

„Wir erforschen technische Probleme nicht.  
Wir lösen sie!“ UMTEC

## UMTEC

### Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC besteht aus vier Fachgruppen: Rohstoffe und Verfahrenstechnik, Abfall und Ressourceneffizienz, Wasser und Abwassertechnik sowie Geruch. Rund 15 Wissenschaftler und Ingenieure aus den Bereichen Maschinen- und Verfahrenstechnik, Umweltwissenschaften und Chemie betreuen Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Die Fachgruppe Rohstoffe und Verfahrenstechnik beschäftigt sich vor allem mit der mechanischen Aufbereitung von Primär- und Sekundärrohstoffen. In einem hervorragend ausgestatteten Verfahrenstechniklabor entwickeln wir Verfahren und Geräte zur Separation von Feststoffen und zur Phasentrennung. Wir greifen auf eine langjährige Erfahrung aus unseren Projekten mit Industrieunternehmen und Umweltämtern zurück. Zahlreiche Patentanmeldungen belegen unser Innovationspotenzial.

Unsere sechs Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Rohstoffe und Verfahrenstechnik sind überwiegend Ingenieure von der HSR und der ETH Zürich. Sie werden durch Zivildienstleistende, Praktikanten und Studierende unterstützt.

## EconEcol: Kosten/Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich

### Ausgangslage

Im Bereich der Abfallwirtschaft nimmt die Schweiz eine Vorreiterrolle ein. Rund die Hälfte der jährlich anfallenden Siedlungsabfälle wird in Recyclingsystemen erfasst und stofflich verwertet. Der Rest wird in KVA verbrannt, also thermisch verwertet.

Die stoffliche Verwertung, das Recycling, liegt im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie. Was nicht stofflich verwertet werden kann, muss durch Primärrohstoffe bereitgestellt werden. Die Gewinnung von Primärrohstoffen ist im Allgemeinen ökologisch nachteilig, aber wirtschaftlich gewinnbringend. Durch das Recycling von Materialien wird daher, im Vergleich zur Primärrohstoffgewinnung, ein Nutzen für die Umwelt erzielt. Beim Recycling unterscheiden wir zwischen marktwirtschaftlich angetriebenen Systemen und gesetzgetriebenen Systemen. Ein Beispiel für ein marktwirtschaftlich angetriebenes System ist das Altpapierrecycling (linker oberer Quadrant in Abb. 1). Obwohl ökologisch besser als die Mitverbrennung in der KVA, bedarf dieses Recycling weder einer gesetzlichen Vorgabe noch einer finanziellen Unterstützung weil die Verwertungskosten des Recyclings tiefer liegen als die der KVA.

Ein Beispiel für eine «marktgetriebene Entsorgung» (linker unterer Quadrant) ist die illegale Kehrichtverbrennung, die aber wesentlich mehr Umweltbelastung verursacht als die Verbrennung in einer Schweizer KVA. Ein Beispiel für das gesetzgetriebene Recycling ist die stoffliche Verwertung von PET-Flaschen. Die Separatsammlung der PET-Flaschen ist zwar teurer als die Verbrennung in der KVA, sie ist aber auch ökologisch besser.

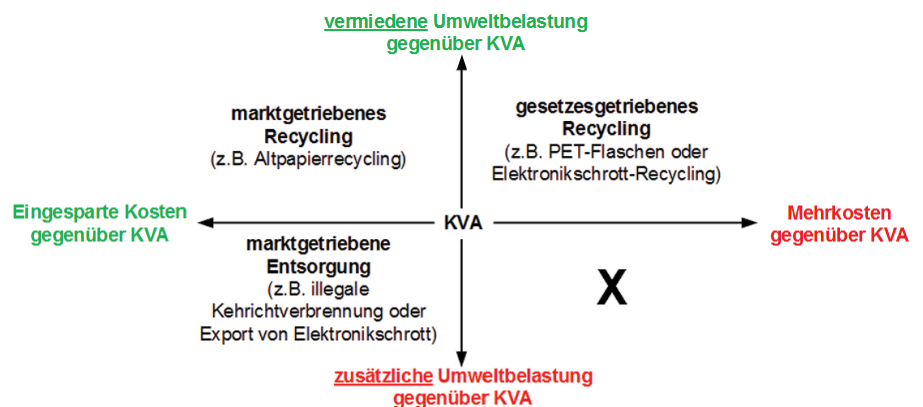


Abbildung 1: Recyclingsysteme im Spannungsfeld zwischen Ökologie (y-Achse) und Wirtschaftlichkeit (x-Achse).

