

Solide Grundlage

Das Blatt ReUse der VDI-Richtlinie 2343 zeigt Potentiale und Erfolgsfaktoren der Wiederverwendung von elektr(on)ischen Geräten auf

Von Ralf Brüning, Stefan Ebelt und Max Regenfelder

Dr. Ralf Brüning

ist Geschäftsführer von Dr. Brüning Engineering und Vorsitzender der Richtlinie VDI 2343



Dipl.-Betriebswirt Stefan Ebelt

ist EDV- und Unternehmensberater sowie Vorstandsvorsitzender des ReUse e.V.



Dipl.-Oec. Max Regenfelder

ist Doktorand der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) an der Universität Stuttgart



Die Wiederverwendung (ReUse) von elektr(on)ischen Geräten schließt Kreisläufe und hilft auf diese Weise, natürliche Ressourcen effizienter zu nutzen. Die Wiederverwendung kann hierbei sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile eröffnen. Dieser Artikel gibt einen Überblick über rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte, welche vertieft im Blatt „ReUse“ der Richtlinie „VDI 2343 Recycling elektr(on)ischer Geräte“ behandelt wurden. Das Blatt ReUse der VDI-Richtlinie 2343, das im Weißdruck erschienen ist, gibt fundierte Handlungsempfehlungen für Unternehmen, die sich mit der Wiederverwendung elektr(on)ischer Geräte beschäftigen. ReUse kann ein Ansatzpunkt für nachhaltige Innovationen sein und neuen, innovativen Geschäftsmodellen als Grundlage dienen. Dies wird anhand erfolgreicher Beispiele für je ein Elektro(nik)gerät pro Kategorie der WEEE Richtlinie [EU 2012] aufgezeigt.

1 Potentiale der Wiederverwendung

Das Blatt ReUse der VDI-Richtlinie 2343 „Recycling elektr(on)ischer Geräte“ [VDI 2013] betrachtet sowohl die Wiederverwendung als auch die Vorbereitung zur Wiederverwendung (ReUse I + II). In Abgrenzung zur Verwertung, bleibt beim ReUse die Produktfunktion erhalten oder wird mit dem Ziel wiederhergestellt, gebrauchte Produkte erneut zu verwenden. Die Wiederverwendung von gebrauchten Geräten, Komponenten oder Bauteilen ist ein wertschöpfender und wertwiedererschließender Prozess [Brüning et al. 2009].

Jährlich fallen in der EU circa 9 Millionen Tonnen Elektro(nik)altgeräte an [EU 2009], die vielfältige Belastungen für die Umwelt bedeuten. Der Berg an Elektro(nik)altgeräten in Deutschland wächst auf schätzungsweise 1,8 Millionen Tonnen Elektro(nik)altgeräte an, [LFU 2003], die wiederverwendet, verwertet oder beseitigt werden müssen. In Elektro(nik)altgeräten sind zahlreiche kritische Rohstoffe (Technologiemetalle) enthalten, die wirtschaftlich bedeutend und kritisch in ihrer Versorgungslage sind [EU Commission 2010; Faulstich et al. 2010; Hagelüken 2012]. Diese Metalle

besitzen teilweise sehr niedrige stoffliche Recyclingraten [Graedel et al. 2011a; Graedel et al. 2011b; USGS 2013] und kurzfristig ist eine Änderung nicht absehbar. Gründe sind technische Unvereinbarkeiten der Rückgewinnung in stofflichen Recyclingverfahren [Hagelüken 2012; Kammer 2009; LANUV 2012] oder eine unzureichende Technologieentwicklung [Regenfelder & Slovak 2013].

Wenn diese Rohstoffe und ihr Wert im industriellen Kreislauf erhalten werden sollen, dann bietet die Wiederverwendung die Möglichkeit, die Schwächen des Recyclings zu überwinden und die jeweiligen Rohstoffe in ihrer Form als Produkt vor einem Downcycling oder gänzlichen Verlust zu bewahren. Für stoffliche Recyclingverfahren stehen diese Produkte dann nach einer weiteren Nutzungsphase als Ausgangsprodukt zur Verfügung; die Nutzungskaskade der Rohstoffe wird so verlängert.

Die Wiederverwendung bietet bei zahlreichen elektr(on)ischen Gerätearten ökologische Vorteile: Was wiederverwendet wird, muss nicht neu produziert werden. Gleichfalls werden Prozessschritte des stofflichen Recyclings vermieden. Im Hinblick auf die Neuproduktion und das Recy-

cling entfallen die entsprechenden Rohstoffverbräuche und Umweltauswirkungen. Die ökologischen Potentiale der Wiederverwendung müssen jedoch differenziert betrachtet werden [Hauser & Lund 2003]. Grundsätzlich gilt, dass die Umweltauswirkungen, der Energieverbrauch und andere Wirkungskategorien in der Produktionsphase jenen der Nutzungsphase gegenüberzustellen sind. Je weniger Betriebsstoffe (etwa Energie und Wasser) und Emissionen ein Produkt während seiner Nutzungsphase verbraucht beziehungsweise verursacht, umso signifikanter sind im Vergleich hierzu die Umweltauswirkungen der Produktion. Die ökologischen Vorteile (geringer Energie- und Ressourcenverbrauch) beruhen darauf, dass eine Neuproduktion entfällt. Spiegelbildlich sind bei diesen Vorteilen im Vergleich zu einem entsprechenden Neuprodukt gegebenenfalls höhere Energie- und Ressourcenverbräuche in der Nutzungsphase gegenüberzustellen [Gutowski et al. 2011]. Fundierte Aussagen über die Vorteilhaftigkeit von ReUse sind somit nur möglich, wenn man die Umweltauswirkungen während des gesamten Lebenszyklus der zu vergleichenden Produkte (Neuprodukt gegenüber ReUse-Produkt) berücksichtigt. Die VDI-Richtlinie verdeutlicht die ökologischen Potentiale von ReUse beispielhaft und nicht abschließend unter anderem anhand von LCD-Fernsehern [Sander 2009] und Kopierern [Kerr & Ryan 2001a; Krikke 2011; Xerox 2012].

