

In fünf Stufen

Wirksame Abfallvermeidungsstrategien beinhalten eine vom Produkt ausgehende Vermeidungshierarchie und Gestaltungsprinzipien

Von Stefan Ebelt und Max Regenfelder



Dipl.-Betriebswirt Stefan Ebelt
Geschäftsführer der Ebel EDV &
Unternehmensberatung sowie
Vorstandsvorsitzender von ReUse e.V.



Dipl.-Oec. Max Regenfelder
Doktorand, Graduate School of Excellence
advanced Manufacturing Engineering
(GSaME), Universität Stuttgart

Die Entstehung von Abfall beginnt mit dem Design und der Konstruktion eines Produktes. Im vorliegenden Beitrag wird der Begriff „Abfallvermeidung“ anhand eines materiellen Produktlebenszyklus sowie mittels mehrerer Beispiele und eines Kategorisierungsvorschlages näher untersucht. Eine produktorientierte Hierarchie der Abfallvermeidung wird entworfen. Dabei wird die Sonderstellung einer „echten Abfallvermeidung“ im Vergleich zu anderen Vermeidungsmaßnahmen herausgearbeitet. Abschließend werden die ökonomischen Folgen einer Umsetzung einer Abfallvermeidung sowie die Risiken einzelner Ansatzpunkte diskutiert. Das Produkt „Notebook“ illustriert als Fallbeispiel die Anwendung der einzelnen Vermeidungsgrade. Nachhaltiges Wirtschaften erfordert eine bestmögliche Abfallvermeidung – und diese wird erreicht, indem verschiedene Vermeidungsstrategien kombiniert werden.

Keywords:

Abfallvermeidung, Vermeidungshierarchie, Lebenszyklus, Wiederverwendung, ReUse

1 Ökosphäre, Gesellschaft und Abfall: Koordinaten für nachhaltiges Wirtschaften

Wenn der Herstellungsprozess eines Produktes [1] abgeschlossen ist, ist vieles über die Zukunft dieses Produktes ungewiss: Wann es gekauft wird, wer es besitzen wird, wo und wie lange es benutzt werden wird, ob und wann es defekt geht. Nur eines ist sicher und unausweichlich: Das Produkt wird einmal Abfall [2] sein. (BMU 2013)

Grundsätzlich wird alles, was durch den Menschen hergestellt wird, zu Abfall. Wenn ein Produkt hergestellt wurde, ist es im Hinblick auf eine echte Abfallvermeidung bereits zu spät. Es kann dann nicht mehr vermieden werden, dass das Produkt vollständig zu Abfall wird. Ob als Ganzes oder nach und nach in Teilen ist dabei unwesentlich. Recycling- oder Wiederverwendungsansätze stoßen in diesem Sinne ebenfalls an ihre Grenzen, da sie bestenfalls weitere Nutzungsschleifen bei vertretbarem Energieaufwand ermöglichen und die Abfall-

werdung nur hinauszögern. Die einzige Möglichkeit, Abfall zu vermeiden, besteht darin, eine Sache erst gar nicht herzustellen.

Bei vielen Produkten ist die Abfallwerdung intuitiv oder durch Beobachtung verständlich, vor allem bei Dingen, die nur eine kurze Nutzungsdauer als Produkt durchleben und die jedem durch den Akt des Wegwerfens bekannt sind, etwa Plastikbecher, Verpackungen oder Zeitungen. Bei langlebigen Gegenständen ist dies nicht immer augenscheinlich. Beispiele sind Automobile und Flugzeuge, Gebäude oder Verkehrsinfrastruktur: Alles wird am Ende Abfall sein. (BMU, 2013)

Diese Überlegungen sollen verdeutlichen, dass es eine abfallfreie Gesellschaft oder gar Kultur nicht geben kann. Zum (Über-)Leben brauchen wir ‚Sachen‘ (materielle Produkte) und alle diese ‚Sachen‘ werden zu Abfall werden. Konsequente – im Sinne von gänzlicher – Abfallvermeidung bedeutet daher das Ende einer Gesellschaft, nicht den Beginn einer umweltfreundlichen Epoche. Die grundsätzliche Frage ist daher nicht, wie man zu einer gänzlich abfallfrei-

en Gesellschaft kommt, sondern wie viel Abfall unvermeidlich ist, um eine Gesellschaft zu ermöglichen und aufrechtzuerhalten – was somit im Einklang mit dem Leitbild der ‚kritischen ökologischen Nachhaltigkeit‘ steht (Diefenbacher, 2001; Prammer, 2009). Der Gedanke dahinter ist: Ohne Abfall keine Gesellschaft.

Neben dem Aspekt, dass eine Gesellschaft auf Abfallerzeugung basiert, ist die Gesellschaft in ihrer Existenz nicht unabhängig von äußeren Einflüssen. Vielmehr ist sie als ein Bestandteil eines übergeordneten Systems von dessen Funktionieren abhängig. Das übergeordnete System ist die Ökosphäre. Diese ist zu sehen als oberstes System, in das jedes menschliche Tun, somit auch das menschliche Wirtschaften als produzierendes industrielles Teilsystem, eingebettet ist. Die Ökosphäre besteht aus verschiedenen Teilsystemen (sowohl natürliche, als auch menschen-gemachte), die über Austauschbeziehungen und Wechselwirkungen miteinander verknüpft sind (Bauer, 2008). Natürliche Ressourcen werden aus der Ökosphäre entnommen, durch (industrielle) Herstellungsprozesse in Produkte transformiert und diese als Abfall schließlich wieder in die Ökosphäre entsorgt. Die Ökosphäre liefert somit Dienste, ohne die eine Gesellschaft nicht funktionieren kann. Ohne ausreichend intakte Ökosphäre ist keine Gesellschaft – oder Kultur – dauerhaft existenzfähig und es käme zum Kollaps zumindest wesentlicher Teilsysteme, wenn nicht schließlich sogar des Gesamtsystems (Meadows et al., 1972; Meadows et al., 2004).

„Materieller Wohlstand basiert letztlich auch auf Umweltverbrauch“ (BMU, 2013, S.3) und zu diesem gehört schließlich auch die Abfallerzeugung. Die Abfallerzeugung setzt die Entnahme natürlicher Ressourcen aus der Ökosphäre zur Herstellung von Produkten voraus. Sind diese Ressourcen nicht erneuerbar, kann dies den Bestand an verfügbaren, nicht-erneuerbaren Ressourcen erschöpfen (Quellenfunktion der Ökosphäre) und somit die Existenzgrundlage der Gesellschaft zerstören. Abfall beansprucht spiegelbildlich die Senkenfunktion der Ökosphäre, die ohne Nebenwirkungen auf die Gesellschaft nur begrenzt aufnahmefähig ist. Somit ergibt sich folgendes Spannungsfeld: Die Gesellschaft braucht eine funktionsfähige Ökosphäre und erzeugt zwingend Abfall. Dieser Abfall belastet die Ökosphäre – entweder direkt durch schädliche Umweltauswirkungen oder indirekt durch das Nicht-mehr-zur-Verfügung-Stehen der im Abfall enthaltenen natürlichen Rohstoffe – und wirkt somit auf die Existenzgrundlage der Gesellschaft negativ ein. Abbildung 1 illustriert dies. Das Wirk-

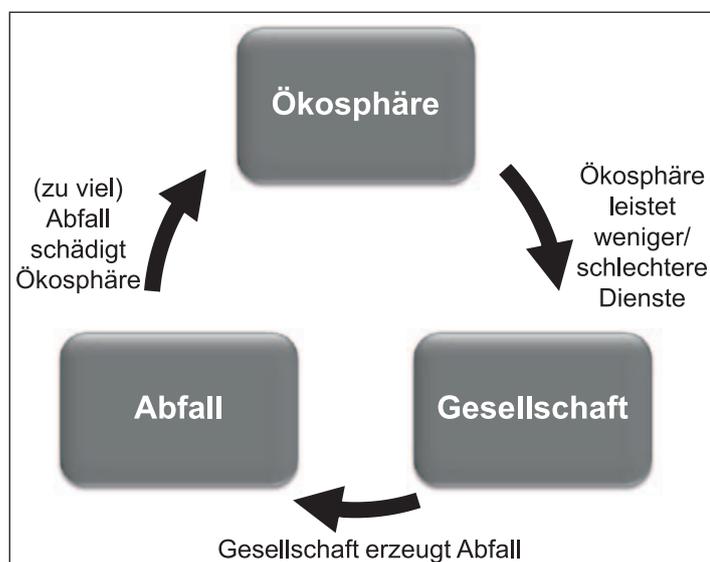


Abbildung 1: Negative Rückkopplung: Ökosphäre – Gesellschaft – Abfall

prinzip kann sich verstärken: Wenn eine Gesellschaft ‚zu viele‘ Produkte herstellt [3], schädigt dies zunehmend die Ökosphäre (die natürlichen Ressourcen) und als Folge leistet sie weniger und / oder schlechtere Dienste. Im Gegenzug kann dieser Nutzenverlust nur teilweise durch die erhöhte Produktion von mehr materiellen Produkten kompensiert werden. Der Substitution natürlicher Ressourcen sind Grenzen gesetzt (Ayres 2007; Daly 1990; Daly, 1997); die Substitutionsversuche können sogar ‚unökonomisch‘ sein, wenn sie die natürlichen Ressourcen weiter degradieren (Daly, 2003) [4]. Die Substitution zieht die Entnahme weiterer natürlicher Ressourcen nach sich, erzeugt noch mehr Abfall und die negative Wirkschleife beginnt – wenn auch mit Zeitverzögerung – von neuem.

Es muss eine dauerhafte Balance zwischen der Inanspruchnahme der Ökosphäre und den gesellschaftlichen Ansprüchen gefunden werden. Die gesellschaftlichen Ansprüche werden unter anderem durch Konsum gedeckt. Dieser setzt Produkte voraus. Die natürlichen Ressourcen zur Herstellung der Produkte werden aus der Ökosphäre entnommen. Unter Berücksichtigung der drei nachstehenden Bedingungen kann die Existenz einer Gesellschaft dauerhaft aufrechterhalten werden:

- Abfall ist eine Notwendigkeit für eine Gesellschaft und
- die Ökosphäre ist ausreichend intakt zu halten und
- der Anteil an Abfall, der nicht zwingend notwendig ist, muss vermieden werden.

Nachhaltiges Wirtschaften [5] impliziert somit, dass die Ökosphäre intakt gehalten wird und gleichzeitig nur soviel Abfall erzeugt wird, wie notwendig ist, um eine Gesellschaft aufrecht zu erhalten.

