

## Zusammenfassung

Die Diskussion um ökologische, gesundheitliche und soziale Probleme im Zusammenhang mit unkontrollierter Entsorgung und unsachgemäßem Recycling von Elektro- und Elektronik-Altgeräten wird in Industrie- und Entwicklungsländern bereits intensiv geführt. In vielen Entwicklungsländern konnten bislang jedoch noch keine nationalen Maßnahmen und Gesetze zum Umgang mit Abfällen aus Elektro- und Elektronikgeräten (im Folgenden vereinfachend „Elektroschrott“ bezeichnet) umgesetzt werden. Zudem haben fehlende Technologie und Know-How sowie unzureichende Geschäfts- und Finanzierungsmöglichkeiten gekoppelt mit einem exponentiellen Wachstum von verwendeten Elektro- und Elektronikgeräten zu großen Herausforderungen beim ordnungsgemäßen Umgang mit diesen Abfällen in Entwicklungsländern geführt. Da Elektroschrott verschiedene toxische und gefährliche Stoffe enthält, können unsachgemäße Verarbeitung, Recycling und Entsorgung zu schweren Gesundheitsschäden, Umweltverschmutzung und sozialen Problemen führen. Davon sind nicht nur die Menschen betroffen, die direkt mit diesen Arbeiten betraut sind, sondern auch umliegende Gemeinden und die Gesellschaft als Ganzes. Da Elektronikschrott jedoch auch verschiedene wertvolle Metalle enthält, wie z. B. Gold, Silber, Palladium, Aluminium und Kupfer, wird er zu einer attraktiven Einnahmequelle, nicht nur für arme Bevölkerungsschichten in Entwicklungsländern, sondern auch für die nationale und globale Wirtschaft, deren Rohstoffhunger ständig wächst. Allerdings gehen viele der im Elektroschrott enthaltenen Metalle ohne eine ordnungsgemäße Recyclinginfrastruktur und aufgrund der derzeit praktizierten Anwendung einfachster und ineffizienter Recyclingtechniken in den Entwicklungsländern zum großen Teil aus der geschlossenen Kreislaufwirtschaft verloren.

In diesem Zusammenhang ist das „E-waste Africa Project“, das unter der Schirmherrschaft des Generalsekretariats der Basler Konvention (SBC) des Umweltprogramms der Vereinten Nationen steht und von nationalen Regierungen und Behörden afrikanischer Staaten unterstützt wird, ein wichtiger Schritt nach vorn. Mit diesem Projekt soll das Management von Elektroschrott verbessert und verbesserte soziale und wirtschaftliche Bedingungen für Partnerschaften und Kleinbetriebe im afrikanischen Recyclingsektor geschaffen werden. Insbesondere soll ein besseres Verständnis für die Abläufe grenzüberschreitender Verbringung von gebrauchten Elektro- und Elektronikgeräten aus Europa nach Afrika erzielt werden, was wiederum eine bessere Regulierung ermöglichen soll. Die vorhandene lokale Abfallwirtschaft für diese Geräte soll zudem in vielen afrikanischen Staaten, wie z. B. Nigeria, Ghana, Côte d'Ivoire und Benin, verbessert werden. Neben den Aspekten einer besseren Kontrolle des legalen und illegalen Handels von gebrauchten und veralteten Geräten von den Industriestaaten in die Entwicklungsländer, wird im Rahmen des Projekts ein besonderer Schwerpunkt auf die Ausarbeitung von Lösungen für einen nachhaltigen Umgang mit lokal anfallendem Elektroschrott gelegt. Dabei sollen mögliche Ansätze untersucht werden, wie der informelle Recyclingsektor in Afrika mit weltweit agierenden, modernen High-tech-

Raffinerien und Metallhütten in Verbindung zu bringen ist. Dabei sollen insbesondere folgende Ziele verfolgt werden:

- Umweltverträgliche Behandlung der gefährlichen Bestandteile von Elektroschrott
- Schaffung gesundheitlich akzeptabler Arbeitsplätze, angemessener Einkommensmöglichkeiten und weiterer positiver sozialer Auswirkungen für den informellen Sektor in Afrika sowie
- effiziente Rückgewinnung wertvoller Stoffe aus Elektroschrott

In Nigeria wird derzeit eine umfassende sozioökonomische Studie des informellen Sektors für Elektroschrottreycling durchgeführt. Diese hat zum Ziel, die Stärken und Schwächen des Landes im Elektroschrottmanagement besser zu verstehen. Auf der Grundlage dieser Bewertung sollte die Machbarkeit des Aufbaus einer internationalen Kooperation zwischen Nigeria und Europa für ein nachhaltiges Elektroschrottmanagement näher untersucht werden.