Nicht zuletzt wegen dieser Potentiale haben der europäische und der deutsche Gesetzgeber (EU-Abfallrahmenrichtlinie [EU 2008], deutsches KrWG [BMJ 2012]) der Wiederverwendung Priorität gegenüber anderen Entsorgungswegen eingeräumt. Die natürlichen Ressourcen sind endlich und ihr Verbrauch (Nutzung) liegt in vielen Fällen über einem nachhaltigen Niveau [WWF 2012]. Der Konsument kann entscheidend daran mitwirken, dass Ressourcen geschont werden, indem er möglichst langlebige und hochwertige Produkte kauft und seine Einstellung zu gebrauchten Produkten positiv verändert. Andererseits sind Unternehmen gefordert, Geschäftsmodelle mit einem attraktiven Angebot für die Kunden zu entwickeln. Neben technischen, rechtlichen und ökologischen Aspekten spielen wirtschaftliche Gesichtspunkte eine entscheidende Rolle. Jedem dieser Aspekte ist im Blatt ReUse ein eigenes Kapitel gewidmet.

2 Übersicht VDI und VDI-Richtlinien

Um die betroffenen Kreise in ihrer Arbeit zu unterstützen, wurde 1996 der Richtlinienausschuss „VDI 2343 – Recycling elektr(on)ischer Geräte“ gebildet. Dem Ausschuss gehören Fachleute verschiedener Berufsgruppen und Branchen an. Diese Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung bringen sich in die Richtlinienarbeit ehrenamtlich ein. Grundsätzlich soll der Richtlinienausschuss den Entwicklungen der Abfallwirtschaft Rechnung tragen und alle mit der Entsorgung (Wiederverwendung, Verwertung, Beseitigung) von Elektro(nik)altgeräten betroffenen Kreise in ihrer Arbeit unterstützen. Die Aufgabe, neue effiziente Strategien für die Abfallwirtschaft zu konzipieren und etablieren, beinhaltet sowohl ökonomische, als auch ökologische Belange. Ziel ist es, rechtskonforme Handlungsempfehlungen zu erarbeiten, die alle praktischen Belange berücksichtigen. Damit die komplexen Detailfragen adäquat behandelt werden können, wurde die Thematik entlang der logistischen Abfolge gegliedert, wobei jeweils entsprechende Unterausschüsse gebildet wurden. Jeder Unterausschuss arbeitet an einem von sieben Blättern, die gemeinsam die VDI Richtlinie 2343 bilden (vgl. Tabelle 1).

Der Verein Deutscher Ingenieure e.V. ist ein gemeinnütziger, kommerziell und politisch unabhängiger, technischer und wissen-

schaftlicher Verband von Ingenieuren und Wissenschaftlern. Mit fast 150.000 Mitgliedern ist er einer der größten Verbände von Ingenieuren in Europa und das führende Sprachrohr für Technologie und Technik in Deutschland [VDI 2012]. 1856 gegründet, hat er viele wesentliche technische Entwicklungen auf den Weg gebracht. Dies betrifft beispielsweise die technische Überwachung, technische Bestimmungen und Normung, Arbeitsstudien sowie den Schutz industrieller Rechte und von Patentangelegenheiten.

Der VDI hat systematisch eine Reihe von technischen Bestimmungen aufgebaut, die heute mehr als 2000 gültige VDI-Richtlinien umfassen, und ein weites Feld der Technik abdecken. In Übereinstimmung mit der technischen Entwicklung werden die Richtlinien regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht. Jedes Jahr werden etwa 200 neue VDI-Richtlinien veröffentlicht.

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Inhalt der VDI-Richtlinie 2343 und die Aufteilung der Themen auf die sieben Blätter der Richtlinie.

Blatt	Inhalt
1) Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> ● Ziele und Zielgruppen der Gesamtrichtlinie ● Überblick über den Aufbau ● Begriffserläuterungen
2) Logistik	<ul style="list-style-type: none"> ● Darstellung der innerbetrieblichen und externen Logistik ● Übersicht und Bewertung der Transport- und Ladehilfsmittel für die Entsorgungslogistik.
3) Demontage	<ul style="list-style-type: none"> ● Einsatzgebiete der manuellen, teilautomatisierten und/oder vollautomatisierten Demontage
4) Aufbereitung	<ul style="list-style-type: none"> ● Vorstellung der wichtigsten Aufbereitungsverfahren mit ihren Anwendungsbereichen
5) Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> ● Darstellung der Verwertungswege die wichtigsten anfallenden Fraktionen aus Demontage- und mechanischen Behandlungsanlagen
6) Vermarktung	<ul style="list-style-type: none"> ● Identifizierung von Wertstoffpotentialen ● Handlungsempfehlungen zur Fraktionierung ● Zielfraktionen u. a. Eisenmetallen, Nichteisenmetallen, Kunststoffen, Technologiemarken (wie z. B. Seltene Erden), Glas, Bildröhren und Stoffen mit Gefährdungspotential.
7) Wiederverwendung – ReUse	<ul style="list-style-type: none"> ● Rechtliche Aspekte ● Technische Aspekte ● Ökonomische, ökologische und soziale Aspekte

Tabelle 1: Blätter der Richtlinie „VDI 2343: Recycling elektr(on)ischer Geräte“

3 Rechtliche Aspekte

Das Blatt ReUse der VDI-Richtlinie 2343 unterscheidet die Wiederverwendung in ReUse I und II und nimmt besonderen Bezug auf die Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) [BMJ 2012] und des Elektro- und Elektronik-Altgerätegesetzes (ElektroG) [BMJ 2005].

Der wesentliche Unterschied liegt in der Abfallwertung. So werden alle Produkte, die für den gleichen Zweck wiederverwendet werden, für den sie hergestellt worden sind und die nach rechtlicher Definition kein Abfall geworden sind, in der VDI Richtlinie als ReUse I bezeichnet. Dagegen werden alle wiederverwendbaren Produkte, die nach rechtlicher Definition Abfall geworden sind, als ReUse II bezeichnet.

Das KrWG enthält in Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der EU [EU 2008] allgemeine Kriterien für die Definition der Abfalleigenschaft eines Gegenstandes und wann diese aufgehoben wird

(End-of-Waste-Kriterien). Dies ist grundsätzlich dann der Fall, wenn dieser Gegenstand ein Verwertungsverfahren durchlaufen hat und so beschaffen ist, dass

- er üblicherweise für bestimmte Zwecke verwendet wird,
- ein Markt für ihn oder eine Nachfrage nach ihm besteht,
- er alle für seine jeweilige Zweckbestimmung geltenden technischen Anforderungen sowie alle Rechtsvorschriften und anwendbaren Normen für Erzeugnisse erfüllt, sowie
- seine Verwendung insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führt.