Vermeidung von Abfall wird somit als eine Strategie gesehen, die einen Beitrag zum nachhaltigen Wirtschaften leisten kann. Trotz der These, dass eine konsequente Abfallvermeidung das Existenzende einer Gesellschaft bedeutet, kann man das Prinzip ‚Abfallvermeidung‘ sozusagen dosiert anwenden, um die Belastung durch Abfall gering zu halten.

Ausgehend von obigen Vorüberlegungen, wird in diesem Artikel zunächst ein materieller Produktlebenszyklus definiert, der dazu verwendet wird, eine fünfstufige Abfallvermeidungshierarchie mit einzelnen Ansatzpunkten zur Abfallvermeidung herauszuarbeiten. Ziel ist, ein produktorientiertes Konzept der Abfallvermeidung zu entwickeln, das die Überlegungen der ‚echten Abfallvermeidung‘ miteinbezieht und verschiedene Grade der Abfallvermeidung definiert. Die Ansatzpunkte werden darauffolgend unter ökonomischen Gesichtspunkten diskutiert. Schließlich wird die Vermeidungshierarchie auf das Fallbeispiel IKT-Produkte (Informations- und kommunikationstechnische) beziehungsweise Notebook angewendet, um deren praktische Implikationen zu verdeutlichen.

2 Produktlebenszyklus als Ausgangspunkt für eine Abfallvermeidungshierarchie

2.1 Materieller Produktlebenszyklus und Umweltauswirkungen

Produkte durchlaufen in ihrem Lebenszyklus verschiedene Phasen mit jeweils spezifischen Umweltauswirkungen. Für die Darstellung der Zusammenhänge wird hier das Konzept eines ‚materiellen Produktlebenszyklus‘ mit vier verschiedenen Phasen eingeführt und verwendet. Die Unterteilung in verschiedene Phasen ist zielführend, um mögliche Ansatzpunkte zur Abfallvermeidung zu identifizieren. Der materielle Produktlebenszyklus ist in der nach-

folgenden Abbildung 2 dargestellt und umfasst die komplette Produktentstehung, die Nutzung und schließlich an seinem Ende die Abfallwerdung nach Durchlaufen der Verwertungsphase, mit welcher der Lebenszyklus eines Produktes endet. Somit werden alle Phasen abgedeckt, in denen Umweltauswirkungen eines Produkts festgelegt werden oder auftreten.

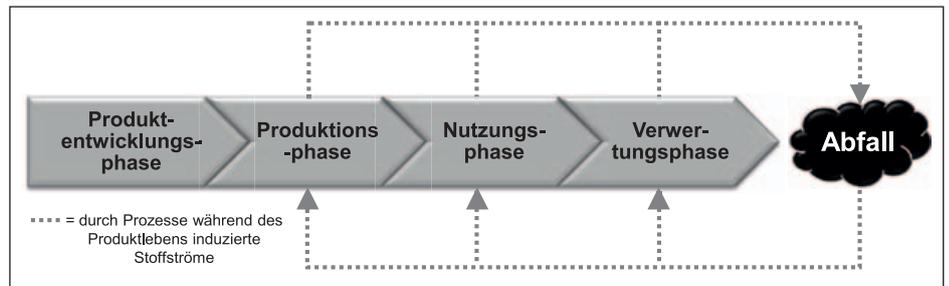


Abbildung 2: Materieller Produktlebenszyklus mit Phasen [6]

Da hier eine produktorientierte Betrachtung durchgeführt wird, sollen die in der Grafik abgebildeten durch Prozesse induzierten Stoffströme verdeutlichen, dass Abfall nicht erst nach der Verwertungsphase anfällt, sondern auch durch Prozesse während der meisten anderen Phasen. Ebenso werden durch Recyclingprozesse Ausgangsmaterialien, die bei der Produktion, Nutzung oder Entsorgung als Abfall anfallen oder aus Abfallbehandlungsanlagen durch technische Prozesse extrahiert werden, wieder in den Produktionsprozess rückgeführt. Diese Stoffströme werden dem Produkt zugeordnet, das sie hervorgerufen hat.

Der materielle Produktlebenszyklus beginnt mit der Produktentwicklungsphase. In ihr werden die Eigenschaften (etwa Lebensdauer) und Funktionalitäten eines künftigen Produktes, das Produktdesign bestimmt. Vorhandene Technologien werden konfiguriert und/oder kombiniert, um ein vermarktungsfähiges Produkt zu erstellen. Ein Großteil der Umweltauswirkungen eines Produktes wird schon in der Produktentwicklung festgelegt. Die Bedeutung dieser Phase für die Eigenschaften des gesamten Produktlebenszyklus wird deswegen in der Literatur betont. Diese Phase ist der früheste mögliche Ansatzpunkt zu einer späteren ‚echten Abfallvermeidung‘ (Rebnitzer, 2002; Niemann et al., 2009).

In der Produktionsphase wird das Produkt physisch geschaffen. Für die Abfallvermeidung im Sinne dieses Textes ist diese Phase deshalb von geringer Relevanz. Der Abfall, der bei der Herstellung von Produkten entsteht, wird den jeweiligen Produkten zugerechnet, die bei den jeweiligen Fertigungsprozessen entstehen.

Es folgt die Nutzungsphase: Der Konsument hat das Produkt zur Nutzung erhalten, bis er es entsorgt, weil er es nicht mehr nutzen will oder kann. Viele Produkte erzeugen während dieser Phase kontinuierlich zusätzlichen Abfall. Dies sind Produkte, die zum Beispiel Instandhaltung benötigen, wodurch zusätzlicher Abfall entsteht, oder Produkte, die Betriebsmittel verbrauchen, die zu Abfall werden. Während des Gebrauchs eines Produktes kann so ein Vielfaches an zusätzlichen Abfällen verursacht werden.

Die letzte Phase des Lebenszyklus ist die Verwertungsphase. Der Nutzer hat sich des Produktes entledigt, das über logistische Prozesse einem Entsorgungsunternehmen zugeführt wird. Durch technische Prozesse werden die entsorgten Produkte möglichst ökonomisch und den gesetzlichen Regelungen entsprechend weiterverarbeitet. Dies umfasst alle Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung von Rohstoffen (Recycling; Verwertung im weitesten Sinne) oder der Reduktion und Beseitigung. Am Ende der Prozesse zur Reduktion und Beseitigung ist ein vormaliges Produkt zu Abfall geworden.

2.2 Die produktorientierte Abfallvermeidungshierarchie und Ansatzpunkte im Lebenszyklus

Es gibt gesetzliche Bestrebungen, Abfall zu minimieren. So schreibt etwa das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (BMJ, 2012) als Prinzip den Vorrang der Vermeidung vor Verwertung vor Beseitigung vor. Ebenso ist auf die fünfstufige Abfallhierarchie in der aktuell gültigen EU-Richtlinie über Abfälle zu verweisen, welche

der Vermeidung Priorität einräumt vor Vorbereitung zur Wiederverwendung – Recycling – sonstiger Verwertung und Beseitigung. Diese Richtlinie setzt darüber hinaus Abfallvermeidungsmaßnahmen auf die politische Agenda, da festgelegt wurde, dass die Mitgliedsstaaten der EU bis Ende des Jahres 2013 Abfallvermeidungsprogramme aufzustellen hatten (Europäische Union, 2008).

Auf der Basis des in Kapitel 2.1 beschriebenen Lebenszyklus ist es im Hinblick auf die Vermeidung von Abfall zu kurz gegriffen, dass erst beim Anfall des Abfalls angesetzt wird, was in der Regel über das Abfallrecht und somit in der Verwertungsphase erfolgt. Eine Kernthese dieses Textes ist, dass es zu spät für eine echte Abfallvermeidung ist, wenn ein Produkt bereits produziert oder wenn der Abfall schon angefallen ist. Zugespielt formuliert kann nicht Abfall vermieden werden, vermieden werden können nur Produkte (Grooterhorst, 2009: „Mythos Abfallvermeidung“; Grooterhorst, 2010a: „die Nachhaltigkeitslücke in der Abfallwirtschaft“; Grooterhorst 2010b; Moeletsi und Novella, 2004). Deswegen erscheint es sinnvoll, eine Vermeidungshierarchie für Abfall, aber nicht vom Abfall ausgehend, über den gesamten Produktlebenszyklus zu spannen und somit die Produktentwicklungs-, Produktions- und Nutzungsphase in Strategien zur Abfallvermeidung explizit mit einzubeziehen.

Im Nachfolgenden wird eine Kategorisierung der Abfallvermeidung in Form einer Abfallvermeidungshierarchie vorgeschlagen, um den Umgang mit dem Thema systematisch zu gestalten. Neben der Einteilung in Kategorien der Abfallvermeidung werden jeweils die möglichen Ansatzpunkte im Produktlebenszyklus identifiziert. Kriterium für diese Kategorisierung ist das Ausmaß der finalen Vermeidung von Abfall. Es werden Ansatzpunkte für Abfallvermeidungsmaßnahmen herausgearbeitet. Jede Kategorie dieser Hierarchie ist zu sehen als eine generische Strategie zur Abfallvermeidung.

Abfallvermeidung ersten Grades („echte Abfallvermeidung“)

Unter Abfallvermeidung ersten Grades werden hier alle Handlungen verstanden, die dazu führen, dass ein Produkt oder Teile eines Produktes nicht hergestellt, also vermieden werden. Somit entfällt die jeweilige spätere Abfallwerdung. Dieser Ansatz schließt auch ein, dass keine Substitute produziert werden. Hierzu gibt es auf den Lebenszyklus übertragen verschiedene Ansatzpunkte. In der Produktionsphase selbst kann hier nicht angesetzt werden, da sie qua Definition des ersten Grades der Abfallvermeidung ausscheidet. Es gibt zwei Ansatzpunkte für Abfallvermeidung ersten Grades:

- a) Verzicht auf nicht-notwendige Produkte oder von Bestandteilen/Komponenten eines Produktes, die für den Konsumenten nur vernachlässigbar Nutzen stiften und sich bei Eigenschaften und Funktionalität kaum oder nicht auswirken. Der Ansatzpunkt liegt hier am Beginn des Lebenszyklus in der Produktentwicklung, in der das Produktdesign festgelegt wird. Hier hat der Hersteller direkten Einfluss. Die damit einhergehende Ressourceneffizienz ist ausschließlich auf den Materialverbrauch pro

Produktnutzen bezogen und nicht auf Produktionsprozesse. Beispiele: Eine Firma, die Zahnpasta herstellt, verzichtet auf die Zellophanfolie und den Karton um die Tube herum: die Verpackung als unnötiger Produktbestandteil wird vermieden, der Hauptnutzen der Zahnpasta bleibt erhalten. Ein Notebook, bei dem auf das optische Laufwerk verzichtet wird: der Hauptnutzen des Notebooks bleibt erhalten und der Abfall der Komponente ‚optisches Laufwerk‘ wird vermieden.