Zugleich unterzeichneten 2009 Umweltaufsichtsbehörden Behörden in den Niederlanden (die VROM-Inspektion) und Ghana (das ghanaische Umweltbundesamt (EPA), Zoll- und Hafenbehörde) einen bilateralen Kooperationsvertrag, das sogenannte Joint-Working-Programm, mit folgenden Zielsetzungen:

- Verbesserung der Kontrollen der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen
- Verhinderung des illegalen Imports von Elektroschrott nach Ghana sowie
- Prüfung der Möglichkeiten eines nachhaltigen Recyclingmanagements des Elektroschrotts in Ghana und des Beitrags zur Verringerung der negativen Umweltauswirkungen, die durch Elektroschrott entstehen

Da die VROM-Inspektion und die ghanaischen Behörden bereits an der Umsetzung des „E-waste Africa Project“ des SBC beteiligt sind, haben die VROM-Inspektion und der niederländische Verband für die Entsorgung von Metallwaren und elektrischen Produkten (NVMP) das Öko-Institut e.V. damit beauftragt, analog zu der sozioökonomischen Machbarkeitsstudie für Nigeria eine entsprechende Studie für Ghana durchzuführen.

Dieser Bericht wird daher im Rahmen des von der VROM-Inspektion und des NVMP beauftragten Projekts erstellt. Die Ziele der Studie sind folgende:

- Durchführung einer umfassenden sozioökonomischen Bewertung des informellen Recyclingsektors für Elektroschrott in Ghana sowie
- Bewertung der Machbarkeit einer Einbindung dieses informellen Sektors in eine internationale Kooperation für ein nachhaltiges Elektroschrottmanagement in Ghana

Die Ergebnisse dieser sozioökonomischen Bewertung, die vorwiegend auf dem Schrottplatz Agbogbloshie in der Stadt Accra und für den Reparatur- und Instandsetzungssektor im Großraum Accra vorgenommen wurde zeigen, dass jährlich zwischen 10.000 t und 13.000 t Elektroschrott in Ghana durch den informellen Sektor behandelt wird. Insbesondere die informelle Abfallsammlung, sowohl bei Privathaushalten und Betrieben als auch vor Lagerhallen und Deponien, funktioniert ziemlich effektiv. Die informellen Müllsammler, auch Schrottsammler genannt, kaufen die veralteten Elektrogeräte von den Endverbrauchern zu relativ niedrigen Preisen – z. B. einen veralteten Desktop-PC für 1,0-2,5 US \$ – und bringen

diese dann zur Demontage zum Schrottplatz. Oftmals führen die Müllsammler das Zerlegen selbst durch, in anderen Fällen wiederum geben sie den Elektroschrott an spezialisierte Personen für die Rückgewinnung von Metallen, wie z. B. Aluminium, Kupfer und Stahl, weiter. Die Anzahl der Mülleinsammler und Recycler, die zumeist aus dem nördlichen Teil des Landes kommen, beträgt allein in der Stadt Accra zwischen 4.500 und 6.000 Personen, in ganz Ghana liegt die Zahl zwischen 6.300 und 9.600 Personen. Darüber hinaus stellt die Reparatur- und Instandsetzung von alten und gebrauchten Elektro- und Elektronikgeräten auch einen wichtigen Wirtschaftszweig dar. In Accra arbeiten zwischen 10.000 und 15.000 Personen im Reparatur- und Instandsetzungssektor, in ganz Ghana liegt die Zahl zwischen 14.000 und 24.000 Personen. Insgesamt sind im informellen Sektor für Reparatur- und Instandsetzung von Altgeräten und zum Elektroschrottreycling zwischen 20.300 und 33.600 Personen in Ghana tätig. Dies entspricht 0,19 % bis 0,32 % der gesamten Arbeitskräfte des Landes. Berücksichtigt man die Fertilitätsrate von 4,0 für die urbanen Regionen des Landes, kann man sagen, dass landesweit zwischen 37.800 und 57.600 Personen entweder teilweise oder ganz auf das Einsammeln von Elektroschrott und das Recycling im informellen Sektor angewiesen sind. Gleichzeitig sind zwischen 84.000 und 144.000 Personen teilweise oder ganz vom Einkommen aus Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten abhängig. Insgesamt ernährt die Branche im ganzen Land – inklusive der Angehörigen zwischen rund 121.800 und 201.600 Personen. Dies entspricht ca. 1,04 % bis 1,72 % der gesamten städtischen Bevölkerung bzw. 0,50 % bis 0,82 % der gesamten ghanaischen Bevölkerung. Da es sich dabei um informelle Sektoren handelt, wird der tatsächliche erwirtschaftete Wert nicht im BIP erfasst. Auf der Grundlage der Daten der im Reparatur- und Instandsetzung- und Recyclingsektor von Altgeräten beschäftigten Personen und den durchschnittlichen Gehältern, kann geschätzt werden, dass dieser Bereich zwischen 105 Millionen und 268 Millionen US \$ zur ghanaischen Volkswirtschaft beiträgt.

