

Recycling gut, alles gut?

Eine vollständige Wiederverwertung stößt auf ökonomische und ökologische Grenzen

Von Rainer Bunge



Professor Dr. Rainer Bunge
Fachstellenleiter am Institut für
Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)
an der Hochschule für Technik Rapperswil,
Schweiz

Der Merksatz „*Recycling ist besser als Rohstoffabbau*“ hat sich als Faustregel bestens bewährt. Diese Regel findet jedoch auch ihre Grenzen wie am Beispiel des Metallrecyclings aufgezeigt wird. Die Schlussfolgerungen können sinngemäß auf viele andere Materialien übertragen werden. Es wird gezeigt, dass das Recycling im Hinblick auf Kosten/Nutzen immer ineffizienter wird, je näher es einer 100-Prozent-Recyclingrate kommt. Da auch die finanziellen Mittel für Umweltmaßnahmen *limitierte Ressourcen* darstellen, könnten die Mittel, die eingesetzt werden, um überzogene Recyclingvorgaben erfüllen zu können, an anderer Stelle sehr viel mehr Nutzen für die Umwelt bringen. Mit der Annäherung an die 100-Prozent-Marke wird das Recycling nicht nur unverhältnismäßig teuer, sondern es schneidet unter ökologischen Aspekten zudem schlechter ab als die Gewinnung aus Primärrohstoffen. Der ökologische Ertrag durch das Recycling steigt linear mit dem Recyclinggrad an, der ökologische Aufwand des Recyclings hingegen exponentiell. Gezeigt wird, dass es für jedes Recyclingsystem einen optimalen ökologischen Recyclinggrad gibt, beispielsweise bei rund 85 Prozent für das Laptoprecycling. Vorgaben zum Recyclinggrad sollten sich daran orientieren. Gezeigt wird weiterhin, dass bei einer Kosten/Nutzen-Optimierung einer gesamten Abfallwirtschaft die einzelnen Recyclingsysteme, nach einer individuellen Kosten/Nutzen-Optimierung, in Konkurrenz um die limitierten Mittel treten, die zur Unterstützung des Recyclings bereitgestellt werden. Die Einführung eines Kosten/Nutzen-Indikators SEBI (Specific Ecological Benefit Indicator) für jedes Recyclingsystem kann in diesem Fall dazu dienen, vorrangige Umweltmaßnahmen festzulegen.

Keywords:

Elektronikschrottreycling, Kosten/Nutzen-Optimierung, Metallrecycling, Recyclingsystem, Low-Tech-Produkt, High-Tech-Produkt, Umweltbelastungspunkte, Ökobilanzierungsansatz, Avoided-Burden-Approach

1 Hintergrund

Durch den Bergbau werden weltweit ganze Landstriche verwüstet (Abbildung 1), die Gewässer werden kontaminiert und die Luft wird durch Schadstoffemissionen belastet. Die Gewinnung von Metallen aus dem Recycling ist vergleichsweise deutlich *sauber*. Daraus wird die Faustregel abgeleitet: *Recycling ist gut – Bergbau ist schlecht*.

Dass diese Faustregel Grenzen hat, zeigt das unregulierte *Elektronikschrottreycling* in Schwellenländern (Abbildung 2), das nicht mit der Metallrückgewinnung aus Abfällen in hochentwickelten Ländern vergleichbar ist, wo die Umweltgesetze tatsächlich voll-

zogen werden. Im Hinblick auf die negativen Recyclingaktivitäten in Schwellenländern muss die weitverbreitete Faustregel *“Recycling ist gut“* differenzierter betrachtet werden.

Wird eine Umweltgesetzgebung vorausgesetzt, die konform mit den Vorgaben der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) geht, ist das Recycling tatsächlich ökologisch besser als der Bergbau – sofern es mit Augenmaß betrieben wird. Insbesondere entfällt beim Metallrecycling der Schritt der chemischen Reduktion des Erzes zum Metall, welcher energieintensiv ist und häufig Luft- oder Gewässer belastet. Weiterhin



Abbildung 1: Ansicht aus 76 Kilometer Höhe: Berlin im Vergleich mit einem Ölsandabbau in Kanada (Quelle: Google Earth)



Abbildung 2: Elektroschrottreycling in Ghana (links): Zur Gewinnung von Kupfer wird die Isolation der Kabel abgebrannt; Elektroschrottreycling in China (rechts): Leiterplatten werden in Säuren ausgelaugt (Quellen: Foto links: Rainer Bunge; Foto rechts: Basel Action Network)

entfällt im Vergleich zum Bergbau die Notwendigkeit, große Mengen von Abraum und Aufbereitungsrückständen abzulagern, die häufig mit Schadstoffen kontaminiert sind, etwa mit Schwermetallen oder Arsen.

In den folgenden Abschnitten wird davon ausgegangen, dass die Bereitstellung von Metallen aus dem OECD-konformen Recycling grundsätzlich umweltverträglicher ist als die aus Erzen. Untersucht werden mögliche Zusammenhänge zwischen dem Rückgewinnungsgrad eines Metalls aus einem Abfall und wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten. Hierbei wird ein stark abstrahierender konzeptioneller Ansatz verfolgt – das heißt, ohne Details zu berücksichtigen.

der Elektronikschrott thermisch verwertet oder deponiert wird, oder den Weg ins Recycling in Schwellenländern nimmt, erfordert das Recycling nach OECD-Standards eine gesetzliche Unterstützung.

