

Rainer Lucas
Henning Wilts
unter Mitarbeit von Irina Sokolova

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weltweite Wiedergewinnung von Platingruppenmetallen (PGM)

Meilensteinbericht des Arbeitspakets 2.2 des Projekts
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)



Kontakt zu den Autor(inn)en:

Rainer Lucas

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

Tel.: +49 (0) 202 2492 -260, Fax: -138

Mail: rainer.lucas@wupperinst.org

**„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA**

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

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

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org

peter.hennicke@wupperinst.org

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

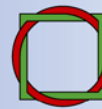
Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

finden Sie unter **www.ressourcen.wupperinst.org**

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autor(inn)en.



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wuppertal Institut
in Kooperation mit

BASF
Borderstep
CSCP
Daimler
demea – VDI / VDE-IT
ECN
EFA NRW
FhG IAO
FhG UMSICHT
FU Berlin
GoYa!
GWS
Hochschule Pforzheim
IFEU
Institut für Verbraucherjournalismus
IÖW
IZT
MediaCompany
Ökopol
RWTH Aachen
SRH Hochschule Calw
Stiftung Warentest
ThyssenKrupp
Trifolium
TU Berlin
TU Darmstadt
TU Dresden
Universität Kassel
Universität Lüneburg
ZEW



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	10
2	Rahmenbedingungen für die internationale Stoffstromsteuerung.....	13
2.1	Strukturen der PGM-Primärförderung.....	13
2.2	Kritikalität der Rohstoffversorgung.....	15
2.3	Hauptanwendungsfelder und Trends in der Nachfrageentwicklung.....	17
2.3.1	<i>Anwendungsfelder und technische Funktionen.....</i>	<i>17</i>
2.3.2	<i>Einflussfaktoren und Trends des PGM-Verbrauchs.....</i>	<i>18</i>
2.4	Bedeutung, Entwicklung und Probleme des PGM-Recyclings.....	22
2.4.1	<i>Umweltpolitische Relevanz.....</i>	<i>22</i>
2.4.2	<i>Defizite im Stoffstrommanagement.....</i>	<i>23</i>
2.4.3	<i>Beitrag des Recyclings zur Rohstoffversorgung.....</i>	<i>24</i>
3	Untersuchung des Handlungsfeldes Autoabgaskatalysatoren (Autokats)	26
3.1	Ökonomische Faktoren.....	26
3.1.1	<i>Nachfragestrukturen und Versorgungssicherheit.....</i>	<i>26</i>
3.1.2	<i>Zukünftige Nachfrageentwicklung.....</i>	<i>27</i>
3.2	Regulatorische und institutionelle Faktoren.....	28
3.3	Technische Faktoren.....	31
3.3.1	<i>Technische Funktion der Katalysatoren und ihr PGM-Gehalt.....</i>	<i>31</i>
3.3.2	<i>Verfahrensschritte des PGM-Recyclings.....</i>	<i>35</i>
3.3.3	<i>PGM-Verluste durch Ineffizienzen in der Recyclingkette.....</i>	<i>35</i>
3.4	Verlagerung der PGM-Stoffströme in andere Volkswirtschaften durch den Export von gebrauchten PKW.....	38
3.4.1	<i>Herkunft und Verbleib der Fahrzeuge in der EU27.....</i>	<i>38</i>
3.4.2	<i>Gebrauchtwagen-Export aus Deutschland Auswertung der COMEXT-Datenbank.....</i>	<i>38</i>
3.4.3	<i>Auswertung der Exporte aus Deutschland in andere EU-Staaten (REGINA-Datenbank).....</i>	<i>40</i>
3.4.4	<i>Direkte Gebrauchtwagenexporte aus Deutschland in Nicht-EU-Staaten.....</i>	<i>42</i>
3.4.5	<i>Exporte aus der EU in Nicht-EU-Staaten.....</i>	<i>43</i>
3.4.6	<i>Abschätzung der PGM-Verluste.....</i>	<i>46</i>
3.4.7	<i>Bewertung der Datenlage.....</i>	<i>48</i>
3.5	Länderstudien zur PGM-Rückgewinnung aus Autokatalysatoren.....	50
3.5.1	<i>Russland.....</i>	<i>52</i>
3.5.2	<i>Polen.....</i>	<i>62</i>
3.5.3	<i>Baltische Länder.....</i>	<i>72</i>
3.5.4	<i>Abschätzung der zukünftigen Wachstumspotenziale in ausgewählten osteuropäischen Ländern.....</i>	<i>77</i>
3.6	Maßnahmenvorschläge für den Bereich der Autoabgaskatalysatoren.....	84
3.6.1	<i>Maßnahmenfeld „Festlegung von Qualitätsstandards für Katalysator-Logistik und Katalysator-Entmantelung“.....</i>	<i>85</i>
3.6.2	<i>Maßnahmenfeld „Aufbau eines internationalen Redistributionssystems“.....</i>	<i>86</i>
3.6.3	<i>Maßnahmenfeld „Gebrauchtwagenexporte/-importe“.....</i>	<i>90</i>
3.6.4	<i>Maßnahmenfeld „Technologie- und Wissenstransfer für die neuen EU-Beitrittsländer und ausgewählte CEC-Staaten“.....</i>	<i>93</i>

4	Maßnahmenfeld Elektro- und Elektronikschrott	98
4.1	Einleitung	98
4.2	WEEE – ressourcenpolitische und ökologische Relevanz	99
4.2.1	<i>IKT und UE als Treiber des Rohstoffverbrauchs</i>	100
4.2.2	<i>PGM Einsatzbereiche im Elektro-/Elektronik-Bereich</i>	102
4.2.3	<i>EAG-Behandlung und Recycling</i>	105
4.2.4	<i>Exporte von gebrauchten Elektrogeräten und Elektroaltgeräten</i>	110
4.3	Rechtlicher Rahmen	117
4.3.1	<i>Basler Übereinkommen</i>	117
4.3.2	<i>EG-Elektroaltgeräte-Richtlinie</i>	117
4.3.3	<i>ElektroG</i>	120
4.4	Identifizierung von PGM- Verlusten	121
4.4.1	<i>Beschreibung der Datenlage für PGM in EEE und EAG</i>	122
4.4.2	<i>Handys</i>	127
4.4.3	<i>Bildschirme</i>	149
4.5	Maßnahmenvorschläge	168
4.5.1	<i>Bewertung und Grenzen der bisherigen Einzelmaßnahme</i>	169
4.5.2	<i>Strategieansatz der erweiterten Herstellerverantwortung</i>	171
4.5.3	<i>Allgemeiner Ansatz zur Substitution von Primär-PGM: Mindestvorgabe für Einsatz von Sekundär-PGM (mit Zertifikat)</i>	174
4.5.4	<i>Konkrete Maßnahmenvorschläge für Mobiltelefone</i>	177
4.5.5	<i>Konkrete Maßnahmen für PGM in Bildschirmen</i>	183
4.6	Systemorientierte Beschreibung des Stoffstromregimes	194
4.7	Prioritäre Maßnahmen für einen Systemwandel	197
4.7.1	<i>Durchsetzung von einheitlichen Qualitätsstandards in internationalen Wertschöpfungsketten für alle Verwertungsstufen der PGM-Rückgewinnung</i>	197
4.7.2	<i>Verschärfung der Dokumentationspflichten bei der Ausfuhr gebrauchter Technologiegüter (insbesondere für den Handel)</i>	198
4.7.3	<i>Klare Kriterien für den Export von gebrauchten Konsumgütern außerhalb der EU und deren Überprüfung durch die Zollbehörden</i>	198
4.7.4	<i>Vertraglich abgesicherte Standards in der Recyclingkette</i>	199
4.8	Weiterer Forschungsbedarf	200
5	Zusammenfassung	202
	Literatur	207
	Anhang	228

Abbildungen

Abb. 1: Platinmetallvorkommen und platinmetallproduzierende Länder.....	14
Abb. 2: Bewertung der Kritikalität	16
Abb. 3: Weltweite Brutto-PGM-Nachfrage nach Sektoren 2010 (in 1000 Tonnen).....	19
Abb. 4: Verwendung von Platin und Palladium nach Anwendungsfeldern	20
Abb. 5: Platinpreis je Feinunze 2007 - 2010.....	21
Abb. 6: Palladiumpreis je Feinunze 2007 - 2010	22
Abb. 7: Entwicklung der PKW-Flotte in der EU27 bis 2030	28
Abb. 8: Globale Redistributionsstrukturen im Bereich des Kat-Recyclings	31
Abb. 9: Darstellung des PGM-Recyclings aus Auto-Katalysatoren und potentieller Verlustpunkte.....	36
Abb. 10: Verlustpotenziale in den Bearbeitungsstufen de Fahrzeugrecyclings In Deutschland.....	37
Abb. 11: Herkunft und Verbleib von Fahrzeugen in der EU27 in 2008.....	38
Abb. 12: Verbleib der gelöschten Pkw in Deutschland 2008.....	39
Abb. 13: Wiederanmeldungen von Gebrauchtwagen aus Deutschland	42
Abb. 14: Altersstruktur exportierter Gebrauchtwagen im europäischen Vergleich, Durchschnittswerte 2004 bis 2009.....	47
Abb. 15: Unsicherheiten gewonnener PGM-Mengen.....	50
Abb. 16: Verteilung des Fahrzeugbestands in Russland.....	54
Abb. 17: Einführung von Emissionsstandards in Russland	56
Abb. 18: Der russische Automarkt 2010 und die Effekte der Abwrackprämie	58
Abb. 19: Entwicklung des Fahrzeugbestandes (Pkw) in Polen (in 1000 Einheiten)	62
Abb. 20: Fahrzeugbestand (Pkw) pro 1000 Einwohner in Polen	63
Abb. 21: Regionale Unterschiede in der Pkw-Bestandsdichte in Polen	64
Abb. 22: Altersstruktur von Pkw in Polen in 2009.....	65
Abb. 23: Altersstruktur der nach Polen importierten Fahrzeugen, 2007 bis 2009	66

Abb. 24: Anzahl abgemeldeter Fahrzeuge im Jahr	67
Abb. 25: Anzahl der Demontagestationen und Sammelstellen zum 31. Dezember	68
Abb. 26: Standort der Altfahrzeug-Demontage-Stationen in Estland, Stand: 2006	74
Abb. 27: Handelskette von Altkatalysatoren auf dem baltischen Markt	76
Abb. 28: Zusammenhang zwischen BIP und Fahrzeugdichte pro Einwohner	78
Abb. 29: PGM-Nachfrage in Osteuropa bis 2014,	84
Abb. 30: Purchasing Organisation Webasto AG	89
Abb. 31: Zusammensetzung WEEE in der EU 2005	100
Abb. 32: Entwicklung der Anzahl chemischer Elemente in einem Intel-Computerchip	101
Abb. 33: Schematischer Aufbau eines MLCC.....	103
Abb. 34: Die Recycling-Wertschöpfungskette von Elektroaltgeräten	106
Abb. 35: Metallverteilung in einem E-Schrott-Schredder in Deutschland	108
Abb. 36: Transportwege für WEEE und Schrottschiffe in Südostasien	113
Abb. 37: Umsetzung der WEEE-Direktive im Jahr 2007	118
Abb. 38: PGM-Ströme in Elektrogeräten, für Deutschland	122
Abb. 39: Verlustmengen EEE und EAG in 2007 in t.....	126
Abb. 40: Stoffliche Zusammensetzung eines Handys 2005	128
Abb. 41: Anteile an Masse, Wert und TMR verschiedener Stofffraktionen im Handy.....	128
Abb. 42: Entwicklung des Handys seit 1980.....	130
Abb. 43: Entwicklung der Verkaufszahlen für Handys in Deutschland 1992 bis 2008 in Mio. Stück pro Jahr.....	132
Abb. 44: Mobiltelefone je 100 Einwohner 2006 in verschiedenen Ländern	133
Abb. 45: Teilnehmer-Marktanteile der Handy-Netzbetreiber in Deutschland.....	135
Abb. 46: Gesamte Stoffflüsse von Handys in Deutschland 2007	136
Abb. 47: Aufbau eines Handy-Sammelsystems	138

Abb. 48: Internetangebote für den Verkauf von gebrauchten Handys.....	142
Abb. 49: Globale Exporte von Handys aus Deutschland in 2007	146
Abb. 50: Umsatz TV-Geräte 2004-2008 (in Mio. Euro)	152
Abb. 51: Globale Marktentwicklung von TV-Geräten	153
Abb. 52: Weltweite Marktanteile LCD-Bildschirme 2007	155
Abb. 53: Weltweite Marktanteile Notebookhersteller 2007	155
Abb. 54: Zusammensetzung der Sperrmüllsammlung in Wuppertal	157
Abb. 55: Anzahl optierte örE für Sammelgruppe 3	158
Abb. 56: Anfragen nach gebrauchten Bildschirmen auf Internetplattformen	160
Abb. 57: Schematische Darstellung CRT-Recycling.....	161
Abb. 58: Dynamische Simulation des Anfalls von EOL-CRT-Geräten.....	163
Abb. 59: Kostenstruktur für das Recycling von LCD-Geräten in Österreich, 2008	165
Abb. 60: Verwertungskosten für Bildschirme in EU-Mitgliedsstaaten	166
Abb. 61: PGM-Nachfrage für die Produktion von Bildschirmen für Deutschland 2008 in Gramm	167
Abb. 62: Maßnahmen-Portfolio	171
Abb. 63: Konzept eines Zertifikatesystems für den Sekundärmetalleinsatz in Produkten	177
Abb. 64: Plakatkampagne für Handyrücknahmesysteme in Australien	179
Abb. 65: Bildschirm-Sammlung in Containern	185
Abb. 66: Demontagefreundliches Design bei CRT-Geräten am Beispiel der Kunststoffteile.....	187
Abb. 67: Geöffneter Übersee-Container in Lagos mit exportierten Bildschirmen	193

Tabellen

Tab. 1: Anwendungsfelder und technische Funktionen.....	17
Tab. 2: Entwicklung des globalen Verbrauchs von Platin, Palladium und Rhodium bezogen auf unterschiedliche Anwendungsfelder (2008 bis 2010) in Tonnen	19
Tab. 3: Vergleich der Umweltauswirkungen zwischen primären und recyceltem Platin	23
Tab. 4: Deckungsquote des Platinbedarfs durch Recycling nach Regionen in t	24
Tab. 5: Fahrzeuglöschungen nach Motortyp, -leistung und PGM-Gehalt.....	33
Tab. 6: Gebrauchtwagen-Exporte in andere EU-Staaten: REGINA-Statistik – Mitteilungen an das KBA über ehemals in Deutschland zugelassene Fahrzeuge.....	41
Tab. 7: Gebrauchtwagen-Exporte in Nicht-EU-Staaten entsprechend der Außenhandelsstatistik, PKW und Wohnmobile mit Otto- und Dieselmotor	43
Tab. 8: Systematik der EU Außenhandelsstatistik für die Klassifizierung von Fahrzeugen.....	44
Tab. 9: Top 10 Export von Gebrauchtwagen aus der EU27 in Nicht-EU-Exportländer in 2007	45
Tab. 10: Vergleich der außereuropäischen Im- u. Exporte von Gebrauchtwagen in 2002 und 2007	46
Tab. 11: Zahl der leichten Automobile im Privatbesitz pro 1.000 Einwohner (zum Jahresende; in Stück)	52
Tab. 12: Durchschnittsalter des Automobilbestands in Russland nach Regionen	53
Tab. 13: Durchschnittsalter des Fahrzeugbestands nach Marken (2009)	55
Tab. 14: Aus Deutschland exportierte und in Polen wieder zugelassene Fahrzeuge und ihr Anteil an den Neuregistrierungen	66
Tab. 15: Auszahlungen aus dem "National Fund for Environmental Protection and Water Management " an Unternehmen und Kommunen	69
Tab. 16: Eckdaten des Altfahrzeuganfalls und der –verwertung in Polen, 2006 und 2007	70
Tab. 17: Fahrzeugbestand in baltischen Ländern in 2009.....	72
Tab. 18: Eckdaten der Altfahrzeugverwertung in den baltischen Staaten 2008	73
Tab. 19: Einflussfaktoren auf das PGM-Potenzial als Katalysatoren.....	80
Tab. 19: Zusammenhänge zwischen der Entwicklung Fahrzeugflotten und dem PGM-Recycling.....	81
Tab. 21: Aufgaben und Instrumente einer Transferpolitik zu Verbesserung der PGM-Rückgewinnung aus Autokatalysatoren	95

Tab. 22: Einsatzmengen an Palladium weltweit (in kg), netto (Brutto minus Recycling)	102
Tab. 23: Globaler Rohstoffbedarf für miniaturisierte Kondensatoren, in Tonnen.....	104
Tab. 24: Anteilige ökologische Belastungen durch Gold, Silber und Palladium in verschiedenen Elektronikgeräten	105
Tab. 25: Gehalte und Rückgewinnungsraten von Edelmetallen aus Leiterplatten durch Demontage bzw. mechanische Aufbereitung	107
Tab. 26: Umweltbelastungspotenziale in der Primär- u. Sekundärgewinnung von Platingruppenmetallen	109
Tab. 27: Mengenabschätzungen für Export-Quellen für gebrauchte Elektrogeräte und EAG aus Deutschland	112
Tab. 28: Ankaufpreise für eine Tonne Leiterplatten-Schrott 2006	117
Tab. 29: Vorgegebene Verwertungsquoten im ElektroG	120
Tab. 30: Flows of sWEEE (tonnes) and flows of gold and palladium (kg) associated with sWEEE in Germany, 2007	123
Tab. 31: In Verkehr gebrachte, gesammelte und verwertete Mengen an Elektro- bzw. Elektroaltgeräten in Deutschland im Jahr 2006 in t	125
Tab. 32: Materialzusammensetzung von Mobilfunktelefonen, g/kg	129
Tab. 33: Weltweite Handyverkäufe in Mio. Stück und Marktanteile in Prozent in 2009.....	134
Tab. 34: Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen in Deutschland	143
Tab. 35: Exporte von neuen und gebrauchten Handys aus Deutschland außerhalb der EU in 2008	147
Tab. 36: Kumuliertes, globales Recyclingpotenzial in Handys 1997-2008, in Tonnen	148
Tab. 37: Verluste in der Kreislaufführung von PGM in Mobiltelefonen	149
Tab. 38: PGM-Inhalte pro Stück in verschiedenen Bildschirmtypen nach UNU 2008	150
Tab. 39: PGM-Inhalte pro Stück in verschiedenen Bildschirmtypen nach Chancereel 2010.....	151
Tab. 40: Entwicklung der Neuverkäufe für Computerbildschirme in der EU in Mio. Stück	153
Tab. 41: Verkaufszahlen für Bildschirme in Deutschland 2005-2008 (in 1.000 Stück).....	153
Tab. 42: Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen in Deutschland	157
Tab. 43: Bildschirme: Exportmengen in Stück für einzelne Zielländer nach DESTATIS und ZAPP (Bezugsjahr 2008, in t)	159
Tab. 44: Kostenstruktur für das Recycling von Fernsehern 2005, EU-Durchschnittswerte	164

Tab. 45: Verluste in der Kreislaufführung von PGM in Bildschirmen 168

Tab. 46: EPR-Umsetzung 172

Abkürzungen

Autokat	Autoabgaskatalysator
BRIC	Brasilien, Russland, Indien und China
CEC	Central and Eastern European Countries
CRT	Cathode Ray Tube
EAG	Elektroaltgeräte
ear	stiftung elektro-altgeräte register
EEE	Electrical (and electronics) engineering
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
ELV	End-of-life-Vehicles
EPR	Extended Producer responsibility
FORS	Forum Recyklingu Samochodów (Polen)
GKat	Geregelte Katalysatoren
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
LCD	Liquid Crystal Display
MLCC	Multi Layer Ceramic Capacitor
Pd	Palladium
PGM	Platin-Gruppen-Metalle
PKW	Personenkraftwagen
Pt	Platin
RFID	Radio Frequency Identification Device
Rh	Rhodium
TFT	Thin-film Transistor
UE	Unterhaltungselektronik
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

1 Einleitung

Der Einsatz von Platingruppenmetallen (PGM) mit den Hauptvertretern Platin (Pt), Palladium (Pd) und Rhodium (Rh) in technologieorientierten Anwendungen nimmt weltweit weiter zu. Treibende Faktoren sind die wachsende Nachfrage aus der Industrie, insbesondere aus den Anwendungsbereichen Autoabgaskatalysatoren und Elektro(nik)geräte (EEE). Mit diesen Anwendungen wächst gleichzeitig das sekundäre Rohstoffpotenzial, das nach der Nutzungsphase wieder zurück gewonnen werden könnte. Aus ressourcen- und umweltpolitischer Perspektive kann das PGM-Recycling einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffsicherheit, zur Ressourcenschonung und Umweltentlastung leisten (vgl. u.a. Hagelüken/Buchert/Stahl 2005, Gordon/Bertram/Graedel, 2006, Saurat/Bringezu 2008).

Die bestehenden internationalen räumlichen Verflechtungen zwischen den Produktionsstandorten, produktbezogenen Zielmärkten und deren Ressourcenpotenzialen ist in der Ressourcenpolitik ein noch wenig beachtetes Thema. Die produktbezogenen Zielmärkte werden dabei zu neuen Lagerstätten für ein Urban Mining. Hierbei ergeben sich zusätzliche Herausforderung für die Rückgewinnung und die Redistribution. Im Rahmen der Sekundärrohstoffwirtschaft entstehen neue Produktions- und Konsumtionsräume, die sich je nach Produktbereich erheblich voneinander unterscheiden. Inwieweit hieraus Konsequenzen für den räumlichen Zuschnitt eines internationalen Stoffstrommanagements zu ziehen sind, wird im Weiteren zu diskutieren sein.

Vor diesem Hintergrund bestand im MaRes-Teilprojekt „Weltweite Wiedergewinnung von Platingruppenmetallen (PGM)“ die Aufgabe, für ausgewählte Handlungsfelder mögliche Verlustquellen und Defizite im internationalen Stoffstrommanagement zu identifizieren und hierauf aufbauend Vorschläge für eine verbesserte internationale Kreislaufführung von PGM zu entwickeln. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag hierbei in den Handlungsfeldern Autoabgaskatalysatoren und Konsumgüterelektronik (Mobiltelefone und Flachbildschirme). Hierbei wurden insbesondere die internationalen Bedingungen für ein verbessertes Stoffstrommanagement anhand von Fallbeispielen untersucht. Auf dieser Basis wurden Maßnahmen vorgeschlagen, die dazu beitragen können, dass auf **internationaler** Ebene bestehende Steuerungsdefizit hinsichtlich der Kreislaufführung beseitigt werden.

Der Verlauf des Projektes war durch drei Arbeitsphasen geprägt:

- Phase I: Identifizierung der potenziell problematischen Exportströme und signifikanten PGM-Verluste (auf der Basis der verschiedenen vorliegenden Studien). Die Erfassung der Stoffströme erfolgt hierbei differenziert nach Produktgruppen und Zielländern.

- Phase II: Vertiefende, akteursbezogene Untersuchung ausgewählter Exportströme und Anwendungsbereiche. Identifizierung signifikanter Potenziale bezüglich Vermeidung, Substitution durch ressourcenschonende Produktion und Kreislaufführung.
- Phase III: Ableitung und Abstimmung von Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung, Substitution und Verbesserung der internationalen Kreislaufführung. Bewertung vorrangig zu verfolgender Optionen.

Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde auf einen Methodenmix zurückgegriffen, der u.a. folgende Elemente beinhaltet:

- Phase 1: vor allem Literatur- und Datenauswertung und Desktop-Recherchen.
- Phase 2: Auswertung statistischer Analysen, Durchführung eigener Berechnungen zur Bestimmung der exportbezogenen Stoffströme, vertiefende Analysen mittels Expertengesprächen, Organisation und Durchführung eines Workshops am 24.4.2009 in Berlin als Stakeholder-Dialog zur Diskussion einer „Roadmap“ zum Recycling von Autokatalysatoren.
- Phase 3: Teilnahme an nationalen und internationalen Fachveranstaltungen, die sich mit dem Stoffstrommanagement in den ausgewählten Handlungsfeldern befassen haben. Abstimmung der Maßnahmenvorschläge mit verschiedenen Experten, auch in den Zielländern der Exporte von PGM-haltigen Produkten. Auswahl und Bewertung von Maßnahmen durch das Projektteam des Wuppertal Instituts.

Die Auswahl der beiden Anwendungsfelder „Autoabgaskatalysatoren“ und „Konsumgüterelektronik“ wurde in Absprache mit der Fachbegleitung des Umweltbundesamtes am Ende der Phase 1 getroffen. Hierbei wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Quantitative Bedeutung der PGM-Nutzung
- Wachstum der Nachfrage
- Potenzialverluste durch Exporte
- Ineffizienzen in der internationalen Recyclingkette

Die Ergebnisdarstellung in diesem Endbericht orientiert sich nun im wesentlichen an den beiden ausgewählten Untersuchungsfeldern und macht auf dieser Basis dann Vorschläge für einen internationalen Governance-Ansatz zur Steuerung der PGM-Stoffströme.

Zunächst wird in Kapitel 1 ein allgemeiner Überblick über die weltweiten Rahmenbedingungen der PGM-Förderung und der Entwicklung des PGM-Verbrauchs in einzelnen Anwendungsfeldern gegeben. Hieran schließt sich in Kapitel 2 eine vertiefende Analyse des Anwendungsfeldes „Autoabgaskatalysatoren“ an. Hierbei werden auch

die Ergebnisse einer vertiefenden, akteursbezogenen Untersuchung der Länder Russland und Polen sowie der baltischen Staaten vorgestellt.¹ In Kapitel 3 erfolgt eine Analyse des Anwendungsfeldes Konsumgüterelektronik (insbesondere Mobiltelefone und Flachbildschirme). Für beide Bereiche wurden Maßnahmen vorgeschlagen, um insbesondere Verluste zu minimieren und das Recycling insgesamt zu verbessern.² Die Maßnahmen im Bereich Autoabgaskatalysatoren wurden in einer Roadmap zusammengefasst und mit Akteuren aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung auf einen Workshop angestimmt. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse aus regulationstheoretischer Sicht zusammen und gibt erste Hinweise für den weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf.

¹ Die Auswahl dieser Staaten begründet sich zum einen mit ihrer besonderen Bedeutung für das PGM-Recycling im Bereich der Autoabgaskatalysatoren, zum anderen mit dem Zugang zu Experten und Informationen.

² Einige der hier vorgestellten Ergebnisse wurden im MaRes-Arbeitsbereich 3.5 aufgegriffen und weiter konkretisiert, insbesondere was die weitere Ausgestaltung von Anreizinstrumenten auf der internationalen Ebene betrifft (Wilts et al 2010).

2 Rahmenbedingungen für die internationale Stoffstromsteuerung

2.1 Strukturen der PGM-Primärförderung

In der Regel werden die Platingruppenmetalle als Nebenprodukt von Edel- (Gold, Silber) und Nichtedelmetallen (Kupfer, Nickel) gewonnen. Allein in Südafrika (Transvaal) wird in einem Bergwerk reines metallisches Platin abgebaut.

Es gibt drei Hauptabbaugebiete für die Platingruppenmetalle:

- In Südafrika sind als die größten Produzenten Anglo Platinum, Impala Platinum, Lonmin, Northam Platinum, Aquarius Platinum, ARM Platinum und Southern Platinum zu nennen. Zusammen produzieren sie etwa 64 % der weltweiten Gesamtfördermenge.
- In Nordsibirien baut Norilsk Nickel neben Kobalt, Nickel und Kupfer 95 % der russischen Platinmetalle ab. Das entspricht etwa 29 % der globalen Gesamtproduktion.
- Auf dem nordamerikanischen Kontinent produziert Stillwater Palladium (Montana, USA), Inco und Falconbridge produzieren in Sudbury (Kanada) und North American Palladium in Lac des Iles (ebenfalls Kanada). Zusammen haben sie einen Weltmarktanteil von nur ca. 6 %.

Einen Überblick gibt die nachfolgende Abbildung.

Abb. 1: Platinmetallvorkommen und platinmetallproduzierende Länder



Quelle: Reller 2010

Versorgungssicherheit und Preisstabilität sind daher von den Förderkapazitäten in Russland und Südafrika abhängig und werden stark von der politischen und wirtschaftlichen Situation in diesen Ländern beeinflusst (vgl. hierzu auch das nachfolgende Kapitel).

Das weltweite Platin-Angebot (primär und sekundär) hat sich in 2007 auf 260 Tonnen belaufen. Aufgrund der langen Vorlaufzeiten für die Planung und Erschließung einer Mine sowie der hohen Anlaufkosten ist eine kurzfristige Ausweitung der Förderung nicht möglich. Eine Steigerung der Förderung erfolgte in den letzten Jahren immer in kleinen Schritten und betrug im Zeitraum von 1998 bis 2007 durchschnittlich für Platin

+2,3 %, für Palladium +0,2 % und für Rhodium +6,1 %.³

Die PGM-Reserven, also die zu ökonomisch rentablen Konditionen abbaubaren, identifizierten Vorkommen, werden auf etwa 71.000 t geschätzt, die gesamten bekannten Vorkommen betragen nur unwesentlich mehr, 80.000 t. Die statische Reichweite beim aktuellen Nachfrageniveau als Hauptindikator für die Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Rohstoffe beträgt damit über 150 Jahre (vgl. USGS 2008, 127).

2.2 Kritikalität der Rohstoffversorgung

Aufgrund dieser Strukturen hat in Deutschland und Europa eine Diskussion über die Versorgungssicherheit im Bereich der Technologiemetalle (vgl. Buchert; Schüler; Bleher 2008)⁴, wozu auch die Platingruppenmetalle gezählt werden, eingesetzt (DG ENTR 2010, Hagelücken 2010).

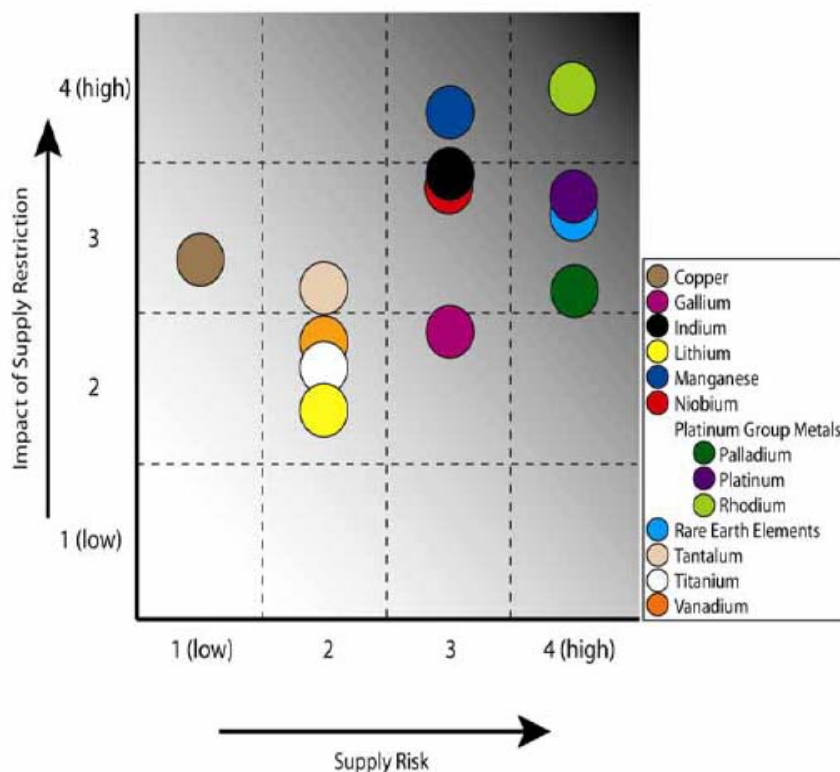
Die Versorgungssicherheit mit PGM kann aus drei Gründen als besonders kritisch eingestuft werden: PGM sind strategische Rohstoffe für die Modernisierung der Volkswirtschaften in der ganzen Welt. Sie unterliegen hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit erheblichen Restriktionen. Der stetig steigenden Nachfrage nach PGM stehen begrenzte Minenkapazitäten in wenigen Ländern (Russland, Südafrika) gegenüber. So existieren erhebliche Probleme bei der Ausdehnung der Primärproduktion, die in Russland an die Nickelproduktion gekoppelt ist und in Südafrika immer wieder durch die mangelnde Energieversorgung beeinträchtigt wird. Der Export von PGM erfolgt in Russland über die staatliche Handelsgesellschaft Almazjuvelirexport. Die Höhe der Exporte wird jährlich per Regierungserlass genehmigt. Verzögerungen bei der Erteilung von Exportgenehmigungen führten in den vergangenen Jahren wiederholt zu starken Angebotsveränderungen und entsprechenden Preisschwankungen für PGM auf dem Weltmarkt.

Und es gibt derzeit in den Hauptanwendungsfeldern wie den Autokats nur geringe Substitutionsmöglichkeiten. Bewertungen hinsichtlich der Verfügbarkeit kommen zu dem Ergebnis, dass hier erhebliche Risikofaktoren vorliegen (siehe auch die nachfolgende Abb. 2)

³ Eigene Berechnungen auf Basis der Angaben aus: Johnson Matthey, Platinum Yearbook 2007, S. 52, S. 54 und S. 56

⁴ Dies sind lt. Rohstoffinitiative der EU (EU 2008: 17) folgende Metalle: Antimon, Chrom, Germanium, Gallium, Indium, Kobalt, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Niob, Platin (PGM), Palladium, Rhodium, Seltene Erden, Rhenium, Tantal, Titanium, Wolfram und Vanadium. Diese Stoffe sind nicht allein für High-tech-Anwendungen allgemein bedeutsam, sondern insbesondere auch für zunehmend bedeutsame Energieerzeugungs- und -umwandlungstechniken (Hybridantrieb, Photovoltaik, Windenergie, Brennstoffzellen, Wasserstoffnutzung).

Abb. 2: Bewertung der Kritikalität



Quelle: Reller 2010

Die Kritikalität der Rohstoffversorgung vor allem mit Technologiemetallen hat insbesondere auf europäischer Ebene zu verschiedenen Initiativen geführt. So hat die EU-Kommission im November 2008 eine Rohstoffinitiative zur Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern gestartet (KOM 699, 2008). Diese verfolgt drei Ziele:

- Gewährleistung des diskriminierungsfreien Zugangs zu den auf dem Weltmarkt gehandelten Rohstoffen,
- Senkung des Primärrohstoffverbrauchs in der EU und
- Sicherung der Versorgung mit Rohstoffen aus heimischen Quellen.

Als heimische Quellen werden in der Strategie insbesondere die Recyclingpotenziale hervorgehoben. Ein höherer Recyclinganteil zur Versorgung der Automobilindustrie mit PGM könnte sich auch positiv auf die Preisentwicklung in den internationalen Rohstoffmärkten auswirken. Somit besteht aus volkswirtschaftlicher Sicht ein erheblicher, strategischer Handlungsbedarf zur Erschließung der sekundären Rohstoffpotenziale durch eine verbesserte Kreislaufführung, um die steigende Nachfrage befriedigen zu können.

2.3 Hauptanwendungsfelder und Trends in der Nachfrageentwicklung

2.3.1 Anwendungsfelder und technische Funktionen

Da die chemischen Eigenschaften der beiden Metalle Platin und Palladium sehr ähnlich sind, finden sie weitestgehend in gleichen Bereichen Anwendung. Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, ist die Einsatzbreite enorm und mit vielfältigen technischen Funktionen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern verbunden.

Tab. 1: Anwendungsfelder und technische Funktionen

Anwendungsfeld	Pt	Pd	Rh	Technische Funktion
Automobilproduktion	X	X	x	Oxidation von giftigem Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid, Reduktion der Stickoxide zu Stickstoff und Oxidation der Kohlenwasserstoffe zu Kohlendioxid. Anwendung auch in Lambda-Sonden und in der Autoelektronik
Großtechnische, industrielle Prozesse	X	X	X	Hauptsächlich katalysiert Platin Hydrierungs-, Dehydrierungs- und Oxidationsprozesse. So wird mit Hilfe des Platins aus Ammoniak Stickstoffmonoxid gewonnen. Des Weiteren findet Platin als Katalysator in der Öl-Raffinerie, der Petrochemie und der Chemieindustrie (Herstellung von Terephthal- Salpetersäure, Polymeren) Verwendung, Aufbereitung von Altöl, Behandlung von Emissionen in der Kraftwerkstechnik.
Elektrogeräte	X	X	x	Palladium und Palladium Legierungen finden Anwendung in capacitors, connectors, and electrical contacts. components in capacitors and resistors (palladium), Platin in computer storage disks, electrodes, fuel cells, and in thermocouples. Ruthium in flat-screen monitors and mobile phones
Glasindustrie	X		x	Betriebsausrüstungen und Spezial-Werkzeuge wg. der Hitzebeständigkeit Endprodukte der Glasindustrie (z.B. bei Spezialgläsern, optischen Gläsern, LCDs)
Schmuck	X	X		Platin: Härte des Materials, Beständigkeit des Glanzes, symbolisiert Reichtum, insb. in China und Japan. Palladium als Legierungskomponente zur Herstellung von Weißgold
Zahntechnik		X		Herstellung vor allem von Kronen und Implantaten, in Verbindung mit anderen Edelmetallen widerstandsfähig und dauerhaft
Medizin, Medizintechnik	X			Als Therapeutikum in der Onkologie, Verlangsamt die Zellteilung, Injektionsnadeln, Verwendung in Herzschrittmachern und anderen Implantaten wg. der Bioverträglichkeit.

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf der Basis der Angaben in Saurat/Bringezu 2008, Wilburn/Bleiwass 2004 und Johnson Matthey 2010, 20 ff. Zu Feldern ohne x lagen keine Angaben vor.

Ein weiterer Markt mit einem enormen potentiellen Platin-Bedarf stellt der Bereich der Brennstoffzellen dar. Nach Angaben von Angerer et al. 2009, könnte sich bis zum Jahr 2030 hier eine Nachfrage von bis zu 340 t ergeben, was alleine für diesen Sektor das gesamte Platinangebot im Jahr 2006 um etwa 50% übersteigen würde. Für die Brennstoffzellen ist Platin als Katalysator bei der kalten Verbrennung von Sauerstoff und Wasserstoff in der Polymer-Elektrolytmembran beim bisherigen Stand der Technik auch durch keine anderen Materialien substituierbar (vgl. ebd., 295). Eine zunehmende Bedeutung erlangen auch Anwendungsfelder wie die Photovoltaik und die Elektromobilität (vgl. Buchert et al 2009, Hagelüken 2010).

2.3.2 Einflussfaktoren und Trends des PGM-Verbrauchs

Nachfolgend werden zunächst einige Einflussfaktoren auf die weitere Mengenentwicklung in den Hauptanwendungsgebieten beschrieben. Die Betrachtungsebene hierfür ist global, um dem internationalen Ansatz des Projektes Rechnung zu tragen.

Der Einsatz von Platingruppenmetallen (PGM) mit den Hauptvertretern Platin, Palladium und Rhodium in technologieorientierten Anwendungen nimmt weltweit weiter zu. Knapp 50 Prozent der (Primär- und Sekundär-)Produktion von Platin, Palladium und Rhodium finden Verwendung in Autoabgaskatalysatoren. Weitere wichtige Anwendungsgebiete sind Elektronik, Schmuck und Prozesskatalysatoren in der Chemie und Erdölraffination.⁵ Die PGM-Nachfrage wird durch unterschiedliche marktliche und technische Faktoren beeinflusst. Nach den Umsatzeinbrüchen durch die Wirtschafts- und Finanzkrise 2009 hat sich im Jahre 2010 wieder ein mengenbezogenes Wachstum der Primärproduktion eingestellt, welche insbesondere die Nachfrage aus dem Automobilbereich und der Konsumgüterelektronik getrieben wird.

Der PGM Verbrauch in den verschiedenen Nachfragesektoren und deren Entwicklung in den letzten 3 Jahren ist in Tab. 2 dargestellt. Mit diesen Anwendungen wächst gleichzeitig das sekundäre Rohstoffpotenzial, das nach der Nutzungsphase theoretisch wieder zurück gewonnen werden könnte. Eine differenzierte Betrachtung für die Untergruppen Platin, Palladium erlaubt es, signifikante Wachstumfelder zu identifizieren, die in der Tabelle besonders hervorgehoben werden.

⁵ Siehe hierzu im Detail auch die Tab. 2

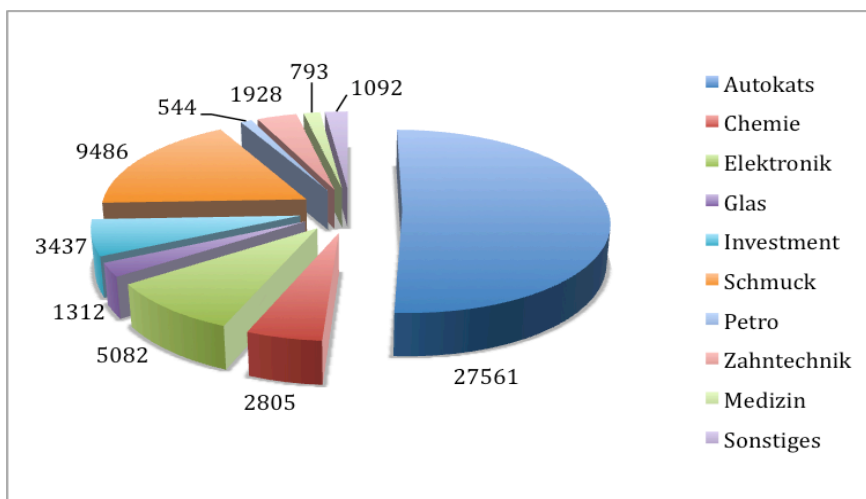
Tab. 2: Entwicklung des globalen Verbrauchs von Platin, Palladium und Rhodium bezogen auf unterschiedliche Anwendungsfelder (2008 bis 2010) in Tonnen

Platin	2008	2009	2010	Palladium	2008	2009	2010	Rhodium	2008	2009	2010
Autokats	103,6	61,9	84,6	Autokats	126,5	114,8	146	Autokats	21,7	17,5	20,6
Elektro	6,5	5,3	6,3	Elektro	38,8	36,0	39,8	Elektro	0,08	0,08	0,1
Invest	15,7	18,7	12,3	Invest	11,9	17,7	18,9				
Schmuck	58,4	79,6	68,6	Schmuck	27,9	21,9	17,8				
Glas	8,9	0,2	10,3					Glas	0,9	0,5	1,6
Medizin	6,9	7,0	7,2	Dental	17,7	18,0	17,5				
Chemie	11,3	8,2	12,7	Chemie	9,9	9,2	10,9	Chemie	1,9	1,5	1,8
Andere	15,0	11,3	12,0	Andere	2,1	1,9	2,2	Andere	0,6	0,5	0,5
Verbrauch	226,5	192,6	214,3	Verbrauch	235,0	219,7	253,4	Verbrauch	25,4	20,2	24,8
Recycling	51,8	39,8	52,1	Recycling	45,7	40,5	52,3	Recycling	6,4	5,3	6,7
Net-Verbr.	174,6	152,8	162,1	Net-Verbr.	189,2	179,1	201,1	Net-Verbr.	18,9	14,9	18,0
Lager	6,2	18,0	8,2	Lager	18,0	22,1	1,2	Lager			

Quelle: Eigene Zusammenstellung und Berechnung in t auf der Basis der Angaben in Johnson Matthey 2010. Die Werte für 2010 sind Schätzwerte auf der Basis der ersten 9 Monate, Wachstumswerte in rot.

Die weltweite Bruttonachfrage nach PGM in 2010 haben wir zur besseren Übersicht auch noch einmal grafisch aufbereitet.

Abb. 3: Weltweite Brutto-PGM-Nachfrage nach Sektoren 2010 (in 1000 Tonnen)



Quelle: Johnson Matthey 2010, eigene Berechnungen.

Trotz gestiegener Preise für PGM ist die Nachfrage für den Sektor Autokatalysator in den letzten Jahren weltweit um bis zu 10% gestiegen, wofür vor allem die Nachfrage aus China und anderen Schwellenländern gesorgt hat.

Diese zusammenfassende Betrachtung darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass in den Nachfragestrukturen von Platin und Palladium erhebliche Unterschiede bestehen. Wie die nachfolgende Grafiken zeigen, ist der Marktanteil der Autoindustrie beim Platin deutlich niedriger als beim Palladium und beträgt etwa 40% der Gesamtnachfrage. Davon wird über die Hälfte in Europa - vorrangig in Dieselmotoren (90%) – eingesetzt (vgl. Johnson Matthey 2010).

Bei der Palladium-Nachfrage hat die Automobilindustrie eine sehr dominante Rolle (60%, 5,1 Mio. Unzen = ca. 200t), an zweiter Stelle gewinnen hier die elektronischen Anwendungen an Bedeutung. Bei **Rhodium** ist der Anteil sogar noch höher (ca. 80%, 0,88 Mio. Unzen oder ca. 25 t, vgl. Johnson Matthey 2008, 8).

Abb. 4: Verwendung von Platin und Palladium nach Anwendungsfeldern



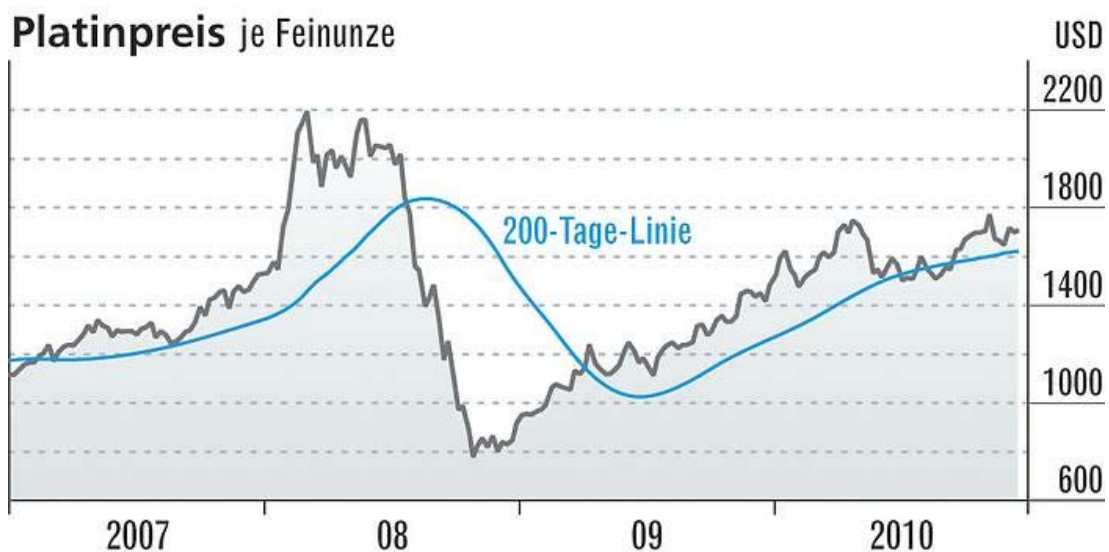
Quelle: Focus-Money-Online 2011a+b

Ein wichtiger Wachstumsbereich des Palladium-Einsatzes sind beispielsweise Vielschichtkondensatoren (MLCC = multi layer ceramic capacitors), die in großen Mengen in Halbleiterbauelementen verwendet werden, die in Mobiltelefonen und Empfangsgeräten zum Einsatz kommen. Dabei haben in den letzten Jahren die Miniaturisierung dieser Bauteile und die Substitution durch Nickel und Kupfer die eingesetzte Menge pro Bauteil stark gesenkt, trotzdem hat das enorme Wachstum elektronischer Anwendungen diese Effekte überwogen und zu einer insgesamt stark wachsenden Nachfrage in diesem Segment geführt, das insgesamt etwa ein Fünftel der gesamten Palladium-Produktion beansprucht (Johnson Matthey 2008, weitere Details hierzu in Kap. 4). Dabei ist der Anteil einzelner Produktgruppen am Wachstum der Elektronikanwendungen sehr unterschiedlich. Derzeit wächst dieser Bereich durchschnittlich jährlich mit etwa 4-5%, einzelne Produktgruppen wie LCD-Bildschirme aber bis zu 40%.

Über Vorlieferverflechtungen ist der LCD-Bereich eng mit der Spezialglasindustrie verbunden, die ebenfalls verstärkt PGM nachfragt. In den letzten Jahren wurden hier vor allem neue Produktionskapazitäten in Asien aufgebaut, mit dem Effekt, dass es in den dortigen Märkten zu einem deutlichen Anstieg der Nachfrage, sowohl nach Platin, wie auch nach Rhodium gekommen ist.

Die verstärkte Nachfrage aus den Hauptverbrauchssektoren hat nach der Wirtschaftskrise 2008/2009 zu einem enormen Preisanstieg an den internationalen Rohstoffbörsen geführt. Allerdings werden die Höchstwerte aus dem Jahr 2008 noch nicht wieder erreicht, wie die nachfolgende Abbildungen für Platin und Palladium zeigen.

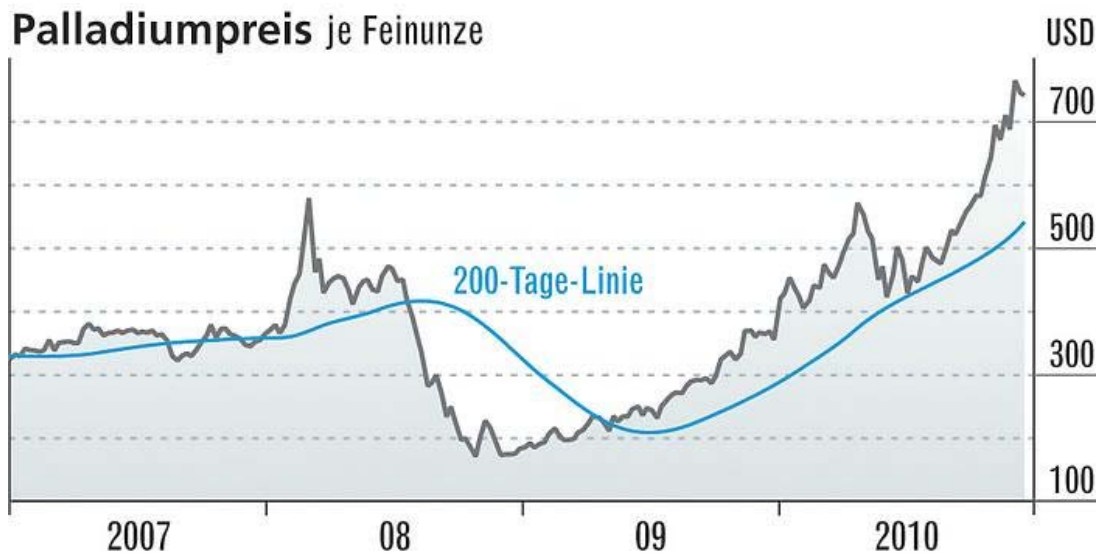
Abb. 5: Platinpreis je Feinunze 2007 - 2010



Quelle: FOCUS-MONEY-Online 2011a, nach Thomson Reuters Datastream

Auch der Palladium-Preis ist seit der Wirtschaftskrise erheblich gestiegen. Mit 800 Dollar je Feinunze wurde 2010 der höchste Stand seit März 2001 erreicht. Stärker als beim Platin wirkt hier auf die Preisentwicklung die Nachfrage aus der Automobilindustrie ein, da fast 70 % der Platinproduktion in die Automobilproduktion gehen. Da Platin und Palladium ähnliche Eigenschaften haben, wirkt sich der Beschaffungspreis auf die Beladungen in den Autokats aus. Ist der Palladium-Preis deutlich niedriger als bei Platin, so wird – wenn dies technisch vertretbar ist – auch deutlich mehr Palladium eingesetzt.

Abb. 6: Palladiumpreis je Feinunze 2007 - 2010



Quelle: Focus-Money-Online 2011b, nach Thomson Reuters Datastream

Steigende Preise für Platin und Palladium machen diese Edelmetalle auch für Anleger attraktiv. So absorbieren Exchange Traded Commodities (ETCs) große Mengen der Metalle. Nach Schätzung von Analysten lagen 2010 knapp eine Million Unzen Platin und 1,6 Millionen Unzen Palladium in den Tresoren der Emittenten (vgl. Focus Money Nr. 18, 2010).

2.4 Bedeutung, Entwicklung und Probleme des PGM-Recyclings

2.4.1 Umweltpolitische Relevanz

Grundsätzlich ist die Primärgewinnung von PGM aufgrund der geringen Erzkonzentration und des aufwändigen Gewinnungsprozesses mit großen Umweltbelastungen verbunden. Demgegenüber ist die Rückgewinnung des PGMs aus Altprodukten wesentlich umweltfreundlicher. Betrachtet man die gesamte Prozesskette der Platingewinnung, verursacht jede Tonne primäres Platin einen ökologischen Rucksack von über 680.000t. Beim Recycling von Platin liegt der Ressourcenverbrauch um den Faktor 78 niedriger (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Vergleich der Umweltauswirkungen zwischen primären und recyceltem Platin

	TMR in t/t
Primärproduktion	683,564.91
Sekundärproduktion	8,738,82

Quelle: Saurat/ Bringezu 2008

2.4.2 Defizite im Stoffstrommanagement

Trotz der ökologischen und ökonomischen Notwendigkeit eines verstärkten Recyclings ist es bisher vor allem in Konsumgüterbezogenen Anwendungen wie Autoabgaskatalysatoren und Elektronischen Gütern nicht gelungen, die Recyclingpotenziale vollständig zu erschließen und dissipative Verluste zu vermeiden.

Für den Bereich der Autoabgaskatalysatoren hat Hagelüken (2007) die Verluste näher spezifiziert. Er geht davon aus, dass zwischen 1980 und 2007 weltweit knapp 3.800 Tonnen PGM eingesetzt wurden. Im gleichen Zeitraum wurden von dieser Menge lediglich rund 500 Tonnen durch das Kat-Recycling zurückgewonnen. Etwa 2300 Tonnen waren noch im Fahrzeugbestand gebunden. Es muss also davon ausgegangen werden, dass in diesem Zeitraum bereits rund 1000 Tonnen PGM, die in Autokats eingesetzt waren, bereits unwiderruflich verloren gegangen sind (alle Angaben nach Hagelüken 2007).

Die Gründe für diese Verluste liegen in erster Linie nicht im Bereich der Recyclingtechnik, denn technisch ist es möglich, PGM nahezu vollständig und ohne Qualitätsverlust zu recyceln. Die Defizite liegen vor allem im Bereich des internationalen Stoffstrommanagements und der hier vorherrschenden Regeln und Strukturen, die nicht zu einer effizienten Kreislaufführung beitragen. Signifikant sind hierbei die unterschiedlichen Praktiken in verschiedenen Anwendungsfeldern. Im Bereich industrieller Anwendungen, z.B. Industriekatalysatoren, werden Recyclingraten bis zu 90 % erreicht (vgl. Saurat/ Bringezu 2008 u. 2008a). Bei den industriellen Anwendungen werden die Prozesse in "geschlossenen Kreisläufen" gesteuert. Zwischen dem industriellen Anwender und dem Recycler bestehen in den Industrieländern langfristige Beziehungen und der Umgang mit dem rückzuführenden Material ist vertraglich geregelt.

Demgegenüber sind die Recyclingquoten im Bereich in den Open-Loop-Systemen der Konsumgüterindustrie deutlich geringer (vgl. Hagelüken 2007a sowie Hagelüken, Buchert, Ryan 2006). Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- Die Verfügungsrechte über die Art der Nutzung und den Verkauf am Ende des Produktlebenszyklus liegen im Konsumgüterbereich bei Privatpersonen, welche nur geringe Kenntnisse über die eingesetzten Materialien haben.
- Der PGM-Anteil an einem komplexen Gesamtprodukt ist häufig sehr gering und hat bezogen auf das einzelne Produkt nur einen geringen Wert.
- In der Nutzungsphase kommt es zu zahlreichen Eigentumswechseln, die hohe Mobilität der Güter erleichtert Exporte ins Ausland, damit erhöht sich der logistische Aufwand.
- Fehlende gesetzlicher Definition zur Funktionstüchtigkeit von Gebrauchsgütern begünstigen falsch deklarierte Ausfuhren von wertstoffhaltigem Material und Komponenten.

2.4.3 Beitrag des Recyclings zur Rohstoffversorgung

Aus volkswirtschaftlicher Sicht einer gesicherten Rohstoffversorgung müssen im Kontext einer möglichen PGM-Kreislaufführung auch die Deckungsquoten des Platinbedarfs durch Recycling betrachtet werden. Im globalen Vergleich unterschiedlicher regionaler Märkte ergibt sich hierbei ein differenziertes Bild.

Tab. 4: Deckungsquote des Platinbedarfs durch Recycling nach Regionen in t

	2006		2007		
	Bedarf	Sekundär-Angebot	Bedarf	Sekundär-Angebot	Deckungs-Quote
Europa	2060	190	2080	220	10,6 %
Japan	605	35	615	35	5,7 %
Nord-Amerika	705	575	930	575	61,8 %
China	155	0	215	0	0 %
Rest	380	60	385	60	15,6 %
Gesamt	3905	860	4225	890	21,1 %

Quelle: Johnson Matthey 2008

Weltweit werden die Hälfte aller Katalysatoren in Europa produziert. Demgegenüber beträgt der europäische Anteil am Sekundärplatinanfall aus Kat-Recycling nur 25 %. Das Platin aus dem Recycling deckt damit in Europa nur knapp 11 % des Platinbedarfs für die Katalysatorproduktion, dagegen deckt Nordamerika durch das Katalysatoren-Recycling über 61 % seines eigenen Bedarfs. Diese Zusammenhänge ver-

weisen darauf, dass die Autoindustrie und ihre Zulieferer aus dem Bereich der Abgasreinigung ein hohes Interesse daran haben müssen, die Recyclingquoten in Europa zu steigern und die Potenziale in außereuropäischen Regionen zu erschließen.

Weltweit beträgt derzeit der Beitrag des Recyclings zur Versorgung mit Palladium bei Autoabgaskatalysatoren 2010 26 % (2006 waren es 20 %). Grundsätzlich wird aufgrund des weiteren Wachstums der weltweiten Flottenbestände und der hohen Rohstoffpreise für Platin und Palladium ein weiter steigendes PGM-Aufkommen aus dem Kat-Recycling durch Marktbeobachter prognostiziert (vgl. Magilligan et al 2011). Auch spielt eine Rolle, dass im Recycling zunehmend auf die Fahrzeugbestände der 90er Jahre zurückgegriffen werden kann, die einen höheren PGM-Anteil enthalten als die Fahrzeuge im Jahrzehnt davor.

Im Bereich der elektronischen Anwendungen stieg die Quote ebenfalls von 19 % im Jahr 2006 auf 31 % im Jahr 2010 (nach Johnson Matthey 2010, S. 36). Durch den Aufbau von Redistributionssystemen in Europa ist hier vor allem eine verbesserter Rücklauf gebrauchter Produkte erreicht worden. Auch übten die hohen Rohstoffpreise eine zusätzliche Anreizwirkung aus.