Die meisten der in diesen informellen Sektoren tätigen Personen in Ghana leben jedoch in extremer Armut. Die monatlichen Einkommen der Müllsammler liegen zwischen 70 und 140 US \$, die der Reparatur- und Instandsetzung von Altgeräten zwischen 190 und 250 US \$. Im Recycling beschäftigte Personen verdienen zwischen 175 und 285 US \$. Experten weisen darauf hin, dass diese Einkommen noch weiter sinken können, wenn beispielsweise der Zugang zu, oder die Sammlung von Elektroschrott behindert wird. Unter Berücksichtigung der teilweisen oder vollständigen Abhängigkeit von Familienmitgliedern von den Einkommen aus Reparatur- und Instandsetzung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie Recyclingarbeiten von Elektronikschrott, kann gefolgert werden, dass die Mehrzahl der mit diesen Arbeiten beschäftigten Personen unterhalb der national und international festgelegten Armutsgrenzen liegt. Dies ist ein entscheidender Aspekt, insbesondere wenn folgende wichtigen Fakten betrachtet werden: (1) Die Personen, die die vorgenannten Arbeiten verrichten, gehören zu den ca. 11 % der gesamten städtischen Bevölkerung in Ghana, die unterhalb der Armutsgrenze leben und (2) die meisten Arbeiter des informellen Recyclingsektors von Elektronikschrott stammen aus dem nördlichen Teil des Landes, in dem die Mehrheit der armen Bevölkerung lebt und in denen die Ernährungssicherheit nicht gewährleistet ist. Auch wenn eine Tätigkeit in diesem Sektor nicht

automatisch ein höheres Einkommen bedeutet, werden Arbeiten in diesem Bereich bevorzugt angenommen, da diese Tätigkeiten in der Regel ein regelmäßiges Einkommen in Form von schnellem Bargeld (rapid cash-flow) erhalten – ein Aspekt, der bei den in der Landwirtschaft beschäftigten Einwohnern im Norden Ghanas größtenteils nicht gegeben ist.

