

Status des Projekts Best of two worlds – Beispiel Ägypten

Georg Mehlhart, Matthias Buchert und Daniel Bleher

1.	Wirtschaftliche und politische Situation in Ägypten	120
2.	Ausgangssituation im Sektor Elektronik- und Elektro-Schrott sowie Altfahrzeuge	121
2.1.	Informelle Strukturen für Reparatur, Wiedernutzung und Recycling von WEEE	122
2.2.	Registrierte Firmen im Bereich für Reparatur, Wiedernutzung und Recycling von WEEE	123
2.3.	Sammlung und Recycling von Bleibatterien	123
2.4.	Altfahrzeuge in Ägypten	124
3.	Abschätzungen und Prognosen zum Altgeräteaufkommen	125
4.	Wissenstransfer und Handelskontakte im Verlauf des Projektfortschrittes	127
4.1.	Wirtschaftliche sinnvolle Zerlegungstiefe	127
4.2.	Handelskonditionen	128
4.3.	Identifizierung von Entsorgungsmöglichkeiten für Fraktionen mit negativem Wert	129
4.3.1.	Entsorgungsmöglichkeiten für CRT Glas	129
4.3.2.	Leuchtstoffröhren	130
4.3.3.	Entsorgungsmöglichkeiten für Kunststoffe	130
4.3.4.	Finanzierung der Fraktionen mit negativem Wert	131
5.	Zusammenfassung und Ausblick	131
6.	Literatur	133

Während die Entsorgungsprobleme von schadstoffhaltigen Abfällen in den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern weiterhin ungelöst sind, beinhalten viele dieser Abfälle auch wertvolle und kritische Metalle, deren Recyclingpotenzial oft noch nicht optimal genutzt wird. Hinzu kommt, dass die oft unsachgemäßen Recyclingpraktiken im informellen Sektor mit teilweise extremen Belastungen für die Umwelt und die betroffenen Arbeitskräfte einhergehen.

Das Projekt *Globale Kreislaufführung strategischer Metalle: Best-of-two-Worlds Ansatz (Bo2W)* wird im Rahmen des BMBF-r³-Programms seit Juni 2012 gefördert. In diesem Rahmen soll untersucht werden, ob für das Recycling von Elektro- und Elektronik-

Altgeräten (WEEE) sowie Altfahrzeugen (ELV) eine ökonomisch tragfähige und ökologisch sinnvolle Kooperation zwischen Ägypten und den hochtechnologischen metallurgischen Aufbereitungsanlagen in Europa möglich ist.

Es geht dabei keineswegs darum illegale Exporte von gefährlichen Abfällen von Europa nach Afrika zu rechtfertigen oder zu legalisieren. Im Gegenteil. Vielmehr bestätigen die durchgeführten Untersuchungen, dass in den Pilotländern selbst ausreichend Produkte nach einer lokalen Nutzungsphase anfallen (EoL Produkte), die bereits einen unregelmäßig umfangreichen Recyclingsektor versorgen. Im vorliegenden Projekt werden die ökonomischen und ökologischen Bedingungen für eine Kooperation im Sinne des Bo2W-Ansatzes untersucht und Schlussfolgerungen für künftige, für beide Seiten tragfähige, Kooperationen gesucht.

Der Bo2W-Ansatz geht dabei von der Arbeitshypothese aus, dass durch gezieltere Zerlegung von WEEE sowie ELV bessere Erlösmöglichkeiten für Unternehmen in den Entwicklungs- und Schwellenländern möglich sind. Durch diese verbesserten Erlösmöglichkeiten und die direktere Verknüpfung mit den europäischen hochtechnologischen metallurgischen Aufbereitungsanlagen soll es zudem ermöglicht werden, dass sich a) die Umweltbedingungen und Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten in den Zielländern und b) die Wiedergewinnungsraten von wertvollen Rohstoffen gegenüber dem derzeitigen Vorgehen verbessern [3].

Das Projektkonsortium wird vom Öko-Institut e.V. geleitet und umfasst die Industriepartner Umicore, Johnson Controls und Vacuumschmelze. Vor Ort sind die Partner City Waste Recycling Ltd. (Ghana) und CEDARE (Ägypten) mit der Durchführung betraut. Der generelle Ansatz des Projektes wurde 2013 vorgestellt [3]; 2014 wurde über den Projektfortschritt in Ghana berichtet [5].

1. Wirtschaftliche und politische Situation in Ägypten

Ägypten ist der größte der afrikanischen Mittelmeeranrainer-Staaten mit über 82 Millionen Einwohnern, wovon etwa 43 Prozent in urbanen Siedlungsgebieten leben, davon allein im Bereich Großbezirk Kairo etwa 18 Millionen, womit Kairo zu den klassischen Mega Cities der Welt gehört. Das Bevölkerungswachstum für ganz Ägypten liegt bei knapp unter zwei Prozent pro Jahr, etwa 44 Prozent der Einwohner sind unter zwanzig Jahre. Das Bruttoinlandsprodukt liegt bei etwa 6.600 US-Dollar pro Kopf und das Wirtschaftswachstum lag 2012 bei etwa zwei Prozent und somit nicht deutlich über dem Bevölkerungszuwachs [4]. Aufgrund seiner überragenden regionalen Bedeutung wurde Ägypten vom Projektkonsortium als Pilotland für Nordafrika ausgewählt.

In der Endphase der Antragstellung für das Projekt im Jahr 2011 wurde deutlich, dass in Ägypten unruhige Zeiten bevorstehen. Mögliche Ersatzländer in Nordafrika/Naher Osten wurden daraufhin erwogen, aufgrund der besonderen Bedeutung Ägyptens als regionales Ankerland aber nicht weiter verfolgt. Tabelle 1 zeigt einen Überblick über den Ablauf der politischen Ereignisse in Verbindung mit Meilenstein-Terminen des Projektes in Ägypten.

Unabhängig von den politischen Randbedingungen konnten durch die gute Kooperation mit dem lokalen Partner, dem Center for Environment and Development for the Arab Region and Europe (CEDARE)¹ in jeder Projektphase die notwendigen Kontakte zu Regierungs- und Verwaltungsebene sowie den im Sektor aktiven Interessenvertretern hergestellt werden.