High-Tech-Produkte wie etwa LCD-Fernseher enthalten zwar Metalle im Gegenwert von etwa 1.000 Euro je Tonne. Allerdings liegen die Kosten für die Sammlung sowie die umweltgerechte Aufbereitung, und vor allem die Kosten für die umweltgerechte Entsorgung der Aufbereitungsrückstände deutlich darüber. Das Recycling von defekten Fernsehgeräten ist also in Zentraleuropa wirtschaftlich nicht attraktiv. Folglich entsteht ein Sog für diese Geräte in Länder, in denen das Recycling billiger durchführbar ist,

2 Wirtschaftlich/ökologische Optimierung von Recyclingsystemen

2.1 Wirtschaftliche Optimierung

Beim Recycling kann zwischen marktwirtschaftlich angetriebenen Systemen und gesetzestriebenen Systemen unterschieden werden. Ein Beispiel für ein marktwirtschaftlich angetriebenes System ist das Recycling von Kupfer aus Dachrinnen (linker oberer Quadrant in Abbildung 3). Obwohl ökologisch besser als die Extraktion der Metalle aus Erz, bedarf dieses Recycling weder einer gesetzlichen Vorgabe noch einer finanziellen Unterstützung. Das marktwirtschaftlich angetriebene Recycling ist dort vorherrschend, wo Metalle relativ rein und in hoher Konzentration vorliegen, also vorwiegend in Low-Tech-Produkten – etwa Kupfer in Dachrinnen, Gold in Schmuck.

Ein Beispiel für das marktgetriebene Recycling in Schwellenländern (linker unterer Quadrant in Abbildung 3) ist die Verwertung von Elektronikschrott, die nicht nur wesentlich mehr Umweltbelastung verursacht als das Recycling nach OECD-Standards, sondern sogar auch mehr als der Bergbau (Abbildung 2).

Die ordnungsgemäße Verwertung von Elektronikschrott ist ein Beispiel für den grau hinterlegten oberen rechten Quadranten in Abbildung 3. Um zu vermeiden, dass

der Elektronikschrott thermisch verwertet oder deponiert wird, oder den Weg ins Recycling in Schwellenländern nimmt, erfordert das Recycling nach OECD-Standards eine gesetzliche Unterstützung.

High-Tech-Produkte wie etwa LCD-Fernseher enthalten zwar Metalle im Gegenwert von etwa 1.000 Euro je Tonne. Allerdings liegen die Kosten für die Sammlung sowie die umweltgerechte Aufbereitung, und vor allem die Kosten für die umweltgerechte Entsorgung der Aufbereitungsrückstände deutlich darüber. Das Recycling von defekten Fernsehgeräten ist also in Zentraleuropa wirtschaftlich nicht attraktiv. Folglich entsteht ein Sog für diese Geräte in Länder, in denen das Recycling billiger durchführbar ist,

da beispielsweise das in den Monitoren enthaltene Quecksilber nicht umweltgerecht entsorgt werden muss (Abbildung 4). Im Hinblick auf Abbildung 4 ist anzumerken: Obwohl die Kosten für die mechanisierte Aufbereitung in der Schweiz grundsätzlich etwa gleich hoch wären wie die für eine manuelle Aufbereitung in Schwellenländern (Recyclingprozess), treiben die Umweltauflagen, die in der Schweiz einzuhalten sind (insbesondere für die umweltgerechte Entsorgung der Rückstände), die Kosten des Recyclings so hoch, dass sie nicht mehr durch den Metallpreis gedeckt werden. Für ein ordnungsgemäßes Recycling muss daher ein zusätzlicher Anreiz geschaffen werden, bei-

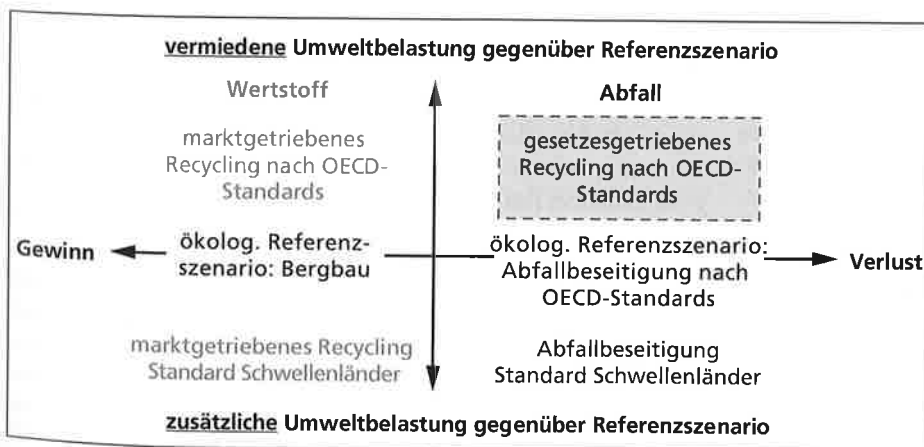


Abbildung 3: Übersicht: Wertstoffgewinnung durch Recycling

spielsweise mittels eines Exportverbots – das tatsächlich auch durchgesetzt wird – oder mittels einer vorgezogenen Recyclinggebühr in Höhe der Annahmegerühr.