Die Tätigkeiten in den oben genannten Sektoren umfassen harte und unsichere Arbeitsbedingungen und können zu schweren Gesundheitsschäden führen. Es wurde beobachtet, dass sogar Kinder, die teilweise erst fünf Jahre alt waren, mit der Rückgewinnung von Metallen aus Elektroschrott beschäftigt waren. Ihr monatlicher Verdienst liegt bei weniger als 20 US \$. Die meisten der im Recyclingsektor von Elektroschrott beschäftigten Personen, mehrheitlich zwischen 14 und 40 Jahren alt, arbeiten 10-12 Stunden pro Tag, d. h. 300-360 Stunden pro Monat. Im Reparatur- und Instandsetzungssektor arbeiten die Menschen dagegen zwischen 8-10 Stunden pro Tag bzw. 210-260 Stunden pro Monat. Da der ghanaische Recyclingsektor von Elektroschrott informeller Natur ist, haben die meisten Arbeiter keine festen Arbeitszeiten pro Tag oder pro Woche. Vergleicht man jedoch die Angaben zu den Arbeitsstunden der im informellen Sektor tätigen Personen mit denen des formellen Sektors, kann gefolgert werden, dass die Arbeiter im informellen Recyclingsektor zwischen 108-168 Überstunden pro Monat ableisten. Abgesehen von den Arbeitern in einigen anspruchsvollen Bereichen der Aufbereitung, der Reparatur und des Verkaufs, steht fast keiner der in den Reparatur- und Instandsetzungs- und Recyclingsektoren beschäftigten Personen in einem dokumentierten Angestelltenverhältnis oder hat eine Sozialversicherung, wenngleich es in diesem Bereich gewisse familienbasierte Absicherungen aufgrund der gemeinsamen Herkunft (Norden von Ghana) gibt. Die Beschäftigung wird hier dennoch relativ häufig gewechselt, oftmals alle 3-7 Jahre. Gründe dafür sind Arbeitsplatzunsicherheit, geringe Einkommen, harte Arbeitsbedingungen und die Gefahr von Gesundheitsschäden.

Gesundheits- und Umweltrisiken entstehen vorwiegend aufgrund von unsachgemäß durchgeführten und einfachsten Recyclingtechniken, wie z. B.

- offene Verbrennung von PVC-ummantelten Kabeln zur Rückgewinnung von Kupfer und somit Freisetzung von Dioxinen und Furanen
- offene Verbrennung von Isolierschaum, vorwiegend Polyurethan (PUR) aus ausrangierten Kühlschränken als Brennstoff für die Aufrechterhaltung von Feuern, die zum Verbrennen von Kühlgittern der Klimaanlage genutzt werden; dadurch Freisetzung von ozonschädigenden Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) in die Atmosphäre
- rudimentäre Recyclingpraktiken, wie z. B. das Zerkleinern von Röhrenmonitoren mithilfe von Steinen, Hämmern und Brecheisen zur Rückgewinnung von Kupfer und Stahl; dadurch Einatmung von gefährlichem Kadmiumstaub und anderen Schadstoffen
- offene Verbrennung von Kunststoffen aus Elektroschrott mit halogenhaltigen Flammschutzmitteln, wie PBDE

Die auf dem Schrottplatz von Agbogbloshie angewandten gängigen Praktiken haben zu einem über hundertfach erhöhten Kupfer-, Blei-, Zink- und Zinngehalt im Boden geführt (vgl. Studie von Greenpeace aus dem Jahr 2008). Die von Greenpeace-Mitarbeitern

entnommenen Boden- und Ascheproben in Agbogbloshie und Koforidua wiesen eine Konzentration an Blei von teilweise 5.510 mg/kg Trockenmasse auf und überschritten so ganz klar die für Wohn- und Industriegebiete festgelegten Grenzwerte (Bridgen et al. 2008). Durch die Verbrennung von PBDE-haltigen und PVC-beschichteten Kabeln in Agbogbloshie, wurden Dioxine und Furane (PCCD/F) freigesetzt, deren toxischer Äquivalenzfaktor (TEQ) bei 988 pg/g TEQ lag, was deutlich über den zulässigen Grenzwerten für nicht verschmutzte oder leicht verschmutzte Gebiete liegt. Die Belastung durch toxische und persistente organische Schadstoffe sowie die oben beschriebenen stark erhöhten Werte vieler toxischer Metalle können zum Ausbruch zahlreicher Krankheiten und gesundheitlicher Störungen der Arbeiter und Menschen der umliegenden Gemeinden führen. Beispiele dafür sind endokrine Funktionsstörungen und Anomalien des Immunsystems (Legler & Brouwer 2003), Fehlfunktionen der Nieren (Hellstrom et al. 2001) und der Atmungsorgane (WHO 1992), Lungenkrebs (DHSS 2005), Entwicklungsstörungen im Gehirn von Kindern (Haefliger et al. 2009; Brigden et al. 2008) und Schädigung des Nerven- und Blutkreislaufsystems (Brigden et al. 2008). Insbesondere Kinder, mit ihrem charakteristischen Hand-zu-Mund-Verhalten, gehören zu einer der am schwersten betroffenen Gruppen in Gebieten, in denen der Boden und Staub mit Blei verseucht ist (Haefliger et al. 2009; Malcoe et al. 2002).