Datum	Ereignis
25.01.2011	Beginn der Revolution
11.02.2011	Mubarak tritt zurück
28.02.2011	<i>Bo2W: Projektskizze eingereicht</i>
19.03.2011	Verfassungs-Referendum
28.11.2011	Wahlen zum Parlament
14.04.2012	<i>Bo2W: Bewilligungsbescheid</i>
24.06.2012	Mursi zum Präsidenten gewählt
17. bis 22.11.2012	<i>Bo2W: 1. Projektwoche in Ägypten</i>
22.11.2012	Mursi entzieht seine Dekrete der Gerichtsbarkeit
05.12.2012	Massive Proteste und Gewaltakte in ganz Ägypten
11. bis 17.05.2013	<i>Bo2W: 2. Projektwoche in Ägypten</i>
30.06.2013	Massive Proteste gegen Mursi
03.07.2013	Amtsenthörung von Mursi durch das Militär
27.11.2013	<i>Bo2W: International Progress Meeting in Belgium</i>
19.01.2014	Verabschiedung einer neuen Verfassung
26.05.2014	Sisi zum Präsidenten gewählt
22. bis 27.11.2014	<i>Bo2W: 3. Projektwoche in Ägypten</i>
März/April 2015	Parlamentswahlen in Ägypten

Tabelle 1:

Zeitlicher Ablauf der politischen Ereignisse in Ägypten in Relation zum Projektverlauf

2. Ausgangssituation im Sektor Elektronik- und Elektro-Schrott sowie Altfahrzeuge

Im Vergleich zu Ghana [5] wurde für Ägypten ein anderer Zugang gewählt um die Rahmenbedingungen zu erfassen. In Ghana ist der Projektpartner City Waste Recycling Ltd., ein KMU, das unmittelbar im Sektor als Entsorger/Verwerter tätig ist. City Waste Recycling Ltd. hat bereits in vorherigen und auch in anderen parallel verlaufenden Projekten mit europäischen Partnern zusammengearbeitet. In Ägypten war zu Projektbeginn ein solcher Marktzugang noch nicht vorhanden. In den ersten Schritten war es daher zunächst erforderlich einen Überblick über die Akteure und Interessengruppen zu erhalten. In diesem Zusammenhang wurden auch detaillierte Informationen zu bestimmten Aufbereitungsanlagen (z.B. Bleischmelzen für Sekundärblei) von CEDARE zusammengestellt und einzelne Anlagen (Bleischmelzen, Kupferschmelzen) auch besichtigt.

In [4] ist diese entsprechende Ausgangssituation im Detail dargestellt. Demnach stellt sich die Situation in groben Zügen wie folgt dar.

¹ CEDARE wurde 1992 gegründet als internationale zwischenstaatliche Organisation mit diplomatischem Status und hat seinen Sitz in Kairo.

2.1. Informelle Strukturen für Reparatur, Wiedernutzung und Recycling von WEEE

Die wesentlichen Aktivitäten finden im informellen Sektor statt. In Kairo gibt es z.B. vier große öffentliche Märkte auf denen gebrauchte Elektro- und Elektronik-Produkte sowie die entsprechenden Ersatzteile gehandelt werden. Darüber hinaus gibt es spezielle Straßen in denen sich die Reparaturwerkstätten und Gebrauchthändler konzentrieren.

An diesen Stellen fallen aber auch entsprechend konzentriert die nicht mehr verkäuflichen Rest-Posten an und werden von entsprechenden Abfallhändlern aufgekauft. Die Aufkäufer beliefern wiederum einerseits spezialisierte Reparaturwerkstätten und andererseits entsprechende Großhändler für WEEE bzw. Reststoffe. Die Reststoffe werden separiert als metallene Computergehäuse und Komponenten sowie Stahlschrotte aus weißer Ware (wobei Edelstahl getrennt erfasst wird), Aluminium- und Kupferschrotte, PWBs, Festplatten sowie auch Kunststoffe als Gemische oder andere Qualitäten. Offenbar werden auch gebrauchte Röhrenbildschirme/Röhrenfernseher gehandelt, entweder zur Reparatur oder eben auch als EoL für den Kupfergehalt.

Bezüglich der Edelmetalle ist bekannt, dass vor allem die Prozessoren von den PWBs entfernt werden und die Edelmetalle (v.a. Gold) in offenbar kleinen Anlagen nasschemisch abgetrennt werden. Bezüglich der (*beraubten*) PWBs sind offenbar Wege und Möglichkeiten vorhanden diese zu exportieren. Nach den uns vorliegenden Berichten wurden diese Chargen in 2012 offenbar überwiegend nach Südostasien exportiert.

Hinsichtlich der Massenmetalle wurde uns zudem berichtet, dass der informelle Sektor regelrechte Börsen betreibt über die die tägliche Preisfindung für Großhandelschargen erfolgt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es von 03/2008 bis 10/2010 ein Exportverbot für Stahlschrott gab und, dass seit Juni 2011 verschiedene Exportsteuern zwischen 500 bis 8.000 EGP (etwa 50 bis 900 EUR) für Metalle in Kraft sind, darunter für Blei. Die Höhe der Exportsteuern kommt, zumindest für Blei, einem Export-Verbot gleich².

Regelmäßig anfallende Überbleibsel der oben beschriebenen Wertschöpfungskette für die es derzeit keine geregelte sichere Entsorgung gibt sind z.B. Isoliermaterial von Kühl- und Gefrierschränken³, *beraubte* PWBs mit geringem Wertstoffgehalt, *beraubte* CRTs, Reste der ausgelaugten Prozessoren und PWBs, Kleinteile darunter auch quecksilberhaltige Batterien und Leuchtstoffröhren.

Augenscheinliches Abbrennen von Isoliermaterial von Kupferkabeln konnten wir zwar nicht explizit feststellen und wurde uns auch nicht berichtet, es ist aber unwahrscheinlich das es nicht stattfindet, angesichts der allgemeinen Arbeitsbedingungen im Zerlegungs-Sektor und den üblicherweise notwendigen Investitionen für Cutter/Trennung von Isoliermaterial und Kupfer. Auch die Tatsache, dass im Großraum Kairo überall größere und kleinere Müllberge brennen, spricht dagegen, dass es eine besondere Sensibilisierung gegen das Abbrennen der Kabelisolierungen gibt.

Weitere Detailinformationen zu den genauen Handelsplätzen für WEEE und berichteten Handelspreisen finden sich in [4].

² http://madb.europa.eu/madb/barriers_details.htm?jsessionid=B133D7EA53CCCF4569CF8E1F1CAF7031?barrier_id=105326&version=4

³ Auch das Kühlmittel selbst wird in der Regel nicht erfasst und geht mit den entsprechenden klimaschädlichen Wirkungen als Emission verloren.