Rein marktwirtschaftlich betrachtet, wäre grundsätzlich auch folgendes Hybridszenario denkbar: Man könnte aus dem defekten LCD-Fernsehgerät auch in einem OECD-Land mit wenig Aufwand den Transformator (Kupfer) herausnehmen und diesen gewinnbringend verkaufen. Auf diese Weise würde beispielsweise ein Drittel der im Gerät enthaltenen Metalle zurückgewonnen, wie in der Abbildung 5 skizziert. Jegliche darüber hinausgehende OECD-konforme Aufbereitung – im hellgrauen Bereich – wäre allerdings wirtschaftlich unattraktiv.

Bei rein marktwirtschaftlich getriebenen Systemen würde der Rückstand aus dieser Aufbereitung – welcher noch 67 Prozent der Metalle enthält – nicht zu hohen Kosten OECD-konform entsorgt, sondern für ein weiteres *Recycling* in Schwellenländer exportiert. Die restlichen 67 Prozent der Metalle würden dort zurückgewonnen (linker unterer Quadrant in Abbildung 3) und der Rückstand aus dieser Aufbereitung würde kostengünstig vor Ort entsorgt (unterer rechter Quadrant in Abbildung 3). Um die auf diese Weise entstehende Umweltbelastung zu vermeiden, muss das Recycling des überwiegenden Anteils der restlichen beiden Drittel Metalle nach OECD-Standards (graue quadratische Fläche in Abbildung 5), inklusive der ordnungsgemäßen Entsorgung der Rückstände, gesetzlich erzwungen werden (rechter oberer Quadrant in Abbildung 3). Hierzu dienen entweder direkte gesetzliche Vorgaben – beispielsweise Exportverbot von Elektronikschrott aus OECD-Ländern –, oder eine gesetzlich regulierte finanzielle Unterstützung des Recyclings in OECD-Ländern, beispielsweise durch eine vorgezogene Recyclinggebühr.

Derartige gesetzliche Vorgaben sollten, wie alle Eingriffe in marktwirtschaftliche Mechanismen, mit Augenmaß geschehen. Wenn die geforderten Rückgewinnungsgrade zu hoch angesetzt werden, steigen die Kosten je Tonne zurückgewonnenen Wertstoff massiv an, wie in der Abbildung 5 dargestellt. Die Gründe hierfür sind unter anderem:

- Der hohe Energieaufwand und Verschleiß der Aufbereitungsapparaturen bei der Freilegung der Metalle aus den Verbundwerkstoffen mittels Aufschlusszerkleinerung
- Der Einsatz von teuren Chemikalien zur Laugung feindispers verteilter Metallreste.

2.2 Ökologische Optimierung

Wie in Abbildung 5 gezeigt, verursachen hohe Rückgewinnungsgrade hohe Kosten. Unabhängig davon: Wäre ein 100prozentiges Recycling ökologisch sinnvoll? Zur Beurteilung dieser Frage hilft ein kurzer Exkurs in die Ökobilanzierung. Umweltschädigungen kann man mit *Umweltbelastungspunkten* UBP quantifizieren. Der Mechanismus ist analog zur Bewertung klimarelevanter Emissionen, beispielsweise Methan, mit Kohlendioxid-Äquivalenten.

Beispiel Aluminiumrecycling: Angenommen die Bereitstellung von einer Tonne Aluminium aus Erz verursacht 14 Millionen Umweltbelastungspunkte, während die Bereitstellung mittels Recycling – in einer durchschnittlichen mitteleuropäischen Anlage – nur 7 Millionen Umweltbelastungspunkte verursacht. Der Vorteil des Recyclings beträgt in diesem Fall also 7 Millionen *vermiedene* Umweltbelastungspunkte je Tonne rezykliertes Aluminium (Abbildung 6).

In Abbildung 7 ist dargestellt wie – analog zum betriebswirtschaftlichen Gewinn – auch der ökologische Gewinn ein Maximum durchläuft. Auch hier steigt der ökologische Aufwand gegen 100 Prozent Rückgewinnungsgrad stark an. Die zur Zerkleinerung