Während im ersten Teil dieser Studie mithilfe der sozioökonomischen Bewertung die derzeit angewandten Recyclingverfahren in Ghana nachvollzogen werden konnten, werden im zweiten Teil dieses Berichts außerdem alternative, bereits in anderen Ländern eingesetzte Recyclingtechniken und Organisationswege beschrieben. Die Umsetzung der im ghanaischen Kontext am besten geeigneten Recyclingtechniken wurde im Hinblick auf ihre spezifische Umwelt- und Sozialverträglichkeit und andere praktische Überlegungen, wie z. B. Investitions- und Instandhaltungskosten für die Errichtung neuer Anlagen, die Verfügbarkeit von Endverarbeitungsvorrichtungen in Ghana usw. analysiert. Ausgehend von dieser Analyse wurden mögliche Geschäftsmodelle entworfen, mit denen die beschriebenen Verbesserungspotenziale erschlossen werden könnten. Ein besonderer Fokus lag deshalb auf der Rolle des informellen Sektors und auf der Festlegung von Mechanismen, den informellen Sektor in künftigen Umsetzungsstrategien im Bereich Elektroschrottmanagement in Ghana einzubinden. Die Analyse wurde für drei Hauptabfallströme durchgeführt, d. h. Desktop-Computer, Röhrengeräte sowie Kühl- und Gefriergeräte. Die Ergebnisse dieser produktspezifischen Untersuchung können auf andere Produktgruppen mit ähnlichen Eigenschaften übertragen werden.

Im Fall von Desktop-Computern hat der Vergleich der derzeit eingesetzten Recyclingtechniken mit den am besten geeigneten Techniken aufgezeigt, dass es noch erheblich ungenutzte wirtschaftliche, ökologische und soziale Verbesserungspotenziale gibt. Diese Potenziale können durch eine manuelle Vorbehandlung in Ghana und dem anschließenden Export der edelmetallhaltigen Bestandteile zu einer der wenigen pyrometallurgischen Fabriken in Europa, Kanada oder Japan genutzt werden. Für Ghana können die am besten geeigneten Recyclingtechniken für Desktop-Computer wie folgt zusammen gefasst werden:

- Einsammeln von Elektroschrott bei Privathaushalten und Betrieben (aufbauend auf das bestehende Sammelsystem)

- manuelle Vorbehandlung, einschließlich gründlicher Demontage bis zur Ebene von Teilkomponenten
- mechanisches Zerkleinern / Granulieren von Kabeln
- weiterführende manuelle Vorbehandlung von Fraktionen mit geringem Kupferanteil zur Reduzierung des Kunststoffgehaltes
- Verhüttung der Stahl- und Aluminiumfraktionen in einheimischen Anlagen
- Verhüttung der hochwertigen Edelmetallfraktion in pyrometallurgischen Anlagen im Ausland
- Verhüttung der Kupfer- und der geringwertigen Kupferfraktion in Kupfer- oder Stahl-Kupferhütten im Ausland
- kontrollierte Verbrennung/energetische Nutzung oder Errichtung von Deponien für die übrig gebliebene Kunststofffraktion

Aus ökologischer Sicht würde das oben genannte Elektroschrottmanagement nicht nur zu Exporten großer Mengen an Schwermetallen und organischen Schadstoffen aus Ghana zu modernen Fabriken führen, sondern gleichzeitig auch höhere Rückgewinnungsraten (87 % und mehr) von Edelmetallen, wie z. B. Gold, Silber und Palladium, zur Folge haben. Dank dieser optimierten Rückgewinnungsraten von Silber, Gold und Palladium könnten im Vergleich zur Primärgewinnung derselben Ressourcen insgesamt 5,23 kg CO<sub>2</sub>-Äqu. pro Desktop-PC eingespart werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht würden die höheren Rückgewinnungsraten von Edelmetallen zu einem gesteigerten Einkommen durch das Recycling führen, z. B. bei einem Desktop-PC von 7,22 US \$ auf 13,19 US \$. Unter derzeitigen Bedingungen kann dieses zusätzliche Einkommen die Kosten für die manuelle Vorbehandlung, die erforderliche Logistik, den Transport und die Verhüttung abdecken. Die dafür in Ghana notwendigen Betriebsabläufe sind weitgehend unabhängig von Investitionen in Maschinenparks oder Infrastruktur und können von teilgelernten und ungelerten Arbeitern ausgeführt werden. Daher ist dieser Geschäftszweig prinzipiell dafür geeignet, innerhalb oder in Kooperation mit dem informellen Recyclingsektors in Ghana implementiert zu werden.