Mit der Verlagerung der Stoffpotenziale in die Schwellenländer kann diese positive Entwicklung aber wieder zum Stillstand kommen, denn den weltweit wachsenden PGM-Potenzialen im Automobilsektor und der Elektronikindustrie stehen derzeit keine erkennbaren Strategien gegenüber, leistungsfähige Recycling- und Redistributionsstrukturen auszubauen. Vor diesem Hintergrund besteht ein dringender Handlungsbedarf, Instrumente und Maßnahmen für ein international ausgerichtetes PGM-Stoffstrommanagement zu entwickeln.

Aus methodischer Sicht bleibt anzumerken, dass die durch Johnson Matthey ermittelten Quoten einen Relationswert darstellen, der den Recyclinganteil ins Verhältnis setzt zum Input aus primären Quellen. Will man diese Quote im europäischen oder nationalen steigern, so müssen insbesondere die Faktoren betrachtet werden, die am Ende des Produktlebenszyklus dazu führen, dass die Potenziale nicht erschlossen werden. Grundsätzlich kann hierbei zwischen folgenden Faktoren unterschieden werden:

- Regulatorische und institutionelle Faktoren: Gesetze, Umweltvorschriften, Recyclingquoten, Entsorgungswege, Vollzugskontrolle, Verträge zwischen den Akteuren
- Technische Faktoren: Materialdesign der Produkte, eingesetzte Recyclingtechnik, Prozessschritte zur Aufbereitung des Sekundärmaterials, Transport und Lagerung
- Räumliche Faktoren: Verlagerung der PGM-Stoffströme in andere Volkswirtschaften durch Export von Produkten (neue und gebrauchte, auch Teile von Produkten).
- Ökonomische Faktoren: Nachfrageentwicklung, Marktpreise für Altprodukte, Kosten der Aufbereitung, Anreizsysteme

3 Untersuchung des Handlungsfeldes Autoabgaskatalysatoren (Autokats)

In der nachfolgenden Literaturanalyse und Auswertungen von Statistiken werden vor allem solche Faktoren betrachtet, die das internationale PGM-Stoffstrommanagement beeinflussen. Es wird dargestellt, welche generellen Faktoren auf das PGM-Stoffstrommanagement wirken, um hieraus dann Empfehlungen für einzelne Maßnahmen und die Governance-Konzeption abzuleiten.

3.1 Ökonomische Faktoren

3.1.1 Nachfragestrukturen und Versorgungssicherheit

Das deutliche Wachstum im Bereich der Autokats und der damit verbundenen Anteilsverschiebungen im PGM-Verbrauch speist sich aus zwei Faktoren: Quantitativ aus dem stetigen Wachstum der Fahrzeugflotten, vor allem in den Schwellenländern China, Indien, Brasilien und Russland. Qualitativ insbesondere durch die verschärften gesetzlichen Anforderungen zum Emissionsschutz in den führenden Industriestaaten. Auch der steigende Anteil an Dieselfahrzeugen hat zur Folge, dass sich die PGM-Beladungen hinsichtlich des Anteils von Platin, Palladium und Rhodium weltweit verändern.

Durch das dynamische Wachstum der Fahrzeugflotten in den Schwellenländern verschieben sich weltweit die PGM-Potenziale von Europa und den USA (mit nahezu gesättigten Märkten) vor allem in die BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China) und nach Südostasien. Durch die Angleichung an europäische und amerikanische Emissionsstandards wird in den nächsten Jahren die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Katalysatoren erheblich zunehmen. Aufgrund der Nachfrage stehen insbesondere deutsche Automarken in diesen Ländern hoch im Kurs, die Importe von Neu- und Gebrauchtwagen aus Deutschland üben daher einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung und die Zusammensetzung der Fahrzeugflotten aus.⁶

Der europäische Markt für Autokatalysatoren wird von drei großen Herstellern dominiert, die jeweils etwa 30% Marktanteil besitzen und alle drei praktisch für alle großen

⁶ Die deutschen Fahrzeug-Exporte gingen vor allem in die USA (35 %), Russland (9 %), Japan (6 %) und die Schweiz (6 %). Die Importe kommen überwiegend aus Japan (35 %), Südkorea (20 %), den USA (19 %) und der Türkei (13 %). Diese Zusammenhänge machen deutlich, welche zusätzlichen Herausforderungen mit einer Produzentenverantwortung in Auslandsmärkten verbunden sind.

Autohersteller tätig sind: Johnson Matthey (England), BASF Catalysts (Deutschland) und Umicore (Belgien).

Aufgrund der hohen europäischen Produktionskapazität für Autokats existiert damit eine besondere Abhängigkeit bezogen auf rohstoffliche Versorgung mit PGM.

3.1.2 Zukünftige Nachfrageentwicklung

Die PGM-Nachfrage für Autoabgaskatalysatoren ist eng mit der Bestandsentwicklung der Fahrzeugflotten in Europa verknüpft. Zunächst sollen die aktuellen Entwicklungen in Deutschland betrachtet werden.

Der Pkw-Bestand in Deutschland ist nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) in 2010 um 1,4 Prozent gestiegen. Zum 1. Januar 2011 waren insgesamt 42,3 Millionen Autos in Deutschland zugelassen. Die Gesamtzahl der Kraftfahrzeuge inklusive Nutzfahrzeuge und Motorräder ist ebenfalls um 1,4 Prozent auf 50,9 Millionen gestiegen. 72,1 % der Pkw werden von Benzinmotoren angetrieben, der Anteil der Dieselfahrzeuge wächst weiterhin und beträgt nunmehr 26,6 %. Die bei Neuwagen seit Beginn des Jahres vorgeschriebene Euro-5-Norm findet sich bislang bei 7,1 Prozent des Pkw-Bestandes wieder. Mit 43 Prozent entsprechen die meisten Fahrzeuge Euro 4. 6,3 Prozent sind in der schlechtesten Emissionsklasse Euro 1 eingestuft. Das durchschnittliche Fahrzeugalter der Pkw auf deutschen Straßen liegt aktuell bei 8,3 Jahren.⁷

Die meisten Verkehrsszenarien gehen davon aus, dass bis 2030 der Fahrzeugbestand weiter anwachsen wird. Hiermit verbunden wäre auch eine wachsende PGM-Nachfrage, die durch die verschärften Abgasnormen und den höhere Dieselantrieb nochmals potenziert werden. Nach Prognosen von EWU/ Prognos (2005) wird der Dieselantrieb in Deutschland spätestens 2025 den höchsten Marktanteil besitzen. Der Anteil alternativer Antriebstechnologien nimmt bisher nur einen geringen Einfluss auf die Kat-Nachfrage, da immer noch bivalente Lösungen den Markt dominieren, also immer noch ein Benzinmotor mit Katalysator auch bei Hybrid-Technologie und Gasantrieb zum Einsatz kommt. Die Bundesregierung verfolgt das Ziel, dass bis 2020 1 Mio. Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen rollen sollen. In der Marktrealität sind jedoch noch keine entsprechenden Veränderungen zu beobachten. Alternative Antriebstechnologien bilden weiterhin die Ausnahme, zum 1. Jan. 2011 waren nur etwa 40.000 Pkw sind mit Hybrid- bzw. Elektroantrieb unterwegs.

Zeitversetzt werden die strukturellen Veränderungen im deutschen Fahrzeugbestand auch in den osteuropäischen Beitrittsländern eintreten. Die Dynamik dieses Prozesses ist auch abhängig davon, wie sich das Verhältnis von Neuwagen und importierten Gebrauchtwagen in den nächsten Jahren entwickeln wird (siehe hierzu auch detaillierte

⁷ Alle Angaben nach <http://www.kfz-betrieb.vogel.de/neuwagen/handel/articles/300201/>

Ausführungen in den Länderstudien). Mit großer Wahrscheinlichkeit werden die Automobilmärkte in der EU-27 weiterhin wachsen. In einem moderaten Klimaschutzszenario nimmt das Fraunhofer-Institut/ISI (2010) an, dass bis zum Jahr 2030 ein Fahrzeugbestand von mehr als 250 Mio. Pkw erreicht wird. Hiervon wären dann ca. 20 % Fahrzeuge mit alternativen Antrieben.

Quelle: Fraunhofer Institut ISI 2010, S. 5

Diese Gesamtbetrachtung verdeckt, dass die Wachstumspotenziale in der einzelnen EU-Ländern unterschiedlich sind. In den osteuropäischen Beitrittsländern ist beispielsweise die Pkw-Dichte pro Einwohner noch wesentlich geringer als in Westeuropa, bis 2030 werden wahrscheinlich ähnliche Werte wie in Westeuropa erreicht werden. Somit werden die Fahrzeugflotten in diesen Ländern dynamischer wachsen, als in den Staaten Westeuropas. Von daher kommt dem schnellen Aufbau von Recyclingstrukturen in den neuen Beitrittsländern der EU für die Rückgewinnung von PGM eine große Bedeutung zu (dieses Thema wird in den Fallstudien bezogen auf einzelne Länder noch einmal vertiefend aufgegriffen, siehe Kap. 3.6).

3.2 Regulatorische und institutionelle Faktoren

Auf eine ausführliche Würdigung der rechtlichen Rahmenbedingungen der Altfahrtensorgung wird an dieser Stelle verzichtet, da sie nur bedingt das Stoffstrommanagement der PGM aus Abgaskatalysatoren beeinflussen. Gleichwohl ist zu beachten, dass zwischen den Akteuren des Abfallregimes „Altfahrzeugentsorgung“ und dem Stoffstrommanagement im Bereich der Demontage und Logistik eine hohe Schnittmenge besteht.

Die umweltgerechte Entsorgung und Verwertung von Altfahrzeugen ist in Deutschland durch die Altfahrzeug-Verordnung vom 21. Juni 2002 geregelt, zuletzt geändert durch Art. 1 der 1. ÄndVO vom 9.2.06. Mit der Verordnung wurden die Vorgaben der europäischen Richtlinie 2000/53/EG über Altfahrzeuge vom 18. Sept. 2000 in nationales Recht umgesetzt.

Die Wirtschaftsbeteiligten - d.h. Hersteller, Importeure und Entsorgungswirtschaft - haben gemeinsam sicherzustellen, dass ab 2006 mindestens 85% des durchschnittlichen Gewichts eines Altfahrzeugs verwertet oder wieder verwendet und mindestens 80% stofflich verwertet oder wieder verwendet werden. Ab 2015 sind diese Verwertungsziele auf 95% bzw. 85% zu steigern.

Diese mengenorientierten Vorgaben beeinflussen das PGM-Recycling kaum, da das Gewicht des Kats bezogen auf die Erfüllung dieser Quoten kaum eine Rolle spielt. Insofern kann auf eine detaillierte Darstellung der Recyclingpraxis von Fahrzeugen im allgemeinen an dieser Stelle verzichtet werden.

Die folgenden Regelungen des Altfahrzeuggesetzes berühren das PGM-Recycling direkt:

- Von dem Anspruch auf kostenlose Rückgabe ausgenommen sind Altfahrzeuge, bei denen wesentliche Bauteile oder Komponenten (wie z.B. Katalysator) entnommen wurden und die nicht mindestens 1 Monat vor der Stilllegung in der EU zugelassen waren.
- Der Katalysator muss bei der Demontage entfernt werden und wird nach Abfallrecht als besonders überwachungsbedürftiger Abfall eingestuft, wenn er keramische Fasermatten enthält (vgl. Kuchta 2002).
- Das Gewicht des Katalysators wird auf die Gesamtrecyclingquote angerechnet.

Nicht geregelt ist der weitere Verwertungspfad - hydrometallurgisch oder pyrometallurgisch – und auch hinsichtlich der Redistributions-Logistik für Katalysatoren sind keine weiteren Spezifikationen durch das Altfahrzeuggesetz erfolgt. Von Bedeutung für das PGM-Recycling ist, dass im Rahmen Altfahrzeugverordnung generell von einer Produktverantwortung der Fahrzeughersteller ausgegangen wird, die dann Dritte (z.B. Demontagebetriebe) beauftragen können, die ordnungsgemäße Entsorgung vorzunehmen. Hier besteht ein Ansatzpunkt für die Fahrzeugindustrie, durch Vorgaben an ihre jeweiligen Vertragspartner einen Verwertungspfad für das Kat-Recycling zu präferieren und damit die internationale Kreislaufführung von PGM aus Abgaskatalysatoren zu verbessern.⁸ Eine direkte Verantwortung für die Gestaltung des PGM-Recyclings hat die Automobilindustrie bisher immer abgelehnt (siehe hierzu auch die Ergebnisse des European Round Table, Milieucontact et al 2007).

Durch den gesetzlichen Rahmen wird die Wertschöpfungskette „Altfahrzeuge“ strukturiert und die Zuordnung von Aufgaben arbeitsteilig vorgenommen. In dieser Kette vom Letztbesitzer, Gebrauchtwagenhändler, Demontagebetrieb, Kat-Sammler, Aufbereitungsbetrieb für Kats und integriertes Hüttenwerk zur Edelmetallaufbereitung existieren aus Sicht eines geordneten Katrecyclings insbesondere an den jeweiligen Übergabepunkte Schwachstellen, da nicht eindeutig definiert ist, was jeweils mit dem Kat zu geschehen hat.

Kats können aus ökonomischen Motiven bereits durch den Letztbesitzer oder in den Gebrauchtwagenhändler demontiert werden. Teilnehmer des Roadmap-Workshops berichteten, dass Katalysatoren teilweise vor dem Eintreten in das Abfallregime „beraubt“ werden (da dies beispielsweise für den Gebrauchtwagenhandel in der Hochpreisphase ein erträgliches Nebengeschäft darstellt).

⁸ Eine solche Verantwortung wurde seitens der Automobilindustrie bisher abgelehnt.

Die Demontagebetriebe haben ein großes ökonomisches Interesse, die Kats zu separieren und an den meistbietenden Händler weiterzuverkaufen. Im Prinzip tragen die Erlöse aus dem Verkauf von Autoteilen dazu bei, die Kosten der Entsorgung zu verringern. Sie sind aus Sicht der Betriebe ein erträgliches Zusatzgeschäft. Dies erfolgt vielfach ad hoc zu Tagespreisen gegen Barzahlung (ohne Rechnung). Hier sind zahlreiche Aufkäufer im Markt unterwegs, die nicht an einen technisch hochwertigen Entsorgungsweg gebunden sind. Der geringe Dokumentationsgrad dieser Praktiken erschwert die weitere Verfolgung der Stoffströme. Mit dem Verkauf an einen Händler wird er gebrauchte Kat wieder zur Handelsware und kann damit auch wieder exportiert werden.

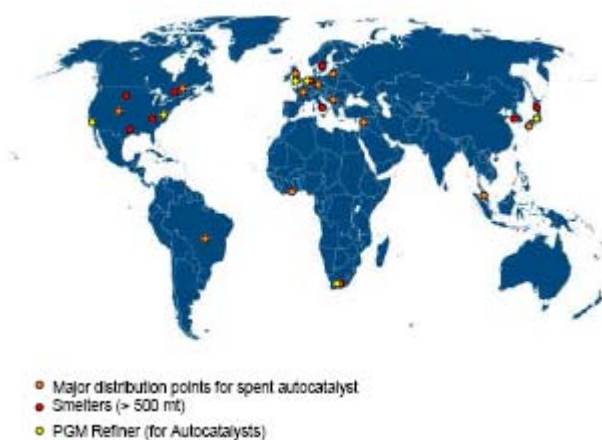
Eine weitere Redistributionsschiene stellen die Rücknahmesysteme der führenden deutschen Automobilhersteller dar, welche defekte Autokatalysatoren durch eigene Werkstattssysteme zurücknehmen und diese Rücknahme in das Liefersystem für Neukatalysatoren integriert haben. Als Sammelanreiz werden bei der Rücknahme dem Kunden Gutschriften gewährt oder Rabatte eingeräumt.⁹

Die international tätigen Rohstoffkonzerne, welche über integrierte Hüttenwerke zur Edelmetallaufbereitung verfügen, sind bestrebt eine flächendeckende Redistribution der Katalysatoren mit festen Vertragspartnern in der Abfallwirtschaft zu organisieren. In diesen Strukturen werden Qualitätssicherungen durchgeführt und der PGM-Gehalt der Kats überprüft. Entsprechend dieses PGM-Gehalts wird auch der Preis bestimmt.

Wie Oliver Stengel, von der Firma Duesmann & Hensel Recycling GmbH, auf dem durchgeführten Workshop darlegte, ist die Redistribution von Autokatalysatoren inzwischen international organisiert. Schwerpunkte der Aktivitäten sind Westeuropa, Nordamerika und Südostasien. Eine zentrale Rolle spielen hierbei die ca. 10 integrierten Anlagen zur Verhüttung von Edelmetallen die einen erheblichen Sog auf die Stoffströme aus den verschiedenen Weltregionen ausüben.

⁹ Vgl. hierzu auch den Beitrag von Engler auf dem Projekt-Workshop in Berlin sowie Engler 2009

Abb. 8: Globale Redistributionsstrukturen im Bereich des Kat-Recyclings



Quelle: Krestin 2009

Dieser Ansatz einer globalisierten Redistribution zeigt deutlich die Konzentration der Edelmetallverhüttung auf wenige Standorte in Europa, Japan und den USA. Ausgewiesenen Handelspunkte für Altkats sind zum Teil in Kontinenten ohne Refiner-Kapazitäten (Südamerika, Afrika, Süd-Ost-Asien), was zur Folge hat, dass eine globale Logistik organisiert werden muss. Als besonderes Defizit dieser Struktur muss angesehen werden, dass in den stark wachsenden Märkten Russlands und Chinas keine Handelspunkte ausgewiesen sind.

Die von Hagelüken angesprochene Problematik „offener Kreisläufe“ wird in diesem Handlungsfeld sehr deutlich. Unübersichtliche Akteursketten, Intransparenz der Stoffströme und fehlende Vorschriften und Vereinbarungen zu einem umweltfreundlichen und ressourcensichernden Entsorgungspfad für Altkats sind als wesentliche Defizite festzuhalten.

3.3 Technische Faktoren

3.3.1 Technische Funktion der Katalysatoren und ihr PGM-Gehalt

Der Einsatz von Abgaskatalysatoren in Fahrzeugen hat seit den 70er Jahren zu einer erheblichen Verbesserung des Emissionsverhaltens von Kraftfahrzeugen beigetragen und deren Schadstoffemissionen um bis zu 95% reduziert. Ausgehend von den USA und Japan, wo Katalysatoren bereits frühzeitig flächendeckend vorgeschrieben waren, wurde die Entwicklung in Europa vor allem durch die Einführung der EURO-Norm vorangetrieben, die seit 1992 Grenzwerte für Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NOx), Kohlenwasserstoffe (HC) und Partikel (PM) festlegen (die ersten einheitlichen Abgasvorschriften in der Europäischen Gemeinschaft traten allerdings bereits 1970 in Kraft). Die immer wieder verschärfte EURO-Norm unterscheidet dabei sowohl nach

Motortyp (Otto- oder Dieselmotor) als auch nach Kraftfahrzeugtyp (PKW, LKW und Omnibusse, Zweiräder und Mopeds). Seit dem 1. September 2009 gilt europaweit bei der Typprüfung für neue PKW die Euro-5-Norm, welche seit Januar 2011 für alle neu zugelassenen Fahrzeuge bindend ist. Für Lastkraftwagen ist eine neue Euro-6-Lkw-Norm in Vorbereitung. Die stetige Anhebung des Umweltschutzniveaus im Bereich der Abgasregulierung für Fahrzeuge ist zu einem Haupttreiber für Veränderungen im Bereich der Katalysatortechnik geworden.

Heute ist der geregelte Drei-Wege-Katalysator Stand der Technik bei Fahrzeugen mit Otto-Motor. Seine Funktionsweise beruht auf der simultanen Oxidation von HC und CO und der Reduktion von NO_x an einer katalytisch aktiven Edelmetallkomponente (Platin/Rhodium oder Palladium/Rhodium). In der Regel werden Konvertierungsraten von über 90 % erzielt.

Diesel- und Mager-Mix-Motoren haben in den letzten Jahren Marktanteile gewonnen. Sie nutzen den Kraftstoff effizienter aus und erzielen somit einen reduzierten CO₂-Ausstoß. Gleichzeitig entstehen vermehrt Stickoxide, die sich durch Drei-Wege-Katalysatorsysteme nicht mehr bewältigen lassen. Daher kommen in Mager-Mix-Motoren NO_x-Speicher-katalysatoren zum Einsatz und Dieselmotoren werden mit SCR-Katalysatoren (Selective Catalytic Reduction) ausgestattet, um CO, HC und Rußpartikel zu reduzieren. Zusätzlich kommt ein gesonderter Partikelfilter (DPF) zum Einsatz.¹⁰

Die Edelmetallpartikel aus Platingruppenmetallen (PGM) werden als Katalysatorbeschichtungen (dem sogenannten Washcoat) auf einem zumeist keramischen, wabenförmigen Träger aufgebracht und abschließend vom Canner mit einer metallischen Hülle versehen. In Abhängigkeit von der konkreten Abgasnachbehandlungsapplikation und vom Preis wird der PGM-Einsatz modifiziert, wobei die Edelmetallbeladung in den 90er-Jahren im Bereich von 1-10 g/l lag (vgl. Hagelüken 2001), inzwischen aber auch Werte bis zu 15 g erreicht (vgl. van Gelder/ Kammeraat 2008, 3). Der klassische europäische Drei-Wege-Katalysator wird mit einem Pt/Rh-Verhältnis von 5:1 beladen. Während in Otto-Motoren zu großen Teilen Palladium eingesetzt wird, kommt bei Diesel-Fahrzeugen bisher hauptsächlich das wesentlich teurere Platin zum Einsatz, das auch bei den niedrigeren Betriebstemperaturen effektiv wirkt (vgl. Brenscheidt 2001, 24).

Hagelüken, Buchert und Stahl (2005, 72) haben für PKW empirische Untersuchungen angestellt, welche Platinmengen sich abhängig von Motor-Typ und -leistung in gebrauchten Kats befinden. Entscheidend ist dabei die Altersstruktur der Fahrzeuge, da durch die unterschiedlichen gesetzlichen Bestimmungen bei Erstzulassung des Fahr-

¹⁰ Angaben nach Mining Weekly, 30.04.2009 und Mladenov 2009

zeugs (EURO-Norm 1-4) erhebliche Unterschiede beim PGM-Gehalt im Kat festzustellen sind.

Tab. 5: Fahrzeuglösungen nach Motortyp, -leistung und PGM-Gehalt

Motortyp und Katalysator	Fahrzeumlösungen in D 2006	PGM in Gramm/Stück nach Hubraum des PKW in Liter				
		0 – 1,4	1,4 – 2	Über 2	0 – 2	Über 2
Gkat		0 – 1,4	1,4 – 2	Über 2	0 – 2	Über 2
Benzin	980000	1,14	1,71	2,52		
Diesel	106000				1,43	4,28
Euro1						
Benzin	498000	1,14	2,04	3,33		
Diesel	88000				1,43	4,28
Euro2						
Benzin	548995	1,62	2,66	5,8		
Diesel	197000				1,43	4,28
Euro3						
Benzin	82795	2,85	3,52	4,94		
Diesel	335327				4,09	8,55
Euro4						
Benzin	130909	1,81	3,99	5,89		
Diesel	108693				4,75	8,55
Gesamt Benzin	2240699					
Gesamt Diesel	<u>835020</u>					
	3075719					

Quelle: KBA 2008, Hagelüken, Buchert, Stahl 2005.

In Deutschland werden die Abgasreinigungssysteme immer umfangreicher und technisch anspruchsvoller, was zur Folge hat, dass die PGM-Gehalte pro Abgassystem weiter ansteigen, die Beladungen variieren. Insgesamt nimmt die Vielfalt an Katalysatoren zu.¹¹

Die qualitativen Veränderungen in der PGM-Beladung der Katalysatoren schlagen sich inzwischen auch im europäischen Recyclingaufkommen nieder, dass sich in seiner Zusammensetzung verändert. „The increase has been particularly marked for recycling of platinum from autocatalysts on European vehicles, where recycling weights from vehicles originally registered in Europe are set to increase by around 29 per cent to 375,000 oz in 2010. Palladium recycling weights in Europe are set to grow by 21 per cent to 340,000 oz. The faster growth rate of platinum recycling relative to palladium in Europe reflects both the higher proportion of end-of-life diesel vehicles now being scrapped and that older gasoline vehicles, with higher platinum loadings than today, are also being scrapped in the region.“ (Johnson Matthey – Interim Report 2010, S. 14)

Aus technischer Sicht ist festzustellen, dass sich zwar der PGM-Gehalt bei Kats gleicher Größe seit den 80er Jahren um fast die Hälfte abgenommen hat, da immer effizientere Technologien eingesetzt wurden (Mining Weekly, 30.04.2009), diese Effizienzgewinne aber durch folgende Faktoren wieder absorbiert wurden:

- durch das weitere Wachstum der Fahrzeugflotten in den Volkswirtschaften
- durch die Steigerung der Motorleistungen (PS und Hubraum)
- durch den höheren Anteil an Dieselfahrzeugen, deren Kats deutlich mehr PGM beinhalten. Nach Prognosen von EWI/ Prognos (2005) wird der Dieselantrieb spätestens 2025 den höchsten Marktanteil besitzen.
- durch den erweiterten Emissionsschutz (EU-Abgasnormen 5 und 6).

Auch gibt es aufgrund des hohen Preisniveaus immer wieder Bestrebungen, das PGM durch andere Edelmetalle zu ersetzen oder die Filtereigenschaften durch den Einsatz der Nanotechnologie zu verbessern (vgl. Johnson Matthey 2009). Diese Innovationen haben aber bisher nicht dazu geführt, dass im großen Maßstab eine Backstop-Technologie zum Einsatz gekommen ist (vgl. Wilts 2008), die ohne den Einsatz von Edelmetallen auskommt (vgl. Buchert et al. 2008, 12). Allerdings ist zu beachten, dass langfristig mit zunehmender Elektromobilität eine Fahrzeugtechnologie an Marktanteil

¹¹ Von der Oberklasse bis zum Kleinwagen sind mehr als fünfhundert unterschiedliche Kat-Typen im Einsatz. Bauform, Volumen und Edelmetallgehalt sind je nach Hersteller, regionalem Einsatz, Motorversion und Baujahr verschieden (vgl. Hagelüken 2005). Durch diese Vielfalt wird eine exakte Bestimmung der PGM-Gehalte immer schwieriger, weil Pt, Pd und Rh in unterschiedlicher Weise eingesetzt werden.

gewinnen kann, die keinen Katalysator mehr benötigt. So ist es das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 1 Mill. Elektrofahrzeuge im deutschen Markt zu etablieren.

3.3.2 Verfahrensschritte des PGM-Recyclings

Das Recycling von Kats und die Rückgewinnung der darin enthaltenen PGMs erfolgt in mehreren Bearbeitungsstufen. Zunächst wird das Stahlgehäuse mit hydraulischen Schlagscheren geöffnet und die Katalysatorkeramik entnommen. Der Stahlschrott wird in der Regel direkt weiterverkauft. Die Edelmetalle liegen in der Katalysatorkeramik feinst verteilt vor und machen nur ca. 0,1 bis 0,6% des Gesamt-Katalysatorgewichts (im Schnitt etwa 3 kg inklusive des Trägermaterials) aus. Technisch können zwei grundsätzlich unterschiedliche Verfahren zur PGM-Wiedergewinnung unterschieden werden, hydrometallurgische Verfahren und pyrometallurgische Verfahren. Bei ersteren wird der Washcoat mit starken Säuren behandelt, aus denen die PGM anschließend abgetrennt werden. Das Verfahren setzt nur geringes technisches Knowhow voraus, ist aber mit großen Mengen an toxisch belasteten Abwässern verbunden und erzielt nur mittelmäßige Wiedergewinnungs-Quoten. Beim pyrometallurgischen Verfahren erfolgt die Abtrennung der Edelmetalle durch Einschmelzen im Hochofen, die gemahlene und angereicherte Kat-Keramik wird dabei bei 1600 bis 1800 Grad Celsius mit einem Sammlermaterial (meistens Kupfer) eingeschmolzen (vgl. Wötzel 2007, 100 f.).

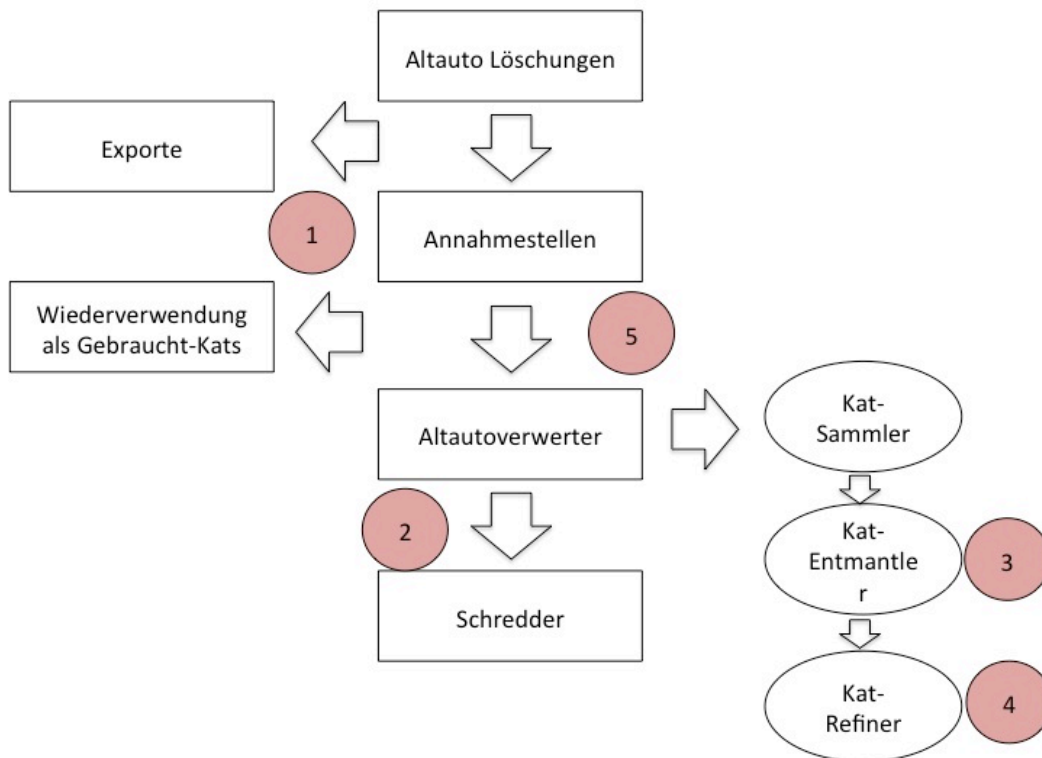
Der abschließende Schritt der PGM-Darstellung, die Raffinierung der PGM, ist ein Prozess, der die Trennung und Reinigung der sechs PGM, Gold und Silber in einem mehrstufigen Verfahren mit mehreren Recyclingprozessen umfasst (Hochfeld 1997, 2). Die PGM-Gewinnung findet dabei sowohl als Nebenprodukt in Kupferhütten statt (vor allem bei geringem PGM-Gehalt) als auch in spezialisierten PGM-Refinern¹², die Wiedergewinnungsquoten von 98% erzielen. Allerdings ist bei der Pyrometallurgie der Energieaufwand höher als bei der Hydrometallurgie.

3.3.3 PGM-Verluste durch Ineffizienzen in der Recyclingkette

Auch innerhalb der nachfolgend schematisch dargestellten Recyclingkette bestehen potenzielle Verlustquellen für PGM, die sowohl in Deutschland als auch in anderen Recyclingsystemen auftreten können (vgl. Hagelücken, Buchert, Stahl 2005, 82ff.; Hagelücken 2001, 228ff.).

¹² Eine detaillierte Beschreibung der technischen Vorgänge findet sich in Hagelücken 2001, S. 240 ff.

Abb. 9: Darstellung des PGM-Recyclings aus Auto-Katalysatoren und potentieller Verlustpunkte



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hagelücken 2005

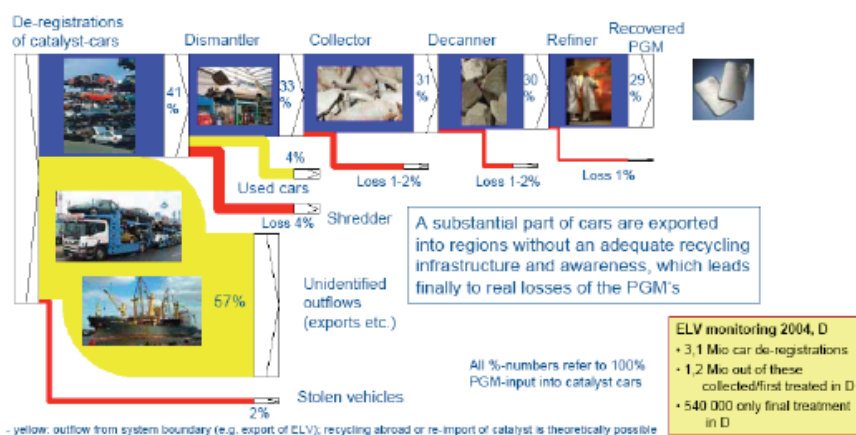
In dieser Kette sind sehr unterschiedliche Demontagepraktiken anzutreffen. Zum einen bestehen Informationsdefizite hinsichtlich der Komplexität der Abgastechnologie, wenn beispielsweise mehrere kleinerer Katalysatoren in einem Fahrzeug enthalten sind (vgl. Eberspächer 2008). Häufig wird der demontierte Kat nicht vorsortiert (nach Kat-Arten) (vgl. Hagelücken 2005, 82) (Punkt 2). Auch die Lagerung von ausgebauten Katalysatoren in nicht geschützten Containern führt durch Regen und Wind zu PGM-Verlusten an die Umwelt und sollte eigentlich vermieden werden.

Ein zweiter kritischer Punkt ist die vollständige Erfassung des Washcoats (Punkt 3). Hier gilt es, während Sammlung, Transport und Lagerung bestimmte Standards einzuhalten, um eine hohe PGM-Wiedergewinnungsquote zu ermöglichen. Gleiches gilt für die Entmantelung des Katalysators, die sowohl geeignete Gerätschaften als auch Know-how erfordert. Durch die Feinstverteilung der PGM im Washcoat ist z.B. eine Absaugungsanlage notwendig, um Verstaubungsverluste zu minimieren. Bei der PGM-Scheidung können sowohl bei der pyrometallurgischen, in besonderem Maße aber bei der hydrometallurgischen Trennung Verluste in Schlacken oder Stäuben bzw. Abwäs-

ern oder Schlämmen auftreten. In Hütten, die nicht auf PGM spezialisiert sind, können auch PGM-Einträge in anderen Seitenströmen auftreten (Punkt 4).

Hagelüken, Buchert und Stahl (2005, 83) schätzen die Größenordnungen für die Verluste in den technischen Behandlungsschritten auf ca. 1-2% bei der Sammlung und 1-2% bei der Entmantelung ein (jeweils etwa 200kg beim aktuellen Sekundär-PGM-Aufkommen).

Abb. 10: Verlustpotenziale in den Bearbeitungsstufen de Fahrzeugrecyclings In Deutschland



24.11.2008

Meeting Amsterdam, AP 2.2, Rainer Lucas/Henning Wilts

3

Materialeffizienz & Ressourcenschonung

Quelle: Hagelüken, Buchert, Stahl 2005, 83

Beim pyrometallurgischen Refining werden bei Platin und Palladium Wiedergewinnungsquoten von bis zu 98%, bei Rhodium bis 85% erzielt.

Aus ökonomischer Sicht ist die Wertbestimmung des Kat-Inhalts ein weiteres Problem. Äußere Beschädigungen aber auch falsche Befüllung mit Kraftstoff können den PGM-Inhalt und damit die Funktionstauglichkeit einschränken. Beim Standardgeschäft des „Telquel-Kaufs“, bei dem ein Pauschalpreis pro Stück vereinbart wird, trägt der Refiner also ein hohes Risiko, dass der Kat unsachgemäß genutzt oder sogar bereits nass-chemisch behandelt wurde. Nur beim „Toll Refining“ wird bei größeren Mengen eine genaue Analyse der zu verwertenden Abfälle durchgeführt und je nach Edelmetallbeladung und Anteil der verschiedenen PG-Metalle der Tagespreis bezahlt. Zur Steigerung der Recyclingquote wäre ein höheres Maß an Transparenz im Markt notwendig (Punkt 5).

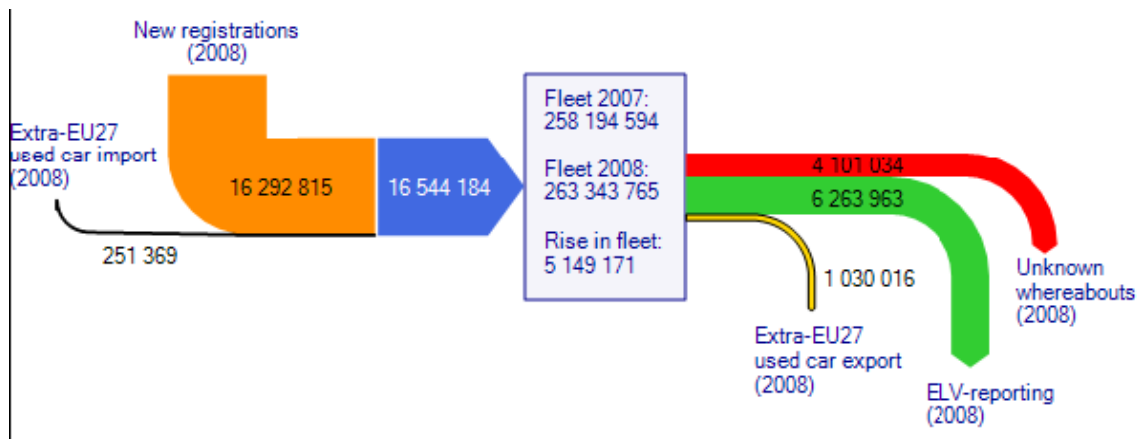
3.4 Verlagerung der PGM-Stoffströme in andere Volkswirtschaften durch den Export von gebrauchten PKW

In diesem Kapitel erfolgt eine statistische Auswertung der exportierten Gebrauchtwagen aus Deutschland und der EU. Anschließend wird die Altersstruktur des Fahrzeugbestands in Deutschland und der EU untersucht, um Rückschlüsse auf die Altersstruktur der Exportmengen ableiten zu können. Wie bereits gezeigt ist das Alter der Fahrzeuge entscheidend für den vermutlichen PGM-Gehalt im Katalysator.

3.4.1 Herkunft und Verbleib der Fahrzeuge in der EU27

Die Relevanz der Exporte auf gesamteuropäischer Ebene verdeutlicht Abb. 11, wonach nur etwa 6,2 Mio. der insgesamt 11 Mio. abgemeldeten Gebrauchtfahrzeuge durch das offizielle Altautoregime erfasst werden. Allerdings ist nach Angaben von Mehlhart et al. 2011 S. ii der überwiegende Anteil der Kategorie „unknown whereabouts“ einer Verschrottung oder Hortung innerhalb der EU zuzurechnen. Für die überwiegend hochklassigen und relativ neuwertigen Gebrauchtfahrzeuge aus Deutschland spielt der Export dagegen eine deutlich signifikantere Rolle.

Abb. 11: Herkunft und Verbleib von Fahrzeugen in der EU27 in 2008



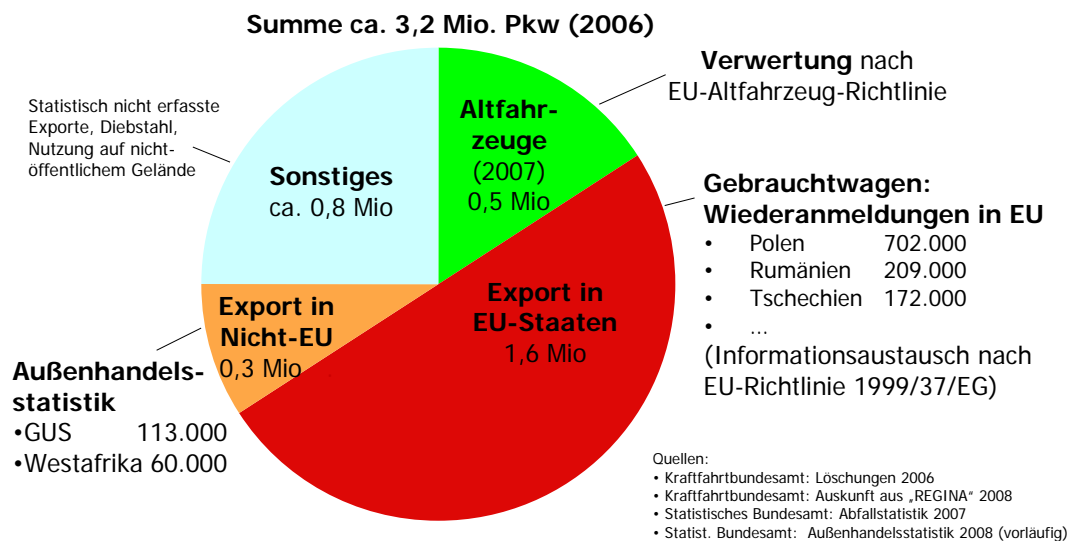
Quelle: Eurostat External trade statistics 2009, ACEA 2008a

3.4.2 Gebrauchtwagen-Export aus Deutschland Auswertung der COMEXT-Datenbank

Mit Hilfe der Statistiken zu Exporten und Verwertung lässt sich der Verbleib der stillgelegten Pkws in Deutschland zum großen Teil erklären (siehe Abb. 11). Mindestens 60 % der endgültig gelöschten Pkws wurden nach statistischen Angaben im Jahr 2008

aus Deutschland als Gebrauchtwagen exportiert, ca. 50 % in EU-Staaten, ca. 8 % in Nicht-EU-Staaten. Ein Sechstel (15-16 %) wurde entsprechend der Abfallstatistik des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2007 als Altfahrzeuge verwertet (Destatis 2009b). Für ca. 25 % der Pkw-Löschungen ist der Verbleib statistisch nicht belegbar. Hier kommen weitere, statistisch nicht erfasste Exporte, ansonsten Diebstahl oder Nutzung auf nicht öffentlichem Gelände in Frage.

Abb. 12: Verbleib der gelöschten Pkw in Deutschland 2008



Quellen: Kraftfahrtbundesamt: Löschungen 2006, Kraftfahrtbundesamt: Auskunft aus „REGINA“ 2008, Statistisches Bundesamt: Abfallstatistik 2007, Statist. Bundesamt: Außenhandelsstatistik 2008 (vorläufig)

Etwa die Hälfte aller endgültig stillgelegten Fahrzeuge (ca. 1,6 Millionen) ging im Jahr 2008 nach statistischen Angaben als Gebrauchtwagen in andere EU-Staaten. Zur Erfassung der Exporte zwischen den EU-Staaten ist die EU-Handelsstatistik COMEXT, in der Handel mit gebrauchten Fahrzeugen differenziert nach vier Motorklassen verzeichnet ist, kaum geeignet, da aufgrund der Meldeschwellen keine vollständige Erfassung der Exporte erfolgt. Denn meldepflichtig sind beim Export aus Deutschland in einen anderen Mitgliedsstaat der EU (Intrahandelsstatistik) Unternehmen, deren innergemeinschaftliche Warenverkehre im Vorjahr bzw. im laufenden Jahr den Wert von 300.000 EUR übersteigen. Vielfach sind im Gebrauchtwagenhandel Kleinunternehmen tätig, welche diesen Schwellenwert nicht erreichen.

3.4.3 Auswertung der Exporte aus Deutschland in andere EU-Staaten (REGINA-Datenbank)

Zentrale Quelle ist hier das Zentralregister „REGINA – Registration and Information Agreement“ des Kraftfahrtbundesamtes (KBA), das auf Grundlage der EU-Richtlinie 1999/37/EG eingerichtet wurde¹³. Spitzenreiter sind Polen mit 700.000, Rumänien mit 210.000 und Tschechien mit 170.000 Importen im Jahr 2008, siehe nachfolgende Tabelle.

¹³ Eigentliches Ziel der Datenbank ist jedoch nicht das Monitoring von Stoffströmen, sondern vor allem die Bekämpfung internationaler Kriminalität im Bereich Autodiebstahl.

Tab. 6: Gebrauchtwagen-Exporte in andere EU-Staaten: REGINA-Statistik – Mitteilungen an das KBA über ehemals in Deutschland zugelassene Fahrzeuge

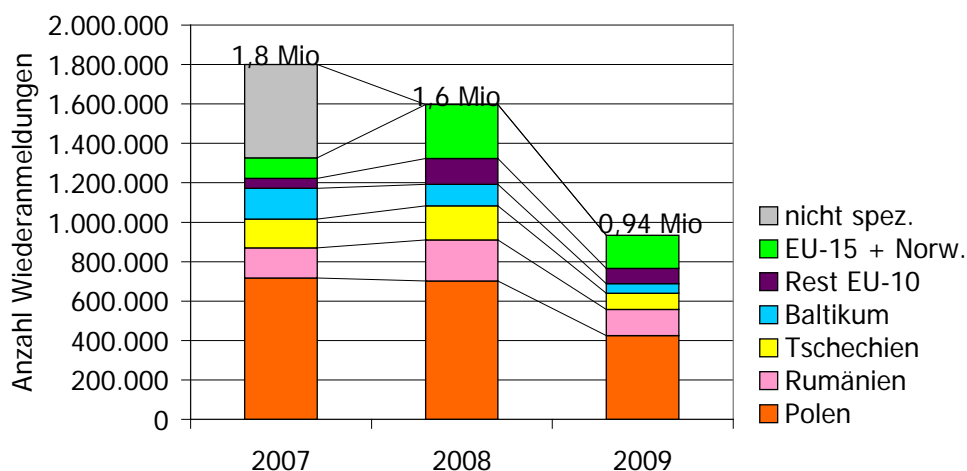
	Land	Anzahl 2007	Anzahl 2008	Anzahl 2009
EU 10	Polen	716.409	702.030	425.686
	Tschechien	144.993	171.657	82.993
	Slowakei		27.316	26.585
	Ungarn		20.606	13.520
	Litauen	106.743	60.531	36.473
	Lettland	48.946	35.996	7.520
	Estland		12.656	5.208
	Rumänien	154.244	208.637	131.102
	Bulgarien	51.261	83.619	35.863
	EU15	Finnland		17.874
Dänemark			10.937	12.864
Schweden			8.388	4.721
Großbritannien			1.730	1.326
Niederlande		61.149	57.564	53.268
Belgien			22.791	28.212
Luxemburg			7.244	9.325
Österreich			2.812	2.456
Spanien		43.283	23.847	10.421
Italien			25.755	22.988
	Norwegen		94.263	9.770
	Summe der tabellierten Länder	1.327.028	1.596.253	933.704

Quelle: KBA 2007, KBA 2009, KBA 2010

In den Jahren 2004 und 2006 hatte Litauen mit gut 250.000 Importen pro Jahr noch den zweiten Platz inne, die Exporte sind jedoch rückläufig (bei den Zahlen zu 2009 ist zu berücksichtigen, dass hier Sondereffekte durch die Umweltprämie aufgetreten sind, die einen deutlichen Rückgang von Exporten vor allem bei älteren Fahrzeugen bewirkt hat). Abb. 13 verdeutlicht, dass die Inner-EU-Exporte von Gebrauchtwagen zu ca. 80%

in die neuen Mitgliedsländer gehen, wobei Polen nach wie vor eine Sonderstellung einnimmt.

Abb. 13: Wiederanmeldungen von Gebrauchtwagen aus Deutschland



Quelle: KBA 2007, KBA 2009, KBA 2010

3.4.4 Direkte Gebrauchtwagenexporte aus Deutschland in Nicht-EU-Staaten

Im Vergleich zu den EU-Exporten fielen die Exporte in Nicht-EU-Staaten gering aus. Die Außenhandelsstatistik wies insgesamt ca. ¼ Million Gebrauchtwagen-Exporte (Pkw und Wohnmobile) aus, knapp die Hälfte davon in die Staaten der ehemaligen Sowjetunion (ohne Baltikum), siehe Tab. 7. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Meldeschwellen ist davon auszugehen, dass die Statistik die realen Exporte zu einem relativ hohen Anteil erfasst.

Tab. 7: Gebrauchtwagen-Exporte in Nicht-EU-Staaten entsprechend der Außenhandelsstatistik, PKW und Wohnmobile mit Otto- und Dieselmotor

Land \ Jahr	2007	2008 (vorläufige Zahlen)
Nicht-EU gesamt	256.391	243.294
Davon GUS¹⁴	116.307	112.548
davon Russland	44.130	40.758
davon Weißrussland	21.424	24.518
Davon Westafrika¹⁵	53.323	59.815

Quelle: Destatis 2009¹⁶

3.4.5 Exporte aus der EU in Nicht-EU-Staaten

Die Exporte in Nicht-EU-Staaten werden statistisch in der Außenhandelsstatistik der EU, COMEXT, erfasst. Da die Meldeschwellen für den Extra-EU-Handel relativ gering sind (1000 Euro bzw. 1000 kg, vgl. SRU 2008, 731), ist eine relativ hohe statistische Erfassungsrate anzunehmen. Unter den Kennziffern CN8 87032190¹⁷, CN8 87032290, CN8 87032390 und CN8 87032490 sind in der EU Außenhandelsstatistik COMTEXT gebrauchte PKW mit Otto-Benzin-Motor bzw. 8703 31 90, 8703 32 90 und 8703 33 90 für Dieselfahrzeuge unterschiedlicher Motorklassen verzeichnet, z.B. für die niedrigste Motorgröße unter einem Liter Hubraum:

¹⁴ Beziehungsweise Staaten der ehemaligen Sowjetunion ohne baltische Staaten

¹⁵ Hierunter wurden 18 westafrikanische Staaten zusammengefasst: Angola, Äquatorialguinea, Benin, Burkina Faso, Cote d'Ivoire, Gabun, Gambia, Ghana, Guinea, Kamerun, Liberia, Marokko, Mauretaniern, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone, Togo

¹⁶ Destatis 2009 - Statistisches Bundesamt: Warenverzeichnis Außenhandelsstatistik 8-Steller, Länderverzeichnis, Daten für 2007. Wiesbaden 2009

¹⁷ Die offizielle Beschreibung der Handelsklasse lautet: „Motor cars and other motor vehicles principally designed for the transport of persons, incl. station wagons and racing cars, with spark-ignition internal combustion reciprocating piston engine of a cylinder capacity $\leq 1.000 \text{ cm}^3$ used (excl. vehicles for the transport of persons on snow and other specially designed vehicles of subheading 8703.10)“

Tab. 8: Systematik der EU Außenhandelsstatistik für die Klassifizierung von Fahrzeugen

Warennummer	Fahrzeug	Motorisierung	Hubraum	Status
CN8 87032190	PKW	Ottomotor	bis 1000 cm ³	Ge- braucht
CN8 87032290			1000 - 1500 cm ³	
CN8 87032390	PKW, Wohn- mobile		1500 - 3000 cm ³	
CN8 87032490			> 3000 cm ³	
CN8 87033190	PKW	Dieselmotor	bis 1500 cm ³	
CN8 87033290	PKW, Wohn- mobile		1500 – 2500 cm ³	
CN8 87033390			> 2500 cm ³	

Quelle: Statist. Bundesamt: Außenhandelsstatistik 2008 (vorläufig)

Ähnliches gilt für Russland, wo sich nach Angaben der Eurostat Foreign Trade Statistics zwar gegenüber 2002 die Anzahl der Fahrzeuge halbiert, der Wert pro Fahrzeug aber fast verdoppelt hat. Für Russland sind dabei auch zunehmende Importbeschränkungen für Gebrauchtfahrzeuge als Faktor zu berücksichtigen, insgesamt ist aber im Zeitverlauf eine Verlagerung in weitere Zielländer zu beobachten (s. auch Kapitel 3. 5).

Tab. 9 zeigt die 10 wichtigsten Nicht-EU-Export-Zielländer aus der EU 27 in 2007. Danach ergeben sich als Zielgebiete vor allem Osteuropa, Westafrika und der Balkan. Kasachstan war 2007 mit 220.608 Fahrzeugen der Hauptabnehmer für Gebrauchtwagen aus der EU27. Vergleicht man die Daten mit denen der EU15-Staaten zeigt sich, dass diese Exporte nach Osteuropa zu 93% aus den neuen Mitgliedsstaaten heraus stattfinden (während der Großteil der Exporte nach Westafrika allein aus geographischen Gründen aus den alten Mitgliedsstaaten stattfindet). Insgesamt lässt sich im Vergleich mit den Daten von 2002 eine Verlagerung der Gebrauchtfahrzeugexporte in Richtung Osten beobachten. Möglichen Gründen hierfür wird in den Länderstudien in Kap. 3.3 noch näher nachgegangen, allgemein kann aber eine gewisse Sättigung der Gebrauchtfahrzeugmärkte (wenn auch auf hohem Niveau) in den neuen EU-Mitgliedsstaaten und ein gestiegene Ansprüche an die Fahrzeuge – sowohl von den Kundenwünschen als von gesetzlichen Anforderungen her - konstatiert werden, die dann zu einer Zweit- oder Drittnutzung in Osteuropa führen.

Tab. 9: Top 10 Export von Gebrauchtfahrzeugen aus der EU27 in Nicht-EU-Exportländer in 2007

	Gewicht in t	Anzahl	Durchschnittlicher Wert pro Fahrzeug in Euro
Kasachstan	286.093,4	220.608	1.017
Guinea	12.745,5	114.758	140
Russische Föderation	147.227,6	102.539	8.843
Weißrussland	128.966,2	92.452	3.331
Serbien	36.844,1	52.818	2.958
Benin	56.514,7	46.082	1.324
Kirghizistan	50.250,3	38.679	903
Bosnien-Herzegowina	32.509	34.246	3.064
Norwegen	52.897,2	32.563	19.596
Tadschikistan	36.492,9	31.129	676
Gesamt Afrika	337.815,2	391.377	
Gesamt Osteuropa (ohne EU)	846.957,1	673.008	
Gesamt Alle Länder	1.709.983,7	1.162.177	

Quelle: Eurostat 2008, CN8-Außenhandelsstatistik der EU 2008

Tab. 10 gibt einen Überblick über die Gesamtexportstruktur der EU27 bei Gebrauchtfahrzeugen. Danach wurden im Jahr 2007 von den Ländern der EU27 über 1,1 Mio. gebrauchte PKW mit einem Wert von über 4,1 Mrd. Euro in Länder außerhalb der EU exportiert. Damit verbunden war ein Massenstrom von 1,3 Mio. t, die nicht in der EU zum Recycling anfielen. Dem gegenüber stand ein Import von ca. 227.000 Fahrzeugen, einer Masse von 316.000 t und einem Wert von 1,2 Mrd. Euro. Im Vergleich zu den Zahlen von 2002 bedeutet das einen Anstieg der Exporte außerhalb der EU um 41%, und das obwohl wichtige Zielländer mit dem Beitritt der Luxemburggruppe 2004 (Estland, Lettland, Litauen, Polen, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Slowenien, Malta und Zypern) 2007 nicht mehr als Exporte außerhalb der EU, sondern als Inner-EU-Handel gewertet werden.

Tab. 10: Vergleich der außereuropäischen Im- u. Exporte von Gebrauch-PKW in 2002 und 2007

PARTNER		Gewicht in t	Anzahl	Durchschnittlicher Wert pro Fahrzeug in Euro
2007				
EU27_EXTRA	IMPORT	316.222	227.030	1.217.663.220
EU27_EXTRA	EXPORT	1.305.326,9	1.162.177	4.130.478.116
2002				
EU15_EXTRA	IMPORT	164.991	147.841	615.849.426
EU15_EXTRA	EXPORT	914.909,3	820.299	4.035.477.730

Quelle: Eurostat CN8-Außenhandelsstatistik der EU 2008

Die Auswertungen der Exportstatistiken zeigt auch, dass die Exporte nach Westafrika eine geringere Rolle spielen als in der bisherigen Debatte angenommen. Von den insgesamt über 1,7 Mio. Exporten gehen nur etwa 50.000 Fahrzeuge in Richtung Afrika. Diese Zahlen bestätigen den Rückgang der Exporte nach Westafrika, wie er bereits von Buchert et al. (2007, 15) anhand empirischer Untersuchungen im Hamburger Hafen festgestellt worden war. Als Ursache waren dort Importrestriktionen für Gebrauchtfahrzeuge in den Zielländern vermutet worden.

3.4.6 Abschätzung der PGM-Verluste

Um abschätzen zu können, welche Verluste an PGM mit diesen Exportstrukturen verbunden sind, müssen über die dargestellten Auswertungen der Außenhandelsbilanzen weitere Annahmen zur Ausgestaltung der Recyclinginfrastrukturen in den Zielländern, zur Relevanz von Transitexporten und zur Altersstruktur der exportierten Fahrzeuge getroffen werden.

Recyclinginfrastrukturen

Die Abschätzung der PGM-Verluste durch den Export von Gebrauchtwagen aus Deutschland ist stark abhängig von den Annahmen über die ordnungsgemäße Demontage und die angewendete Recyclingtechnik für Autokatalysatoren in den jeweiligen Zielländern. Ausgehend von der geltenden Rechtslage müssten in den EU10 sämtliche Katalysatoren bei Altfahrzeugen demontiert und verwertet werden; dagegen existiert in den allermeisten relevanten Zielländern von exportierten Gebrauchtwagen aus der EU überhaupt keine spezielle Regulierung für das Kat-Recycling (mit Ausnahme von Norwegen, Japan, Schweiz und den USA). Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, in den Zielländern der Gebrauchtwagenexporte die jeweiligen Rahmenbedingungen für das Kat-Recycling zu ermitteln.

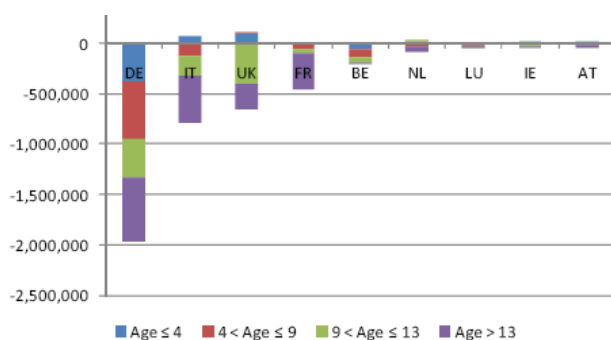
Transitexporte

Wie gezeigt spielt der direkte Export von Gebrauchtwagen aus Deutschland in Nicht-EU-Staaten nur eine untergeordnete Rolle, in ca. 80 % der Fällen werden deutsche Gebrauchtfahrzeuge zunächst in andere EU-Mitgliedsstaaten exportiert. Für die Abschätzung von der entstehenden PGM-Verluste muss jedoch berücksichtigt werden, dass viele dieser Fahrzeuge nach einer Zweitnutzung in der EU10 noch einer Drittnutzung außerhalb der EU und damit des Geltungsbereichs der Altauto-Richtlinie zugeführt werden (vgl. Hagelüken 2007, S. 6). Diese Strukturen lassen sich innerhalb der Gebrauchtwagenstatistiken nicht ablesen: Nach der Wiederanmeldung des Fahrzeugs z.B. in Polen gilt der anschließende Export in Länder wie Kasachstan als polnischer Export.