- b) Bessere parallele Nutzung eines Produktes in der Nutzungsphase im selben Produktlebenszyklus durch simultane/gleichzeitige Nutzung. Durch eine bessere Nutzung/Auslastung eines Produktes kann derselbe Nutzen für einen Nutzer mit insgesamt weniger Produkten bei mehreren Nutzern geschaffen werden. Das Nutzungsverhalten liegt außerhalb der direkten Einfluss-sphäre des Herstellers eines Produktes, da er nicht mehr die Verfügungsmacht über das Produkt besitzt. Er kann dieses Nutzungsverhalten zwar nicht direkt beeinflussen, es jedoch durch geeignete Maßnahmen (etwa individuelle Konfigurierbarkeit eines Produktes für verschiedene Nutzer) und Geschäftsmodelle (etwa Nutzenverkauf, Leasing oder Vermieten) unterstützen. Beispiel: Mieten von Werkzeugen in Baumärkten, Car-Sharing-Geschäftsmodelle der Automobilhersteller, etwa Car2Go der Daimler AG (Reichel et al., 2009): Kunden teilen sich die Nutzung von Automobilen, was zur Folge hat, dass nicht mehr jeder einzelne Nutzer sich ein Fahrzeug anschaffen muss. Hierdurch sinkt der Gesamtbedarf an Automobilen.

Abfallvermeidung zweiten Grades („Hilfsprodukte“)

In dieser Kategorie wird die Herstellung eines materiellen Produktes vermieden, indem Hilfsprodukte verwendet werden, die schlussendlich selbst zu Abfall werden. Diese Hilfsprodukte sind eine Art Substitut für das vermiedene Produkt, wobei entscheidend ist, dass über deren Lebenszyklus betrachtet mehr materielle Produkte vermieden werden, als Abfall durch das Hilfsprodukt entsteht, sonst ist es keine Abfallvermeidung (Rebound-Effekte: Hertwich, 2005; Jevons, 1865). Angesetzt wird hier vor allem in der Produktentwicklung beim Hersteller und in der Nutzungsphase beim Konsument, der bereit sein muss, sein Nutzungsverhalten anzupassen. Dies erfolgt exemplarisch durch die zunehmende Digitalisierung. Diese vermeidet vormals physische Produkte und dient somit als sogenannte Enabler-Technologie (Befähiger-Technologie) für eine De-Materialisierung. Des Weiteren werden Produkte hergestellt, die nicht mehr nur einen Zweck erfüllen, sondern mehrere Funktionen in einem Produkt vereinen und somit zusätzlichen Nutzen zur Verfügung stellen. So kann zum Beispiel ein Spielfilm zum Herunterladen aus dem Internet angeboten werden, wodurch keine DVD benötigt wird. Bei dem Film handelt es sich um eine elektronische Datei; die Hilfsmittel, die zu Abfall werden, sind elektronische Geräte. Ein weiteres Beispiel sind Navigationsgeräte, die gedruckte Stadtpläne ersetzen. Die Hilfsmittel, die zu Abfall werden, sind elektronische Geräte wie Smartphone oder Tablet-Computer, die weitere Funktionen in sich vereinen, etwa Zeitungsnachrichten, Werbung und das Abspielen von Musik.

Abfallvermeidung dritten Grades („Abfallverzögerung“)

Unter Abfallvermeidung dritten Grades werden Handlungen verstanden, durch die die Herstellung weiterer Produkte derselben Art verlangsamt wird. Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die den materiellen Lebenszyklus eines Produktes verlängern (längere Nutzungsphase) oder es werden zusätzliche Nutzungsphasen ermöglicht (mehrere Nutzungsphasen). Der Fokus liegt darauf, ein

Produkt möglichst hochwertig („weit weg vom Abfall“) möglichst lange in Gebrauch zu halten. Das Produkt in seiner Gestalt und/oder Funktionalität bleibt erhalten. Zu beachten ist, dass bei Produkten, deren Nutzung sich negativ auf die Umwelt auswirkt, ein möglichst langes Produktleben und somit eine Abfallverzögerung unter Umständen nicht sinnvoll sind, wenn durch technischen Fortschritt bei neueren Produktgenerationen diese Umweltauswirkungen reduziert oder vermieden werden. Zur Abfallverzögerung gibt es verschiedene Ansatzpunkte im Produktlebenszyklus:

- a) Langlebigkeit von Produkten durch Erhöhung der Qualität der Ausgangsmaterialien und Fertigungsverfahren verlängert die initiale Nutzungsphase, verzögert deren Lebenszyklusende und die Produktion von Ersatzprodukten. Hierzu ist die Verlängerung der Nutzungsdauer bereits von vornherein als Kriterium beim Produktdesign in der Produktentwicklungsphase zu berücksichtigen. Beispiele für langlebige Produkte sind Mehrweggetränkeflaschen aus stabilem Plastik, anstelle von Wegwerf-Plastikflaschen, sowie Business-IT-Technik, deren Haltbarkeit wesentlich länger ist, als bei Konsumentenprodukten.
- b) Lebensdauererweiterung durch Reparatur und Aufrüstung dient dazu, den Nutzwert eines Produktes während der Nutzungsphase zu erhalten (Reparatur bei Defekt) oder das Produkt in seiner Funktionalität zu erweitern (Aufrüsten), um den Nutzen an Neuprodukte anzugleichen beziehungsweise mit diesen gleichzuziehen. Die Nutzungsphase wird verlängert oder es wird verhindert, dass sie vorzeitig endet. Reparatur und Aufrüsten setzen voraus, dass der Nutzer Zugang zu entsprechenden Dienstleistungsangeboten erhält, und dass das Produktdesign eine Reparatur ermöglicht.
- c) Wiederverwendung (an der Schnittstelle zur Verwertungsphase) zielt darauf ab, am Ende der Nutzungsphase einem Produkt, nachdem es vom ursprünglichen Nutzer zur Entsorgung vorgesehen wurde und nicht mehr in dessen Verfügungsgewalt steht (ReUse II), eine weitere Nutzungsphase zu ermöglichen (Wandel zu ReUse I). [7] Der Produktlebenszyklus wird durch mehrere Nutzungsphasen insgesamt verlängert. Bei der Wiederverwendung eines Produktes kann dieses in seinen Funktionalitäten unverändert bleiben und instandgesetzt werden, oder die Funktionalität wird erweitert (Aufrüsten, Modifizieren). In beiden Fällen wird das Produkt für einige wenige Prozessschritte wieder in die Produktionsphase zurückgeführt. Bei herstellereinspezifischer Wiederverwendung von einzelnen Komponenten als Bestandteil von Neuprodukten ist dies zusätzlich auch bei der Produktentwicklung neuer Produkte zu beachten, beispielsweise ist ein modularer Produktaufbau erforderlich (Kimura et al., 2001). Qualitätssicherungsaspekte sind bei der Wiederverwendung von großer Bedeutung. Beispiel für herstellereinspezifische Wiederverwendung (keine Auswirkungen auf die Neuproduktentwicklung) ist das ReUse-Computer-Netzwerk, dessen Mitgliedsunternehmen gebrauchte IT-Technik instand setzen, gegebenenfalls reparieren oder aufrüsten und standardisierte Qualitätssicherungsprozesse bei der Aufarbeitung einsetzen. Die Nutzungsdauer von IT-Produkten wird somit verlängert und Neuproduktion verzögert (Ebelt, 2005). Ein Beispiel für herstellereinspezifische Wiederverwendung findet sich bei Kopierern. Einzelne Komponenten werden aufgearbeitet und in Neuprodukte integriert. Hierzu wird das Design einzelner funktionaler Komponenten bei Neuprodukten über mehrere Produktgeneration unverändert belassen, um die gebrauchten Komponenten in diesen neuen Produktgenerationen wiederverwenden zu können (Krikke, 2011; Xerox, 2010).

Abfallvermeidung vierten Grades
(„Abfallersatz“)

Unter Abfallvermeidung vierten Grades werden Handlungen verstanden, die

- a) Abfälle von vornherein mengenmäßig verringern, von der Produktentwicklungs- beziehungsweise Produktionsphase her gesehen, wenn Produkte ressourceneffizienter konstruiert werden.
- b) Abfälle mit schädlich wirkender Belastung für eine Gesellschaft beziehungsweise Umwelt durch einen anderen Abfall mit geringerer oder keiner Belastung ersetzen. Das setzt eine Änderung bei eingesetzten Produkten (Materialien) oder Herstellungsprozessen voraus.
- c) Abfälle aus gemischten Materialien (etwa Stoffverbänden) ersetzen durch Produkte (Materialien) ohne Stoffverbände oder leicht demontierbar/ trennbar und somit sortenrein recyclebar sind (Bogue 2007).

Während Punkt b) die qualitative Zusammensetzung des Abfalls berücksichtigt, reduzieren die beiden anderen die sonst nicht mehr weiter (stofflich) nutzbare Menge an Abfall. Sortenreinheit und Reduzierung der Anzahl verschiedener Materialarten haben positive Effekte auf die Verwendung und Austauschbarkeit von Materialien. Dies zielt darauf ab, durch eine Verbindung der Produktentwicklung mit den Anforderungen der Verwertungsphase Abfälle leichter stofflich/funktional zu recyceln oder geeignete Reduktionsmaßnahmen durchführen zu können. Dies ist unter anderem unter dem Prinzip des Design-for-Recycling in seinen verschiedenen Ausprägungen zu verstehen (Bogue, 2007; Marwede, 2011; Pento, 1999; Reuter, 2011). Beispiel ist ein Kunststoffgehäuse für ein Gerät, das nur aus einer Sorte Kunststoff besteht, anstelle von Kunststoffverbänden und leichter verwertbar ist; ein weiteres Beispiel sind Verbote der Verwendung von Gefahrstoffen und definierten Chemikalien, beispielsweise in der Elektronik- und Automobilindustrie (REACH und RoHS; EU, 2006; EU,2011).