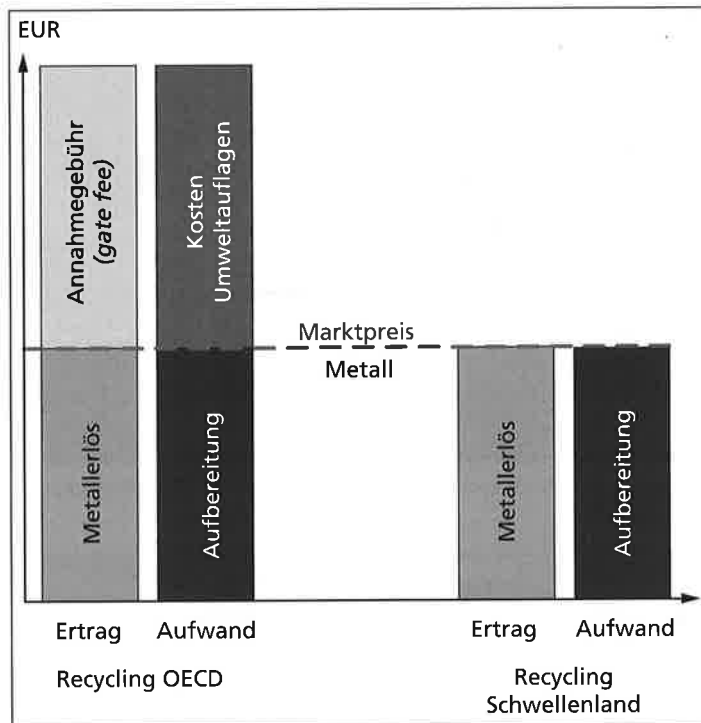


Abbildung 4: Ertrag und Kosten der Recyclingsysteme Schweiz und Schwellenland

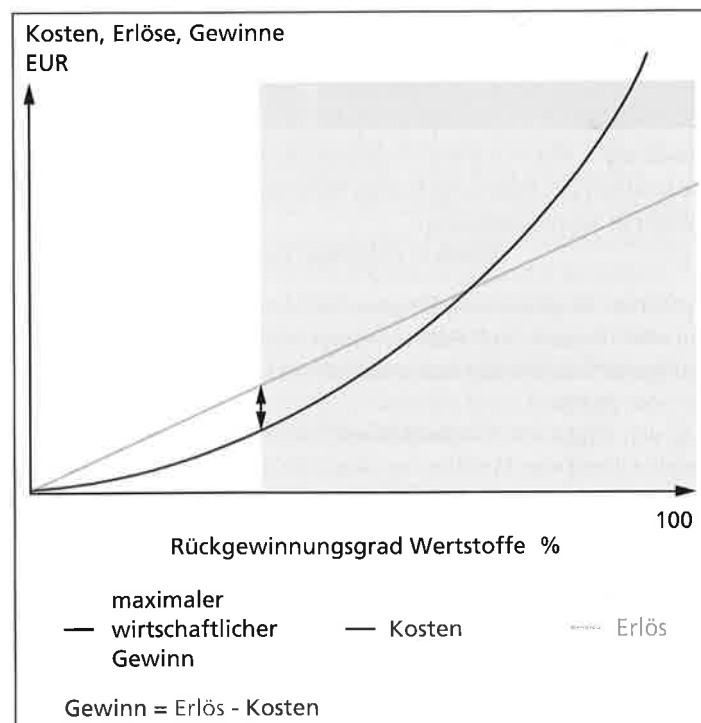


Abbildung 5: Der kumulative Metallerlös steigt linear mit dem Rückgewinnungsgrad an, die kumulativen Kosten steigen hingegen exponentiell an. Der Gewinn (Erlös-Kosten) durchläuft folglich ein Maximum beim betriebswirtschaftlich optimalen Rückgewinnungsgrad, in diesem Fall etwa 33 Prozent.

des Abfalls notwendige Energie und die eingesetzten Chemikalien sind nicht nur teuer, sondern ihre Bereitstellung ist auch mit einer erhöhten Schädigung der Umwelt verbunden. Bei Rückgewinnungsgraden oberhalb des ökologischen Optimums verursacht das Recycling sogar größere Umweltschäden als der Bergbau und ist damit aus ökologischer Sicht unsinnig (gelber Bereich in Abbildung 7).

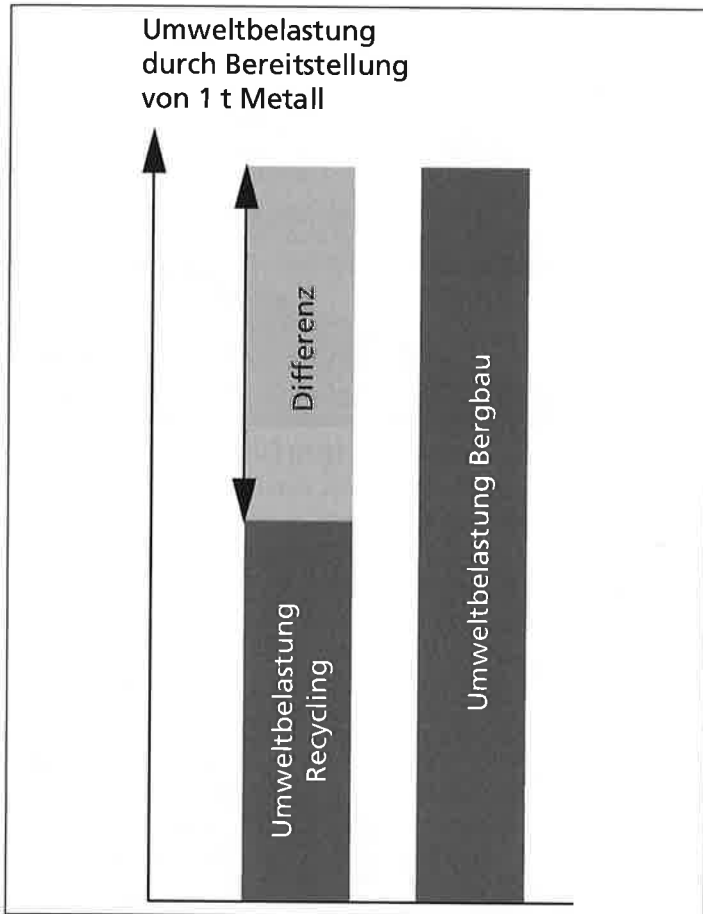


Abbildung 6: Ökobilanzierungsansatz Avoided-Burden-Approach. Durch Recycling (dunkler linker Balken) werden weniger Umweltbelastungspunkte UBP verursacht als durch Primärerzabbau (dunkler rechter Balken). Die durch den vermiedenen Primärerzabbau eingesparten UBP werden dem Recyclingprozess als ökologischer Gewinn gutgeschrieben (hellgrauer Balken).

