



Factsheet 6

Nachhaltige Produktion von Mobiltelefonen

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2012

Zukunftsprojekt
ERDE

Ausgangslage – Rohstoffquelle Handy

Für die Produktion jedes Mobilfunkendgeräts (wie Handy oder Smartphone) werden u.a. wertvolle Rohstoffe wie Edelmetalle oder „Seltene Erden“ benötigt. Laut aktueller Schätzung des BITKOM liegen derzeit ca. 83 Millionen nicht mehr benötigte Handys in Deutschlands Schubladen. In jedem zweiten Haushalt gibt es zumindest ein altes Handy, 12% der Befragten besitzen sogar zwei ungenutzte Handys, 7% haben drei Alt-Handys. Bei 8% der Deutschen werden sogar vier oder mehr ungenutzte Mobiltelefone aufbewahrt. Trotz Einführung des Elektro- und Elektronikgeräte-Gesetzes 2005 und der Verpflichtung, Handys nicht in den Hausmüll zu werfen, sind die Rücknahmequoten von Handys sehr gering. Metall-Recycling in hoch spezialisierten Metallschmelzen ist bereits möglich, weitere Recyclingtechnologien, insbesondere zur Rückgewinnung von Seltenen Erden, müssen (weiter-)entwickelt werden. Das öffentliche Bewusstsein für die „Rohstoffquelle“ Handy und die Bedeutung des „Urban Mining“ befindet sich noch in den Anfängen.

→ Handy-Recycling / gesetzliche Grundlagen (siehe Factsheet 14)

Der weltweite Bedarf an natürlichen Ressourcen

Die steigende Nachfrage auf den globalen Rohstoffmärkten durch das Wachstum der Weltbevölkerung und den steigenden Konsum von Produktionsgütern auch in den Schwellenländern, verstärkt den ohnehin zunehmenden weltweiten Bedarf an natürlichen Ressourcen. Dem steht die stetige Abnahme der Verfügbarkeit natürlicher Vorkommen gegenüber. Ressourcen unterliegen einer absoluten Begrenztheit - und auch wenn diese Grenzen noch nicht erreicht sind, spielen insbesondere die kurzfristige und verlässliche Verfügbarkeit der Ressourcen für die Produktion sowie kalkulierbare Preisschwankungen eine wichtige Rolle. Versorgungsengpässe, die durch Preisvolatilitäten und mangelhafte Erschließung ausgelöst werden, können ganze Wertschöpfungsketten gefährden. Ein nachhaltiger Lösungsansatz hinsichtlich dieser Problematik ist eine Steigerung der Ressourceneffizienz in allen Bereichen der Wertschöpfungskette - von der Produktgestaltung über die Produktion bis zum Recycling.

→ Ressourcen- und Energieverbrauch im Kontext der Nachhaltigkeit (siehe Factsheet 1)



Nachhaltige Produktion von Mobiltelefonen

Ein sehr anschauliches Beispiel ist das der globalisierten Mobiltelefonproduktions- und -lieferkette. So besteht ein Gerät aus über 60 Stoffen – mehr als die Hälfte des gesamten Periodensystems (siehe Abb. 1). Zwar kommen in jedem einzigen Mobiltelefon nur eine geringfügige Masse von seltenen Metallen zur Verwendung, beachtet man jedoch, dass 2010 weltweit 1,6 Milliarden Endgeräte verkauft wurden (Gartner 2011), so ergibt sich eine beachtliche Menge an verwendeten Metallen. In 1 Milliarde Handys stecken 27t Gold, 500t Silber, 15t Palladium oder aber auch 4.000t Kobalt (Reller et al. 2009, Hagelüken 2011 (Daten wurden basierend auf UNEP 2006 erstellt bzw. nach USGS 2010 aktualisiert)). Ausmaße aufgrund derer eine nachhaltige Benutzung und Erwirtschaftung seltener Metalle zwingend in den Fokus rücken müssen, denn diese Metalle werden nicht selten unter menschenunwürdigen Bedingungen und zum Schaden der biologischen Vielfalt abgebaut.