Abfallvermeidung fünften Grades („Multiplikatoreffekt“)

Hierunter wird die Optimierung von Produkten verstanden, die durch ihren Gebrauch während ihrer Nutzungsphase eine große Menge an zusätzlichen Abfällen verursachen. Die Reduktion dieses Multiplikatoreffektes zielt darauf ab, diese Abfälle soweit wie möglich zu vermeiden. Dies kann durch eine effiziente Gestaltung der Produkte erreicht werden, beispielsweise indem man in der Produktion Materialien mit besserer Qualität einsetzt oder in der Produktentwicklung technische Verbesserungen durchführt. Dies beinhaltet auch Aspekte wie ein geringerer Betriebsmittel- oder Instandhaltungsbedarf. Da die Reduktion des Multiplikatoreffektes meist zwangsläufig auf eine Steigerung der Effizienz der verschiedenen Verbräuche und somit auf eine Verringerung der Kosten während der Nutzungsphase abzielt, senkt dies für den Nutzer die Kosten in der Nutzungsphase.

Auf makroökonomischer Ebene können Effizienzstrategien aufgrund möglicher Rebound-Effekte dazu führen, dass der Gesamtverbrauch eines Produktes und somit auch der Gesamtabfallanfall erhöht wird (Hertwich, 2005; Holm und Englund, 2009; Jevons, 1865: ‚Jevon’s Paradox‘; Sorell et al., 2009). Auch aus der Perspektive des nachhaltigen Wirtschaftens haben diese Strategien eine untergeordnete Bedeutung (Huber, 2000). Als Beispiel für diesen

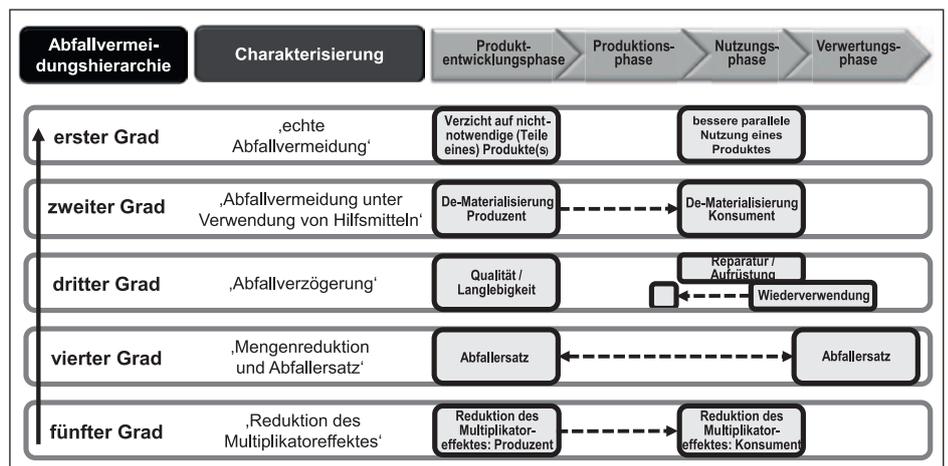


Abbildung 3: Überblick über die Kategorien der Vermeidungshierarchie und ihrer Ansatzpunkte zugeordnet auf die Phasen des materiellen Produktlebenszyklus

Grad der Abfallvermeidung können wartungsfreundliche Maschinen genannt werden, die weniger Service und deswegen auch weniger Betriebsmittel und Ersatzteile benötigen, die sonst zu Abfall würden.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Kategorien der Abfallvermeidungshierarchie, die in diesem Unterkapitel beschrieben werden, und ordnet ihre Ansatzpunkte den entsprechenden Phasen des Produktlebenszyklus zu. Dies verdeutlicht die möglichen Ansatzpunkte zur Abfallvermeidung.

2.3 Praktische Implikationen: Vorbedingungen der ökonomischen Umsetzbarkeit der Abfallvermeidungsstrategien

Konflikte entstehen zwischen makroökonomisch sinnvollen Vermeidungsmaßnahmen im Gegensatz zu unternehmerischer Realität in Situationen, bei denen Produzenten sich betriebswirtschaftlich rational verhalten. Dies steht dem gewünschten volkswirtschaftlichem Verhalten und den Auswirkungen auf die Ökosphäre entgegen (Gowdy, 2011; Arriagada und Perrings, 2011). In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Ansatzpunkte der Abfallvermeidung im Hinblick auf die ökonomische Praktikabilität betrachtet. Welche Maßnahmen sind nicht nur aus einer gesellschaftlich-makroökonomischen Perspektive wünschenswert, sondern lassen sich auch aus Sicht von Unternehmen ökonomisch vorteilhaft umsetzen?

Abbildung 3 verdeutlicht, dass viele Maßnahmen hauptsächlich in frühen Produktlebenszyklusphasen (Produktentwicklungs- oder Nutzungsphase) ansetzen. Für eine mögliche Umsetzung der Abfallvermeidungsansätze sind die ökonomischen Anreizsysteme entscheidend. Unternehmen bewegen sich in einem Umfeld, das zu großen Teilen neoklassisch-marktwirtschaftlich geprägt ist. Anreize in diesem Fall zielen primär darauf ab, wie Unternehmen den Nutzen aus eigenen wirtschaftlichen Tätigkeiten appropriieren können. Es ist zu beschreiben, welcher Akteur sich den Nutzen aus Tätigkeiten aneignen kann, wie dies abgesichert wird und welche unternehmensinternen/-externen, komplementären Ressourcen hierzu nötig sind.

Im Innovationsmanagement wird die Möglichkeit, sich Erträge aus vorhergehender Innovationstätigkeit über Schutzrechte (etwa Patente) zu sichern, als strenges Appropriierungsregime bezeichnet (Klassifizierung als Kontinuum von schwachen bis strengen Appropriierungsregimen nach Teece, 2000). Überträgt man dieses Konzept auf Ansätze der Abfallvermeidung, dann setzt man bei

den Verfügungsrechten über ein Produkt oder dessen Nutzen an. Rein betriebswirtschaftlich rational gilt: Wenn ein Unternehmen aus einer Tätigkeit keinen Nutzen ziehen kann, wird diese Tätigkeit in der Regel unterlassen [8]. Der vorhergehende Aufwand für eine wirtschaftliche Tätigkeit kann auch erst zeitverzögert in späteren Produktlebenszyklusphasen seinen Nutzen entfalten. Ist der Nutzen für die Unternehmen dann noch internalisierbar? Wegen dieser Parallelen wird das Konzept von Appropriierungsregimen aus dem Technologie- und Innovationsmanagement [9] auf die Vermeidungshierarchie und den materiellen Produktlebenszyklus angewendet. Auf diese Weise kann grob analysiert werden, welche Abfallvermeidungsstrategien unter welchen Vorbedingungen in der Unternehmenspraxis umsetzbar sind.

Daraus abgeleitet liegt ein „schwaches Appropriierungsregime“ vor, wenn der Ausführende einer wirtschaftlichen Tätigkeit zur Abfallvermeidung sich deren Nutzen nur in geringem Maße oder in seltenen Fällen aneignen kann. Ein strenges Appropriierungsregime liegt vor, wenn diese Aneignung abgesichert werden kann. Hierbei spielt auch die Kontrolle komplementärer Ressourcen eine Rolle. [10] (Afuah, 1998; Chesbrough und Rosenbloom, 2001; Gerybadze, 2004; Nelson und Winter 1982; Teece, 1986; Teece, 2000)

Betrachtet man den Produktlebenszyklus, dann ist zu berücksichtigen, dass es mehrere Akteure mit jeweils unterschiedlicher Verfügungsmacht über ein Produkt gibt, wie in Abbildung 4 dargestellt. Während des Produktlebenszyklus haben zunächst produzierende Unternehmen in der Produktentwicklungs- und Produktionsphase diese direkte Appropriierungsmacht. Diese geht dann in der Nutzungsphase auf den Käufer oder Konsumenten, Nutzer, Leasinggeber/-nehmer über. In der letzten Phase sind Entsorgungsunternehmen die involvierten Akteure.

Maßnahmen zur Abfallvermeidung können in bestimmten Produktlebenszyklusphasen zusätzliche Kosten erzeugen, während ihr Nutzen erst in einer späteren Produktlebenszyklusphase eintritt. Bei manchen Ansatzpunkten erscheint die Appropriierung dieses Nutzens unproblematisch. Er fällt unter der Verfügungsmacht des Akteurs an, der (zuvor) auch die Kosten dafür zu tragen hat. Beispielsweise beim Ansatz ‚Verzicht auf nicht-notwendige Bestandteile eines Produktes‘ werden die eventuell zusätzlichen Kosten direkt beim Produzenten aufgewogen durch geringere Materialkosten in der Produktionsphase (oder auch Produktentwicklungskosten für die Komponente, sowie Fertigungskosten, wenn Fertigungsprozessschritte wegfallen). Ebenso können die Kostenvorteile bei der ‚besseren parallelen Nutzung eines Produktes‘ in der Nutzungsphase unter den einzelnen Nutzern aufgeteilt werden. Bei einer Reparatur/Aufrüstung trägt der Konsument die Kosten, hat aber auch den Nutzen.

De-Materialisierung erschließt für Unternehmen neue Märkte und für den Kunden neue Anwendungen. Beide Akteure profitieren. Vormalige Hersteller physischer Güter benötigen dann entsprechende Partner oder die Kompetenzen und Ressourcen, um von der Digitalisierung ihres Produktes profitieren zu können.

Wenn der Nutzen nicht direkt bei dem Akteur anfällt, der die Kosten trägt, kann die Appropriierung trotzdem durch Marktmechanismen oder sonstige Rahmenbedingungen gelingen. Beispielsweise können bei anderen Ansatzpunkten, wie der Langlebigkeit oder der Reduktion des Multiplikatoreffektes, vom Produzenten, der in der Produktentwicklungsphase oder der Produktionsphase hierfür erhöhte Kosten trägt, diese über den Verkaufspreis auf den Käufer (teilweise oder gänzlich) übergewälzt werden, da dieser auch den zusätzlichen Nutzen daraus zieht.

Bei herstellereinspezifischer Wiederverwendung arbeiten spezialisierte Unternehmen komplexere Produkte auf und verkaufen diese an einen Nutzer und eignen sich so den Nutzen direkt an. Bei herstellereinspezifischer Wiederverwendung (von Komponenten) integriert der Hersteller diese in seine Neuprodukte und muss dies bereits in der Produktentwicklungsphase berücksichtigen. Der Hersteller geht somit in Vorleistung. Um sich den späteren Nutzen anzueignen, benötigt er Zugriff auf Ressourcen wie Rücknahmesysteme oder er verfolgt Leasinggeschäftsmodelle, bei denen er das Eigentum am Produkt nicht aufgibt.