Im Fall von Röhrengeräten (eng. Cathode Ray Tubes = CRTs) hat der Vergleich der derzeit eingesetzten Recyclingtechniken mit den am besten geeigneten Techniken aufgezeigt, dass es noch erhebliche ökologische Verbesserungspotenziale gibt, insbesondere hinsichtlich der Behandlung schadstoffhaltiger Fraktionen, wie z. B. dem Bildröhrenglas, der Phosphorbeschichtung und der Kunststoffe. Die umweltverträgliche Behandlung dieser Fraktionen ist jedoch kostenintensiv und würde zu geringeren Einnahmen als durch die derzeit eingesetzten Recyclingtechniken führen. Für Ghana können die am besten geeigneten Recyclingtechniken für Röhrengeräte wie folgt zusammen gefasst werden:

- Einsammeln der Röhrenaltgeräte bei Privathaushalten und Betrieben (aufbauend auf das bestehende Sammelsystem) sowie sorgsame Handhabung, um die Röhren nicht zu beschädigen
- manuelles Zerlegen in die Hauptbestandteile

- manuelles Weiterzerlegung der Leiterplatten (mit dem Ziel der Aufkonzentrierung von Edelmetallen)
- Kompaktieren der Röhren unter geeigneten Luftabzugs- und Reinigungssystemen
- Verhüttung der Stahl- und Aluminiumfraktionen in einheimischen Fabriken
- Verhüttung der Edelmetallfraktion in pyrometallurgischen Fabriken im Ausland
- Verhüttung der Kupferfraktion in Kupferhütten im Ausland
- kontrollierte Verbrennung/energetische Nutzung oder kontrollierte Entsorgung von übrig gebliebenen Kunststofffraktion
- sorgsame Verwendung von Glasbruch in der Baubranche oder Entsorgung als Sonderabfall
- Entsorgung von Phosphorstaub als Sonderabfall

Der Vergleich zwischen den Nettomaterialwerten der derzeit eingesetzten Recyclingtechniken mit den am besten geeigneten Recyclingtechniken zeigt, dass die Einnahmen durch das Recycling steigen würden, z. B. bei einem Röhrenfernseher von 7,67 US \$ auf 9,84 US \$. Allerdings bleiben bei dieser Berechnung die Kosten für eine umweltverträgliche Behandlung des Bildröhrenglases und die Entsorgung der Phosphorbeschichtung noch unberücksichtigt. Da derzeit ein weltweites Überangebot an Bildröhrenaltglas besteht (das Glas wird z.B. als Flussmittel in einigen Metallhütten eingesetzt), müssen Zulieferer dieses Glases Kosten von ca. 160 US \$ pro Tonne für die umweltverträgliche Endverarbeitung tragen. Dadurch liegen die Einnahmen aus umweltverträglichem Recycling von Röhrengeräten unter den Einnahmen der derzeit angewandten Recyclingtechniken in Ghana (Rückgang von 7,67 US \$ auf 7,11 US \$) – und darin sind die Kosten für eine ordnungsgemäß durchgeführte Entsorgung des Phosphorstaubes und mögliche Gebühren für die kontrollierte Verbrennung von Kunststoff noch nicht enthalten. Aus diesem Grund wird erwartet, dass gewinnorientierte Unternehmen - ohne ein zusätzliches Finanzierungssystem oder andere Absicherungsmechanismen, die die ordnungsgemäße Behandlung aller Bestandteile der Röhrenprodukte sicherstellen - nicht im Bereich umweltverträgliches Bildröhrenrecycling tätig werden. Geschäftsmodelle zum umweltverträglichen Bildröhrenrecycling können daher nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn Gesetze und Vorschriften eindeutig die Verantwortungsbereiche für sämtliche Abfallbestandteile festlegen. Darüber hinaus könnte ein sachgerechtes Bildröhrenrecycling durch die Festlegung geeigneter Managementoptionen für die kritischen Bestandteile gefördert werden. Dazu gehören u. a.:

- Ausweisung und Entwicklung von Deponien für Sonderabfälle
- Mindestquoten für die Verbrennung von Sonderabfällen in Zementöfen
- weitere Untersuchungen, inwieweit die Verwendung von Bildröhrenaltglas in der ghanaischen Baubranche ökologisch vertretbar und technisch umsetzbar ist

Im Fall von Kühlschränken hat der Vergleich der derzeit eingesetzten Recyclingtechniken mit den am besten geeigneten Techniken gezeigt, dass es noch erheblich ungenutzte ökologische, und möglicherweise auch wirtschaftliche Verbesserungspotenziale gibt. Diese Potenziale sind insbesondere in der Rückgewinnung und Zerstörung von FCKW und FKW

aus Kühlkreisläufen und Schäumen zu finden. Die ordnungsgemäße Behandlung der schadstoffhaltigen Bestandteile und eine bessere Nutzung der Kunststoffbestandteile sind zudem weitere Vorteile eines ordnungsgemäßen Kühlgeräterecyclings. Die ökologischen und wirtschaftlichen Potenziale können genutzt werden, indem die Rückgewinnung und thermische Zerstörung von FCKW und FKW mit Hilfe eines der bestehenden Systeme zu Zertifizierung und Handel von Treibhausgasemissionsreduktionen vermarktet wird. Hierzu eignen sich insbesondere die Zertifizierungssysteme *Carbon Action Reserve (CAR)* und *Voluntary Carbon Standard (VCS)*. Für Ghana können die am besten geeigneten Recyclingtechniken für Kühl- und Gefriergeräte wie folgt zusammengefasst werden:

- Einsammeln von Kühl- und Gefriergeräte bei Privathaushalten und Betrieben (aufbauend auf das bestehende Sammelsystem) sowie sorgsamer Transport, um die Kühlkreisläufe nicht zu beschädigen
- halbautomatisierte Extraktion von FCKW aus den Kühlkreisläufen
- automatisierte Rückgewinnung von FCKW aus den Schäumen
- Verhüttung von Stahl- und Aluminiumfraktionen in einheimischen Anlagen
- Export der Kupferfraktion
- Recycling von Polystyrol vor Ort
- Vermarktung des Polyurethanpulvers als Ölbindemittel
- Export und thermische Zerstörung von FCKW in zertifizierten Anlagen
- kontrollierte Verbrennung/energetische Nutzung von Ölen und der übrig gebliebenen Kunststofffraktion
- kontrollierte Behandlung der restlichen schadstoffhaltigen Fraktionen

Aus ökologischer Sicht würde die am besten geeignete einsetzbare Technik – bei der mindestens 90 % des gesamten, im Kühlkreislauf und den Schäumen enthaltenen FCKWs rückgewonnen werden – zu einer Einsparung von bis zu 2-7 t CO<sub>2</sub>-Äqu. pro Gerät führen. In Kombination mit einer besseren Nutzung der Kunststoffe, insbesondere Polystyrol, könnten Einnahmen aus dem CO<sub>2</sub>-Emissionshandel zu deutlich größeren wirtschaftlichen Erlösen führen. Die Investitionskosten für die Errichtung derartiger Anlagen würden jedoch zwischen 280.000 US \$ für die grundlegende Maschinenausstattung zur Rückgewinnung von FCKW aus Kühlkreisläufen und 6,3 Millionen US \$ für umfassendere Rückgewinnungsanlagen (aus Kühlkreisläufen und Schäumen) liegen. Außerdem sind die Verwaltungsaspekte hinsichtlich des Exports von FCKW, der Zertifizierung und Erfüllung der Vorgaben zur Teilnahme am Emissionshandel äußerst komplex. Der informelle Sektor für Elektroschrottmanagement wäre daher wahrscheinlich nicht in der Lage, ein derartiges System im Recyclingbereich alleine aufzubauen und zu verwalten. Dennoch sollte der informelle Sektor im Bereich der Sammlung von ausrangierten Kühlschränken, dem Transport zu den Recyclinganlagen und verschiedenen manuellen Recyclingschritten einbezogen werden. Insgesamt sollten sich Unternehmen im Bereich des Kühlgeräterecyclings eng mit den derzeitigen Recyclingstrukturen verzahnen. Somit kann insbesondere auch vermieden werden, dass beide Ansätze – das derzeit praktizierte Kühlschränkreycling und ein verbessertes



Recycling mit FCKW-Rückgewinnung und Zerstörung – beim Erwerb alter Kühlschränke gegeneinander konkurrieren.