Ein weiteres Beispiel für den oberen rechten Quadranten in Abb. 1 ist die ordnungsgemässe Verwertung von Elektronikschrott. Um zu vermeiden, dass der Elektronikschrott dem marktwirtschaftlich erzeugten Sog ins «Recycling in Schwellenländern» folgt (linker unterer Quadrant), muss das «Recycling nach Schweizer Standards» durch entsprechende Vorschriften unterstützt werden. Hierzu dienen entweder direkte gesetzliche Vorgaben (z.B. Exportverbot von Elektronikschrott), oder eine gesetzlich regulierte finanzielle Unterstützung zum Recycling in der Schweiz, z.B. durch eine vorgezogene Recyclinggebühr (VEG, vRB oder vRG).

## Zielsetzung und Inhalt

Zielsetzung des Projekts EconEcol war die Schaffung von objektiven, auf Kosten/Nutzen-Betrachtungen basierenden, Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen. Zur Beurteilung der ökologischen Aspekte werden Methoden der Ökobilanzierung benutzt, z. B. die «Methode der ökologischen Knappheit». Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Massnahme gegenüber dem Referenzszenario (z. B. Status quo) durch «eingesparte Umweltbelastungspunkte (eUBP)» quantifiziert. Der Quotient eUBP/CHF ist der «Specific-Eco-Benefit-Indicator», kurz SEBI. Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen (in eUBP) durch die zusätzlichen Kosten (in Schweizer Franken) dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in CHF. Ein hoher SEBI steht damit für ein besonders ökoeffizientes Recyclingsystem, also einen grossen ausgelösten Umweltnutzen pro ausgegebenem Schweizer Franken.

Beispiel Laptoprecycling: Für Laptops zahlen die Käufer eine VRG von 1 150 CHF/t. Diese Gebühr wird für die Separatsammlung der Laptops mit anschliessender Aufbereitung durch Schweizer Recyclingunternehmen verwendet. Dies kostet gegenüber dem Referenzszenario «Verbrennung nach Entsorgung in den Müllsack» (Kosten je Tonne ca. CHF 310) zwar zusätzlich 840 CHF/t, dafür werden aber auch 7.7 Mio. UBP eingespart. Dies entspricht der Umweltbelastung, die z. B. durch rund 20 000 km Fahrt mit einem durchschnittlichen Auto oder durch die Gewinnung von 50g Gold ausgelöst wird.

Nachdem auf diese Weise die SEBI einer grösseren Anzahl umweltbezogener Massnahmen berechnet wurden, ergibt sich ein Bild davon, welche in der Schweiz bereits eingeführten Umweltmassnahmen welche Kosten/Nutzen-Effizienz aufweisen. Bei neu vorgeschlagenen Massnahmen kann nun ermittelt werden, wo diese im Spektrum der bislang akzeptierten Massnahmen liegen. Dieser Abgleich dient als Entscheidungshilfe.

## Resultate und Diskussion

Eine hohe Ökoeffizienz (=grosser SEBI), wird durch die metallischen Verpackungsmaterialien Aluminium und Weissblech und das Elektroschrottreycling (SENS) erreicht (Abb. 3). Im mittleren Bereich ist das Recycling von Elektronik (SWICO), Leuchten &

Leuchtmitteln sowie PET angesiedelt. Bei tiefen SEBI liegt das Recycling von Haushaltsbatterien, Getränkekartons und Alu-Kaffeekapseln.