2.3 Wirtschaftlich/ökologische Optimierung einzelner Recyclingsysteme

Im Allgemeinen liegt das wirtschaftliche Optimum eines OECD-konformen Recyclings links vom ökologischen Optimum, also bei geringeren Rückgewinnungsgraden.

Wie kann der Recycler dazu gebracht werden, so viel Metall zu extrahieren, wie dem ökologischen Optimum entspricht? Hierzu braucht es – aus betriebswirtschaftlicher Sicht – finanzielle Anreize, die über den Metallertlös hinausgehen. Diese finanziellen Anreize können entweder direkt an den Recycler entrichtet werden – beispielsweise mittels vorgezogener Entsorgungsabgaben. Sie können aber auch indirekt erzwungen werden, beispielsweise durch gesetzliche Auflagen (etwa vorgegebene Recyclingquoten), die höhere Entsorgungsgebühren zur Folge haben (vergleiche Abbildung 5 und Abbildung 7).

Der Aufbau eines ökologisch optimierten Recyclingsystems würde also folgende Schritte umfassen:

1. Bestimmen des ökologischen Optimums.
2. Bestimmen des wirtschaftlichen Optimums.
3. Bestimmen der Höhe der zusätzlichen Abgeltung, die den Recycler dazu bringen würde, den Rückgewinnungsgrad seiner Anlage vom wirtschaftlichen Optimum ins ökologische Optimum zu verlagern.
4. Zusätzliche Vergütung des Recyclers mit dem unter 3. ermittelten Betrag.

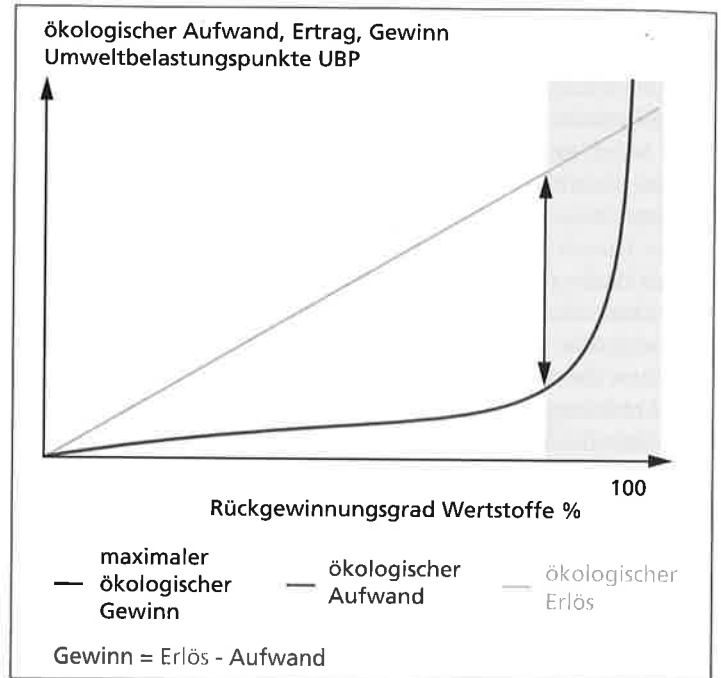


Abbildung 7: Der kumulative ökologische Ertrag (gegenüber dem Bergbau eingesparte Umweltbelastungspunkte) steigt linear mit dem Rückgewinnungsgrad an, der kumulative ökologische Aufwand hingegen exponentiell. Der ökologische Gewinn (Ertrag-Aufwand) durchläuft folglich ein Maximum beim ökologisch optimalen Rückgewinnungsgrad. Rückgewinnungsgrade im gelben Bereich sind ökologisch unsinnig.

3 Wirtschaftlich/ökologische Optimierung einer gesamten Abfallwirtschaft

Stünden einer Abfallwirtschaft unbegrenzte finanzielle Mittel zur Unterstützung des Recyclings zur Verfügung, dann wäre es sinnvoll, jedes Recyclingsystem durch entsprechende Zuschüsse an die Recycler ins individuelle ökologische Optimum zu führen (Abschnitt 2.3). Dieses Szenario ist jedoch unrealistisch. Entgegen der impliziten Annahme vieler Ökofundamentalisten steht in der Realität nicht beliebig viel Geld für ökologisch motivierte Maßnahmen zur Verfügung, sondern die Mittel stammen aus Steuergeldern und zusätzlichen Abgaben und sind somit limitiert. Die finanziellen Mittel, die erforderlich wären, um alle Recyclingsysteme individuell ökologisch zu optimieren, würden die tatsächlich verfügbaren Mittel weit übertreffen.

Wenn nicht jedes Recyclingsystem individuell ökologisch optimiert werden kann, treten die verschiedenen Recyclingsysteme in Anspruchskonkurrenz um die limitierten Mittel. Diese Anspruchskonkurrenz wird von der Politik in höchst intransparenter Weise entschieden. Die Entscheidungen beruhen nicht zuletzt oftmals darauf, welche Seite die stärkeren Lobbys mobilisieren kann – beispielsweise Wirtschaftsverbände oder Umweltverbände.