In diesem Sinne ist ReUse II ein Verwertungsverfahren. Beispiele hierfür sind wenig materialintensive Verfahren, wie das Aussortieren von noch funktionsfähigen Produkten aus Sachgesamtheiten und kleinere Reparaturen, die ein Produkt mit geringem Aufwand wieder funktionsfähig machen.

Wenn ein Elektro(nik)altgerät einen solchen ReUse II-Vorgang durchlaufen hat und wieder für seinen ursprünglichen Verwendungszweck eingesetzt werden kann und die übrigen End-of-Waste-Kriterien erfüllt, ist die Abfalleigenschaft beendet. Bei ReUse I spielt das Ende der Abfalleigenschaft keine Rolle, da hier das Elektro(nik)altgerät nicht zu Abfall geworden ist.

Die Hauptzielsetzung des ElektroG ist die Abfallvermeidung und eine verstärkte Anwendung der Wiederverwendung. Daraus ergeben sich für Hersteller und Entsorger folgende Pflichten:

Konstruktionspflichten: Elektro(nik)geräte sind möglichst so zu gestalten, dass insbesondere ihre Wiederverwendung als Ganzes oder von Bauteilen und Materialien erleichtert wird (Gestaltungsgebot). Die Hersteller sollen ReUse von Geräten, Bauteilen und Materialien nicht durch besondere Konstruktionsmerkmale oder Herstellungsprozesse verhindern.

Rücknahme und Sammlung: Die öffentlich rechtlichen Entsorgungsträger, Hersteller und Vertreiber müssen die Sammlung und Rücknahme von Elektro(nik)altgeräten so durchführen, dass die spätere Wiederverwendung, Demontage und Verwertung, insbesondere stoffliche Verwertung der Geräte, nicht behindert werden (§ 9 Abs. 9).

Prüfung der Wiederverwendbarkeit vor der Behandlung: Die nach § 11 Abs. 3–5 zertifizierten Betriebe müssen vor einer Behandlung von Elektro(nik)altgeräten prüfen, ob diese insgesamt oder ob einzelne Bauteile einer Wiederverwendung zugeführt werden können.

Erreichen von Quoten: Die Altgeräte müssen so behandelt werden, dass die Wiederverwendung von Bauteilen zusammen mit der stofflichen Verwertung eine bestimmte Quote je Geräte-Kategorie erreicht (§ 12 Abs. 1).

Mitteilung und Informationspflichten Diese Pflichten zielen auf die Stiftung Elektro-Altgeräte Register (EAR) und Wiederverwendungseinrichtungen. Die Hersteller werden verpflichtet, der Stiftung EAR als ‚Gemeinsamer Stelle‘ für jede Kategorie die Menge der Altgeräte zu melden, die sie wiederverwenden (§ 13 Abs. 1 Nr. 4).

Des Weiteren hat jeder Hersteller, der einen Typ neuer Elektro(nik)geräte auf den Markt bringt, den Wiederverwendungseinrichtungen, den Behandlungsanlagen und Anlagen zur stofflichen Verwertung entsprechende Informationen über die Wiederverwendung und Behandlung der Geräte zur Verfügung zu stellen. Damit soll deren Wiederverwendung erleichtert werden. Diese Informationen sind innerhalb eines Jahres nach dem Inverkehrbringen des jeweiligen Gerätetyps in Form von Handbüchern oder in elektronischer Form bereitzustellen. Aus ihnen muss sich ergeben, welche Bauteile und Werkstoffe die Elektro(nik)geräte enthalten und an welcher Stelle sich gefährliche Stoffe befinden (§ 13 Abs. 6 Satz 1 und 2).

Ausschluss der Wiederverwendung: Die Wiederverwendung von Altgeräten oder Bauteilen ist ausgeschlossen oder eingeschränkt, wenn auf Grund anderer Rechtsvorschriften Verkehrsverbote für diese oder für Stoffe in diesen bestehen (§ 2 Abs. 3 Satz 3). Verkehrsverbote führen dazu, dass Elektro(nik)altgeräte oder Bauteile, welche die genannten Stoffe enthalten, nicht wiederverwendet werden können, ohne dass die verbotenen Stoffe entfernt und gegebenenfalls ersetzt werden.

4 Technische Aspekte

Beim ReUse werden Produkte durch die Aufarbeitung auf ein spezifiziertes Qualitätsniveau gebracht [Brüning 1996]. Dieses unterscheidet sich deutlich in seiner Ausprägung, wie die nachfolgende Übersicht zeigt: [VDI 2013]

- **Reparatur:** Der Sollzustand eines defekten Produktes wird wiederhergestellt.
- **Zur Instandhaltung / -setzung:** Planmäßige Aufarbeitung nach DIN 31051 [DIN 2012].
- **Refurbishing:** gebrauchte Produkte werden auf ein zuvor festgelegtes Qualitätsniveau gebracht.
- **Refabrikation oder Remanufacturing:** Nach Zerlegung des Produkts wird durch Rekombination mit neuen und aufgearbeiteten Komponenten und Bauteilen ein neuwertiges Produkt hergestellt [Kerr & Ryan 2001b; Steinhilper 1999].
- **Durch das Upgrading oder die Modernisierung** wird das Ausgangsprodukt aufgerüstet, mit dem Ziel, unter anderem die Funktion, Leistung und Sicherheit zu steigern [Behrendt et al. 2004; DIN 2011].

Für die Beschaffung, Lagerung, Bereitstellung und für anschließende Aufarbeitungsvorgänge bedarf es einer umfassenden werterhaltenden Logistik, die im Blatt 2 „Logistik“ der VDI-Richtlinie 2343 [VDI 2010] ausführlich dargestellt und daher an dieser Stelle nicht weiter beschrieben wird.

Grundsätzlich müssen ReUse-fähige Produkte folgende Eigenschaften erfüllen: Äußerlich unbeschädigt sein oder nur geringe Mängel aufweisen, nicht übermäßig verschmutzt und vollständig sein. Weiterhin ist das Alter der Geräte entscheidend. Dabei sind sowohl das kalendarische Alter als auch die technische Einsatzdauer zu berücksichtigen. Der Grund dafür ist, dass viele elektr(on)ische Geräte sehr schnelle Innovationszyklen besitzen und dann durch eine neue Produktgeneration ersetzt werden. [Allwood et al. 2011, Chapman et al. 2009; Lundmark et al. 2009].

Es kann beispielsweise sinnvoll sein, darauf zu verzichten, Geräte mit einem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch aufzuarbeiten. Dies hängt aber entscheidend vom geplanten Einsatzzweck ab und muss daher im Einzelfall entschieden werden.