Näher zu betrachten sind diejenigen Ansätze, bei denen die direkte Appropriierungsmacht und die Tätigkeit, welche zusätzlichen Nutzen erzeugt, auseinanderfallen. Beim vierten Grad der Abfallvermeidung – der Abfallersatz – steht die praktische Umsetzung oftmals vor einem Problem: Mit Abfallersatz geht ein Designfor-Recycling einher, das zusätzlichen Aufwand und Kosten in der Produktentwicklung und/oder in der Produktionsphase erzeugt. Auch handelt es sich um ein zusätzliches Ziel, welches in ein Optimierungskalkül mit einbezogen werden muss. Den Nutzen hieraus zieht aber gegebenenfalls ein Entsorgungsunternehmen, auf welches das produzierende Unternehmen die Kosten schlecht überwälzen kann (keine direkte Interaktion Produzent – Entsorger). Das produzierende Unternehmen müsste hierfür entweder mit einem Entsorgungsunternehmen kooperieren oder selbst die Funktion eines Entsorgungsunternehmens übernehmen. Dies würde dann die entsprechenden Ressourcen erfordern (Beherrschung der erforderlichen Prozesse und deren Infrastruktur; Unternehmensnetzwerke und -kooperationen), die über die Herstellertätigkeit hinausgehen und diese komplementieren.

Ein weiterer begünstigender Faktor sind geeignete gesetzliche Instrumente, die den Anfang des Produktlebens (Produktentwicklungsphase) mit der Verwertungsphase verknüpfen, wie die (individuelle) erweiterte Produzentenverantwortung. Es wird versucht, Letztgenannte zumindest in der Europäischen Union in die Praxis umzusetzen (siehe hierzu Mayers et al., 2011; Lifset und Lindhqvist, 2008). Ausnahme hiervon ist, wenn ein Produkt materialeffizienter konstruiert wird. Dies senkt Materialkosten bei dem Hersteller. Die Vermeidung von Stoffverbänden erfordert Kooperationen/Rücknahmesysteme, damit die Hersteller von der besseren Recyclebarkeit der Produkte profitieren.

Ein aus Unternehmenssicht problematischer Punkt ist die Zeitverzögerung, mit der sich Maßnahmen, die zu Beginn des Lebenszyklus gesetzt werden, in zusätzlichem Nutzen niederschlagen. Außerdem ist eine gewisse Sicherheit der Appropriierung des Nutzens (dies kann auch eine finanzielle Ausgleichzahlung eines anderen Akteurs sein) relevant. Ist diese Appropriierung unsicher, wird ein Akteur dies in sein ökonomisches Kalkül mit einbeziehen und gegebenenfalls nicht in Vorleistung gehen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Bedingungen der Nutzenaneignung der Ansätze

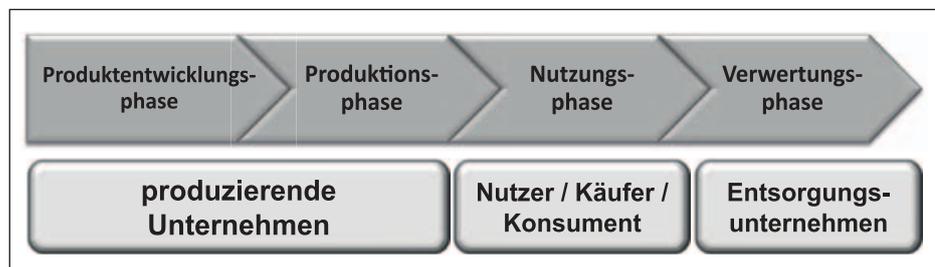


Abbildung 4: Zuordnung Produktlebensphasen zu Akteuren

Vermeidungsgrad und Ansatz	Akteur, der den Ansatz ermöglicht und in welcher Lebenszyklusphase	Akteur, bei dem der Nutzen anfällt und in welcher Lebenszyklusphase	direkte Appropriierung möglich	komplementäre Ressourcen nötig?	weitere Anmerkungen	Wahrscheinlichkeit Nutzenaneignung
1.: Verzicht auf nicht notwendige Komponenten/Funktionen	Hersteller; Produktentwicklungsphase	Hersteller; Produktionsphase	ja	nein		streng
1.: parallele Nutzung	Nutzer/Konsument/Käufer; Nutzungsphase	Nutzer/Konsument/Käufer; Nutzungsphase	ja	nein	Unternehmen können durch passende Geschäftsmodelle/Angebote unterstützen	streng
2.: De-Materialisierung	Hersteller; Produktentwicklungsphase Nutzer; Nutzungsphase	Hersteller; Produktionsphase Nutzer; Nutzungsphase	ja	ja	Hersteller und Nutzer profitieren beide. Kontrolliert/besitzt der Hersteller die komplementären Ressourcen?	streng bis mäßig
3.: Langlebigkeit	Hersteller; Produktentwicklungsphase	Nutzer; Nutzungsphase	nein	ja	Marktmacht oder entsprechende Geschäftsmodelle (z. B. Nutzenverkauf) erforderlich	mäßig bis schwach
3.: Reparatur/Aufrüstung	Nutzer/Konsument/Käufer; Nutzungsphase	Nutzer/Konsument/Käufer; Nutzungsphase	ja	nein	Zugang zu Reparaturdienstleistungen nötig	streng
3.: Wiederverwendung	Aufarbeiter (herstellerunabhängig); am Ende der Nutzungsphase; bzw. Hersteller (herstellerspezifisch) in der Produktentwicklung und am Ende der Nutzungsphase	Aufarbeiter oder Hersteller; am Ende der Produktionsphase → Verkauf für weitere Nutzungsphase	ja	nein (herstellerunspezifisch) ja (herstellerspezifisch)	bei herstellerspezifischer Wiederverwendung muss der Hersteller wieder in den Besitz „seiner“ Produkte gelangen. Dies erfordert z. B. (eigene) Rücknahmesysteme oder Leasinggeschäftsmodelle.	streng (herstellerunspezifisch) streng bis mäßig (herstellerspezifisch)
4.: Materialeffiziente Konstruktion	Hersteller; Produktentwicklungsphase	Hersteller; Produktionsphase → geringere Materialkosten	ja	nein		streng
4.: Schädlichkeitsreduktion	Hersteller; Produktentwicklungsphase	–	nein	nein	Keine direkte Appropriierung des Nutzens durch den Hersteller möglich, ist dies das Feld für gesetzliche Vorgaben bzw. der Hersteller vermeidet Strafzahlungen. Der Nutzen ist Gesamtgesellschaftlich zu sehen i. S. der Vermeidung von Umwelt- und Gesundheitsschäden	schwach
4.: Vermeidung von Stoffverbänden	Hersteller; Produktentwicklungsphase	Recyclingunternehmen; Verwertungsphase	nein	ja	(individuelle) erweiterte Produzentenverantwortung wälzt Kosten für Verwertung auf Hersteller ab; Kooperationen mit Recyclern	mäßig bis schwach
5.: Reduktion des Multiplikatoreffekts	Hersteller; Produktentwicklungs- und Produktionsphase	Nutzer/Konsument/Käufer; Nutzungsphase	nein	ja	Überwälzung über Marktmechanismen; Marktmacht	mäßig bis schwach

Tabelle 1: Appropriierungsregime und Nutzenaneignung der Ansätze der Vermeidungshierarchie [11]

ze der Vermeidungshierarchie und ordnet die Wahrscheinlichkeit der Nutzenaneignung grob ein.

Aus diesen Betrachtungen wird deutlich, dass die ökonomische Seite Bestandteil der Analyse sein muss, wenn nach möglichen Prinzipien der Abfallvermeidung gesucht wird. Es ist festzuhalten, dass auch die Ansatzpunkte mit schwacher direkter Appropriierung durch komplementäre Ressourcen oder gesetzliche Vorgaben wirtschaftlich umsetzbar sein können. Die jeweiligen Ansätze haben Auswirkungen auf die Geschäftsmodelle produzierender Unternehmen, insbesondere wenn diese Ansätze den Zugriff auf oder die Kontrolle über unternehmensinterne (komplementäre) Ressourcen erfordern (Regenfelder, 2012).

3 Abfallvermeidung bei IT-Produkten: Potentiale zur Einsparung natürlicher Ressourcen

Im Folgenden wird die Vermeidungshierarchie auf eine Produktgruppe angewandt, um ihre ökologischen und ökonomischen Potentiale anhand eines Fallbeispiels zu verdeutlichen. Auch sollen hierbei die Chancen aufgezeigt werden, welche die Anwendung einer solchen Systematik bietet.

Auf Grund der erheblichen Relevanz, insbesondere im Hinblick auf den Verbrauch von Rohstoffen, wurden Informations- und Kommunikationstechnologie-Produkte (IKT-Produkte) im Allgemeinen und Notebooks als typisches Produkt dieser Produktgrup-

pe im Besonderen gewählt. Allein in Deutschland wurde im Jahr 2012 die Stückzahl von 5.688.000 Notebooks für den Privatsektor abgesetzt (gfu et al., 2013).

Ein durchschnittliches Notebook verursacht während seines Produktlebens (bei der Produktionsphase, der Nutzungsphase und der Verwertungsphase) Umweltauswirkungen. Metalle und fossile Rohstoffe werden dabei hauptsächlich bei der Produktion des Notebooks verbraucht (Ciroth und Franze, 2011). Die Produktion eines Notebooks resultiert beispielsweise in Kohlendioxid-Emissionen zwischen 155 kg (12,1“ HP; Hischer et al., 2007) und 250 kg (14“ Dell Latitude E6400; Stutz und Moriarty, 2010).

Um diese Geräte herzustellen, wird eine Vielzahl knapper, nicht erneuerbarer natürlicher Ressourcen verwendet: Die Geräte enthalten neben Kupfer, Gold, Silber und Platingruppenmetallen auch Seltenerdmetalle (siehe Tabelle 2 für eine Auflistung). Die Letztgenannten sind in diesen Geräten in relevanten Mengen enthalten und sind aus ökonomischen Gründen von strategischer Bedeutung (EU Kommission, 2010).

Nach derzeitigem Stand der Technik werden Seltenerdmetalle aus Elektronikabfällen üblicherweise nicht wiedergewonnen. Elektronikgeräte werden zum überwiegenden Teil geschreddert und anschließend stofflich recycelt: Kupfer, Gold und Silber werden wiedergewonnen. Die Seltenerdmetalle und andere Technologie-metalle gehen in der derzeitigen Praxis als Dissipationsverluste verloren und ihre End-of-Life-Recyclingraten [12] sind vergleichsweise gering (unter 1 Prozent für Seltenerdmetalle) (Graedel et al., 2011a; Graedel et al. 2011b; USGS, 2013; Hagelüken, 2012; LANUV, 2012). Für künftige Recyclingverfahren von End-of-Life-Produkten scheint zudem eher Technologie zur Rückgewinnung von Halbleitern emergent als für Seltenerdmetalle (Regenfelder und Slowak, 2013). Es ist somit deutlich, dass viele dieser strategischen Ressourcen zwangsläufig zu Abfall werden beziehungsweise verloren gehen.