Abb. 1 Elemente aus dem Periodensystem, die in einem Mobiltelefon enthalten sind

■ In einem Mobiltelefon enthaltene Elemente

H																			He
Li	Be										B	C	N	O	F				Ne
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl				Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
Cs	Ba	La-Lu		Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub								Uuq

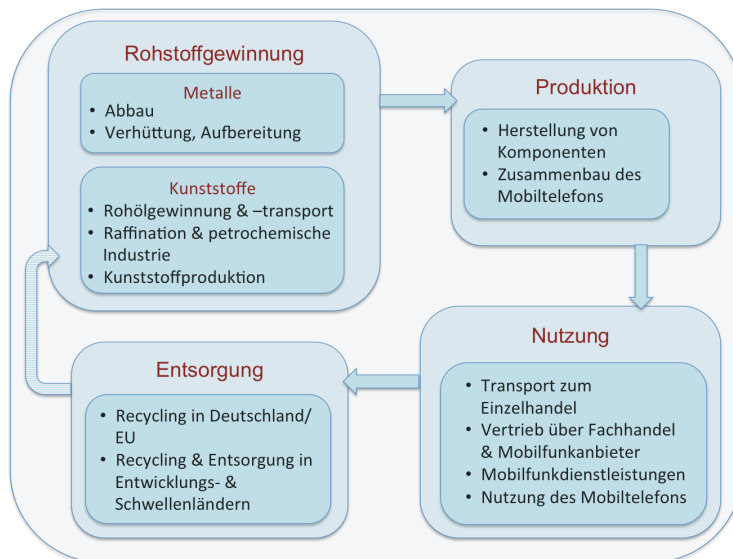
Quelle: Nach Hagelüken 2011

Fakten zur Ressourcenintensität von Mobiltelefonen innerhalb der Lebenszyklusphasen

Mit der Nutzung von Produkten und Dienstleistungen sind viele Aktivitäten verbunden. Sie reichen von der Rohstoffgewinnung, Produktentwicklung, den verschiedenen Stufen der Bearbeitung und Verarbeitung bis zu den Entsorgungsprozessen nach dem Gebrauch des Produktes.



Abb. 2 Der Lebenszyklus eines Mobiltelefons



Quelle: Wuppertal Institut

In allen Phasen des Lebenszyklus des Produktes Mobiltelefon werden Ressourcen verbraucht:

Rohstoffgewinnung

Bei Mobiltelefonen ist die Gewinnung von Edelmetallen und anderen seltenen oder Sondermetallen als besonders ressourcenintensiv bezüglich abiotischer Materialien, Energie und Wasser zu nennen (UBA 2009). Anteilig enthalten Mobiltelefone weniger Stahl und mehr Kunststoff, welcher weniger energieaufwändig in der Herstellung ist (Nokia 2001, Reller et al. 2009).

Mobiltelefone bestehen durchschnittlich zu ca. 50 % aus Kunststoffen, ca. 28 % steuern verschiedene Metalle bei (davon 15 % Kupfer, weitere Metalle sind Kobalt oder Lithium, Eisenmetalle, Nickel, Zinn, Zink, Silber, Chrom, Tantal, Cadmium, Blei), ca. 15 % sind Glas und Keramik. Dazu kommen ca. 4% Carbon und ca. 3 % andere Stoffe, darunter sind mit weniger als 0,1 % Antimon, Gold und Beryllium (Reller et al. 2009). Insgesamt kommen etwa 60 verschiedene Stoffe in einem Mobiltelefon vor.

Verarbeitung

Bei Mobiltelefonen ist die Produktion von Chips und Leiterplatten besonders ressourcenintensiv und umweltverschmutzend bezüglich des Einsatzes von Chemikalien und seltenen Metallen, Wasser und Energie und dem Anfallen von Abfällen und Emissionen. Nach den Angaben von Williams et al. (2002) berechnet, werden für die Produktion von ca. 38,5 g Chips und Leiterplatte eines Handys ca. 26,3 kg Materialien (u.a. fossile Brennstoffe, Chemikalien, Kupfer, Silikon, seltene Metalle) benötigt (Tan 2005). Die Produktion von Leiterplatten und Chips ist für 40-50 % der Umweltbelastung in der Produktionsphase verantwortlich, vor allem durch Energieverbrauch, Chemikalieneinsatz und die Gewinnung von Gold und Silber. Der Transport der elektronischen Komponenten (größtenteils von Südostasien nach Nordeuropa) steuert 18-25 % bei.