Allen durchzuführenden Aufarbeitungsvorgängen liegt in der Regel folgender grob definierter Prozess zugrunde [VDI 2013]:

- Demontage
- Reinigung
- Prüfung
- Austausch defekter Komponenten (Bauteile) und Verschleißteile
- Remontage
- Verifikation der zuvor festgelegten Eigenschaften/Funktionsfähigkeit

Typische Verschleißteile von elektr(on)ischen Geräten, die je nach Zustand ausgetauscht werden sollten, sind zum Beispiel Kohlebürsten, Stecker und Kupplungen, Kabel und Kabelbäume, Taster und Schalter sowie Dichtungen und Schläuche.

5 Ökonomische Aspekte

5.1 Produkt- und marktbezogene Faktoren

ReUse ist ein wertschöpfender und wertwiedererschließender Produktionsprozess, für den gebrauchte Produkte das Ausgangsmaterial darstellen. Für Unternehmen wird dieser Ansatz wirtschaftlich interessant, wenn die Erlöse, die für die aufgearbeiteten Produkte erzielt werden können, höher sind, als die Erlöse, die bei der Vermarktung einzelner Materialfraktionen realisiert würden, und wenn die Kostenunterschiede der Aufarbeitung im Vergleich zu den Kosten anderer Verwertungsverfahren diesen Erlösvorteil nicht aufzehren. Das Blatt ReUse stellt die verschiedenen Aspekte und Zusammenhänge der Produkt- und Markt-lebenszyklen¹ dar.

Die Wiederverwendung steht grundsätzlich vor ähnlichen unternehmerischen Problemstellungen wie die Neuproduktion, jedoch weist sie einige Unterschiede auf. Diese Besonderheiten sind beispielsweise

- tendenziell andere Absatzmärkte als für Neuprodukte,
- Unsicherheiten in Bezug auf Zeitpunkt und Zustand rückkehrender Produkte (Beschaffung),
- die Durchführung des Produktions- und Aufarbeitungsprozesses (Zustand der Produkte, Qualitätssicherung, Variantenreichtum). [VDI 2013]

Vorbedingung für ReUse ist, dass die technische Lebensdauer eines Produktes die wirtschaftliche Lebensdauer übertrifft. Dies setzt voraus, dass der Nutzer eines Produktes dieses nicht länger nutzen will, obwohl es weiterhin funktionsfähig ist. Ein Grund hierfür könnte beispielsweise sein, dass der Nutzer Produktalternativen bevorzugt. In der Praxis übersteigt gerade bei elektr(on)ischen Geräten die technische Lebensdauer oft die wirtschaftliche. Hierauf baut ReUse auf: Für einen aktuellen Nutzer ist die wirtschaftliche Lebensdauer eines Produkts zu Ende, für einen nachfolgenden Nutzer – mit anderen Präferenzen – hat das Produkt aber (gegebenenfalls nach einer Aufarbeitung) weiterhin eine wirtschaftliche Lebensdauer. [VDI 2013]

Die Wirtschaftlichkeit von ReUse wird stark durch Art und Charakteristika sowie den Verlauf des Lebenszykluses der jeweiligen Produkte bestimmt. Für die Wirtschaftlichkeit relevante Produktcharakteristika sind jeweils produktspezifisch festzulegen. Diese umfassen beispielsweise Umschlagshäufigkeit, -dauer und -regelmäßigkeit, Innovationszyklen und technischen Fortschritt, Produktdesign (modular, demontagefähig, upgradefähig, hochintegriert) oder Abnutzung durch Gebrauch [Allwood et al. 2011; Chapman et al. 2009; Kimura et al. 2001; VDI 2013].

Der in der Richtlinie beschriebene materielle Produktlebenszyklus besteht aus den Phasen Produktion, Vertrieb, Nutzung, Rücknahme und letztendlich Entsorgung. Das ReUse findet zwischen den Schritten Rücknahme und Entsorgung statt, wobei zusätzlich die Schritte Aufarbeitung, Remarketing, erneute Nutzung und Rücknahme durchlaufen werden [Niemann et al. 2009; VDI 2013]

Nur wenn ein gebrauchtes Produkt während der Marktphase rückgeführt und aufgearbeitet wird, kann es wiedervermarktet werden. Nach Ende der Marktphase können gegebenenfalls noch Komponenten rückgewonnen werden, ansonsten ist das Produkt

zu verwerten. Abbildung 1 verdeutlicht das am Beispiel zweier Produkte: Im Hinblick auf den Lebenszyklus eignet sich Produkt A für ReUse, Produkt B nicht. [VDI 2013]

5.2 Wiederverwendung als Ansatzpunkt für nachhaltige Innovation

Die Wiederverwendung kann ein Ansatzpunkt für nachhaltige Innovationen sein. Grundsätzlich umfassen „grüne“ oder „Öko-“ Innovationen Maßnahmen um Produkte, Prozesse oder Verhaltensweisen umweltverträglicher zu gestalten: Negative Umwelt-

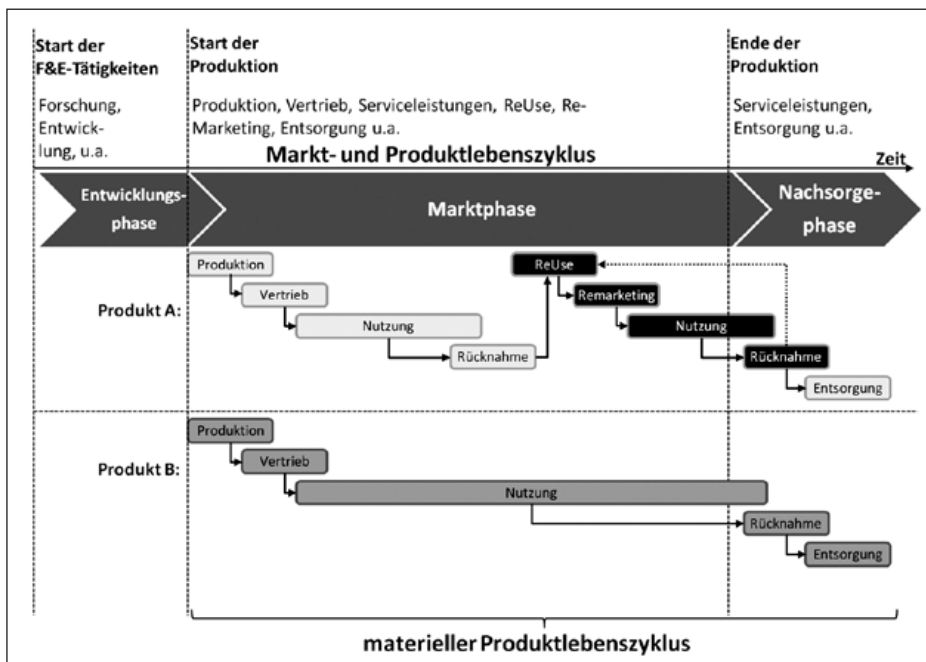


Abbildung 1: Integriertes, kreislaforientiertes Markt- und Produktlebenszyklusmodell [VDI 2013, Bild 6, S. 23]