Material	Einzelgerät [mg]	Gesamt [kg]	Verwendet in
Kobalt	65.000	369.720,00	Lithium-Ionen-Akkus
Neodym	2.100	11.944,80	Spindelmotoren
Tantal	1.700	9.669,60	Kondensatoren
Silber	440	2.502,76	Hauptplatine
Praseodym	270	1.535,76	Schwingspulenbetätiger
Gold	100	568,80	Hauptplatine
Dysprosium	60	341,28	Schwingspulenbetätiger
Indium	40	227,52	Display
Palladium	40	227,52	Hauptplatine
Platin	4	22,75	Festplattenscheiben
Yttrium	1,8 / 1,6	10,23 / 9,10	Hintergrundbeleuchtung

Tabelle 2: Durchschnittliche Verbräuche von kritischen Metallen in Notebooks, in Deutschland 2012 verkaufte Geräte (in Anlehnung an und mit Zahlen für Einzelgeräte aus LANUV, Tabelle 23, 2012; Berechnung der Gesamtverbräuche mit den Absatzzahlen für Notebooks in Deutschland für das Jahr 2012 von gfu et al., 2013)

Phase	nicht-gefährlicher Abfall	gefährlicher Abfall
Materialherstellung und Produktion	4,478 kg	0,232 kg
Distribution	0,085 kg	0,002 kg
Nutzung	6,680 kg	0,134 kg
Entsorgung und Recycling	0,096 kg	1,114 kg
Gesamtabfallmengen	11,240 kg*	1,482 kg

* Rundungsabweichungen in Originalquelle

Tabelle 3: Mengenanfall nicht-gefährlicher / gefährlicher Abfall eines geschäftlich genutzten Notebooks (IVF, 2007, Tabelle 91)

Des Weiteren verursacht ein einzelnes Notebook in seinem Produktleben folgende Mengen an nicht-gefährlichen beziehungsweise gefährlichen Abfällen:

Wegen der dargelegten ökologischen und ressourcenverbrauchsbedingten Gründe, werden Notebooks als relevantes Beispiel gewählt, um die ökonomischen und ökologischen Potentiale aufzuzeigen, welche die verschiedenen Grade der Abfallvermeidung ermöglichen. Im Folgenden wird grob und beispielhaft beschrieben, wie die Abfallvermeidungsstrategien für das Produkt ‚Notebook‘ ausgestaltet werden können.

■ Fünfter Grad – Reduktion des Multiplikatoreffektes

Die Anwendung dieser Strategie bedeutet, dass IT-Produkte entwickelt und hergestellt werden, die im Hinblick auf die Abfallerzeugung effizienter in der Nutzung sind. In der Nutzungsphase eines Notebooks fällt überwiegend nicht gefährlicher Abfall an. Für Abfallvermeidung des fünften Grades ist somit eine effiziente Produktgestaltung unter besonderer Berücksichtigung des Kriteriums ‚Abfallerzeugung‘ eine beispielhafte Strategie. Zu den Komponenten eines Notebooks zählt beispielsweise der Akku. Bisher müssen Akkumulatoren, je nach Beanspruchung, nach zwei bis fünf Jahren ersetzt werden, wobei die Nutzungsdauer von Notebooks üblicherweise länger ist.

■ Vierter Grad – Abfallersatz

Dieser zielt darauf ab, schädliche Abfälle durch weniger schädliche zu ersetzen und die funktionale Recyclebarkeit des übrigen Abfalls zu erhöhen. Bei IT-Produkten – wie Notebooks – geschieht dies etwa mit der RoHS-Richtlinie (EU, 2011) und der REACH-Richtlinie (EU, 2006) der Europäischen Union. Diese Direktiven haben dazu geführt, dass Elektronikprodukte keine Stoffe wie Blei und Cadmium oder sonstige, definierte (unbekannte) Chemikalien oder Gefahrstoffe enthalten dürfen. Dies verringert die Umweltbelastung, die von Elektronikabfall – sei es bei der Verwertung oder (unkontrollierter) Deponierung – ausgeht. Eine Berücksichtigung der leichten Demontierbarkeit der einzelnen Komponenten (Gehäuse, Bildschirm, Festplatte, sonstige Elektronik, etc.) bereits beim Produktdesign in der Produktentwicklungsphase ermöglicht in der Verwertungsphase einen höheren Erlös bei der Wiedervermarktung durch die bessere Separation der Materialien (sortenreinerer Materialien statt einer gemischten Schredderfraktion). Auf der wirtschaftlichen Seite sind Produzenten bzw. Inverkehrbringer in vielen Märkten wie der EU (EU, 2012; Lifset und Lindhqvist, 2008; Mayers et al., 2011)) zur finanziellen Beteiligung an der Sammlung und Entsorgung ihrer Produkte am Produktlebensende verpflichtet. Wenn diese Verwertung kosten-/erlöseffizienter gestaltet wird, können somit indirekt auch die Hersteller profitieren. Die Vermeidung von Gefahrstoffen in Produkten dient – je nach Gesetzgebung – zur Erfüllung gesetzlicher Vorschriften durch die Hersteller. Der Vermeidung von Gefahrstoffen kommt bei Notebooks eine wichtige Rolle zu, da der Hauptteil des gefährlichen Abfalls mit rund 1,1 Kilogramm pro Gerät in der Verwertungsphase anfällt (IVF, 2007). Eine Strategie zur Abfallvermeidung vierten Grades bei Notebooks besteht darin, konsequent auf gefährdende Stoffe zu verzichten, soweit dies technisch möglich ist, und die leichte Demontierbarkeit/Separierbarkeit der einzelnen Komponenten zu berücksichtigen.

■ Dritter Grad der Abfallvermeidung – Abfallverzögerung

Der dritte Grad der Abfallvermeidung – Abfallverzögerung, also eine Verlängerung der gesamten Nutzungsphase, lässt sich bei IT-Produkten mit den drei Ansätzen Qualität/Langlebigkeit, Repara-

tur/Aufrüstung und Wiederverwendung umsetzen. Beispielsweise ist es möglich, durch die Wiederverwendung die Lebensdauer eines Notebooks signifikant zu verlängern und damit Abfall zu vermeiden, da auf den Kauf eines neuen Notebooks verzichtet oder dieser hinausgezögert wird (Dietrich et al., 2014). IT-Produkte wie Rechner (PCs, Notebooks) sind zudem wegen ihres modularen Produktaufbaus reparier- und aufrüstbar (Kimura et al., 2001). Die Wiederverwendung eines Notebooks, substituiert zudem die Neuproduktion und somit die Abfallentstehung für Materialherstellung und Produktion von 0,2 neuen Notebooks pro wiederverwendetem Notebook (Ciroth und Franze, 2011). Vorbedingung ist eine gewisse technische Langlebigkeit der Produkte: Nur wenn die technische Lebensdauer, gegebenenfalls nach einer Reparatur/Aufrüstung, länger ist, als die erste Nutzungsphase und eine Nachfrage im Markt nach den aufgearbeiteten Produkten besteht, ist dies für die aufarbeitenden Unternehmen ökonomisch sinnvoll (VDI, 2013; Dietrich et al., 2014). Vor allem Notebooks aus dem Geschäftskundenbereich erfüllen diese Anforderungen. Zudem bleibt eine Rückgewinnung der Materialien und Komponenten (Abfallvermeidung vierten Grades) auch nach der so ermöglichten zweiten Nutzungsphase eine Option.

■ **Zweiter Grad – Hilfsprodukte**

Dieser Ansatz wird für Notebooks als nicht relevant eingeschätzt: Vielmehr sind sie selbst ein Mittel zur De-Materialisierung / Digitalisierung, dienen also der Vermeidung anderer Produkte.

■ **Abfallvermeidung ersten Grades – echte Abfallvermeidung**

Diese Stufe kann realisiert werden, indem Komponenten vermieden werden, die nicht notwendig sind. Hierunter fällt bei Notebooks etwa das optische Laufwerk, auf das bei vielen modernen Notebooks verzichtet wird. Auf diese Weise werden die Kosten für diese Komponenten und ihr späterer Abfall vermieden. Das Potential zur Abfallvermeidung ersten Grades durch parallele, simultane Nutzung eines Produktes durch mehrere Nutzer hängt von der Bereitschaft der Nutzer ab. Teilen sich beispielsweise in einem Haushalt zwei Nutzer ein Notebook, ohne dass jeder ein eigenes anschafft, wird die Abfallerzeugung für Materialherstellung / Produktion, Distribution und Entsorgung / Recycling um 50 Prozent vermindert.

Dieses kurze Fallbeispiel zeigt folgendes: Ein geteilt genutztes Produkt (erster Grad) kann auch im Hinblick auf seine Materialzusammensetzung/Recyclebarkeit (vierter Grad) und seine Abfallerzeugung während der Nutzung (fünfter Grad) optimiert werden. Nach einer ersten Nutzungsphase kann es möglicherweise zudem aufgearbeitet und wiederverwendet werden (dritter Grad).

4 Schlussfolgerungen

Die Abfallentstehung beginnt bereits mit der Produktion eines Produktes. Abfallvermeidung muss deshalb nicht am Abfall selbst, sondern an früheren Punkten des Produktlebens ansetzen. Der materielle Produktlebenszyklus dient dazu, Ansatzpunkte zur Abfallvermeidung zu finden. Anhand einer Vermeidungshierarchie werden fünf Grade der Abfallvermeidung und die jeweiligen Strategien definiert. Kriterium für diese Kategorisierung ist die finale Abfallvermeidung.

Für ein gegebenes Produkt sind auf den verschiedenen Stufen der Vermeidungshierarchie einzelne Ansätze möglich. Wenn es Ziel ist, den insgesamt anfallenden Abfall beziehungsweise dessen Umweltauswirkungen zu minimieren, müssen die möglichen Ansatzpunkte kombiniert werden. Wenn eine größtmögliche Abfall-

vermeidung erreicht werden soll, sind diese Ansätze nicht isoliert zu betrachten. Über das Ausmaß der Abfallerzeugung und die Umweltauswirkungen entscheidet letztlich das System Hersteller-Nutzer-Verwerter. Dessen Systemeffizienz und insbesondere Systemeffektivität ist der entscheidende Faktor. Nahezu keine Maßnahme eines niedrigeren Grades der Vermeidung schließt eine Maßnahme eines höheren Grades aus. Deshalb ist es notwendig, produktorientierte Ansätze zu kombinieren und hierbei den Nutzer einzubeziehen.