Altersstruktur

Entscheidend für die Abschätzung der PGM-Verluste im Bereich Autokatalysatoren ist zudem wie gezeigt die Altersstruktur der exportierten Gebrauchtfahrzeuge (vgl. Tab. Fahrzeuگلöschungen nach Motortyp, -leistung und PGM-Gehalt). Wie in Abb. 14 dargestellt sind etwa ca. 30% der Exporte aus Deutschland älter als 30 Jahre, ca. 20% zwischen 9 und 13 Jahren und 30% zwischen 4 und 9 Jahren. Deutlich wird auch dass die Klasse der relativ neuen Gebrauchtwagen (bis vier Jahre), die in Deutschland etwa 20% der Gebrauchtwagen ausmachen, in der EU fast ausschließlich aus Deutschland kommen.

Abb. 14: Altersstruktur exportierter Gebrauchtwagen im europäischen Vergleich, Durchschnittswerte 2004 bis 2009



Quelle: Mehlhart 2011

Ausgehend von der Altersstruktur der Fahrzeuglöschungen aus Abb. 14 ergibt sich ein Gesamtpotenzial exportierter PGM im Bereich Autokatalysatoren von ca. 6t PGM (vgl. Buchert et al. 2007, 1). Geht man davon aus, dass von den direkten Exporten ins Nicht-EU-Ausland ca. 90% in Länder ohne geeignete Infrastrukturen für die PGM-Rückgewinnung gehen (die genannten Ausnahmen entsprechen ca. 10% dieser Exporte) und von den 1,5 Mio. Exporten ins EU-Ausland ca. 20% anschließend einer Drittnutzung in solchen Ländern zugeführt werden, ergibt sich durch den Export von Gebrauchtwagen eine Potenzialminderung für die weltweite Rückgewinnung von PGM von ca. 1,5 - 2t PGM (diese Abschätzung liegt damit relativ dicht an den Aussagen von

Buchert 2010, der einen „PGM-Totalverlust“ durch Exporte in Länder außerhalb der EU27 von ca. 1,6t PGM angibt). Würde man zusätzlich annehmen, dass in den EU10 die Demontage und angemessene Verwertung von Autokatalysatoren noch nicht in allen Bereichen technisch und organisatorisch optimiert ist, so ergäbe hier ein zu erschließendes Gesamtpotenzial von bis zu ca. 4t PGM.

3.4.7 Bewertung der Datenlage

Altfahrzeuge gelten nach dem Basler Übereinkommen als gefährliche Abfälle und ihre Exporte werden in den entsprechenden Statistiken von Eurostat und dem Statistischen Bundesamt erfasst. Dagegen ist die Datenlage für Gebrauchtfahrzeuge bisher noch relativ unbefriedigend und damit wenig aussagekräftig, dies gilt vor allem für den Handel innerhalb des europäischen Binnenmarkts. In der Zukunft soll sich dies durch die Waste Statistics Regulation ändern. Diese wurde bereits 2002 verabschiedet und soll eine europaweit einheitliche Erfassung und besseres Monitoring grenzüberschreitender Abfälle ermöglichen.

Durch das Kraftfahrzeugbundesamt (KBA) werden alle aus dem Fahrzeugregister gelöschten Fahrzeuge erfasst (Außerbetriebsetzungen). Da der jeweilige Abmeldegrund nicht mit erfasst wird, ist trotz der REGINA-Datenbank der letztendliche Verbleib eines Teils der aus der Kraftfahrzeugstatistik gelöschten Fahrzeuge nicht geklärt und somit existieren nach wie vor systematische Defizite in der Erfassung der Exportströme von gebrauchten Fahrzeugen. Auch ist davon auszugehen, dass aus den erfassten Zielländern wiederum Exporte in Nicht-EU-Staaten erfolgen, die dann aber nicht mehr nachzuvollziehen sind. Angaben über den Zustand, Wert, Alter der Fahrzeuge werden seitens der Statistik nicht gefordert.

Die statistische Erfassung geht davon aus, dass es sich hierbei tatsächlich um Gebrauchtwagen handelt und hierin keine verdeckten Exporte von Altfahrzeugen enthalten sind. Dass eine hier eine Grauzone¹⁸ zwischen Abfallstatistik und Fahrzeugstatistik existiert, hängt auch mit nicht hinreichenden Definitionen hinsichtlich der Fahrtauglichkeit ab.

Einen Einblick in die Praxis des Gebrauchtwagenhandels mit alten, fast schrottreifen Fahrzeugen gibt der nachfolgende Auszug aus einem Artikel der Österreichischen Zeitung „Die Presse“ vom 4.07.2009¹⁹: „Die meisten Pkw haben einen Wert von „weit we-

¹⁸ Der Begriff „Grauzone“ soll deutlich machen, dass die Definitionen im Abfallrecht und in den Zollbestimmungen bisher keine hinreichende Ansatzpunkte bieten, klar zwischen Gebrauchtwagen und Altfahrzeug zu unterscheiden.

¹⁹ <http://diepresse.com/home/wirtschaft/international/492556/Oesterreichische-Schrottautos-fuer-Afrika>

niger“ als 2000 Euro, weiß man bei der Reederei Grimaldi in Hamburg. Sie ist einer der größten Autovershiffer in Europa. Pro Jahr, erzählt Dirk Peters, bringe man 400.000 Fahrzeuge nach Afrika. Wöchentlich verlassen zwei Schiffe Hamburg und laufen fast jeden Staat an der Westküste des Kontinents an. Je nach Größe des Fahrzeugs und Bestimmungsort verlangt Grimaldi zwischen 300 und 500 Euro für den Transport. Das ist der „RoRo“-Preis: Roll-on, Roll-off. Die Pkw stehen in Zentimeterabstand auf der Fähre: Bei starkem Seegang kommen sie mit ein paar zusätzlichen Beulen an. Doch das stört bei diesen Autos niemanden.“

Die Belieferung für diesen Export erfolgt aus vielen westeuropäischen Staaten. Interessantweise sind die Umsätze in diesem Bereich während der Abwrackprämien um 20 bis 30 % zurückgegangen (Die Presse, 4.07.2009). In den Anzeigen der Fahrzeugaufkäufer wird offen damit geworben, das auch Fahrzeuge ohne TÜV (in Österreich Pickerl) für den Export gekauft werden. Originalzitat eines Händlers aus Osteuropa: „Wir exportieren das Auto (...) In die Märkte, in denen es egal ist, ob es ein Pickerl hat oder nicht. Oder viele Kilometer.“ (Die Presse, 4.07.2009)

Es ist davon auszugehen, dass die meisten dieser Exporte nicht statistisch erfasst werden. Gleichzeitig führen diese Exportpraktiken dazu, dass schrottreife Fahrzeuge einer ordnungsgemäßen Entsorgung entzogen werden. Soweit diese Fahrzeuge mit einem Kat ausgestattet sind, werden auch die hierin enthaltenen Edelmetalle exportiert.

Die aufgezeigten Informationsdefizite haben zur Folge, dass die vorgenommenen Potenzialabschätzungen noch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind. Anhand einer Modellbeschreibung (Input, Bestände, Output) soll dies noch einmal nachvollzogen werden.

In den nationalen Fahrzeugbestand gehen Neufahrzeuge ein, die entweder in Deutschland oder im Ausland produziert wurden. Hinzu kommen Importe von gebrauchten Fahrzeugen. Hieraus ergibt sich ein Fahrzeugbestand, der hinsichtlich Anzahl und Motorausstattung gut dokumentiert ist. Allerdings kann von der Motorklasse nicht direkt auf die PGM-Gehalte in den Kats geschlossen werden, da der Gehalt nach Baujahr und Baureihe immer wieder variiert. Allgemein ist bekannt, dass die PGM-Gehalte insbesondere durch den zunehmenden Anteil von Dieselfahrzeugen steigen.

Die Abgänge aus dem Bestand durch Abmeldung und Export von Gebrauchtwagen können nur teilweise nachvollzogen werden. Die Zielländer dieser Exporte können bezogen auf das erste Zielland ermittelt werden, ob diese Fahrzeuge dann nochmals exportiert werden und in welchem Umfang ist derzeit nicht zu ermitteln. Somit ist es auch nur möglich, den Verlust bezogen auf die deutsche Volkswirtschaft zu ermitteln. Verlustannahmen in den Zielländern müssen durch länderbezogene Studien gestützt werden.

Die Zusammenhänge sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Abb. 15: Unsicherheiten gewonnener PGM-Mengen



Quelle: eigene Darstellung

Daraus PGM-Verlust-Potenzial nicht exakt ermittelt werden, sondern es sind nur Abschätzungen möglich.

3.5 Länderstudien zur PGM-Rückgewinnung aus Autokatalysatoren

Die enormen Materialabflüsse die mit den Export von Gebrauchtwagen vor allem nach Osteuropa verbunden sind, führen zu neuen Anforderungen an ein internationales Stoffstrommanagement. In diesem Abfallregime ist die Behandlung der Abgaskatalysatoren ein kleines Handlungsfeld, welches aus Sicht der Abfallwirtschaft kaum ins Gewicht fällt. Die größten Ineffizienten im Stoffstrommanagement sind derzeit nicht technischer Natur, sondern hängen mit mangelnden Aufbau effektiver Recyclingstrukturen für Altfahrzeuge in den Zielländern der Neu- und Gebrauchtwagenexporte zusammen. Interesse an einer besseren, internationalen Kreislaufführung der in den Kats enthaltenen Platingruppenmetallen hat vor allem die sekundäre Rohstoffwirtschaft mit ihren großen Anlagen zur Rückgewinnung von Edelmetallen. Sie ist dazu übergegangen, eigene Redistributionsstrukturen aufzubauen, die sich außerhalb des Abfallregimes bewegen.

Vor diesem Hintergrund kann nicht eine einfache Rechnung aufgemacht werden, welche die deutschen Gebrauchtwagen-Exporte generell als Verlustquelle für die PGM-Rückgewinnung ansieht. Nicht die Gebrauchtwagenexporte sind das Problem, sondern die fehlenden Rahmenbedingungen und Strukturen in den Export-Zielländern für ein hochwertiges Recycling der Fahrzeuge und eine systematische Aufbereitung der Katalysatoren. Es ist daher zu überlegen, welche Strategien gerade in den schnell wachsenden Volkswirtschaften dazu beitragen können, effektive Erfassungs- und Verwertungsstrukturen aufzubauen. Damit dies gelingen kann, müssen die Entwicklungen und Rahmenbedingungen dieser Länder genauer betrachtet werden und Maßnahmen entwickelt werden, die an diesen Bedingungen anknüpfen.

Die nachfolgende durchgeführten, exemplarischen Länderstudien für Russland, Polen und die baltischen Staaten soll diesen Kenntnisstand verbessert werden. Mit den Länderstudien soll der konkrete Handlungsrahmen und die Einflussfaktoren auf Handlungsbedingungen für das PGM-Recycling erfasst werden, um konkrete Ansatzpunkte für ein verbessertes Stoffstrommanagement zu identifizieren.

Zur näheren Analyse wurden fünf Länder ausgewählt: Russland als wachstumsstarkes Schwellenland und Polen, und die baltischen Staaten Lettland, Estland und Litauen als neue Mitglieder in der EU. Alle fünf Länder zeichnen sich durch hohe Wachstumsraten ihrer Fahrzeugbestände aus und sind wichtige Abnehmer von Gebrauchtfahrzeugen aus Deutschland.

Die Länderstudien dienen dazu, die reale Entwicklung nachzuvollziehen und die Handlungsbedingungen für den Aufbau eines internationalen Stoffstrommanagements zu ermitteln. Zur Gewinnung einer ausreichenden Informationsbasis wurden statistische Daten ausgewertet, Desktop-Recherchen in der jeweiligen Landessprache und Experteninterviews durchgeführt. Trotz dieser umfangreichen Recherche blieben Informationslücken, die mit den erwähnten Methoden nicht zu schließen waren.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt für alle Länder im Rahmen der folgenden Gliederung:

- Entwicklung des Fahrzeugbestands/PGM-Potenzials
- Rahmenbedingungen
- Status der Altfahrzeug-Recycling/PGM-Rückgewinnung; Probleme der Recyclingpraxis, relevante Akteure
- Perspektiven für eine verbesserte PGM-Rückgewinnung, Anknüpfungspunkte für ein internationales Stoffstrommanagement

Die Ergebnisse der Länderstudie werden im Kapitel 3.5.4 noch einmal in eine mehr systemorientierte Betrachtung überführt, um die Dynamiken zu verstehen, die die Steigerung der PGM-Potenziale in den Fahrzeugbeständen auslösen. Eine Berechnung von Johnson Matthey zur Abschätzung der PGM-Potenziale wird vorgestellt und kritisch gewürdigt.

3.5.1 Russland

3.5.1.1 Entwicklung des Fahrzeugbestands und des PGM-Potenzials

Nach einer Studie der Agentur Awtostat gab es Mitte 2009 in Russland etwas mehr als 34,4 Mio. leichte Automobile, was eine Steigerung gegenüber Anfang 2008 von 7,6% bedeutet. Das russische Wirtschaftsministerium geht davon aus, dass sich der Fahrzeugbestand (Pkw) im Jahr 2020 auf über 90 Mio. Fahrzeuge im Jahr 2020 verdreifachen wird. Außerdem werden massive Ersatzinvestitionen erwartet, da der Fahrzeugbestand überaltert ist. Gründe für das Wachstum des Fahrzeugbestandes sind das schnelle Ansteigen der Wirtschaft und der damit verbundene Wohlstand der Bevölkerung.

Tab. 11: Zahl der leichten Automobile im Privatbesitz pro 1.000 Einwohner (zum Jahresende; in Stück)

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 *
Automobile pro 1.000 Einwohner	137,2	145,8	153,2	159,3	169,0	177,8	195,4	211	225
Bevölkerung (zum 1. Januar)	146,3	145,6	145,0	144,2	143,5	142,8	142,2	142,0	141,9

*Schätzung

Anmerkung: leichte Automobile = Pkw + Kleintransporter; zum Vergleich: Automobilbestand in Deutschland 2009: 550 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner

Quelle: Föderaler Statistikdienst, nach Wolf 2011

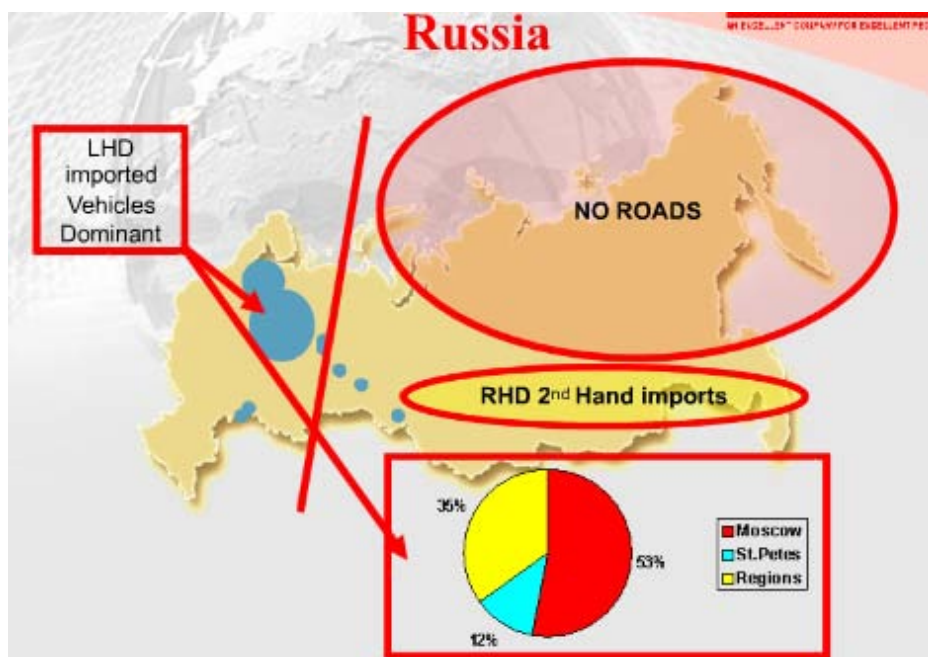
Das Durchschnittsalter des Autobestands in Russland lag Mitte 2009 bei 11,5 Jahren, wobei es hier erhebliche regionale Unterschiede gibt (siehe nachfolgende Tab.).

Tab. 12: Durchschnittsalter des Automobilbestands in Russland nach Regionen

Region der Russischen Föderation	Durchschnittsalter des Autobestands (Jahre)
Gebiete mit dem geringsten Durchschnittsalter:	
.Region Perm, Republik Tatarstan	8,9
.Stadt Moskau, Gebiet Samara	9,1
.Gebiet Wologda	9,6
.Republik Udmurtien	9,7
.Sankt Petersburg	9,8
.Gebiete Moskau, Tjumen und Tscheljabinsk	knapp über 10
Gebiete mit dem höchsten Durchschnittsalter:	
.Gebiet Kaliningrad	15,0
.Region Kamtschatka	15,2
.Gebiet Sachalin	15,9
.Gebiet Amur	15,9
.Region Primorje	16,0
.Gebiet Magadan	16,4

Quelle: AwtoStat (Studie vom August 2009)

Abb. 16: Verteilung des Fahrzeugbestands in Russland



Legende: LHD = Left Hand Drive Cars

Quelle: Jeremiah 2008

Die regionale Verteilung ist auch für das Kat-Recycling bedeutsam, da in den jüngeren Fahrzeugbeständen der Kat-Anteil und der PGM-Gehalt je Kat größer ist.

Generell nimmt der Bestand an importierten neuen und gebrauchten Fahrzeugen zu. 37,2% des Gesamtbestands in Russland waren Mitte 2009 schon ausländische Modelle, dies sind entweder importierte Fahrzeuge oder in Russland montierte Fahrzeuge ausländischer Marken.

Unter den ausländischen Modellen im Schnitt am ältesten sind Fahrzeuge von Isuzu (Kleintransporter), Audi, Volkswagen und Mercedes-Benz. Das liegt daran, dass viele deutsche Autos bereits in den 1990er Jahren als junge Gebrauchte über das damals intensive Kfz-Import-Geschäft nach Russland eingeführt wurden. Bei diesen älteren Fahrzeugen ist der Ersatzteilbedarf hoch. Gegenwärtig auf dem Gebrauchtwagenmarkt am beliebtesten sind Automobile der C-Klasse wie Mazda 3, Ford "Focus", Mitsubishi "Lancer" und der D-Klasse wie Ford "Mondeo", Honda "Accord" und Mazda 6.

Tab. 13: Durchschnittsalter des Fahrzeugbestands nach Marken (2009)

Ausländische Marken	Durchschnittsalter (Jahre)	Russische Marken	Durchschnittsalter (Jahre)
Isuzu	16,5	Moskwitsch	17,0
Audi	14,6	ZAZ	17,0
Saab	14,1	UAZ	14,0
Alfa Romeo	13,8	GAZ	13,4
Daihatsu	13,3	Lada	12,3
Volkswagen	12,8		
Mercedes-Benz	12,5		
Lexus (Toyota)	4,9		
Porsche	4,8		
Land Rover	4,7		
Renault	4,5		
Kia	4,0		
Hyundai	3,7		
Chevrolet	3,0		
Iran Khodro	2,4		
Chinesische Marken (Chery, Geely)	2,0		

Quelle: Awtostat, Automobilbestand in den russischen Regionen (2009)

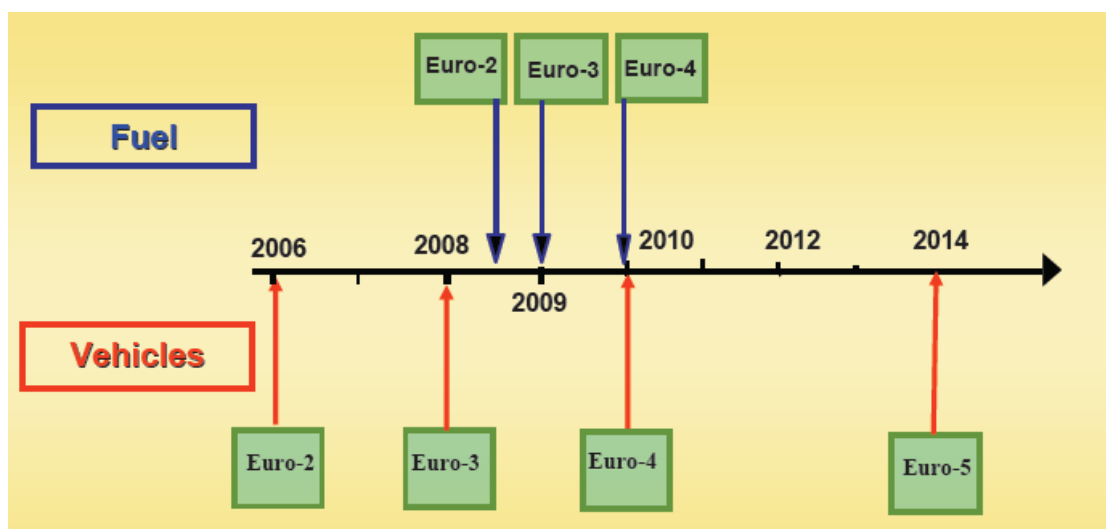
Zur Modernisierung dieses Bestandes wird in den nächsten Jahren auch die Umweltpolitik beitragen, wenn strengere Emissionsgrenzwerte für die Fahrzeuge eingeführt werden. Von 2006 bis 2014 sind für die Zulassung von Neuwagen folgende Emissionsklassen geplant.

Die Verkaufszahlen für Pkw setzten sich 2007 wie folgt zusammen (European Bank 2008, S. 7):

- 27 % Russische Marken
- 16 % Ausländische Marken in Russland produziert
- 43 % Importe neuer Fahrzeuge (ausländische Marken)
- 14 % Importe gebrauchter Fahrzeuge (ausländische Marken)

Durch den geringen Anteil russischer Marken an den Verkaufszahlen nimmt Jahr für Jahr der Bestand an importierten neuen und gebrauchten Fahrzeugen kontinuierlich zu. 37,2% des Gesamtbestands in Russland waren Mitte 2009 schon ausländische Modelle.

Abb. 17: Einführung von Emissionsstandards in Russland



Quelle: Scientific and Research Institute of Motor Transport (NIIAT)

Ähnlich wie in Westeuropa sollen diese Normen durch Anreize bei der Kraftfahrzeugsteuer und der Autoversicherung flankiert werden.²⁰

Aufgrund fehlender statistischer Angaben kann dies jedoch nicht umfassend nachvollzogen werden. Basierend auf einem Expertengespräch mit Yuri Kunin von der GIBDD (State Inspection for Road Traffic Safety) konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden.²¹ Das Scientific and Research Institute of Motor Transport (NIIAT, ecotrans@niiat.ru) hat eine Untersuchung über die Erneuerung von Fahrzeugbestand und die Einführung EURO Norm in Russland durchgeführt. Hieraus ist zu entnehmen, dass am Ende 2008 37% der Pkw mit Otto-Motor mit einem Kat ausgerüstet waren. Dieser Prozentsatz ist ein Mittelwert. So ist in den großen Städten Russland der Anteil der Fahrzeugen mit dem Kat-Ausrüstung viel höher, z.B. in Moskau sind es 73%. Im Zusammenhang mit dem Zeitplan für die Einführung der EURO-Normen in Russland und dem Programm für Altautorecycling wird in der Zukunft die Zahl von Autos mit Kats weiter anwachsen und bis 2020 ist voraussichtlich der gesamte Fahrzeugbestand mit Kats ausgerüstet. Diese Werte liegen bereits deutlich über den Angaben von Donchenko (o.J., 23) der für 2006 ermittelte, dass noch über 80% der russischen PKW-Flotte nicht die EU-Abgasnormen erfüllen.

²⁰ Die Verordnung der Russischen Föderation „Über die Änderungen in den Versicherungstarifen OSAGO, erhöht den Koeffizienten der Versicherungstarife für über zehn Jahre alte Fahrzeuge um 1,5.

²¹ Mitteilung von Irina Sokolova vom 4.01.2010

Trotz dieser Defizite kann das technische Recyclingpotenzial im Gesamtbestand für PGM bereits auf über 17t geschätzt werden²².

Ein weiterer Modernisierungsimpuls des Fahrzeugbestandes ging von der staatlichen Abwrackprämie aus, die nach längerer öffentlicher Debatte 2009 nach westeuropäischem Vorbild eingeführt wurde, um die Konjunktur und den Fahrzeugabsatz anzukurbeln. Hierzu wurde eine Verordnung der Russischen Föderation „Über die Genehmigung der Regeln für die Auszahlung einer Prämie in Höhe von 40.000 Rubel²³ für die Verschrottung von über zehn Jahre alten Fahrzeugen auf Kosten des föderalen Budget im Zeitraum von 2009 bis 2011“ erlassen. Die Regierung stellt für die Abwrackprämie insgesamt zehn Mrd. Rubel bereit.

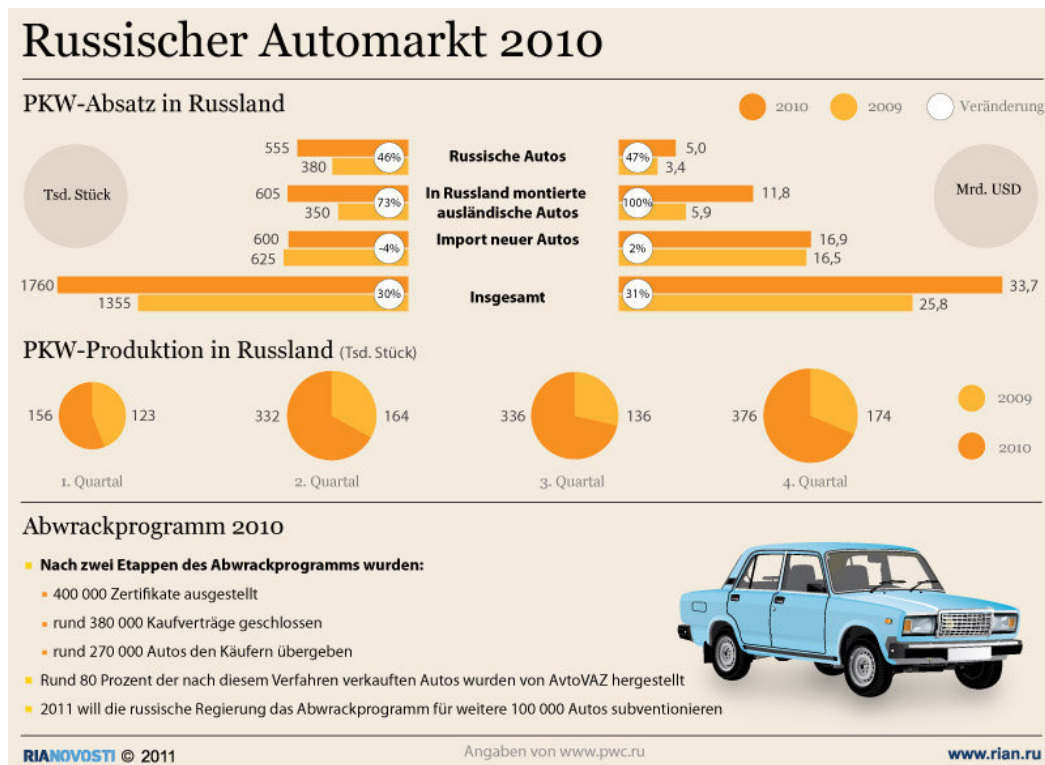
Der Ablauf sah wie folgt aus: Besitzer von über zehn Jahre alten einheimischen oder importierten Fahrzeugen, die seit mindestens einem Jahr auf den Letzthalter zugelassen sind, erhielten einen Gutschein im Wert von etwa 1.100 Euro, wenn sie ihr Fahrzeug bei einem speziellen Verwertungszentrum verschrotten lassen. Der Gutschein konnte dann beim Kauf eines neuen Automobils aus russischer Produktion, einschließlich in Russland montierter Fahrzeuge ausländischer Marken, eingelöst werden.

Das Abwrackpilotprojekt wird nur in wenigen Regionen Russlands und in Moskau durchgeführt: im Moskauer Gebiet, Sankt Petersburg und im Gebiet Leningrad, sowie Samara und Nischni Nowgorod. Zur gleichen Zeit soll die Entwicklung von umfassender Infrastruktur für das Autorecycling begonnen werden. Insgesamt soll das Programm bis 2013 laufen.

Das Ziel der Abwrackprämie ist damit eindeutig, den Absatz in Russland hergestellter Fahrzeuge anzukurbeln. Da inzwischen die meisten europäischen Fahrzeughersteller Montagewerke in Russland unterhalten, wurden auch diese Marken begünstigt, der Import von ausländischen Neuwagen ging demgegenüber aber 2010 zurück. Ein Effekt der Abwrackprämie war die Verjüngung und Modernisierung des Fahrzeugbestands. Insgesamt wurde der Fahrzeugabsatz 2010 gegenüber 2009 erheblich gesteigert. 2009 und 2010 wurden 400.000 Entsorgungszertifikate ausgestellt und 380.000 Kaufverträge abgeschlossen (siehe nachfolgende Abb.).

²² Die Berechnung geht davon, dass sich die Hubraumklassen analog zu Deutschland verteilen, genaue Zahlen zu Russland liegen leider nicht vor.

Abb. 18: Der russische Automarkt 2010 und die Effekte der Abwrackprämie



Quelle: <http://de.rian.ru/infographiken/20110128/258167518.html>

Die Ausgestaltung der Abwrackprämie hatte eine dämpfende Wirkung auf die Direktimporte von Neu- und Gebrauchtwagen. Gleichzeitig wurden zum 1.1.2009 von den Behörden Einfuhrzölle erlassen, um die heimische Automobilindustrie in der Krise zu schützen. Insgesamt brach durch diese Regierungsmaßnahme der Import von Gebrauchtwagen nach Russland um den Faktor 20 ein. Im 1. Halbjahr 2009 passierten nur 284.400 leichte Automobile, die älter als 2 Jahre waren, die Zollämter.

3.5.1.2 Recyclingpraxis und politische Initiativen zur Veränderung der Rahmenbedingungen

Status-quo

Aufgrund fehlender gesetzlicher Rahmenbedingungen, geringer Sanktionsmacht der Umweltbehörden und auch eines geringen Umweltbewusstseins verläuft das Altfahrzeugrecycling in Russland ungeordnet und regional auf sehr unterschiedlichem Niveau. Die Infrastruktur für Recycling von Autoteilen ist in den ländlichen Gebieten überhaupt nicht vorhanden. In den Ballungsgebieten gibt es kaum Demontagebetriebe und nur drei Schredderanlagen – in Moskau, Sankt Petersburg und Krasnodar (Süd-

russland). Nach Angaben der Industrie-Experten werden landesweit nur 15 bis 20% der offiziell stillgelegten Kfz verwertet (Awtostat, 2009).

Vielfach werden die Altfahrzeuge, Karosserien und Autoteile illegal in Hinterhöfen, an Straßenrändern, auf abgelegenen Plätzen oder auf „wildem Müllkippen“ entsorgt und führen somit zu erheblichen Umweltbelastungen. Bei technischen Reparaturen werden die schrottreife Autoteile wie Reifen, Batterien, Glas, Metall, Kunststoffzeugnisse eingesammelt und Altöle und andere Flüssigkeiten separiert. Die Materialien und noch verwendbare Ersatzteile werden verkauft, die restlichen Materialien in der Regel auf Deponien abgelagert.

Um den Problemen Herr zu werden, sind in den großen Städten die Behörden dazu übergegangen, besitzerlose Kfz einzusammeln und zu speziellen Sammelplätzen zu bringen, wo sie nach zwei Monaten Wartezeit und ohne eine Meldung an den Besitzer entsorgt werden.

In den großen Städten haben sich inzwischen auch private Verwerter etabliert, die sich auf die Demontage von Katalysatoren von PS-starken Fahrzeugen und Luxuskarossen konzentrieren, da diese das größte PGM-Potenzial aufweisen (Rosinenpickerei). So sind lt. Vereinigung Automobilhersteller Russland im Bezirk Moskau rund 130 Unternehmen mit dem Altfahrzeug-Recycling beschäftigt. Nach Aussagen von Malkow (2009) wird ein Teil der gewonnenen PGM-haltigen Coats über die baltischen Staaten nach Westeuropa exportiert. EMP-Recycling (Celiapinas 2009) hat in einem Telefonat entsprechende Aktivitäten bestätigt (ohne nähere Einzelheiten darzulegen). Durch diese Aktivitäten wird aber nur ein Teil des Potenzials erfasst. Insbesondere die Kats von kleineren Fahrzeugen gelangen in die Schredderbetriebe oder im Eisenschrott und gehen damit für den PGM-Stoffkreislauf verloren.

Initiativen der Regierung der Russischen Föderation zur Veränderung der Recyclingpraxis

Inzwischen sind auf der politischen Ebene folgende Initiativen gestartet worden, um einen gesetzlichen Rahmen für die Altfahrzeugentsorgung zu schaffen.

- Mandat der Regierung der Russischen Föderation vom 28.05.2009 über die Vorbereitung eines Programms für ein Modellprojekt zur Verwertung von Kraftfahrzeugen im Zeitraum von 2010 bis 2011 unter Berücksichtigung der bestehenden Gesetzgebung;
- Die Ausarbeitung und Verabschiedung eines neuen, föderalen Rechtsrahmens für das Recycling von Altfahrzeugen in Russland, darunter auch das Gesetz „Über die Verwertung der Kraftfahrzeuge und ihrer Bestandteile“; ähnlich wie in Deutschland wird von einer Produktverantwortung der Hersteller ausgegangen und der Letztbesitzer nicht mit den Kosten der Entsorgung belastet.

- Die Verabschiedung des Erlasses des Präsidenten „Über die Maßnahmen der Erneuerung der Kfz-Technik in der Russischen Föderation“; Dieser Erlass bezieht sich vor allem auf die Betriebssicherheit und deren Kontrolle.

In Anbetracht der zuvor genannten Probleme (fehlende Gesetzgebung und Infrastruktur, geringes Umweltbewusstsein) wird es Jahre dauern, ein effektives und umweltchonendes Recyclingsystem aufzubauen. Die Durchsetzung der Rechtsnormen bedarf einer effektiven Umweltverwaltung und enormer Lern- und Qualifizierungsprozesse bei der ausführenden Industrie.

3.5.1.3 Produktion und Recycling von Katalysatoren

Die Analyse von Produktion und Recycling von Katalysatoren muss in Russland der Tatsache Rechnung tragen, das Russland mit einem Anteil von 44 % an der Weltförderung größter Palladiumproduzent und mit 13 % der zweitgrößte Produzent von Platin ist. Hieraus ergibt sich eine andere strategische Ausgangssituation hinsichtlich der Verfügbarkeit des primären Ausgangsmaterials und der Notwendigkeit eines verstärkten PGM-Recyclings. Das Motiv der strategischen Rohstoffsicherung spielt bei der Stoffstromsteuerung eine zentrale Rolle, der Handel mit neuen und gebrauchten Katalysatoren unterliegt daher restriktiven Handelsvorschriften. Gleichzeitig ist Russland ein wachsender Markt für die Ausstattung der Fahrzeuge mit Katalysatoren. Beider Faktoren dürften eine große Rolle gespielt haben, als sich Johnson Matthey 2008 entschieden hat, die Produktion von Katalysatoren im Rahmen eines Joint Ventures mit der JSC "Krastsvetmet" The Gulidov Krasnoyarsk Non-Ferrous Metals Plant in Russland aufzunehmen. Die größten Abnehmer dieser Produkte sollen in Russland angesiedelte Autohersteller werden. Das Unternehmen beabsichtigt, 40% des russischen Katalysatoren-Nachfrage abzudecken. Die Kapazität der Anlage beträgt bis zu 1 Mio. Katalysatoren pro Jahr. Die PGM-Rohstoffe für die Produktion werden durch die JSC «Krastsvetmet» geliefert.

Ein weiterer Hersteller von Autokatalysatoren für den russischen Markt ist die Automotive Emission Catalyst Units Production Facility. Für die Produktion werden die Rohstoffe von der JSC «Krastsvetmet» geliefert. Im Unterschied zum britischen Unternehmen werden aber auch gebrauchte Katalysatoren verwendet.

Diese Unternehmen sind als Schlüsselakteure für ein spezifisch russisches PGM-Stoffstrommanagement anzusehen. Von der nationalen Kat-Produktion geht auch eine starke Nachfrage nach sekundären PGM-Materialien aus. Aufgrund dieser Strukturen spricht vieles dafür, dass sich das sekundäre Stoffstrommanagement in Russland im Wesentlichen im nationalen Rahmen abspielen und das internationale Stoffstrommanagement eine geringere Bedeutung erlangen wird.

Recycling von Katalysatoren

Wie bereits dargestellt, ist insbesondere durch die Modernisierung des Fahrzeugbestandes der Anteil der Fahrzeuge mit Kat-Ausrüstung gestiegen. Von daher kommt der Rückgewinnung von PGM aus Autokatalysatoren eine wachsende Bedeutung zu. Der gegenwärtige Umfang des Kat-recyclings kann nicht beurteilt werden, da hierzu keinerlei statistische Angaben vorliegen.

In der Industrie existiert ein institutionalisiertes System für die sekundäre Rückgewinnung von PGM, beispielsweise für chemische Prozess-Katalysatoren, Refining – Katalysatoren, elektronischen Geräten, Schmuck, alten Thermoelementen, Tiegeln und anderen Geräten. Vor allem das russische Militär und die militärischen Zulieferindustrien besitzen großen Mengen von PGM.

Demontage und Separierung von Autokats erfolgt aufgrund fehlender Durchführungsvorschriften nach rein ökonomischen Kriterien. Die Hauptakteure der Kat-Redistribution sind private Unternehmen. So konnten beispielsweise im Bezirk Moskau 3 Unternehmen identifiziert werden, die sich auf die Entmantelung von Katalysatoren spezialisiert haben. Bisher waren die ökonomischen Anreize gering, da der PGM-gehalt der Katalysatoren niedrig war und viele Katalysatoren Beschädigungen aufwiesen. Aufgrund dessen werden auch viele Katalysatoren nicht demontiert und landen im Schredder. Ein gewisses Aufkommen resultiert auch aus dem Austausch defekter Katalysatoren.

Ein Schlüsselakteur im Bereich der PGM-Verwertung aus Autokats ist die Firma Interpolihim. Der Unternehmensstandort befindet sich in der Region Moskau. Die gebrauchten Katalysatoren werden von Werkstätten und Entsorgungsunternehmen aufgekauft und zum Unternehmen gebracht. Interpolihim verfügt über eine eigene Anlage für die Rückgewinnung von PGM aus gebrauchten Katalysatoren. Die Technologien für die PGM-Rückgewinnung sind hydro- und pyrometallurgische Verfahren, Elektrolyse und Sorption.

Seit der Inbetriebnahme (2005-2008) wurden 700 kg PGM aus verschiedenen Quellen zurück gewonnen.

Für das Jahr 2008 wurden für den Kat-bereich folgende Zahlen genannt:

- Gekaufte Katalysatoren – 25 t;
- Zurückgewonnene PGM – 50,2 kg: Pt – 20 kg, Pd – 28 kg, Rh – 3 kg.
- Durchschnittsgehalt von PGM für 1 kg Kat beträgt 4g.

Geografisch gesehen erstreckt sich das Einzugsgebiet der Firma auf das gesamte ehemalige Territorium der UDSSR. Die wichtigsten Märkte sind Russland (Wladiwostok, Nowosibirsk, Rostow, St. Petersburg, Moskau) und seine Nachbarländer – Belarus, Ukraine, Kirgisien und Kasachstan. Die Firma steht in Konkurrenz zu allen Edelmetallhüttenwerken – wie z.B. Joint Stock Company Ural Electrochemical Integrated

Plant (UEIP) – die auch prinzipiell in der Lage sind aufbereitetes sekundäres PGM zu verarbeiten.

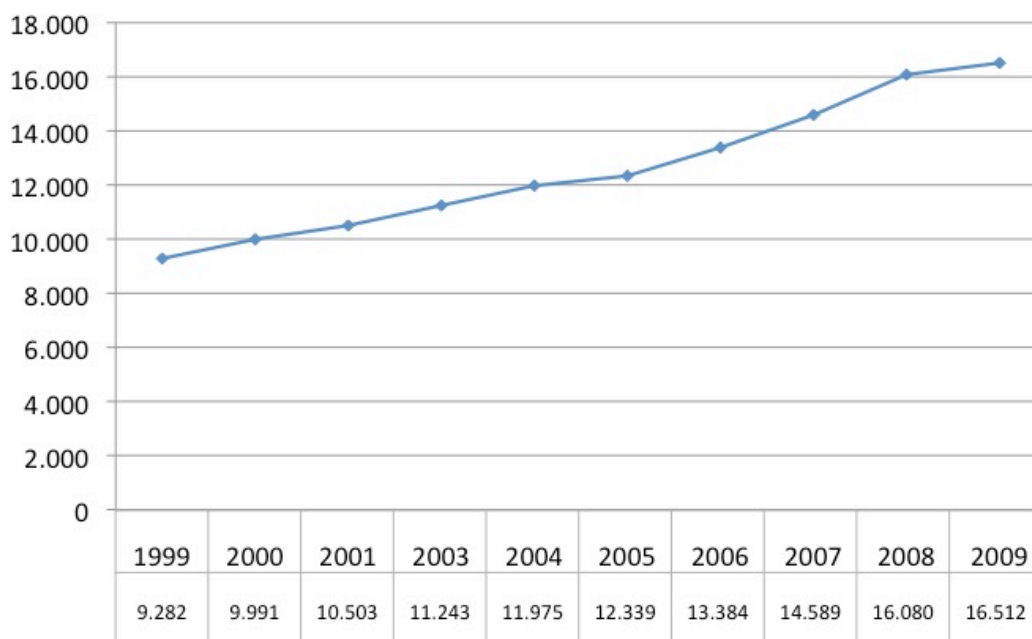
Die rückgewonnenen PGM-Materialien verbleiben größtenteils in Russland, da der Handel und die Ausfuhr von PGM erheblichen Restriktionen unterliegt (wie generell der Handel mit Edelmetallen).

3.5.2 Polen

3.5.2.1 Fahrzeugbestand

Der Fahrzeugbestand Polens ist seit 1999 kontinuierlich gestiegen und hat sich seitdem nahezu verdoppelt.

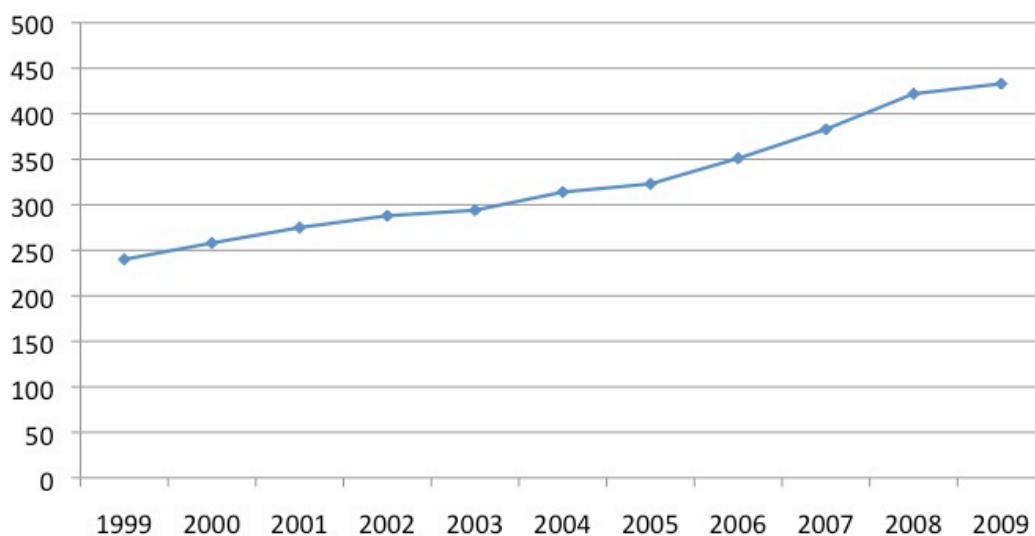
Abb. 19: Entwicklung des Fahrzeugbestandes (Pkw) in Polen (in 1000 Einheiten)



Quelle: Eigene Darstellung nach Database of Central Statistical Office, Warsaw., Anfac 2010, Website Eurostat

In Polen hatte im Jahr 2009 bei einer Bevölkerungszahl von knapp 40 Mio. fast jeder zweite Einwohner ein Auto (433 Pkw pro 1.000 Einwohner) (Abb. 20).

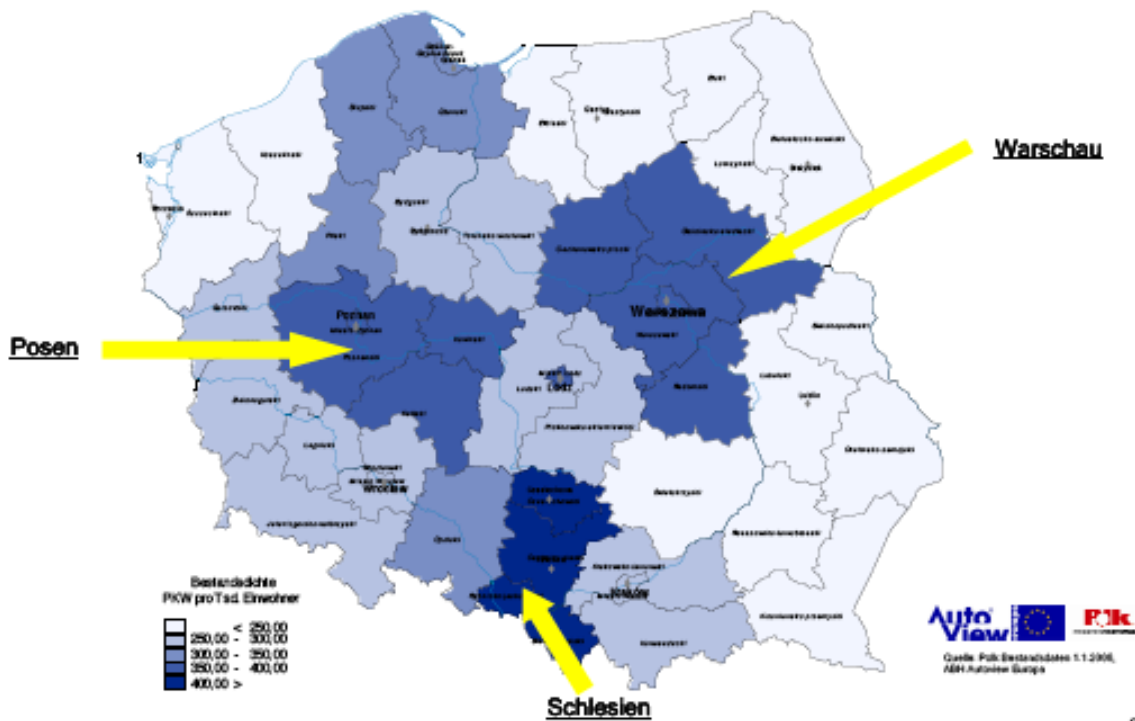
Abb. 20: Fahrzeugbestand (Pkw) pro 1000 Einwohner in Polen



Quelle: Eigene Darstellung nach Website Eurostat

Die räumliche Verteilung des Fahrzeugbestandes ist allerdings sehr unterschiedlich, wie die nachfolgende Abb. zeigt. Die regionalen Unterschiede wirken sich auch auf die Altfahrzeugverwertung aus. In Regionen, in denen eine hohe Bestandsdichte existiert, besteht auch ein höherer Bedarf an entsprechenden Entsorgungskapazitäten.

Abb. 21: Regionale Unterschiede in der Pkw-Bestandsdichte in Polen

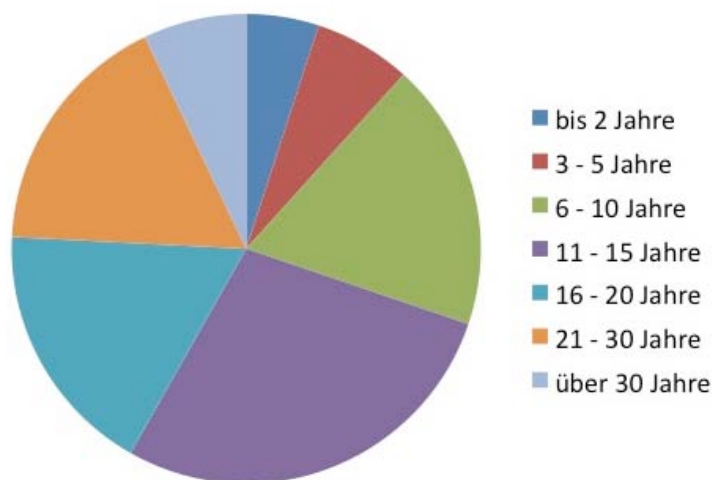


Quelle: abh 2007, S. 11

Mehr als 40 % aller Fahrzeuge sind älter als 15 Jahre (Abb. 22). Die Struktur des Fahrzeugbestandes ist im Vergleich mit Deutschland deutlich überaltert.

Der Anteil von Dieselfahrzeugen erhöht sich mit jedem Jahr.

Abb. 22: Altersstruktur von Pkw in Polen in 2009

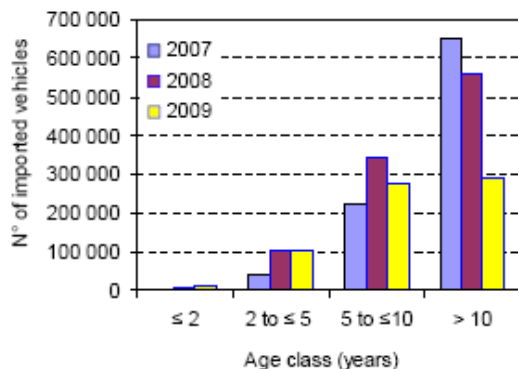


Quelle: Eigene Darstellung nach Central Statistical Office Poland 2010: 136

Aufgrund der starken Überalterung des Fahrzeugbestandes gibt es noch einen erheblichen Anteil von Fahrzeugen, die nicht mit einem Katalysator ausgestattet sind. Erfolgt eine sukzessive Entsorgung der Fahrzeuge entsprechend der Altersstruktur, so ergeben sich in Polen zunächst geringere PGM-Potenziale, die zu erschließen wären, als dies bei jüngeren Beständen der Fall wäre.

Durch die Gebrauchtwagenimporte aus Westeuropa und Deutschland wird die Vergütung des Fahrzeugbestands verlangsamt. So waren nach Angaben von abl (2007) 56 % der eingeführten VW-Fahrzeuge älter als 10 Jahre. VW und Opel sind die Marken, die nach Polen am häufigsten eingeführt werden (vgl. ebd.). Allerdings gibt es einen Trend zur deutlichen Verjüngung dieser Importe, wie die nachfolgenden Abb. zeigt.

Abb. 23: Altersstruktur der nach Polen importierten Fahrzeugen, 2007 bis 2009



Quelle: Mehlhart et al. 2011

Die in Polen wieder angemeldeten Fahrzeuge aus Importen umfassen folgende Anteile bei den Neuregistrierungen der Fahrzeuge (Tab. 14).

Tab. 14: Aus Deutschland exportierte und in Polen wieder zugelassene Fahrzeuge und ihr Anteil an den Neuregistrierungen

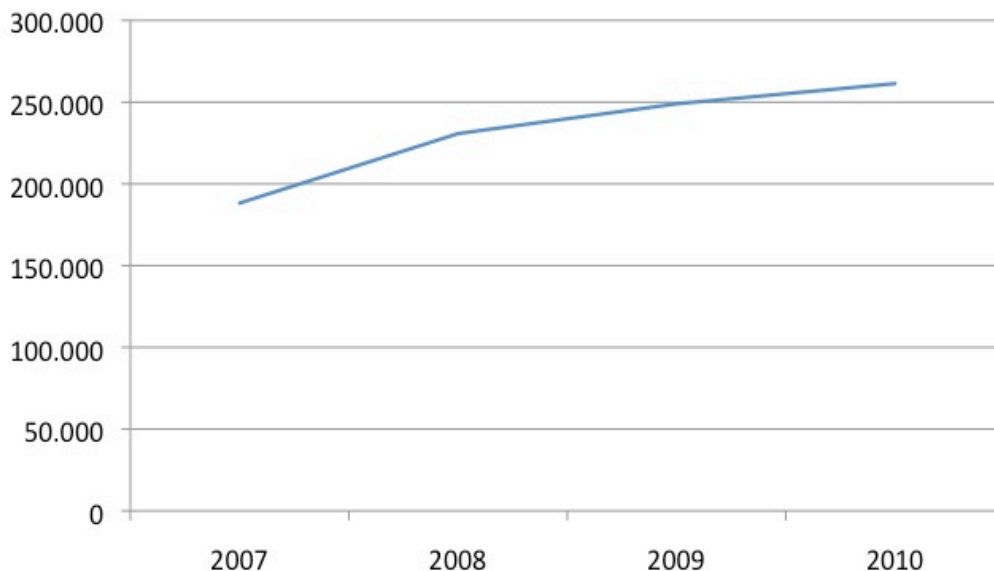
	2006	2007	2008	2009
Zugelassene Importfahrzeuge	638.581	716.409	702.030	425.686
Neuregistrierungen (gesamt)	923.783	1.128.684	1.280.633	864.295
Anteil der Importfahrzeuge an den Neuregistrierungen in Prozent	69,13	63,47	54,82	49,25

Quelle: KBA Jahresberichte 2007, 2008, 2009, 2010; Website Eurostat; eigene Berechnungen

Es ist zu erkennen, dass die Bedeutung der Importe für den Fahrzeugbestand tendenziell abnimmt und in 2009 aber immerhin noch die Hälfte der neu zugelassenen Fahrzeuge umfasst. Auch wenn die Importe viele Fahrzeuge umfassen, die älter als 10 Jahre sind, so sind diese jedoch mit einem Katalysator ausgerüstet. Durch die lange Nutzungsdauer kann jedoch die Funktion des Katalysators beeinträchtigt werden.

Die Fahrzeuglösungen sind ein Indikator für das mögliche Entsorgungsvolumen in der Altfahrzeugverwertung. Aufgrund der in der Abb. 22 dargestellten Werte wird deutlich, dass hier in Zukunft zusätzliche Kapazitäten aufgebaut werden müssen.

Abb. 24: Anzahl abgemeldeter Fahrzeuge im Jahr



Quelle: CEPIK, 28.03.2011

Im Vergleich der Neuregistrierungen mit den Abmeldungen ist zu erkennen, dass sich das Wachstum des Bestandes abschwächt. Über die Zusammensetzung der Abmeldungen liegen keine Informationen vor.

3.5.2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen Altfahrzeug-Recycling/PGM-Rückgewinnung

In Polen wurde die Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG durch mehrere Verordnungen und Gesetze umgesetzt:

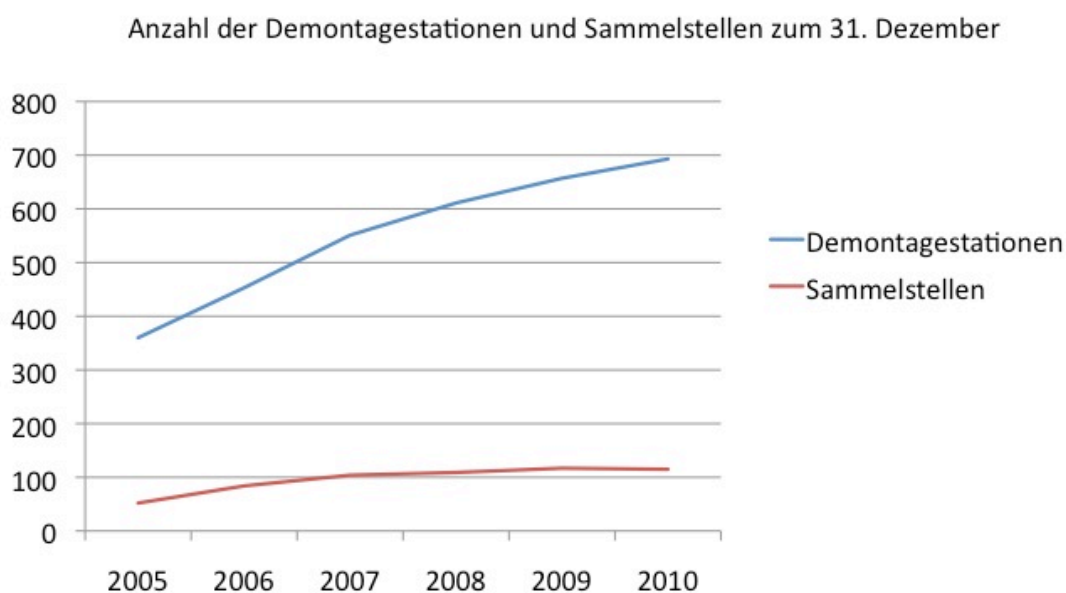
- Decree of 27th April 2001 on waste
- Decree No. 25/202 of 2005 on the recycling of ELV
- Decree No. 143/1206 of 2005 on the collection of ELV
- Decree No. 2/9 of 2006 on material coding standards

Die wichtigste Grundlage für die Umsetzung der EU-Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG in das polnische Rechtssystem ist das "Gesetz über das End-of-Life Vehicles Recycling" von 2005.²⁴ Durch dieses Gesetz sind die Unternehmen, die Entsorgungs- und Recycling-Dienstleistungen bereitstellen, seit dem 1. Juli 2005 verpflichtet, eine Ge-

²⁴ End-of life vehicles, http://www.mos.gov.pl/kategoria/2209_end_of_life_vehicles/, 26.10.2009

nehmigung für ihre Tätigkeit einzuholen. Die Genehmigung wird von der Abteilung für Umwelt und Landwirtschaft der jeweiligen Woiwodschaft erteilt (Regionalverwaltung). Die Gesetzgebung erlaubt zusätzlich zu den Demontage-Stationen die Einrichtung von Altfahrzeug-Annahmestellen (durch den Handel). Die Anzahl beider Einrichtungen haben in den letzten Jahren zugenommen (Abb. 25).

Abb. 25: Anzahl der Demontagestationen und Sammelstellen zum 31. Dezember



Quelle: FORS, 14.03.2011

Nach der polnischen Gesetzgebung soll der Katalysator bei der Altfahrzeug-Entsorgung demontiert und das Katalysatorgewicht und das Altfahrzeuggewicht dokumentiert werden.