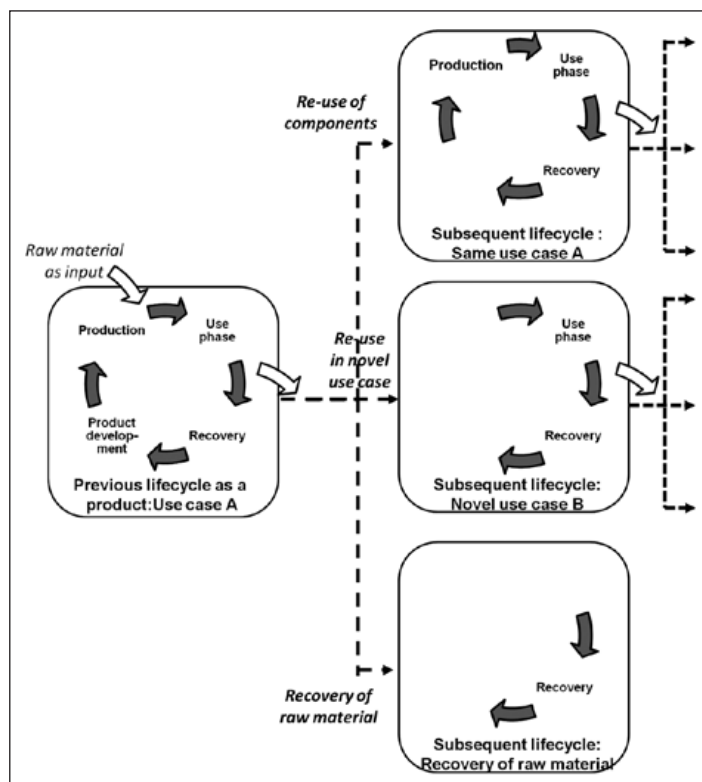


Abbildung 2: Potentiale zur Wertschöpfung für Innovatoren nach einer ersten Nutzungsphase [Slowak & Regenfelder 2014, Figure 2]

auswirkungen (etwa Verbrauch natürlicher Ressourcen und Emissionen) sind dabei zu minimieren [US Department of Commerce 2010; Rennings 2000].

Unternehmen können innerhalb eines Rahmenwerks nachhaltiger Innovationen profitieren [Slowak & Regenfelder 2014]: Nicht einmalige Wertschöpfung aus Neuheit und kreativer Zerstörung [Schumpeter 1934], sondern mehrmalige Wertwiedererschließung und Werterhaltung von Produkten, Komponenten und Materialien stehen im Fokus und ermöglichen neue Muster nachhaltiger Innovation. Dies bezieht auch die Umweltauswirkungen in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines Produktes mit ein [UNEP & TU Delft 2006].

Es ist zu beachten, dass das ReUse eines Produktes nicht zwingend ökologisch vorteilhaft sein muss, beispielsweise wegen geringer Energieeffizienz. Wie beschrieben, muss ein Markt für Gebrauchtprodukte als grundlegende Voraussetzung bestehen. Deswegen müssen Unternehmen in diesem Muster der nachhaltigen Innovation eine wirtschaftliche Entscheidung treffen, wann eine Nutzung im ursprünglichen Anwendungsfall nicht mehr sinnvoll ist, das aufgearbeitete Produkt einem neuen Anwendungsfall (mit

anderen Anforderungen) zugeführt oder Komponenten beziehungsweise Materialien rückgewonnen werden sollten.

Abbildung 2 verdeutlicht dies: Wenn ein Innovator ein Produkt der Wiederverwendung in einer neuen Anwendung zuführt, wechselt er damit auch in einen anderen Markt. Um wirtschaftlich erfolgreich zu sein, muss der Innovator fähig sein, zwischen verschiedenen Lebenszyklen zu wechseln, um maximalen Wert zu schaffen oder zu erhalten. Unter ökologischen Gesichtspunkten bedeutet diese nicht nur einmalige, sondern mehrmalige Wertschöpfung, dass die in den Produkten enthaltenen Ressourcen im industriellen Kreislauf gehalten werden und nicht unnötig frühzeitig degradiert werden. Die Entscheidung am Ende der ersten Nutzungsphase muss diese miteinander vernetzten und sich überschneidenden Lebenszyklen berücksichtigen. Eine nachhaltige Innovationsstrategie zieht ins Kalkül, ob Produkte oder Komponenten in derselben Anwendung (Anwendungsfall A in Abbildung 2) wiederverwendet werden, Produkte in einer neuen Anwendung (Anwendungsfall B) wiederverwendet werden oder die Materialien und Rohstoffe rückgewonnen werden sollen (keine weitere Wiederverwendung). [Slowak & Regenfelder 2014]

Diese Entscheidung nach der ersten Nutzungsphase eines Produktes kann die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle (Geschäftsmodellinnovation) nach sich ziehen [Chesbrough & Rosenbloom 2002; Wirtz 2011]. Die aus dem ReUse resultierenden Anforderungen an die Leistungserstellung/Aufarbeitung und daraus folgend an die unternehmensinternen Ressourcen können sich im Vergleich zur Neuproduktion eines Produktes verändern. Für entsprechende ReUse-Geschäftsmodelle können die originären Produzenten dann oftmals nicht auf vorhandene unternehmensinterne Ressourcen zurückgreifen. Oder aber sie befürchten mögliche Verdrängungseffekte für die eigenen Produkte und haben deshalb kein Interesse an ReUse. In diesen Fällen bietet sich insbesondere für Unternehmen, die sich auf ReUse spezialisieren, die Möglichkeit, Märkte zu erschließen und ihre Geschäftsmodelle zu entwickeln [Regenfelder 2011; VDI 2013]. Es ist hierbei darauf zu achten, dass die unternehmensinternen Ressourcen mit den Anforderungen übereinstimmen, die aus dem ReUse folgen. Die unternehmensinternen Ressourcen bestimmen die Fähigkeiten von Unternehmen, wirtschaftliche Tätigkeiten auszuführen. Somit hängt die wirtschaftliche Tragfähigkeit von ReUse-Geschäftsmodellen auch von der Übereinstimmung der unternehmensinternen Ressourcen, den aus ihnen erwachsenden Fähigkeiten und den Fähigkeiten ab, die tatsächlich für ein Geschäftsmodell benötigt werden [Barney & Clark 2007; Penrose 1959].