Viele Strategien bedingen Kosten in frühen Produktlebenszyklusphasen, die einen Nutzen in späteren Phasen erbringen. Nach dem Konzept der Appropriierungsregime werden in der Praxis die Strategien am besten umzusetzen sein, bei denen derjenige, der die Kosten trägt, auch die Möglichkeit besitzt, sich den Nutzen anzueignen – entweder direkt oder zeitversetzt. In Bezug auf den direkten (zusätzlichen) Nutzen, der bei Nutzern, Verwertern und Herstellern von Produkten durch eine Strategie zur Abfallvermeidung anfällt, kann es sowohl Überschneidungen als auch Zielkonflikte geben. Zur Umsetzung von Abfallvermeidungsmaßnahmen ist eine wirtschaftliche Betrachtung notwendig, um gegebenenfalls auch geeignete Anreizsysteme zwischen Gesellschaft und Wirtschaft zu entwerfen, was der Gesetzgeber in einigen Fällen bereits versucht. Schließlich zeigt ein Fallbeispiel auf, wie bei Notebooks die einzelnen Grade der Abfallvermeidung ausgestaltet und kombiniert werden können, um Abfall weitest möglich zu vermeiden.

Ausgehend von der Fragestellung, wie viel Abfall eine Gesellschaft zum Existieren erzeugen darf, wurde folgende These aufgestellt: Wenn Abfall eine Notwendigkeit für eine moderne Gesellschaft ist und die Ökosphäre dabei ausreichend intakt gehalten werden soll, folgt das Erfordernis, den Anteil an Abfall zu vermeiden, der nicht unbedingt notwendig ist. Letztgenanntes ist jedoch nur hinreichende Bedingung, wobei die Ökosphäre trotzdem geschädigt werden kann, selbst wenn der Abfallanfall minimiert wird. Die notwendige Bedingung müsste lauten: Es ist so viel Abfall zu vermeiden, dass die Ökosphäre keinen (bleibenden) Schaden erleidet. Diese Problemstellung ist jedoch eine andere, als die in diesem Aufsatz diskutierte.

Abschließend ist auf die Abfallgesetzgebung einzugehen. Wenn in Gesetzen oder Verordnungen der Abfallvermeidung ein Vorrang vor anderen Verwertungswegen eingeräumt wird, müsste die Frage lauten: „Welche Art der Abfallvermeidung ist gemeint?“ Außerdem zeigt die Verortung der Ansatzpunkte im materiellen Produktlebenszyklus, dass dieser Vorrang nicht zwingenderweise in der Abfallgesetzgebung, sondern an anderer Stelle geregelt werden sollte. Abfall ist nur das Ergebnis, nicht die Ursache!

Literatur

Afuah, A. (1998): Innovation Management. Strategies, Implementation, and Profits, Oxford University Press.
 Arriagada, R. und Perrings, C. (2011): Paying for International Environmental Public Goods; *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 40(7), S. 798-806.
 Ayres, R.U. (2007): On the practical limits to substitution; *Ecological Economics*, 61, S.114-128.
 Bauer, J. (2008): Industrielle Ökologie - Theoretische Annäherung an ein Konzept nachhaltiger Produktionsweisen; Dissertation Universität Stuttgart, Stuttgart.
 Bogue, R. (2007): Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline; *Assembly Automation*, 27(4), S.285 – 289
 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJ) (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG), Neufassung, Berlin.
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2013): Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter der Beteiligung der Länder – Entwurf-, Berlin.

- Chesbrough, H. und Rosenbloom, R.: The Role of the Business Model in Capturing Value from Innovation: Evidence from Xerox Corporation's Technology Spinoff Companies. *Industrial & Corporate Change*, Vol. 11, Nr. 3, S. 529-555, 2002.
- Ciroth, A. und Franze, J. (2011): LCA of an Ecolabeled Notebook - Consideration of Social and Environmental Impacts Along the Entire Life Cycle, GreenDeltaTC, Berlin.
- Daly, H. E. (1990): Toward some Operational Principles of Sustainable Development; *Ecological Economics* 2, S. 1-6.
- Daly, H.E. (1997): Georgescu-Roegen vs. Solow / Stiglitz; *Ecological Economics*, 22, S.261-266.
- Daly, H.E. (2003): Uneconomic Growth in a Full World; *The Social Contract*, 13 (3), S. 171-180.
- Dasgupta, P. und Heal, G. (1974): The optimal depletion of exhaustible resources; *Rev. Econ. Stud.*, 41, S.3-28.
- Diefenbacher, H. (2001): Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Zum Verhältnis von Ethik und Ökonomie, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Dietrich, J. et al. (2014): Extending Product Lifetimes: A Re-Use Network for ICT Hardware; *Waste and Resources Management*, 167(3), S.123-135.
- Ebelt, S. (2005): Darum Wiederverwendung! – Macht die Wiederverwendung einen Sinn oder sprechen alle von einer blendenden Farbe?; Becker et al.(Hg.): *ReUse-Computer – Ein Beitrag zur Entschleunigung der Ökonomie*, oekom, München, S. 62-86.
- EU Commission (2010): Critical Raw Materials for the EU, Report of the Ad-Hoc Working Group on defining critical materials.
- Europäische Union (2006): Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EEC and 2000/21/EC, Official Journal of the European Union L396 EN 1-849.
- Europäische Union (2008): Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, Amtsblatt der Europäischen Union.
- Europäische Union (2011): Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast). Official Journal of the European Union L174 EN 88-110.
- Europäische Union (2012): DIRECTIVE 2012/19/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (recast), Official Journal of the European Union L197 EN 38-71.
- Gerybadze, A. (1995): Strategic Alliances and Process Redesign. Effective Management and Restructuring of Cooperative Projects and Networks, de Gruyter, Berlin.
- Gerybadze, A. (2004): Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie, Organisation und Implementierung, Vahlen, München.
- gfu, BVT, GfK (2013): Consumer Electronics Marktindex Deutschland (CEMIX) Januar 2012 – Dezember 2012.
- Gleich, A., et al. (2006): Sustainability Strategies in Field Trial; Gleich, Ayres et al. (Hg.), *Sustainable Metals Management - Securing Our Future - Steps Towards a Closed Loop Economy*, Springer, Dordrecht.
- Gowdy, J.M. (2011): *Economy, Ecology and Sustainability*; Schwarz, Jax (Hg.): *Ecology Revisited - Reflecting on Concepts*, Advancing Science, Springer, Dordrecht/Heidelberg/London/New York, S. 405-412.
- Graedel, T. E. et al. (2011a): Recycling Rates of Metals – A Status Report - A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme (UNEP).
- Graedel, T. E. et al. (2011b): What Do We Know About Metal Recycling Rates?; *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), S.355-366.
- Grooterhorst, A. (2009): Mythos Abfallvermeidung. Der Abfall ist nicht Ursache des Abfalls; *Müllmagazin*, 2, S. 30 – 35.
- Grooterhorst, A. (2010a): Die Nachhaltigkeitslücke -oder- Kann Abfallwirtschaft nachhaltig sein?; *Müll und Abfall*, 9, S. 440-448.
- Grooterhorst, A. (2010b): Gefangen in der Kreislaufwirtschaft – oder – Abfallwirtschaft und starke Nachhaltigkeit; *Müll und Abfall*, 10, S. 493 – 500.
- Hagelüken, C. (2012): Recycling seltener Metalle; Kranert, Sihler (Hg.): *Kreislaufwirtschafts.Tag 2012*, München: DIV Deutscher Industrie Verlag, 2012
- Hertwich, E. (2005): Consumption and the Rebound Effect - An Industrial Ecology Perspective; *Journal of Industrial Ecology*, 9(1-2), S. 85–98.
- Hischier R., Classen M., Lehmann M. and Scharnhorst W. (2007): Life cycle inventories of Electric and Electronic Equipment; Ecoinvent report No. 18. Empa/Technology & Society Lab, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.
- Holm, S.-O.; Englund, G. (2009): Increased ecoefficiency and gross rebound effect: Evidence from USA and six European countries 1960–2002; *Ecological Economics*, 68(3), S.879–887.
- Huber, J. (2000): Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung; Simonis (Hg.): *Global Change, Nomos*, Baden-Baden.
- IVF (2007): EuP preparatory study, TREN/D1/40-2005, EuP preparatory study TREN/D1/40-2005, Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors - Final Report (Task 1-8).
- Jevons, W.S.(1865): The Coal Question: an Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the probable Exhaustion of our Coal Mines, Macmillan, Cambridge.
- Kimura, F. et al. (2001): Product Modularization for Parts Reuse in Inverse Manufacturing; *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 50(1), S. 89–92.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2012): Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten; LANUV-Fachbericht 38, Recklinghausen.
- Lifset, R und Lindhqvist, T (2008): Producer Responsibility at a Turning Point?; *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), S. 144-147.
- Krikke, H. (2011) 'Impact of Closed-loop Network Configurations on Carbon Footprints: A Case Study', *Resources; Conservation and Recycling*, 55(12), S.1196-1205.
- Marwede M et al. (2011): Design for Recycling Measures for Waste Prevention in High-Tech Sectors: The case of laptop computers and photovoltaic modules; 6th International Conference on Waste Management and Technology. Aug 30–Sept 1, Suzhou, China.
- Mayers, K. et al (2011): Redesigning the Camel – The European WEEE Directive; *Journal of Industrial Ecology*, 15(1), S.4-8.
- Meadows, D. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums - Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit; Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.
- Meadows, D. et al. (2004): Limits to Growth - The 30-Year Update, Chelsea Green Publishing Company, White River Junction.
- Moeletsi, J. M., Novella, P. (2004): Waste avoidance: key to sustainability; Proceedings of the Biennial Congress of the Institute for Waste Management of Southern Africa, WasteCon.
- Nelson, R. und Winter, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge and London.
- Niemann, J. et al. (Hg.) (2009): *Design of Sustainable Product Life Cycles*, Springer, Berlin.
- Pento, T. (1999): Design for recyclability and the avoidance of waste: the case of printed paper in Germany; *Waste Management and Research*, 17(2), S.93–99.
- Prammer, H. (2009): Integriertes Umweltkostenmanagement. Bezugsrahmen und Konzeption für eine ökologisch nachhaltige Unternehmensführung, Gabler, Wiesbaden.
- Rebitzer, G. (2002): Integrating life cycle costing and life cycle assessment for managing costs and environmental impacts in supply chains; Seuring, Goldbach (Hg.): *Cost management in supply chains*, Physica, Heidelberg, S. 128-146.
- Reichel, A. et al. (2009): Linking Sufficiency and Business: Utility Systems Engineering in Producer-Consumer-Networks; Tagungsband der Academy of Management 2009 Annual Meeting; Green Management Matters, Chicago.
- Regenfelder, M. (2012): Geschäftsmodelle für die Grenzen des Wachstums –Ein Geschäftsmodellkonzept für hochwertiges Recycling und Re-Use, Tagungsband 2. DGAW Wissenschaftskongress, 29.-30.03.2012, Rostock, Deutschland, Wissenschaftsverlag Putbus, Putbus, S.29-34.
- Regenfelder, M.; Slowak, A. P. (2013): Does Industry Close the Loop? - The Case of Selected Technology Metals; Tagungsband der Management of Technologies - Step to Sustainable Production (MOTSP) 2013, May 29-31, Novi Vinodolski, Croatia.
- Reuter, M.A. (2011): Limits of Design for Recycling and “Sustainability”: A Review; *Waste and Biomass Valorization*, 2(2), S.183-208.
- Solow, R.M: (1974): The Economics of Resources or the Resources of Economic; *The American Economic Review*, 64(2), Papers and Proceedings of the Eighty-sixth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1974), S.1-14.
- Sorrell, S. et al. (2009): Empirical estimates of the direct rebound effect: A review; *Energy Policy*, 37(4), S.1356–1371
- Stiglitz, J. (1974): Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths; *The Review of Economic Studies*, 41, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, S.123-137.
- Stutz, M. und Moriarty, T. (2010): Product Carbon Footprint (PCF) Assessment of Dell Notebook – Results and Recommendations, Going Green – Care Innovation 2010, 8-11 November, Vienna.
- Teecce, D. (1986): Profitting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration Licensing and Public Policy; *Research Policy*, 15, S.285-305.
- Teecce, D. (2000): *Managing Intellectual Capital*. Organization, Strategic and Policy Dimensions, Oxford University Press, New York.
- USGS (2013): *Mineral Commodity Summaries 2013*. Reston, Virginia.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2013): *Gründruck der VDI-Richtlinie 2343 'Recycling elektrischer und elektronischer Geräte'* Blatt ReUse, Beuth, Berlin.
- Xerox (2010) *Nurturing a Greener World through Sustainable Innovation and Development: Our 2010 Environment, Health and Safety Report*, Xerox Corporation, Norwalk.