Die polnische Gesetzgebung sieht des Weiteren vor, dass auf dem polnischen Markt Fahrzeugteile, die vor dem 1. Juli 2003 hergestellt wurden, aufgrund der Schwermetallbelastung nicht gehandelt werden dürfen (CBI, 2007). In Polen gibt es keine eigene Gesetzgebung für die Katalysatorenbehandlung. Allerdings fallen die Katalysatoren unter die Regelungen der allgemeinen Abfallwirtschaft und des Altfahrzeug-Recyclings.

Zur Modernisierung des Altfahrzeugrecyclings gewährt der Nationale Fond für Umweltschutz und Wasserwirtschaft in Polen Vorzugskredite und Zuwendungen an Firmen, die sich mit Fahrzeugrecycling beschäftigen.

Branchenvertreter beklagten in der Vergangenheit öffentlich die Zweckentfremdung dieser Mittel für internationale Umweltkonferenzen.²⁵

Auf der Homepage der FORS sind die staatlichen Zuwendungen für Betriebe und Kommunen, die sich mit der Altfahrzeugentsorgung befassen, wie folgt aufgeführt.

Tab. 15: Auszahlungen aus dem "National Fund for Environmental Protection and Water Management " an Unternehmen und Kommunen

	2005	2006	2007	2008	2009
Anzahl der Betriebe	86	240	394	458	522
Anzahl der Betriebe mit Zuschuss	77	252	249	429	k.A.
Ausgezählte Beträge Betriebe (tsd. Zloty)	13 657	32472	35286	52014	72427
Ausgezählte Beträge Kommunen (tsd. Zloty)	1 142	5810	2996	2711	2600

Quelle: http://fors.pl/pliki/kwoty_doplaty.pdf, eigene Übersetzung und tabellarische Gestaltung

Beim Vergleich der Jahreswerte von 2005 bis 2009 wird deutlich, dass Umfang und Breite der Auszahlungen erheblich zugenommen haben.²⁶ Durch dieses Anreizsystem hat sich innerhalb von wenigen Jahren die Anzahl der Betriebe, welche Zahlungen erhalten versechsfacht, entsprechend steigern sich die ausgezahlten Summen.

Die Gesamtsituation des Fahrzeugrecyclings in Polen wird auch im "National Waste Management Plan" für das Jahr 2010 angesprochen²⁷. Hier identifiziert die polnische Regierung folgende Probleme im Bereich Altfahrzeug-Recycling:

- unzuverlässige und unvollständige Daten bei der Erfassung des nationalen Fahrzeugbestands in einem zentralen Register;
- Fehlen von zuverlässigen Daten über die Menge von demontierten Fahrzeugen trotz der Arbeit von Inventory of Vehicles and Drivers (CEPiK);
- Noch lückenhaftes Annahmestellennetzwerk für ELV
- Die hohe Anzahl von importierten gebrauchten Fahrzeugen, die sich in einem schlechten Zustand befinden

²⁵ Polish government takes over funds raised for car recycling <http://business.export.by/en/?act=news&mode=view&page=9&id=2104>, 7-07-2008

²⁶ Dies deutet auch auf eine Verbesserung der gesamten Entsorgungsinfrastruktur für Altfahrzeuge hin. Mit der Registrierung der Unternehmen im Fonds sind die grauen Märkte erheblich kleiner geworden. Der Zuschuss ist an Mengenangaben bezüglich der Anzahl der entsorgten Fahrzeuge geknüpft.

²⁷ The 2010 National Waste Management Plan, download http://www.mos.gov.pl/kategoria/2208_the_2010_national_waste_management_plan/31.09.2009

Es wird deutlich, dass die früheren Defizite in der Entsorgung hier keine Erwähnung mehr finden (siehe auch nachfolgendes Kapitel).

Seit der Veröffentlichung des Planes wurden weitere rechtliche Regelungen verabschiedet, um die Situation in Polen zu verbessern. Bisher haben sich die Autohersteller nur in geringem Maße an dem Ausbau des Recyclingnetzwerkes beteiligt. Somit ist der Grundgedanke der Produzentenverantwortung noch schwach entwickelt.

3.5.2.3 Recyclingpraxis

Die Recyclingpraxis entspricht auch heute noch nicht den gesetzlichen Vorgaben. FORS schätzt (Rzeczpospolita online, 3.3.2010), dass von den ca. 800 Demontagefirmen und Annahmestellen immer noch die Hälfte illegale Entsorgung betreibt. Ein Grund dafür sei, dass die entstehenden Kosten nicht durch die staatlichen Zuschüsse abgedeckt werden. Illegal bedeutet in diesem Fall auch, dass die getätigten Umsätze nicht den Steuerbehörden gemeldet werden. Aufgrund dessen spiegeln die offiziellen Statistiken auch nur einen Teil der Realität wieder.

Nach Angaben von Eurostat, die auf Meldungen der Mitgliedstaaten basieren, wurden in Polen im Jahr 2007 171.000 Altfahrzeuge entsorgt, von denen ein Massenanteil von 77 % verwertet wurde (Tab. 16).

Tab. 16: Eckdaten des Altfahrzeugenfalls und der –verwertung in Polen, 2006 und 2007

	Anzahl Altfahrzeuge	Quote für Wiederverwendung und Recycling	Quote für Wiederverwendung und Verwertung
2006	150.987	84,7 %	85,8 %
2007	171.258	72,8 %	77,0 %

Quelle: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>, Excel Dateien

Diesen Zahlen bieten nur ein Teil der Realität ab, da hier nur die Altfahrzeuge erfasst werden die legal entsorgt werden. Die Dunkelziffer dürfte in diesen Jahren bei mehr als 50 % liegen- Da gleichzeitig auch noch Mängel der Fahrzeugregistrierung existieren und der Anteil alter gebrauchter Fahrzeuge, die dann wiederum in den Export gehen nicht bekannt ist, existieren zur Bewertung der Situation erhebliche Informationslücken.

Aus diesen Werten können noch keine Rückschlüsse zum Kat-Recycling geschlossen werden, da die Zusammensetzung der entsorgten Fahrzeuge und ihr Alter nicht bekannt sind.

Verwertung von Autokatalysatoren

Die Demontage der Katalysatoren steht im Zusammenhang mit der Altfahrzeugbehandlung. Bisher wird aber der weitere Verwertungspfad nicht explizit geregelt. Auch besteht in den Betrieben nur eine unzureichende Kenntnis über die Entwicklung der Katalysator-Technik. Es gibt daher Bedarf hinsichtlich eines Wissenstransfers über die richtige Demontage und technische Behandlung von Katalysatoren aus Altfahrzeugen.

Mehrere Unternehmen – Zwischenhändler – kaufen und sammeln die Katalysatoren und verkaufen sie dann für die weitere Verwertung an Unternehmen im Ausland, die über eine Edelmetallaufbereitung verfügen (Lewicki 2008, Izdebski, 2009; Fornalczyk, M.; Saturnus M., 2008). “At present in Poland there is no plant where PGM can be recovered. The used auto catalytic converters are purchased, collected and then imported to other countries especially Germany” (Fornalczyk, M., Saturnus M., 2008). Für den grenzüberschreitenden Transport wird eine kostenpflichtige Genehmigung benötigt, allerdings werden die hiermit verbundene Stoffströme nicht erfasst, die Ermittlung einer Recyclingquote auf dieser Basis nicht möglich.

Nach Einschätzung des FORS-Vertreters auf dem Projekt-Workshop in Berlin, wird das Recycling von gebrauchten Katalysatoren sich in dem Maße verbessern, wie das Qualitätsniveau des Fahrzeugrecyclings insgesamt angehoben wird. Voraussetzung hierfür sei, dass die Auszahlungen aus dem Fond an Qualitätssicherungsmaßnahmen und Einhaltung der Umweltauflagen gebunden würden (und nicht nur mengenbezogen erfolgen).

3.5.2.4 Relevante Akteure

Zu den staatlichen Akteuren im Bereich Autorecycling in Polen gehört vor allem das Chief Inspectorate of Environmental Protection/ G!ówny Inspektorat Ochrony "rodowiska". Das Hauptziel der Inspektion ist ein besserer Vollzug der Umweltgesetzgebung. Weitere wichtige staatliche Akteure sind das Ministerium für Umwelt und das Ministerium für Wirtschaft. In der Umsetzung und Kontrolle kommt den dezentralen Behörden in den Woiwodschaften eine zentrale Rolle zu.

Die staatlich anerkannten Altfahrzeug-Verwertungs-Betriebe haben sich mehrheitlich im "Polish Car Recycling Forum" (FORS) zusammengeschlossen. Dieser Verband wurde im Jahr 1998 auf Initiative der Mitarbeiter des „Industrial Research Institute for Automation and Measurements“ (PIAP) ins Leben gerufen. Die Mitglieder des Verbandes sind Unternehmer von Demontagebetrieben, Sammelpunkten und Schredderanlagen, aber auch Professoren und Wissenschaftler diverser Universitäten und Institute in Polen.

Heute ist FORS ein landesweiter Verband der Recyclingunternehmen, die sich mit der Altfahrzeugentsorgung befassen. Er hat immer wieder Vorschläge zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Entsorgungssystems unterbreitet.

3.5.3 Baltische Länder

3.5.3.1 Fahrzeugbestand

Die Fahrzeugdichte pro 1.000 Einwohner in den drei baltischen Ländern beträgt durchschnittlich 437 Pkws.

Tab. 17: Fahrzeugbestand in baltischen Ländern in 2009

Land	Fahrzeugbestand	Pro 1000 Einwohner
Lettland	905 000	400
Estland	545 600	407
Litauen	1 695 000	506

Quelle: Website Eurostat

3.5.3.2 Rahmenbedingungen ELV-Recycling/PGM-Rückgewinnung

Bezogen auf das Altfahrzeug-Recycling sind die drei baltischen Länder Lettland, Litauen und Estland auf einem ähnlichen Niveau der Entwicklung. Behörden und Ministerien haben die Gesetzgebung für die Umsetzung der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG abgeschlossen.

Im Einzelnen stellt sich dies wie folgt dar:

Lettland – die Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG wurde durch mehrere Gesetze einschließlich des Gesetzes „End-of-life Vehicles Management“ vom 22. Dezember 2004 umgesetzt (Website CBI a).

Litauen – die Richtlinie trat im Jahr 2003 in Kraft und wurde definitiv durch die Verordnung No. V-292 von 6. Februar 2006 bekräftigt (Original title: Dėl Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2002 m. gegužės 27 d. įsakymu Nr. 239 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 36:2002 „Draudžiamos ir ribojamos medžiagos“ patvirtinimo“ pakeitimo - 2006 m. vasario 6 d. Nr. V-292) (Website CBI b).

Estland – die Gesetzgebung für die Umsetzung der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG ist seit dem Jahr 2004 in Kraft (Website Waste Department Ministry of the Environment):

- Estonian Waste Act 2004 - enthält einen generellen Verweis auf die Produktverantwortung der Hersteller

- Regulation of the Government of the Republic (No 352, 13th December 2004) regelt die Anforderungen für Sammlung, Rücknahme, Wiederverwendung und Behandlung von Altfahrzeugen und Ersatzteilen.
- Regulation of the Minister of the Environment (No 89, 8th July 2004), ist eine Durchführungsverordnung für die Altfahrzeugentsorgung (Website CBI c).

3.5.3.3 Recyclingpraxis

Nach Angaben von Eurostat, die auf Meldungen der Mitgliedstaaten basieren, wurden in den baltischen Staaten im Jahr 2007 je zwischen 12.000 und 16.000 Altfahrzeuge entsorgt, siehe Tab. 18.

Tab. 18 Eckdaten der Altfahrzeugverwertung in den baltischen Staaten 2008

	Anzahl Fahrzeug- Abmeldungen 2007	Anzahl Alt- fahrzeuge	Anzahl zertifizier- ter Verwertungs- anlagen	Recycling- quote	Verwer- tungs- quote
Estland		13 843	25	92 %	93 %
Lettland	Max. 18 124	10 968		87 %	89 %
Litauen		19 534	166	85 %	85 %

Quelle für die 3., 5. und 6. Spalte: Website Eurostat

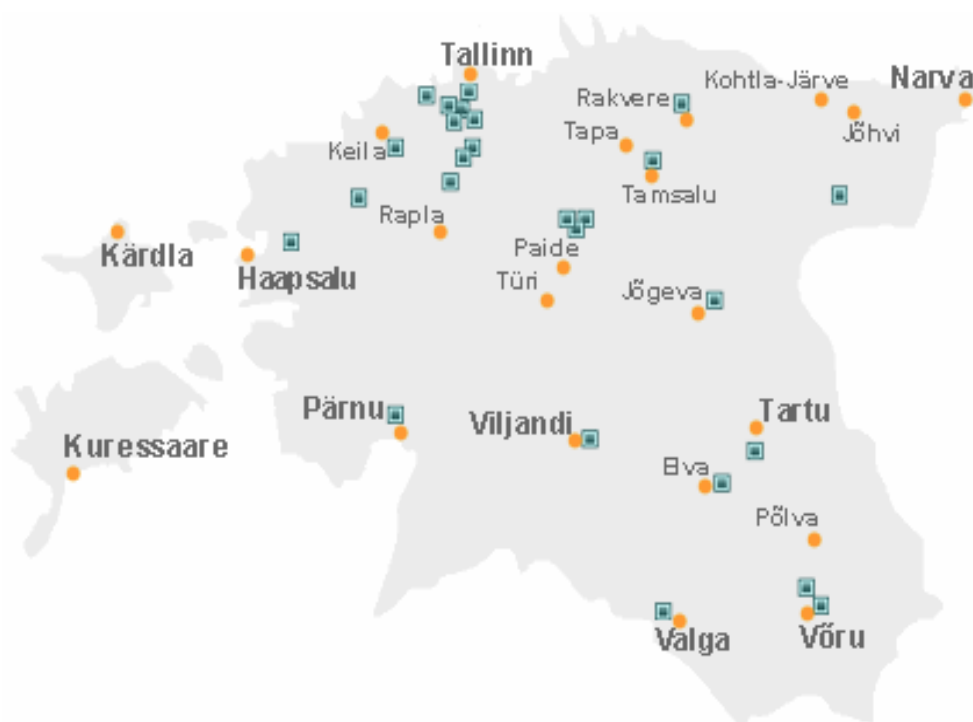
Das ELV- Managementsystem ist in den drei Ländern sehr ähnlich. Die Hersteller sind verpflichtet, die Sammlung und Behandlung von ELV und deren Ersatzteilen zu organisieren. Die Kosten für die Rücknahme, Wiederverwendung und Entsorgung der Altfahrzeuge sollen durch die Hersteller gedeckt werden.

Lettland. Laut der offiziellen Statistik wurden in Lettland im Jahr 2007 18.124 Fahrzeuge abgemeldet. Über 65,5% der Fahrzeuge wurden bei den offiziell zertifizierten Recycling Unternehmen verwertet (Daten von 34 ELV Unternehmen). Die Kfz-Teile (darunter auch die Katalysatoren) werden nach der Demontage nach Westeuropa exportiert (Celiapinas 2009).

Litauen. Derzeit gibt es 166 Annahmestellen (21 Stellen pro 100.000 Einwohner) (EMP 2009). Die Struktur der demontierten Fahrzeuge zeigt, dass 25% der Altfahrzeuge aus Litauen kommen und 75% nur für die Demontage nach Litauen aus den angrenzenden Ländern importiert werden. Die Exporte der Altfahrzeuge kommen aus allen angrenzenden Staaten, auch aus Russland. Hier wirken noch die alten Industriestrukturen der ehemaligen Sowjetunion.

Estland. Das Recycling-System besteht aus nur 25 offiziell registrierten Demontagebetrieben (Report of the Member States on the transposition and implementation of Directive 2000/53/EC on end-of-life Vehicles). Die Unternehmen sind die Mitglieder von "Estonian Association of Automotive Recycling Companies"²⁸.

Abb. 26: Standort der Altfahrzeug-Demontage-Stationen in Estland, Stand: 2006



Quelle: Website Ministry of the Environment Estonia

Nur einige der industriellen Abfallbehandlungsanlagen arbeiten auch im Bereich der Demontage von Altfahrzeugen, um sich beispielsweise Altölen zu widmen. Der Besitzer des Altfahrzeuges erhält, nachdem er sein Altfahrzeug zur Werkstatt gebracht hat, einen Verwertungsnachweis, COD (Certificate of destruction). Nach der Entfernung aller Flüssigkeiten und dem Ausbau wieder verwendbarer Teile wird das Altfahrzeug in der Schredder-Anlage behandelt. Alle Metalle werden entfernt, Eisen und NE-Metalle getrennt. Alle Flüssigkeiten werden im Zementofen verbrannt.

Eine große Schredderanlage wird von dem Unternehmen Kuusakoski AG²⁹ betrieben (mit dem ehemaligen Namen EMEX in Estland). Es ist das größte Metall-Recycling-

²⁸ <http://www.elv.ee/>

²⁹ <http://www.kuusakoski.com/>

Unternehmen in Estland und in der baltischen Region. Die Kuusakoski AG gehört zur Gruppe der Kuusakoski OY mit dem Hauptfirmensitz in Finnland.

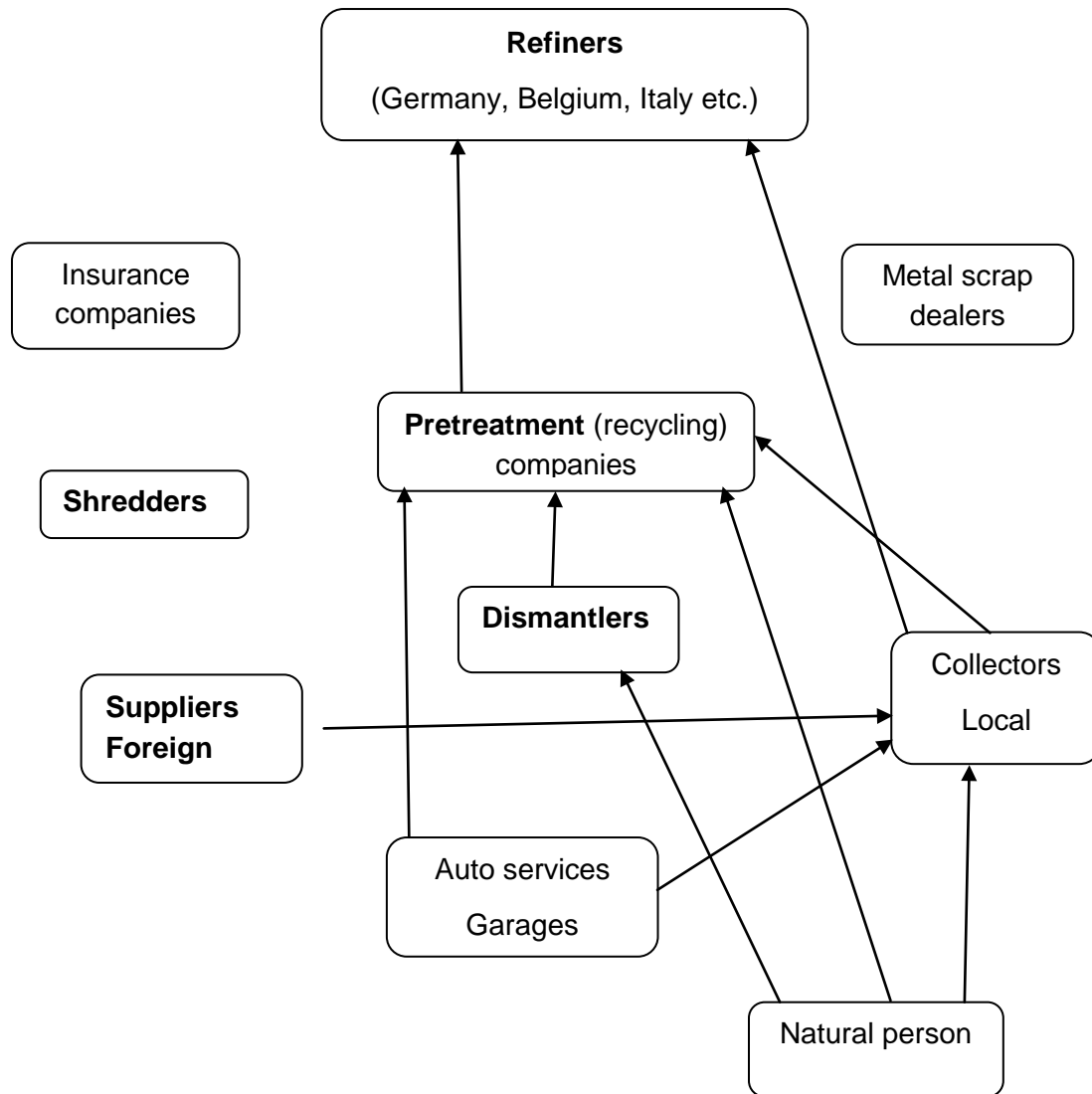
Die Sammelpunkte von Altfahrzeugen sollen so organisiert werden, dass der Besitzer die Möglichkeit hätte das Altfahrzeug nicht weiter als 50 km von dem Wohnort abzugeben. Die Herstellerverantwortung ist am 1. Januar 2006 in Kraft getreten.

Derzeit gibt es keine Regelungen für die Importeure und Hersteller, wie sie ihre Verpflichtungen im Rahmen der Gesetze erfüllen. Das System für die Finanzierung der Altfahrzeug-ELV Behandlung ist bereits konzipiert. Problematisch ist, dass die Entwicklung eines Systems von der Organisation und Zusammenarbeit zwischen den Herstellern abhängt und diese schwer zu koordinieren ist (Website ETC/RWM).

Recycling von Katalysatoren

Das Recycling von Altkatalysatoren findet in den baltischen Ländern nicht komplett statt, da keine Refining-Anlagen für die PGM-Rückgewinnung existieren. In den baltischen Ländern konzentrieren sich die Aktivitäten auf die Sammlung. In der Abb. 21 wird die Handelskette von Altkatalysatoren auf dem baltischen Markt dargestellt. In den baltischen Ländern ist das Recycling von Altkatalysatoren eine vom Altfahrzeug-Recycling unabhängige Branche (Interview EMP, 2009). Die Altkatalysatoren werden von privaten Unternehmen gesammelt (Service-Stationen/Demontage, Autoschrottplätze, Werkstätten, private Personen) und nach dem Trennen des Gehäuses von der Keramikwabe, dem so genannten Decanning, für das Refining ins Ausland verkauft. UAB „EMP Recycling“, ist das größte PGM-Recyclingunternehmen in dieser Region, das die Altkatalysatoren sowohl in den baltischen Ländern Lettland, Litauen und Estland als auch in Polen und Kasachstan sammelt. Das Problem ist, dass die meisten Gebrauchtfahrzeuge, die über das Baltikum importiert werden, keinen Katalysator mehr beinhalten. Die Katalysatoren werden von Zwischenhändlern ausmontiert, wodurch die Gebrauchtwagen ohne Katalysator in den Wiederverkauf nach Russland und den mittelasiatischen Raum gelangen.

Abb. 27: Handelskette von Altkatalysatoren auf dem baltischen Markt



Quelle: UAB „EMP Recycling“, 2009

3.5.3.4 Relevante Akteure

Administrative bzw. staatliche Akteure sind für die Gesetzesentwicklung und den Vollzug zuständig. Hierzu gehören:

Letland

Die „Latvian Environmental Protection Fund Administration“ ist eine Institution unter der direkten Kontrolle des Ministers für Umwelt;

Der Fond für Umweltschutz sammelt die Gebühren für die Entwicklung der Recycling Infrastruktur;

Die „Latvian Environmental Agency“ agiert als Monitoring Institut, das die Information der Demontageunternehmen sammelt und die Berichterstattung zur Altfahrzeug-Richtlinie an die europäische Kommission übernimmt;

„Regional Environmental Boards“: Regionale Umweltbehörden, die Genehmigungen erteilen und auch eine Überprüfung der Marktteilnehmer durchführen und die Altfahrzeugverwertungsbetriebe überwachen;

Das Transportministerium ist für die Registrierung/Deregistrierung verantwortlich.

Estland

Das Waste Department des Ministry of the Environment regelt die Vorschriften für das Recycling von Altfahrzeugen in Estland und implementiert die Vorschriften der EU in estnisches Recht. Außerdem vergibt es Lizenzen für die Demontage an estnische Unternehmen (vgl. Website Ministry of the Environment Estonia).

Litauen

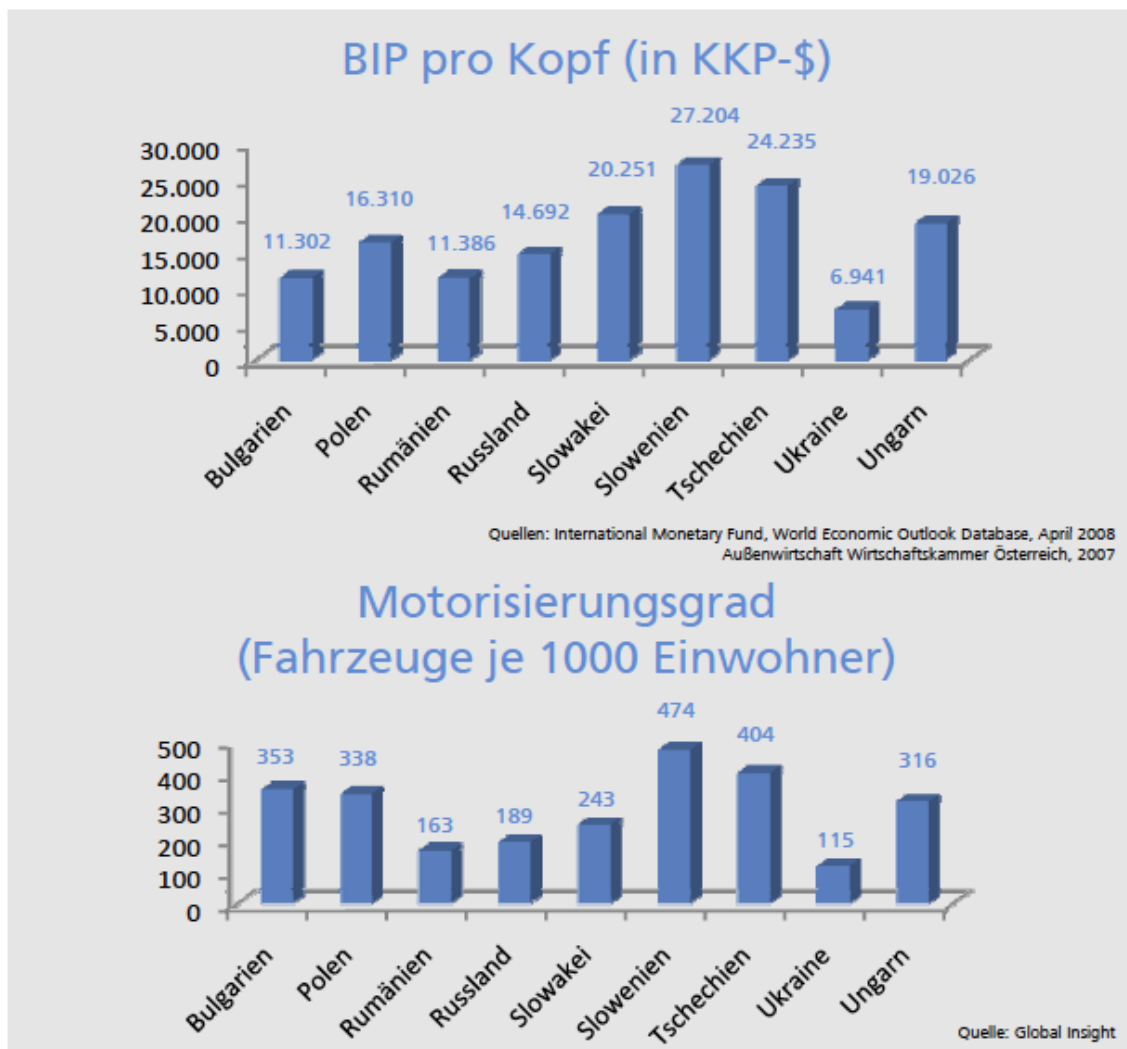
Auch in Litauen regelt das Ministry of the Environment alle Belange des Recyclings von Altfahrzeugen und setzt die EU-Vorschriften, die seit Litauens Beitritt in die EU im Jahr 2004 gelten, in Länderrecht um. (vgl. Website Eionet)

UAB „EMP Recycling“ mit dem Hauptsitz in Vilnius, der Hauptstadt Litauens, hat auch Annahmestellen in Lettland, Estland und Polen. Die wichtigsten Aktivitäten von EMP Recycling umfassen Einkauf, Sammlung, Verwertung und Verkauf von sekundären PGM-Rohstoffen. Nach Angaben von EMP wurden im Jahr 2006 EMP 233 t Katalysatoren verwertet. (vgl. Website EMP)

3.5.4 Abschätzung der zukünftigen Wachstumspotenziale in ausgewählten osteuropäischen Ländern

Zur Abschätzung der Wachstumspotenziale sollen zunächst weitere osteuropäische Länder betrachtet werden (vgl. zu den nachfolgenden Angaben Wolk 2009). Ein wichtiger Wachstumsindikator ist die Pkw-Dichte pro Einwohner. In den „alten“ EU Mitgliedsländern (Beitritt vor dem Jahr 2004) haben von 1.000 Einwohnern 504 einen Pkw. Auf 1.000 Einwohner der „neuen“ EU-Mitgliedsstaaten kommen derzeit jedoch nur 322 Pkw. Der Unterschied zu Russland (19,5% der gesamten europäischen Bevölkerung und 10,2 % des gesamten europäischen Pkw-Bestand) ist noch drastischer. Hier kommen auf 1.000 Einwohner nur 198 Pkw. Nachfolgend wird der Zusammenhang zwischen dem BIP/Kaufkraft pro Einwohner und dem Motorisierungsgrad für ausgewählte Länder dargestellt.

Abb. 28: Zusammenhang zwischen BIP und Fahrzeugdichte pro Einwohner



Quelle: Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement 2009, Folie 14

Im oberen Teil der Abbildung ist die Kaufkraft der Einwohner (gemessen in Kaufkraftparität) abgebildet. Diese entwickelt sich in allen diesen Ländern dynamischer als im EU27-Durchschnitt. Der Motorisierungsgrad ist in Bulgarien auffällig hoch, die geringste Dichte an Autos weisen Russland, Rumänien und die Ukraine auf. Auch diese ländervergleichende Betrachtung bestätigt noch einmal die enorme Bedeutung des russischen Marktes. Der russische Absatzmarkt weist ein enormes Potenzial auf. 60% der Neuwagenverkäufe die untersuchten Länder finden in Russland statt (vgl. ebd.).

Wachstum und Modernisierung des Pkw-Bestandes sind damit Bestandteile des langfristig zu erwarteten wirtschaftlichen Aufschwungs in diesen Ländern. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten 10 Jahren sich die PKW-Dichte schrittweise an Westeuropa-

angleichen wird. Dies wird in diesen Ländern neben einer Verjüngung des Bestandes, einer Veränderung der Markenzusammensetzung auch zu einem deutlichen Wachstum des PGM-Recyclingpotentials (siehe nachfolgendes Kapitel), da immer mehr Fahrzeuge mit Katalysator ausgestattet sind und immer aufwändigere Abgasreinigungssysteme zum Einsatz kommen.

Die größten PGM Verluste drohen, wenn ein starkes Wachstum des Fahrzeugbestands vorliegt und es gleichzeitig an den wichtigsten Rahmenbedingungen für ein geordnetes Recycling der Altfahrzeuge fehlt. Insofern sind Russland und die Ukraine als Hot-Spots anzusehen, auf die sich die Anstrengungen zur Verbesserung eines internationalen Stoffstrommanagements konzentrieren sollten.

Erste Schlussfolgerung: Alle hier betrachteten Länder haben einen hohen Bedarf an Unterstützung aus Ländern, die bereits über einen entwickelten Rahmen zur Kontrolle der Recyclingpraxis verfügen, insbesondere was die Umsetzung der Altfahrzeug-Richtlinie betrifft. Gleichzeitig sind verbesserte Monitoringinstrumente zu entwickeln, um die mit den Abgaskatalysatoren verbundenen Stoffströme besser zu erfassen. Um die aufgezeigten Probleme zu lösen, kommen gezielten Transferleistungen in den Bereichen der Stoffstromanalyse, Stoffstromsteuerung sowie der Stärkung der administrativen und technologischen Kapazitäten eine wachsende Bedeutung zu.

3.5.4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Länderstudien

Als ein Ergebnis der Länderstudien und internationaler Marktstudien kann festgehalten werden, dass die Fahrzeugbestände in den nächsten Jahren enorm ansteigen werden und gleichzeitig aufgrund der Verbesserung der Einkommensverhältnisse eine schnellere Modernisierung der Fahrzeugbestände stattfinden wird. Gleichzeitig wirkt Emissionsgesetzgebung in den neuen Beitrittsländern der EU und den ehemaligen GUS-Staaten als Treiber für eine stetig zunehmende Ausrüstung der Fahrzeugflotten mit Abgaskatalysatoren (vgl. Bloxham 2008). Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass in den untersuchten Ländern spätestens ab 2020 mehr als 90 % der Fahrzeuge mit einem Katalysator ausgestattet sein werden. Der Aufbau effektiver Recyclingstrukturen und Regeln zur technischen Überwachung der Fahrzeuge erfolgt hierzu zeitverzögert. Entscheidend ist hierbei nicht der Zeitpunkt der Etablierung der ELV-Gesetzgebung, sondern deren Umsetzung in der Praxis (Vollzug). Einen Überblick über diese Randbedingungen enthält folgende Tabelle:

Tab. 19: Einflussfaktoren auf das PGM-Potenzial als Katalysatoren

	Fahrzeugbestand 2009 (Mio.)	Fahrzeugdichte pro 1000 Ein- wohner 2009	Euro-Norm 2007	Einführung Euro-Norm V	Vollzug ELV Gesetzgebung
Polen	16,5	433	Euro IV	2009	Bis 2010 ca. 50 %
Estland	0,5	407	Euro IV	2009	Geringe Voll- zugsdefizite
Lettland	0,9	400	Euro IV	2009	Geringe Voll- zugsdefizite
Litauen	1,7	506	Euro IV	2009	Geringe Voll- zugsdefizite
Rumänien	4,5	197	Euro IV	2009	Geringe Voll- zugsdefizite
Russland	30 (2008)	213 (2008)	Euro III	2014	Kein einheitli- cher Gesetzli- cher Rahmen
Ukraine	6,43 (2007)	140 (2007)	Euro III	2014	Ohne
Kasachstan	2,18 (2007)	170 (2007)	Euro II	-	Ohne

Quelle: Wuppertal Institute, data research

Durch diese Disparitäten erhöhen sich die Verlustrisiken für die Rückgewinnung von PGM-Potenzialen, wenn keine systematische Erfassung der Katalysatoren in den nächsten Jahren erfolgt und es auch keine gesetzlichen Vorgaben für die Demontage und Behandlung der Katalysatoren gibt. Der mögliche Zeitkorridor für die Einführung solche Maßnahmen wäre 8 bis 10 Jahre. Als Ursache für die Platinverluste sind daher nicht die Exporte aus Deutschland und anderen westeuropäischen Ländern anzusehen, sondern die unzureichende Wartung der Fahrzeuge sowie die Betriebs- und Recyclingstandards in den Zielländern.

Vor diesem Hintergrund können gehen von den veränderten Rahmenbedingungen einer gesellschaftlichen Modernisierung Effekte auf die technischen Systeme der Fahrzeugentwicklung aus, die dann wiederum den PGM-Bestand beeinflussen. Diese modellhaften Zusammenhänge sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 20: Zusammenhänge zwischen der Entwicklung Fahrzeugflotten und dem PGM-Recycling

Veränderte Rahmenbedingungen	Wirkung auf den Fahrzeugbestand	Effekte auf die PGM-Potenziale
Allgemeine Wirtschafts- und Einkommensentwicklung	Wachstum der Fahrzeugflotte	Nach der Nutzungsphase erhöht sich der Bestand an Altfahrzeugen
Klimaschutz. Emissionsbezogene Gesetzgebung, Euro-Norm 5 für alle Fahrzeuge	Modernisierung der Fahrzeugflotten, Ausrüstung mit Katalysatoren	Erhöhung des Ausrüstungsgrades mit Katalysatoren und damit des PGM-Potenzials
Regelwerke zur technische Überwachung	Verkürzung der Nutzungsdauer	Kürzere Verweildauer des PGMs im Fahrzeugbestand
Altfahrzeug-Gesetzgebung	Bessere Erfassung und Verwertung der Altfahrzeuge	Demontage der Katalysatoren

Quelle: eigene

Diese Entwicklungsprozesse verlaufen in den untersuchten Ländern unterschiedlich. Modernisierungsfortschritte im Fahrzeugrecycling sind in Polen und den baltischen Staaten erkennbar, sie haben aber immer noch einer zu geringe Dynamik. Es wurde zwar inzwischen ein gesetzlicher Rahmen geschaffen, um die EU-Altfahrzeug-Richtlinie umzusetzen, auf der praktischen Ebene gibt es jedoch vor allem in Polen zahlreiche Vollzugsdefizite, um den westeuropäischen Standard des Altfahrzeugrecyclings zu erreichen. So steht z.B. immer noch nicht fest, wer für den Aufbau der Infrastruktur im Sinne der Produktverantwortung verantwortlich ist. In Russland steht die Entwicklung eines gesetzlichen Rahmens am Anfang, eine Umsetzung in Verwaltungsvorschriften ist noch nicht erfolgt. Auch ergibt sich ein erhebliches Niveaufälle gegenüber den ländlichen Gebieten, sowohl was die Modernisierung des Fahrzeugparks als auch was den Aufbau effizienter Recyclingstrukturen betrifft. In allen untersuchten Ländern findet das Sammeln und Recyceln der Altfahrzeuge in sog. Grauen Märkten statt, insofern gibt es auch keine statistische Erfassung der Stoffströme.

Unabhängig vom Altfahrzeug-Recycling haben sich bereits einige Unternehmen darauf spezialisiert, aus Unfallfahrzeugen und Fahrzeugen aus dem oberen Segment Katalysatoren und andere wertvolle Aggregate auszubauen und einer Verwertung oder weiteren Verwendung zuzuführen. Hierbei wird deutlich, dass von der Marktnachfrage nach sekundären PGM erhebliche Impulse ausgehen und in diesen Ländern zu rein marktorientierten Verwertungsstrukturen führen, die sich außerhalb des Abfallregimes bewegen. Aus ressourcenpolitischer Sicht tragen diese Aktivitäten dazu bei, dass Verluste minimiert werden, ob hierbei internationale Umweltstandards verletzt werden kann aufgrund fehlender Informationen nicht beurteilt werden.

Eine organisatorischen und technische Modernisierung des Altfahrzeug-Recyclings kann die systematische Erfassung gebrauchter Katalysatoren wesentlich verbessern, es treten Lerneffekte bezogen auf das Stoffstrommanagement auf, die insgesamt dazu

beitragen, dass bei den beteiligten Akteuren das Umwelt- und Ressourcenbewusstsein erhöht wird (siehe die Entwicklung des Verbandes FORS in Polen).

3.5.4.2 Abschätzung der zukünftigen Wachstumspotenziale

Zur Abschätzung der Wachstumspotenziale sollen zunächst weitere osteuropäische Länder betrachtet werden (vgl. zu den nachfolgenden Angaben Wolk 2009). Ein wichtiger Wachstumsindikator ist die Pkw-Dichte pro Einwohner. In den „alten“ EU Mitgliedsländern (Beitritt vor dem Jahr 2004) haben von 1.000 Einwohnern 504 einen Pkw. Auf 1.000 Einwohner der „neuen“ EU-Mitgliedsstaaten kommen derzeit jedoch nur 322 Pkw. Der Unterschied zu Russland (19,5% der gesamten europäischen Bevölkerung und 10,2 % des gesamten europäischen Pkw-Bestand) ist noch drastischer. Hier kommen auf 1.000 Einwohner nur 198 Pkw. Nachfolgende die Werte für weitere Osteuropäische Länder dargestellt.

Wachstum und Modernisierung des Pkw-Bestandes sind damit Bestandteile des langfristig zu erwarteten wirtschaftlichen Aufschwungs in diesen Ländern. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten 10 Jahren sich die PKW-Dichte schrittweise an Westeuropa angleichen wird. Dies wird in diesen Ländern neben einer Verjüngung des Bestandes, einer Veränderung der Markenzusammensetzung auch zu einem deutlichen Wachstum des PGM-Recyclingpotenzialen (siehe nachfolgendes Kapitel), da immer mehr Fahrzeuge mit Katalysator ausgestattet sind und immer aufwändigere Abgasreinigungssysteme zum Einsatz kommen.

Eine vergleichende Betrachtung ausgewählter Länder und der genannten Einflussfaktoren zeigt noch einmal die wesentlichen Unterschiede in der Entwicklung der Fahrzeugbestände und der Rahmenbedingungen auf.

Die größten PGM Verluste drohen, wenn ein starkes Wachstum des Fahrzeugbestands vorliegt und es gleichzeitig an den wichtigsten Rahmenbedingungen für ein geordnetes Recycling der Altfahrzeuge fehlt. Insofern sind Russland, Kasachstan und die Ukraine als Hot-Spots anzusehen, auf die sich die Anstrengungen zur Verbesserung eines internationalen Stoffstrommanagements konzentrieren sollten.

Erste Schlussfolgerung: Alle hier betrachteten Länder haben einen hohen Bedarf an Unterstützung aus Ländern, die bereits über einen entwickelten Rahmen zur Kontrolle der Recyclingpraxis verfügen, insbesondere was die Umsetzung der Altfahrzeug-Richtlinie betrifft. Gleichzeitig sind verbesserte Monitoringinstrumente zu entwickeln, um die mit den Abgaskatalysatoren verbundenen Stoffströme besser zu erfassen. Um die aufgezeigten Probleme zu lösen, kommen gezielten Transferleistungen in den Bereichen der Stoffstromanalyse, Stoffstromsteuerung sowie der Stärkung der administrativen und technologischen Kapazitäten eine wachsende Bedeutung zu.

3.5.4.3 Abschätzung des osteuropäischen PGM-Potenzials durch Johnson Matthey

Johnson Matthey hat eine erste Abschätzung des osteuropäischen PGM-Potenzials aus Autoabgaskatalysatoren vorgenommen. Bloxham hat diese Studie in Auszügen auf dem Workshop des Projektes in Berlin präsentiert (Bloxham 2009).

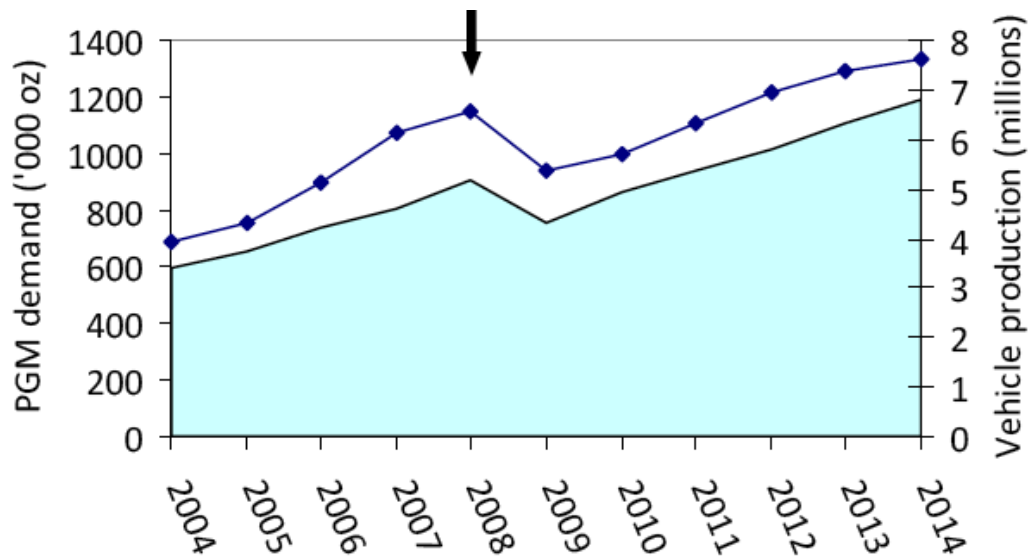
Die Analyse umfasst folgende Länder: alle mittel- und osteuropäischen Länder (MOEL) plus Russland, Usbekistan und Kasachstan. **Diese Länder verfügten 2009 über eine** Bevölkerung von 479 Mio. Einwohnern und über einen Fahrzeugbestand von knapp 94 Mio. Fahrzeugen. Dies entspricht einer Fahrzeugdichte von 196 Fahrzeugen pro 1.000 Personen.

Vor diesem Hintergrund erfolgte durch Bloxham (2009) eine Abschätzungen des PGM-Potenzials und ein Abgleich mit dem zukünftigen Bedarf aus der Automobil-Produktion. Ausgangspunkt waren die Recycling-Werte aus dem Jahr 2008 für Fahrzeugen, die erstmals in Osteuropa angemeldet wurden, Hieraus wurden ca. 2 t PGM zurückgewonnen. Aufgrund der steigenden Ausstattungsrate mit Katalysatoren und eines zu erwartenden Ausbaus der Recycling-Infrastrukturen wird ein Anstieg der Mengen auf 6,3 t in 2014 erwartet. Das würde einem Anstieg auf über 300 % entsprechen, trotzdem aber nur 16 % der erwarteten PGM-Nachfrage aus der Automobilproduktion dieser Länder abdecken.

Die Fahrzeugproduktion wird in Osteuropa für das Jahr 2009 auf 5,3 Mio. Stück, die Verkäufe auf 4,3 Mio. geschätzt, wobei in diesen Angaben noch keine Importe gebrauchter Fahrzeuge berücksichtigt sind.

Nach Bloxham (2009) wird sich die PGM-Nachfrage aus der Fahrzeugproduktion angesichts eines zu erwartenden stabilen Verhältnisses von Diesel- zu Benzinfahrzeugen synchron zur Fahrzeugproduktion entwickeln. Allerdings wird bei den Dieselfahrzeugen aufgrund technischer Entwicklungen das Verhältnis von Platin zum deutlich billigeren Palladium von 20:1 bis 2014 auf 3:1 sinken. Das bedeutet, dass sich die PGM-Nachfrage bis 2014 im Vergleich zu 2004 um 85% erhöhen wird (vgl. Abb. 27). In 2008 betrug sie insgesamt 28 t, wovon jeweils etwa 13 t auf Platin und Palladium entfielen.

Abb. 29: PGM-Nachfrage in Osteuropa bis 2014,



Legende: 2004 bis 2008 auf der Basis der Realentwicklung, ab 2009 Prognose. Die untere Linie bildet den PGM-Bedarf ab.

Quelle: Bloxham 2009

Ob von dieser gesteigerte Nachfrage nach PGM in den neuen Produktionsstandorten auch Impulse ausgehen für den Aufbau von Redistributionsstrukturen und ein verbessertes Stoffstrommanagement ist eher unwahrscheinlich, da in den Automobilkonzernen die PGM-Beschaffung zentral und im Rahmen des internationalen Handels erfolgt. Die Abschätzungen von Bloxham (2009) liefern hierbei wichtige Erkenntnisse über den zukünftigen Bedarf in den mittel- und osteuropäischen Staaten. Es ist zu erkennen, dass sich in Europa die geografischen Schwerpunkte für das PGM-Recycling von Autokatalysatoren verschieben. Die Faktoren hierfür sind das Wachstum der Fahrzeugbestände in Mittel- und Osteuropa und den CIS-Staaten sowie die Erhöhung der PGM-Beladungen in den Fahrzeugen aufgrund der Verbesserung der Emissionsstandards, d.h. der Anteil der Fahrzeuge, die mit einem geregelten 3-Wege-Katalysator ausgestattet sind, wächst. Auch Fahrzeugwartung und Fahrzeugpflege gleichen sich internationalen Standards allmählich an.

3.6 Maßnahmenvorschläge für den Bereich der Autoabgaskatalysatoren

Die nachfolgend vorgeschlagenen Maßnahmen entsprechen dem Maßnahmenkatalog, wie er bereits im Rahmen der Roadmap entwickelt wurde, die auf dem Workshop in Berlin zur Diskussion gestellt wurde. Hierbei geht es darum, die verschiedenen Akteure in der Recyclingkette „Abgaskatalysatoren“ in einen Diskurs über gemeinsame Ziel-

setzungen zur Verbesserung des internationalen Stoffstrommanagements einzubinden. Insbesondere die Vorschläge zur Umsetzung wurden nach den geführten Expertengesprächen noch einmal überarbeitet und angepasst.

3.6.1 Maßnahmenfeld „Festlegung von Qualitätsstandards für Katalysator-Logistik und Katalysator-Entmantelung“

3.6.1.1 Problemstellung

Die Altfahrzeugverwertung, der Handel mit demontierten Katalysatoren aus Altfahrzeugen und die Katalysator-Entmantelung erfolgen sowohl in Europa (EU27) als auch in Russland und den angrenzenden Staaten in Mittelasien mit uneinheitlichen Standards hinsichtlich Logistik, Aufbereitung und Preisermittlung. In den nationalen Gesetzen zur Altfahrzeugentsorgung wird nur festgelegt, dass der Kat zu demontieren ist, das Abfallrecht legt nur allgemein fest, wie die Umwelt vor gefährlichen Stoffen zu schützen ist. Es gibt daher einen Handlungsbedarf, Qualitätsstandards für die Lagerung, den Transport und die Entmantelung von Katalysatoren festzulegen und durch die Beteiligten in der Wertschöpfungskette „Kat-Entsorgung“ einen Konsens über eine gute Praxis herzustellen.

Die Möglichkeiten, mittels des **nationalen** abfallrechtlichen Instrumentariums hierauf Einfluss zu nehmen, sind begrenzt, da es sich hierbei um einen weitgehend **internationalisierten** Sekundärrohstoffmarkt handelt. Wie in jedem Markt wird dieses Geschehen durch Angebot und Nachfrage beeinflusst sowie durch die Preisentwicklungen an den internationalen Metallbörsen.

3.6.1.2 Maßnahmenvorschläge

Decanner und Refiner in Westeuropa, die an einer hochwertigen Rückgewinnung der PGMs aus Autokatalysatoren Interesse haben, sollten versuchen, dass ihre „Gute Praxis“ auch in Osteuropa Eingang findet. Sie sollten gemeinsam einen Standard definieren, der beschreibt, wie die Einsammlung, die Entmantelung und die Rückgewinnung der PGMs erfolgen sollte. Diesem Standard können dann die am Markt tätigen Unternehmen, die in Osteuropa (und in den ehemaligen GUS-Staaten) Katalysatoren einsammeln und bearbeiten, beitreten. Ein solche Good-Practice-Initiative könnte durch ein eigenes Label gestützt werden.

Im Einzelnen sollten folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Erstellung eines „Good Practice Guide“ für das PGM-Recycling aus Autokatalysatoren (diesem zu entwickeln könnte die Aufgabe eines europäischen PGM-Expertenetzwerkes werden) Hierbei müssten alle Stufen der Katverwertung betrachtet werden.

- Commitment der beteiligten Wirtschaftakteure, sich an diesem Guide zu orientieren und an dem Netzwerk zu beteiligen
- Einschaltung eines neutralen Gutachters (TÜV, DEKRA), der den Standard zertifiziert
- Aufnahme der Standards in die Vertragsgestaltung zwischen den Refinern und den vorgelagerten Dienstleistern

Sowohl auf dem durchgeführten Workshop als auch in den anschließenden Expertengesprächen fand dieser Vorschlag starke Zustimmung. Es wurde vorgeschlagen, die Diskussion über die Verbesserung der Qualitätsstandards in die internationalen Verbandsgremien der Refiner einzubringen. Die Erstellung eines „Good Practice Guide“ steht vor der Aufgabe, insbesondere im Bereich der Erfassung des Materials und des Decanning auch die entsprechenden Umweltgesetze zu berücksichtigen, deren Vollzug im internationalen Maßstab allerdings auf unterschiedlichem Niveau erfolgt. Bedeutsam sind hierbei die Vorgaben aus den Altfahrzeuggesetzen sowie die Begrenzung von Staubemissionen beim Decanning, die gleichzeitig eine Quelle für Materialverluste sein können.

3.6.1.3 Umsetzung

Einbezogen werden sollten alle Akteure der PGM-Verwertungskette (Sammler, Dismantler, Decanner, Refiner). Es empfiehlt sich ein getrenntes Vorgehen in der europäischen PGM-Recyclingkette und weiterer Zielländer aufgrund der sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen. Die Autoindustrie könnte einen nennenswerten Beitrag zum Know-how Transfer leisten, indem sie die Erfahrungen mit ihrer eigenen, werkstattbezogene Redistributionslogistik vermittelt. Als realistisches Zeitfenster für die Umsetzung erster Schritte sind 2 Jahre anzusehen.

3.6.2 Maßnahmenfeld „Aufbau eines internationalen Redistributionssystems“

3.6.2.1 Problemstellung

Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung oder im internationalen Kontext „extended producer responsibility“ (EPR) bezeichnet einen Politikansatz, die finanzielle und oder physische Verantwortung des Herstellers (oder Importeurs) für sein Produkt auch auf die Nachnutzungs- bzw. Entsorgungs-Phase auszudehnen. Ziel der EPR ist es, die Externalisierung von am Ende des Lebenszyklus für die Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) anfallenden Kosten durch die Hersteller zu verhindern und damit zum einen direkte Anreize zu setzen, das Abfallaufkommen zu verringern und indirekt Innovationen für ein Produktdesign zu fördern, das die Lebenszykluskosten der Produkte minimiert. Die EPR ist in der Altfahrzeug-Richtlinie (bzw. in Deutschland in der Altfahr-

zeugverordnung) verankert und manifestiert sich dort in der Verantwortung der Hersteller, die Altfahrzeuge kostenlos vom Letzthalter zurückzunehmen.

Durch den internationalen Handel mit Gebrauchtfahrzeugen (vgl. Buchert et al 2007) entsteht die Notwendigkeit, dass die Hersteller der Fahrzeuge diese Verantwortung auch auf internationaler Ebene – also auch außerhalb der EU – wahrnehmen. Dies kann durch freiwillige Maßnahmen geschehen, zumal sich durch die verbesserte Rückführung der Sekundärrohstoffe auch neue Chancen für eine gesicherte Rohstoffbeschaffung der PGM eröffnen.

3.6.2.2 Maßnahmen

Für eine Wahrnehmung ihrer internationalen Produktverantwortung wird daher vorgeschlagen, dass sich die Automobilhersteller gemeinsam mit den Herstellern von Autokatalysatoren verpflichten, einen bestimmten Anteil der von ihnen in Umlauf gebrachten Katalysatoren einem Recycling-Prozess wiederzuzuführen. Hierzu wird eine gemeinsame Zielvereinbarung angestrebt, welche das Eigeninteresse der beteiligten Akteure (Sicherung der PGM-Versorgung, Absatzpotenziale für glaubwürdig „grüne“ Fahrzeuge) an einem effizienten institutionellen Design berücksichtigt. Diese proaktive Maßnahme ist ein Signal an alle Beteiligten in der PGM-Recyclingkette. Sie wartet nicht langwierige Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen (zudem im internationalen Kontext) ab. Ziel eines gemeinsamen Diskussionsprozesses mit den staatlichen Stellen und weiteren Stakeholdern sollte daher die Entwicklung von Zielvorgaben sein, bevor Maßnahmen und Instrumente diskutiert werden.

Technische Umsetzung mittels RFID:

Das verbesserte Stoffstrommanagement der Hersteller könnte durch eine Kennzeichnung mit einem Radio Frequency Identification Device (RFID)-System unterstützt werden.³⁰ Anhand dieser Kennzeichnung kann ohne großen Aufwand festgestellt werden, welcher Hersteller seiner Produktverantwortung tatsächlich nachkommt und für einen entsprechenden Rücklauf Sorge getragen hat. RFIDs werden in unterschiedlichen Kontexten als Instrument zur Schließung von Recyclingkreisläufen diskutiert (vgl. Binder et al. 2008), würden sich aus unterschiedlichen Gründen aber besonders für Autokatalysatoren eignen:

- Der Katalysator verfügt durch das in ihm enthaltene PGM über einen entsprechenden Wert, der das Aufbringen eines RFID-Tags lohnt. Die Kosten belaufen sich aktuell etwa auf 0,05 Euro, könnten bei Massenproduktion aber auch noch unter die 1-Cent-Marke sinken. Deutlich teurer sind allerdings die Kosten für die technische

³⁰ Inzwischen werden am Markt RFID-Datenträger mit einer Temperaturbeständigkeit von 300 °C angeboten, siehe: <http://www.pressebox.de/presse-meldungen/smart-tec-gmbh-co-kg/boxid/272189>

Infrastruktur zum Auslesen der Tags. Entsprechende Berechnungen für andere Abfallfraktionen wie den Elektroschrott lassen aber vermuten, dass hier besonders in den Hauptzielländern europäischer Gebrauchtwagenexporte relativ kurze Amortisationszeiten erreicht werden könnten.

- Durch die relativ niedrige Anzahl von spezialisierten Betrieben für die Entmantelung von Katalysatoren würden die Gesamt-Kosten im Vergleich zu anderen Abfallfraktionen mit einer Vielzahl von Annahme- und Verarbeitungsstellen deutlich niedriger ausfallen.
- Der RFID-Tag würde nicht nur eine herstellereigenspezifische Zuordnung des Katalysators auch nach dem Ausbau ermöglichen. Durch zusätzliche Informationen (Alter, PGM-Gehalt) leistet er auch einen Beitrag zur Senkung von bei Katalysatoren ausgeprägten Informations-Asymmetrien über die Qualität des potentiellen Sekundärrohstoffes, die häufig zu Prozessen adverser Selektion und im Endeffekt zu einem Marktversagen in Form zu niedriger Recyclingquoten führen (OECD 2006).

Sobald ein solches informationsgestütztes Redistributionssystem installiert ist, könnten zusätzliche Formen der „Materialverantwortung“ (Minsch et al. 1996) die ökonomischen Anreize zur Kreislaufführung von PGM steigern. Der Katalysator und die darin enthaltenen Rohstoffe würden zukünftig in einem Leasingmodell im Besitz des Fahrzeugherstellers verbleiben und damit über ein Pfandsystem den Rücklauf des PGM optimieren. Der Kunde würde beim Fahrzeug nicht den Kat an sich, sondern nur ein Nutzungsrecht erwerben.