Nutzung

Der Ressourcenverbrauch von Mobiltelefonen in der Nutzungsphase beschränkt sich im Wesentlichen auf den Energieverbrauch. Der Energieverbrauch eines Mobiltelefons ist aufgrund seiner kurzen Nutzungsphase gegenüber dem Energieverbrauch der Produktionsphase weniger relevant. Jedoch fällt während der Nutzungsphase ein zusätzlicher Energieverbrauch durch das Mobilfunknetzwerk (bestehend aus Basisstationen, Antennen, Vermittlungsstellen, Leitungssystem) an, wodurch die Nutzungsphase ökologisch ins Gewicht des Lebenszyklus fällt.

Alle Mobiltelefone in Deutschland verbrauchten 2007 zusammen 322,1 GWh/Jahr. Bei 97,4 Millionen Mobiltelefonen in deutschen Haushalten entspricht das etwa 3,3 kWh/Jahr für jedes Mobiltelefon, zuzüglich 31,9 kWh/Jahr pro Mobiltelefon für die Mobilfunkinfrastruktur.

Entsorgung

65-80 % eines durchschnittlichen Mobiltelefons sind recycelbar. In der Regel findet eine Rückgewinnung der Metalle bei teilweise energetischer Nutzung des Kunststoffes statt. Durch Recycling ergeben sich für den Wasser- und Energieverbrauch positive Bilanzen, da weniger Wasser und Energie verbraucht werden als bei einer Neugewinnung der gleichen Materialmenge. Problematisch ist, dass anscheinend nur ein kleiner Anteil der nicht mehr benutzten Mobiltelefone recycelt wird und die Entsorgung in Schwellenländer verlagert wird; insbesondere in Schwellenländern geht das Recycling und die Entsorgung oft mit signifikanten Umweltbelastungen einher.

Allgemein sind die High-Tech Geräteteile schwer zu recyceln. Die Vielfalt und eingeschränkte Trennbarkeit der Materialien erschwert das Recycling, ebenso die dissipative Verwendung (in kleinen Mengen über das Produkt verteilt) der Edel- und Sondermetalle (UBA/BMU 2006; Nokia 2001). Insbesondere der Kunststoffanteil ist nur eingeschränkt recyclefähig. Wegen Kontamination durch andere Materialien (Nokia 2001) ist häufig nur ein Downcyclen oder die energetische Nutzung für das Recyclen der Metalle möglich (Hagelücken 2011).

Nachhaltige Produktion von Mobiltelefonen durch Steigerung der Ressourceneffizienz

Ressourceneffizienz ist einer der großen Megatrends des 21. Jahrhunderts. Praktische Ressourcenknappheit, steigende Ressourcenkosten und nachhaltig ausgerichtetes Wirtschaften sind die Gründe für eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema Ressourceneffizienz. Hierbei geht es nicht nur um eine ressourcenschonende Produktion, sondern auch um möglichst ressourcenschonende Lebenszyklen und Wiederverwertung.

Eine große Herausforderung dabei: Wer herausfinden will, wie effizient etwa ein Mobiltelefon hergestellt wurde, der muss weit verzweigte und vielfach undurchsichtige Wertschöpfungsketten ins Visier nehmen: Wie viel Energie und Wasser wurden verbraucht, um das enthaltene Gold oder Kupfer zu gewinnen? Wie viel recyceltes Indium wurde benutzt? Und wie ist das alles in den Laden transportiert worden? Das Thema ist also komplex.

Zur Steigerung der Ressourceneffizienz sollte ein breiter strategischer Ansatz mit einem Instrumentenmix gefahren werden und Ansatzpunkte innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette identifiziert und mit Strategien und Maßnahmen adressiert werden.



Produktdesign

Bei Mobiltelefonen lassen sich Ressourcen durch entsprechendes Design einsparen. Ein Großteil der Umweltbelastungen werden schon bei der Gestaltung des Produkts festgelegt. Nur wenn beim Design die Wiederverwertung, aber auch material- und energiesparende Herstellungsverfahren mitgedacht werden, funktioniert auch der Kreislauf ressourcenschonender Herstellung, Verwendung und Wiederverwertung von materiellen Gütern und Produkten. Wichtige Schritte für ein ökologisches Design sind die Beschreibung der Kundenwünsche und die Suche nach möglichst entmaterialisierten Lösungen bezogen auf den gesamten Lebenszyklus (d.h. inkl. Kaskadennutzung, Vordenken von Weiter-, Wiedernutzungs- und Recyclinglösungen).