Anmerkungen

Der Grundgedanke und das Konzept der ‚echten‘ Abfallvermeidung – wie in den Kapiteln 1 und 2 vorgestellt – findet sich erstmals in einer groben, frühen Fassung im Konferenzbeitrag *Regenfelder, M.; Ebelt, S. (2012): Strategies of Waste*

Prevention – a new Prevention Hierarchy, Tagungsband der Management of Technologies – Step to Sustainable Production (MOTSP) 2012, 13.–16. Juni, Zadar, Kroatien, S. 397-404. Für den vorliegenden Aufsatz wurde das Konzept wesentlich weiterentwickelt und erweitert.

- [1] Als ‚Produkt‘ wird in diesem Text eine greifbare Sache bezeichnet, die einen Bearbeitungs- oder Transformationsprozess durchlaufen hat und ein Material, eine einzelne Komponente, zusammengesetzte Komponente oder eine vollständig fertig hergestellte Sache ist. Diese hat spezifische Eigenschaften und / oder Funktionen.
- [2] Im Folgenden werden unter dem Begriff ‚Abfall‘ Sachen verstanden, die für keinen Produktionsprozess mehr verwendet werden und entledigte, nicht mehr genutzte ‚Produkte‘ sind. Diese Definition weicht ab von gesetzlichen Definitionen wie z.B. in der Europäische Abfallrahmenrichtlinie (Europäische Union, 2012) oder dem deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetz (BMJ, 2012).
- [3] Es wird offen gelassen, wo hier die Grenzen von ‚zu viel‘ zu ziehen sind.
- [4] Im Gegensatz zur neoklassischen Auffassung von unbeschränkter Substitution durch Kapital, Arbeit oder Technologie/ ‚schwache Nachhaltigkeit‘ siehe z.B. Dasgupta und Heal 1974; Solow, 1974; Stiglitz, 1974.
- [5] Ein nachhaltiger Pfad des Wirtschaftens wird verstanden als ein Pfad „der fähig ist, seine eigenen Daseinsvoraussetzungen zu reproduzieren und zumindest größere Systemzusammenbrüche in den wichtigsten Unterstützungssystemen (z. B. ökologische, soziale und ökonomische Subsysteme) für künftige Generationen zu vermeiden.“ (Gleich et al., S. 250, 2006, übersetzt aus dem Englischen).
- [6] Für einen ähnlichen Aufbau des Lebenszyklus technischer Produkte vgl. Niemann et al., S. 6, Fig. 1.4, 2009 oder die VDI-Richtlinie 2343 Blatt ReUse (VDI, 2013).
- [7] Begrifflichkeiten siehe VDI Richtlinie 2343, Blatt ReUse (VDI, 2013).
- [8] Ausgenommen hiervon sind beispielsweise Tätigkeiten, um gesetzlichen Vorgaben zu genügen.
- [9] Im Technologie- und Innovationsmanagement wird unter dem Begriff Appropriierungsregime die Verteilung von Erträgen aus Innovationstätigkeiten/ geistigem Wissen betrachtet. Auch bei diesem Sachverhalt entstehen Erträge

- zeitverzögert und können nicht unbedingt vom Akteur, welcher die Anfangsinvestitionen getragen hat, angeeignet werden. Siehe Gerybadze (2004) für eine umfassendere Beschreibung.
- [10] Komplementäre Ressourcen sind entweder einseitig oder gegenseitig (ko-spezifisch) voneinander abhängig und werden benötigt, um gemeinsam Wert / Nutzen (Leistungsbündel) zu stiften (Gerybadze, 1995; Teece, 1986).
 - [11] Bewertung der Wahrscheinlichkeit der Nutzenaneignung: streng = direkte Appropriierung; mäßig-streng = direkte Appropriierung möglich, aber hierzu komplementäre Ressourcen nötig; mäßig-schwach = keine direkte Appropriierung, aber über komplementäre Ressourcen wahrscheinlich; schwach = keine direkte Appropriierung und auch mit komplementären Ressourcen unwahrscheinlich / schwierig; gesetzliche Vorgaben können auch bei schwachen Appropriierungsregimen zur Umsetzung führen (Durchsetzung mit Bußgeldern, Strafverfahren, etc.).
 - [12] Funktionale Recyclingraten.

Kontakt:

Dipl.-Betriebswirt Stefan Ebel, EDV & Unternehmensberatung

Am Forstacker 7a · D-13587 Berlin
 Tel.: 030 3360537 · Fax: +49 30 33309953
 eMail: Info@Ebel-Beratung.de · Internet: www.ebel-beratung.de

Dipl.-Oec. Max Regenfelder

Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSAME),
 Universität Stuttgart
 Nobelstr. 12 · D-70569 Stuttgart
 Tel.: 0711 685 83547
 eMail: Max.Regenfelder@gsame.uni-stuttgart.de
 Internet: www.gsame.uni-stuttgart.de

ECO-Innovation Project „RUN“ gestartet

EU fördert die Markteinführung für ein Notebook-Wiederverwendungssystem

Bislang werden Notebooks, die zu Abfall geworden sind, in der Regel stofflich recycelt. Im Sinne der europäischen Abfallrahmenrichtlinie sollten sie jedoch, wenn möglich, wiederverwendet werden. Das Ziel des RUN-Projektes („ReUse Notebook – Collection, Refurbishment and Distribution System“) ist es, ein System aufzubauen für Sammlung, Lagerung, Wiederaufarbeitung und Wiederverkauf gebrauchter Notebooks aus Privathaushalten und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Bei dieser Zielgruppe fallen im Regelfall nur wenige oder nur ein einzelnes Gerät an, die für die Logistik eines Sammelsystems eine besondere Herausforderung darstellen. Das RUN-Projekt wird sich auf diese Zielgruppe konzentrieren, bei der ein großes Marktpotential besteht, und wird das erste seiner Art in Europa sein. Das Projekt (ECO/13/630329) hat eine Laufzeit von drei Jahren (1. November 2014 – 31. Oktober 2017) und wird zur Hälfte aus Mitteln der Europäischen Union gefördert.

Aktuell existierende Geschäftsmodelle zum ReUse und zur Wiedervermarktung von Notebooks konzentrieren sich auf große Unternehmen, um die Wirtschaftlichkeit durch große Mengen von Geräten und gegebenenfalls durch Leasingverträge zu sichern. Bislang gibt es in der EU kein vergleichbares Sammelsystem für Notebooks aus Privathaushalten und KMU. Der Grund hierfür liegt in der logistischen Herausforderung, Sammel- und Transporteinheiten der Losgröße 1 zu bewältigen.

Das RUN-Projekt beabsichtigt, die Ressourcen, die in Notebooks enthalten sind, wieder nutzbar machen, indem es auch einzelne Geräte wieder aufarbeitet - nicht nur große Losgrößen an Geräten wie existierende Systeme. Um das Vorhaben umzusetzen, soll ein

kosteneffizientes Sammelsystem aufgebaut werden, das mit kleinen Losgrößen arbeiten kann. Wenn das Sammelsystem sowie eine standardisierte Aufarbeitung nach definierten Qualitätsstandards etabliert sind, soll damit begonnen werden, ein europaweites Verkaufnetz zu beliefern.

Das Geschäftsmodell wird durch zusätzliche Services wie der Extraktion und Bereitstellung von Daten ergänzt. Extrahierte Daten können, wenn vom Kunden gewünscht, gesichert und in Folge wieder zur Verfügung gestellt werden. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal im Marktumfeld ReUse von Notebooks wird der zertifizierte Datenlöschungsprozess sein, der üblicherweise beim Verkauf oder der Entsorgung privater Geräte nicht angeboten wird. Die genannten Services sind innovativ im ReUse-Markt für Notebooks von Privathaushalten und KMU.

Das RUN-Projekt wird damit die gesamte Wertschöpfungskette der Wiederverwendung abbilden, dem Käufer eines gebrauchten Gerätes einen guten Service bieten und Privathaushalten und KMU den Zugang zum ReUse-Markt ermöglichen.

Kontakt:

Projektleitung Projekt RUN
 c/o Dr. Brüning Engineering UG (haftungsbeschränkt)

Dr. R. Brüning

Geschäftsführer
 Kirchenstraße 26 · D-26919 Brake
 Tel. 04401-7049760 · Fax: -7049761
 eMail: info@dr-bruening.de · Internet: http://www.dr-bruening.de.