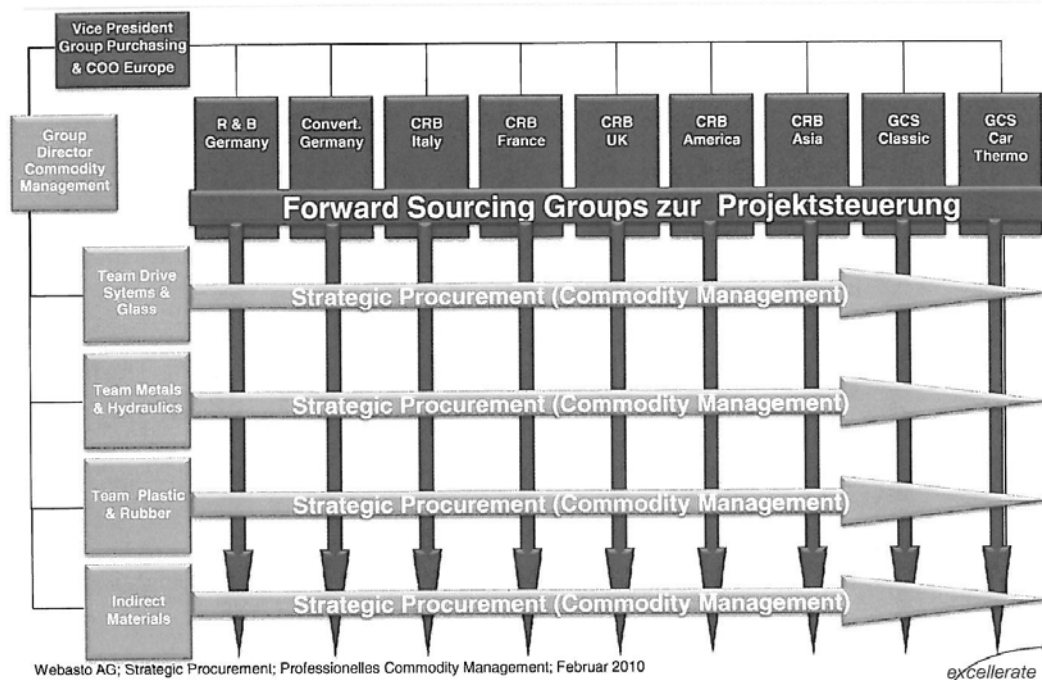
Für eine derartige Trennung von Nutzungs- und Rohstoffperspektive von Produkten bestehen aber noch eine Vielzahl offener Fragen (z.B. Ausgestaltung der Pfandhöhe bei stark schwankenden Preisen; Auswirkung auf das Nutzungsverhalten der Fahrzeugbesitzer, rechtliche Regulierung bei Schäden, rechtliche Durchsetzbarkeit des Eigentums im internationalen Handel). Für die Klärung dieser Fragen besteht zusätzlicher Forschungsbedarf.

Die Fahrzeughersteller könnten ihre bestehenden Redistributionssysteme im Bereich des Austauschs defekter Katalysatoren erweitern bzw. auf die hiermit gesammelten Erfahrungen zurückgreifen. Sie könnten anbieten, die in ihren Fahrzeugen eingesetzten Kats auch aus der Altfahrzeugverwertung zurückzunehmen und die bestehenden Redistributionswege zu nutzen. Das Interesse der Automobilindustrie könnte gestärkt werden, wenn der Refiner bereit ist, dieses gelieferte Altmaterial mit einem Bonus bei der Lieferung von neuen Kats zu honorieren.

Der Umfang eines kompletten Kat-Recyclings aus einem nationalen Fahrzeugbestand eines Herstellers macht es des Weiteren notwendig, hierzu ein professionelles commodity management einzurichten. Eine solche Funktion sollte unternehmensintern nicht bei der Umweltabteilung angesiedelt werden, sondern bei der Beschaffung, da das Kat-Recycling in Zukunft aus Sicht der Automobilindustrie zu einer wichtigen Rohstoffquelle wird. Wie ein solches „Forward Sourcing“ organisiert werden kann, zeigte

der Beitrag von Lütkes (2010) auf der „Commodity Masters“ am 9. und 10. Februar 2010 in Berlin, siehe Abb. 30. Zentral ist hierbei die Verbindung des Beschaffungswesens mit den Rücknahmesysteme in einzelnen Ländern.

Abb. 30: Purchasing Organisation Webasto AG



Quelle: Lütkes 2010

3.6.2.3 Umsetzung

Die konkrete Vorgehensweise kann in mehrere Schritte unterteilt werden:

- Schritt 1: Alle neu produzierten Kats sollen über einen entsprechenden RFID-Tag verfügen.
- Schritt 2: Modellversuche für ein Pfandsystem für Autokatalysatoren, evtl. in Kooperation mit den Werkstatt-Rücknahmesystemen.
- Schritt 3: Erste verpflichtende Rücklaufquote, die anschließend dynamisch erhöht werden kann.

Die Hersteller von Automobilen und Autokatalysatoren sollten sich verpflichten, eine bestimmte Quote an in Umlauf gebrachten Kats dem Produktionssystem wieder zuzuführen. Als zusätzlichen Anreiz für den Autobesitzer wäre ein Pfandsystem zu erproben, welches sich auf die RFID-Informationen stützt. Über das RFID ist immer die Zu-

ordnung zu einem konkreten Fahrzeug möglich und somit eine illegale Demontage des Kats erschwert.

Für den Entmantler besteht auf der technischen Umsetzungsebene die Aufgabe, technische Geräte zu installieren, die die RFID-Tags identifizieren können und diese Informationen an den Hersteller zu übermitteln. Die aufbereiteten Katalysatoren werden anschließend wie bisher an die Refiner weitergeleitet, die auf den RFID-Tags enthaltenen Informationen über ein gemeinsames Datensystem zur Berechnung der Herstellerquoten verwendet. Durch spezielle Vertragsgestaltungen zwischen der Automobilindustrie und den Refinern können dann in einem weiteren Schritt spezifische Beschaffungskonditionen festgelegt werden (z.B. wenn der Refiner über eine vom Automobilhersteller gestützte Redistributionskette regelmäßig und gesichert Sekundärmaterial erhält).

3.6.3 Maßnahmenfeld „Gebrauchtwagenexporte/-importe“

3.6.3.1 Problemstellung

In einem Forschungsprojekt des UBA (Buchert et al 2007) wird vor allem die hohe Exportfahrzeugquote für gebrauchte Pkws für die geringe nationale Recyclingquote im Bereich der Autoabgaskatalysatoren verantwortlich gemacht. Diese Sichtweise nimmt als Systemgrenze die deutsche Volkswirtschaft an und behandelt die Zielländer als „Black Box“.

Im Rahmen der länderbezogenen Fallstudien (Kap. 3) konnte ermittelt werden, dass als Ursache für die Platinverluste nicht die Exporte als solche anzusehen sind, sondern die darin anschließende Nutzungsdauer und Nutzungsbedingungen in den Zielländern (z.B. fehlende Kontrolle der Betriebsaggregate auf ihre Funktionstüchtigkeit und damit Gefahr unkontrollierter PGM-Emissionen) und das Fehlen funktionierender Recyclingstrukturen. Hinsichtlich der Handlungsorientierung in diesem Maßnahmenfeld müssen daher die Maßnahmen zwischen exportierendem Land und dem Zielland des Exports in Zukunft enger abgestimmt werden.

3.6.3.2 Maßnahmen auf EU-Ebene

Novellierung der Altfahrzeug-Gesetzgebung: Klare Abgrenzung von Altfahrzeug und (legal im freien Warenverkehr) exportierbarem Gebrauchtwagen und Vollzug dieser Regelungen. Für die Abgrenzung von Gebrauchtwagen und Altfahrzeug gibt es seit Jahren nur eine juristische Definition, die aber nicht vollzugstauglich ist. Hieraus resultiert das Problem, dass unter Umgehung des Abfallrechts Fahrzeuge exportiert werden, die eigentlich nicht mehr verkehrstauglich und fahrbereit sind. Vor diesem Hintergrund müssen die Begriffe Verkehrstauglichkeit und fahrbereit so operationalisiert

werden, dass sie für die kontrollierende Zollbehörden mit vertretbarem Aufwand überprüft werden können.³¹

In das durch die EU-Kommission praktizierte länderbezogene Monitoring der Altfahrzeug-Gesetzgebung und deren Umsetzung in den Mitgliedsstaaten werden Fragen zur Katalysator-Demontage aufgenommen. Insbesondere sollte unter Beachtung des Datenschutzes die Anzahl der separierten Katalysatoren ermittelt werden und der weitere Entsorgungsweg.

Maßnahmen

Um hier verdeckte Altfahrzeugexporte auszuschließen bedarf es klarer gesetzlicher Definitionen hinsichtlich der Fahrtauglichkeit und zusätzlicher Kontrollen durch Behörden oder autorisierte Sachverständige.

Die Erfassung der Gebrauchtwagenexporte sollte mit einem Monitoring (Erfassung der Fahrzeuge nach Fahrzeugklassen, Alter und Gewicht) verbunden werden, um Schritt für Schritt bestehende Erfassungslücken zu schließen.

3.6.3.3 Maßnahmen des exportierenden Landes

Fahrzeuge mit defekten Motoren, Aggregaten, Leckagen und anderen umweltrelevanten Defiziten sollten nicht exportiert werden können, da dies auf eine Verlagerung von Umweltbelastungen in Drittländer hinausläuft. Daher sollte auf EU-Ebene ein Export-„TÜV“ für Gebrauchtwagen eingeführt werden, der bestätigt, dass das exportierte Fahrzeug keine oder nur kleine reparierbare Mängel aufweist. Dies entspricht dem derzeitiger Ansatz des Entwurfs der EU-Anlaufstellenleitlinien, welche fordert, dass das Auto funktionsfähig sein muss und es nur „kleinerer Reparaturen“ bedarf, um dies zu gewährleisten. Bei offensichtlichen Mängeln kann Kfz-Gutachter eingeschaltet werden.

Ein Projekt des IMPEL-Netzwerks³² hat für den Altfahrzeug-Export Kriterien³³ entwickelt und diese mit Praktikern der Zollbehörden in Belgien und Schweden erprobt. Der Report dokumentiert die Anwendung der Kriterien sehr praxisnah (vgl. IMPEL-TFS 2008, 14 ff.). Insbesondere wird durch den Bericht deutlich, dass nicht nur komplette Fahrzeuge exportiert werden, sondern auch Ersatzteile, vorbehandelte Autowracks und Schredder-Abfall. Über die Exporttätigkeiten in diesen Bereichen liegen bisher

³¹ Zurzeit wird eine Guideline auf EU-Ebene als Anlaufstellenleitlinie wie für WEEE erarbeitet und abgestimmt. Für D arbeitet das BMU dort mit.

³² Impel Network = Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law is an informal network of the environmental authorities of EU Member States, acceding and candidate countries, and Norway. The European Commission is also a member of IMPEL and shares the chairmanship of its Plenary Meetings. (Website: Impel)

³³ Diese Kriterien sind nicht geeignet die weitere Verwendung PGM-haltigen Materials aufzuklären

keine systematisch erhobenen Daten vor. Es bleibt aber offen, ob die Zollbehörden aufgrund ihrer Personalausstattung diese Aufgaben flächendeckend übernehmen können und welche Sanktionsmöglichkeiten/Strafen es geben sollten, falls die Kriterien nicht erfüllt werden.

Entsprechend sollten die Zollbehörden von allen Exporteuren in Zweifelsfällen eine entsprechende Bescheinigung einholen können. Auf dieser Basis sind die Zollbehörden in der Lage, den verdeckten Export von Fahrzeugen, die eigentlich ins Abfallregime gehören, zu unterbinden.

Als Vollzugshilfe an den Exportstellen sind Leitlinien zur Abgrenzung von Gebrauchtwagen und Altfahrzeug analog zu den Anlaufstellen-Leitlinien für Elektroaltgeräte³⁴ zu formulieren. Die EU-Kommission diskutiert derzeit einen Entwurf für solche Leitlinien mit den Mitgliedstaaten.

Ein zweiter Ansatzpunkt sind die Verfügungsrechte des letzten Fahrzeughalters. Diesem sollte mit einer zusätzlichen Rubrik im Abmeldeformular die Möglichkeit eingeräumt werden, die Verschrottung seines Fahrzeuges zu bestimmen (und damit die Möglichkeit unterbinden, dass nach Abmeldung des Fahrzeuges und Übergabe an eine Annahmestelle mit diesem Fahrzeug als ganzes weiter gehandelt wird. Entsprechend einer solchen Praxis sollte die Kfz-Bundesamt in Flensburg eine statistische Kategorie einführen: „Zur Verschrottung durch den Letzthalter bestimmt“.

Entsprechend der Praxis bei der Abwrackprämie sollte für diese Fahrzeuge eine Verpflichtung bestehen, den Fahrzeugbrief unbrauchbar zu machen und damit den weiteren Handel mit dem Altfahrzeug zu unterbinden³⁵.

3.6.3.4 Maßnahmen des Empfängerlandes

Als erste Maßnahme ist zu empfehlen in den Zielländern eine regelmäßige technische Betriebstauglichkeit aller Fahrzeuge vorzunehmen und insbesondere eine Abgasprüfung durchzuführen. Hierdurch können Fahrzeuge mit beschädigten und defekten Katalysator identifiziert werden, der dann umgehend zu ersetzen ist.

Als zweite wichtige Maßnahme empfehlen wir, die EU-Altfahrzeug-Richtlinie zügig in den neuen Beitrittsländern auch auf den nachgelagerten Ebenen umzusetzen und so

³⁴ deutsch: http://www.umweltdaten.de/abfallwirtschaft/gav/Anlaufstellen_Leitlinien_Nr_1.pdf
englisch: http://www.umweltdaten.de/abfallwirtschaft/gav/Correspondents_guidelines_No_1.pdf
(REVISED CORRESPONDENTS' GUIDELINES No 1, Subject: Shipments of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE))

³⁶ Der Export von Altfahrzeugen ist bereits untersagt, allerdings sind Altfahrzeuge nicht eindeutig von alten Gebrauchtfahrzeugen abgegrenzt. Eine Kontrolle durch die Zollbehörden erfolgt nur punktuell.

zu gewährleisten, dass alle Katalysatoren vor dem Schreddern demontiert werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die weiteren Bearbeitungsschritte auf einem hohen Qualitätsniveau zu gewährleisten (siehe hierzu Maßnahmenfeld A). Zu diesen Fragen sollte auch ein Erfahrungsaustausch mit den Umweltverwaltungen in Westeuropa organisiert werden.

Gesonderte Importzölle oder Altersbegrenzungen für importierte Gebrauchtwagen, wie in der Vergangenheit von einzelnen Staaten erhoben, sind mit dem Handelsrecht nicht vereinbar. Auch besondere emissionsbezogene Regelungen, die vom Standard für die Fahrzeugflotte im Inland abweichen, geraten in Konflikt mit dem Handelsrecht. Jedem Zielland steht allerdings frei, die Besteuerung der Fahrzeuge entsprechend ihres CO₂ Ausstoßes zu regeln oder Dieselfahrzeuge ohne Rußfilter in den Umweltzonen der Städte zu diskriminieren. Derartige Maßnahmen beeinflussen auch indirekt den Markt für Importfahrzeuge.

3.6.3.5 Umsetzung

Auf der europäischen Ebene sollte durch politischen Beschluss des Europäischen Arbeitskreis eingerichtet werden, der die gemachten Vorschläge diskutiert und juristisch überprüft. Diesem Arbeitskreis sollten folgende Akteure angehören: EU- Umwelt Kommission, Verantwortliche für die Überwachung der Umsetzung der Altfahrzeug-Richtlinie in der EU 27, Gesetzgeber und Wirtschaftsakteure (Recyclingindustrie und Katalysator-Handel) in den Zielländern, Zollbehörden und andere Vollzugsorgane in den Exportnationen, aber auch Wirtschaftsakteure, die zwischen Export- und Importland operieren, wie Händler, Reeder, Spediteure etc.

Der Arbeitskreis sollte sofort seine Arbeit aufnehmen und Ende 2012 erste Ergebnisse vorlegen.

3.6.4 Maßnahmenfeld „Technologie- und Wissenstransfer für die neuen EU- Beitrittsländer und ausgewählte CEC-Staaten“

3.6.4.1 Problemstellung

In den meisten westeuropäischen ist Ländern auf Basis der Altfahrzeugverordnung ein System entstanden, welches zu einer systematischen Erfassung und Verwertung von Altfahrzeugen führt. Dieses sieht vor, dass die Katalysatoren vor dem Schredder demontiert werden und einer gesonderten Verwertung zugeführt werden. Auch wenn in der folgenden Kette Intransparenzen existieren, so liegen hinsichtlich der Redistribution, Entmantelung und Rückgewinnung des PGMs genügend Erkenntnisse vor, wie ein effektives Stoffstrommanagement von PGM aus Autokatalysatoren gestaltet werden kann.

Um das organisatorische und technische Niveau in den Zielländern von Gebrauchtwagen an die deutsche und westeuropäische Recyclingpraxis anzugleichen, sollte das

Recycling von PGM aus Autokatalysatoren zu Gegenstand von bilateralen und multilateralen Transfermaßnahmen werden.

3.6.4.2 Maßnahmen

Aus der Perspektive der Rückgewinnung von Stoffen und der Ressourcenschonung sollten sich die Transfer-Maßnahmen auf folgende Zielfelder beziehen:

- Aufbau von effektiven Recyclingstrukturen für Altfahrzeuge (sowohl innerhalb der EU 27, als auch schwerpunktmäßig in den weiteren Zielländern Eurasiens)
- Verschärfung und Erweiterung der Umweltvorschriften hinsichtlich diffuser Materialeinträge durch den Kfz-Betrieb
- Aufbau einer effektiven Kontrolle zur Überprüfung der Betriebsstandards der Fahrzeuge (entsprechend dem TÜV, Dekra in Deutschland)

Langfristig ist grundsätzlich anzustreben, dass in den Zielländern der Gebrauchtwagenexporte zumindest in den Stufen Redistributionslogistik und Entmantelung transparente und effektive Recyclingstrukturen aufgebaut werden. Nach der Entnahme der wash-coats ist eine Mengenbündelung ökonomischen sinnvoll. Die PGM-haltigen Coats sollten dann leistungsfähigen und ressourceneffizienten Anlagen zugeführt werden, die eine höchstmögliche Rückgewinnung des Materials gewährleisten.³⁶

Eine Transferpolitik, welche darauf zielt, technische und organisatorische Niveaus zwischen verschiedenen Ländern auszugleichen, kann in erheblichen Maße dazu beitragen, das globale PGM-Recycling zu verbessern. Hierbei sollte auf bereits etablierte Transferinstrumente und Förderstrukturen zurückgegriffen werden. Eine Übersicht über die möglichen Inhalte und Ansatzpunkte einer Transferpolitik liefert die nachfolgende Tabelle.

³⁶ „At present in Poland there is no plant where PGM can be recovered. The used auto catalytic converters are purchased, collected and then imported to other countries especially Germany“ (A. FORMALCZYK, M. SATERNUS (2009))

Tab. 21: Aufgaben und Instrumente einer Transferpolitik zu Verbesserung der PGM-Rückgewinnung aus Autokatalysatoren

Förderziele	Programme	Instrumente
Verbesserung der Wissensbasis	Diverse Programme der EU zur Forschungskooperation im Bereich Waste Management, Förderung von Anbahnungsmaßnahmen für die internationale Zusammenarbeit im wissenschaftlichen Bereich (Internationales Büro des BMBF)	Forschungskooperation/ Forschungsstipendien, Guidelines für Praktiker (in den Sprachen der Zielländer), Internetportal für Best Practice in der Autoverwertung (z.B. wie http://www.cleaner-production.de/), Fachkongresse
Aufbau effektiver administrativer Strukturen für den Vollzug von Gesetzen	EU-Twinning-Programm ³⁷ Ziel eines Twinning-Projektes ist es, neue EU-Mitgliedstaaten und EU-Kandidatenländer bei der Übernahme des gemeinschaftlichen EG-Rechts (acquis communautaire) und dem Aufbau der dazu notwendigen Verwaltungskapazitäten (institution building) zu unterstützen. Im Rahmen der EU-Nachbarschaftspolitik (ENP) ist das Programm auch für Staaten zugänglich, die keine Beitrittskandidaten sind (Ukraine, Moldau, Südkaukasus, Zentralasien, Mittelmeeranrainerstaaten).	Experten aus Verwaltung der EU-Mitgliedstaaten geben ihr Wissen und ihre Erfahrungen in der Umsetzung des EG-Rechts an Kollegen im jeweiligen Partnerland weiter. "Rückgrat" des Projekts ist ein Langzeitberater (Resident Twinning Advisor = RTA), der mit Unterstützung von Kurzzeitexperten für die gesamte Projektdauer, meist 1-2 Jahre, in der Partnerbehörde
Einsatz der besten verfügbaren Technik	Exportinitiative Recycling und Effizienztechnik (RETech) des Bundesumweltministeriums, Verstärkung der technischen Entwicklungszusammenarbeit über Förderung der GT	Investitionen in Pilotanlagen
Netzwerkbildung, Unternehmenskooperationen	Brücke-Osteuropa e.V. - Arbeitsgemeinschaft für Wirtschafts- & Technologie-Kooperation mit Osteuropa Eastbridge, www.bruecke-osteuropa.de	Zusammenarbeit zwischen Fahrzeugindustrie und Kat-Herstellern Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren in der PGM-Recycling-Kette Bilaterale Technologiepartnerschaften, Pilotprojekte anstoßen, Gemeinsamer Messestand der PGM-Industrien auf der IFAT in München

³⁷ Twinning-Projekte werden von den potentiellen Partnerländern in Abstimmung mit der EU-Kommission ausgeschrieben, die Behörden der EU-Mitgliedstaaten bewerben sich darauf im Wettbewerb. Das Bundesumweltministerium hat sich seit Beginn des Programms 1998 an insgesamt 74 Twinning-Projekten mit einem Gesamtbudget von mehr als 70 Mio. Euro beteiligt, davon an 64 Projekten als Projektleiter.

Quelle: eigene Zusammenstellung

Bedeutsam sind auch die Netzwerke im europäischen Forschungsraum wie das Förderprogramm EUREKA³⁸.

3.6.4.3 Umsetzung

Für die Umsetzung ergeben sich je nach Aufgabenzuschnitt des Transferziels unterschiedliche Akteurskonstellationen. Hinsichtlich der Struktur möglicher Transfers können sowohl unilaterale und multilaterale Strategien verfolgt werden. Es empfiehlt sich zunächst, Netzwerke unterschiedlichen Typs zu etablieren, zum Beispiel eine verstärkte Kooperation der Umwelt- und Vollzugsbehörden oder Kooperationen von Unternehmen in der Wertschöpfungskette.

Die von uns durchgeführte vertiefende Untersuchung zu den Akteurskonstellationen im Fahrzeugrecycling in Russland, Polen und den baltischen Staaten haben zu zahlreichen Kontakten geführt (siehe Liste im Anhang) die vor allem im Fahrzeugrecycling und der PGM-Rückgewinnung tätig sind. Das Ziel dieser Gespräche und Interviews war nicht nur die Situation des Recyclings in jeweiligen Ländern kennen zu lernen. Es ging ebenso darum, Meinungen über die Maßnahmen einzuholen, die in der von uns erarbeiteten Roadmap beschrieben wurden. Außerdem sollten Möglichkeiten für eine weitere Zusammenarbeit gestärkt werden. Zu diesem Zweck wurde die Roadmap in die russische und polnische Sprache übersetzt.

Viele Akteure betrachten die Roadmap als sinnvolles Instrument, um Maßnahmen-schwerpunkte festzulegen. Allerdings führen die unterschiedlichen nationalen Rahmenbedingungen dazu, das auch ein hohes Interesse besteht, über die jeweiligen Defizite zu sprechen und in einen Erfahrungsaustausch über national-spezifische Lösungen einzutreten. In diesem Zusammenhang ist für Akteure aus dem Bereich Fahrzeugrecycling die Separierung von Kats und die PGM-Rückgewinnung eher ein sekundäres Problem. Als wichtige Themenfelder wurden Regelungen zur Ausgestaltung der Produktverantwortung der Fahrzeughersteller und eine bessere Abstimmung mit den Zollbehörden hinsichtlich der Fahrzeugimporte benannt. Angeregt wurde ein deutsches Exportverbot für nicht mehr fahrbereite Fahrzeuge.

Alle Interviewpartner haben ein starkes Interesse an einer weiteren Kooperation mit dem Umweltbundesamt und dem Wuppertal Institut bekundet. Hinsichtlich der Situation in Deutschland waren diese Akteure insbesondere daran interessiert, den Vollzug des Altfahrzeuggesetzes kennen zu lernen und einen Überblick über wichtige Instrumente des Stoffstrommanagements zu bekommen.

³⁸ <http://www.kooperation-international.de/russland/themes/info/detail/data/2957/>

Die Form dieser Zusammenarbeit könnte über geförderte Transferprojekte abgewickelt werden. Innerhalb dieser Projekte sollten fachspezifische Arbeitsgruppen gebildet werden, die nach einem ersten Treffen ihre Arbeitsschwerpunkte für jeweils 1 Jahr festlegen. Diese Arbeitsgruppen sollten sich mindestens zweimal im Jahr treffen.

Zusätzlich sollte eine Übersicht erstellt werden, welche Institutionen in Deutschland im Bereich des Fahrzeugrecyclings überhaupt Transferleistungen und Know-how erbringen können. Um zu diesen Leistungen den Zugang zu erleichtern wäre eine Internetplattform aufzubauen, welche auch in den jeweiligen Landessprachen die wichtigsten Informationen bereithält. Auf dieser Plattform sollten auch wichtige Konferenzen, Tagungen und Netzwerkorganisationen aufgeführt werden, die sich mit den angesprochenen Themen befassen, beispielsweise:

Russland:

- International Ecological Forum
Waste Management: Technologies and Equipment
Russia, Saint-Petersburg
- WASMA/WASTE Management 2007
The 4th International specialized exhibition and forum of equipment and technologies for collection, processing and recycling
Moscow, Russia
- Wastetech
The 6th International Trade Show and Congress for Waste Management, Recycling and Environmental Technologies
Moscow, Russia

Polen:

- IV Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa
„Recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji“ (The Recycling of End-of Life Vehicles)

Diese Aktivitäten bieten gleichzeitig wiederum gute Anknüpfungspunkte, um die Ergebnisse und Erfahrungen aus Westeuropa zu verbreiten.

4 Maßnahmenfeld Elektro- und Elektronikschrott

4.1 Einleitung

Ziel der Untersuchung dieses Handlungsfeldes ist die Beschreibung und Quantifizierung des PGM-Einsatzes im Bereich elektrischer und elektronischer Anwendungen sowie der Umgang mit Elektrogeräten und Elektroaltgeräten (EAG)³⁹ und den Konsequenzen für die enthaltenen PGM am Ende der Nutzungsphase, um u.a. das Recyclingpotenzial zu ermitteln. Aus der Analyse von Materialströmen und Akteursstrukturen werden unterschiedliche Strategien und Instrumente zur verbesserten internationalen Kreislaufführung abgeleitet (siehe Abschnitt 5.2).

Die Auswahl dieses zweiten Handlungsbereichs neben den Autokatalysatoren ergibt sich aus einer integrierten Betrachtung der Relevanz der verschiedenen Anwendungsbereiche für PGM (vgl. Kap. 2). Die Ergebnisse zeigen, dass der Bereich Elektroaltgeräte neben den Autokatalysatoren das höchste Potenzial zur Schließung der PGM-Stoffkreisläufe aufweist. Die Untersuchungen konzentrieren sich beispielhaft auf die Produktbereiche Mobiltelefone und Bildschirme, um eine möglichst konkrete Adressierung der beteiligten Akteure zu ermöglichen. Für beide Bereiche Mobiltelefone und Monitore zusammen wurde für Deutschland beim gegebenen Stand der Technik ein zusätzliches theoretisches Recyclingpotenzial von ca. 0,75 t PGM berechnet, was die gesamte europäische Nettonachfrage für den Elektronikbereich übertreffen würde (vgl. JM 2010). Die ausgewählten Produktbereiche zeichnen sich durch unterschiedliche Ausgangslagen aus: Während Mobiltelefone in der Regel legal als funktionsfähige Gebrauchtgeräte mit einem positiven Marktwert exportiert werden, handelt es sich bei alten Bildschirmen häufig um illegale Exporte, bei denen die Exportkosten unter den Entsorgungskosten in Deutschland liegen, hierbei muss sowohl in Hinblick auf die Exportstrukturen als auch die PGM-Gehalte natürlich wieder zwischen verschiedenen Monitortypen unterschieden werden (LCD, Plasma, CRT etc.). Gleichzeitig sind sowohl bei Mobiltelefonen als auch bei Monitoren (getrieben vor allem durch den Generationswechsel von CRT zu Flachbildschirmen) neben Festplatten, die ebenfalls relevante Mengen an PGM enthalten, die höchsten Wachstumsraten im Markt zu beobachten.

Im Vergleich zum zweiten Untersuchungsfeld „Autokatalysatoren“ gibt es Unterschiede, vor allem mit Blick auf den Verbund mit anderen Sondermetallen, die beteiligten Akteure und den Umfang illegaler Aktivitäten.

³⁹ International werden Elektroaltgeräte unter der Bezeichnung WEEE geführt (für Waste Electrical and Electronic Equipment)

1. Im Gegensatz zu Autokatalysatoren kann das Thema PGM-Rückgewinnung aus EAG in Bezug auf Anreizstrukturen nicht weitgehend losgelöst von anderen Stoffen betrachtet werden: PGM sind in der Regel nicht das wertmäßig interessante Edelmetall in den Elektro-/Elektronikgeräten (meistens Kupfer, Gold oder Silber). Gleichzeitig bekommt das Thema aber auch eine zusätzliche Dimension, weil neben den Edelmetallen in Elektronikgeräten auch viele gesundheitsschädliche Substanzen wie Blei und Quecksilber enthalten sind.
2. Das Produkt- und Akteursspektrum ist deutlich komplexer. Während der Markt für Autokatalysatoren im wesentlichen von drei Herstellern (und einem ebenso oligopolistisch strukturierten Fahrzeugherstellermarkt) dominiert wird, die dementsprechend über einen sehr guten Marktüberblick verfügen, gibt es für EEE eine unüberschaubare Vielzahl von Produzenten.
3. Da beim Export von EEE nur schwer zwischen Gebrauchsgütern und EAG unterschieden werden kann, ist die Datenlage daher im Vergleich zu Gebrauchtwagenexporten als deutlich schlechter einzuschätzen. Häufig handelt es sich um graue Märkte, die von außen deutlich schwerer zu durchschauen sind..

Das Kapitel ist wie folgt aufgebaut: Kapitel 4.2 gibt einen kurzen Überblick über das Thema Elektro- und Elektronikgeräte mit einem Fokus auf IKT und Unterhaltungselektronik, die daraus resultierenden Schrotte, die technischen Möglichkeiten der Behandlung, Verwertung und des Recyclings sowie über die globale Problematik des WEEE-Exports. Kapitel 4.3 stellt die rechtlichen Rahmenbedingungen auf den unterschiedlichen regulativen Ebenen vor, die die Kreislaufführung von PGM maßgeblich beeinflussen. Kapitel 4.4 beschreibt die Probleme mit der Datenverfügbarkeit für diesen Bereich und analysiert die spezifischen Probleme der PGM-Verluste für Handys und Bildschirme. Kapitel 5.2 beschreibt und analysiert bestehende Ansätze zur Verbesserung des WEEE-Recyclings mit dem speziellen Fokus auf die PGM-Kreislaufführung.

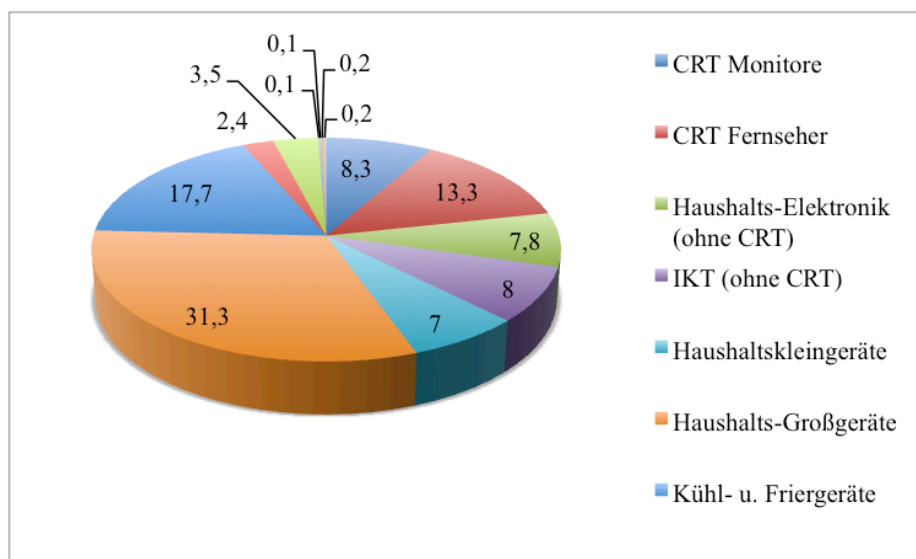
4.2 WEEE – ressourcenpolitische und ökologische Relevanz

Weltweit fallen nach UN-Angaben je nach Definition zwischen 20 und 50 Mio. Tonnen EAG⁴⁰ an. Global muss man davon ausgehen, dass davon nur etwa 10% überhaupt einem stofflichen Recycling zugeführt werden (vgl. LaDou et al. 2007).

⁴⁰ Im Rahmen dieser Studie soll im Folgenden der Definition von EAG nach EG-Elektroaltgeräte-Richtlinie 2002/96/EG gefolgt werden.

2006 fielen in der EU etwa 5,1 Mio. Tonnen Elektroschrott an, die unter die WEEE-Richtlinie fallen (vgl. UNU 2008). EAG machen damit etwa 4% der gesamten Haushaltsabfälle aus. Schätzungen gehen davon aus, dass diese Menge stärker als alle anderen Abfallfraktionen aus Haushalten wachsen und im Jahr 2020 etwa 12,3 Mio. t erreichen wird (vgl. ebd., 3).

Abb. 31: Zusammensetzung WEEE in der EU 2005



Quelle: UNU 2008

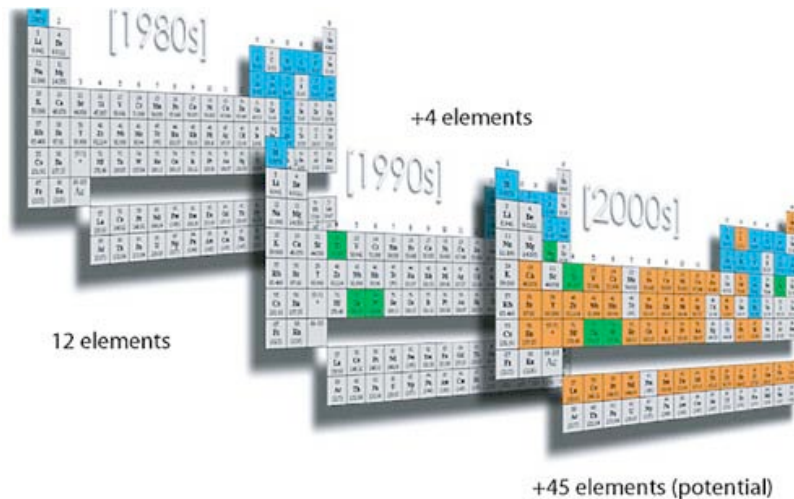
Global wächst das Aufkommen an WEEE etwa dreimal schneller als jede andere Form von Abfall (vgl. ebd.). Aufgrund der komplizierten Lebenszyklusketten mit einer Vielzahl beteiligter Akteure und der Vielzahl verschiedener Produkte, der extrem schnellen Veränderungen der genutzten Technologien, des Produktdesigns und der verwendeten Stoffe gehört er zu den komplexesten Abfallströmen. Mittlerweile finden über die Hälfte der chemischen Elemente des Periodensystems in unterschiedlichsten Zusammensetzungen Verwendung in Elektrogeräten.

4.2.1 IKT und UE als Treiber des Rohstoffverbrauchs

Eine wesentliche Produktgruppe unter den Elektrogeräten sind Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) wie Handys und Festplatten sowie der Unterhaltungselektronik (UE), z.B. Videospielekonsolen. Laut OECD hatten die im Jahr 2004 global gehandelten IKT-Geräte einen Wert von 3,7 Billionen US-Dollar, was etwa 12,5% des Welthandels entspricht (vgl. Vickery 2008, 10). In Deutschland produ-

zierte die IKT-Branche⁴¹ im Jahr 2005 Waren und Dienstleistungen im Wert von 237 Mrd. Euro. Dazu kommt, dass mehr als die Hälfte der Industrieproduktion und 80% der Exporte vom Einsatz moderner IKT abhängen (vgl. BMU 2008, 2).

Abb. 32: Entwicklung der Anzahl chemischer Elemente in einem Intel-Computerchip



Quelle: Graedel 2006

4.2.1.1 Produktionsphase

Abb. 32 zeigt, wie sich innerhalb von nur zwei Dekaden durch technische Entwicklungen im Bereich IKT, hier dargestellt am Beispiel eines Computerchips, die Anzahl an eingesetzten chemischen Elementen erhöht hat. In den 80er Jahren waren es 12 Elemente, in den 90ern 16. Seit der Jahrtausendwende gab es einen dramatischen Anstieg um weitere 45 Elemente, so dass nun auf einer Hightech-Leiterplatte mehr als die Hälfte aller bekannten chemischen Elemente eingesetzt werden.

Der technologische Fortschritt im Bereich der Elektrogeräte, vor allem aber bei den IKT-Geräten, bewirkt, dass die tatsächliche Nutzungsdauer der Geräte deutlich unter den möglichen Funktionsgrenzen liegt, dieser Trend verschärft sich zunehmend (vgl. Culver 2005). Schätzungen gehen davon aus, dass jeder Haushalt in Deutschland im Laufe der nächsten 20 Jahre etwa 20 Mobiltelefone aussortiert, fünf Computer, jeweils vier DVD- und CD-Spieler sowie zwei Fernseher (vgl. Kühr 2008, 236).

⁴¹ Die Abgrenzung zur Branche Unterhaltungselektronik ist häufig fließend, so dass diese im Folgenden immer mitgemeint sein sollen.

Mit der massenhaften Verbreitung von IKT-Geräten sind erhebliche ökologische Belastungen und Risiken verbunden⁴². Der Material- und Energieverbrauch für die Produktion von Elektrogeräten ist im Verhältnis zu ihrem Gewicht im Vergleich zu anderen Produkten extrem hoch, da die in der Produktion verwendeten Komponenten extrem hohe Reinheitsgrade aufweisen müssen. Während in normalen industriellen Prozessen Reinheitsgrade in einer Spannbreite von 90-99% vorausgesetzt werden, beträgt die Vorgabe z.B. in der Halbleiterindustrie mindestens 99,999%. Daher benötigt beispielsweise die Produktion von Mikrochips für einen durchschnittlichen Computer (etwa 25g) 7,1 kg Chemikalien, 69 kg Edeltmetalle, 281 Kwh Strom, 94 kg fossile Brennstoffe und 310 l Wasser, hinzu kommt der Materialaufwand bei der Rohstoffgewinnung. Das Verhältnis von Eigengewicht des Produkts und ökologischem Rucksack beträgt damit etwa 1:500 (vgl. Kühr 2008, S. 238).

4.2.2 PGM Einsatzbereiche im Elektro-/Elektronik-Bereich

Korrosionsbeständigkeit, Härte, Leitfähigkeit und hohe Schmelzpunkte machen Platingruppenmetalle zu einem wichtigen Werkstoff in der Elektronik. Als Kontaktwerkstoff werden sie in Schaltern, Relais sowie Gleit- u. Steckkontakten verwendet und bilden entweder als Legierung mit Kupfer oder Silber oder als Oberflächenbeschichtung für abriebfeste, elektrisch leitende Oberflächen. Hier herrscht aktuell eine hohe Nachfrage nach Palladium als Substitut für Gold und Silber, deren Preis extrem gestiegen ist. Im Bereich der Sensorik haben Platin und Rhodium als Thermoelemente wegen ihrer hohen Schmelzpunkte eine große Bedeutung, vor allem in Messwiderständen, ansonsten wird im Bereich EEE vor allem Palladium verwendet. Tab. 22 zeigt, dass von den 213t Palladium, die in 2008 weltweit verbraucht wurden, etwa 20% auf Elektronik-Geräte entfielen.

Tab. 22: Einsatzmengen an Palladium weltweit (in kg), netto (Brutto minus Recycling)

Verwendung	2008
Auto-Katalysatoren (netto)	99.800
Schmuck	26.600
EEE	41.200
Rest	45.400
Gesamt	213.000

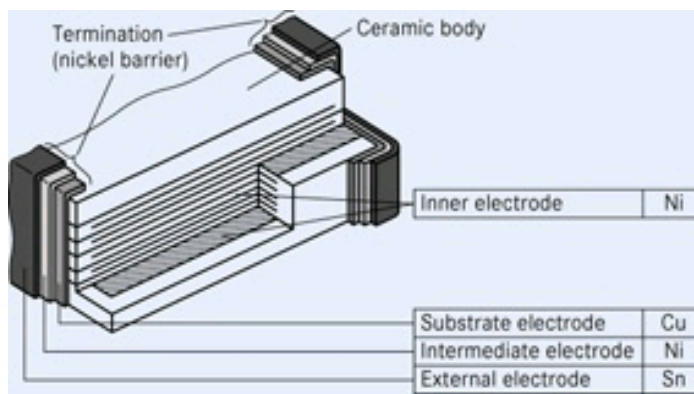
Quelle: JOHNSON MATTHEY 2009

⁴² Auch wenn IKT und elektronische Medien gleichzeitig Beiträge zur Erhöhung des Umweltbewusstseins sowie zur Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch geleistet haben, vgl. BMU 2008, 3.

MLCC

Wichtigste Anwendung von Palladium im Elektronik-Bereich sind Vielschichtkondensatoren (MLCC = Multi Layer Ceramic Capacitor), die in großer Stückzahl als Entkoppelungselemente in Halbleiterbauelementen eingesetzt werden. MLCCs sind praktisch auf allen Leiterplatten in unterschiedlich großer Anzahl zu finden: Je komplexer das elektronische Gerät, desto höher die Zahl der benötigten MLCCs. Sie dienen der Speicherung von elektrischer Ladung und werden u.a. zur Aufrechterhaltung eines gleichmäßigen Stromes in integrierten Schaltkreisen verwendet. Sie ersetzen zunehmend Elektrolyt-basierte Kondensatoren, in denen Tantal eingesetzt wird, das wegen der stark gestiegenen Nachfrage aber sehr teuer geworden ist.

Abb. 33: Schematischer Aufbau eines MLCC



Quelle: Website epcos 2006

Die Innenelektroden von MLCCs wurden bisher überwiegend aus Palladium-Silber-Mischungen hergestellt. Die typische Zusammensetzung von AgPd-Elektroden in MLCC-Kondensatoren liegt bei 70:30 bzw. 95:5 (Stephenson et al. 2004). MLCC-Kondensatoren wiegen zwischen 0,00017 g und 0,45 g (ZVEI 2003). Auf bedruckten Leiterplatten (PWB) eingesetzt, macht Palladium etwa 0,15% des Gesamtgewichts aus (vgl. Scharnhorst et al. 2005, 552). Die Silber-Palladium-Elektroden verlieren aus Kostengründen zwar Marktanteile an Nickelektroden und in geringerem Maße auch Kupferelektroden, da sie aber über besondere Eigenschaften (z.B. nicht-magnetisch) verfügen, werden sie vor allem in hochwertigen Produkten auch weiterhin eingesetzt werden. Der Gebrauch von Nickel und Kupfer als alternative Basismaterialien wurde insbesondere in Japan und Nord-Amerika vorangetrieben. Nachteil der Umstellung auf preiswertere Materialien durch die sogenannte BME-Metallisierung (engl. base metal electrode) sind die deutlich verminderten guten elektrischen Eigenschaften wie beispielsweise erhöhte Spannungsabhängigkeit und die Verschlechterung des Impedanzverhaltens. Bei den Keramikkondensatoren der Klasse 1 wird nach wie vor eine NME-Metallisierung (engl. noble metal electrode, dt. „Edelmetall-Elektrode“) bei-

behalten, da hier die Konstanz der elektrischen Werte entscheidend ist und dies nur durch die Verwendung von Palladium gewährleistet wird.

MLCC unterliegen einem dramatischen Prozess der Miniaturisierung, wodurch auch die Einsatzmenge an Palladium pro Bauteil deutlich gesunken ist. Dieser Effekt wird durch den steigenden Einsatz an elektronischen Anwendungen aber überkompensiert, so die Palladium-Einsatzmenge insgesamt auch weiter ansteigen wird. Treiber sind z.B. Handys mit eingebautem Fotoapparat oder auch Vielkern-Prozessoren in PCs (vgl. JOHNSON MATTHEY 2008, 8). Das Institut für Zukunftstechnologien hat den Rohstoffbedarf für MLCCs im Jahr 2030 abgeschätzt, danach steigt der globale Palladiumbedarf in diesem Bereich von derzeit 7,2t auf 9,22 bis 17,7t/a im Jahr 2030, vgl. Tab. 23:

Tab. 23: Globaler Rohstoffbedarf für miniaturisierte Kondensatoren, in Tonnen

Rohstoff	Weltproduktion 2006	Verbrauch 2006	Bedarfsvorschau 2030
Tantal	1.400	551	ca. 1400
Niob	44.500	288	ca. 1400
Barium	7.960.000	509	1250-3260
Titan	201.000	177	437-1140
Silber	20.200	210	ca. 400
Palladium	224	7	9,22-17,7
Mangan	11.900.000	109	266
Nickel	1.580.000	288	710-2030
Zinn	302.000	105	259-444
Antimon	134.000	28	ca. 68

Quelle: IZT/ ISI 2009

Darüberhinaus wird Palladium in Leiterpasten und für Widerstandselemente in Dick-schicht-Schaltungen eingesetzt. Platin findet Anwendung bei der Datenspeicherung in Laufwerken, als Barrierschichten und als Kontaktstellen auf Halbleitern (vgl. Hagelü-ken/ Meskers 2008).

PGM-haltige Elektrogeräte

Auf der Produktebene sind neben den näher untersuchten Bereichen Handys (siehe Kapitel 4.4.3) und Bildschirmen (siehe Kapitel 4.4.4) vor allem Festplatten für den PGM-Einsatz verantwortlich. Die Platten werden mit Platin beschichtet („besputtert“), trotz steigender Verkaufszahlen (+20% allein in 2007) sinkt die benötigte Menge aber, da immer feinere Schichten aufgetragen werden können. Durch das Perpendicular Recording-Verfahren zur Erhöhung der Speicherkapazität ist in den letzten Jahren vor allem die Nachfrage nach Ruthenium gestiegen, aber auch hier sinkt die Einsatzmen-ge aktuell schneller als die Produktnachfrage steigt (JOHNSON MATTHEY 2008, 19). Trotzdem macht der Elektrogeräte-Sektor mit 16t global etwa 65% der gesamten Ru-thenium-Nachfrage aus. PGM finden im IKT-Bereich vor allem in dissipativen bzw. nicht-demontagegerechten Formen Verwendung. Die Verteilung von geringen Mengen

in einer Vielzahl unterschiedlicher Produkte erschwert die Rückführung in Recyclingkreisläufen im Vergleich z.B. zum Autokatalysator erheblich.

Tab. 24 verdeutlicht die ökologische Relevanz des Palladium-Einsatzes für verschiedene Kategorien von Elektronikgeräten und unterstreicht dabei die Relevanz der ausgewählten Produktbereiche Bildschirme und Mobiltelefone.

Tab. 24: Anteilige ökologische Belastungen durch Gold, Silber und Palladium in verschiedenen Elektronikgeräten

Category	Gold Au	Silver Ag	Palladium Pd
Small household appliances	0.02%	0.00%	0.09%
IT and telecommunication excluding monitors	16.20%	0.32%	12.46%
CRT computer monitors	1.12%	0.06%	0.83%
LCD computer monitors	26.22%	0.22%	10.50%
Consumer electronics excluding TV sets	3.78%	0.09%	1.33%
CRT TV sets	7.62%	0.38%	5.84%
LCD TV sets	4.16%	0.06%	2.61%
Electrical and electronic tools	0.04%	0.00%	0.15%
Toys, leisure and sports equipment	0.69%	0.02%	0.10%

Quelle: Huisman et al. 2007

4.2.3 EAG-Behandlung und Recycling

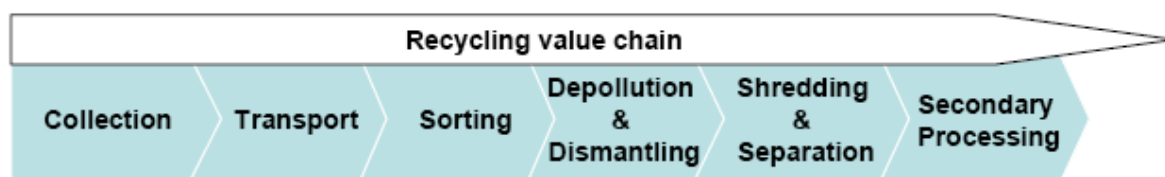
Bei der Kreislaufführung von PGM in EEE muss zunächst grundsätzlich zwischen der Produktions- und der Nachnutzungsphase unterschieden werden. In der Produktionsphase wird PGM im Elektronikbereich vor allem bei der Produktion von Glas-Displays eingesetzt. Da flüssiges Glas sehr hohe Temperaturen und äußerst aggressive chemische Eigenschaften aufweist, sind die Wände der Öfen mit einer Platin-Legierung ausgestattet. Während aber für diese Produktionsgeräte nahezu geschlossene Recyclingkreisläufe mit sehr geringen Verlusten etabliert wurden (bei Palladium bis zu 98%, vgl. Hagelüken et al. 2005, 50), sind die Rückgewinnungsquoten aus EAG – auch im Vergleich zum Autokatalysator – äußerst niedrig. Es handelt sich um „offene Produktkreisläufe“ (vgl. Hagelüken 2009), häufig mit einer intransparenten Vielzahl von Besitzerwechseln. Sowohl die unsachgemäße Entsorgung von EAG über den Hausmüll als auch der Export von Gebrauch- und Altgütern führen dazu, dass für effiziente Recyclingstrukturen häufig der notwendige Input fehlt.

Bei vielen Altgeräten ist die Rückgewinnung der darin enthaltenen PGM selbst dann nicht gewährleistet, wenn sie den vorgesehenen Sammelsystemen zurückgeführt wird, da sich das Recycling – wenn es überhaupt statt findet – häufig auf die besonders rentablen Fraktionen Gold, Silber und Kupfer konzentriert (vgl. Saurat/ Bringezu 2008).

4.2.3.1 Technische Grundlagen

Das Recycling von PGM-haltigem WEEE-Schrott lässt sich allgemein in unterschiedliche Schritte unterteilen (vgl. Abb. 34).

Abb. 34: Die Recycling-Wertschöpfungskette von Elektroaltgeräten



Quelle: UNU 2008

Sammlung: Der entscheidende Schritt für eine hochwertige Verwertung mit Rückgewinnung der PGM ist zunächst eine möglichst hohe Sammelquote. Das WEEE-Aufkommen unterscheidet sich dabei deutlich zwischen unterschiedlichen Sammelsystemen, wobei Kombinationen aus Hol- und Bringsystemen sowie kontinuierlichen und temporären Systemen möglich sind. Bei allen Systemen spielt die Kommunikation mit den Haushalten eine zentrale Rolle. Die durchschnittlichen Kosten für die Sammlung pro Tonne sinken dabei mit steigendem WEEE-Aufkommen, bei einem Recyclinghof beispielsweise von ca. 550 Euro jährlich bei 60t bis auf ca. 150 Euro bei 300 t (vgl. Bohr 2007, 28).

Sortierung und Demontage: Bei der Sortierung werden in sehr geringen Umfang wiederverwendbare Geräte separiert, zum anderen aber auch solche Geräte separiert, die eine relevante Menge seltener Metalle (wie PGM) enthalten. Denn während über die Hälfte des WEEE-Aufkommens überhaupt keiner Demontage unterzogen werden, ist dieser Schritt für die PGM-Rückgewinnung absolut notwendig, um eine für eine rentable Rückgewinnung ausreichende PGM-Konzentration im Stoffstrom zu erzielen. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher EEE-Produkte erfolgt die Demontage in den allermeisten Fällen noch manuell.

Schreddern: Anschließend wird der WEEE-Schrott geschreddert und sortiert. Besonders die Sortiertechnologie hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht, neben den herkömmlichen Magnet- oder Wirbelstromscheidern gewinnen auch optische Erkennungsverfahren und Flotationsanwendungen für die Schredderleichtfraktion an Bedeutung (vgl. Magalini 2007).

In einem österreichischen Forschungsprojekt (vgl. Salhofer/ Spitzbart 2009) wurden die Rückgewinnungsquoten für Edelmetalle bei der Behandlung von Leiterplatten aus PCs mit unterschiedlichen Verfahren untersucht: Zum einen die heute routinemäßige händische Hauptzerlegung, bei der die Motherboards als direkt zugängliche Leiterplatten und offen liegende Kontakte entnommen werden, zum anderen eine vertiefte Zer-

legung, bei der zusätzlich Festplatten, Laufwerke und Netzteile demontiert werden, um die in ihnen enthaltenen Leiterplatten zu entnehmen. Diese Ergebnisse wurden mit einer hochwertigen mechanischen Aufbereitung verglichen, bei der die PCs zunächst in einem Smasher in ihre Bauteile zerlegt werden und wertstoff- und schadstoffhaltige Bauteile anschließend auf einer Sortierstrecke händisch aussortiert werden. Die wertstoffhaltigen Fraktionen werden geschreddert und durch verschiedene Trennverfahren (Magnetscheider, Sink-Schwimm-Anlage, Wirbelstromscheider, Jigger etc.) sortiert. Für alle drei Verfahren wurden Massenbilanzen erstellt, die die Verteilung einzelner Stoffe auf die Outputfraktionen darstellen.

Tab. 25: Gehalte und Rückgewinnungsraten von Edelmetallen aus Leiterplatten durch Demontage bzw. mechanische Aufbereitung

	Gehalt in ppm	Hauptzerlegung	Vertiefte Zerlegung	Mechanische Aufbereitung
Ag	91	49%	92%	75%
Au	23	80%	97%	70%
Pd	9	66%	99%	41%

Quelle: Salhofer et al. 2009

Die Ergebnisse zeigen, dass die vertiefte Zerlegung bei den wertbestimmenden Komponenten Gold und Silber hohe Rückgewinnungsraten (92 bzw. 97%) erreichen kann. Für Palladium erreicht man allerdings auch in einer hochwertigen mechanischen Behandlungsanlage wie der hier untersuchten nur Rückgewinnungsraten von 41%. Hier erzielt schon die manuelle Hauptzerlegung ein um mehr als 50% besseres Ergebnis. Die vertiefte Zerlegung erreicht fast eine vollständige Ausschöpfung des Potenzials der Rückgewinnung der untersuchten Edelmetalle. Für Palladium wird sogar eine höhere Rückgewinnungsrate als für Gold und Silber, nämlich 99%, erzielt (vgl. Salhofer et al. 2009, 27).

Der aktuell in der Abfallwirtschaft eingesetzte Stand der Technik bei der Behandlung von EAG wurden auch von Chancerel et al. (2008) untersucht⁴³: Für WEEE der Kategorien IKT und Unterhaltungselektronik haben ihre Analysen ergeben, dass pro Tonne Gold im Wert von 359 Euro und Palladium im Wert von 47 Euro enthalten sind. Danach geht ein Großteil der 7,16g Palladium pro Tonne E-Schrott (ca. 75 %) aber verlo-

⁴³ Dazu wurde eine Anlage mit vollständiger händischer Demontage untersucht sowie eine Anlage, bei der nur die einfach demontierbaren Leiterplatten entfernt wurden. Die vollständigen Ergebnisse sowie der jeweilige Versuchsaufbau sind in Chancerel et al. 2009 dokumentiert.

ren, weil er überhaupt nicht in der edelmetallhaltigen Fraktion erfasst wird. 33% des Palladiums verteilen sich beispielsweise im Output auf die Plastikfraktion und gehen damit nicht in ein Recycling.

Recycling: Abschließend werden die PGM-haltigen Stoffströme weiter aufkonzentriert, um dann entweder in einer Kupferschmelze oder speziellen Recyclinganlagen (z.B. Hoboken) metallurgisch zurück gewonnen zu werden. Bei diesem Schritt können Rückgewinnungsquoten von bis zu 98% erzielt werden, die gewonnen Sekundärrohstoffe sind qualitativ nicht von Primärrohstoffen zu unterscheiden.

Abb. 35: Metallverteilung in einem E-Schrott-Schredder in Deutschland

		Metal				
		Iron	Copper	Silver	Gold	Palladium
Metal content per ton WEEE		401,92 kg	43,51 kg	313,32 g	22,24 g	7,16 g
Metal concentration in the output fractions						
Output	Aluminium	1%	3%	2722 g/ton	16 g/ton	3 g/ton
	Ferrous metals	86%	1%	329 g/ton	27 g/ton	5 g/ton
	Metal composites	58%	14%	22 g/ton	2 g/ton	1 g/ton
	Other material	10%	2%	104 g/ton	6 g/ton	7 g/ton
	Plastics	0%	4%	342 g/ton	24 g/ton	9 g/ton
	Precious-metals rich material	30%	10%	392 g/ton	64 g/ton	20 g/ton
Mass distribution over the output fractions						
Output	Aluminium	0%	2%	19%	2%	1%
	Ferrous metals	71%	6%	35%	40%	23%
	Metal composites	18%	40%	1%	1%	2%
	Other material	4%	8%	6%	4%	17%
	Plastics	0%	24%	29%	29%	33%
	Precious-metals rich material	6%	20%	11%	24%	24%
Sum		100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Chancerel et al. (2008)

4.2.3.2 Ökologische Bewertung des PGM-Recyclings

Tab. 26 veranschaulicht die ökologische Relevanz des PGM-Recyclings. Hier sind unterschiedliche Indikatoren für die Umweltbelastung durch die Produktion einer Tonne PGM aus der Primär- und der Sekundärroute gegenübergestellt. Im Vergleich zur Minenproduktion verursacht aus Elektroschrott gewonnenes Sekundär-PGM nur ein Neuntel der CO_{2eq}, einen um einen Faktor 41 geringeren TMR und sogar um den Faktor 216 geringere SO₂-Emissionen.

Tab. 26: Umweltbelastungspotenziale in der Primär- u. Sekundärgewinnung von Platingruppenmetallen

	PGM	Platin	Palladium	Rhodium
Primärproduktion				
in t/ t PGM				
CO _{2eq}	23.451	39.892	7.221	46.829
SO _{2eq}	1.792	1.942	1.545	2.308
TMR	388.602	683.564	99.891	802.707
Sekundärproduktion				
in t/ t PGM				
CO _{2eq}	1.851	2.875	788	3.322
SO _{2eq}	17	26	7	30
TMR	5.627	8.738	2.394	10.096

Quelle: Saurat/ Bringezu 2008

Bei diesen Berechnungen muss natürlich auch berücksichtigt werden, dass die Sammlung von WEEE mit ökologischen Belastungen, vor allem durch den Transport von der Sammelstelle zum Behandler und von dort zum Recycler, verbunden sind. Die Umweltbelastungen entlang des gesamten Lebenszyklus sollten dafür nicht nur die Belastungen in der Nutzungsphase, sondern auch die End of Life-Phase im Sinne eines Cradle to Cradle-Ansatzes berücksichtigen. Barba-Gutierrez et al. (2009) haben für unterschiedliche Aspekte der Umweltbelastung untersucht, bis zu welchem Transport-Radius ein Recycling noch ökologisch vorteilhaft ist. Ihre Ergebnisse auf Basis der Eco-Indicator99-Methodik zeigen, dass für vier Wirkungskategorien (Respiratory Inorganics, Fossil Fuels, Acidification/Eutrophication und Radiation) diese Grenze relativ schnell erreicht ist, insgesamt kann aber festgehalten werden, dass ein hochwertiges Recycling von WEEE auch bei längeren Transportdistanzen mit deutlichen ökologischen Vorteilen gegenüber einer Entsorgung über den Restabfall verbunden ist.