Die oben beschriebenen Abfallwirtschaftsoptionen müssen zudem auf mögliche Risiken und unerwünschte Nebenwirkungen untersucht werden. Dabei sollte bei einer künftigen Umsetzungsstrategie hinsichtlich eines nachhaltigen Elektroschrottmanagements folgendes berücksichtigt werden:

- Gefahr der Vernachlässigung von geringwertigen Fraktionen, wie z. B. Bildröhrenaltglas, Kunststoffe usw.
- Eventuelle Probleme durch sich verändernde Zusammensetzung von Elektroschrott, wie z. B. durch die zunehmende Verwendung von LCD-Bildschirmen
- Schwankungen bei den Rohstoffpreisen
- Gefahr der indirekten Anregung illegaler Elektroschrottimporte

Insbesondere der letztgenannte Punkt ist von entscheidender Bedeutung, da Maßnahmen zur Einkommenssteigerung durch das Elektroschrottreycling indirekt auch den Import von Elektronikschrott ankurbeln könnte. Das wäre nicht nur aus dem Grund problematisch, da diese Importe einen Verstoß gegen die Basler Konvention darstellen, sondern auch, weil selbst ein verbessertes Elektroschrottrecyclingsystem immer noch negative ökologische Auswirkungen in Ghana mit sich bringen würde. Obwohl derartige Folgen für die vor Ort anfallenden Elektroschrottmengen kaum verhindert werden können, sollte zusätzlich importierter Elektroschrott nach Ghana in keiner Weise toleriert werden.

Auf der Grundlage der sozioökonomischen Bewertung, der Analyse der Recyclingtechniken sowie der Risikoabschätzung können die folgenden Empfehlungen gegeben werden. Die Empfehlungen richten sich sowohl an die ghanaische Regierung, die ghanaische und internationale Recyclingindustrie, als auch an internationale Geldgeber, die Ghana bei seinen Bemühungen, das Elektroschrottproblem zu lösen, unterstützen möchten:

- Einbindung des informellen Sektors in alle künftige Strategien zum verbesserten Elektroschrottmanagement
- Einsatz manueller Arbeitskraft zur Zerlegung von Elektronikschrott
- Aufbau und Pflege internationaler Kooperationen im Recyclingbereich
- Fokussierung auf qualitativ hochwertige Recyclingprodukte
- Entwicklung eines regulativen Rahmens
- Entwicklung von geeigneten Finanzierungsmechanismen
- Entwicklung und Bereitstellung von Lösungsansätzen für lokal generierte Sonderabfälle
- Regulierung des Imports gebrauchter Produkte

Insbesondere hinsichtlich der Umsetzung der vorgeschlagenen einsetzbaren Recyclingtechniken wird empfohlen, ein Pilotprojekt zum Recycling von Elektroschrott in Ghana ins Leben zu rufen. Dieses Projekt soll dabei helfen, die derzeit bestehenden Hemmnisse abzubauen und die sozialen, ökologischen und langfristig angelegte wirtschaftlichen Vorteile zu maximieren. Es sollte in enger Zusammenarbeit mit den ghanaischen Behörden, der einheimischen Recyclingindustrie und den internationalen

Recyclingnetzwerken implementiert werden und so ausgerichtet sein, dass nachhaltige Lösungen erzielt sowie die beschriebenen geprüft und gegebenenfalls umgesetzt werden. Wichtige Bestandteile eines solchen Pilotprojekts sind nachfolgend aufgeführt:

- EPA-Ghana als Dachorganisation
- Pilotmaßnahmen innerhalb von oder in enger Zusammenarbeit mit bestehenden Recyclingclustern
- Prioritätensetzung auf die direkte Vernetzung von ghanaischen Recyclingunternehmen mit internationalen Recyclingnetzwerken
- Verbesserung sozialer Standards
- Sicherstellung von schnellem Cash-flow
- Behandlung aller Elektroschrottfractionen