2.2. Registrierte Firmen im Bereich für Reparatur, Wiedernutzung und Recycling von WEEE

Ende 2012, zum Zeitpunkt der ersten Projektwoche in Ägypten, sind in dem Sektor einerseits Wohltätigkeitsorganisationen wie Spirit of Youth in Manshiet Nasser oder die deutlich größere Resala tätig. Beide Organisationen gehen neben der Reparatur, Wiedernutzung und Recycling von WEEE vielfältigen anderen wohltätigen Aktivitäten nach.

Bezüglich Resala wird berichtet, dass sie im Wesentlichen in der Sammlung aktiv sind. Neben gebrauchten Elektro- und Elektronik-Produkten sowie WEEE sammelt Resala auch Papier und Bekleidung. Resala erhält die Abfälle umsonst⁴. Der Verkaufserlös wird zur Finanzierung der wohltätigen Zwecke verwendet. Die gesammelten Materialien werden von Resala nicht behandelt/zerlegt oder verwertet sondern wie gesammelt an entsprechende Abfallhändler oder Reparaturwerkstätten verkauft. Weitere Angaben zur Anzahl der gesammelten und verkauften Geräte sowie den damit erzielten Erlösen finden sich in [4].

Spirit of Youth erhält ebenfalls (in der Regel kostenfrei) alte Computer und Bildschirme die repariert und wieder verkauft werden sollen. Tatsächlich ist aber die Anzahl der bearbeiteten Computer mit wenigen hundert Stück pro Jahr marginal.

Neben diesen Wohltätigkeitsorganisationen gab es 2012 zwei neue kommerzielle Start-Ups für Elektronikabfälle. Eine davon richtet sich anfangs vor allem an große ägyptische oder auch internationale Firmen um Ihnen ein zertifiziertes Angebot zu unterbreiten. Dieses Angebot ist offenbar teilweise für bestimmte Firmen interessant, damit sie keine Geschäftsbeziehungen mit dem informellen Sektor benötigen und so auch nach internationalen Compliance-Regeln arbeiten können. Das wird vor allem dann relevant, wenn diese Firmen nicht unerhebliche Einnahmen aus dem Verkauf der Altgeräte erzielen (z.B: Mobilfunkbetreiber, oder Betreiber von große Serverpools). In der ersten Phase wurden die Geräte noch mehr oder weniger unzerlegt nach Südostasien exportiert.

Eine der Start-Up Firmen wurde 2011 gegründet und war 2012 in der Vorbereitung (Errichtung der Gebäude, Beschaffung der Ausrüstung) für die Errichtung einer Recycling Anlage für WEEE. Dabei sollte nicht nur die Zerlegung sondern auch das Edelmetallrecycling in Ägypten erfolgen, wobei zunächst an eine nasschemische Aufbereitung gedacht war. Gleichzeitig wurden die ersten Marktrecherchen hinsichtlich Handelspreise für Altgeräte sowie mögliche Erlöse durchgeführt und erste Chargen an Altgeräten aufgekauft. Dabei muss man berücksichtigen, dass Ende 2012 der Goldpreis nach wie vor sehr nahe zu seinem Allzeithoch von 2011 verharrte und somit derartige Aktivitäten besonders attraktiv erscheinen ließen.

2.3. Sammlung und Recycling von Bleibatterien

Bereits während der ersten Projektwoche in Ägypten wurde ein Betrieb besichtigt, der Bleischrott in Drehrohfen aufschmilzt und über entsprechendes Know-how verfügt unterschiedliche Bleilegerungen herzustellen. Der Betrieb wurde Anfang der 2000er Jahre im Rahmen eines USAID Programms unterstützt und verfügt über eine Abluftfassung, sowie Einrichtungen zu Staubmessungen, die online an das Umweltministerium übertragen

⁴ Im Gegensatz zu gewerblichen (aber informellen) Abfallsammlern die den Besitzern in der Regel ein Entgelt für die Übernahme von Elektro- und Elektronikschrott bzw. Altgeräten bezahlen müssen.

werden. Die Betriebsleitung verfügte über technisches Know-how (sowie entsprechende Laborausstattung) und war sich der Notwendigkeit von Blutuntersuchungen der Mitarbeiter bewusst. Die Herkunft der Batterien und die Frage des Verbleibes der bleihaltigen Schwefelsäure blieben allerdings ungeklärt. Grundsätzlich nehmen praktisch alle Auto-Werkstätten EoL Bleibatterien an und vergüten dafür etwa 10 EGP (etwa ein EUR) für eine übliche Autobatterie.

Im Gegensatz zur Situation in Ghana [5] verfügt Ägypten nicht nur über einige Bleischmelzen sondern auch über Batteriehersteller, die das Sekundärblei entsprechend verarbeiten. Anhand der von CEDARE bereitgestellten Marktdaten wurde deutlich, dass durch die Exportsteuern derzeit praktisch ein Exportverbot für Blei besteht. Gleichzeitig expandieren die Bleibatteriehersteller in den Markt der Bleischmelzen und verdrängen diese zunehmend vom Markt. Von einigen Marktteilnehmern wird auch von einem Engpass an Sekundärblei berichtet und von einem Interesse die Importbeschränkungen für EoL Batterien, die im Rahmen der Baselkonvention bestehen, zu lockern. Somit stellt sich die Situation für Ägypten völlig anders dar als für Ghana. In Ghana gibt es keine Bleibatterie-Hersteller und die vorhandenen (illegalen) Bleischmelzen müssen in Ghana als gefährliche *Emissions hot spots* betrachtet werden. In Ghana ist vor dem Hintergrund der verfügbaren Aufbereitungsanlagen dementsprechend ein Export des Materials nach Deutschland sinnvoll. In Ägypten dagegen stellt sich eher die Frage wie die Emissionssituation an den Recyclingstandorten weiter verbessert werden kann. Das gilt ganz sicher für das Handling der erfassten Stäube und auch für den Staub am Boden, da keine feuchte Staubbiederschlagung vorhanden ist. Ebenso fehlten im besichtigten Betrieb klare Unterteilungen in Schwarz/Weiß Bereiche. Diese Gesichtspunkte sind dem Grunde nach in Ägypten bekannt und möglicherweise auch bei anderen Recyclingstandorten anders gelöst.

Weiterhin stellt sich jedoch die Frage wie sichergestellt werden kann, dass innerhalb der Sammelkette/Lieferkette die überwiegend durch den informellen Sektor bedient wird, die bleihaltige Schwefelsäure der ausgedienten Batterien in Zukunft ebenfalls systematisch erfasst wird. Angesichts der Kostennachteile eines Transportes inklusive Schwefelsäure [5] und der schwierigen Situation, Umweltgesetzgebung in Ägypten flächendeckend durchzusetzen, keine leichte Aufgabe. Entsprechende Vorschläge hierzu finden sich in Kapitel 4.3.4.