4.2.3.3 Status Quo PGM-Rückgewinnung aus WEEE-Recycling

Die Menge an Sekundär-PGM aus dem WEEE-Bereich ist in den letzten Jahren aufgrund gesetzlicher Vorgaben zur Erfassung und Behandlung EAG sowie der Preisentwicklung für PGM kontinuierlich gestiegen. Allerdings unterscheidet sich die Recyclinginfrastruktur und die Recyclingrate zwischen den OECD-Ländern und Ländern wie China deutlich. Dort entspricht der technische Standard der Behandlung und des Recyclings bei weitem nicht dem technologischen Niveau wie beispielsweise der Anlage von UMICORE in Hoboken, von Aurubis in Hamburg oder von Boliden in Schweden, so dass häufig auch nur die wertvollsten Komponenten wie Gold und Kupfer zurück gewonnen werden und das PGM mit dem Restmaterial deponiert wird (vgl. Hagelüken 2009).

Für die EU25 plus Norwegen und die Schweiz schätzen Saurat und Bringezu, dass im Jahr 2004 etwa 8,5t PGM aus WEEE-Schrott zurück gewonnen werden konnten (vgl. Saurat/ Bringezu 2008). Allerdings basiert diese Rechnung auf einer Sammelquote

PGM-haltiger WEEE-Schrotte von 50% der auf den Markt gebrachten Geräte, was zumindest bei IKT nur UE nur in Einzelfällen zu erreichen sein dürfte.

Analysen der Recyclinginfrastrukturen in Entwicklungsländern zeigen, dass diese so gut wie nirgends europäischen Mindestanforderungen an den Umwelt- oder Gesundheitsschutz entsprechen (vgl. Sander/ Schilling 2010). Für einige Fraktionen wie Kupfer und Gold existieren zwar teilweise Anlagen, allerdings fehlt es in der Regel an den entsprechenden Redistributionssystemen, um die Altgeräte tatsächlich diesen Anlagen zuzuführen. Zwar führt die händische Zerlegung in der ersten Stufe zu einer guten Separation der Materialien und Bauteile, allerdings nur für diejenigen, die auf den jeweiligen regionalen Märkten auch abgesetzt werden können. Für PGM muss davon ausgegangen werden, dass durch die Praxis des Abtrennens über offenen Feuern zur Kupfergewinnung die Rückgewinnungsrate zumindest in Afrika bei Null liegt (vgl. ebd., 52).

4.2.4 Exporte von gebrauchten Elektrogeräten und Elektroaltgeräten

4.2.4.1 Exportierte Mengen

Gebrauchte Elektrogeräte verlassen zu „einem hohen Prozentsatz“ (Weiland-Wascher/ Wuttke 2007, 440) den europäischen Wirtschaftsraum, wobei es sich häufig um illegale Verbringung von Elektroschrott handelt. Der Export von Elektro- und Elektronikschrott ist dabei laut Abfallverbringungsverordnung nur erlaubt, wenn folgende Punkte in den Zielländern gewährleistet sind:

1. die beste verfügbare Technologie für die Behandlung, Wiederverwendung und das Recycling
2. Anwendung einer selektiven Behandlung in Übereinstimmung mit Anhang II der WEEE-Direktive,
3. Genehmigungen, die denen in Europa entsprechen und mit den technischen Erfordernissen wie in Anhang III übereinstimmen sowie
4. gleiche gesetzliche Regelungen bezüglich der Sicherheit, gesundheitlichen Unbedenklichkeit sowie in Hinblick auf das Abfallbeseitigungsgesetz wie in Europa.

Exakte Mengenangaben sind äußerst schwierig zu ermitteln, da zum einen die Außenhandelsstatistik nicht zwischen Gebrauchsgütern und Neuwaren unterscheidet und zum anderen die Abgrenzung zwischen Produkt und Abfall häufig sehr schwierig ist. Über den Hamburger Hafen werden laut (Sander, Schilling 2010) ca. 150.000 t/a gebrauchte Elektrogeräte, davon über die Hälfte Monitore und Fernseher, aus Deutschland exportiert. Untersuchungen aus den Niederlanden haben gezeigt, dass etwa 20% der gebrauchten Fernseher illegal gesammelt und exportiert werden, wovon etwa 50-90% als Elektroschrott einzustufen gewesen wären (Beck 2007, 20).

Nach einer von der UNU (2008) veröffentlichten Studie werden in der EU von den jährlich insgesamt 8,7 Mio. Tonnen E-Schrott nur 2,1 Mio. Tonnen (davon etwa ein Drittel in Deutschland) in nach der WEEE-Richtlinie auf Ebene der Mitgliedstaaten eingerichteten Systemen gesammelt und verwertet, d.h. dass über 75% exportiert oder auf anderen illegalen Wegen entsorgt werden (während in der EU jährlich etwa 15-20 kg Elektrogeräte pro Einwohner der EU auf den Markt kommen, werden aber nur zwischen 3 und 5 kg Altgeräte - in Deutschland zwischen 6,3 und 8,7kg - eingesammelt). Die Hauptmassenströme wie Eisen und Kupfer werden auch in diesen Systemen größtenteils recycelt, für das PGM-Recycling stehen diese Produkte dann aber in der Regel nicht mehr zur Verfügung.

Auf der Angebotsseite handelt es sich um eine Vielzahl unterschiedlicher Quellen, die sich jeweils durch unterschiedliche Stückzahlen, Qualitäten und dementsprechend auch Preise auszeichnen. 2007 wurden 6.856t WEEE aus Deutschland exportiert (vgl. Janz et al. 2009), was eine Minderung um fast zwei Drittel gegenüber dem Vorjahr bedeuten würde. Janz et al. (2009) vermuten, dass die Menge an illegalen Exporten, die nicht durch die Statistik der ear erfasst ist, um ein Vielfaches höher liegt. Frühere Studien der Deutschen Umwelthilfe (DUH, 2007) berichten von einzelnen Akteuren, die alleine jährlich 12.000t Computer-Monitore über den Hamburger Hafen nach Asien exportieren.

Die Dunkelziffer an Exporten, die als Gebrauchtgüter deklariert werden, bei denen es sich aber tatsächlich um WEEE handelt, kann nur grob geschätzt werden. Janz et al. (2009) haben dazu in 29 Kommunen in Nähe der ostdeutschen Grenze insgesamt 81 Wertstoffhöfe, kommunale Entsorgungsanlagen und Abfallbehörden befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass besonders edelmetallhaltige Elektroaltgeräte abgegriffen und über den Landweg nach Osteuropa exportiert werden. Janz et al. schätzen das Exportvolumen über den Landweg nach Osteuropa auf eine Spanne von 36.000 bis 122.000t WEEE pro Jahr (ebd., 128). Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Menge an EAG entscheidend vom Sammelsystem, der Art der Sammlung, der Öffentlichkeitsarbeit der Kommune sowie dem Einsatz der Ordnungsämter abhängt. So werden die Mengen bei individuellen Abholterminen von den Befragten deutlich niedriger als bei vorab bekannten Abholtermine für ganze Straßenzüge geschätzt. Experten berichten allerdings auch, dass professionelle Sammler das Tourensysteem der Abfallbehörden sehr genau analysieren und es so auch bei gebündelten, individuellen Terminen zu massiven Diebstählen kommt, was letztendlich auch die Schließung von PGM-Stoffkreisläufen behindert, wenn diese Geräte nicht hochwertigen Recyclingstrukturen zugeführt werden.

Tab. 27 gibt einen Überblick über die Mengenrelevanz unterschiedlicher Quellen, aus denen gebrauchte Elektrogeräte und EAG stammen, die exportiert werden. Die häufig genannten Flohmärkte spielen mengenmäßig wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle, werden aber häufig von den Akteuren selber genannt, weil dort keine Rechnungen ausgestellt werden und somit der Verbleib der Ware nicht nachvollzogen werden kann. Wertkaskaden, bei denen gebrauchte Geräte an Händler verkauft werden, sind

wahrscheinlich besonders für Handys relevant. Hier gibt es eine unüberschaubare Anzahl von Akteuren am Markt, was eine belegbare Mengenabschätzung besonders erschwert. Die gewerblichen Reseller sind dagegen hauptsächlich auf den Bereich sog. Weißer Ware spezialisiert.

Tab. 27: Mengenabschätzungen für Export-Quellen für gebrauchte Elektrogeräte und EAG aus Deutschland

Quelle	Menge
Diebstahl bei der Sperrmüllsammlung	10.000 - 100.000 t/a
Schrottsammlung	10.000 - 100.000 t/a
Online Anzeigen/ Auktionshäuser	10.000 - 50.000 t/a
Gewerbliche Reseller	50.000 - 100.000 t/a
Flohmärkte	bis zu 10.000 t/a
Re-Use-Organisationen	bis zu 10.000 t/a
Wertkaskaden	bis zu 50.000 t/a

Quelle: Sander/ Schilling 2010

4.2.4.2 Exportstrukturen

Ziel der Exporte sowohl von Gebraucht- als auch Altgeräten sind nach Einschätzungen von Experten (vgl. Sander/ Schilling 2010) vor allem einzelne Regionen in China und Indien sowie Nigeria und Ghana, von wo die Geräte entweder als Secondhandware weiter verkauft oder einem informellen Recyclingsektor zugeführt werden, in dem sowohl Technik als auch Umweltschutzbestimmungen deutlich unter dem Standard der Industrieländer liegen.

Abb. 36: Transportwege für WEEE und Schrottschiffe in Südostasien



Quelle: Le Monde diplomatique 2007

Ein großer Anteil der Elektrogeräte-Exporte findet per Schiff statt. Etwa 15% aller Schiffr Transporte innerhalb der EU haben Abfälle als Ladung (IMPEL 2008, 6), in den meisten Fällen sind dies legale Transporte, u.a. von gebrauchten EEE. Bereits 1994 hat die EG Regeln für die Überwachung und Kontrolle von Abfallverschiffungen erlassen, basierend auf entsprechenden Regeln der OECD und dem Basler Übereinkommen.

Bei Untersuchungen von Abfallverschiffungen im Zeitraum 1/2007 bis 2/2008 wurden bei 15% Verstöße gegen das geltende Abfallrecht festgestellt. Die Verstöße umfassten administrative Vergehen (z.B. unvollständige oder gefälschte Papiere) als auch in 40% der Fälle illegale Abfallverbringungen. In 30 der untersuchten 318 Fälle waren Elektroschrotte involviert; bezogen auf die illegalen Abfallverbringungen waren sie die mit Abstand häufigste Abfallfraktion. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass ein einheitliches Niveau der Umsetzung der EG-Abfallverbringungsverordnung noch nicht erreicht ist. Insgesamt wurde aber generell ein erhebliches Kapazitätsproblem im Vollzug festgestellt (ebd., 26).

Auch in den Zielländern existieren erhebliche Vollzugsdefizite. Grundsätzlich ist der Import von alten Elektro- und Elektronikgeräten nach China seit 2000 verboten, das betrifft wegen ihres Schadstoffpotentials besonders die PGM-haltigen Leiterplatten und damit besonders UE und IKT (vgl. Yoshida 2005). Ebenso ist offiziell eine Untersuchung aller Abfälle vor der Entladung sowie eine Genehmigung der chinesischen Umweltbehörde notwendig, um WEEE behandeln zu dürfen. Allerdings besteht in China besonders im Abfallbereich ein großes Vollzugsdefizit und gleichzeitig wird der Import nach China von Secondhand-Elektrogeräten steuerlich begünstigt, ohne dass die Herkunft dieser Geräte überprüft werden könnte (vgl. Shinkuma/ Huong 2008).

In Nigeria schreibt der „Harmful Waste Decree 42“ von 1988 vor, dass Abfälle zur Verwertung nur nach einer Genehmigung des nigerianischen Umweltministeriums eingeführt werden dürfen, eine spezielle Regelung für Elektronikschrott existiert jedoch nicht. Allerdings wurde eine solche Genehmigung nach Angaben des Ministeriums noch nie beantragt. Trotzdem erreichen jeden Monat etwa 500 Container mit Elektrogeräten aus unterschiedlichen Ländern Nigeria. Die Angaben zu den davon noch funktionstüchtigen Geräten schwanken zwischen 25 und 75% (vgl. Osibanjo 2009), allerdings ist unklar, welcher Anteil davon bereits als EAG verschifft wurde. Etwa 45% der Geräte kommen aus Europa, etwa die gleiche Menge aus den USA. Bei den jährlichen Mengen von etwa 60.000t handelt es sich bei ca. 15.000-45.000t um gefährliche Abfälle (vgl. ebd.).

Ein besonderes Problem in Nigeria ist das Ausmaß der Korruption bei den Zollbehörden. Die Regierung hat daher das Zollverfahren umgestellt und zusätzlich drei internationale Prüfgesellschaften engagiert (vgl. Mafels 2006).

Im Hafen von Lagos gibt es zwei große Umschlagplätze für Elektrogeräte, den Alaba Market und das Computer Village (vgl. Sander/ Schilling 2010). Im Hafen werden die unterschiedlichen Geräte nach einem „grading system“ sortiert: Reparierbare und funktionstüchtige Geräte werden von Altgeräten unterschieden, die vor allem an informelle Schrotthändler verkauft werden. Diese versuchen mit einfachsten Mitteln und Methoden, einzelne Fraktionen wie Kupfer aus den Geräten zu gewinnen, dazu gehört z.B. das Abbrennen von Kabelumhüllungen.

4.2.4.3 Umweltschäden durch unsachgemäße Behandlung, Recycling und Ablagerung

In China⁴⁴ und anderen Ländern führt nicht nur die unregelmäßige Deponierung von WEEE zu Umweltproblemen, sondern vor allem unsachgemäße Behandlung und Recycling, insbesondere der Leiterplatten (vgl. Shinkuma/ Huong 2008).

Eine Studie von Greenpeace International (vgl. Bridgen et al. 2005) hat mehr als siebenzig Ablagerungs- und Verarbeitungsstätten für WEEE in China und Indien untersucht und belegt, dass auf allen Stufen der WEEE-Behandlung giftige Schwermetalle und organische Schadstoffe in die Umwelt gelangen und die Arbeiter belasten.

Als besonders umweltbelastende Arbeitsschritte im Behandlungs- und Verwertungsprozesse erweisen sich das Lösen der integrierten Schaltkreise von den Leiterplatten durch starke Säuren, wobei die Abwässer ungefiltert in die Flüsse oder das Grundwasser fließen, sowie das offene Verbrennen der Leiterplatten, um die Edelmetalle, vor allem Kupfer, Gold und Silber, vom Plastik zu trennen. Ein besonderes Problem stellen die brandgehemmten Plastikanteile in EEE dar, die etwa 11% des Kunststoffanteils ausmachen. (Vehlow et al. 2003).

4.2.4.4 Soziale Dimension der Exporte gebrauchter Elektronikgüter

Gleichzeitig muss aber auch berücksichtigt werden, dass der (legale) Import von gebrauchten Elektrogütern eine stetig steigende Nachfrage nach günstigen Elektro- und Elektronikgeräten, vor allem im IKT-Bereich, befriedigt. Der „digitale Graben“ (van den Pol 2004) zwischen den Industrienationen und Entwicklungsländern behindert massiv deren ökonomische Entwicklung, so hatten 2003 in Afrika nur ca. 5% der Bevölkerung Zugang zum Internet.

Wegen der fehlenden Festnetzanschlüsse spielt vor allem das Handy eine entscheidende Rolle für die Entstehung funktionierender Märkte. Einer Studie der UN zufolge ist das Handy das wichtigste Kommunikationsmedium für Unternehmer in Afrika, rechnerisch benutzt mittlerweile jeder zweite Bewohner eines Entwicklungslandes ein Handy, 2005 war es erst jeder Vierte (vgl. UN 2008). Donner/ Escobari (2010) haben die

⁴⁴ Als Zentrum des WEEE-Recyclings in China gilt die Stadt Guiyu in der Provinz Guangdong, die an den Hafen von Honkong angrenzt und gleichzeitig in der Nähe der Millionenstädte Guangzhou und Shenzhen liegt. 2004 hatte die chinesische Regierung zwar angekündigt, in Guiyu einen hochwertigen Recycling-Park errichten zu wollen, bis Ende 2007 ist damit aber noch nicht begonnen worden (ebd., 17).

Effekte des Einsatzes von Mobilfunkgeräten auf die Entwicklung von Märkten in Entwicklungsländern untersucht und betonen deren Beitrag zur Effizienz⁴⁵.

Und auch der illegale Import von Elektroschrott bietet einer steigenden Zahl von Menschen in den Zielländern Beschäftigungschancen, auch wenn sowohl über die Anzahl dieser Arbeitsplätze als auch die dort vorherrschenden Umwelt- und Gesundheitsstandards verlässliche Zahlen weitgehend fehlen. Entscheidend wird sein, in diesen Ländern Mindeststandards für den Umweltschutz und die Sicherheit am Arbeitsplatz zu definieren und auch durchzusetzen.

Das vollständige und tatsächlich auch vollzogene Verbot für den Import von WEEE nach China würde nach Meinung von Experten das Geschäft völlig in die Illegalität oder in andere Entwicklungsländer verdrängen und somit vor allem die vereinzelt Recycler treffen, die sich zumindest ansatzweise an westlichen Sicherheits- und Gesundheitsstandards orientieren (vgl. Shinkuma/ Huong 2008).

4.2.4.5 Anreizstrukturen Exporte

Sander und Schilling (2010) haben die Preissituation für gebrauchte Elektronikgeräte in den Empfängerstaaten untersucht, um einen Eindruck von den ökonomischen Anreizstrukturen zu gewinnen. TV-Monitore mit einer Bildschirmdiagonalen zwischen 14 und 17 Zoll erzielen danach auf dem Markt in Lagos in guter Qualität noch Preise von 25 Euro, in schlechter Qualität von 10 Euro. Bei Fernsehern reicht die Spanne je nach Qualität und Größe von 20 bis 40 Euro. Aber selbst für nicht mehr funktionstüchtige CRT-Monitore werden Preise zwischen 2 und 3 Euro gezahlt.

Tab. 28 zeigt die unterschiedlichen Ankaufpreise für 1.000kg bedruckte Leiterplatten, die in Deutschland als gefährlicher Abfall entsorgt werden müssten. Hier würden professionelle Aufkäufer umgerechnet bis zu 200\$ für Leiterplattenschrott bezahlen⁴⁶, ein autorisierter Recycler in China zahlt danach pro Tonne etwa 250\$, ein illegaler Recycler in Guiyu, der an keinerlei Sozial- oder Umweltstandards gebunden ist, kann dagegen bis zum 7fachen diese Preises zahlen. Die großen Preisunterschiede verdeutlichen die Dimension der ökonomischen Anreizstrukturen.

⁴⁵ So hat z.B. der Einsatz von Mobiltelefonen bei Kleinunternehmern in Niger dazu geführt, dass die Preisspanne bei Getreide um 21% verringert werden konnte, so dass die Getreidehändler ihren Anteil am Gewinn gegenüber den international agierenden Handelsorganisationen um 29% steigern konnten, vgl. Donner/ Scobari 2010, 641ff.

⁴⁶ Für speziell vorsortierte Leiterplatten, z.B. Rückwände + Kontaktleisten aus Computern/Großrechnern mit deutlich sichtbare Goldkontakten werden jedoch auch bis zu 9.000 Euro/t bezahlt, vgl. <http://www.scheideanstalt.de/informationen/aktuelle-ankaufskurse/elektroschrott-preise-und-sortierkriterien/>

Tab. 28: Ankaufspreise für eine Tonne Leiterplatten-Schrott 2006

Deutschland	Guiyu	Autorisierter Recycler in Hangzhou (China)
200 \$	420 – 1900 \$	250\$

Quelle: Shinkuma/ Huong 2008, eigene Berechnungen

Den Erlösen in den Zielländern gegenüber stehen die Transportkosten von Deutschland in das Zielland. Abhängig von Konjunkturlage und Route kostet ein 40-Fuß-Seecontainer nach Westafrika inklusive aller „handling fees“ etwa 1.500 Euro. Je nach Verpackung und Verstaung können in einem solchen Container bis zu 900 CRT-Monitore transportiert werden. Damit ergibt sich ein rentabler Ankaufspreis von 8 Euro für einen CRT TV, selbst wenn man für die Personalkosten pauschal noch etwa zusätzlich 30% des Marktpreises annimmt. Die Untersuchungen haben darüber hinaus ergeben, dass vor allem Ersatzteile im Vergleich zu Deutschland einen relativ guten Preis erzielen: Speicherchips mit 256 MB, die in Deutschland in Neugeräten schon seit langem überhaupt nicht mehr eingesetzt werden, können in Lagos noch für bis zu 10 Euro veräußert werden (vgl. ebd., 58).

4.3 Rechtlicher Rahmen

In diesem Kapitel sollen die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Behandlung und den Export von WEEE dargestellt werden. Dabei müssen verschiedene Regulierungsebenen unterschieden werden: Völkerrechtlich, EU-weit und national. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Anreizstrukturen, die sich auf die Rückgewinnungsraten von PGM und den Export von PGM-haltigen Altgeräten auswirken.

4.3.1 Basler Übereinkommen

Das 1989 verabschiedete „Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung“ hat dazu geführt, dass heute quasi keine Abfälle zur Beseitigung mehr aus der EU exportiert werden: Zentrales Element war die Verpflichtung des Exportstaates, vor einer grenzüberschreitenden Abfallverbringung die schriftliche Zustimmung des Importstaates sowie gegebenenfalls von Durchführstaaten einzuholen (vgl. Buck/ Helm 1999, 1). Hingegen haben die Exporte von Gebrauchsgütern und von Abfällen zur Verwertung erheblich zugenommen.

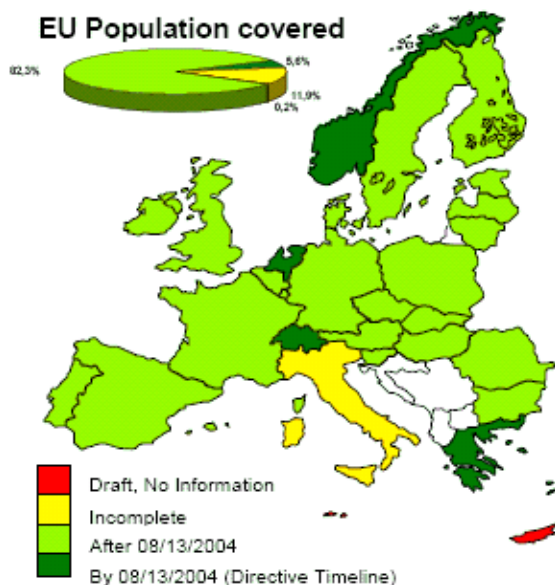
4.3.2 EG-Elektroaltgeräte-Richtlinie

Auf europäischer Ebene wurde im Jahr 2002 die EG-Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronikgeräte verabschiedet. Ziel ist das Vermeiden, Verringern sowie um-

weltverträgliche Entsorgen der zunehmenden Mengen an Elektronikschrott durch eine erweiterte Herstellerverantwortung für die Produkte. Die Verpflichtung, für die Entsorgung, d.h. für die Entsorgung der Geräte Verantwortung zu übernehmen, soll die Hersteller dazu zwingen, den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte in ihre Kalkulation einzubeziehen.

Die EU-Richtlinie ist im Januar 2003 in Kraft getreten. Bis 18. August 2005 sollten die EU-Mitgliedstaaten die Richtlinie in nationale Gesetze umgesetzt und ein nationales Rücknahmesystem aufgebaut haben. Seit Dezember 2006 müssen mindestens 4 kg Elektronikschrott pro Einwohner und Jahr gesammelt werden. Darüber hinaus werden für die Behandlung – differenziert nach verschiedenen Gerätekategorien – massenbezogene Verwertungs- und Recyclingquoten vorgeschrieben. Spezifische Verwertungsquoten für PGM oder PGM-haltige Altgeräte sind in der Elektroaltgeräte-Richtlinie ebenso wenig enthalten wie spezifische Demontagepflichten für PGM-haltige Bauteile, allerdings schreibt Annex II der Richtlinie die Demontage von Leiterplatten vor, bei Mobilfunkgeräten in jedem Fall, ansonsten wenn die Leiterplatte eine Oberfläche von mindestens 10cm² aufweist.

Abb. 37: Umsetzung der WEEE-Direktive im Jahr 2007



Quelle: UNU 2008, 5

Die WEEE-Richtlinie unterscheidet folgende Gerätekategorien: relevante Mengen an PGM sind vor allem in den Klassen 3 und 4 zu erwarten.:

1. Große Haushaltgeräte (Backofen, Kühlschrank usw.)

2. Kleine Haushaltgeräte (Toaster, Staubsauger usw.)
3. Büro und Kommunikation (PC, Drucker, Telefon, Fax usw.)
4. Unterhaltungselektronik (TV, HiFi, portabler CD-Player usw.)
5. Leuchtmittel (vor allem Fluoreszenzröhren)
6. E-Werkzeug (Bohrmaschine, Rasenmäher usw.)
7. Spiel- und Freizeitgeräte (Modelleisenbahn, Fitnessmaschine usw.)
8. Medizinische Geräte und Instrumente
9. Überwachungsgeräte
10. Automatische Ausgabesysteme (Fahrkartenautomat usw.)

Relevante Mengen an PGM sind vor allem in den Kategorien 3 und 4 zu erwarten. Die Sammlung der EAG erfolgt in den meisten Mitgliedstaaten aber nicht nach Gerätekategorien, sondern in Sammelgruppen, in denen Geräte, die ähnlich zusammengesetzt sind und somit gleiche Entsorgungswege gehen, zusammengefasst werden: Großgeräte, Kühlgeräte, Kleingeräte, Bildschirme (die in Deutschland mit IKT und UE zusammen erfasst werden) und Lampen.

Das zukünftige Gesamtaufkommen an Elektronikschrott in der EU wird auf 20kg pro Kopf geschätzt, davon entfallen 12kg auf Konsumenten, 5kg auf die Industrie und etwa 3kg auf Kabel aus Infrastrukturen. Die Vorgabe der EU, 4 kg WEEE pro Einwohner und Jahr zu sammeln, wird in den EU15 teilweise deutlich übertroffen⁴⁷, in den EU10 noch nicht überall erfüllt. Dort steigt die Menge allerdings schnell, auch weil große Elektrogeräte in großen Mengen aus den alten Mitgliedsstaaten importiert werden und dort als WEEE anfallen. Bei den Kleingeräten ergeben sich erhebliche Unterschiede auch zwischen den EU15-Staaten, was auf große verbleibende Potenziale schließen lässt.

Insgesamt hat die WEEE-Richtlinie relativ große Interpretationsspielräume offen gelassen, so dass eine Vielzahl verschiedener nationale Elektronikschrott-Verordnungen innerhalb der EU existieren (vgl. UNU 2008, 243), was im Binnenmarkt zu administrativen Kosten (z.B. durch national unterschiedliche Vorschriften bei der Herstellerregistrierung) für die hochwertige Wiederverwendung oder Verwertung der Abfallströme führt.

Revision der WEEE-Richtlinie

Eine von der EU-Kommission beauftragte Überprüfung der WEEE-Richtlinie hat ergeben, dass sie nicht nur „nicht die geplante Wirkung erzielt hat und ihre Ziele nicht effizient genug verwirklicht werden, sondern dass auch unnötige Kosten anfallen“ (EU 2008, 2). Auf dieser Grundlage hat die Europäische Kommission im Dezember 2008

⁴⁷ Das 4kg-Ziel der Richtlinie wird kritisiert, weil es für die EU15 keinerlei Anreize bietet, die bestehenden Sammelsysteme auszubauen, vgl. UNU 2008.

einen Vorschlag zur Änderung der WEEE-Richtlinie entwickelt. Dort ist u.a. auch vorgesehen, die Sammelquote in Zukunft auf 65% der in den beiden Vorjahren in Verkehr gebrachten EEE zu erhöhen (vgl. Rummler 2009, 6). Dies würde in vielen Mitgliedstaaten eine erhebliche Steigerung der zu sammelnden Mengen bedeuten. Würde in diesem Rahmen die Sammlung von Altgeräten der IKT und UE gesteigert, würde das Potenzial für das PGM-Recycling steigen.

4.3.3 ElektroG

Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz dient u.a. der Umsetzung der WEEE-Richtlinie in deutsches Recht. Es trat am 16. März 2005 in Kraft.

Sämtliche Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten im Sinne des Gesetzes müssen sich bei der zuständigen Behörde registrieren lassen (ca. 8300 in 2008) und ihre in Verkehr gebrachten Mengen nach Gerätekategorie melden.

Für die Sammlung der Altgeräte aus privaten Haushalten ist auch weiterhin die kommunale Abfallwirtschaft zuständig (entweder im Bring- oder Holsystem), für die Haushalte ist die Abgabe unentgeltlich. Die Aufwendungen für die Sammlung dürfen die Kommunen über Abfallgebühren refinanzieren. Die Kommunen stellen die gesammelten Altgeräte sortiert in fünf Sammelgruppen zur Abholung durch die Hersteller bereit (PGM-relevant ist dabei vor allem die Sammelgruppe 3 - Informations- und Telekommunikationsgeräte, Geräte der Unterhaltungselektronik). Die anschließende Wiederverwendung oder Behandlung haben die Hersteller selbst zu organisieren (vgl. BMU 2005, 1ff.).

§12 des ElektroG definiert die Verwertungsquoten gemäß den Vorgaben der WEEE-Richtlinie für die unterschiedlichen Gerätekategorien. Dabei wird unterschieden zwischen der Verwertung, die sowohl die stoffliche als auch die energetische Verwertung umfasst, und der Wiederverwendung und stofflichen Verwertung von Bauteilen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Quoten für die fünf Sammelgruppen, die sich jeweils auf das durchschnittliche Gewicht eines Gerätes beziehen.

Tab. 29: Vorgegebene Verwertungsquoten im ElektroG

Gruppe	Gerätetypen	Verwertung in %	Davon Wiederverwendung und stoffliche Verwertung von Bauteilen, Werkstoffen und Stoffen in %
1	Haushaltsgroßgeräte, automatische Ausgabeautomaten	80	75
2	Kühlgeräte	80	75
3	IT- und TK-Geräte, Unterhaltungselektronik	75	65
4	Gasentladungslampen	80	80

5	Haushaltskleingeräte, Beleuchtungskörper, Werkzeuge, Spielzeuge, Sportgeräte, Medizingeräte, Überwachungs – u. Kontrollgeräte	70	50
---	---	----	----

Quelle: BMU 2008

Entsorgungssysteme

Vor der Umsetzung der WEEE-Richtlinie durch das ElektroG wurde die Entsorgung von Elektroaltgeräten zumeist von mittelständischen Unternehmen durchgeführt, die lokal agierten. Viele dieser Firmen sind aber nicht in der Lage, wie gefordert deutschlandweit die Abholung von Containern zu garantieren. Dies hat zu einer Entwicklung von Entsorgungssystemen geführt, die den Herstellern die Verwaltung und Organisation der flächendeckenden Rücknahme anbieten. Von diesen gibt es in Deutschland ca. zwanzig, die alle deutschlandweite Netzwerke mit Transport- und Entsorgungsunternehmen aufgebaut haben, um die etwa 1.600 kommunalen Sammelstellen abzudecken. Viele dieser Systeme agieren auch europaweit.

Die geteilte Verantwortung zwischen Kommune (Sammlung) und Herstellern (Entsorgung) hat zu gesunkenen Standards in der für eine hochwertige Wiederverwendung sowohl der ganzen Geräte als auch einzelner Stoffgruppen notwendigen Getrenntführung der Produkte geführt. Nach der Sammlung in den fünf Sammelgruppen in großen Containern, dem Transport und Abschütten des gesamten Inhalts beim Erstbehandler besteht kaum noch eine Möglichkeit, einzelne Produkte auf ihre Funktionstüchtigkeit zu testen. Dazu kommen die im europäischen Vergleich sehr niedrigen Entsorgungspreise, die von den Herstellern ausgehandelt werden: „So liegen beispielsweise in Österreich die Verwertungskosten für ein Kühlgerät mit 13,20 Euro um mehr als siebzig Prozent höher als hierzulande (7,70 Euro). Die Bildschirmverwertung kostet in der Alpenrepublik sogar mehr als das 4,5-fache als in Deutschland“ (Leonhardt 2007, 9). Eine Wiederverwendung von Geräten findet bisher kaum statt.

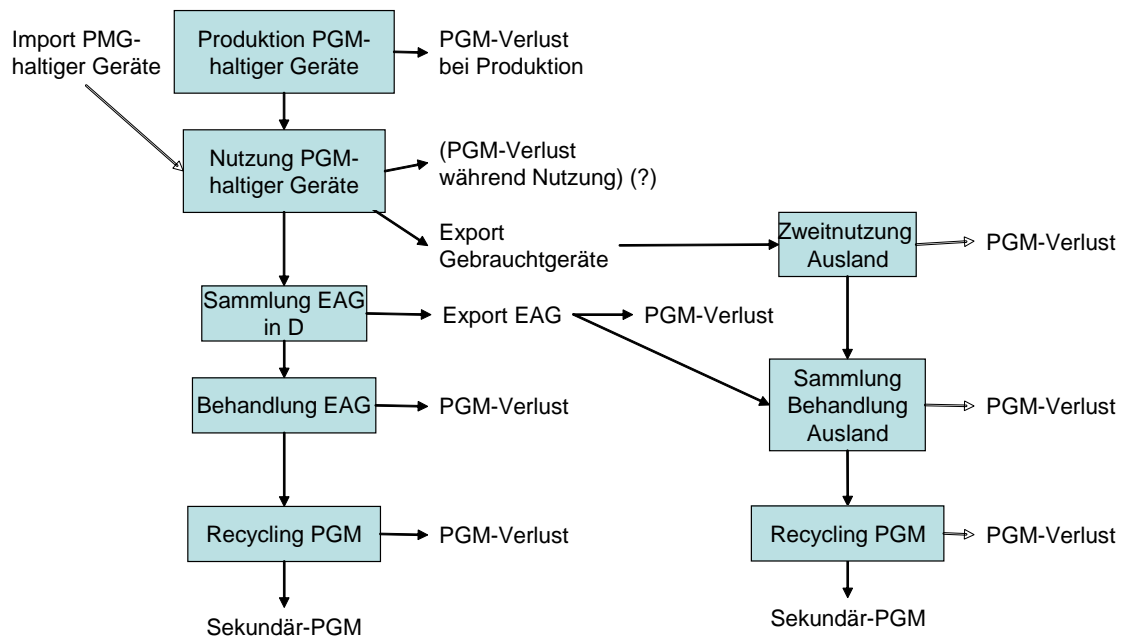
Durch die Zuständigkeit der national agierenden Hersteller für die Aushandlung der Verwertungsaufträge verlieren viele kleine Initiativen an Bedeutung, die in Verbindung mit sozialwirtschaftlichen Einrichtungen stehen, bei denen durch das Recycling Arbeitsplätze für Langzeitarbeitslose oder behinderte Menschen geschaffen werden. Auf der anderen Seite rechnen sich durch diese Skaleneffekte aber auch hochwertige Verfahren mit hohen Fixkosten.

4.4 Identifizierung von PGM- Verlusten

Im Folgenden soll die Kreislaufführung von PGM in Mobiltelefonen und Bildschirmen untersucht werden. Abb. 38 zeigt die unterschiedlichen Untersuchungsschritte: Es wird versucht den gesamten Produktlebenszyklus zu betrachten und nicht nur die Abfallströme, um aus dem Vergleich von Input und Output Rückschlüsse auf die Relevanz einzelner Verlustpunkte zu ermöglichen. Auf Basis dieser Quantifizierungen sollen

dann in Kapitel 5 konkrete Maßnahmevorschläge zur Optimierung der Kreislaufführung entwickelt werden.

Abb. 38: PGM-Ströme in Elektrogeräten, für Deutschland



4.4.1 Beschreibung der Datenlage für PGM in EEE und EAG

Die Datenlage für die Entstehung und den Verbleib von WEEE und Gebrauchtergeräten wird übereinstimmend als äußerst unbefriedigend bezeichnet: „There is a lack of information on where WEEE presently ends up and the environmental fate of the waste streams. The extensive uncontrolled and unrecorded transboundary movements of these end-of-life goods or their components make tracking of WEEE and its final disposal routes difficult.“ (EEA 2003, 9). Die Situation hat sich vor allem in Europa in den letzten Jahren deutlich verbessert, trotzdem bestehen nach wie vor erhebliche Unsicherheiten.

Mit der 2010 veröffentlichten Dissertation von Perrine Chancerel „Substance flow analysis of the recycling of small waste electrical and electronic equipment“ liegt nun erstmals eine konsistente Beschreibung der Stoffflüsse von PGM in Elektrokleingeräten vor. Danach fielen 2007 insgesamt 653kg Palladium in Elektrokleingeräten als EAG an, davon wurden 385kg separat erfasst, 317kg einer ordnungsgemäßen Erstbehandlung unterzogen und 147kg zurückgewonnen. Insgesamt ergibt sich damit ein Verlust

von 476kg bzw. 72,9% des eingesetzten Palladiums. Tab. 30 zeigt zusätzlich die Ergebnisse für Gold.

Tab. 30: Flows of sWEEE (tonnes) and flows of gold and palladium (kg) associated with sWEEE in Germany, 2007

Country	Input of subsystem	Total flow of sWEEE		Flow of gold		Flow of palladium	
		Flow	Std Dev	Au flow	Std Dev	Pd flow	Std Dev
Germany	Generation	399 602	14 705	2 152	104	653	35
	Collection	309 588	12 363	1 381	69	385	17
	Non-separated collection	90 014	8 728	771	80	268	31
	Reuse	12 974	2 303	97	14	32	5
	Formal treatment	254 854	12 066	1 166	69	317	16
	Informal treatment	41 760	5 638	118	13	35	4
	Recovered	11 677	2 080	512	29	147	9
	Reused	3 722 175	308 278	88	13	29	4
	Discarded	1 115 258	70 213	1 552	90	476	33

Quelle: Chancerel 2010

Die Arbeit basiert auf einer Vielzahl empirischer Untersuchungen, die erstmals verlässliche Daten für verschiedene der in Tab. 30 gezeigten Stufen der Stoffflüsse ermöglichen. Allerdings weist die Studie methodisch einen etwas anderen Systemgrenzen und vor allem einen anderen räumlichen Zuschnitt auf als die hier gewählte Forschungsfrage, so dass die Ergebnisse nicht 1:1 übernommen werden können. Unterschiede ergeben sich vor allem durch die zusätzliche Betrachtung der Exporte von Gebrauchsgütern, so bezieht sich z.B. die hier verwendete Nutzungsdauer von Geräten nur auf die Nutzung in Deutschland.⁴⁸

Zur Verbesserung der Datenlage verpflichtet die WEEE-Richtlinie die Mitgliedsstaaten, die Mengen an in Verkehr gebrachten und gesammelten elektronischen und elektrischen Geräten (EEEs) statistisch zu erfassen. Für Deutschland sind diese Daten 2006 erstmalig erhoben worden, aggregiert für die 10 Produktkategorien, siehe Tab. 31. Zusätzliche produktspezifische Daten wurden auf EU-Ebene für das „Energy using Products“-Programm erhoben; diese enthalten aber in der Regel keine Daten für die einzelnen Mitgliedsstaaten. Daten zur Ausstattung der Haushalte mit einzelnen EEEs

⁴⁸ Um das WEEE-Aufkommen ohne exakte Daten abzuschätzen, wurden in der Wissenschaft unterschiedliche Methoden entwickelt (vgl. Lohse et al. 1998). Sie gehen von der durchschnittlichen Haushaltsausstattung mit Elektronik-Geräten („consumption and use method“) oder den Verkaufszahlen („market supply method“) aus. Während die erste Methode vor allem von Schätzungen über die Lebensdauer abhängig ist, ist bei der zweiten Methode die Marktsättigung entscheidend, d.h. ob durch den Verkauf ein bereits angeschafftes Gerät ersetzt wird oder nicht.

werden von den statistischen Ämtern erhoben. Darüber hinaus wurde für die weiteren Analysen auf Angaben der Hersteller und ihrer Verbände zurückgegriffen.

4.4.1.1 EAG- Mengen in Deutschland

Insgesamt wurden im Jahr 2006 rund 750 000 Tonnen Altgeräte aus privaten Haushalten und aus dem Gewerbe erfasst. Die pro Kopf-Erfassungsmenge ausgedienter Elektroaltgeräten aus privaten Haushalten liegt damit in Deutschland bei über acht Kilogramm pro Einwohner. Davon entfielen über 60% auf den Bereich der Haushaltsgroßgeräte, die an der Menge der in Verkehr gebrachten Geräte aber nur etwa 39% ausmachen. Da im Jahr 2006 rund 1,8 Millionen Tonnen neue Elektro- und Elektronikgeräte in Verkehr gebracht wurden, ist für die Zukunft mit einem weiteren Anstieg der Erfassungsmenge von Altgeräten zu rechnen (vgl. BMU 2008). Gemäß § 13 ElektroG ist jeder Hersteller verpflichtet, der er zu melden, welche Mengen er in den Markt gebracht hat, und welche Mengen er entsorgt hat. Für die entsorgten Mengen muss berichtet werden, welcher Anteil energetisch und welcher Anteil stofflich verwertet wurde.

Für den Bereich IKT und UE (Kategorien 3 und 4) zeigt Tab. 31, dass hier die Erfassungsquote bei nur knapp einem Drittel der in Verkehr gebrachten Menge liegt. Dafür ist die Quote für die Wiederverwendung kompletter Geräte für die Kategorie IKT mit deutlichem Abstand am höchsten, hierbei handelt es sich überwiegend um Mengen aus der Eigenrücknahme von Herstellern aus gewerblichen Quellen. Von den Neugegeräten machen PCs etwa 32%, Druckgeräte etwa 30,2 %, Monitore 28% und Handys etwa 2% aus⁴⁹ (Chancerel/ Rotter 2008, 81).

⁴⁹ Angaben beziehen sich auf das Jahr 2002.

Tab. 31: In Verkehr gebrachte, gesammelte und verwertete Mengen an Elektro- bzw. Elektroaltgeräten in Deutschland im Jahr 2006 in t

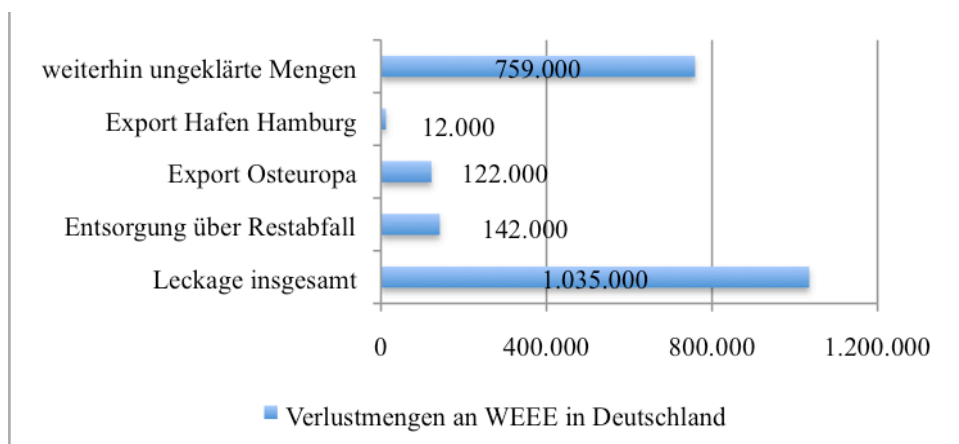
Produktkategorie	In Verkehr gebrachte Mengen	Gesammelte Mengen			Behandelte Mengen		Wiederverwendung ganzer Geräte
		private Haushalte	andere Quellen als private Haushalte	Gesamt	Verwertungsquote	Recyclingquote	
Haushaltsgroßgeräte	723.547	447.393	14.673	462.066	91%	84,00	3.141
Haushaltskleingeräte	144.877	41.621	1.206	42.827	91,6%	67,20	651
IT- und Telekommunikationsgeräte	314.896	86.573	15.762	102.335	95,3%	77,80	5.179
Geräte der Unterhaltungselektronik	334.018	108.149	4.607	112.756	94,9%	77,60	786
Beleuchtungskörper	90.969	-	375	375	100%	88,20	113
Gasentladungslampen	25.556	5.551	-	5.551	95,7%	95,40	0
Elektrische und elektronische Werkzeuge	118.695	10.683	899	11.582	84%	69,90	132
Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte	25.172	2.534	2.062	4.596	82,7%	69,50	37
Medizinische Geräte	25.711	741	2.932	3.673	95,1%	81,90	593
Überwachungs- und Kontrollinstrumente	18.497	948	231	1.179	69,1%	58,90	220
Automatische Ausgabegeräte	14.972	5.592	1.366	6.958	94,4%	64,00	1.126
Summe	1.836.913	709.787	44.113	753.900	92,1%	80,90	11.978

Quelle: BMU 2008

4.4.1.2 Erfassungslücken

Die Mengen an gebrauchten EEE und EAG, die am System des ElektroG vorbeigehen, werden für das Jahr 2007 auf über 1 Mio. t geschätzt (vgl. Rhein 2009, 70). Bei einer Gesamtmenge von etwa 1,8 Mio t in Verkehr gebrachten EEE entspricht das etwa 65%. Damit ergibt sich für Deutschland folgendes Bild, wobei die Ergebnisse von Sander/ Schilling (2010) darauf hinweisen, dass die Mengen, die über den Hafen Hamburg gehen doch deutlich höher liegen als die hier angegebenen 12.000t:

Abb. 39: Verlustmengen EEE und EAG in 2007 in t



Quelle: Rhein 2009

Zu diesen Mengen trägt auch die steigende Anzahl von Kommunen bei, die nach §9 ElektroG für eine bestimmte Sammelgruppe für mindestens ein Jahr „optiert“ und diese selber verwertet oder verwerten lässt, dabei ergeben sich offenbar Lücken in der Datenerfassung (es handelt sich dabei nicht nur um Erfassungs- sondern auch um Meldedefizite, vgl. Prein 2009, 69). Hierzu berichten Marktteilnehmer, dass es vor allem bei der Sammelgruppe 3 (IKT und UE) immer wieder zu Überlassungen an Dritte in größeren Mengen kommt, quantifizierbare Angaben liegen hierzu allerdings nicht vor (vgl. Sander/ Schilling 2010).

4.4.1.3 Datenlage für Exporte

Schwierig ist die Datenlage vor allem im Hinblick auf exportierte gebrauchte Elektrogeräte. (Sander/Schilling 2010) ermittelten eine Spannweite von 93.000 bis 216.000 t Elektrogeräten, die über den Hamburger Hafen 2008 exportiert wurden.

Güter, die aus Deutschland in Länder außerhalb der Europäischen Union exportiert werden, müssen dem Zoll gemeldet werden, der diese nach dem international gültigen „Harmonisierten System zur Bezeichnung und Codierung von Waren“ (HS) erfasst und um zwei weitere Ziffern ergänzt („Kombinierte Nomenklatur“), die innerhalb der EU eine genauere Zuordnung in Produktgruppen ermöglicht. Die Exportstatistik weist für die Analyse von Exportströmen bei Elektrogeräten zwei grundsätzliche Mängel auf:

1. Zum einen unterscheidet sie – anders als bei PKW – nicht zwischen Neu- und Gebrauchsgütern. Eine annäherungsweise Zuordnung ist anhand des Verhältnisses von Gewicht und Wert möglich.
2. Zum anderen müssen Waren, die weniger als 1.000kg pro Anmeldung wiegen und einen Wert von weniger als 1.000 Euro aufweisen, nur mündlich beim Zollamt angemeldet werden und werden somit nicht in der Exportstatistik erfasst.

In einem aktuellen UBA-Forschungsprojekt wurde daher auf Angaben aus dem „Zollausfuhrüberwachung im Paperless Port – ZAPP“-System zurückgegriffen, das im Hamburger Hafen auch Exporte unterhalb der Erfassungsgrenze von 1.000 Euro registriert. Das ZAPP-System erlaubt über die Beschreibung der Produkte auch eine Unterscheidung in Gebraucht- und Neuwaren. Danach handelte es sich bei 64% der angemeldeten Waren um gebrauchte Güter, in Bezug auf die reine Masse sogar bei 89% der Waren (vgl. Sander/ Schilling 2009, 24).

4.4.2 Handys

Wie kaum ein anderes Produkt steht das Handy für den steigenden Einfluss der Informations- und Kommunikationstechnologien. Durch seine fortschreitende Funktionserweiterung steht es quasi im Zentrum der „digital wave“ (vgl. Reller et al. 2009). Es verdeutlicht aber auch die intrinsischen Risiken der Rohstoff-Abhängigkeit im IKT-Bereich: Für Indium, das in den Displays eingesetzt wird, und das in den Akkus enthaltene Lithium sind bisher noch keine adäquaten Substitute in Sicht, obwohl die statische Reichweite in beiden Fällen zumindest für Indium weniger als 20 Jahre beträgt. Reller et al. warnen davor, dass der Ausfall nur eines dieser Metalle zu Produktionsunterbrechungen und letzten Endes zu einem „ökonomischen Kollaps“ (vgl. ebd., 134) führen könnte. Die Materialzusammensetzung von Mobiltelefonen variiert je nach Modell und Hersteller teilweise deutlich, die Menge an PGM pro Handy wird von Hagelüken (2009) jedoch seit Jahren konstant mit 9mg angegeben.

4.4.2.1 PGM pro Mobiltelefon

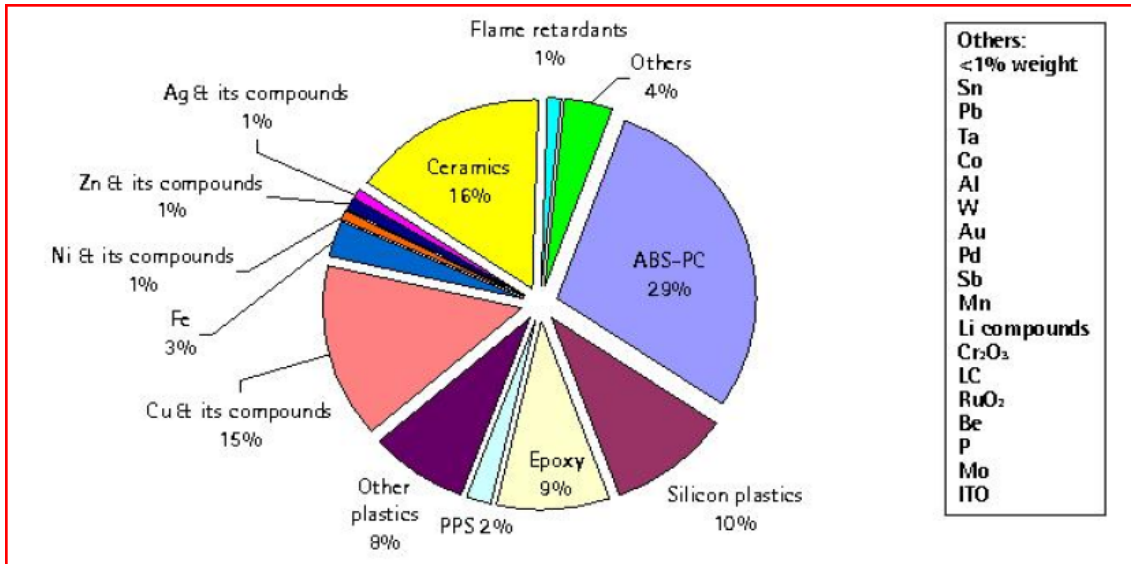
Über den Lebenszyklus verteilt ist die Produktionsphase für etwa 60% des Gesamtenergieverbrauchs eines Handys verantwortlich, davon entfallen wiederum etwa 40% auf die Produktion der PGM enthaltenden Leiterplatten (vgl. Singhal 2005, 39). Bei aktuellen Handys verschieben sich die Zahlen etwas in Richtung der Nutzungsphase, da die Handys mittlerweile leichter sind als noch vor fünf Jahren und damit vor allem für die Verschalung weniger Rohstoffe beanspruchen.

In der Ökobilanzierung eines Handys spielen Platin und Palladium in Bezug auf den Indikator Gesundheitsgefährdung eine zentrale Rolle (zusammen etwa 60%), da bei ihrer Produktion zumindest in Russland erhebliche Mengen an SO₂ emittiert werden (vgl. Althaus et al., 2003).

Rohstoffe in Handys

Handys sind in ihrer Struktur und Zusammensetzung äußerst komplexe Produkte. Ein durchschnittliches Handy enthält etwa 1.000 Einzelkomponenten, die insgesamt mehr als die Hälfte der chemischen Elemente im Periodensystem enthalten (vgl. Nokia 2005, 7), siehe Abb. 40.

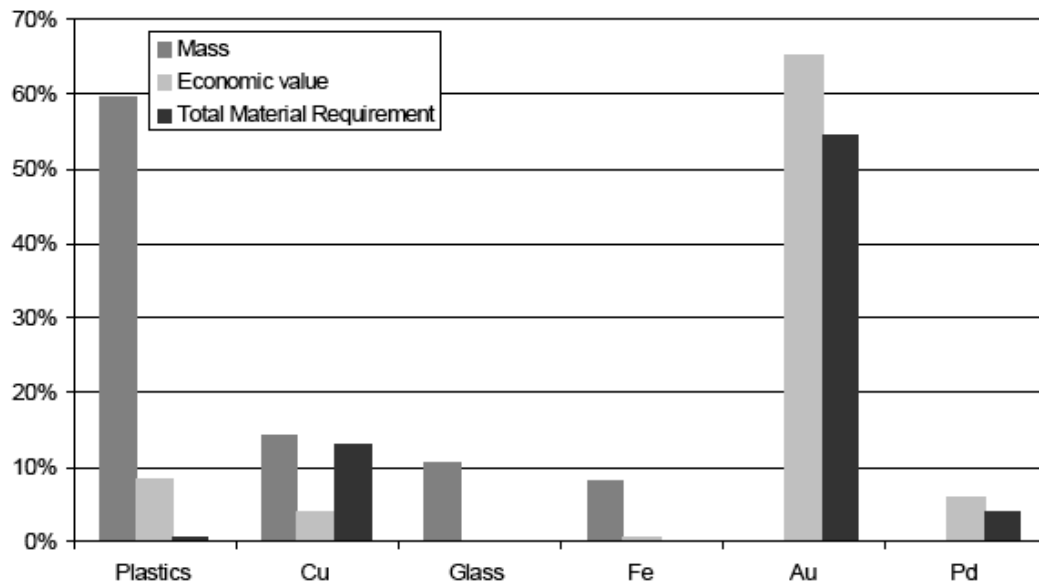
Abb. 40: Stoffliche Zusammensetzung eines Handys 2005



Quelle: Nokia 2005

Die ökologische Relevanz der enthaltenen Stoffe unterscheidet sich allerdings deutlich von der in Abb. 40 gezeigten Gewichtsverteilung, besonders bei den enthaltenen Edelmetallen.

Abb. 41: Anteile an Masse, Wert und TMR verschiedener Stofffraktionen im Handy



Quelle: Chancerel/ Rotter 2009

Palladium in Handys

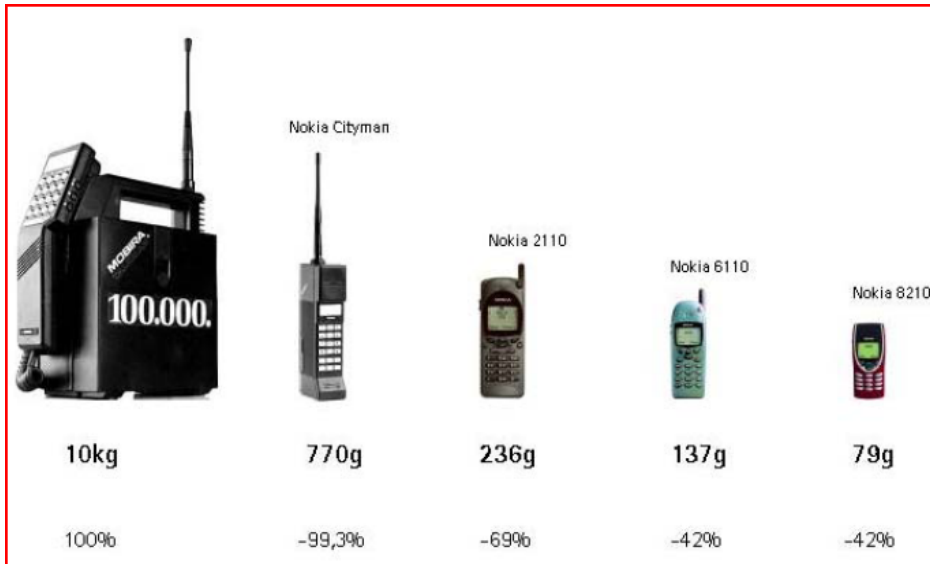
Die Materialzusammensetzung von Mobiltelefonen variiert je nach Modell und Hersteller teilweise deutlich, die Menge an PGM pro Handy wird von Hagelüken (2009) jedoch seit Jahren konstant mit 9mg angegeben. Die konstante Menge erscheint aus zwei gegenläufigen Effekten plausibel: Einerseits sinkt die Einsatzmenge an PGM pro MLCC auf den Leiterplatten und die Handys werden auch insgesamt immer kleiner (Abb. 42). Tab. 32 zeigt eine Übersicht zu Literaturangaben zum Gehalt von Palladium und anderen Edelmetallen in Mobilfunktelefonen:

Tab. 32: Materialzusammensetzung von Mobilfunktelefonen, g/kg

Material/ Quelle	Huisman 2004	Sullivan 2006	Hagelüken/ Buchert 2008	Chancerel et al. 2009
Cu	116	142	113	
Ag	1,42	3,1	3,13	1,22
Au	0,33	0,3	0,3	0,22
Pd	0,12	0,13	0,11	0,06

Quelle: Beigl et al. 2010

Abb. 42: Entwicklung des Handys seit 1980



Quelle: Nokia 2005

Andererseits werden Handys auch immer komplexer und vereinen mittlerweile ganz unterschiedliche Funktionen in einem Gerät. Dazu gehören z.B. integrierte Kameras, MP3-Player und zunehmend auch internetbasierte Funktionen, die zu einer höheren Anzahl von MLCCs auf den Platinen führen.