5.3 Praxisbeispiele für wirtschaftlich erfolgreiches ReUse

Das Blatt ReUse endet im Hinblick auf die zehn Kategorien von Elektronikgeräten nach der WEEE-Richtlinie [EU 2012] mit jeweils

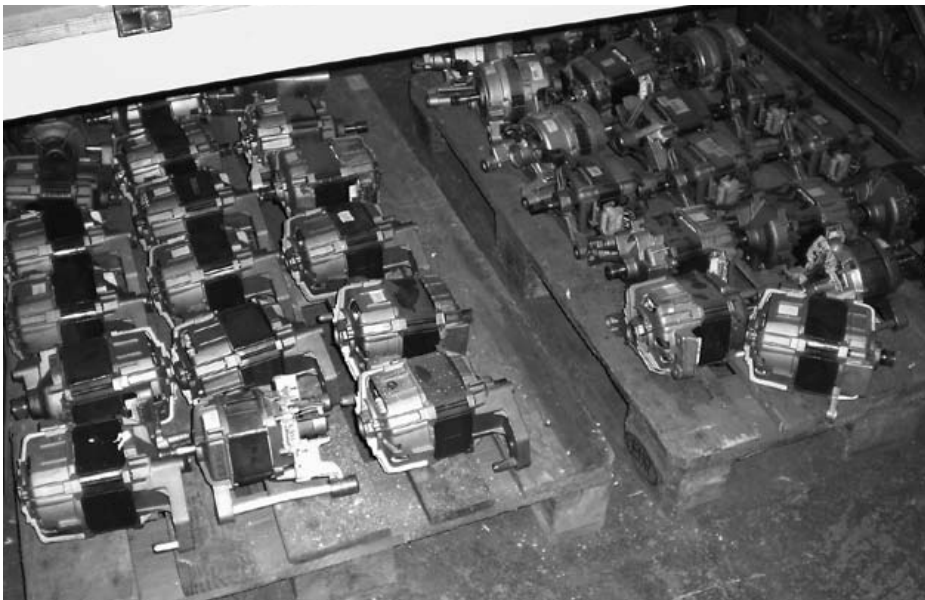


Abbildung 3: Motoren stehen für eine Wiederverwendung bereit

(Foto: Brüning)



Abbildung 4: Funktionstest

(Foto: Brüning)

Kategorie	Beispielgeräte	ReUse relevante Produkteigenschaften
1 – Haushaltsgroßgeräte	Waschmaschinen, Herde, Spülmaschinen, Trockner	Modularer Aufbau, hohe Rücklaufmengen (Ersatzteile)
2 – Haushaltskleingeräte	Staubsauger, Kaffeemaschinen, Toaster, Mixer, Rasierapparate, etc.	Spezialisierung auf einzelne Beispielgeräte, Ersatzteile austauschbar
3 – Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik	Computer, Kopierer, Mobiltelefone, Drucker, Faxgeräte, Bildschirme	Modularer Aufbau, hochwertige Leasingrückläufer
4 – Geräte der Unterhaltungselektronik	Fernseher, HiFi-Anlagen, Verstärker, Radios, DVD-Spieler, Video-Rekorder	Lange technische Lebensdauer bei schnellen Innovationszyklen schafft großes Potential an ausgemusterten Geräten.
5 – Beleuchtungskörper	Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren	Bei Geräten dieser Kategorie findet z. Z. kein Re-Use mehr statt.
6 – Elektrische und elektronische Werkzeuge mit Ausnahme ortsfester industrieller Großwerkzeuge	Bohrmaschinen, Schweißwerkzeuge, Geräte zum Drehen, Fräsen, Schleifen	Modularer Aufbau (aufrüstbar)
7 – Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte	Laufbänder, ferngesteuerte Spielzeuge, Spielautomaten, Videospielkonsolen, Autorennbahnen, Fahrradcomputer	Rückgewinnung von Komponenten als Ersatzteile
8 – Medizinprodukte mit Ausnahme implantierter und infektiöser Produkte	Kardiologiegeräte, nuklearmedizinische Geräte, Dialysegeräte, Beatmungsgeräte	Hochpreisige Investition, für lange Lebensdauer konzipiert, modularer Aufbau (aufrüstbar)
9 – Überwachungs- und Kontrollgeräte	Thermostate, Heizregler	Große Stückzahlen gleichartiger Geräte.
10 – Automatische Ausgabegeräte	Geldautomaten, Heißgetränkeautomaten, Ausgabeautomaten für Produkte	Hohes Investment, konzipiert für lange Lebensdauer, modularer Aufbau

Tabelle 2: Beispiele für die zehn Kategorien der elektr(on)ischen Geräte im Blatt ReUse der Richtlinie „VDI 2343: Recycling elektr(on)ischer Geräte [VDI 2013, Kapitel 6]

einem erfolgreichen Praxisbeispiel für Geschäftsmodelle, die auf einer Wiederverwendung basieren. Es wird auf Beispielgeräte, die typische Durchführung der ReUse-Tätigkeiten (Akteure) und den typischen Ablauf eingegangen.

Tabelle 2 fasst diese Beispiele aus Kapitel 6 des Blattes ReUse zusammen [VDI 2013]. Sie gibt einen Überblick über die Kategorien, Beispielgeräte und exemplarischen Produkteigenschaften, die ReUse begünstigen. Diese Tabelle zeigt auch, dass in Bezug auf den Lebenszyklus sowohl produktbedingte als auch marktbedingte Eigenschaften eine große Rolle spielen.