2.4. Altfahrzeuge in Ägypten

Für Altfahrzeuge (ELV) sind derzeit keine formalen Strukturen bekannt. Insgesamt sind mit 3,6 Millionen Personenkraftwagen, deutlich weniger Fahrzeuge in Ägypten angemeldet als ursprünglich angenommen (Tabelle 2). Gleichwohl gibt es einen aktiven informellen Sektor der sich vor allem auf die Wiedernutzung und die Reparatur von ELV konzentriert. Diese Betriebe konzentrieren sich in bekannten Bereichen in der Großregion in Kairo (Wekalet El Balah, Boulak, and El Sabtaia), Giza and Shoubra El Khema cities sowie in Mansoura, Tanta, and Mehalla Kobra im Delta und Alexandria.

In 2012 wurde ein Pilot-Projekt von der Regierung (Greater Cairo Area) finanziert mit dem Ziel die sehr alte Tax-Flotte (die in der Regel den Taxifahrern selbst gehören) zu erneuern. Im Ergebnis konnten von 43.000 Alt-Taxis 41.000 Taxis gegen neue ausgetauscht werden

und die ELV einer Verwertung zugeführt werden. Grundsätzlich existiert ein ähnlicher Plan für die Erneuerung der Mikrobuss-Flotte, wann dieser Plan zur Realisierung kommt, ist derzeit unklar. Der Verbleib der Starterbatterien wurde in Kapitel 2.3. dargestellt. Hinsichtlich des Verbleibes der Altreifen, wird aus der Zementindustrie berichtet, dass hier eine höhere Nachfrage nach Altreifen besteht als auf dem Ägyptischen Markt verfügbar.

Insgesamt konnte im Rahmen des Projektes aber nur ein wesentlich geringerer Einblick in den ELV Markt erreicht werden, vermutlich vor allem deshalb, da hier praktisch kein formaler Sektor aktiv ist.

3. Abschätzungen und Prognosen zum Altgeräteaufkommen

Für die Weiterentwicklung von Recycling- und Entsorgungssystemen sind Informationen über aktuelle und zukünftige Mengen an Altgeräten von besonderer Bedeutung. Im Rahmen des Projektes wurde daher für ausgewählte Produktgruppen die aktuelle Marktdurchdringung ermittelt, Prognosen bis 2025 erstellt und Abschätzungen hinsichtlich der Mengen an anfallenden Altgeräten vorgenommen. Tabelle 2 zeigt für welche Produkte solche Modellrechnungen vorgenommen wurden sowie (beispielhaft) die Anzahl der Geräte/Fahrzeuge für das Jahr 2012. Bild 1 und Bild 2 zeigen beispielhaft Ergebnisse für die Produkte LCD und CRT Bildschirme. Neben der reinen Anzahl wurden für einige wichtige Komponenten auch die erwarteten Tonnagen geschätzt. Details zu den berücksichtigten Annahmen für die Prognosen sowie viele weitere Ergebnisse finden sich in [4].

Produktgruppe	Marktdurchdringung 2012 (Anzahl in Gebrauch)
	Millionen Stück
Mobiltelefone	85,7
Notebooks	4,4
Desktops	8,2
LCD und CRT Monitore	8,6
TVs (CRT and LCD TVs)	20,7
Tastaturen und Computer Mäuse	17,1
Personenkraftfahrzeuge	3,6
Motorräder	1,6
Lastkraftwagen	1,0

Tabelle 2:

Berücksichtigte Produkte für Erhebung der Marktdurchdringung, Berechnung der Prognosen bis 2025 und der erwarteten Altgeräte bzw. Altfahrzeuge, beispielhaft dargestellt: Marktdurchdringung in 2012

Die Abschätzungen bestätigen die Erwartung, dass eine ausreichende Menge an WEEE im heimischen Markt vorhanden ist, die ein hinreichendes Potential bilden um den bestehenden Recyclingmarkt weiter zu entwickeln. Für viele Gerätegruppen wie Notebooks, Mobiltelefone usw. kann für eine Reihe von Jahren auch noch mit deutlich steigendem Marktvolumen gerechnet werden [4]. Einschränkend sollte gesagt werden, dass die Prognosen in der Regel auf ein Ende der möglichen Gebrauchsdauer (EoL) abzielen und mögliche Hamster-Effekte, also die Lagerung nicht mehr funktionsfähiger Geräte beim letzten Besitzer, nicht berücksichtigt werden konnten.

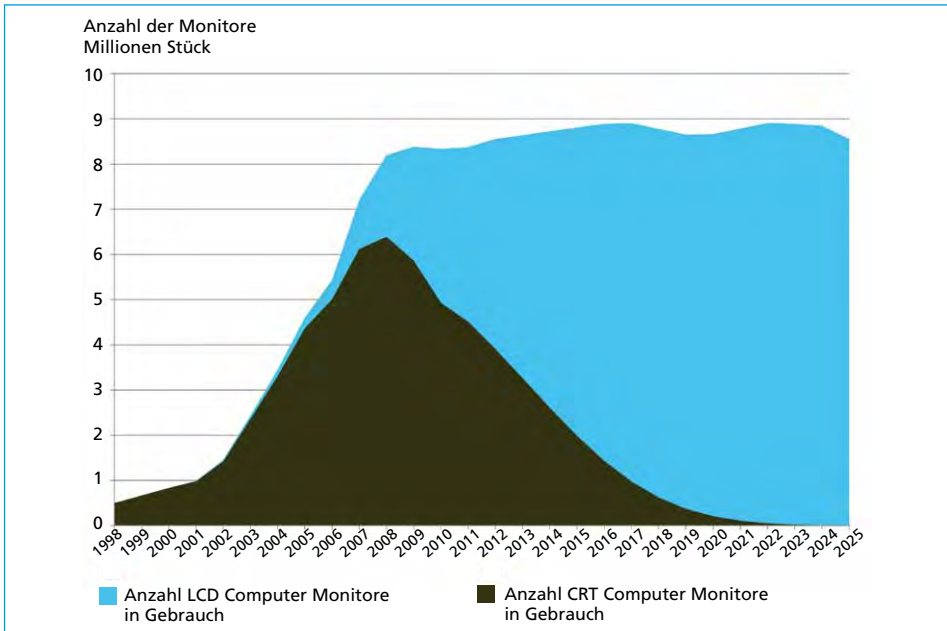


Bild 1: Prognose über die Anzahl der LCD und CRT Bildschirme in Gebrauch in Ägypten (ohne Röhren-TVs)