Längere Nutzungsdauer

Ressourceneffizienzpotenziale lassen sich auch durch eine längere Nutzungsdauer realisieren. Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Handys liegt heute bei nur 18 bis 24 Monaten, obwohl die meisten Geräte noch länger funktionieren würden. Es zählt nicht die Langlebigkeit und Robustheit eines Mobiltelefons, weil sich jeder mit der nächsten Vertragsverlängerung ein neues Handy subventionieren oder „schenken“ lassen kann – oft schon Monate vor Vertragsende. Es gibt aber auch Angebote, die es interessant machen, ein Handy länger zu nutzen als nur zwei Jahre. So bieten einige Mobilfunkanbieter wie bspw. die Telekom den Kunden, die bei einer Vertragsverlängerung kein neues Handy wünschen, stattdessen eine Gutschrift an. Wichtig: Ein Handy, das zwei Jahre genutzt wird kann z.B. nur dann ressourceneffizienter sein wie eines, das sechs Jahre genutzt wird, wenn der Ressourcenaufwand für dessen Produktion weniger als ein Drittel des anderen beträgt.

Einfache Varianten von Mobiltelefonen

Es lassen sich auch reduzierte Varianten von Mobiltelefonen, d.h. Telefone ausschließlich mit den notwendigen Basisfunktionen realisieren (z.B. „Rentnertelefon“). Ansätze für ein Null-Energie-Handy durch den Einsatz von Human-Energy-Harvesting-Methoden (diese nutzen den menschlichen Körper als primäre Energiequelle) sind noch im Entwicklungsstadium.

Nutzung als Smartphone

Ein großes Einsparpotenzial liegt in der Ausstattung und „Allround-Fähigkeit“ von Smartphones, wenn andere Geräte mit ähnlichen Funktionen (Kamera, Navigationsgerät, MP3-Player, etc.) dadurch abgelöst und somit der Konsum insgesamt durch weniger Geräte reduziert werden kann.

Optimierung von Recyclingstrukturen

Die Entsorgung von Mobiltelefonen erweist sich im Hinblick auf die Ressourceneffizienz bislang aus mehreren Gründen als problematischster Teil des Lebenszyklus. Handys werden aus Bequemlichkeitsgründen entweder gar nicht oder über den Hausmüll entsorgt und damit häufig einer energetischen Verwertung zugeführt anstatt stofflich verwertet bzw. weiter- oder wiederverwendet zu werden. Das Thema Recycling ist in diesem Zusammenhang von grundsätzlicher Bedeutung für die Umsetzung von Ressourceneffizienz und hat design-, verfahrens- und nutzerbezogene Dimensionen. Das Recycling von Metallen ist in vielen Industriezweigen mit großen Massenströmen eine etablierte Praxis. Im Falle der IKT-Industrie sind die Herausforderungen aufgrund der dissipativen Verteilung der eingesetzten Metalle in einzelnen Bauteilen oder vielen miniaturisierten Produkten größer. Zudem ändert sich die stoffliche Zusammensetzung der Komponenten und Bauteile rasch. Diese Entwicklung



könnte sich aufgrund immer kürzerer Produktzyklen noch verstärken. Zur Wiedergewinnung dieser Stoffe müssen Recyclingtechniken entwickelt und eingesetzt werden, die auf eine effiziente Rückgewinnung der Edelmetalle ausgerichtet sind. In der Verbesserung der Sammelinfrastruktur liegt ein weiterer zentraler Schlüssel zur Steigerung der Recyclingmengen. Hier müssen besonders für kleine IKT-Produkte geeignete Sammelstrukturen gefunden werden. Ein Lösungsansatz hierfür könnten von den Herstellern initiierte Leasing- oder Rücknahmemodelle darstellen, die der Industrie Zugriffsoptionen auf im Produkt enthaltene Rohstoffe sichern und das Prinzip der Produktverantwortung stärken.

