Bilanz ist der Materialverbrauch bei der Herstellung der Becher, der sich im Gewicht der Becher widerspiegelt. Die Mehrwegbecher aus Polypropylen wurden mit 55 Gramm bilanziert. Die Einwegbecher lagen zwischen 10 und 16 Gramm.

## Beschreibung ausgewählter Systeme

An dieser Stelle werden das Mehrwegszenario (PP), ein Einwegszenario aus konventionellem Kunststoff (PET) und das PLA Szenario beispielhaft genauer vorgestellt.

### ■ Mehrweg PP

Mehrwegbecher werden entweder aus Polypropylen (PP) oder Polycarbonat (PC) hergestellt. In der Praxis kommen überwiegend Becher aus PP zum Einsatz. Solche Becher wurden zum Beispiel bei der WM 2006 in Deutschland erfolgreich eingesetzt. Sie sind preiswerter und schnitten in vorliegenden Ökobilanzen besser ab als Becher aus PC. Im Vorfeld der Euro 2008 waren Mehrwegszenarien mit Bechern aus PC keine ernsthaft diskutierten Varianten. Sie wurden deshalb in der Ökobilanz nicht berücksichtigt.

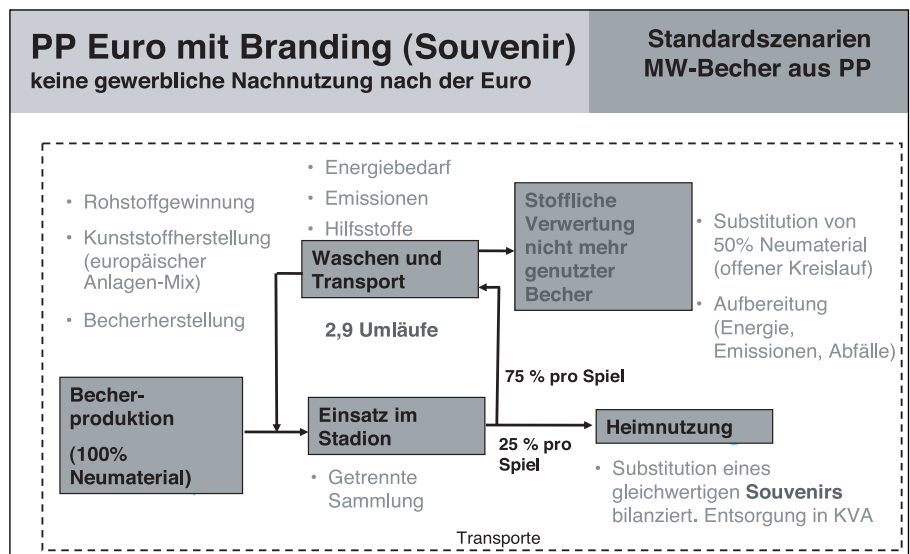


Abbildung 4: Mehrwegszenario für Becher aus Polypropylen (PP)

Bei dem dargestellten MehrwegszENARIO wurde für die verbleibenden Becher ein stoffliches Recycling bilanziert. Da es sich dabei um einen offenen Recyclingkreislauf handelt, wurden dem System nur 50 Prozent der Gutschriften und Aufwendungen aus dem Recycling gutgeschrieben, da die restlichen 50 Prozent dem daraus hergestellten Produkt gutzuschreiben sind. Es wurde berücksichtigt, dass für die sichere Versorgung der Stadien mehr Becher hergestellt und geliefert werden als theoretisch veranschlagt.

## ■ Einweg PET

Für das EinwegszENARIO PET wird in der Standardvariante die Entsorgung der gebrauchten Becher in der Müllverbrennung angesetzt, mit einer Energiegutschrift, die dem Anlagenmix in Österreich und der Schweiz entspricht. Als Sensitivität wird ein stoffliches Recycling im offenen Kreislauf berechnet. Ein geschlossenes Recycling ist derzeit für Becher, im Gegensatz zu PET-Flaschen nicht möglich.