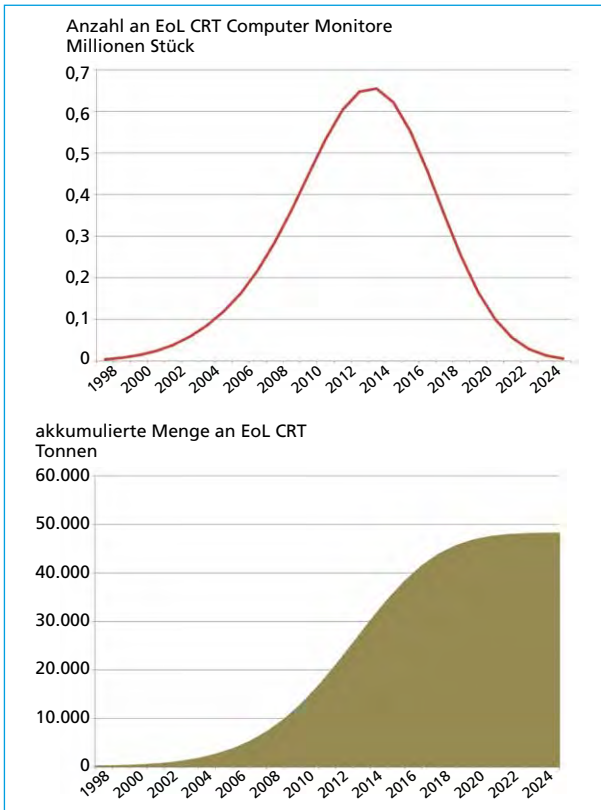


Bild 2:

oben: Prognose der Anzahl an EoL CRT Computer Monitoren pro Jahr in Ägypten
 unten: Prognose der akkumulierten Menge an EoL CRT

Quelle für Bild 1 und 2:

Degreif, S.; Mehlhart, G.; Merz, C.: Global Circular Economy of Strategic Metals – the Best-of-Two-Worlds Approach (Bo2W): a) Egypt Status Analysis Egypt, b) Generation of WEEE and ELV, c) Status Analysis Egypt regarding collection, sorting and pre-treatment; Darmstadt, July 2014; <http://www.resourcefever.org/publications.html>, download 18.2.2015

4. Wissenstransfer und Handelskontakte im Verlauf des Projektfortschrittes

Im Rahmen der Projektwochen wurden die identifizierten Stakeholder kontaktiert und die Erfahrungen und Konzepte zum WEEE Recycling ausgetauscht. Schwerpunkte der Diskussionen sind der technisch, ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Umfang der manuellen/technischen Zerlegung, die Handelskonditionen (Erlöse, Zahlungsziele und Transporterfordernisse) und der Umgang mit Materialien für die kein Wert erlöst werden kann.

4.1. Wirtschaftliche sinnvolle Zerlegungstiefe

Bezüglich der Mobiltelefone konnte in Ägypten noch nicht erreicht werden, dass lediglich eine Separierung der Batterie erfolgt und das Mobiltelefon als Ganzes zur Verwertung nach Europa versendet wird. Vielmehr werden lediglich die PWB der Mobiltelefone erfasst (und auch zu relativ hohen Preisen gehandelt). Der Verbleib der Mobiltelefongehäuse und LCD's ist unbekannt und es muss davon ausgegangen werden, dass eine unkontrollierte Verbrennung/Entsorgung erfolgt. Das gleich gilt für die Batterien.

Wie bereits zuvor erwähnt werden auch von Motherboards der Computer in der Regel die Prozessoren entfernt und separat gehandelt. Vom Konzept des Bo2W Ansatzes wäre das eigentlich nicht nötig. Gleichwohl scheint diese Vorgehensweise für die lokalen Akteure wirtschaftlich attraktiv zu sein.

Hinsichtlich der Zerlegung von Festplatten wurden in Ghana entsprechende Untersuchungen durchgeführt ob eine Separierung in Aluminium (Gehäuse und Komponenten), PWB, Magneten (Seltene Erden) für den ghanaischen Zerleger wirtschaftlich attraktiv ist. Nach den ersten Einschätzungen ist dies prinzipiell möglich und die entsprechenden Informationen wurden bzw. weitere Details werden in Zukunft den ägyptischen Unternehmen zur Verfügung gestellt. Derzeit findet in Ägypten eine solche Zerlegung nur gelegentlich statt und die Festplatten werden am Stück an Aluminiumschmelzen verkauft und die Anteile an Edelmetallen und Seltenen Erden gehen verloren.

Darüber hinaus wurde während der 2. Projektwoche in Ägypten ein sogenannter Dismantling Workshop durchgeführt, in dem allgemeine Arbeitsschutzmaßnahmen sowie eine sinnvolle Zerlegungstiefe unterschiedlicher Geräte (Desktop, Laptop, CRT Monitor) demonstriert und geübt werden. An dem Workshop haben sowohl Teilnehmer der beiden formalen Unternehmen und der Wohltätigkeitsorganisation Spirit of Youth sowie Vertreter von Behörden teilgenommen.

Im Verlauf von 2014 wurden von einem der identifizierten formalen Betriebe über einen libanesisch/türkischen Zwischenhändler nicht unerhebliche Mengen an Leiterplatten an den europäischen Verbundpartner für die Verwertung in seiner modernen metallurgischen Anlagen geliefert. Insofern konnten hier erste Erfolge des Know-how Transfers im Projekt verzeichnet werden. Gleichwohl konnten, vor allem durch den erheblichen Zwischenfinanzierungsbedarf, derzeit noch keine dauerhaften direkten

Handelsbeziehungen mit dem Recycling-Betrieb in Ägypten erreicht werden und es konnte dementsprechend auch kein Einfluss auf die Arbeitsbedingungen und das Handling der Komponenten mit negativem Wert genommen werden.

Während der 3. Projektwoche in Ägypten Ende 2014 wurde vereinbart verschiedene Batches an separierten (vielversprechenden) Fraktionen zusammenzustellen und diese von Umicore analysieren zu lassen, damit in Zukunft eine gezieltere Zerlegung erfolgen kann.

Weiterhin hat einer der ägyptischen Betriebe im Jahr 2014 eine Zerlegetraße mit etwa 15 Arbeitsplätzen in Betrieb genommen in der die entsprechenden Komponenten/ Wertstoffe separiert werden. Die Kapazität der Anlage beträgt 700 bis 800 Tonnen pro Jahr.

Ein erster Container mit PWBs wurde von diesem Betrieb in 2014 an Umicore versendet und entsprechend vergütet. Derzeit werden die kommerziellen Bedingungen für künftige Sendungen diskutiert.