Nachhaltigkeitsorientierte ganzheitliche Managementsysteme

Um die Ressourceneffizienzpotenziale zu heben und den Marktinstabilitäten bei seltenen Metallen entgegen wirken zu können, ist ein gezieltes Ressourcenmanagement notwendig – vom Design der IKT-Produkte, das die Weiter- und Wiedernutzungsoption am Ende des Lebenszyklus mit bedenkt, bis zu völlig neuen Nutzungskonzepten. Dabei sind auch IT-typische Fragestellungen wie Datensicherheit zu berücksichtigen, da diese für die Akzeptanz wesentlich sind. Die Wirkung kann sehr hoch sein mit einem starken positiven Effekt, wenn der Ressourcenverbrauch als strategische Stellgröße – in Unternehmen und Wertschöpfungskette – identifiziert wird und die Integration der Managementsysteme erfolgreich ist.

Bewusstseinswandel bei den Anwendern

Die Förderung eines Bewusstseinswandels bei den Anwendern der Produkte und Dienstleistungen scheint auch eine aussichtsreiche Strategie, um Ressourceneffizienz zu erhöhen. Da spielt nicht nur eine längere Nutzungsdauer eine Rolle. Im privaten Umfeld gibt es einige Einsparmöglichkeiten. Nach Schätzungen von Herstellern werden rund zwei Drittel der durch Mobiltelefone verbrauchten Energie verschwendet: Häufig werden die Netzteile stundenlang in der Steckdose belassen, obwohl das Gerät längst aufgeladen ist (zum Stromverbrauch von Ladegeräten siehe Walser 2005).

Technologische Innovationen

Technologische Innovationen sind Basis eines intelligenten Ressourceneinsatzes – auch in der Mobilfunkbranche. Deshalb muss die Politik Impulse setzen, um ökologische Innovationen, z.B. bei der Handyproduktion oder den angeschlossenen Produkten (z.B. Universal Charging Solution für Handys) anzustoßen.

Dafür bedarf es deutlich höherer Investitionen in die Grundlagenforschung und gezielter Förderung der Anwendungsentwicklung. Auch Innovationsnetzwerke, vor allem zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, in Form von vorwettbewerblicher Kooperation zwischen Unternehmen, sollten verstärkt unterstützt werden. Unerlässlich ist in jedem Fall eine bessere und umfassende Abstimmung von Politik und Wirtschaft: Hier könnten z.B. Roadmaps sinnvoll sein, in denen konkrete Handlungsstrategien (z.B. für die schnellere Markteinführung von Technologien) fixiert werden.

Substitution von Metallen

Suche nach Substituten: Einer der wirkungsvollsten, aber auch am schwierigsten zu realisierenden Lösungsansätze ist die Substitution seltener Metalle durch umweltgerechtere und besser verfügbare Materialien. So wurde beispielsweise Tantal, welches lange Zeit Voraussetzung für die Herstellung mikroelektronischer Kondensatoren war, aufgrund starker Preissteigerungen, kurzfristig durch Niob ersetzt. Dieses wurde aufgrund geringerer Nachfrage zeitweise zu niedrigeren Preisen angeboten.



Eine andere Alternative stellen so genannte Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) dar, die Mehrlagenschaltungen auf der Basis von gesinterten Keramikträgern ermöglichen.

Standardisierung

Standardisierung von externen Netzteilen und Batterieladegeräten (Universal Charging Solution für Handys): Durch eine Standardisierung dieser Geräte können erhebliche Potenziale zur Materialeinsparung erreicht werden. Standardisierte Geräte können über die Lebensdauer der zugehörigen IKT-Geräte hinaus genutzt werden. Außerdem können Sie für mehrere Endgeräte gleichzeitig verwendet werden.

Grüne Handys

Umweltfreundliche Mobiltelefone gibt es bisher noch wenige. Die deutschen Anbieter begründen dies mit fehlender Nachfrage. Dabei sind die Möglichkeiten zu umweltgerechterer Konstruktion und Nutzung vielfältig. Angefangen von Gehäusebauteilen aus Recyclingmaterialien über energiesparende Displays, reduzierten Papierverbrauch durch eingesparte Betriebsanleitungen (die Anleitung wird auf dem Mobiltelefon gespeichert), wasserbasierte Lackierungen und energiesparende Netzteile bis hin zu einer weiter verbesserten Entsorgung.

