

Dübendorf, 18.01.2016

## Auftrag:

15.013 – ERB Bern

## Auftraggeber:

Entsorgung + Recycling Stadt Bern  
Cornelia Kissling  
Murtenstr. 100  
3001 Bern

## Auftragnehmer:

Sustainable System Solutions GmbH  
Zürichstrasse 45  
8600 Dübendorf

Tel: 044 554 87 98

Mail: [info@s3-engineering.ch](mailto:info@s3-engineering.ch)  
Web: [www.s3-engineering.ch](http://www.s3-engineering.ch)

## Autor:

Matthias Gmür

## Ökologische Lebenszyklusanalyse des Variantenstudiums *Sack im Behälter (SaB)*



## Glossar

<b>Bring-Sammlung</b>	Der Abfall und/oder die Wertstoffe müssen von den Verursachern zu lokalen oder regionalen Sammelpunkten (nicht am Strassenrand) gebracht werden
<b>ERB</b>	Entsorgung + Recycling Bern
<b>Gew.-%</b>	Gewichts-Prozent
<b>Hol-Sammlung</b>	Der Abfall und/oder die Wertstoffe werden am Strassenrand (offen oder in Containern) von Sammelfahrzeugen abgeholt
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>kg CO<sub>2</sub>-eq.</b>	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente (werden durch die Methode <i>IPCC</i> bestimmt): Indikator der LCA
<b>KVA</b>	Kehrichtverbrennungsanlage
<b>LCA</b>	Ökologische Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment): Systematische Analyse der Umweltauswirkungen von Produkten und Prozessen während deren gesamten Lebenszyklus
<b>PET</b>	Poly-Ethylen-Terephthalat
<b>SaB</b>	System <i>Sack im Behälter</i> . Beinhaltet die gemeinsame Sammlung mehrerer Wertstofffraktionen in einem Container. Dabei werden unterschiedlich gefärbte Sammelsäcke für die Sammlung der verschiedenen Fraktionen eingesetzt.
<b>UBP</b>	Umweltbelastungspunkte (werden durch die Methode der ökologischen Knappheit bestimmt): Indikator der LCA

## 1 Ausgangslage

Das Ziel dieser Analyse ist es, mögliche alternative Abfallsammelszenarien von Entsorgung + Recycling Bern für das Jahr 2030 ökologisch miteinander zu vergleichen. Dies wird mit Hilfe einer Ökobilanzierung in Form einer Lebenszyklusanalyse durchgeführt. Dabei werden Mengenangaben und Zahlen aus dem Jahr 2014 verwendet, die technischen Möglichkeiten sollen jedoch wo möglich auf das Jahr 2030 angepasst werden.

Die Ökobilanzierung erlaubt die Quantifizierung, Bewertung und den Vergleich der Umweltauswirkungen eines spezifischen Systems. Dabei werden alle Prozesse und Anlagen über deren gesamten Lebenszyklus betrachtet. Zudem werden für alle Systemelemente von der Herstellung über den Betrieb bis zur Entsorgung alle ökologischen Auswirkungen beurteilt. In dieser Studie werden insbesondere die Transporte von Privatpersonen miteinbezogen, da diese für den ökologischen Systemvergleich relevant sein können. In dieser Studie werden die Methode der *ökologischen Knappheit* mit dem Indikator *Umweltbelastungspunkte* (UBP) und die Methode des *IPPC* mit dem Indikator *kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente* verwendet. Die Resultate dieser Ökobilanzierung werden in Bezug auf die jährlich anfallende Menge an Abfall und Wertstoffe im Bezugsjahr 2014 im Sammelgebiet von Entsorgung + Recycling Bern berechnet.

Als Ausgangslage dieser Studie dient die Situation von Entsorgung + Recycling Bern (ERB) im Jahr 2014. ERB ist verantwortlich für die Abfallbewirtschaftung der Stadt Bern. Im Jahr 2014 wurde auf drei verschiedene Arten Kehrriecht und Wertstoffe gesammelt:

- Hol-Sammlung von Hauskehrriecht und einzelnen Wertstoffen (Papier/Karton & Grüngut) mittels Kehrriechtsammelfahrzeugen vor der Haustüre der Bewohner
- Bring-Sammlung von Wertstoffen auf Wertstoffsammelstellen
- Bring-Sammlung von Wertstoffen auf dezentralen Entsorgungshöfen

Die Situation in der Stadt Bern im Jahr 2014 wird als Basisvariante (Variante 0) verwendet. Die *Holinger AG* hat zwei mögliche alternative Abfallsammelszenarien für das Jahr 2030 ausgearbeitet, um die Abfallsammlung effizienter und ökologischer zu gestalten:

Variante 1: Einführung einer Containerpflicht für Papier/Karton und Hauskehrriecht für die Holsammlung.