Zur Versachlichung der Diskussionen empfiehlt es sich, die Beurteilung der Förderwürdigkeit einzelner Recyclingsysteme auf eine Priorisierung mittels Kosten/Nutzen-Effizienzindikatoren abzustützen. Als Einführung in diesen Ansatz dient Abbildung 8, die den in Abbildung 3 grau hinterlegten oberen rechten Quadranten detaillierter aufschlüsselt.

Kosten und Nutzen von Umweltmaßnahmen werden in Abbildung 8 zunächst gegenüber sinnvollen Referenzszenarien bewertet – beispielsweise das stoffliche Recycling gegenüber der Deposition oder der energetischen Verwertung. In dem durch die

Achsen „zusätzliche Kosten“ und „Nutzen für die Umwelt“ aufgespannten Koordinatensystem können drei Bereiche definiert werden (Abbildung 8 oben).

Maßnahmen im *dunkelgrauen Bereich*, die unverhältnismäßig teuer wären und praktisch keinen ökologischen Nutzen bringen, werden ohnehin nicht durchgeführt, beispielsweise das Recycling von separat gesammelten Kugelschreibern. Maßnahmen im *hellgrauen Bereich* sind kostengünstig und bringen gleichzeitig einen großen ökologischen Ertrag, wie zum Beispiel die Altglassammlung. Diese Maßnahmen werden ohnehin durchgeführt. Kritisch und umstritten ist der *helle Bereich* entlang dem Vektor „ökologisch schlechter, aber billiger“ bis „ökologisch besser, aber teurer“.

In Abbildung 8 unten wird die Kosten/Nutzen-Effizienz der vier Umweltmaßnahmen A, B, C, D verglichen. Diese werden in Hinsicht auf den ökologischen Nutzen und die Kosten individuell bewertet und als Punkte in die Abbildung eingetragen. Um die Kosten/Nutzen-Effizienz darzustellen, werden die Punkte mit Geraden aus dem Nullpunkt verbunden und auf diesen Geraden wird der Schnittpunkt mit den Kosten von einem Euro bestimmt. Die je Maßnahme gegenüber dem Referenzszenario eingesparten Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich aufgewandten Euro werden auf der y-Achse abgelesen. Demnach ist die Maßnahme C am effizientesten, denn sie bringt den höchsten Umweltnutzen je aufgewandten Euro.

Am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) werden im Projekt EconEcol derzeit diverse Umweltmaßnahmen, die bereits in der Schweiz umgesetzt worden sind, auf ihre Effizienz evaluiert. Zielsetzung ist es, objektive, auf Kosten-Nutzen-Betrachtungen basierende Grundlagen für zukünftige umweltpolitische Entscheidungen zu schaffen. Hierzu wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Bestimmen der zusätzlichen Kosten einer Umweltmaßnahme gegenüber einem ökologisch schlechteren Referenzszenario – beispielsweise Deponierung nach OECD-Standard oder Verbrennung in einer MVA.
2. Bestimmen der Umweltschädigung, die gegenüber dem Referenzszenario durch diese Maßnahme eingespart werden konnte.
3. Bestimmung des Kosten/Nutzen-Effizienzindicators SEBI – Specific Eco Benefit Indicator.

Die für eine ökologische Maßnahme – beispielsweise Recycling – erforderlichen zusätzlichen Kosten gegenüber dem Referenzszenario lassen sich in der Schweiz durch die hier entrichtete *vorgezogene Recyclinggebühr* (VRG) abschätzen. Die VRG wird beim Kauf von rezyklierbaren Produkten – beispielsweise Elektronikprodukte, Glasflaschen, Aludosen – als Aufpreis entrichtet und an die Recycler weitergeleitet. Auf diese Weise erhält der Recycler einen Anreiz, um eine Rückgewinnungsrate zu erzielen, die über dem betriebswirtschaftlichen Optimum liegt.

Die Schweizer Gemeinden stellen seit Jahren eine zunehmende *Sammelbegeisterung* ihrer Bürger fest. Beflügelt von der Vorstellung, dass das Recycling *a priori gut* sei, beantragen ökologisch engagierte Bürger laufend neue Separatsammlungen, beispielsweise von Kreditkarten, DVD oder Weinflaschenkorken. Dabei ist folgendes zu bedenken: Die Kosten für Separatsammlungen hängen stark von der gesamt gesammelten Menge ab. Wie in Abbildung 9 gezeigt, steigen vor allem die Logistikkosten bei kleinen Sammelmengen massiv an und übertreffen in der Regel alle weiteren Kosten deutlich, beispielsweise die der eigentlichen Aufbereitung. Hieraus leitet sich die Faustregel ab, dass die Kosten/Nutzeneffizienz des Recyclings von Abfällen mit sehr kleinen Massenströmen in der Regel niedrig ausfällt.