Die errichtete Anlage verfügt neben der manuellen Zerlegung auch über eine Mühle in der die PWB gemahlen werden können und über eine anschließende Zyklonseparierung in Fraktionen mit unterschiedlichem spezifischen Gewicht aufgetrennt werden können. Zwischenzeitlich wird die Mühle und Separierung nicht mehr angewendet, da zu hohe Anteile der Edelmetalle in der Leichtfraktion verbleiben und für die Wiedergewinnung verloren gehen.

4.2. Handelskonditionen

Formelle Recyclingbetriebe haben vor allem in der Gründungs- und Wachstumsphase einen nicht unerheblichen Finanzierungedarf.

Einerseits sind dies klassische Investitionen in Grund, Gebäude, Lagerhallen und Ausstattung mit Werkzeugen und Maschinen. Daneben aber auch die Zwischenfinanzierung für die Lücke zwischen dem Aufkauf von EoL Produkten und den anfallenden Betriebskosten bis zur Realisierung des Erlöses aus dem Verkauf von Wertstoffen. Besonders für die wichtigen Erlösträger Edelmetalle ergeben sich durch die erforderliche Mindestmenge für den Versand (7 bis 12 Tonnen PWB) und die üblichen Vergütungsmodelle (Zahlung nach Analyse im Labor des Refiners) erhebliche Verzögerungen von bis zu einem Jahr ab Betriebsbeginn.

Der Investitionsbedarf liegt deutlich über 100.000 EUR und ist somit für Programme der Mikrofinanzierung deutlich zu groß und gleichzeitig für Programme der Entwicklungsbanken zu gering um ein entsprechendes Programm aufzulegen.

Vor allem auch für den Übergang des informellen Sektors in den formellen Sektor mit entsprechend verbesserten Arbeitsbedingungen, Einhaltung von Umweltstandards und verbesserten Erträgen aus der Rohstoffverwertung ist die Möglichkeit, Zugriff auf Finanzierungsinstrumente zu haben, von besonderer Bedeutung.

Ein entsprechendes Papier, in dem die Limitierungen im Detail beschrieben und mögliche Optionen für Lösungen identifiziert werden, ist derzeit im Rahmen des Bo2W Projektes in Vorbereitung.

4.3. Identifizierung von Entsorgungsmöglichkeiten für Fraktionen mit negativem Wert

Wie bereits oben dargestellt, gibt es für eine Reihe von Fraktionen keine ökonomisch tragfähige Verwertung, sodass entweder eine Zuzahlung zur Verwertung oder eben auch eine Entsorgung notwendig ist.

Im Rahmen des Bo2W Projektes wurden hierzu die Komponenten CRT Glas und Kunststoffe im Detail untersucht.

4.3.1. Entsorgungsmöglichkeiten für CRT Glas

Entgegen hartnäckigen Gerüchten sind für CRT Glas keine Erträge zu erzielen und auch grundsätzlich mögliche Sondernutzungen wie die Verwendung in Kacheln zur Abschirmung von Radioaktivität stellen mengenmäßig keine relevante Lösung dar [1].

Im Rahmen der detaillierten Untersuchung möglicher Entsorgungsoptionen wurden auch die entsprechenden Entsorgungskosten erhoben. Tabelle 3 zeigt die Entsorgungskosten (ohne Anlieferung) für unterschiedliche Entsorgungsoptionen.

Verwertungs- und Entsorgungsoptionen	Kosten (ohne Anlieferung) EUR
Konusglas und Frontglas zur Deponie*	~ 26
Konusglas zur Deponie und Frontglas zur Verwertung	~ 42 bis 70
Konusglas zur Bleischmelze	~ 50
Konusglas zur Bleischmelze und Frontglas zur Verwertung	~ 50 bis 75
Verwertung von Blei und Glas	~ 150
Transportkosten Kairo – Hannover**	~ 50 bis 100

Tabelle 3:

Kosten für die Entsorgung von CRT Glas

Quelle: Bleher, D.: Global circular economy of strategic metals – best-of-two-worlds approach (Bo2W): Recycling options for waste CRT glass; Darmstadt, April 2014

* In Deutschland zulässig, in USA z.B. nicht zulässig.

** Dabei muss berücksichtigt werden, dass der grenzüberschreitende Transport von bleihaltigem Bildröhrenglas notifizierungspflichtig im Sinne der Basler Konvention ist.

Aus Tabelle 3 ist offensichtlich, dass die Transportkosten eine dominierende Größenordnung annehmen können. Demnach sind alle Lösungen, die im Land selbst erreicht werden können, bei weitem die wirtschaftlichsten. In diesem Fall könnte also die Verbringung in einer kontrollierten Deponie in Ägypten eine adäquate Lösung sein. Mit dem Nachteil, dass eine solche Deponie derzeit nicht existiert.

Wenn man die Gesamtsumme an CRT aus Computermonitoren betrachtet (Bild 2, 50.000 Tonnen) dann ergäbe sich ein Kostenansatz von etwa 1,3 Millionen EUR für eine sachgerechte Entsorgung aller CRT Computer Monitore in Ägypten. Selbst wenn man noch die CRT Fernseher hinzurechnet ergibt sich insgesamt immer noch (nur) ein Kostenansatz bis 2025 von 4,5 Millionen EUR. Diese Berechnung legt deutsche Annahmepreise zugrunde, die nicht unbedingt mit den Kosten in Ägypten übereinstimmen müssen. Aber es ist ein wichtiger erster Hinweis auf die erforderliche Größenordnung.

Qualifizierte Hinweise, dass lediglich zur Umgehung der Entsorgungskosten EoL CRT nach Ägypten versendet werden, liegen uns derzeit nicht vor. Hinweise zum Verhältnis der Entsorgungskosten zu den Erlöskosten (vor allem durch die Kupferanteile) an kompletten CRT Monitoren oder TV's finden sich in [5].

4.3.2. Leuchtstoffröhren

In Nasreya, Alexandria ist entsprechend den Aussagen des Umweltministeriums in Ägypten in 2011/2012 eine Recycling Anlage für Leuchtstoffröhren mit einer Kapazität von etwa 24.000 Lampen pro Schicht in Betrieb genommen worden. Glas, Aluminium und Plastik sollen recycelt und Quecksilber entsprechend entsorgt werden. Im Verhältnis dazu werden derzeit etwa 48 Millionen Leuchtstoffröhren in 5 Anlagen produziert. Bereits 2012 war klar, dass es keine Anreize gab, die Leuchtstoffröhren für die Entsorgung zu sammeln und zur Recycling Anlage zu transportieren⁵. Ende 2014 wurde uns berichtet, dass die Anlage in Nasreya derzeit mangels Masse nicht mehr in Betrieb sei.