Exkurs Tantal und Indium in Handys

Neben Palladium sind hier vor allem das in den LCD-Displays enthaltene Indium (s. Kap. 4.2) und vor allem das aus Coltan-Erz gewonnene Tantal zu nennen. In Handys wird Tantal als Barium-Zink-Tantal-Oxid verwendet, das sich durch besondere Eigenschaften auszeichnet, um als Resonator im Handy verwendet zu werden. Ein überzeugendes Substitut für Tantal wurde bisher trotz intensiver Forschungsanstrengungen nicht gefunden (vgl. Committee on Critical Mineral Impacts of the U.S. Economy 2008). Pro Handy werden etwa 0,3g Tantal verwendet.

Tantal gehört zu den Metallen, die auch in der integrierten Anlage von UMICORE nicht aus EAG zurück gewonnen werden können. Der Abbau von Coltan, aus dem Tantal gewonnen wird, steht im besonderen Fokus, weil sein illegaler Abbau den Bürgerkrieg im Kongo unterstützt und dort gleichzeitig eines der letzten großen Reservate für Gorillas gefährdet.

4.4.2.2 Marktdaten: Verkauf, Bestand, Nutzung von Mobiltelefonen

Der weltweite Bestand an Handys hat im Jahr 2006 die Grenze von 2 Mrd. Stück überschritten (Singhal 2005, 8). Insgesamt wurden zwischen 1997 und 2008 weltweit etwa 7,2 Mrd. Handys verkauft (bei einem durchschnittlichen Verkaufspreis von 161 US-Dollar), so dass schätzungsweise 3 Mrd. Handys mittlerweile die End of Life-Phase erreicht haben (vgl. Hagelüken 2009, 11). Weltweit werden jährlich ca. 1,2 Mrd. neue Handys verkauft.

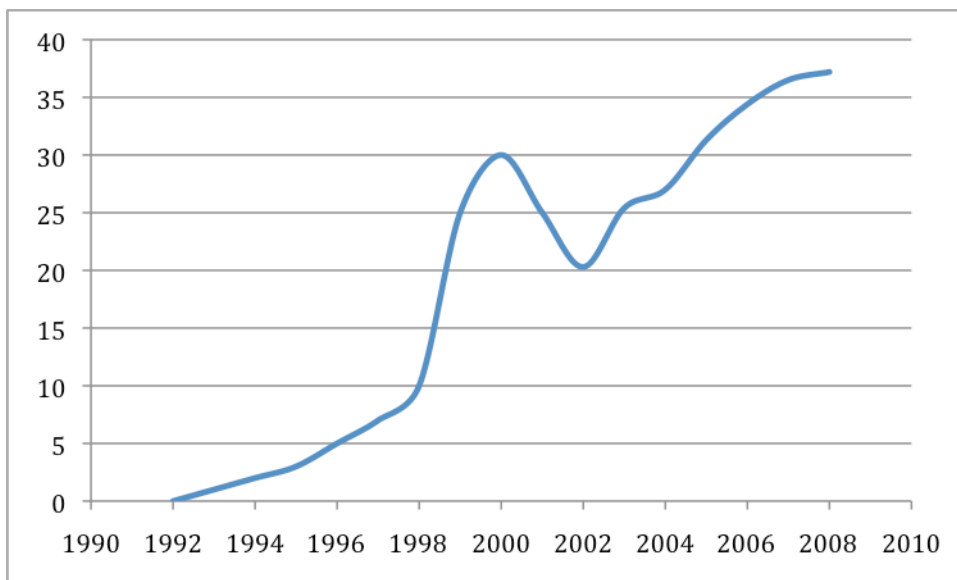
Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Mobiltelefonen in Industrieländern beträgt etwa 12-18 Monate, die potentielle Nutzungsdauer beträgt dagegen bis zu 10 Jahre (ebd., 9). Der Bestand an benutzten Handys in der EU25 wurde für 2005 auf etwa 180 Mio. Stück geschätzt, fast in gleicher Höhe bewegen sich mit 160 Mio. die jährlichen Verkaufszahlen, was für das Jahr 2005 einen Anstieg um über 9% bedeutete (UNU 2008, 44). Schätzungen besagen, dass im Jahr 2010 alleine in China etwa 500 Mio. Handys mit 4,5 t PGM in Betrieb sind (vgl. Friedl et al. 2001).

2007 wurden in Deutschland 35 Millionen Handys verkauft, in etwa 80% der Fälle wurde ein altes Handy ersetzt. Die kurze Nutzungsdauer hängt eng mit extrem kurzen Innovationszyklen zusammen. Die Integration von Fotokameras ins Handy oder der UMTS-Standard, der den mobilen Zugriff auf das Internet ermöglicht, führen dazu, dass die Konsumenten sich neue Handys anschaffen, obwohl ihre alten Geräte noch voll funktionstüchtig sind. Ein weiterer entscheidender Faktor ist die gängige Praxis der Mobilfunkanbieter/ Netzbetreiber, den Kauf eines Neugeräts bei Abschluss eines Vertrages deutlich zu subventionieren.

Bis etwa 2005 war auch die zunehmende Miniaturisierung der Geräte ein Motiv, ein funktionierendes Handy trotzdem einzutauschen. Während die ersten Geräte noch ein Gewicht von bis zu 10kg und Anfang der 90er von etwa 0,5 kg aufwiesen, sind die aktuellen Geräte teilweise nur noch 80g schwer (vgl. Abb. 42). Da eine weitere Miniaturisierung zu stark zu Lasten der Bedienungsfreundlichkeit gegangen wäre, ist dieser Trend gestoppt, stattdessen ist ein Trend zu Multifunktionsgeräten zu erkennen, die doch wieder mehr Material und voraussichtlich auch PGM beanspruchen.

Abb. 43 zeigt den Verlauf der Verkaufszahlen für Handys in Deutschland seit Beginn des Mobilfunk-Netzes 1992. Der Boom in den Jahren 1999 und 2000 ist vor allem auf die Einführung der Prepaid-Telefone zurückzuführen. Die aktuellen Rekordzahlen basieren vor allem auf dem Erfolg der sogenannten „smart phones“, die eine Mischung aus Handy und Minicomputer darstellen und beispielsweise den mobilen Zugriff auf E-Mails ermöglichen. Deren Wachstumsraten lagen im Jahr 2007 nach Angaben von Nokia bei 60% (vgl. Wirtschaftswoche 2009). Nach diesen Daten ergibt sich kumuliert über die Jahre eine Menge an verkauften Handys in Deutschland von ca. 320 Mio. Stück. Nach Angaben des Branchenverbands Bitkom haben die Weltwirtschaftskrise sowie eine zunehmende Marktsättigung jedoch zu einem Rückgang der Verkaufszahlen geführt, für das Jahr 2010 wurde ein Verkaufsergebnis von 26,9 Mio. Mobiltelefonen erwartet (vgl. Bitkom 2010)

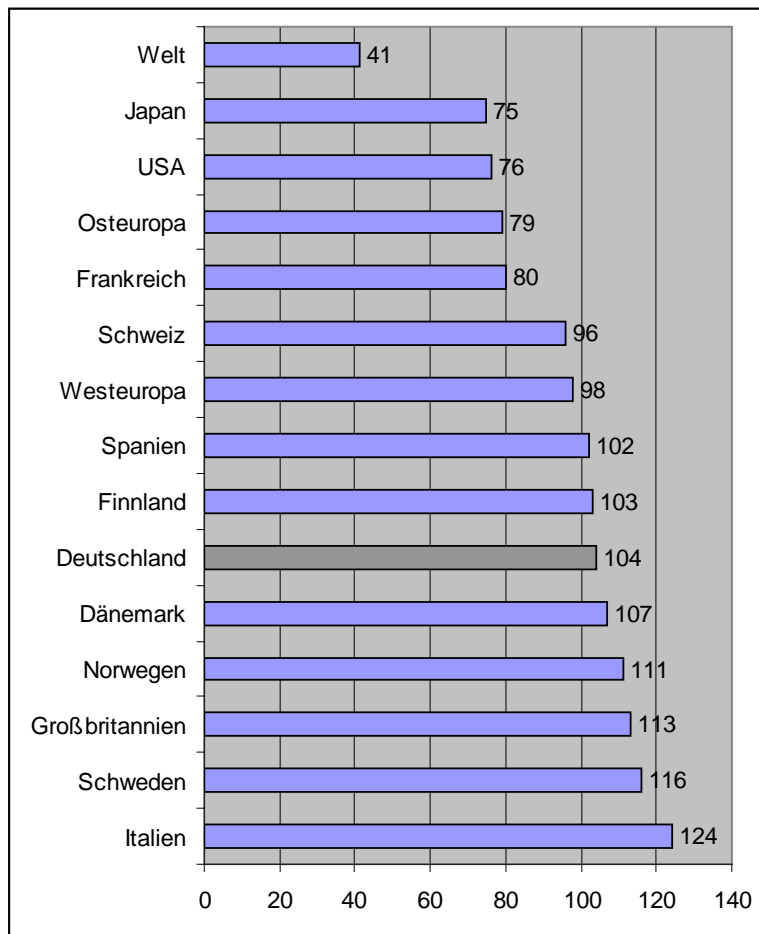
Abb. 43: Entwicklung der Verkaufszahlen für Handys in Deutschland 1992 bis 2008 in Mio. Stück pro Jahr



Quelle: GfK 2009, Bitkom 2009, eigene Berechnungen

Nach Schätzungen des Branchenverbands BITKOM (2007) werden im Jahr 2009 in Deutschland auf 100 Personen etwa 117 Vertrags- und Prepaid-Handys kommen, das entspricht einer Gesamtzahl an in Benutzung befindlichen Handys von knapp 96 Mio. Handys. 2006 lag Deutschland mit 104 Anschlüssen pro 100 Einwohner in Europa noch im oberen Mittelfeld.

Abb. 44: Mobiltelefone je 100 Einwohner 2006 in verschiedenen Ländern



Quelle: Bitkom 2007

4.4.2.3 Akteure des Mobiltelefonmarktes

Akteure

Die Akteurskonstellation auf dem Handymarkt ist durch die Besonderheit gekennzeichnet, dass die Netzbetreiber den Verkauf von Handys stark subventionieren, um die Kunden über Mehrjahres-Verträge an sich zu binden. Mittlerweile hat sich auch ein Markt für Prepaid-Handys entwickelt, aber die Schnittstelle zum Kunden betreuen auch hier nach wie vor hauptsächlich die Netzbetreiber mit einem sehr breiten Netz an Vertriebsstellen. Diese Konstellation, dass neben den Herstellern, die die abfallwirtschaftliche Verantwortung tragen, auch die Netzbetreiber eine starke Rolle im Kundenkontakt und im Vertrieb der Mobiltelefone spielen, beeinflusst die Möglichkeiten zu Rücknahme und Sammlung ausrangierter Mobiltelefone, siehe Abschnitt zu Sammlung und Recycling (Kapitel 4.4.2.5).

Hersteller

Der globale Handymarkt wird seit langem von fünf Herstellern dominiert: Nokia, Samsung, Sony Ericsson, LG und Motorola. Nokia konnte seine Marktführerposition in den letzten Jahren behaupten, allerdings musste das Unternehmen auch mit Einbußen bei den Marktanteilen kämpfen, im ersten Quartal 2009 waren noch knapp 36% aller verkauften Handys weltweit ein Nokia-Modell. Im Gegensatz dazu konnten andere Hersteller ihre Position am Markt verbessern. Allen voran Samsung, die ihren Marktanteil im ersten Quartal 2009 um fünf Prozentpunkte auf 19,1% steigern konnten. Außerdem konnte LG seine Position am Markt festigen und erhöhte seinen Marktanteil auf fast 10%. Die Verlierer in dieser Betrachtung sind Motorola und Sony Ericsson. So wurden am Anfang des Jahres 2008 von Motorola noch rund 30 Mio. Handys verkauft. 2009 konnten nur noch rund 16,5 Mio. Handys verkauft werden und damit sackte der Marktanteil von ursprünglich 10,2% auf 6,2% ab. Ähnlich sieht es für Sony Ericsson aus. Hier wurden knapp 6 Mio. Handys weniger verkauft und der Marktanteil fiel auf 5,4% (vgl. GARTNER, 2009).

Tab. 33: Weltweite Handyverkäufe in Mio. Stück und Marktanteile in Prozent in 2009

	Verkäufe	Marktanteil
Nokia	389,59	36,2 %
Samsung	205,54	19,1 %
LG	106,18	9,9 %
Motorola	66,35	6,2 %
Sony Ericsson	57,88	5,4 %
Rest	250,93	23,4 %
Gesamt	1076,48	

Quelle: GARTNER 2009, eigene Hochrechnungen

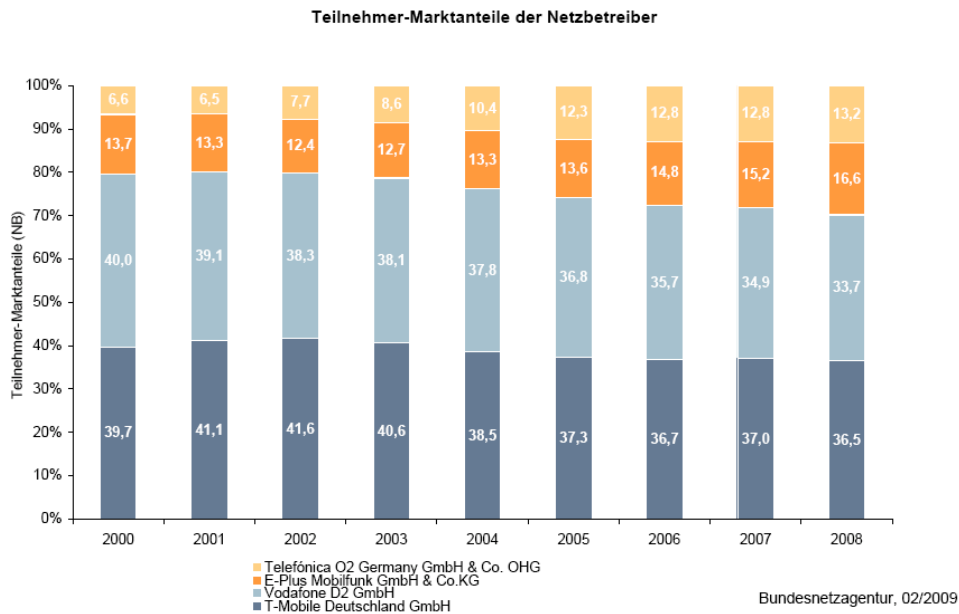
Am deutschen Markt zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Auch hier ist Nokia deutlicher Marktführer, gefolgt von Samsung, Sony Ericsson, LG, sowie Motorola. Auch in Deutschland lässt sich erkennen, dass Nokia immer mehr Marktanteile an seine Konkurrenten abgeben muss und im ersten Quartal 2009 nur noch 34% des Marktes beherrscht. Sony Ericsson liegt mit 25% hinter Nokia auf dem zweiten Platz, Samsung konnte seinen Marktanteil auf 24% erhöhen. Im gleichen Zeitraum konnte LG sich um fünf Prozentpunkte steigern und hält nun 7% des Marktes (vgl. GfK 2009). Weltweit, und besonders in Deutschland, scheint sich der Handymarkt ausdifferenzieren und zukünftig zu einem weniger finnisch dominierten Markt zu entwickeln.

Netzbetreiber

Im Bereich der Handy-Netzbetreiber sind schon seit Jahren die Netze von T-Mobile und Vodafone Marktführer und das auch sehr stabil. Beide Unternehmen bewegen sich zwischen 30-40% an Marktanteilen, wobei ein leichter Trend zu erkennen ist, dass

die kleineren Netzanbieter O2 und E-Plus mehr Marktanteile gewinnen, und die beiden größeren Anbieter dementsprechende Anteile verlieren.

Abb. 45: Teilnehmer-Marktanteile der Handy-Netzbetreiber in Deutschland



Quelle: Bundesnetzagentur 2009

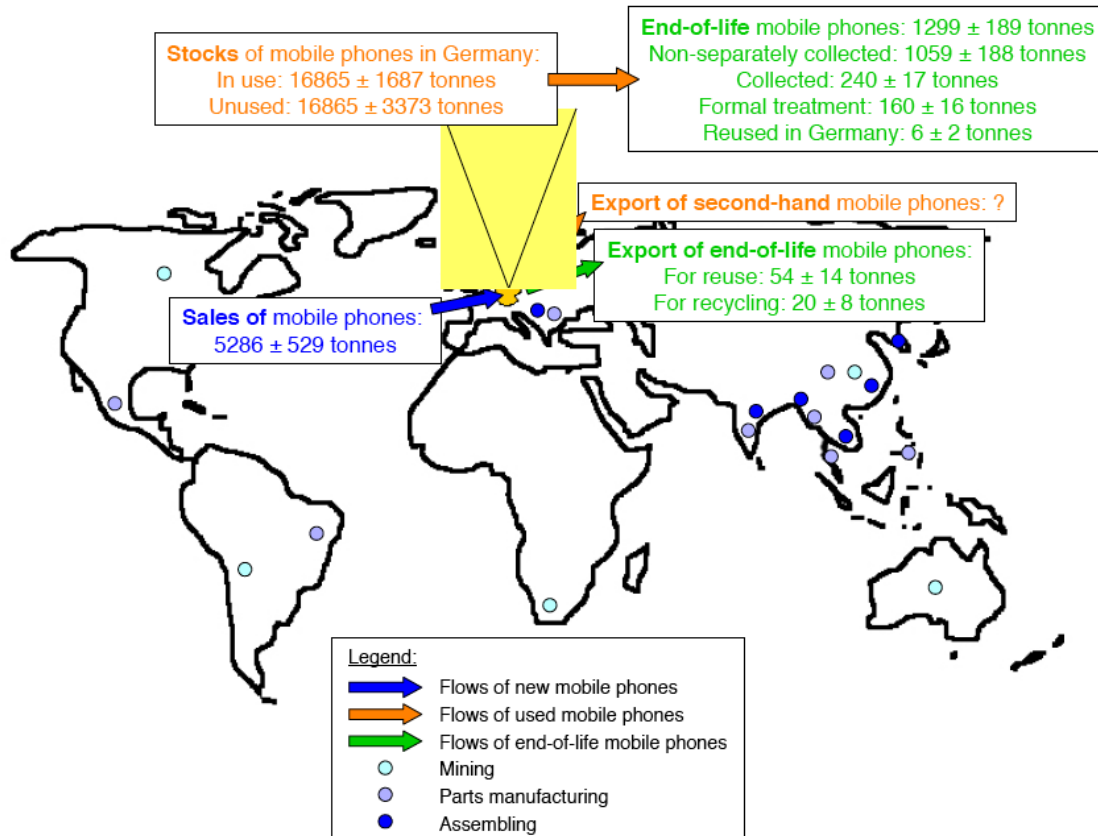
4.4.2.4 Bestand gebrauchter Mobiltelefone: Schatz in der Schublade

Ein relevante, aber nicht genau bekannte Menge an gebrauchten Handys sind noch in den Haushalten vorhanden, werden aber nicht mehr aktiv genutzt. Für Deutschland haben Untersuchungen ergeben, dass in deutschen Haushalten noch etwa 120 Mio. gebrauchte, aber ungenutzte Handys liegen, andere Quellen sprechen von ca. 60 Mio. Altgeräten (vgl. Umweltbriefe 2008, 6). Aktuelle Untersuchungen in der Schweiz haben eine Menge von 8 Mio. Handys bzw. 1,0 pro Einwohner ermittelt, die nicht mehr benutzt werden (vgl. SWICO 2009). Rechnet man diese Zahl auf Deutschland hoch, ergäbe sich eine Menge von etwa 80 Mio. Stück.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Relevanz der Zuwächse im Stock von Handys aus Deutschland, dagegen fielen 2007 nach diesen Berechnungen tatsächlich nicht mehr benutzbare Altgeräte nur in einem wesentlich geringeren Ausmaß an. Scheidt (2007) schätzt, das IKT-Produkte nach ihrer Nutzung in der Regel noch etwa 3 bis 5 Jahre im Haushalt gelagert werden, bevor sie dann doch entsorgt werden. Inso-

fern ist damit zu rechnen, dass die Anzahl an Altgeräten dem Verlauf der Verkäufe mit einem gewissen Zeitverzug folgend stark ansteigen wird.

Abb. 46: Gesamte Stoffflüsse von Handys in Deutschland 2007



Quelle: Chancerel 2009

4.4.2.5 Sammlung, Recycling

Hagelüken (2009) schätzt, dass in Deutschland nur etwa 3% aller Handys nach ihrer Nutzungsphase einem Recycling zugeführt werden. Für die optimale Kreislaufführung sollte das Handy weder in den Hausmüll werfen noch zu lange in der Schublade behalten, da der Re-Use-Wert eines Handys im Zeitverlauf sehr schnell sinkt (MPPI 2009, 8). Die Entsorgung über den Hausmüll tritt allerdings fast nur in den OECD-Ländern auf.

Sammlung

Einer aktuellen Umfrage von Nokia bei 6.500 Kunden in 13 OECD-Ländern zufolge geben nur 3% ihr Handy an eines der unterschiedlichen von Netzbetreibern, Kommunen oder privaten Unternehmen betriebenen Handyrücknahmesysteme, 44% aller verkauften Handys befinden sich noch im Besitz seines Käufers. 75% gaben an, noch nie über diese Möglichkeit nachgedacht zu haben und über die Hälfte hatte überhaupt noch nie von dieser Möglichkeit gehört (vgl. Nokia 2008).

Für die Sammlung von Mobiltelefonen gibt es unterschiedliche Optionen, die nach den Kriterien Sammlung, Finanzierung, und Behandlung unterschieden werden können (vgl. Beigl et al. 2010, 503f.):

- Sammlung: die getrennte Sammlung von Mobilfunkgeräten versus der Sammlung zusammen mit anderen Elektrokleingeräten
- Finanzierung: kollektive Systeme der Hersteller/ Importeure und/ oder Netzbetreiber
- Behandlung: Fokus auf Verwertung oder Wiederverwendung

Je nach Kombination dieser Kriterien können vier prototypische Ansätze der Sammlung von Mobilfunkgeräten unterschieden werden, deren Effizienz angesichts der oben beschriebenen niedrigen Rücklaufquoten einen der zentralen Faktoren für die Kreislaufführung von Palladium in diesen Geräten darstellt:

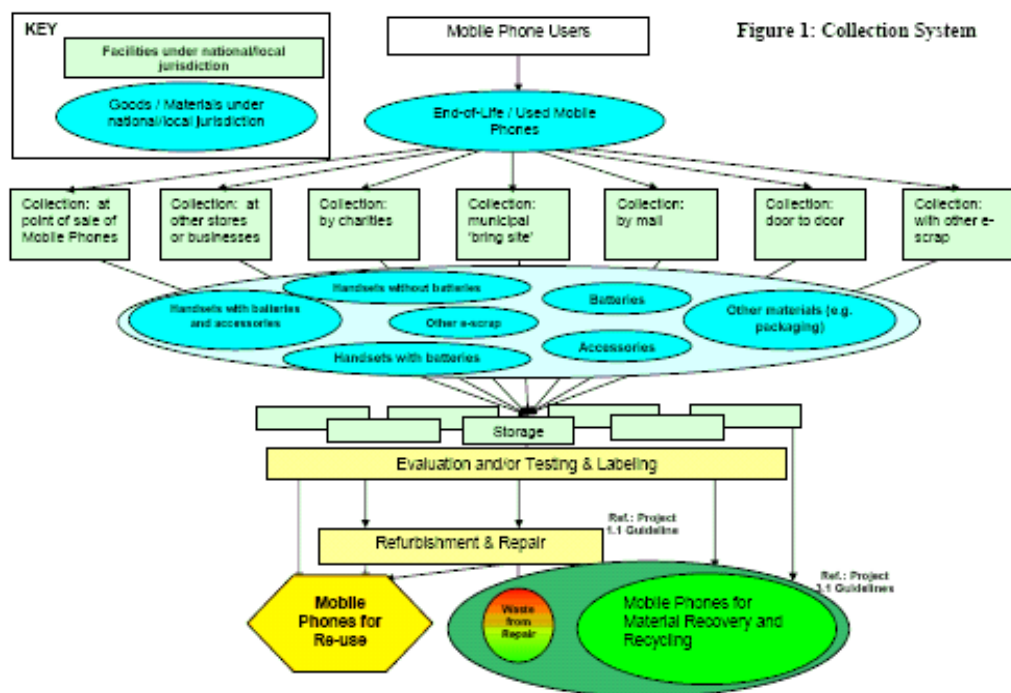
Bei **Rücknahmesystemen** zur Umsetzung der WEEE-RI werden Mobilfunkgeräte in der Regel mit anderen IKT-Geräten zusammen erfasst. Die Mengenvorgaben zur Sammlung bieten dabei wegen des geringen Anteils und Gewichts nur wenig Anreize, die Sammlungsmenge für diese Geräte zu erhöhen. Die Verantwortung für die operative Sammlung liegt in Deutschland wie den meisten anderen EU-Mitgliedsstaaten bei den Kommunen, die finanzielle Verantwortung bei den Herstellern: Sammlung und Behandlung von Mobilfunkgeräten können aufgrund der enthaltenen Edelmetalle nahezu kostendeckend betrieben werden, die Gebührenkalkulation liegt bei etwa 0,03 EUR pro Stück (vgl. SWICO 2009).

Neben diesen durch die WEEE-RI verpflichtenden Systemen gibt es freiwillige **Branchenlösungen**, die wie bisher in Deutschland entweder individuell durch einzelne Hersteller oder Netzbetreiber oder branchenübergreifend organisiert werden können (vgl. hierzu den Maßnahmenvorschlag in Kap. 5.2). Während diese Systeme überwiegend auf die Verwertung abzielen, um ihren eigenen Absatzmarkt nicht zu gefährden, gibt es zusätzlich **kommerzielle Systeme der Wiederverwendung**, die auf eigene Rechnung noch gebrauchsfähige Mobilfunkgeräte erfassen und wieder verkaufen. Die vierte Variante sind **karitative Systeme zur Wiederverwendung**, bei denen bei Abgabe eines noch funktionsfähigen Mobilfunkgeräts eine Spende an bekannte gemeinnützige

Einrichtung geleistet wird – diese Systeme werden in der Regel jedoch operativ von den zuvor genannten kommerziellen Betreibern organisiert (vgl. Beigl 2010, 505).

Abb. 47 zeigt den grundsätzlichen Aufbau dieser Sammelsysteme. Hier lassen sich die unterschiedlichen Ansatzpunkt der beschriebenen Ansätze nachvollziehen.

Abb. 47: Aufbau eines Handy-Sammelsystems



Quelle: MPPI 2009

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung können jedoch drei zentrale Erfolgsfaktoren für die Sammlung ausrangierter Handys identifiziert werden (MPPI 2009, 9):

1. Bewusstsein des Nutzers: Er muss über die ökologischen Hintergründe des Handyrecyclings informiert werden.
2. Aufwand: Die Sammelpunkte müssen bekannt und gut erreichbar sein.
3. Anreize: Da das Handy häufig noch funktioniert, wird ihm ein gewisser Wert beigemessen, der durch bestimmte Anreize ausgeglichen werden muss.

Sammlung von Mobiltelefonen in Deutschland

In Deutschland engagiert sich eine Reihe von Initiativen, um gebrauchte Handys zu sammeln. Dabei muss von der Motivation zwischen vier verschiedenen Gruppen unterschieden werden:

1. Handy-Hersteller
2. Netz-Betreiber
3. Professionelle Re-Use Unternehmen
4. Kommunale Wertstoffhöfe, Recyclinghöfe etc.

Zu 1) **Hersteller**: Der Telefonhersteller Nokia unterhält etwa 5.000 Rücknahmestellen bei den Vertreibern und im Handel, die dort abgegebenen Handys werden allerdings nicht weiter genutzt, sondern komplett recycelt. Ähnliches gilt für die anderen Hersteller, wo die Verkaufsshops offiziell auch als Rücknahmestelle fungieren, dies wenn überhaupt nur sehr zurückhaltend kommuniziert wird.

Zu 2) **Netzbetreiber**

Die großen Netzbetreiber sind alle in unterschiedlicher Form bei der Sammlung von Alt- und Gebrauchtgeräten engagiert und bedienen sich dabei unterschiedlicher Kooperationspartner. Die folgenden Darstellungen basieren auf Auswertungen der jeweiligen Online-Kundenportale:

T-Mobile

Laut Angaben der Telekom betrug der Anteil der 2008 zurückgegebenen Handys an der Gesamtzahl aller verkauften Geräte ca. 1 Prozent. Diese geringe Quote erstaunt vor dem Hintergrund, dass Geräte in den Shops von T-Mobile abgegeben werden oder mit speziellen Rücksendeumschlägen kostenlos beim Recyclingpartner eingeschickt werden können. Zudem setzt die Telekom einen zusätzlichen Anreiz, da das Unternehmen pro Handy drei Euro an die Deutsche Umwelthilfe (DUH) spendet. Die Telekom hält die bisherigen Initiativen noch nicht für ausreichend und plant weitere Schritte, unter anderem im Rahmen der im September 2009 gestarteten Nachhaltigkeitsoffensive. Jedoch hat der Konzern ein Modell, das finanzielle Anreize zur Rückgabe setzte, wieder eingestellt, da es vom Kunden nicht akzeptiert wurde. Als Grund hierfür wird „des Deutschen ausgeprägte Sammlermentalität“ und die unzureichende Rentabilität für den Kunden aufgeführt. Der Verkauf eines Handys z.B. bei Onlineauktionsanbietern brächte vergleichsweise höhere Erlöse. Die Telekom hat etwa 64 Prozent der 2008 abgegebenen Altgeräte zum Recycling an die Firma Electrocyling GmbH in Goslar abgeführt, während die restlichen 36 Prozent wiederaufbereitet und als funktionsfähige Geräte an die Firma Teqport GmbH (Asien) weiterverkauft wurden.

Vodafone

Im Bereich Handyrückgabe berichtet Vodafone Deutschland im Vergleich zu den anderen Anbietern mit 160.000 Mobiltelefonen zwar über die höchsten absoluten Rückgabemengen, die aber im Vergleich zur Gesamtzahl der Vodafonekunden ebenfalls sehr niedrig sind. Vodafone kooperiert mit dem Naturschutzbund Deutschland, um die Rückgabe von Handys zu steigern und spendet für jedes zurückgegebene Handy an gemeinnützige Organisationen. Außerdem berichtet Vodafone über ein Online-Verkaufsportal, auf dem jeder Handybesitzer sein nicht mehr benötigtes Handy verkaufen kann, das dann an den Recyclingpartner „Greener Solutions“ übergeben wird. Dieser bereitet die Altgeräte entweder auf und verkauft sie in Schwellen- und Entwicklungsländer oder zerlegt die Geräte für das Recycling.

E-Plus

Im Jahr 2008 hat E-Plus 15.000 Handys eingesammelt, wobei die Abgabequote von Altgeräten durch die Zusammenarbeit mit den Projekten der „Malteser Lebensfreude“ laut E-Plus um den Faktor 2,5 gesteigert werden konnte. Insgesamt wurden die von E-Plus an den Entsorgungspartner „Greener Solutions“ im Jahr 2008 weiter gegebenen 15.000 Altgeräte zu 70 Prozent recycelt, die restlichen 30 Prozent konnten nach Wiederaufbereitung weiterverkauft werden. Eine Verfolgung des Weges von Letzteren ist nach Angaben von E-Plus nicht möglich, hier sei man darauf angewiesen, dass die Firma „Greener Solutions“ ihre Selbstbindung bezüglich sozialer und ökologischer Standards im Umgang mit Gebrauch- und Altgeräten ernst nehme.

Telefónica O2 Germany

Die Rückgabequote von Handys ist bei O2 wie bei den anderen Anbietern sehr gering. O2 ist jedoch das einzige Unternehmen, das sowohl absolute als auch relative Zahlen benennt: Bei 3,6 Millionen verkauften Geräten und 14.923 eingesammelten Altgeräten ergibt sich eine Rückgabequote von 0,41 Prozent. Angesichts dieser geringen Rücklaufquote startete O2 im Oktober 2008 eine Recyclingaktion mit der Aufforderung, alte Handys an den Entsorgungspartner dr.handy zu verschicken. Darüber hinaus soll die Kooperation mit dem WWF weitergeführt werden, bei der O2 2,50 € pro zurückgegebenem Altgerät an Umweltprojekte des WWF spendet. Keine Angaben macht O2 hingegen darüber, wie viel Prozent der zurückgegebenen Geräte nach Wiederaufbereitung weiterverkauft und wie hoch der Anteil derer ist, die entsorgt werden. Der Recyclingpartner der Firma, dr.handy, ist vertraglich an die ethischen und ökologischen Beschaffungsrichtlinien von O2 gebunden.

Zusammenfassung

Die vier großen deutschen Mobilfunkanbieter T-Mobile (36,5% Marktanteil), Vodafone (32,6%), E-Plus (17%) und O2 Germany (13,9%) verfolgen im Bereich des Handyre-

cyclings und der Wiederverwendung prinzipiell die selben Ziele und bedienen sich der selben Methoden. Alle vier Anbieter bieten einen Rücknahmedienservice in ihre Geschäftsstellen oder eine Abgabe per Rücksendeumschlag. Die Handys werden gebührenfrei entgegengenommen und entsorgt und zusätzlich wird ein gewisser Betrag einer Wohltätigkeits- oder Umweltorganisation (DUH, Naturschutzbund Deutschland, Malteser, WWF) gespendet. Die funktionsfähigen Handys werden dann aufbereitet und überwiegend in den Länder der dritten Welt als Gebrauchsgüter verkauft. Irreparable Handys werden von Firmen wie Electrocycling GmbH, Greener Solutions und dr.handy recycelt. Nebenbei bieten einige Anbieter einen Online-Verkauf an, bei dem man für das Handy Geld oder zum Teil auch Payback-Punkte bekommt.

Insgesamt weist die Rücklaufquote bei den Netzbetreibern jedoch noch erhebliche Potenziale auf. Beigl (2010, S. 504) bezeichnet die deutschen Ansätze für flächendeckende Branchenlösungen aufgrund der geringen Sammelmengen daher auch „als im Ansatz gescheitert“. Ein Grund hierfür kann in der für den Verbraucher unübersichtlichen Vielfalt von Systemen gesehen werden.

Zu 3) **Professionelle ReUse-Unternehmen:** Das Unternehmen „Greener Solutions“ als Marktführer hat 2007 in Deutschland 450.000 gebrauchte Handys gesammelt. Dazu wurden unter anderem 22 Mio. Umschläge an deutsche Haushalte verschickt, wobei für jedes eingeschickte Handy (auch gebrauchsunfähige) eine Spende von bis zu 3 Euro an Organisationen wie den WWF gespendet wird. Gleichzeitig bietet das Unternehmen eine Website an, auf der für eine Vielzahl von aktuellen Handytypen Ankaufpreise von bis zu 200 Euro angeboten werden. 80% der noch funktionstüchtigen Handys werden in Entwicklungsländer verkauft. Der weltgrößte Handy-Recycler ReCellular sammelte im Jahr 2007 etwa 4 Millionen Handys ein (vgl. ReCellular 2009). Mittlerweile haben sich am Markt einige professionelle Anbieter etabliert, die über Webportale gebrauchte Handys aufkaufen (vgl. Abb. 48).

Abb. 48: Internetangebote für den Verkauf von gebrauchten Handys

Verkaufen Sie uns Ihr gebrauchtes Handy!

Verkaufen Sie ihr altes Handy mit HandyVerkaufen. Wir bieten schnelle und einfache Online-Abwicklung mit direkter Überweisung auf ihr Bankkonto.

Keine Kosten für Sie, keine Registrierungsgebühr und gratis Versand und Verpackung.

Los geht's! Einfach Hersteller und Handymodell auswählen, erfahren, wieviel Ihr Handy wert ist und verkaufen.

1 Suchen

z.B. N95

2 Verkaufen



3

Quelle: Website Handyverkaufen

Der Aufkauf gebrauchter Mobilfunkgeräte führt zu einer Nutzungsdauerverlängerung dieser Geräte und senkt damit auch die PGM-Nachfrage. Der Verbleib dieser Geräte am Ende der Nutzungsphase bleibt jedoch häufig unklar, die Angaben einzelner Akteure in Kooperationen mit Netzbetreibern (s.o.) lassen vermuten, dass ein Großteil der noch funktionsfähigen Geräte in Länder exportiert wird, in denen keine Infrastrukturen für die Rückgewinnung der enthaltenen PGM existieren.

Zu 4) **Kommunale Sammlung:** Chancerel und Rotter (2009) gehen auf Basis der Ergebnisse für die Sammelgruppe 3 davon aus, dass 2007 über die kommunale Sammlung bereits ca. 500.000 Handys gesammelt wurden. Die Stiftung elektro-altgeräte-register ear hat Kennzahlen zur gewichtsbezogenen Zusammensetzung der gemischten Sammelgruppen veröffentlicht, die auf einzelne Produktgruppen heruntergebrochen wurden⁵⁰.

⁵⁰ Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen, online verfügbar unter: http://www.stiftung-ear.de/aktuell/aktuelle_mitteilungen/kennzahlen/zusammensetzung_gemischter_sammelgruppen, abgerufen am 15.1.2011

Tab. 34: Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen in Deutschland

Ergebnisse der Statistischen Analyse im ear-System ab:			24.03. 2006	01.01. 2007	01.01. 2008	01.03. 2009	01.01. 2010	01.01. 2011
Kategorie	Kat. Nr.	Geräteart	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %
Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik	3	Mobil- Telefone	0,10	0,10	0,10	0,41	0,25	0,22

Quelle: EAR 2011

Die gewichtsbezogenen Anteile beziehen sich auf die Sammelgruppe 3 nach dem ElektroG, die die Produktkategorien 3 und 4 nach der WEEE-RI umfasst. Nach der Jahresstatistik-Meldung der ear nach §14 Abs. 7 ElektroG wurden hier über die Systeme der Abholkoordination insgesamt 202.544t Output gesammelt, zusätzlich kommen ca. 25.000t über b2b- und Eigenrücknahme-Systeme. Nimmt man nach Chancerel (2010) ein durchschnittliches Gewicht für Mobiltelefone von 197g an, so ergibt sich eine Anzahl von gesammelten Mobiltelefonen von etwa 2,570.000 Stück, die über die ear-Systeme im Jahr 2009 gesammelt wurden.

Konkrete, wenn auch relativ alte Vergleichs-Daten liegen nur aus Norwegen und der Schweiz vor, wonach sich die spezifischen Sammelmengen zwischen 3,3g (Norwegen) und 4g-10g (Schweiz) pro Einwohner bewegen (vgl. Beigl 2010, 504). Damit läge Deutschland mit dem aktuellen Wert von 6,3g pro Einwohner in etwa in der gleichen Größenordnung. In beiden Ländern gab es im Gegensatz zu Deutschland mit SWICO und El-retur bereits seit längerem nationale Rücknahmesysteme speziell für Mobilfunkgeräte.

Erfahrungen im Ausland

Zur Rücknahme und zum Management von ausrangierten Mobiltelefonen hat es auch in verschiedenen Ländern und Organisationen bereits zahlreiche Vorarbeiten gegeben, auf deren Erfahrungen zurückgegriffen werden kann.

1. Handyrücknahmesystem der Schweiz

In der Schweiz beläuft sich die Rücklaufquote für Handys auf fast 15%. Dort hat der Wirtschaftsverband SWICO 2008 mehrere erfolgreiche Initiativen zum Elektrorecycling durchgeführt, zum Beispiel die Initiative „Wahre Werte“, bei der in 250 Kommunen der Schweiz Sammelcontainer für alte Handys aufgestellt wurden. Außerdem werden in den Schulen der Schweiz Aufklärungsprogramme zum sinnvollen Gebrauch und zum richtigen Recycling von Handys durchgeführt, welche das Recyclingbewusstsein weiter stärken sollen.

2. Mobile Phone Partnership Initiative (MPPI) im Rahmen des Basler Übereinkommens 2002 wurde im Rahmen der Basler Konvention auf Initiative der Schweiz die internationale Mobile Phone Partnership Initiative (MPPI) gegründet. Sie hat sich das umweltfreundliche Management gebrauchter Handys als Ziel gesetzt und umfasst unter Beteiligung von mittlerweile 12 Herstellern und anderen Stakeholdern (Netzbetreiber, öffentliche Einrichtungen, Recycling-Unternehmen, NGOs etc.) vier Arbeitsgruppen: Re-use, collection and transboundary movement, recovery and recycling und awareness raising on design consideration (Basel Convention 2007, 3). Im Rahmen der Initiative wurden eine Reihe von Leitfäden und Pilotprojekten für ausrangierte Handys entwickelt.

Dazu gehört ein Leitfaden für die Sammlung gebrauchter Handys, der eine Übersicht über international erfolgreiche Sammel- und Logistiksysteme sowie Finanzierungsmodelle gibt. Grundlegendes Ziel solcher Systeme ist die Vor- und Aussortierung weggeworfener Mobilfunkgeräte aus den Abfallströmen, die deponiert oder verbrannt werden, und die anschließende Trennung in Geräte, die (evtl. nach Reparatur) noch weiterverwendet werden können oder recycelt werden müssen. Sammelsysteme sind auf die Einbindung einer Vielzahl von Akteuren angewiesen, einer der Schlüssel ist die Akzeptanz der Konsumenten für solche Systeme.

Mobiltelefone im Restabfall

In Stoffstrom-Analysemodell von Chancerel und Rotter (2009) ist die Entsorgung über die Hausmüll-Tonne der mit Abstand wichtigste Entsorgungsweg für alte Handys. Danach sind 2007 über 5 Mio. Handys in den Hausmüll geworfen worden und somit für ein Recycling des enthaltenen PGM aber auch der anderen Edelmetalle verloren gewesen. Untersuchungen aus der Schweiz und Finnland haben ergeben, dass Handys dort nur zwischen 0,06% und 0,12% der gesammelten EAG ausmachen (MPPI 2004). Neuere Zahlen existieren leider nicht, es ist aber davon auszugehen, dass der Anteil in den letzten Jahren gestiegen sein dürfte.

Untersuchungen der TU Dresden haben ergeben, dass auch nach Einführung des ElektroG mit der Pflicht zur Getrenntsammlung noch relevante Mengen an kleinen elektrischen und elektronischen Altgeräten (EAGs) mit dem Restabfall entsorgt werden, wodurch hohe Frachtbeiträge an Schwermetallen und halogenierten Substanzen im Restabfall verursacht werden. Stichproben haben zwischen 0,43 und 1,62 kg pro Einwohner und Jahr im ElektroG aufgeführte EAGs im Restabfall gefunden (vgl. Janz/Bilitewski 2007, 325). Allerdings setzen sich diese vor allem aus Haushaltskleingeräten zusammen. IKT- und UE-Geräte spielen mit ca. 5% nur eine untergeordnete Rolle (ebd., 326). Nimmt man wie bei Chancerel/ Rotter einen Anteil von 0,9% Mobiltelefone an den EAGs an, ergäbe sich damit eine Spannbreite von jährlich 1,6 Mio. Handys bis fast 6 Mio. Handys im Restabfall in Deutschland.

Behandlung / Recycling vom Mobiltelefonen

Das Recycling der Metalle im Handy, vor allem auf den Leiterplatten, übersteigt in seinen umweltentlastenden Effekten bei weitem jede andere Fraktion des Handys, auch des Plastiks, obwohl das den mit Abstand gewichtsmäßig größten Anteil am Handy ausmacht (vgl. Huismann 2004).

Separat erfasste Mobilfunkgeräte werden in der Regel händisch demontiert und anschließend stofflich verwertet. Informationen über eine Wiederverwendung einzelner Komponenten liegen nur aus Schweden vor (vgl. Beigl 2010, 504). Nach Angaben von Nokia sind etwa 80% der Materialien eines Handys recyclingfähig (vgl. NOKIA 2008).

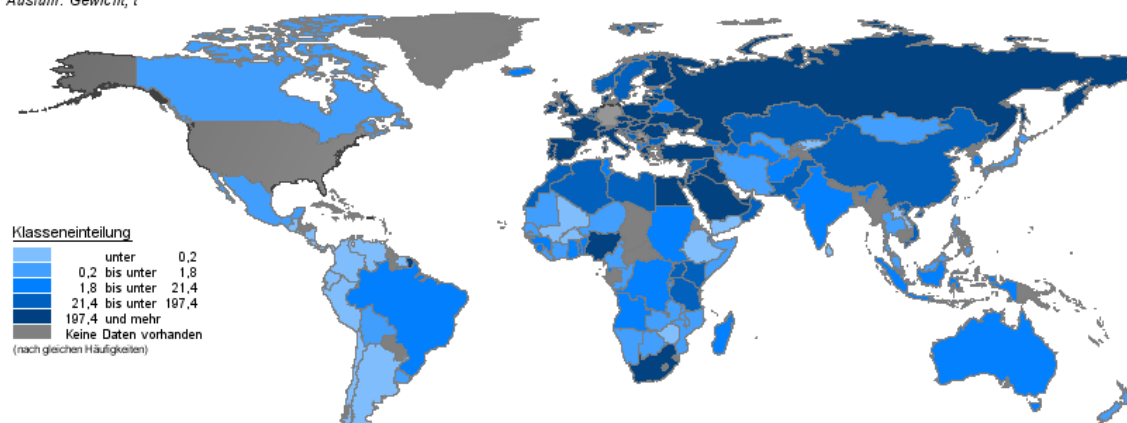
Am Beginn des Verwertungsprozesses steht die Öffnung des Gerätes und die Entnahme der Batterien (NiCad, NiMetHyd oder LithiumIon) sowie der PGM-haltigen Leiterplatten. Die Batterien werden separat verwertet, u.a. bei SNAM in Frankreich. Aus diesem Prozess werden u.a. Nickel für die Stahlproduktion, Cadmium und Kobalt für neue Batterien und Kupfer zurück gewonnen. Die Leiterplatten werden wie oben beschrieben weiter behandelt. Anders als beim Autokatalysator spielen PGM-Verluste bei der Demontage der Geräte praktisch keine Rolle.

4.4.2.6 Außenhandel

Die Datenlage für den Export gebrauchter Handys ist aus den unterschiedlichen beschriebenen Gründen (Unterscheidung Neu- vs. Gebrauchtgüter, Wertgrenzen) als sehr schwierig einzuschätzen. Abb. 49 zeigt die globale Verteilung der Exporte von neuen und gebrauchten Handys in 2007 nach der deutschen Außenhandelsstatistik. Danach wurden insgesamt über 57 Mio. Handys exportiert, außerhalb der EU waren Russland und die Vereinigten Arabischen Emirate die Hauptabnehmer (jeweils über 3 Mio. Stück). Die afrikanischen Staaten sind zwar unter den TOP 20 vertreten, in der Statistik mengenmäßig aber nicht so relevant (Südafrika als Hauptabnehmer mit ca. 800.000 Stück).

Abb. 49: Globale Exporte von Handys aus Deutschland in 2007

Ein- u. Ausfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre,
Warenverzeichnis Außenhandelsstatistik (8-Steller),
Länderverzeichnis für die Außenhandelsstatistik
Außenhandel
2007
Telefone für zellulare Netzwerke(Mobiltelefone) St
Ausfuhr: Gewicht, t



Quelle: Destatis 2009

Im Vergleich dazu ist die Gesamtmenge seit 2008 dramatisch eingebrochen, die Außenhandelsstatistik weist für 2008 noch 17,8 Mio. Stück aus, für 2009 nur 13,9 Mio.⁵¹. Ein Grund dafür dürfte sein, dass mit der Produktionseinstellung von Motorola in Flensburg Ende 2007 und der Schließung der Nokia-Werke in Bochum Mitte 2008 die letzten großen Produktionsstandorte für Handys in Deutschland geschlossen wurden. Deutschland ist damit von einem Netto-Exporteur zu einem Netto-Importeur geworden: 2008 wurden insgesamt 37 Mio. Handys importiert, was ziemlich genau der Anzahl der verkauften Handys entspricht. Der wichtigste Handelspartner ist dabei China, die über 17 Mio. Stück nach Deutschland geliefert haben.

Der gesunkene Anteil an Neu-Produkten an den Gesamt-Exporten lässt sich neben der gesunkenen Produktion auch am Durchschnittswert der Geräte ablesen, der von 103 auf 87 Euro gesunken ist. Anhand dieser Durchschnitts-Preise lässt sich allerdings auch erkennen, dass es sich bei einem Großteil dieser 17,8 Mio. exportierten Handys um Neuware handeln muss, die nur über Deutschland vertrieben wird. Für Russland als dritt wichtigstem Abnehmer ergibt sich ein Durchschnittspreis von 211 Euro, bei

⁵¹ Ab Berichtsmonat Januar 2009 wurde das Aufbereitungs- und Veröffentlichungssystem der Außenhandelsstatistik modernisiert. Im Rahmen dieser Umstellung sind die Außenhandelsdaten vor Januar 2009 - aufgrund neuer Geheimhaltungsregelungen und neuer Zuschätzverfahren für Meldeausfälle und Warenverkehre unterhalb der Schwellengrenze - nur eingeschränkt vergleichbar. Erfasst sind hier sowohl Geräte, die nur aus Handelszwecken nach Deutschland eingeführt wurden als auch von karitativen Einrichtungen exportierte Geräte.

den wichtigsten Abnehmern Vereinigte Arabische Emirate und Hongkong kann dagegen bei einem Durchschnittspreis von 73 Euro bzw. 97 Euro vermutet werden, dass ein relevanter Anteil Gebrauchtgeräte gewesen sein müssen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Export-Ziele außerhalb der EU in 2008 nach der Außenhandelsstatistik, auch hier müssen natürlich die beschriebenen Einschränkungen bei der Aussagekraft der Außenhandelsstatistiken (Schwellenwerte, keine Unterscheidung zwischen Neu- und Gebrauchtgeräten) berücksichtigt werden.

Tab. 35: Exporte von neuen und gebrauchten Handys aus Deutschland außerhalb der EU in 2008

	Ausfuhr: Anzahl	Ausfuhr: Gewicht in t	Ausfuhr: Wert in Tsd. EUR	Durchschnittspreis pro Handy in EUR
Vereinigte Arabische Emirate	2.269.429	902,8	167.524	73
Hongkong	479.313	228,5	46.729	97
Russische Föderation	423.238	195,7	89.314	211
Türkei	419.511	160,3	28.906	68
Schweiz	373.016	184,5	48.577	130
Ukraine	348.161	144,2	58.684	168
USA	227.481	95,6	22.135	97
Singapur	164.085	40,3	7.188	43
Jordanien	154.409	86,4	20.552	133
Südafrika	129.988	70,4	17.175	132
Irak	124.291	69,5	16.606	133
Ägypten	112.083	59,0	10.201	91
Saudi-Arabien	111.528	60,6	14.798	132

Quelle: Deutsche Außenhandelsstatistik 2009

4.4.2.7 Gesamtabstschätzung: PGM-Bilanzierung Handys

Global kann geschätzt werden, dass bis zum Jahr 2008 etwa 7,2 Mrd. Handys verkauft wurden, von denen noch etwa 4,2 Mrd. benutzt werden. Das globale Recyclingpotenzial von 3 Mrd. Handys zeigt die folgende Tabelle. Danach sind bisher höchstens 100 Mio. Handys weltweit recycelt worden, ca. 1,4 Mrd. sind wahrscheinlich über den Hausmüll entsorgt worden und stehen damit für ein Recycling nicht mehr zur Verfügung. Schätzungsweise die Hälfte aller Handys sind noch in den Haushalten der Letztbenutzer vorhanden, hier ergibt sich das größte Potenzial für die PGM-Kreislaufführung. Der „Schatz in der Schublade“ enthält etwa 15t Palladium, 373t Silber und über 13.000t Kupfer.

Tab. 36: Kumuliertes, globales Recyclingpotenzial in Handys 1997-2008, in Tonnen

	Verkaufte Einheiten in t	2008 in Nutzung	Recyclingpotenzial	in der Schublade	Materialrückgewinnung	Verlust
Gesamtgewicht	506100	297500	208600	104300	4172	100128
Silber	1808	1063	745	373	15	358
Gold	174	102	72	36	1	34
Palladium	72	43	30	15	1	14
Kupfer	65070	38250	26820	13410	536	12874
Kobalt	27474	16150	11324	5662	226	5436

Quelle: Hagelüken 2009

Die folgende Abschätzung soll einen groben Eindruck des technischen Recyclingpotenzial für PGM aus Mobiltelefonen vermitteln. Alle Angaben sind mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und weisen je nach Quelle erhebliche Schwankungen auf:

- Der Input ergibt sich aus den Daten in Kapitel 4.4.3.2, (die verwendeten Werte der GFK liegen dabei deutlich höher als die bspw. von Chancerel 2010 genutzten Angaben der GFU, evtl. sind hier nicht nur privat genutzte Mobiltelefone erfasst)
- Der Wert der nicht mehr genutzten Geräte lässt sich aus den Veränderungen der Ausstattungsrate ableiten, wonach ca. 80% der Geräte ein Altgerät ersetzen. Der Wert erscheint plausibel, da sich bei einer angenommenen Nutzungsdauer von ca. 2 Jahren ein ähnliches theoretisches Abfallaufkommen ergeben würde.
- Die Menge gesammelter Mobiltelefone ergibt sich aus Kapitel 4.4.3.5, wonach über die verschiedenen Sammelsysteme ca. 4 Mio. Geräte erfasst wurden. Es wird angenommen, dass ca. 25% dieser Geräte überwiegend im Ausland weitergenutzt werden (was in etwa der ReUse-Rate von 4% bei Chancerel 2010 entspricht).
- Die Verluste bei der inländischen Behandlung betragen nach Chancerel (2010, S. 81) 39%, da nur 50% der Geräte einer manuellen Demontage unterzogen oder direkt dem metallurgischen Recycling zugeführt werden.
- Die über den Hausmüll entsorgte Menge von ca. 4 Mio. Stück richtet sich nach den Hausmüllanalysen von Chancerel/ Rotter 2009.
- Die Menge der im Haushalt verbleibenden Geräte („hibernating stocks“) stellt die größte Unsicherheit bezüglich der PGM-Stoffflüsse in Mobiltelefonen dar. Es ist aber u.a. aufgrund der stark gestiegenen Sammelmengen über die EARSysteme zu vermuten, dass sich nach dem Aufbau eines Stocks in der Vergangenheit hier Zu- und Abgänge mittlerweile fast die Waage halten.

- Die exportierte Menge von 13 Mio. Stück ergibt sich aus der Auswertung der Außenhandelsstatistik. Dabei soll angenommen werden, dass 80% der Geräte im Anschluss keinem hochwertigen Recycling zugeführt werden.

Tab. 37: Verluste in der Kreislaufführung von PGM in Mobiltelefonen

Quelle: Eigene Berechnungen

Die wichtigsten Verluste in der Kreislaufführung von PGM sind in Tab. 37 rot markiert. Demnach ergäbe sich ein zusätzliches theoretisches Recyclingpotenzial von jährlich etwa 170 kg PGM, wenn tatsächlich ein Rücklauf von 100% erreicht werden könnte und das enthaltene PGM mit einer Recyclingeffizienz von 95% zurückgewonnen würde, die erreicht werden würde, wenn die Geräte dem Recycling zugeführt oder manuell demontiert würden (vgl. Deubzer 2007).

4.4.3 Bildschirme

4.4.3.1 Inputs

Unter dem Oberbegriff „Bildschirme“ verbergen sich unterschiedliche Produkte, die in Bezug auf ihre Post-Konsum-Phase auch mit deutlich unterschiedlichen Problemen behaftet sind. Zunächst muss technisch zwischen herkömmlichen CRT (cathode ray tube, deutsch: Kathodenstrahlröhre)-Geräten, LCD (liquid crystal display)-Bildschirmen und Plasma-Geräten unterschieden werden.

Die CRT-Geräte sind Bildschirme, bei denen Elektronen aus der Kathodenstrahlröhre auf unterschiedlich farbige Pixel gelenkt werden und so ein Bild ergeben. CRT-Geräte waren lange der übliche Bildschirm-Standard, sind auch nach wie vor relativ günstig, allerdings relativ groß und schwer und daher relativ schwer zu handhaben. Außerdem enthalten sie größere Mengen an Schwermetallen (wie z.B. Blei).

Sie wurden daher in vielen Bereichen durch LCD-Bildschirme abgelöst, bei denen die Polarisationsrichtung von Licht durch angelegte elektrische Spannung beeinflusst werden kann. Aktueller Stand der Technik sind Aktiv-Matrix-Displays mit einem Dünnschichttransistor (TFT). Sie sind wesentlich leichter als CRT-Bildschirme und haben eine deutlich niedrigere Einbautiefe.

Eine weitere Alternative zu CRT-Geräten sind Plasmabildschirme, bei denen das verschiedenfarbige Licht durch Leuchtstoffe erzeugt wird, die von einem durch Gasentladungen erzeugten Plasma angeregt werden. Plasmabildschirme wurden vor allem für Großbildschirme eingesetzt, wofür aber mittlerweile auch hochwertige Beamer, LED-Wände und LCD-Bildschirme eingesetzt werden.

Die Elektroaltgeräte-Richtlinie 2002/96/EG unterscheidet nach der Anwendung Bildschirme der Kategorie 3 „Informations- u. Kommunikationstechnologie“ (IKT) und der Kategorie 4 „Unterhaltungselektronik“, bei der Sammlung (in Sammelgruppe 3) wird diese Differenzierung nicht vorgenommen, da in der Behandlung kein Unterschied besteht.

Nach Angaben der EMPA (2005) machen Bildschirme etwa 12% des gesamten Elektroschrottsaufkommens in Europa aus.

PGM bei der Bildschirmproduktion

Vor allem für die Produktionsanlagen von LCD-Glas werden relevante Mengen an Platin als Ofenauskleidung verwendet, neue Produktionskapazitäten werden vor allem in Südost-Asien geschaffen. Die weltweite Nachfrage nach LCD-Glas ist allein im Jahr 2008 um etwa 25-30 Prozent gestiegen (vgl. Johnson Matthey 2008, S. 42). Bei der Produktion von LCD-Glas treten kaum Platinverluste auf, da es sich um geschlossene industrielle Kreisläufe mit sehr hohen Recyclingraten handelt (vgl. Saurat/ Bringezu 2008).

PGM-Einsatz in Bildschirmen

Bei CRT- und LCD-Geräten wird vor allem Palladium auf den Leiterplatten der Steuerungselektronik verwendet.

Plasma-Bildschirme sind eine der Hauptanwendungsbereiche für Ruthenium, auch wenn die Hersteller wegen der hohen Preise mittlerweile zunehmend auf PGM-Alternativen zurückgreifen (vgl. JOHNSON MATTHEY 2008, 29). Eine aktuelle Untersuchung der United Nations University gibt folgende Mengen Palladium pro Gerät an:

Tab. 38: PGM-Inhalte pro Stück in verschiedenen Bildschirmtypen nach UNU 2008

Bildschirm-Typ	Palladium-Inhalt
CRT Monitor	0,0048 g
LCD Monitor⁵²	0,067 g
CRT TV	0,041 g
Flat panel TV	0,034 g

Quelle: UNU 2008

⁵² Unter diese Kategorie fallen auch Notebookbildschirme.