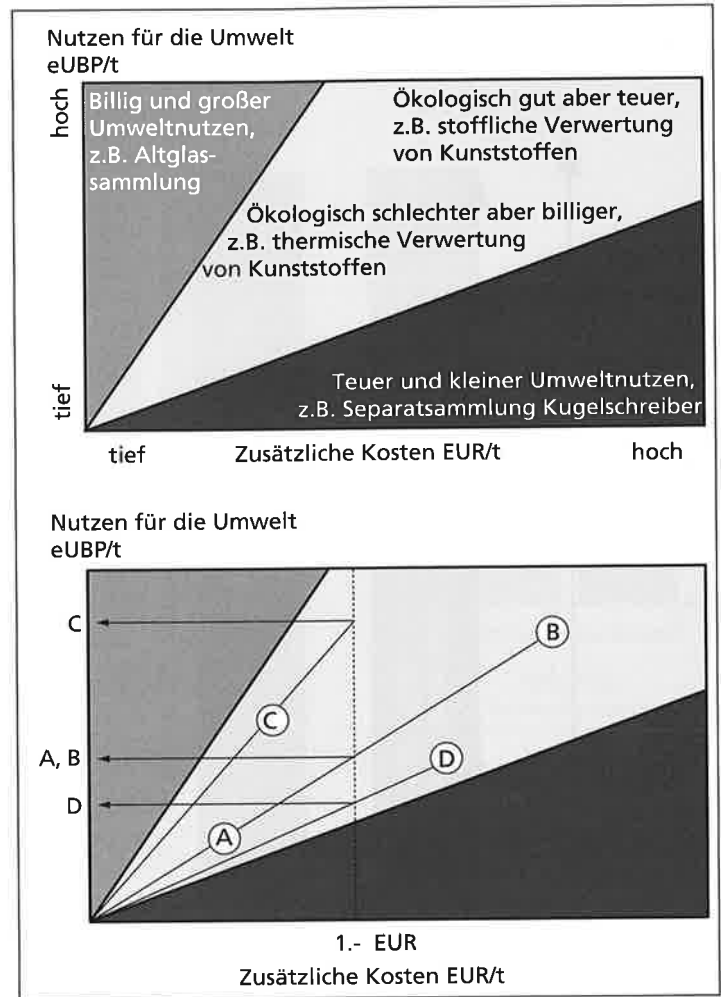


Abbildung 8: Oben: Im dunkelgrauen Bereich sind die Kosten hoch, aber der Nutzen für die Umwelt ist marginal. Im hellgrauen Bereich sind die Kosten niedrig, und der ökologische Nutzen ist hoch. Die Problemzone liegt im hellen Bereich dazwischen: von ökologisch gut, aber teuer, bis ökologisch schlecht, aber billiger. Unten: Die Effizienz der Umweltmaßnahmen A...D wird durch Normierung auf 1 EUR ermittelt und ist wie folgt: C ist besser als A=B ist besser als D.

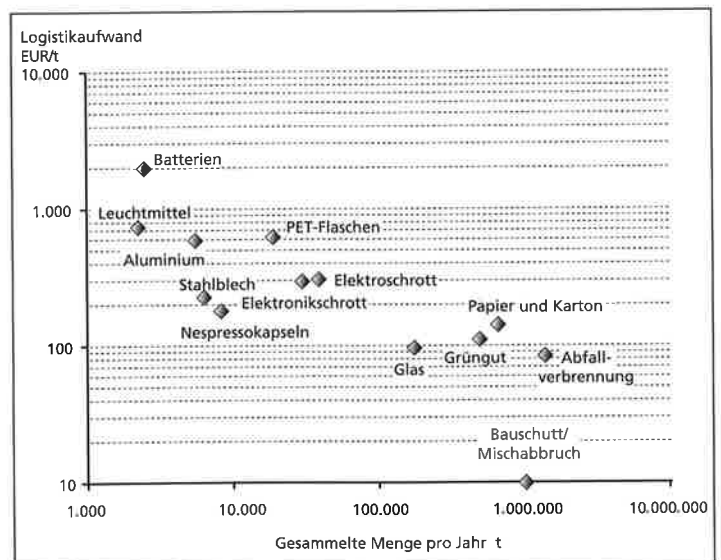


Abbildung 9 Die Logistikkosten steigen bei Separatsammelsystemen mit abnehmender Gesamtmenge stark an. Aus den oben diskutierten Zusammenhängen zwischen Kosten und ökologischem Nutzen ergibt sich die Faustregel, dass die Kosten/Nutzeneffizienz beim Recycling von Kleinmengen meist geringer ist als die von großen Mengen.

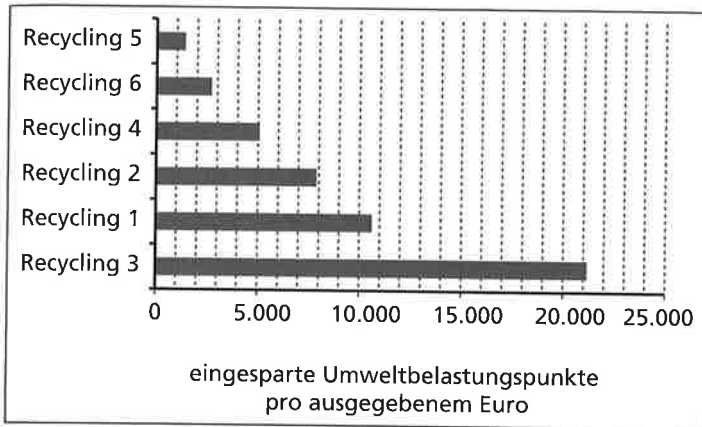


Abbildung 10: Die Effizienz ausgewählter Schweizer Recyclingsysteme (Batterien, Glas, Aludosen, Elektronik...) liegt im Bereich 1.000 bis 20.000 eUBP/EUR. Aus politischen Gründen wurde in dieser Darstellung auf eine eindeutige Zuweisung der Daten zu den Recyclingsystemen (Recycling 1 bis 6) verzichtet.