6 Schlussfolgerungen

Das ReUse von elektr(on)ischen Geräten bietet sowohl wirtschaftliche, als auch ökologische Potentiale. Durch das Schließen von Produktkreisläufen werden natürliche Ressourcen effizienter genutzt. Gebrauchte Elektro(nik)altgeräte enthalten eine Vielzahl von Rohstoffen, die nur in geringem Ausmaß durch stoffliche Recyclingverfahren rückgewonnen werden oder rückgewinnbar sind. Gleichwohl können diese Geräte Quellen für eine wertschöpfende und werterhaltende Aufarbeitung sein: Da die technische Lebensdauer der Geräte oftmals die wirtschaftliche übersteigt, können nach einer Aufarbeitung definierte Qualitätsniveaus erreicht werden. Die jeweiligen Produkte oder deren Komponenten durchleben somit eine zweite, weitere Nutzungsphase oder die ursprüngliche Nutzungsphase wird verlängert. Ob ein Produkt sich wirtschaftlich oder ökologisch für die Wiederverwendung eignet, ist jedoch produktspezifisch zu beurteilen, wobei im Hinblick auf den Lebenszyklus auch ressourcen- und marktbezogene Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen.

Für die Wiederverwendung ist es erforderlich, die technischen Anforderungen zu beherrschen, die rechtlichen Randbedingungen zu kennen und die wirtschaftlichen Abläufe effizient zu organisieren. Der letztgenannte Aspekt bezieht sich nicht nur auf die Ebene eines Unternehmens, sondern auch darauf, dass die sich überschneidenden Lebenszyklen von Produkten, Märkten und Materialien/Rohstoffen entsprechend genutzt werden. ReUse kann ‚grünen‘ Geschäftsmodellen als Grundlage dienen und ist somit im Kontext nachhaltiger Innovationsstrategien zu sehen. Richtlinien

wie die beschriebene VDI 2343 dienen hierbei als Handlungsempfehlung und Wegweiser.

Literatur

- [Allwood et al. 2011] Allwood, Julian M.; Ashby, Michael F.; Gutowski, Timothy G.; Worrell, Ernst (2011): Material efficiency: A white paper. In: Resources, Conservation and Recycling 55 (3), S. 362–381.
- [Barney & Clark 2007] Barney, J. B., & Clark, D. N. 2007. Resource-Based Theory: Creating and Sustaining Competitive Advantage. Oxford: Oxford University Press.
- [Behrendt et al. 2004] Behrendt, S.; Erdmann, L.; Baldas, O.; Wolfrum, K.: Ökologische Optimierung von Gebrauchtgeräten: Entwicklung von technischen Lösungen zur energieeffizienten Aufrüstung von gebrauchten Waschmaschinen. Werkstatt Bericht Nr. 62. Berlin: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, 2004
- [Brüning et al. 2009] Brüning, R., Plumeyer, M., Rosemann, B., Enderle, B., (2009): Guideline VDI 2343 focuses ReUse, offering excellent business possibilities. In „Prosperity Waste and Waste Resources“ – Peter Lechner (Ed.) 3rd BOKU Waste Conference
- [Brüning 1996] Brüning, R. (1996): Systematische Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Beurteilung der Recyclingeignung elektrischer und elektronischer Produkte. Dt. Fachverlag, Frankfurt.
- [BMJ 2005] Bundesministerium für Justiz (BMJ): Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG), Berlin, 2005.
- [BMJ 2012] Bundesministerium für Justiz (BMJ): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG), Neufassung, Berlin, 2012.
- [Chapman et al. 2009] Chapman, Adrian; Bartlett, Caroline; McGill, Ian; Parker, David; Walsh, Ben (2009): Remanufacturing in the UK. A snapshot of the remanufacturing industry in the UK in 2009. Hg. v. Centre for Remanufacturing and Reuse/ Oakdene Hollins. Aylesbury, United Kingdom.
- [Chesbrough & Rosenbloom 2002] Chesbrough, H; Rosenbloom, R. (2002): The Role of the Business Model in Capturing Value from Innovation, in: Industrial & Corporate Change, Vol. 11, No. 3, S. 529-555.
- [DIN 2011] Deutsches Institut für Normung (2011): DIN EN ISO 12100:2011-03 Sicherheit von Maschinen; Allgemeine Gestaltungsleitsätze; Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100, Beuth Verlag, Berlin.
- [DIN 2012] Deutsches Institut für Normung (2012): DIN 31051:2012-09 Grundlagen der Instandhaltung (Fundamentals of maintenance). Berlin: Beuth Verlag.
- [EU 2008] Europäische Union: 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, 2008.
- [EU 2012] Europäische Union: 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, 2012.
- [EU Commission 2010] EU Commission. Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on defining critical materials, 2010.