Variante 2: Einführung einer Containerpflicht für Papier/Karton und Hauskehrriecht für die Holsammlung. Zudem wird die Fraktion *Sack im Behälter* (SaB) zur Sammlung verschiedener Wertstoffe am Strassenrand eingeführt.

Die Einführungen der Containerpflicht sowie der Fraktion SaB haben Mengenveränderungen und Veränderungen in den Sammelströmen zur Folge, dessen ökologische Auswirkungen hiermit analysiert werden.

Die Fraktion SaB erlaubt die gemeinsame Sammlung mehrerer Wertstofffraktionen (PET, übrige Kunststoffe, Getränkekarton, Büchsen/Aluminium, Papier/Karton und Textilien) in einem Container. Die einzelnen Fraktionen werden in unterschiedlich gefärbten Sammelsäcken gesammelt und danach auf einer optischen Sortieranlage wieder aussortiert.

Als geografische Systemgrenze dient das Einzugsgebiet von *Entsorgung + Recycling Bern*.

## 2 Resultate der ökologischen Lebenszyklusanalyse

Die Resultate der ökologischen Lebenszyklusanalyse zeigen auf, dass die beiden möglichen alternativen Varianten im Vergleich zur heutigen Situation (Variante 0) einen kleineren ökologischen Fussabdruck verursachen. Die Varianten 1 & 2 weisen jedoch sehr ähnliche Resultate bezüglich Umweltbelastungspunkten auf. Die Variante 2 weist mit  $2.465 \cdot 10^9$  UBP/Jahr die kleinsten ökologischen Auswirkungen für beide Indikatoren auf. In Bezug auf die verursachten kg CO<sub>2</sub>-eq. schneidet Variante 2 einiges besser ab als die anderen Varianten. Die Variante 0 (Situation heute) schneidet hingegen mit  $2.908 \cdot 10^9$  UBP/Jahr am schlechtesten ab. Dieselbe Situation präsentiert sich auch bei der Auswertung nach kg CO<sub>2</sub>-eq./Jahr. Eine Übersicht der totalen Auswirkungen und der Veränderungen in Bezug zum Basisszenario *Variante 0* ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Resultatübersicht der ökologischen Lebenszyklusanalyse

	UBP / Jahr	Veränderung	kg CO <sub>2</sub> -eq. / Jahr	Veränderung
<b>Variante 0</b>	$2.908 \cdot 10^9$	---	$2.140 \cdot 10^6$	---
<b>Variante 1</b>	$2.605 \cdot 10^9$	-10.4 %	$1.912 \cdot 10^6$	-10.6 %
<b>Variante 2</b>	$2.465 \cdot 10^9$	-15.2 %	$1.695 \cdot 10^6$	-20.8 %

Eine aufgeschlüsselte Darstellung der Resultate ist in Abbildung 1 zu sehen.