Literatur und Links

- Bienge, K. / Kennedy, K. / Kristof, K. / Geibler, J. v. (2010): Spezifische Politikansätze zur Ressourceneffizienzsteigerung von IuK-Produkten. Paper zu Arbeitspaket 4.3 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess) (auf: ressourcen.wupperinst.org).
- Gartner (2011): Gartner says worldwide mobile device sales to end users reached 1.6 billion unites in 2010; smartphone sales grew 72% in 2010, Pressemitteilung vom 09.02.2011 (auf: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1543014>).
- Hagelücken, C. (2011): Recycling von Handys – Kreislaufwirtschaft der Edel- und Sondermetalle. Umicore, Hanau.
- Kristof, K. / Liedtke, C. / Lemken, T. / Baedeker, C. (2007): Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik: Kostensenkung, Rohstoffsicherheit, Arbeitsplätze und Umweltschutz. Hintergrundpapier für die zweite Innovationskonferenz des Bundesumweltministeriums "Ressourceneffizienz - Strategie für Umwelt und Wirtschaft", Berlin, 31. Oktober 2007, Wuppertal (auf: ressourcen.wupperinst.org).
- Lemken, T. / Meinel, U. / Liedtke, C. / Kristof, K. (2010): Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnaher Instrumente. Feinanalysepaper für die Bereiche Innovation und Markteinführung. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess). Wuppertal (auf: ressourcen.wupperinst.org).
- Nokia (2001): Insight: Environmental Report of Nokia Corporation 2000.
- Nokia (2008): Environmental Report 2008. (auf: <http://www.nokia.com/environment/our-responsibility/environmental-report-2008/2008-in-short>.)
- Reller, A. / Bublies, T. / Staudinger, T. / Oswald, I. / Meißner, S. / Allen, M. (2009): The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator. GAIA 18 (2): S.127-135.
- Tan, K. C. N. (2005): Life cycle assessment of a mobile phone. Dissertation towards the degree of Bachelor of Engineering, University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying (auf: <http://eprints.usq.edu.au/499/1/KevinChinNingTAN-2005.pdf>).



Nachhaltige Produktion von Mobiltelefonen

- UBA (Hg.) (2007): Seltene Metalle. Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan, Umweltbundesamt, Dessau.
- UBA (Hg.) (2009): Computer, Internet und Co – Geld sparen und Klima schützen. Broschüre, Umweltbundesamt, Bonn.
- UBA (Hg.) (2010): Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. Texte, Nr. 11/2010, Dessau-Roßlau.
- UBA / BMU (Hg.) (2006): Herausforderung Ressourceneffizienz - Informations- und Kommunikationstechnik als Innovationschance. Sonderveröffentlichung der Zeitschrift Ökologisches Wirtschaften im Rahmen des nationalen Dialogprozesses zur Förderung nachhaltiger Konsum und Produktionsmuster, München. (auf: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/uba_ressourceneffizienz.pdf)
- UNEP (United Nations Environmental Programme) (2006): Cell phone composition. UNEP/GRID-Arendal maps and graphics library. (auf: http://maps.grida.no/go/graphic/cell_phone_composition (accessed May15, 2009).
- USGS (U.S. Geological Survey) (2010): Mineral commodity summaries 2010: U.S. Geological Survey, Washington.
- Walser, A. (2005): Mobiltelefone im Spannungsfeld von sozialökologischen Problemen und Kundenbedürfnissen in: Belz, F.-M. / Bilharz, M. (Hrsg.), Nachhaltigkeits-Marketing in Theorie und Praxis, Deutscher Universitäts-Verlag. (auf: http://www.food.wi.tum.de/fileadmin/w00bge/www/Artikel/Belz-Bilharz_NM_2005.pdf#page=219)
- Williams, E.D. / Ayres, R.U. / Heller, M. (2002): The 1,7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices. In: Environmental Science & Technology, 36 (24), S. 5504-5510.

GEFÖRDERT VOM



Forschungs- und Kommunikationsprojekt zur Rückgabe und Nutzung gebrauchter Handys im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2012 – Zukunftsprojekt ERDE



Projektleitung: Dr. M. J. Welfens



Projektteam: J. Nordmann, Dr. O. Stengel, K. Bienge, K. Kennedy, T. Lemken, A. Seibt, E. Alexopoulou
Layout: J. Nordmann, P. Oettershagen

Dezember 2013

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Döppersberg 19, 42103 Wuppertal