Zur Beurteilung der ökologischen Aspekte dienen die üblichen Methoden der Ökobilanzierung, beispielsweise die *Methode der ökologischen Knappheit*. Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Maßnahme gegenüber dem Referenzszenario – beispielsweise Status Quo – durch *eingesparte Umweltbelastungspunkte UBP (eUBP)* quantifiziert. Dieser Nutzen wird anschließend mit den zusätzlichen Kosten bewertet, woraus ein Kosten/Nutzen-Effizienzindikator „SEBI“ – Specific Eco Benefit Indicator – abgeleitet wird. Der SEBI ist die Steigung der Geraden aus dem Nullpunkt in Abbildung 8 unten.

Beispiel Laptoprecycling

Beim Verkauf von Laptops wird in der Schweiz eine vorgezogene Recyclinggebühr (VRG) von 1.150 Schweizer Franken (CHF) pro Tonne erhoben. Mit dieser Gebühr wird die Separatsammlung von Laptops mit anschließender Aufbereitung durch Schweizer Recyclingunternehmen unterstützt. Hierdurch werden gegenüber dem Referenzszenario *Verbrennung nach Entsorgung in den Müllsack* (Kosten je Tonne etwa 300 CHF) zwar zusätzliche Kosten von 850 CHF pro Tonne generiert, aber auch 3 Millionen Umweltbelastungspunkte pro Tonne eingespart (eUBP). Zum Vergleich: Dies entspricht ungefähr der Umweltbelastung, die durch 6.500 Kilometer Autofahren verursacht wird. Normiert auf 1 CHF ergibt sich: $SEBI(\text{Laptoprecycling}) = 3.000.000/850 = 3.530 \text{ eUBP/CHF}$.

Am UMTEC werden derzeit die SEBI einiger bestehender Recyclingsysteme berechnet. Wenn diese Studie abgeschlossen ist, kann man anhand einer Übersicht die Kosten-Nutzen-Effizienz der Maßnahmen sehen, die in der Schweiz bereits eingeführt worden sind. Erste Ergebnisse sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Effizienz

der Systeme, die in der Schweiz bisher eingeführt worden sind, streut demnach über mehr als eine Größenordnung – 1.000 bis 20.000 eingesparte UBP pro ausgegebenen Euro. Die SEBI-Methodik wurde am UMTEC bisher vor allem am Beispiel von Recyclingsystemen entwickelt, kann aber grundsätzlich auch zur Entscheidungsfindung bei anderen Umweltmaßnahmen verwendet werden – etwa bei der Abwasserbehandlung und in der Energieversorgung.

Der Zweck, Kosten/Nutzen-Effizienzindikatoren einzuführen, besteht nicht primär darin, etablierte Umweltmaßnahmen im Nachhinein als *ineffizient* zu entlarven und wieder abzuschaffen. Vielmehr geht es darum, bei neuen Maßnahmen vorab zu ermitteln, wo diese im Effizienzspektrum der bislang akzeptierten Maßnahmen liegen. Dieser Abgleich dient als Entscheidungshilfe. So wird es im Hinblick auf Abbildung 10 weniger Schwierigkeiten bereiten, eine Maßnahme A mit vergleichsweise hohem SEBI – beispielsweise 15.000 eUBP/EUR – umzusetzen, gegenüber einer Maßnahme B mit tiefem SEBI – beispielsweise 800 eUBP/EUR. Und umgekehrt: Für die Umsetzung von Maßnahme B müssten spezielle unterstützende Argumente gefunden werden, beispielsweise „strategische Maßnahme mit Investitionscharakter“ („kostet jetzt viel, lohnt sich aber langfristig“); „Harmonisierung mit internationalen Verpflichtungen“ (beispielsweise Kyoto-Protokoll), „Ressourcenüberlegungen“ (Rohstoffbasis durch Recycling) oder „politischer Wille“ (Energiewende).

Ein Abgleich der Kosten-/Nutzen-Effizienzindikatoren SEBI von neu vorgeschlagenen Umweltmaßnahmen und von umgesetzten Maßnahmen wird also nicht als einziges Beurteilungskriterium dienen können. Aber er kann die Diskussion um Ökologie und Kosten objektivieren und er kann den umweltpolitischen Entscheidungsträgern als Orientierungshilfe dienen.

Danksagung:

Die Studien METENVIRO und EconEcol, die dieser Veröffentlichung zugrunde liegen, wurden in dankenswerter Weise durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt BAFU, das Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern AWA sowie durch den Verband der ICT-Anbieter SWICO unterstützt, der unter anderem das Rücknahmesystem für Elektronikschrott organisiert.

Kontakt

Professor Dr. Rainer Bunge

Hochschule für Technik Rapperswil (HSR)

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)

Oberseestraße 10 · CH-8640 Rapperswil

Tel.: 0041-55-222-48.62 · Fax: 0041-55-222-48.61

eMail: rainer.bunge@hsr.ch · Internet: <http://www.umtec.ch/index.php>

Anzeige

BERLINER KONFERENZ

20. Juni und 21. Juni 2016, Berlin

MINERALISCHE NEBENPRODUKTE UND ABFÄLLE

Veranstalter: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Dorfstraße 51, D-16816 Nietwerder

Tel.: +49 (0)3391-45 45-0, Fax.: +49 (0)3391-45 45-10

Internet: <http://vivis.de/index.php>, E-Mail: tkverlag@vivis.de