## ■ Einweg PLA

Das Polylactid (PLA) wird im Wesentlichen als biologisch abbaubares Material bewor-

ben, das in Kompostierungsanlagen entsorgt werden soll. Um diesen Umstand gerecht zu werden, wird die getrennte Erfassung und Entsorgung in einer Kompostierungsanlage bilanziert. Da sich das Material in der Kompostierung zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser zersetzt und keinen Beitrag als strukturgebendes Material (Torfersatz) und keine Düngewirkung aufweist, kann für die Verwertung als Kompost allerdings keine Gutschrift vergeben werden. Neuerdings wird auch auf den Effekt als nachwachsender Rohstoff abgezielt, der bei der energetischen Nutzung nicht zu klimaschädlichen Emissionen führt. Diesem Umstand wurde in einem Szenario Rechnung getragen, das eine Verbringung in eine Kehrrichtverbrennungsanlage beinhaltet.

Die Produktion des PLA-Materials erfolgt in einer Großanlage in den USA. Als Grundstoff dient Mais. Die Tatsache, dass der Mais gentechnisch verändert ist, geht nicht in die Bilanz ein, wohl aber die Aufwendungen für den wenig nachhaltigen Maisanbau und den Transport aus USA. Wie bei den anderen EinwegszENARIOEN wird nicht bilanziert, dass auch bei der Bereitstellung von Einwegbechern Verluste

entstehen, wenn ungebrauchte Becher entsorgt werden müssen.

## Resultate

Die Bilanzergebnisse für die untersuchten Getränkebechersysteme lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Alle Mehrwegbecherszenarien weisen gegenüber den betrachteten EinwegszENARIOEN signifikant geringere Umweltbelastungen auf.
- Für das beste Einwegbecherszenario werden doppelt so viele Umweltbelastungspunkte (UBP) ausgewiesen wie für das ungünstigste Mehrwegbecherszenario, bei dem aufgrund des Brandings eine Nachnutzung nicht möglich ist (PP Euro mit Branding / Souvenir).
- Innerhalb der Mehrwegbecherszenarien scheidet das Szenario mit Nachnutzung der Becher (PP Euro ohne Branding) mit Abstand am Besten ab.
- Biologisch abbaubare Einweggetränkebecher aus PLA (Polylactide) stellen keine ökologisch vergleichbare Alternative zu Mehrwegbechern dar. Die Kompostierbarkeit der Becher führt nicht zu geringeren Umweltauswirkungen, da mit der Kompostierung dieses Kunststoffes kein nennenswerter ökologischer Nutzen verbunden ist. Zudem sind die Auswirkungen der Entsorgung marginal im Vergleich zur Herstellung der Becher.
- Die Umweltbelastungen der PLA-Einweggetränkebecher sind vergleichbar mit jenen von PET-Einweggetränkebechern und liegen deutlich über jenen der Einweggetränkebecher aus Karton.
- Die gesamt aggregierte Umweltbelastung von Einweggetränkebechern aus Belland-Material liegt im Bereich derjenigen von herkömmlichen Einweggetränkebechern wie beispielsweise PET. Der Beweis für ein funktionierendes Kreislaufsystem von Belland-Material muss in der Praxis erst erbracht werden.

Auch in der einzelnen Wirkungskategorie Treibhausgaspotential (GWP) zeigen sich alle Mehrwegbecherszenarien klimaverträglicher als Einwegbecherszenarien. Im Vergleich innerhalb der Einwegbecherszenarien zeichnet der Kartonbecher bei beiden Bewertungsmethoden und beim Einfluss auf das Klima durch Treibhausgaspotential (GWP) für die geringsten Umweltauswirkungen verantwortlich.