4.3.3. Entsorgungsmöglichkeiten für Kunststoffe

Im Rahmen des Bo2W-Projektes wurden zum Umgang mit den Kunststoffen aus WEEE eine separate Studie erstellt [2]. Demnach fällt mit dem WEEE eine Vielzahl unterschiedlicher Kunststoffe an, von denen viele bromierte Flammschutzmitteln (BFR) enthalten. Die Stockholmer Konvention fordert die Separierung und Entsorgung BFR vom Recycling Strom. In Deutschland werden daher die Materialien einer Screening Analyse unterzogen und die BFR enthaltende Fraktion vom Recycling ausgeschleust. Die separierte Fraktion soll daher auch nicht zum Recycling exportiert werden sondern ausschließlich einer sicheren Entsorgung zugeführt werden.

Es ist nicht möglich, allein anhand der Produkte eine sichere Aussage zu machen welche Kunststoffe im Detail verwendet wurden und ob die verwendeten Kunststoffe Flammschutzmittel enthalten.

Eine zuverlässige Separierung in unterschiedliche Kunststoffsorten und Kunststoffe mit BFR ist auch in Ägypten mit entsprechender technischer Ausstattung möglich. In [6] findet sich hierzu ein umfassender Überblick darunter auch tragbare Handgeräte aber auch automatische Separierungstechnologien. Die Kosten für ein Handgerät zur Identifizierung von BFR werden in [6] mit etwa 6.000 US-Dollar angegeben, weitergehende Analysegeräte, die auch den Polymertyp der Kunststoffe analysieren, mit etwa 33.000 US-Dollar.

In welchem Umfang solche Separationsmöglichkeiten genutzt werden oder ob Mischfraktionen zur Verwertung/Entsorgung verschifft werden hängt von der Größenordnung der durchgesetzten Mengen ab. Gleichwohl besteht auch hier die Gefahr der Rosinenpickerei, da BFR-freie Chargen sehr wohl einen ausreichenden Handelswert haben, wohingegen BFR-haltige Chargen zunehmend geringere Erlöse erzielen, die zum Teil nicht mehr die Transportkosten decken. Weitere Details zu den unterschiedlichen Optionen finden sich in [2].

⁵ Zudem wurde uns berichtet, dass Toshiba plant eine eigene Recycling- Anlage für Leuchtstoffröhren zu errichten um entsprechende Austausch/Rücknahme Leistungen anbieten zu können.

4.3.4. Finanzierung der Fraktionen mit negativem Wert

Solange eine unsachgemäße Entsorgung in den entsprechenden Ländern ohne Risiko für den Entsorger möglich ist, sind die Firmen, die eine entsprechend qualifizierte Entsorgung vornehmen wollen, systematisch in ihrer Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt. Dies beginnt schon mit den möglichen Entgelten, die sie bei Haustürsammlungen oder bei Aufkäufen auf den Märkten oder bei größeren Ausschreibungen anbieten können, wenn sie die Kosten für die Entsorgung tragen wollen. Es müssten also für alle Akteure gleiche Rahmenbedingungen herrschen.

Für solche Finanzierungssysteme hat sich weltweit das Konzept der Extended Producer Responsibility (EPR) durchgesetzt. Es besagt grob, dass die Inverkehrbringer von elektrischen und elektronischen Produkten mitverantwortlich für die sachgerechte Entsorgung einer Äquivalentmenge sind. Für die Wahrnehmung dieser Verantwortung gibt es verschiedene Modelle. In der Debatte um EPR-Systeme in Entwicklungs- und Schwellenländern ist zu beobachten, dass viele Hersteller einem solchen Ansatz zwar prinzipiell offen gegenüber stehen, andererseits aber Systeme scheuen, bei denen eingezahlte Gelder nicht von der Industrie selbst verwaltet werden. Hintergrund ist die Sorge vor einer unsachgemäßen Verwendung bzw. Veruntreuung der Mittel. Umgekehrt haben viele staatliche Stellen Bedenken gegenüber rein privatwirtschaftlich organisierten Rücknahme- und Recyclingsystemen. Diese fußen nicht zuletzt in der weit verbreiteten Auffassung, dass staatliche Stellen eine starke Rolle bei der Bewältigung des WEEE Problems spielen sollten.

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erfahrungen empfehlen wir, dass für die Erfassung und Entsorgung der Fraktionen mit negativem Wert eine *Inwertsetzung* erfolgt, dass also eine geringe aber auskömmliche Summe für die Abgabe dieser Stoffe bezahlt wird. Denn wie sich auch am Beispiel der Behandlungsanlage für die Leuchtstoffröhren in Alexandria gezeigt hat, gibt es nicht genügend Anreize solche Angebote auch zu nutzen. Hier allein mit dem Fehlen eines entsprechenden Ordnungsrechtes und entsprechenden Verboten zu argumentieren würde sicher zu kurz greifen.

Aber auch gegen eine *Inwertsetzung*, also die Auszahlung eines bestimmten Betrages für die Anlieferung bestehen von einer Reihe von Industrievertretern große Vorbehalte und es wird damit argumentiert, dass eine solche Lösung erst einen entsprechenden Import induzieren würde. Sicher ist hingegen, dass es notwendig ist Maßnahmen zu ergreifen (Kennzeichnung/Zerstörung), um eine mehrfache Anlieferung an die Annahmestellen zu verhindern.

Vor diesem Hintergrund ist es interessant zu wissen, dass Ägypten sich in einem neuen Projekt ab 2015 mit der Einführung einer entsprechenden EPR Gesetzgebung beschäftigen will.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In Ägypten befinden sich eine große Anzahl von Elektro- und Elektronik-Produkten in Gebrauch. Aus diesen Produkten wird eine wachsende Anzahl an EoL Produkten generiert, die im informellen Sektor einer Wiederverwendung und Zerlegung zugeführt werden, wobei eine Reihe von Fraktionen mit negativem Wert (und gefährlichen Umwelteigenschaften) unkontrolliert entsorgt werden.

Seit Projektbeginn haben sich zusätzlich zum informellen Sektor auch registrierte Firmen etabliert, die im Bereich der Wiederverwendung, Zerlegung und Recycling aktiv sind. Zusätzlich wird auch berichtet, dass Akteure aus dem informellen Sektor zunehmend Interesse an einer Formalisierung haben und hierzu entsprechende Gespräche mit der Regierung stattfinden. Seit 2012 ist eine zunehmende Professionalisierung und Marktkenntnis der neuen Marktteilnehmer zu beobachten. Um eine Vorgehensweise entsprechend dem Bo2W-Konzept zu etablieren sind erhebliche Investitionen und Vorfinanzierungen deutlich jenseits der 100.000 EUR pro Betrieb erforderlich, die nicht alle neuen registrierten Firmen aufbringen können.