Historisch bedingt wurde die Separatsammlung von Haushaltsbatterien hauptsächlich wegen des Quecksilbers initiiert. Durch das mittlerweile durchgesetzte Quecksilberverbot in Batterien sind die Quecksilbergehalte heute jedoch erstens sehr viel tiefer als zum Zeitpunkt der Einführung des Batterierecyclings, und zweitens wird das Quecksilber in allen Schweizer KVA praktisch vollständig zurückgehalten. Damit ist, bei etwa konstanten Kosten, der Umweltnutzen des Batterierecyclings gegenüber der Verbrennung in der KVA massiv eingebrochen und damit der SEBI sehr viel tiefer als zur Zeit der Einführung des Batterierecyclings. Das Recycling von separat gesammelten Getränkekartons hätte, gemäss unseren überschlägigen Abschätzungen, einen ähnlich tiefen SEBI wie das Batterierecycling. Im Unterschied zum Batterierecycling ist jedoch das Recycling von Getränkekartons in der Schweiz noch nicht eingeführt. Sollten sich unsere Abschätzungen zur Kosten/Nutzen-Effizienz der Getränkekartonsammlung erhärten, müssten zur gesetzlich unterstützten Einführung einer Separatsammlung von Getränkekartons besondere Argumente angeführt werden, warum diese im Vergleich mit den bereits in der Schweiz umgesetzten Recyclingmassnahmen wenig effiziente neue Massnahme dennoch unterstützt werden sollte. Einer privatwirtschaftlich finanzierten Separatsammlung von Getränkekartons stünde jedoch nichts im Wege. Einen vergleichsweise tiefen SEBI hat auch das Recyclingsystem für Alu-Kaffeekapseln. Eine Kritik an diesem System wäre jedoch insofern fehlgeleitet, als das Recycling der Kapseln privatwirtschaftlich abgewickelt wird, also keine Unterstützung durch gesetzliche Auflagen in Anspruch nimmt.

Das im Rahmen dieser Studie betrachtete PET-Recycling schneidet punkto Kosten/Nutzen-Effizienz im unteren Mittelfeld ab. Der Grund hierfür ist, dass bereits das Referenzszenario «thermische Nutzung in KVA» durch die Gutschrift für die Wärme- resp. Stromerzeugung, umwelttechnisch gut abschneidet. Hierdurch wird die Differenz zur ökologisch besseren stofflichen Verwertung, gegenüber der thermischen Nutzung, von PET kleiner. Folglich sinkt auch die Kosten/Nutzen-Effizienz. Dieses Projekt wurde unterstützt durch BAFU, AWA und SWICO.

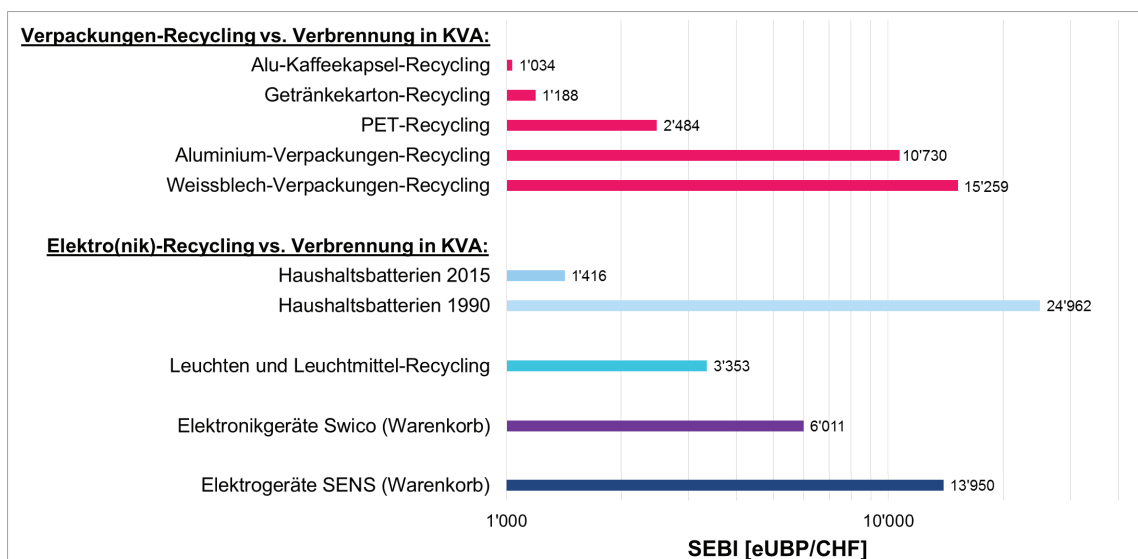


Abbildung 1: SEBI verschiedener Recyclingsysteme.

## Kontakt

Prof. Dr. Rainer Bunge, Tel. 055 222 48 60 (Sekretariat)

HSR Hochschule für Technik Rapperswil ■ Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC ■ Oberseestrasse 10 ■ CH-8640 Rapperswil