Alle Sensitivitätsbetrachtungen bestätigen den Trend der Ergebnisse aus den Standardszenarien:

- Ein stoffliches PET-Becher Recycling könnte bei den Einwegbechern aus PET zu einer deutlichen Entlastung gegenüber der thermischen Verwertung in einer MVA/KVA führen, stellt jedoch keine ökologische Alternative zu Mehrwegsystemen dar. Der Beweis, ob eine technische Realisierung einer „PET to PET“-Getränkebecher-Recyclingtechnik möglich ist, muss erst erbracht werden.
- Ein funktionierendes Kreislaufsystem bei Belland-Material könnte bis heute in der

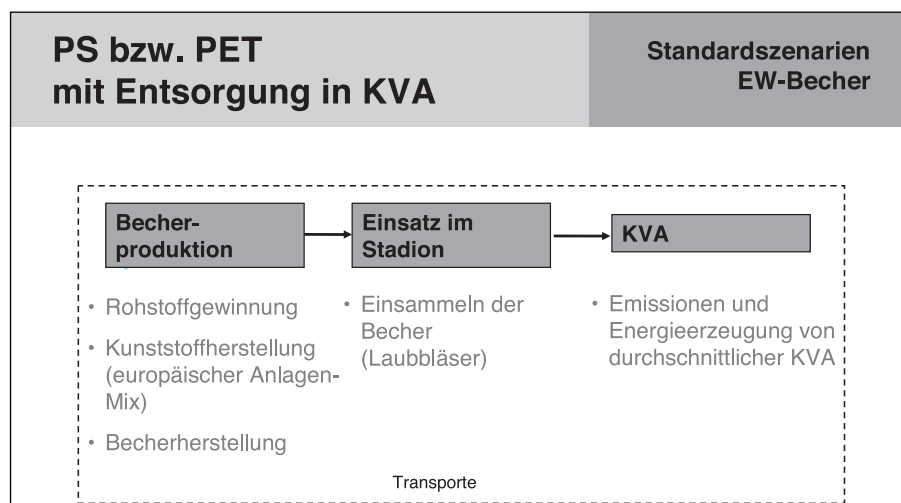


Abbildung 5: EinwegszENARIO PET

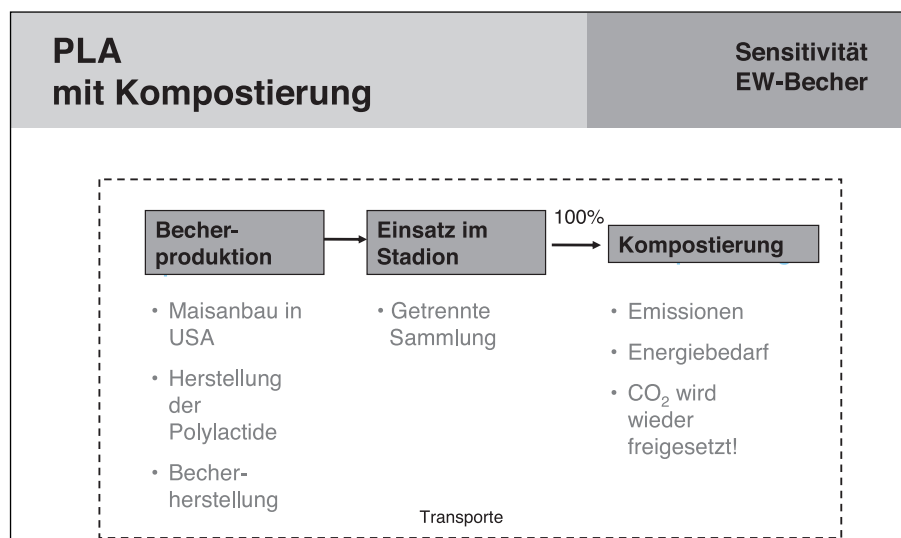


Abbildung 6: EinwegszENARIO PLA

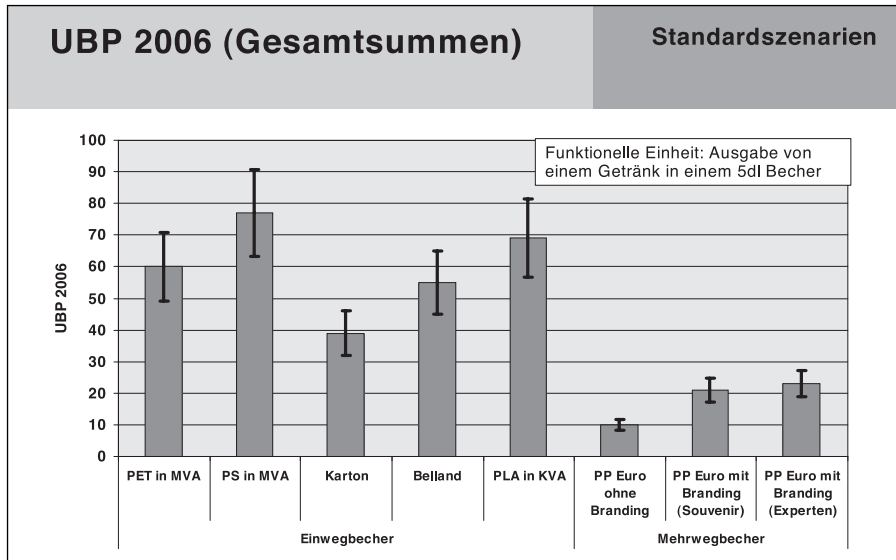


Abbildung 7: Bilanzergebnisse für die untersuchten Getränkebechersysteme

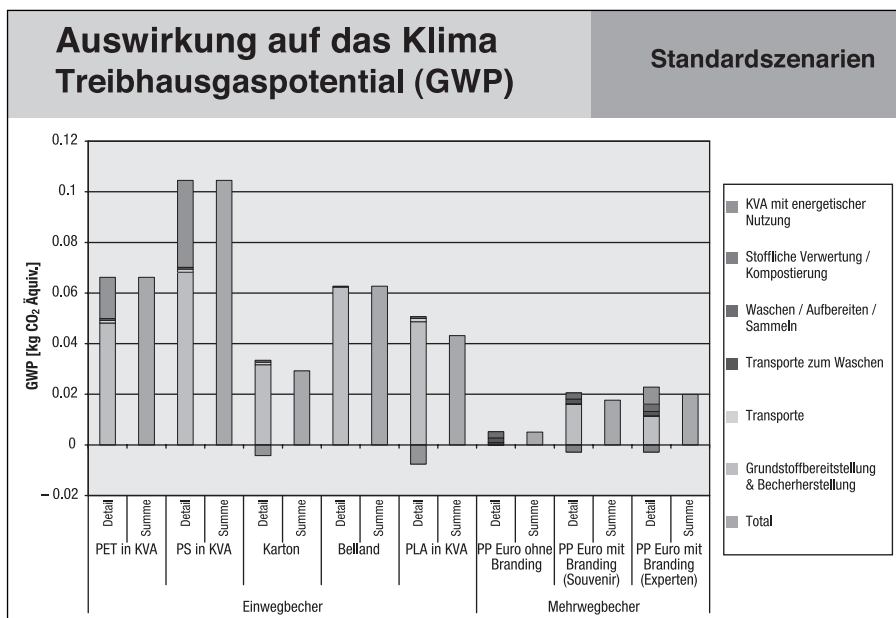


Abbildung 8: Wirkungskategorie Treibhausgaspotential (GWP)