- [EU Commission o. J.] Europäische Kommission, The WEEE directive, presentation, http://www.ies.be/files/repo/EPF_WEEE_review_presentation.pdf, zuletzt abgerufen am 23. März 2014
- [Faulstich et al. 2010] Faulstich, M.; Mockler, M.; Pfeifer, S.; Köglmeier, M.; Egner, S. Informationspapier zur BMBF-Fördermaßnahme „r3 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien“. Munich, Technical University of Munich, 2010.
- [Graedel et al. 2011b] Graedel, T. E.; Allwood, J.; Birat, J.-P.; Reck, B. K.; Sibley, S. F.; Sonnemann, G.; Buchert, M.; [Gutowski et al. 2011] Gutowski, T.G.; Sahni, S.; Boustani, A.; Graves, S.C.: Remanufacturing and Energy Savings. In: Environmental Science & Technology (45) 2011, pp. 4540–4547
- [Hagelüken 2011] Hagelüken, C. 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), 2011. Im Internet: http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metals_Recycling_Rates_110412-1.pdf
- [Hagelüken 2012] Hagelüken, C. Recycling seltener Metalle // Kreislaufwirtschafts. Tag 2012 / Kranert, M.; Sihler, A. (eds.), München: DIV Deutscher Industrie Verlag, 2012. Siehe auch: Hagelüken, C. Secondary Raw Material Sources for Precious and Special Metals // Non-Renewable Resource Issues – Geoscientific and Societal Challenges / Sinding-Larsen, R.; Wellmer F. (eds.), Dordrecht: Springer, 2012, pp. 195–212
- [Hauser & Lund 2003] Hauser, W.; Lund, R.T.: The Remanufacturing Industry: Anatomy of a Giant. A view of Remanufacturing in America based on a comprehensive Survey Across the Industry. Department of Manufacturing Engineering, Boston, Massachusetts, 2003.
- [Kammer 2009] Kammer, U. Recycling von seltenen Metallen und deren Verbindungen // Recycling und Rohstoffe Band 2 / Thomé-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D. (eds.), Nietwerder: TK Verlag, 2009, pp. 647–655.
- [Kerr & Ryan 2001a] Kerr, W., Ryan, C. (2001a) 'Eco-efficiency gains from remanufacturing: A case study of photocopier remanufacturing at Fuji Xerox in Australia', Journal of Cleaner Production, Vol. 9 No. 1, pp.75–81.
- [Kimura et al. 2001] Kimura, Fumihiko; Kato, Satoru; Hata, Tomoyuki; Masuda, Takefumi (2001): Product Modularization for Parts Reuse in Inverse Manufacturing. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 50 (1), S. 89–92.
- [Krikke 2011] Krikke, H. (2011) 'Impact of Closed-loop Network Configurations on Carbon Footprints: A Case Study', Resources, Conservation and Recycling, Vol. 55 No. 12, pp.1196–1205.
- [LFU 2003] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LFU): Elektronik – Altgeräte – Entsorgung – Quo Vadis?, Augsburg, 2003.
- [LANUV 2012] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recycling kritischer Rohstoffe aus Elektronik-Altgeräten. Recklinghausen, LANUV-Fachbericht 38, 2012.
- [Lundmark et al. 2009] Lundmark, Peter; Sundin, Erik; Björkman, Mats (2009): Industrial Challenges within the Remanufacturing System. In: Proceedings of Swedish Production Symposium. Stockholm, S. 132–138.
- [Niemann et al. 2009] Niemann, J. et al. (Hg.): Design of Sustainable Product Life Cycles, Springer, Berlin, 2009.
- [Penrose 1959] Penrose, E.: The Theory of the Growth of the Firm, New York, John Wiley and Sons, 1959
- [Regenfelder 2011] Regenfelder, Max (2011): Business Models on the Limits to Growth – Impacts on Manufacturing? Proceedings of Management of Technologies - Step to Sustainable Production (MOTSP) 2011, Bol, Croatia, June 08–10, S. 451–459.
- [Regenfelder & Slowak 2013] Regenfelder, Max; Slowak, André P. (2013): Does Industry Close the Loop? – The Case of Selected Technology Metals; Proceedings of Management of Technologies – Step to Sustainable Production (MOTSP) 2013, May 29–31, Novi Vinodolski, Croatia
- [Rennings 2000] Rennings, K. (2000) 'Redefining Innovation: Eco-innovation Research and the Contribution from Ecological Economics', Ecological Economics, Vol. 32 No. 2, pp.319–332.
- [Sander 2009] Sander, K.: Klimaschutz und Ressourcenschonung durch Wiederverwendung von Elektroaltgeräten, Ökopol. Berlin, 2009.
- [Schumpeter 1934] Schumpeter, J. A. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. Cambridge, Harvard University Press, 1934.
- [Slowak & Regenfelder 2014] Slowak, André P.; Regenfelder, Max (2014): Creating Value, not Wasting Resources: Sustainable Innovation Strategies, World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development, im Druck.
- [Steinhilper 1999] Steinhilper, R.: Produktrecycling; Vielfachnutzen durch Mehrfachnutzung. Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 1999.
- Stöltzing, W. Lebenszyklusorientierte Planung von Remanufacturing-Systemen für elektr(on)ische Investitionsgüter. VDI Verlag, Düsseldorf, 2006)
- [UNEP & TU Delft 2006] UNEP and TU Delft (2006) Design for Sustainability: A Practical Approach for Developing Economies, Report, Nov 2006, Paris, Delft and Bonn (http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0826xPA-D4_SapproachEN.pdf).
- [US Department of Commerce 2010] US Department of Commerce (2010) Measuring the Green Economy, Report, Apr 2010.
- [USGS 2013] USGS. Mineral Commodity Summaries 2013. Reston, Virginia, 2013.
- [VDI 2010] Deutsches Institut für Normung (2010): VDI-Richtlinie: VDI 2343, Blatt 2, Recycling elektrischer und elektronischer Geräte – Logistik. Beuth Verlag, Berlin.
- [VDI 2012] VDI (2012): Portal für Ingenieurinnen und Ingenieure. Verein Deutscher Ingenieure, VDI, Düsseldorf.
- [VDI 2013] VDI (2013) Richtlinie VDI 2343 Recycling elektr(on)ischer Geräte – Blatt 7 Re-Use (Gründruck). Berlin, VDI and Beuth
- [Wirtz 2011] Wirtz, B.; (2011): Business Model Management: Design – Instruments – Success Factors, Gabler Verlag, Wiesbaden.
- [WWF 2012] WWF. Living Planet Report 2012: Biodiversity, Biocapacity and Better Choices. Gland, European Space Agency (ESA), Global Footprint Network, World Wildlife Fund (WWF) and Zoological Society of London, 2012.
- [Xerox 2012] Xerox (2012) 2012 Environment, Health and Safety Report. Xerox Corporation, Norwalk.

Anmerkung

- 1 Der Marktlebenszyklus stellt den zeitlichen Verlauf eines gesamten Marktes in den Vordergrund. Der Marktlebenszyklus ergibt sich aus der Addition der spezifischen Produktlebenszyklen. Der Lebenszyklus eines Marktes lässt sich in die vier Phasen Entstehungsphase, Wachstumsphase, Reifephase und Abschwungphase gliedern. Vgl. <http://www.marketinglexikon.ch>

Kontakt:

Dr. Ralf Brüning

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

Dipl.-Betriebswirt Stefan Ebelt

EDV & Unternehmensberatung
Am Forstacker 7a · D – 13587 Berlin
Tel. 030.336 05 37 · Fax: - 333 09 953
eMail: Info@Ebelt-Beratung.de · Internet: <http://www.ebelt-beratung.de/>

Dipl.-Oec. Max Regenfelder

Graduate School of Excellence for advanced Manufacturing Engineering (GSaME)
Universität Stuttgart
Nobelstr. 12 · D-70569 Stuttgart
Tel. 0711.685-83547
eMail: max.regenfelder@gsame.uni-stuttgart.de
Internet: <http://www.gsame.uni-stuttgart.de>

Anzeige

Kreislaufwirtschaft - Kommunen in der Verantwortung

Fachtagung anlässlich des 10-jährigen Bestehens des team orange

2. - 3. Juli 2014, Würzburg

Veranstalter: ia GmbH - Wissensmanagement und Ingenieurleistungen

Lipowskystraße 8, D-81373 München

Tel. 089.1891787-0, Fax: -189 17 87-29

eMail: info@ia-gmbh.de, Internet: www.forumZ.de und www.ask-eu.de