Die derzeitige Praxis der umweltgefährdenden Entsorgung von Fraktionen/Komponenten mit negativem Wert in Verbindung mit der Tatsache, dass für EoL-Geräte in der Regel dem letzten Nutzer ein Entgelt gezahlt werden muss, führt dazu, dass Unternehmen die versuchen nach dem Bo2W Konzept zu agieren, wettbewerblich im Nachteil sind. Die erzielbaren Vergütungen aus dem direkten Kontakt mit den europäischen hochtechnologischen metallurgischen Aufbereitungsanlagen können diese Wettbewerbsnachteile nicht allein kompensieren⁶. Dennoch konnten im Projektverlauf erste Sendungen (vor allem Leiterplatten) von Ägypten nach Europa realisiert werden.

Derzeit gehen wir nicht davon aus, dass die umweltgefährdende Entsorgung von Fraktionen/Komponenten mit negativem Wert in Ägypten allein durch Ordnungsrecht/Verbote beendet werden kann. Wir schlagen daher vor, dass diese Fraktionen/ Komponenten mit negativem Wert im Rahmen von nationalen Programmen zur EPR abgeschöpft werden (*skimming*).

Der Aufwand hierfür erscheint nach ersten Abschätzungen mit einigen Millionen EUR pro Jahr überschaubar.

Nach zwei Jahren Stillstand werden derzeit die entsprechenden Beratungen zur Implementierung des EPR vorbereitet.

Viele große Firmen und auch staatliche Akteure sind sich der Probleme um unsachgemäßes Recycling in Entwicklungs- und Schwellenländern mittlerweile bewusst und suchen nach Lösungen, ihr Altgeräteaufkommen verantwortungsvoll zu entsorgen (business-to-business). Diese Nachfrage nach geregelten Entsorgungswegen können formelle Recycler nutzen und mittels qualitativer Aspekte gegen den günstigeren informellen Sektor bestehen. Diese Strategie kann einerseits den Zugang zu beträchtlichen WEEE Mengen sichern, andererseits aber nicht das Gesamtproblem der unsachgemäßen Entsorgung lösen.

In Anbetracht der bedeutenden Umwelt- und Gesundheitsprobleme, die von WEEE ausgehen, aber auch in Hinblick auf die beträchtlichen Potenziale für wertvolle und kritische Metalle, sollten Deutschland und die EU Strategien entwickeln, um sachgerechtes und hochwertiges Recycling in Entwicklungs- und Schwellenländern aktiv zu fördern. Diese Strategien müssen selbstverständlich ein hohes Niveau hinsichtlich Sozial- und Umweltstandards unterstützen. Zudem müssen sie zum Ziel haben, Unternehmen und Unternehmensnetzwerke gezielt bei ihrem Markteintritt in Entwicklungs- und Schwellenländer

⁶ Soweit ein direkter Zugang anhand mit den verfügbaren Investitions- und Vorfinanzierungsmitteln überhaupt möglich ist.

zu unterstützen und mit Hilfe entsprechender Dialogprozesse dafür zu sorgen, dass sich mittelfristig die regulatorischen Rahmenbedingungen positiv entwickeln. Generell sollten nicht nur deutsche und europäische Betriebe unterstützt werden, sondern ebenso lokale Akteure, die – sowohl als eigenständige Player, als auch als Joint Venture Partner – die unabdingbare Vor-Ort-Kenntnis in die Recyclingnetzwerke mit einbringen können und so auch die lokale Wertschöpfung erhöhen und dringend notwendige Arbeitsplätze schaffen können.

Abkürzungen

- BFR: Bromierte Flammschutzmittel (brominated flame retardants)
 BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung
 Bo2W: Best-of-two-Worlds
 CRT: Kathodenstrahlröhrenbildschirme (Cathode Ray Tube)
 EGP: Egyptian pounds
 ELV: Altfahrzeuge (end-of life vehicles)
 EoL: Am Ende der Lebenszeit (End-of Life)
 EPR: Erweiterte Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility)
 KMU: Kleine und Mittlere Unternehmen
 LCD: Flüssigkristallanzeige (liquid crystal display)
 PWB: Leiterplatte (printed wiring board)
 WEEE: Elektro- und Elektronik-Altgeräte (waste electrical and electronic equipment)

6. Literatur

- [1] Bleher, D.: Global circular economy of strategic metals – best-of-two-worlds approach (Bo2W): Recycling options for waste CRT glass; Darmstadt, April 2014; <http://www.resourcefever.org/publications.html>, download 18.2.2015
- [2] Bleher, D.: Global circular economy of strategic metals – best-of-two-worlds approach (Bo2W): Recycling options for WEEE plastic components; Darmstadt, October 2014; <http://www.resourcefever.org/publications.html>, download 18.2.2015
- [3] Buchert, M.; Manhart, A.: Globale Kreislaufführung strategischer Metalle: Best-of-two-Worlds Ansatz. In: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 6. Nietwerder: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013
- [4] Degreif, D.; Mehlhart, G.; Merz, C.: Global Circular Economy of Strategic Metals – the Best-of-Two-Worlds Approach (Bo2W): a) Egypt Status Analysis Egypt, b) Generation of WEEE and ELV, c) Status Analysis Egypt regarding collection, sorting and pre-treatment; Darmstadt, July 2014; <http://www.resourcefever.org/publications.html>, download 18.2.2015
- [5] Manhart, A.; Ahiayibor, V.; Buchert, M.; Bleher, D.; Meinel, J.; Meskers, C.; Picard, M.; Schleicher, T.; Vandendaelen, A.: Status des Projekts Best of two worlds – Beispiel Ghana. In: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 7. Nietwerder: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014
- [6] UNEP 2012: United Nations Environment Programme (UNEP): Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. 2012; <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-BATBEPBDE.En.pdf>, download 28.05.2014

Berlin macht mehr daraus.

Mehr als Dünger und Kompost...

In unserer Biogasanlage bereiten wir pro Jahr rund 60.000 t organische Abfälle zu Biogas auf und betanken damit 150 gasbetriebene Müllsammelfahrzeuge. So schließt sich der Kreis und die Umwelt freut sich.



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 8

ISBN 978-3-944310-20-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Carolin Bienert, Janin Burbott,
Max Müller, Cordula Müller
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.