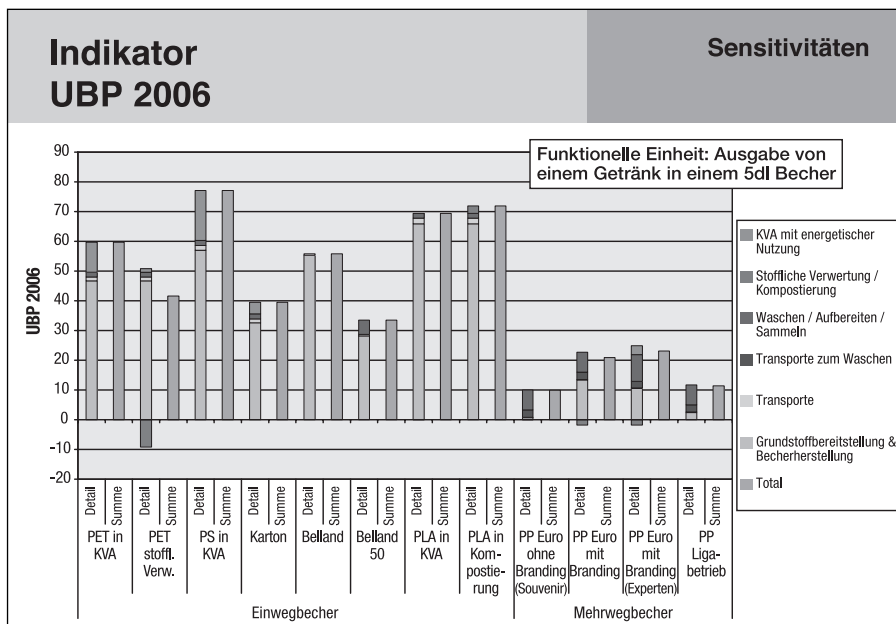


Abbildung 9: Sensitivitätsbetrachtungen

Praxis nicht realisiert werden. Unter der theoretischen Annahme, dass Belland ein „Closed loop“-Recycling von bis zu 50 Prozent Recyclat umsetzen könnte, wie als Sensitivität beispielhaft unterstellt wurde, würde der Belland-Becher aber noch immer deutlich größere Umweltbelastungen aufweisen als alle untersuchten Mehrwegvarianten.

- Alle Mehrwegbecherszenarien weisen durchwegs die geringsten Umweltbelastungen auf. Kein Einwegbecher kann als ökologisch vergleichbares Gebinde bezeichnet werden, da diese immer mit deutlich höheren Umweltbelastungen verbunden sind.

## Empfehlung

Aufgrund der Resultate der Studie werden aus ökologischen Gesichtspunkten Mehrweggetränkebecher für Großveranstaltungen wie die UEFA EURO 2008 empfohlen. Eine Nachnutzung der Becher nach der UEFA EURO 2008 im Liga-Betrieb oder bei anderen Veranstaltungen wird empfohlen. Dadurch können die negativen Umweltauswirkungen noch weiter reduziert werden und zusätzlich Abfälle vermieden werden. So kann eine der Forderungen aus dem Katalog des Österreichischen und Schweizer Nachhaltigkeitskonzepts für die UEFA EURO 2008 realisiert und umgesetzt werden.

Die Empfehlungen beruhen auf eindeutigen, signifikanten Ergebnissen, die zum einen durch die Sensitivitätsanalyse bestätigt wurden, zum anderen trotz eher konservativer Annahmen bezüglich der Mehrwegbecherszenarien deren deutliche Vorteile gegenüber allen Einwegbechersystemen aufzeigen. ♦

## Literatur

Pladerer, Christian; Meissner, Markus; Dinkel, Fredy; Zschokke, Mischa; Dehoust, Günter; Schüler, Doris: Vergleichende Ökobilanz verschiedener Bechersysteme beim Getränkeausschank. Im Auftrag von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich), Bundesamt für Umwelt BAFU (Schweiz), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Deutschland) und den Städten/Ländern: Basel – Bern – Hannover – Klagenfurt – Salzburg – Wien – Zürich. Darmstadt/Basel/Wien 2007.

Dipl.-Ing. Christian Pladerer und Dipl.-Ing. Markus Meissner sind Mitarbeiter des Österreichischen Ökologie-Instituts, Wien. Adresse: Seidengasse 13, A-1070 Wien, Tel. +43 (0) 699 1523 61 01, eMail: pladerer@ecology.at, Internet: www.ecology.at. Dr. Fredy Dinkel und Dipl.-Ing. Mischa Zschokke sind Mitarbeiter bei Carbotech AG, Basel.

Adresse: Eulerstrasse 68, CH-4051 Basel, Tel +41 (0) 612 06 95 22, eMail: f.dinkel@carbotech.ch, Internet: www.carbotech.ch. Dipl.-Ing. Günter Dehoust und Dr. Doris Schüler sind Mitarbeiter des Öko-Instituts e. V. Adresse: Büro Darmstadt: Rheinstraße 95, D-64295 Darmstadt, Tel. 06151.8191 38, eMail: g.dehoust@oeko.de, Internet: www.oeko.de.