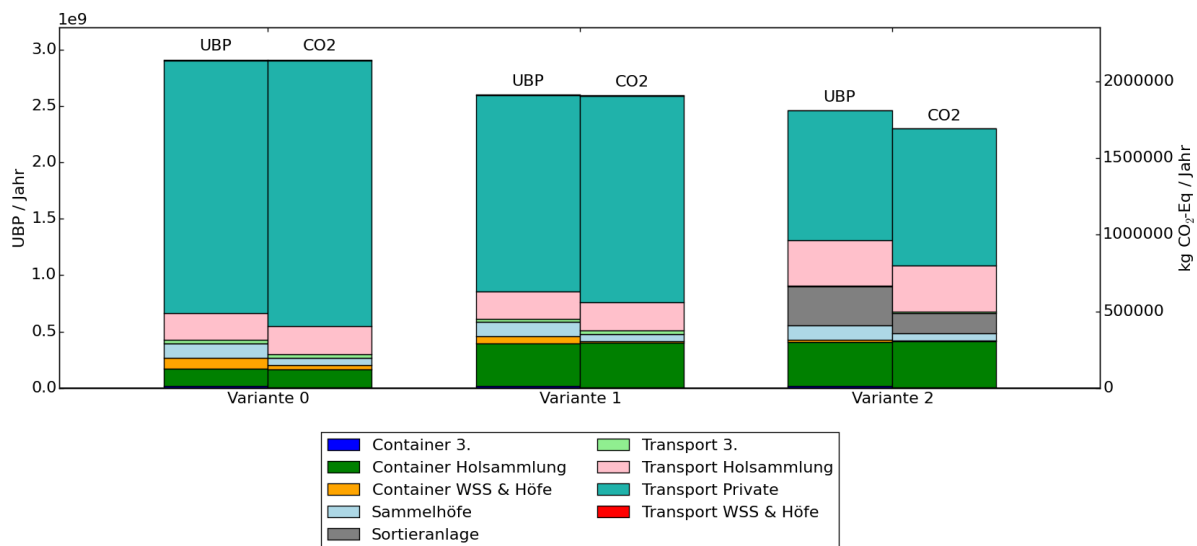


Abbildung 1: Resultate der ökologischen Lebenszyklusanalyse

In den Resultaten fällt auf, dass die Transporte der Privatpersonen zu den verschiedenen Sammelstellen rund 45-80 % (UBP) der totalen ökologischen Belastung der verschiedenen Varianten verursachen. Die ökologischen Auswirkungen der Sammeltransporte schneiden im Vergleich zu den privaten Transporten einiges besser ab und sind nur für rund 8-18 % (UBP) der Gesamtbelastung verantwortlich. Ähnlich grosse Umweltauswirkungen verursachen die bereitgestellten Container. Diese verursachen ca. 9-22 % (UBP) der Gesamtbelastung.

### 3 Diskussion und Empfehlung

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die beiden alternativen Varianten aus ökologischer Sicht dem zum heutigen Zeitpunkt implementierten System vorzuziehen sind.

Wie verschiedene Sensitivitätsanalysen zeigen, ist keiner der Parameter in der Lage, dieses Resultat komplett in Frage zu stellen. Einzelne Parameter führen zu grossen Veränderungen der einzelnen Resultate, jedoch ohne die Gesamtsituation zu verändern.

Ökologisch gesehen hat der Transport der Privatpersonen den grössten Hebel. Die Transporte tragen zu einem grossen Teil des ökologischen Gesamtergebnisses bei. Bereits eine relativ kleine Reduktion der Fahrten (siehe Sensitivitätsanalyse) hat einen grossen ökologischen Effekt. Aus ökologischer Sicht ist somit die Reduktion der Fahrten von Privatpersonen anzustreben. Dies würde jedoch einen Mehraufwand für die *Entsorgung + Recycling Bern* zur Folge haben.

Die Einführung einer Containerpflicht und die damit verbundene Reduktion der Fahrten von Privatpersonen führt zu einer Reduktion der ökologischen Gesamtbelastung. Es ist davon auszugehen, dass sich die Sammellinien der Fahrzeuge durch die Implementierung der Containerpflicht verändern werden. Die Sensitivitätsanalysen zeigen jedoch, dass die Veränderungen der Sammelabstände keine Rangreihenfolgeverschiebungen zur Folge hätten. Durch eine Optimierung der Containerstandorte und einer dynamischen Routenoptimierung der Sammelfahrzeuge während der Einführung der Containerpflicht könnte der positive Effekt jedoch noch verstärkt werden.

Die Einführung der Fraktion *Sack im Behälter* lohnt sich aus ökologischer Sicht im Vergleich zur heutigen Situation. Durch die Implementierung einer Sortieranlage mit einem kleinen ökologischen Fussabdruck kann der positive Effekt zudem noch verstärkt werden. Auch in dieser Variante wird eine Neuplanung der Sammellinien sinnvoll sein. Dabei kann mittels Optimierung der Containerstandorte und der Sammellinienwahl eine ökologisch sinnvollere Sammlung gewährleistet werden. Neben den positiven ökologischen Auswirkungen der Sammlung hat die Einführung des *Sack im Behälter* zudem zur Folge, dass mit erhöhten Wertstoffsammelraten gerechnet werden kann. Durch die Sammlung in separaten Säcken kann zudem eine hohe Qualität der Wertstofffraktionen sichergestellt werden. Dies hätte für die nachfolgenden und in dieser Studie nicht untersuchten Prozesse möglicherweise positive Effekte.

Die Implementierung einer Containerpflicht kann aus ökologischer Sicht in Bezug auf die Sammlung empfohlen werden, sofern dadurch die Privattransporte wie im oben beschriebenen Ausmass reduziert werden. Dieselbe Aussage trifft auch auf die Einführung des *Sack im Behälter* zu. Hier müsste jedoch auf die Implementierung einer Sortieranlage mit möglichst kleinem ökologischen Fussabdruck geachtet werden. Da die Sammlung der verschiedenen Wertstoffe im Vergleich zu den Recyclingprozessen eine relativ kleine ökologische Bedeutung haben, kann es sinnvoll sein, sich für eine Variante mit höheren Wertstoffsammelraten und einer höheren Wertstoffqualität zu entscheiden.