Chancerel (2010, 154) leitet die PGM-Inhalte pro Gerät über den Gewichtsanteil der Leiterplatten und der sich darauf befindlichen Palladium-Konzentration her.

Tab. 39: PGM-Inhalte pro Stück in verschiedenen Bildschirmtypen nach Chancerel 2010

Bildschirm-Typ	Durchschn. Gewicht	Massenanteil Leiterplatte	Gewicht Leiterplatte	Pd-Konzentration	Pd-Gehalt
CRT Monitor	10000g	5.0%	500g	10 g/t	5mg
LCD Monitor	3337g	6.9%	230g	14 g/t	3mg
CRT TV	14512g	4.7%	682g	3,4 g/t	2 mg
LCD TV	8600g	9.2%	791g	19 g/t	15 mg

Quelle: Chancerel 2010

Da beide Quellen auf die erheblichen Unsicherheiten und die sich widersprechenden Angaben hinweisen, soll hier annäherungsweise von einem Palladiumgehalt von 20mg für CRT-Fernseher, LCD-Monitore und Fernseher sowie von 5mg für CRT-Monitore ausgegangen werden⁵³.

Weitere Rohstoffe in Bildschirmen

Bei der LCD-Technik ist Indium, das für die Displays benötigt wird, ein relevanter Rohstoff. Bereits 2006 wurden bei einer Weltjahresproduktion von 580t 230t für Display-Technologien verwendet. Nach Abschätzungen von IZT und ISI (2009, 85) könnte der Bedarf bis zum Jahr 2030 nur für LCDs auf bis zu 1.581 t ansteigen.

4.4.3.2 Marktdaten: Verkauf, Bestand, Nutzung von Bildschirmen

Der Absatz von Bildschirmen ist global in den letzten 10 Jahren dramatisch angestiegen. Dafür lassen sich vor allem zwei entscheidende Treiber identifizieren: Zum einen die steigende Ausstattung der Haushalte mit Computern, zum anderen die Ablösung der alten Röhren- (CRT-)Geräte durch Flachbildschirme:

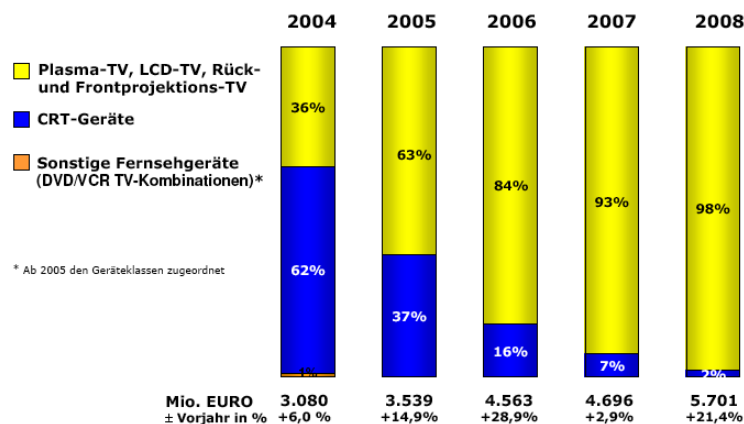
1. Die Ausstattung privater Haushalte in Deutschland mit Personal Computer (PC) hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht: Stand 1993 gerade mal in jedem fünften Haus halt (21 %) ein PC, so verfügten Anfang 2008 bereits drei Viertel (75 %) aller Haushalte über einen oder mehrere PC. Stark zugenommen hat der Anteil der Haushalte mit mobilen PC: Besaßen Anfang 2003 nur 11 % der privaten Haushalte

⁵³ Bei CRT-Monitoren liegen alle Angaben dicht um den Wert von 5mg, bei CRT-TV scheint besonders der Wert von 3,4g/t bei Chancerel sehr niedrig, selbst eine Kaffeemaschine würde nach ihren Angaben einen fast drei mal so hohen Wert aufweisen.

ein Notebook, Lap- oder Palmtop, waren es Anfang 2008 bereits 35 %. Zum Stichtag 1. Januar 2008 fanden sich insgesamt 47,6 Millionen PC in deutschen Haushalten, 1993 waren es noch 8,4 Millionen, 1998 bereits 16,8 Millionen und 2003 schon 32,2 Millionen. Damit hat sich die Anzahl der PC in den letzten 15 Jahren beinahe versechsfacht (vgl. EVS 2009).

- Die rasante Ablösung von CRT-Geräten durch Flachbildschirme zeigt die folgende Abbildung. Danach haben die klassischen Röhrengeräte im Bereich Fernseher innerhalb von nur fünf Jahren einen Rückgang beim Umsatz von 62% auf 2% erleiden müssen. Dabei muss natürlich berücksichtigt werden, dass ein Flachbildschirm deutlich teurer ist als ein CRT-Gerät (in 2009 durchschnittlich 838 Euro im Vergleich zu 182 Euro, vgl. Bitkom 2009), aber auch bei Flachbildschirmen ist ein Preisrückgang zu beobachten: 2005 kostete ein durchschnittliches Geräte noch 1333 Euro (vgl. ebd.). Studien der EU zu Energie verbrauchenden Produkten gehen davon, dass der Absatz an TV-Geräten bis zum Jahr 2010 auch weiterhin um jährlich zwei Prozent ansteigen wird (vgl. ebd.).

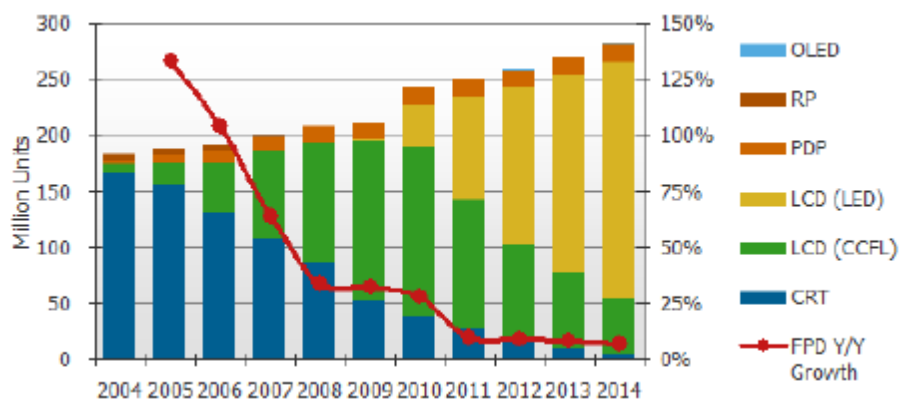
Abb. 50: Umsatz TV-Geräte 2004-2008 (in Mio. Euro)



Quelle: GFU 2008

Auf globalem Maßstab ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Abb. 51 zeigt den Anteil verschiedener Typen von TV-Geräten auf globalem Maßstab in einer Projektion bis zum Jahr 2014; danach werden CRT-Geräte bald vollständig vom Markt verschwinden, Plasmabildschirme ihren Marktanteil nur geringfügig ausbauen können und LCD-Geräten den Markt hauptsächlich dominieren.

Abb. 51: Globale Marktentwicklung von TV-Geräten



Quelle: Grieger 2010

Eine ähnliche Entwicklung ist bei den Computer-Monitoren zu beobachten. Tab. 40 zeigt die Entwicklung für Computer in der EU25. Zwischen den Jahren 2000 und 2006 haben auch hier die Flachbildschirme die CRT-Geräte völlig verdrängt.

Tab. 40: Entwicklung der Neuverkäufe für Computerbildschirme in der EU in Mio. Stück

Jahr	Notebooks	CRT-Monitore	Flachbildschirme
2000	6	24	0
2001	7	20	2
2002	8	17	5
2003	11	10	15
2004	15	6	20
2005	20	4	26
2006	23	2	32
2007	28	0	36
2008	31	0	38

Quelle: UNU 2008, 74

Tab. 41 zeigt die Veränderung im Gesamtmarkt Bildschirme für Deutschland in Stückzahlen. Der Absatz von LCD-Fernsehern hat sich in nur vier Jahren auf 5,9 Mio. nahezu verfünffacht.

Tab. 41: Verkaufszahlen für Bildschirme in Deutschland 2005-2008 (in 1.000 Stück)

	2005	2006	2007	2008	2009
CRT-TV	4.060	2.730	1.435	639	150
LCD-TV	1.235	2.570	3.883	5.901	7.553
Plasma-TV	300	450	528	736	752

Computer-Monitore	3.208	3.100	3.441	3.464	3.251
Notebooks	1.945	2.280	3.010	4.433	6.322

Quelle: GFU 2008, 2009

Für das Jahr 2010 erwartet der Branchenverband Bitkom mit einem regelrechten „Kaufrausch“ für Flachbildfernseher und rechnet mit einem Absatz von ca. 9,6 Mio. Geräten. Gründe für das außergewöhnlich starke Wachstum sind laut BITKOM neben der anziehenden Konjunktur vor allem die Fußball-Weltmeisterschaft, der Durchbruch des hochauflösenden Fernsehens sowie das große Interesse an neuen Technologien wie Hybrid-TV oder zunehmend auch 3D, vom Trend zu 3D profitieren auch die Plasma-Fernseher, die knapp 870.000 Geräte ausmachen (vgl. Bitkom 2010a).

Bestand

Das Statistische Bundesamt Deutschland hat in seiner Einkommens- und Verbrauchsstichprobe angegeben, dass in deutschen Haushalten im Jahr 2008 insgesamt 57,6 Mio. Fernseher vorhanden waren, davon etwa 6,8 Mio. Flachbildschirme.

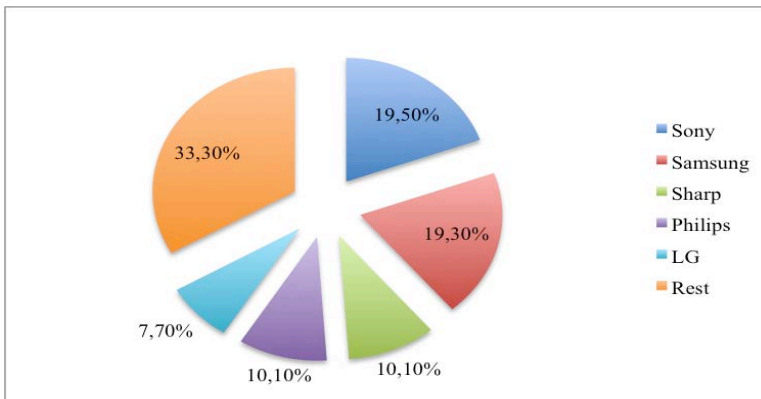
Zusätzlich besaßen die deutschen Haushalte ca. 29,5 Mio. PCs, davon 13,5 Mio. Notebooks (vgl. Destatis 2009). Hinzu kommen PCs und Notebooks, die gewerblich genutzt werden.

4.4.3.3 Akteure des Bildschirmmarktes

Hersteller und Marktanteile

Die Bildschirm- und Monitorindustrie ist deutlich breiter gefächert als beispielsweise der Handymarkt. 2008 hielten die Top Fünf der Hersteller von Monitoren weltweit ca. drei Viertel der Marktanteile (vgl. Website Prad). Bei LCD-Bildschirmen führte Sony Ende des Jahres 2007 den Markt mit 19,5% an, gefolgt von Samsung (19,3%). Sharp und Philips teilten sich den dritten Platz mit je 10,1%. LG konnte in diesem Zeitraum einen Marktanteil von 7,7% erreichen (vgl. Website DisplaySearch). Die Produktion von CRT-Geräten wurde 2009 bis auf einige Spezialgeräte eingestellt, so dass hierzu keine aktuellen Daten vorliegen.

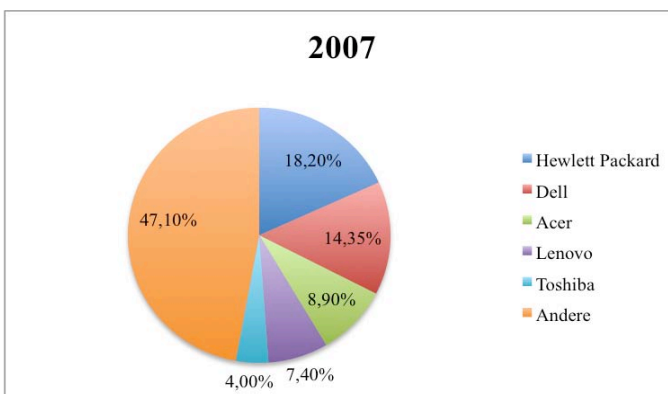
Abb. 52: Weltweite Marktanteile LCD-Bildschirme 2007



Quelle: Website DisplaySearch

Eine Besonderheit bilden wiederum LCD-Bildschirme in Notebooks. Hier sind Unternehmen vertreten, deren Kompetenzen vor allem in der Computertechnik liegen. Die Bildschirme werden als Vorleistung eingekauft, die abfallwirtschaftliche Produktverantwortung liegt beim letztendlichen Produzenten. In einer weltweiten Betrachtung führen HP und Dell vor Acer, Toshiba und Lenovo. Jedoch sind die danach folgenden Hersteller mit ähnlich hohen Anteilen am Markt vertreten. 2007 wurden 18,2% des Marktes von HP bedient, die damit ihren Marktanteil gegenüber 2006 um 30% erhöhen konnten. Im gleichen Zeitraum erreichte Dell einen Marktanteil von 14,35%. Als drittgrößter Hersteller konnte sich Acer mit 8,9% am Markt platzieren. Auf den weiteren Rängen stehen Lenovo mit 7,4% und Toshiba mit 4%. Acer erzielte einen Zuwachs von 32,9% und ist damit der am schnellsten wachsende Hersteller in 2007 gewesen.

Abb. 53: Weltweite Marktanteile Notebookhersteller 2007



Quelle: Gartner 2009

Im Gegensatz zum Sektor Mobiltelefone gibt es für Bildschirme keine speziellen Vertriebswege, insofern sind hier vor allem die großen Elektronikmarktketten für den Verkauf relevant. Insgesamt wird die Zahl der Rücknahmestellen in diesem Bereich auf ca. 30.000 geschätzt (vgl. Alkert 2003, 50).

4.4.3.4 Sammlung, Recycling, Export

Das Recycling von Bildschirmen ist von besonderer Relevanz, da in den letzten Jahren ein sehr schneller Austausch des Bildschirmbestands von CRT- zu LCD-Geräten begonnen hat. Im Vergleich zu Mobiltelefonen ist die Sammelrate aussortierter Bildschirme deutlich höher, Chancerel (2010, 95) schätzt sie für CRT-Geräte auf 99%.

Sammlung

Die nachfolgende Tabelle zeigt die mengenmäßige Relevanz von Bildschirmen bei der Sammlung von EAG im EAR-System. Die Statistik unterscheidet zwischen Datensichtgeräten und TV-Geräte, ermöglicht jedoch keine Unterscheidung zwischen CRT-Geräten und Flachbildschirmen. Beide Gruppen zusammen machen etwa 2/3 der Sammelgruppe 3 aus, was etwa 130.000t entspricht.

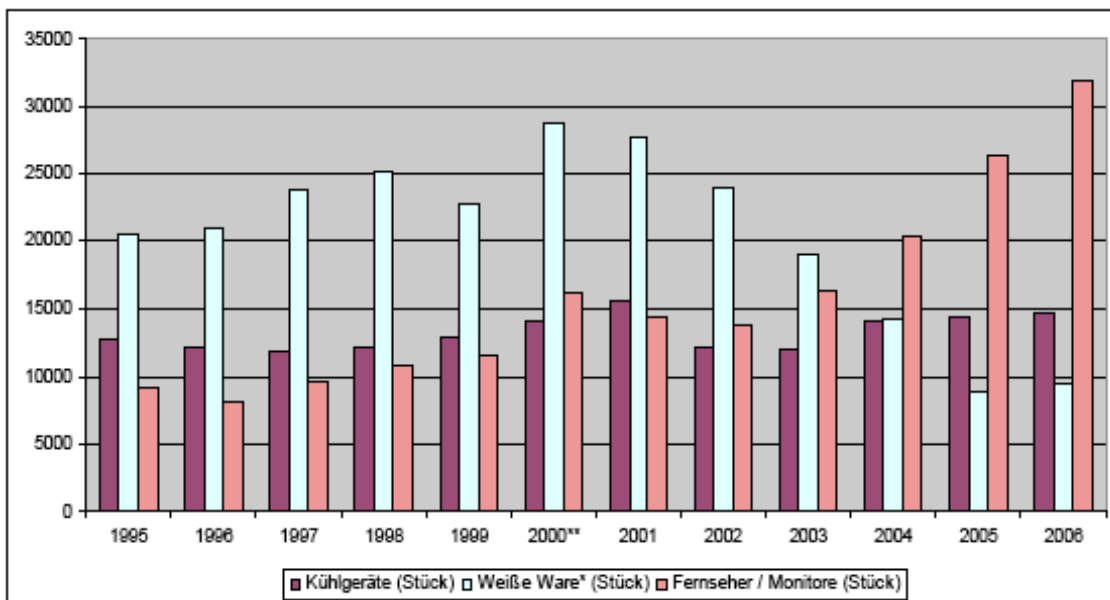
Tab. 42: Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen in Deutschland

Ergebnisse der Statistischen Analyse im ear-System ab:			24.03. 2006	01.01. 2007	01.01. 2008	01.03. 2009	01.01. 2010	01.01. 2011
Kategorie	Kat. Nr.	Geräteart	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %	Anteil %
Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik	3	Datensichtgeräte	20,00	20,00	22,30	24,11	26,40	23,40
Geräte der Unterhaltungselektronik	4	TV-Geräte	45,00	45,00	42,80	41,36	40,20	41,98

Quelle: EAR 2011

Für das Jahr 2007 hat das BMU (2008) CRT-Geräte gesondert ausgewiesen, die damals 127.948t ausmachten. Daraus lässt sich schließen, dass Flachbildschirme erst in den letzten Jahren in relevanten Mengen als EAG angefallen sind. Seitdem findet ein sehr rascher Austausch alter CRT-Geräte durch Flachbildgeräte statt, die zu einem starken Anstieg an CRT-EAG führt. Abb. 54 zeigt die Entwicklung am Beispiel der Sperrmüllsammmlung in Wuppertal. Dort hat sich die Anzahl der entsorgten Geräte von 2002 bis 2006 mehr als verdoppelt.

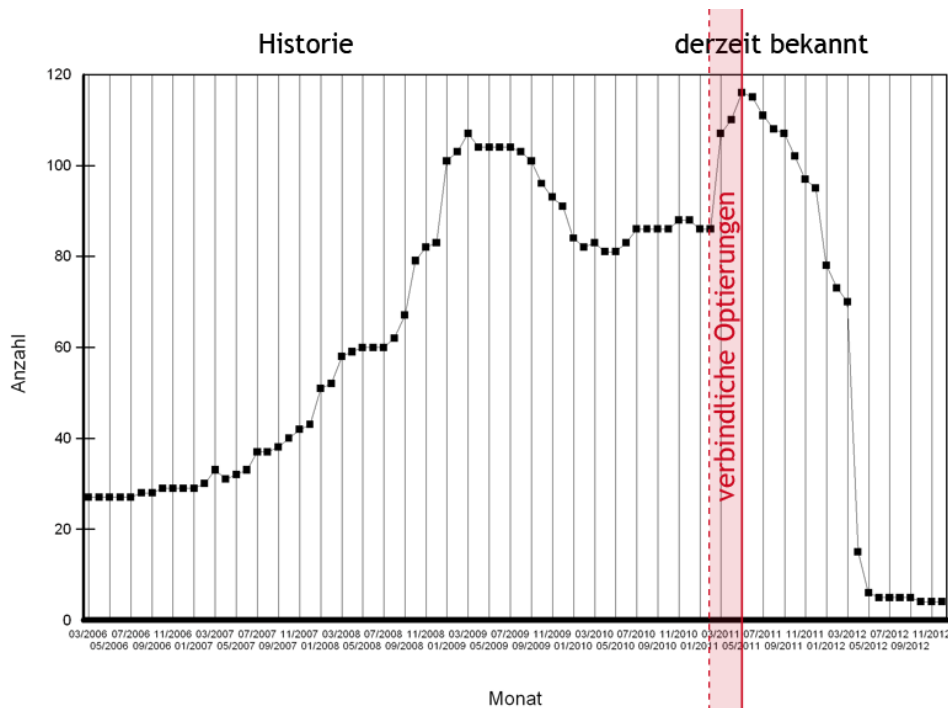
Abb. 54: Zusammensetzung der Sperrmüllsammmlung in Wuppertal



Quelle: Abfallbericht Wuppertal 2008

In den vergangenen Jahren wurden relevante Mengen an Bildschirmen durch optierende Kommunen als ÖrE verwertet. Wie in Abb. 55 erkennbar, ist dieser Anteil aufgrund gesunkener Verwertungserlöse auf fast null zurückgegangen.

Abb. 55: Anzahl optierte örE für Sammelgruppe 3



Quelle: EAR 2011

4.4.3.5 Exporte

Der Export von Bildschirmen (speziell von CRT) stellt im Bereich der Elektro- und Elektroaltgeräte ein besonders relevantes Problem dar. Durch die beschriebenen Preise für eine reguläre Verwertung in Europa und im Vergleich dazu für den illegalen Export nach Afrika und Asien bestehen hier besonders hohe Anreize. Durch den hohen Bleigehalt im CRT-Glas und das Quecksilber in den LCD-Geräten stellen sie gleichzeitig eine besondere Gesundheits-Belastung in den Importländern dar.

Tab. 43 zeigt die von Sander und Schilling (2010) ermittelten Mengen der in der Außenhandelsstatistik und der Zollstatistik des Hamburger Hafens erfassten Mengen an exportierten Bildschirmen für einzelne Zielländer. Aus der Analyse der einzelnen Daten-Erfassungssysteme lassen sich für die Exporte von gebrauchten Monitoren und Fernsehern deutliche Unterschiede feststellen: Während nach statistischen Angaben 86% aller exportierten Fernseher mit Ziel Nigeria das Land verlassen, sind für Monitore Ägypten und Vietnam in mehr als der Hälfte der Fälle das Zielland. (Sander und Schil-

ling 2010) legen als Durchschnittsgewicht für beide Produktgruppen 20kg zu Grunde. Danach wurden in 2008 mehr als 330.000 Fernseher und 65.000 Monitore aus Deutschland exportiert, welche zwischen 50-230kg PGM enthielten.

Diese Angaben erfassen allerdings nur den Teil der legal exportierten und beim Zoll angemeldeten Geräte. Bei den Fernsehern ergibt z.B. ein Abgleich mit der nigerianischen Importstatistik ganz andere Größenordnungen: Danach wurden im Jahr 2006 aus Deutschland alleine nach Nigeria 17,5 Mio. Fernsehempfangsgeräte und Videomonitore exportiert. Die Höhe der Angaben in der nigerianischen Importstatistik werden allerdings wiederum von verschiedenen Experten als deutlich zu hoch eingeschätzt (vgl. Sander/ Schilling 2010).

Trotzdem belegen die Zahlen deutscher Statistik die Relevanz der Exportproblematik: Allein über den Hamburger Hafen würden demnach etwa 1-3 Mio. Monitore pro Jahr exportiert, der Export auf dem Landweg nach Osteuropa wird von Janz et al. (2009) insgesamt als noch relevanter eingeschätzt, Bildschirme spielen dabei seiner Einschätzung nach eine besonders wichtige Rolle. Eine relevante Quelle für diese Export ist danach besonders bei Bildschirmen die Beraubung von Sperrmüllsammelungen, diese Geräte werden anschließend als Gebrauchtgeräte im Ausland verkauft, dort werden in der Regel nur Kupferelemente und der Stahlrahmen einem Recycling zugeführt. Insgesamt schätzt Chancerel (2010, 95), dass etwa 20% der in Deutschland ausranigiertem nur einem solchen „informellen Recycling“ unterzogen werden.

Tab. 43: Bildschirme: Exportmengen in Stück für einzelne Zielländer nach DESTATIS und ZAPP (Bezugsjahr 2008, in t)

	Außenhandelsstatistik	ZAPP-System Hafen Hamburg unter 3.000EUR
Fernseher nach Nigeria	3000	5862
Fernseher nach Ghana	174	616
Monitore nach Vietnam	840	421

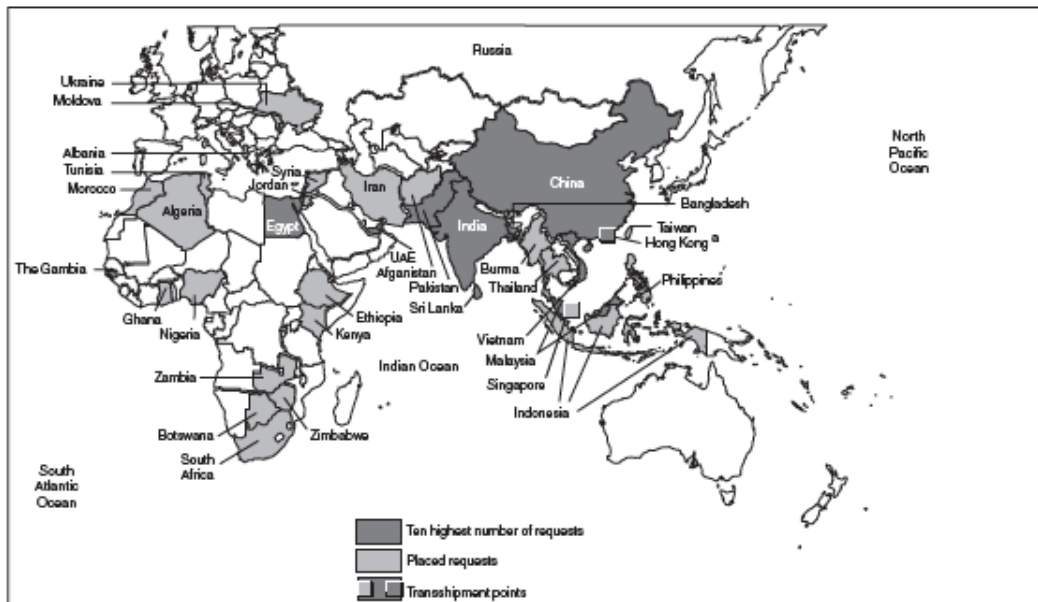
Quelle: Sander/ Schilling 2010

Sander/ Schilling 2010 untersuchten Internetportale nach Kaufanfragen nach Bildschirmen und anderen EEE-Geräten. Über einen Zeitraum von drei Monaten wurden dabei 230 Anfragen nach insgesamt 7,5 Mio. CRT-Geräten aus Entwicklungsländern registriert. Mehr als 75% der Händler boten dabei weniger als 10 Dollar pro Stück, etwa die Hälfte weniger als 5 Dollar, so dass davon ausgegangen werden muss, dass hier tatsächlich nicht mehr funktionsfähige Altgeräte gesucht wurden. In den Importländern werden diesen Altgeräten werthaltige Fraktionen wie Kupferspulen entnommen und die Geräte anschließend auf überwiegend wilden Deponien entsorgt.

Etwa 70% dieser Anfragen konnten in Entwicklungsländern lokalisiert werden, hauptsächlich in China und Indien, teilweise aber auch in Afrika. Abb. 56 zeigt die globale Verteilung der von GAO (2008) ausgewerteten Anfragen nach Bildschirmen in interna-

tionalen Internethandelsportalen (die dunkel markierten Regionen zeigen die 10 wichtigsten Absatzmärkte).

Abb. 56: Anfragen nach gebrauchten Bildschirmen auf Internetplattformen



Quelle: GAO 2008

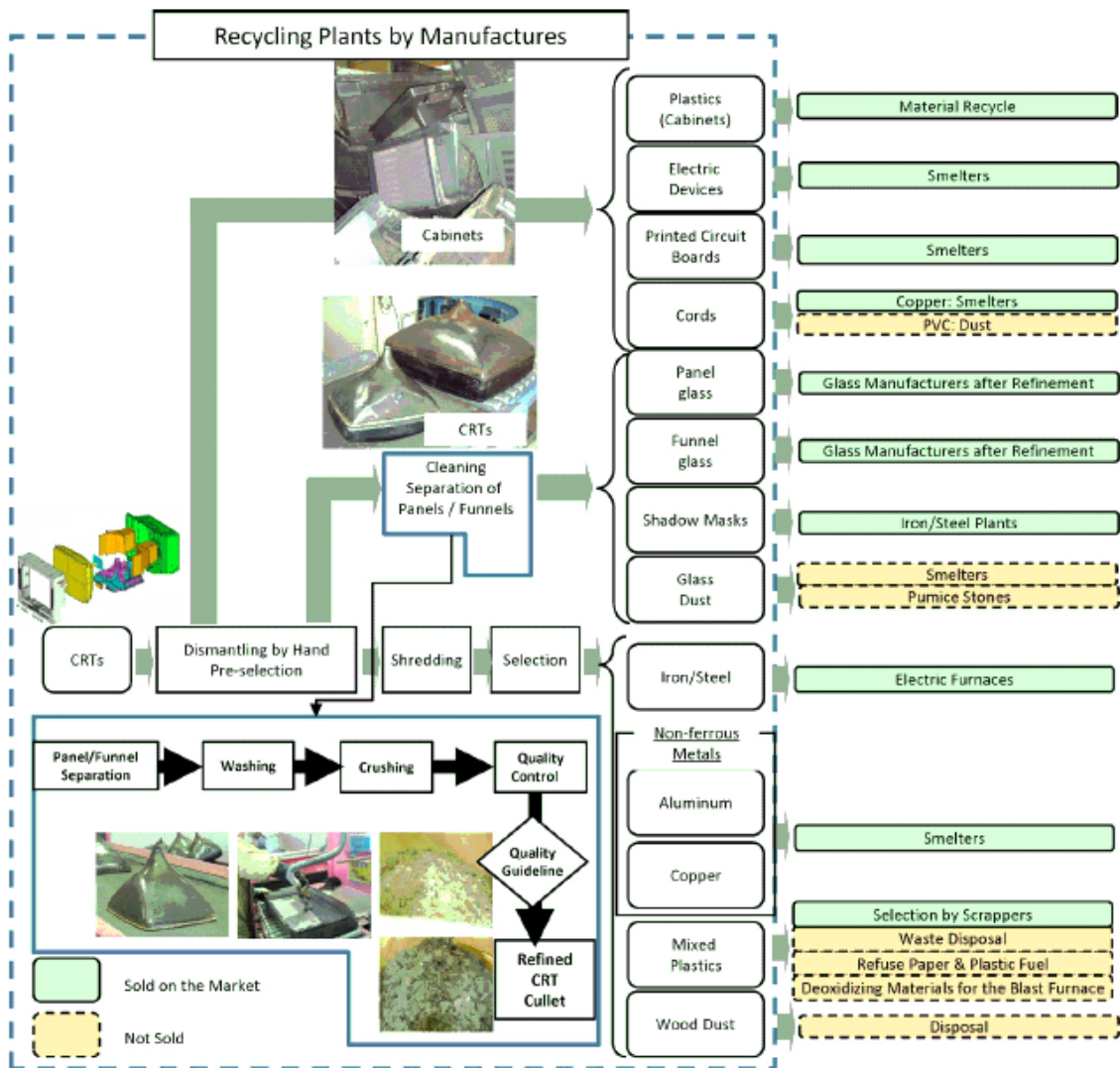
Insgesamt ist der überwiegend illegale Export von Altgeräten vor allem über die osteuropäische Grenze nur schwer abzuschätzen. Basierend auf den Untersuchungen von Sander/ Schilling und Janz et al. kann eine Exportmenge von ca. 3-5 Mio. Geräten jährlich vermutet werden.

Recycling/Verwertung

CRT-Geräte

Abb. 57 zeigt die unterschiedlichen Stufen beim Recycling eines CRT-Monitors. Im ersten Schritt werden die Kabel entfernt und das Plastikgehäuse geöffnet. Anschließend wird die Ablenkeinheit entfernt, die wegen ihres Kupfergehalts einen wesentlichen Teil des Restwerts ausmacht. Ebenfalls separat erfasst werden die Lautsprecher und die Kabel im Inneren des Monitors. Danach kommen die Geräte in die Bildröhrentrennung, hier gibt es je nach Durchsatz unterschiedliche Techniken (vgl. unten: LCD-Recycling). Nach der Trennung von Konus- und Frontglas wird die Lochmaske entfernt und die phosphorhaltige Leuchtschicht abgesaugt. Die Abbildung zeigt grün umrandet die Bestandteile, für die noch ein Absatzmarkt existiert.

Abb. 57: Schematische Darstellung CRT-Recycling



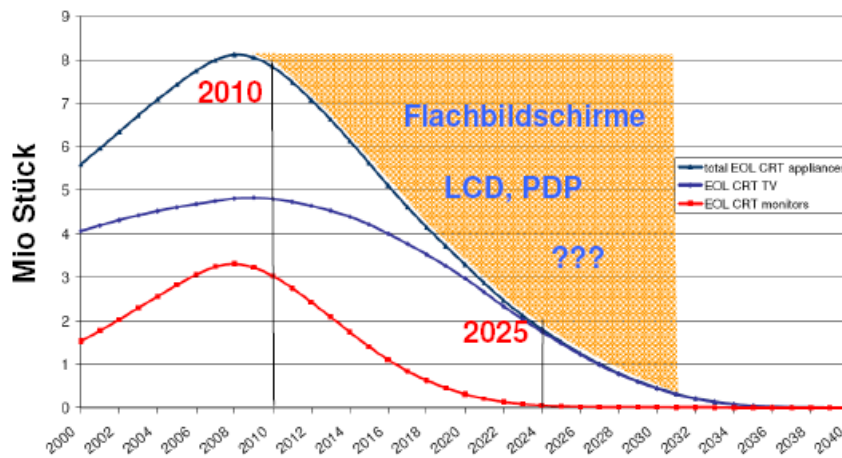
Quelle: MOE/ METI 2006b

Das Metallchassis der Bildschirmgeräte inklusive der montierten Baugruppen werden in der Regel mechanischen Aufbereitungsanlagen zugeführt, in der Materialien stufenweise zerkleinert werden, nach jeder Zerkleinerungsstufe durch Kettenzerspanner, Rotorscheren und Shredder werden die frei vorliegenden Materialien mit physikalischen Verfahren (Magnettrennung, Wirbelstromabscheidung) aussortiert (vgl. Fröhlich 2009, 561). Das restliche Material wird in eine Aufschlussmahlung geleitet, in der die Materialien durch Granulatoren oder Hammermühlen auf Stücke von weniger als 10mm zerkleinert werden, Metalle und Kunststoffe können dadurch weitestgehend voneinander getrennt werden. Im Laufe dieses Prozesses werden eine Fraktion Eisenmetalle, Buntmetalle und sortenreine Kunststoffe gewonnen, die verbleibenden Reststoffe gelangen als heizwertreiche Fraktion in die energetische Verwertung. Für ein möglichst vollständiges PGM-Recycling wäre das Abtrennen der PGM-haltigen Leiterplatte vom Chassis vor dem ersten mechanischen Zerkleinerungsprozess notwendig, um die Lei-

terplatten den beschriebenen Smelter-Prozessen zuführen zu können. Hierauf scheint aber häufig verzichtet zu werden (vgl. ebd., 562), da hierfür weitere händische Demontageschritte notwendig wären, so dass das PGM anschließend dissipativ in den Reststoffen verloren geht. Chancerel (2010, 81) kommt zu dem Ergebnis, dass bei ca. 24% der Bildschirme (sowohl CRT- als auch Flachbildgeräte) eine manuelle Demontage der Leiterplatten stattfindet, die aufgrund der geringeren Edelmetallgehalte in der Regel weiter vorbehandelt werden, so dass auch hier wie bei einer mechanischen Vorbehandlung etwa 60% der PGM zurück gewonnen werden.

Durch die dramatisch sinkenden Marktanteile von CRT-Monitoren bricht zudem der wichtigste Abnehmer-Markt für das bleihaltige Glas weg, Bildröhrengeräte werden derzeit fast nur noch in China verkauft. Adäquate Alternativen für den hochwertigen Einsatz von Sekundär-CRT-Glas sind bisher noch nicht gefunden. Alternative Verwertungspfade wie der Einsatz der Gläser in Kupfer- oder Bleihütten als Ersatz für mineralische Zuschlagstoffe mit der Möglichkeit der Bleirückgewinnung sind nach Expertenmeinungen nicht geeignet, einen größeren Anteil der anfallenden Mengen zu verarbeiten. Aktuell werden weitere Einsatzmöglichkeiten, z.B. beim Behälterglas, intensiv untersucht. Bisher wurde das Glas auch im Bergversatz zur Verfüllung untertägiger Hohlräume eingesetzt. Sowohl die neue europäischen Abfallrahmenrichtlinie mit ihrer neuen Recyclingdefinition und der fünfstufigen Abfallhierarchie als auch die Recyclingdefinition gemäß dem Recast der WEEE-Richtlinie erkennen diesen Entsorgungspfad aber nicht mehr als stoffliche Verwertung an, so dass die im neuen WEEE-Richtlinien-Entwurf geforderte für Wiederverwendung und stoffliche Verwertung bei Bildschirmen von 65% in Zukunft mit den bestehenden Strukturen kaum zu erreichen sein dürfte (vgl. SRU 2008, 561). Es ist zu befürchten, dass dadurch der Anreiz für den illegalen Export von CRT-Geräten in Entwicklungsländer noch verstärkt wird, was einen zusätzlichen Potenzialverlust für das PGM-Recycling bedeuten würde. Abb. 58 zeigt, dass der Rücklauf an CRT-Geräten im Jahr 2010 zwar seinen Höhepunkt überschritten haben dürfte, aber vor allem bei Fernsehgeräten noch über das Jahr 2030 anhalten wird.

Abb. 58: Dynamische Simulation des Anfalls von EOL-CRT-Geräten



Quelle: Grieger 2010

LCD-Geräte

Bei den LCD-Geräten wird zunächst das eigentliche LCD-Panel aus seinem Stahlrahmen und vom Kunststoffgehäuse mit Lautsprechern etc. getrennt, die bei einem 37 Zoll-Gerät etwa die Hälfte des Gewichts (Gesamt: ca. 20.5 kg) ausmachen (ohne eventuelle Ständer oder Haltevorrichtungen) (vgl. Grieger 2010, 5). Ein entscheidender Schritt bei der Behandlung von LCD-Geräten ist die quecksilber-haltige Hintergrundbeleuchtung, etwa 90% aller zur Zeit am Markt erhältlichen LCD-Geräte enthalten eine solche Hintergrundbeleuchtung, bei den größeren Geräten nahezu jedes (vgl. Kopacek 2008, 437). Die Beleuchtung besteht aus einzelnen Röhren (*Cold Cathode Fluorescent Lamps - CCFLs*), die jeweils etwa 3mg Quecksilber enthalten und von denen in einem Standardfernseher (40 Zoll) etwa 20-25 Stück enthalten sind. Untersuchungen haben ergeben, dass bei der üblichen Schüttung von Bildschirmen in größere Transportgefäße in etwa 30% aller Geräte mindestens eine dieser CCFLs zu Bruch geht und Quecksilber in einer Konzentration freisetzt, der Menschen nicht über längere Zeiträume ausgesetzt sein dürfen (vgl. EERA 2010).

Laut EAG-Richtlinie muss die Hintergrundbeleuchtung bei Geräten mit einer Bildfläche über 100cm² demontiert werden. Von entscheidender Bedeutung ist dabei allerdings die Recyclingfreundlichkeit der Geräte: Nur etwa 40% aller Hersteller ermöglichen durch ihr Produktdesign eine schnelle manuelle Demontage (vgl. Kopacek 2008, 437). Die vertiefte händische Demontage von LCD-Geräten, die eine Entnahme der PGM-haltigen Leiterplatte ermöglichen würde, setzt daher in der Regel teure Arbeitsplätze mit Luftabzug voraus. Dementsprechend schätzt Chancerel (2010, 81), dass in diesem Segment auch nur 40% der enthaltenen PGM zurück gewonnen werden können.

Tab. 44 gibt einen Überblick über die Kostenstruktur bei der Behandlung und beim Recycling von Fernsehern (auf Basis von Angaben des WEEE Forums für etablierte Systeme in 2005, vgl. UNU 2008, 180). Danach ist das Recycling von LCD-Geräten mit

deutlich höheren Gesamt-Kosten verbunden, die vor allem auf der komplizierteren Demontage beruhen. Die Übersicht zeigt aber auch, dass der Rückgewinnungsprozess für Metalle beim LCD-Fernseher lukrativer ist als beim CRT-Gerät, so dass hier höhere Anreize bestehen könnten, die Leiterplatten separat zu entnehmen.

Tab. 44: Kostenstruktur für das Recycling von Fernsehern 2005, EU-Durchschnittswerte

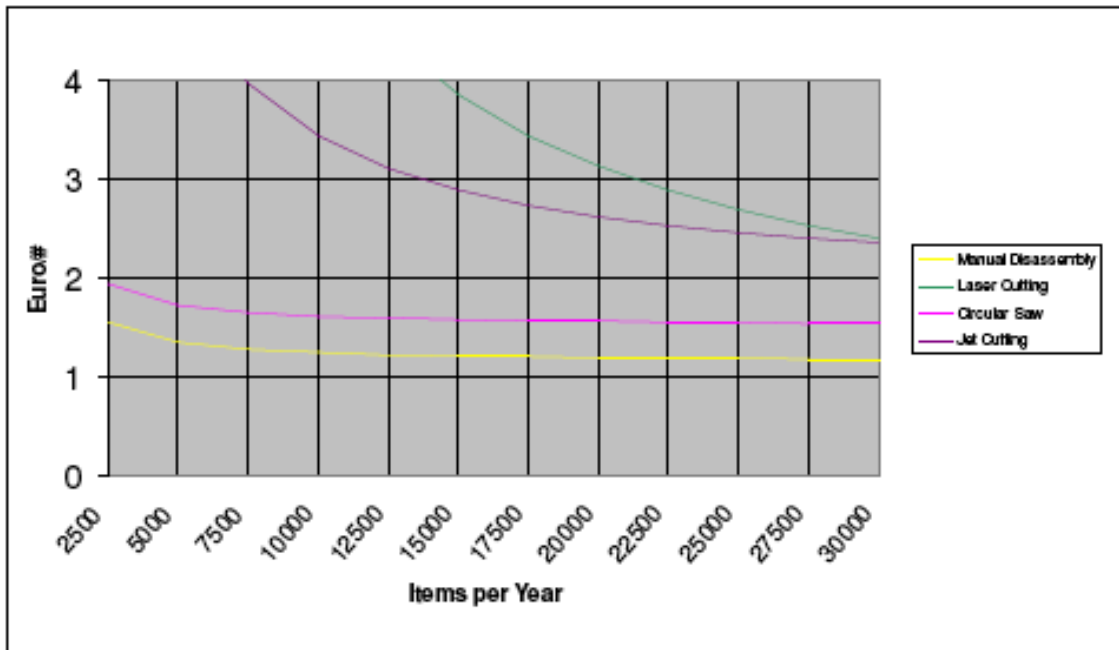
Category	Cat.3C			Cat.4C		
	Total	Costs	Revenues	Total	Costs	Revenues
Transport and collection (incl. access to WEEE)	€0.66	€0.66		€3.99	€3.99	
Other costs	€0.28	€0.28		€2.13	€2.13	
Shredding, sorting, dismantling, pre-treatment	€7.70	€7.70		€13.96	€13.96	
Incineration and landfill	€0.09	€0.10	(€0.01)	€0.86	€0.89	(€0.03)
Recycling processes	€0.03	€0.04	(€0.02)	€0.09	€0.15	(€0.06)
Recovery processes	(€2.02)	€1.30	(€3.32)	(€3.59)	€5.83	(€9.42)
Total	€6.74	per piece		€17.44	per piece	
Total	€1.33	per kg		€0.62	per kg	

Legende: 4B=CRT-TV, 4C=LCD-TV

Quelle: UNU 2008

Die Kostenstruktur beim LCD-Recycling ist jedoch auch stark vom Umsatz der Recyclinganlagen abhängig (vgl. Abb. 59), so dass in den kommenden Jahren mit sinkenden Demontagekosten zu rechnen sein wird, womit auch höhere Anreize zur Verwertung weiterer Bestandteile wie der Leiterplatte verbunden sein könnten. In Deutschland haben sich daher auch nur einige wenige Unternehmen auf das Recycling von Bildschirmen spezialisiert, um die entsprechend notwendigen Mengen am Markt erreichen zu können. Diese Unternehmen sind zunehmend gezwungen, ihren Betrieb von der CRT-Verwertung auf Flachbildschirme umzustellen und dafür rentable Techniken zu entwickeln.

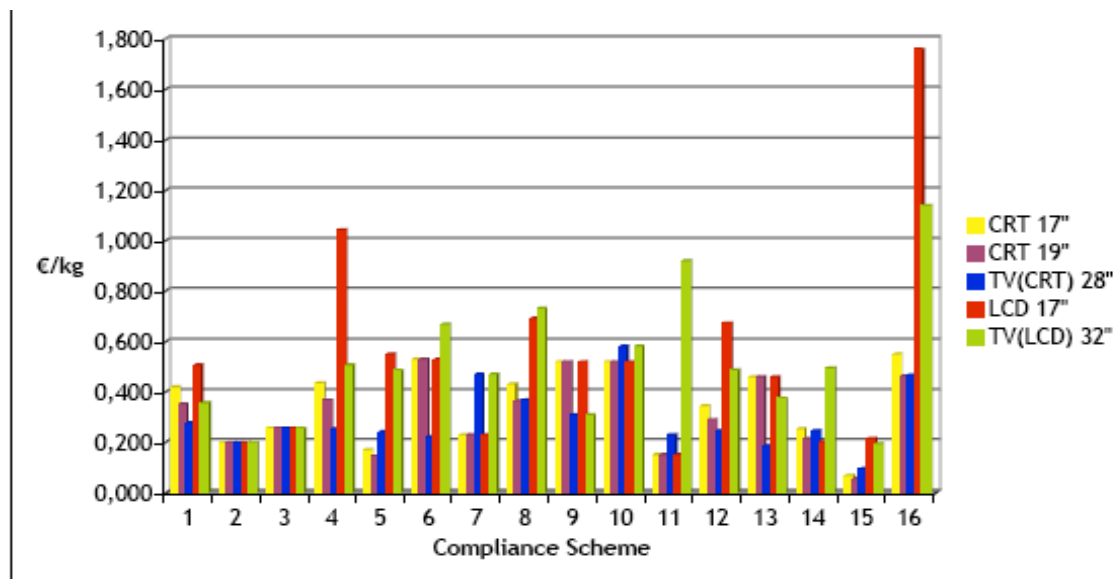
Abb. 59: Kostenstruktur für das Recycling von LCD-Geräten in Österreich, 2008



Quelle Kopacek 2008

Den reinen Behandlungs-Kosten stehen die Behandlungs- und Verwertungskosten gegenüber, die nach der WEEE-Richtlinie von den Herstellern getragen werden müssen. Für Bildschirme zeigt Abb. 60 die unterschiedlichen Niveaus der Verwertungsgebühren innerhalb der EU. In Extremfällen liegt für identische Produkte bis zu einem Faktor 9 zwischen den einzelnen Ländern.

Abb. 60: Verwertungskosten für Bildschirme in EU-Mitgliedsstaaten



Quelle: Magalini/ Huisman 2006

Nach Einschätzungen von Experten liegt Deutschland dabei eindeutig am untersten Ende der Behandlungs- und Verwertungskosten, wie sie in der Abbildung anonymisiert für die EU-Mitgliedstaaten dargestellt sind. Diese an sich positive Tatsache hat allerdings zwei Effekte, die die Ressourceneffizienz des Systems negativ beeinflussen:

- Zum einen verringern die niedrigen Kosten die Anreize für die Hersteller, die Entsorgungskosten beim Produktdesign zu berücksichtigen.
- Zum anderen sind die Vergütungen so niedrig, dass seit Inkrafttreten des ElektroG ein Rückgang der Behandlungsqualität – vor allem bei Bildschirmen – zu beobachten ist. Um die Kosten für Sammlung und Transport zu minimieren, werden diese häufig in einem dafür ungeeigneten Rollcontainer gesammelt.

Für Deutschland sind keine Zahlen bekannt, wie viele Leiterplatten aus Bildschirmen separat recycelt werden. In der Schweiz werden diese Daten erhoben, danach wurden 2008 keine Leiterplatten aus CRT-Geräten recycelt (vgl. SWICO 2009, 18).

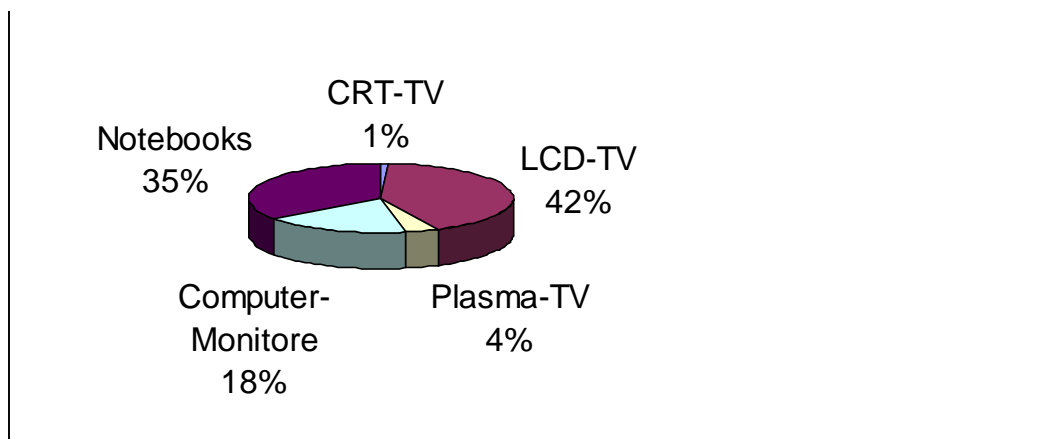
4.4.3.6 Gesamtabstschätzung PGM-Relevanz von Bildschirmen

Nachfrage

Der jährliche Gesamtbedarf an PGM zur Herstellung von Bildschirmen (sowohl im Inland produzierte Geräte als auch Importe, vgl. Kap. 4.4.4.2), die in Deutschland in Verkehr gebracht werden, kann aufgrund der vorliegenden Daten zum PGM-Gehalt pro Gerät und den Verkaufszahlen auf insgesamt ca. 360kg geschätzt werden (vgl. Abb.

61). Von den insgesamt inklusive Notebooks 18 Mio. verkauften Bildschirmen entfielen 2009 noch 1% auf den Bereich CRT-TV, insgesamt 46% auf den Bereich Flachbildschirme (LCD und Plasma) und 53% auf LCD-Computerbildschirme (Monitore und LCD-Notebookdisplays).

Abb. 61: PGM-Nachfrage für die Produktion von Bildschirmen für Deutschland 2008 in Gramm



Quelle: Eigene Berechnungen nach den Angaben in Abschnitt 4.4.4.1 und 4.4.4.2

Recyclingpotenzial

Für die Abschätzung des PGM-Recyclingpotenzials wird auf Basis des Verlaufs des Ausstattungsgrades der Haushalte mit Fernsehern angenommen, dass 80% der Neukäufe ein altes CRT-Gerät und 10% einen alten Flachbildschirm ersetzen (hier werden häufig Flachbildschirme der ersten Generation gegen „HD ready“-Geräte ausgetauscht, vgl. SWICO 2009). Bei Computerbildschirmen wird aufgrund des niedrigeren Marktsättigungsgrades eine Ersatzquote von 80% angenommen (Aufteilung der ausrangierten Geräte: 80% LCD, 20% CRT). Die Größenordnung von 7,6 Mio. ausrangierten Computerbildschirmen erscheint auch bei einer angenommenen Lebensdauer von 3-5 Jahren angesichts einer Bestands von ca. 30 Mio. Geräten (s.o.) plausibel, bei den Fernsehgeräten liegt der Wert von 7,6 Mio. Geräten bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren (vgl. Chancerel 2010, 64) relativ hoch, hier sind in den letzten Jahren aber Sondereffekte durch den beschriebenen Austausch von CRT-Geräten zu berücksichtigen.

Sammlung

Im Gegensatz zu Mobilfunkgeräten findet eine Entsorgung von Bildschirmen über den Restmüll so gut wie nicht statt. Über das EAR-System werden wie beschrieben ca. 130.000t Bildschirme gesammelt. Aufgrund der deutlichen Gewichtsunterschiede zwischen CRT- und Flachbildschirmen lässt sich allerdings nur grob abschätzen, um wie viele Geräte es sich bei dieser Menge handelt (vor allem Flachbild-

Computerbildschirme sind deutlich leichter als ihre CRT-Variante). Bei den oben getroffenen Annahmen zu den Verhältnissen von CRT zu Flachbildschirmen bei ausrangierten Geräten ergäbe sich auf Grundlage der Angaben von Chancerel (2010, 150) ein Durchschnittsgewicht von ca. 5kg für Computerbildschirme und 12kg für Fernsehgeräte, was etwa 10 Mio. Datensichtgeräten und 6,5 Mio. Fernsehern entsprechen würde. Beide Werte liegen angesichts der berechneten Werte für ausrangierte Geräte relativ hoch, dies wird aber wiederum mit den Sondereffekten durch ausgetauschte CRT-Geräte zu erklären sein.

Die Exporte von Bildschirmen sind wie beschrieben schwer zu erfassen, geschätzt wurde ein Wert von ca. 3-5 Mio. Geräten. Unter den getroffenen Annahmen zu PGM-Inhalten und Verhältnis CRT und Flachbildschirm würde dies einen Verlust von ca. 70kg PGM pro Jahr bedeuten.

Behandlung

Die größten Verluste für die Kreislaufführung von PGM in Bildschirmen liegen bei der Behandlung von Altgeräten im Inland. Wie beschrieben liegen die Rückgewinnungsraten hier nur bei 40% für Flachbild- und 60% für CRT-Geräte. Dementsprechend gehen bei der Behandlung von CRT-Geräten 57,6kg, bei Flachbildschirmen 81,6kg PGM für die Kreislaufführung verloren. Für die Zukunft ist absehbar, dass der Anteil der Flachbildschirme an diesen Verlusten deutlich steigen wird.

Tab. 45: Verluste in der Kreislaufführung von PGM in Bildschirmen

Quelle: Eigene Berechnungen

Tab. 45 zeigt die wichtigsten Verlustpunkte in der Kreislaufführung von PGM in Bildschirmen. Daraus würde sich in Deutschland jährlich ein zusätzliches Recycling-Potenzial für PGM aus Bildschirmen von ca. 190kg ergeben, wenn die Leiterplatten flächendeckend manuell entnommen und recycelt würden.

4.5 Maßnahmenvorschläge

Ausgehend von den Analysen zu Verluststellen bei der Kreislaufführung von PGM in werden Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung von PGM-Verlusten durch eine Verbesserung der internationalen Kreislaufführung von Elektronikschrott abgeleitet. Auf Grundlage eines strategischen Instrumenten-Mix, der unterschiedliche Akteure adressiert, werden dabei auch konkrete, vorrangig zu verfolgende Maßnahmen benannt.

Grundsätzlich haben die Untersuchungen der beiden Handlungsfelder Handys und Bildschirme ergeben, dass sich die Anreizstrukturen und Marktbedingungen für eine Schließung von Stoffkreisläufen durch hochwertiges Recycling in den beiden Berei-

chen trotz eines weitgehend identischen regulativen Rahmens deutlich unterscheiden: Während funktionsuntüchtige Handys wegen ihres hohen Edelmetallgehalts rentabel verwertet werden können, ist die Behandlung von Bildschirmen mit Kosten verbunden, die nicht durch die Erlöse der gewonnenen Materialien gedeckt werden. Daraus ergeben sich unterschiedliche Probleme, die in der Wahl der Instrumente berücksichtigt werden müssen und auch ein unterschiedliches staatliches Eingriffsniveau erfordern. Ganz pauschal ist bei gebrauchten Handys zu vermuten, dass ökonomische Instrumente einen deutlichen Effekt zur Verbesserung der PGM-Kreisläufe erzielen könnten, während bei Bildschirmen auf jeden Fall flankierende staatliche Maßnahmen zu ergreifen sein werden.

4.5.1 Bewertung und Grenzen der bisherigen Einzelmaßnahme

Export und Kreislaufführung von Elektronikschrott wird regelmäßig als eines der wichtigsten Problemfelder der Abfallwirtschaft identifiziert und auch bereits in vielen Projekten und Initiativen behandelt (vgl. Jaron 2010)⁵⁴. Im Bereich WEEE haben sich zahlreiche Initiativen gebildet, die versuchen das bestehende Regelwerk aus zahlreichen unterschiedlichen Perspektiven zu ergänzen und zu optimieren. Dazu gehören beispielsweise:

- die von der UN geleitete StEP (Solving the e-waste problem)-Initiative, die sich im Anschluss an die „Electronic Goes Green“- Konferenz 2004 in Berlin gegründet hat und u.a. explizit auf die Schließung von Stoffkreisläufen abzielt,
- das Basel Action Network, in dem sich unterschiedliche NGOs für den Basel Total Ban (das totale Verbot für Exporte von EEE oder EAG in Entwicklungsländer) einsetzen,
- die European Recycling Plattform, in der unterschiedliche EEE-Hersteller organisiert sind und sich u.a. für ein hochwertiges Recycling der enthaltenen Edelmetalle einsetzen, oder
- das WEEE-Forum, ein Forum von Vertretern freiwilliger Rücknahmesysteme für WEEE (vgl. Widmer et al. 2005, 450).

Diese Akteure sollten unbedingt in die Entwicklung von Maßnahmen eingebunden werden, da sie in der Regel über ein Netz von Akteurskontakten und Informationsquellen verfügen, die angesichts der beschriebenen Datenlücken für innovative Lösungs-

⁵⁴ Jaron, A. (2010): Stolpersteine auf dem Weg zur globalen Kreislaufwirtschaft. In: Müll und Abfall, Jg. 42, H. 6, S. 257.

ansätze bzw. die Umsetzung von Aktivitäten zur Verbesserung der PGM-Kreislaufführung unverzichtbar sein dürften.

Als grundsätzliches Problem kann aber die fehlende Koordination dieser Einzelmaßnahmen identifiziert werden. Sowohl in der Schließung von einzelnen Stoffkreisläufen als vor allem auch zur Bewältigung der internationalen Dimension legaler und illegaler Exporte von Elektronikgütern gibt es bisher vor allem von einzelnen Akteuren (z.B. von StEP) initiierte Maßnahmen. Diesen fehlt es in der Regel sowohl an Aufmerksamkeit als auch an Akzeptanz⁵⁵.

Echte systemische Innovationen sind in diesem Bereich daher nur durch ein abgestimmtes Vorgehen aller Beteiligten entlang der kompletten Wertschöpfungskette sowie durch ein integriertes Maßnahmen-Portfolio zu erwarten, das flexibel auf die einzelnen Produkte anpassbar wäre. Diese müssten sowohl im In- und Ausland ansetzen dazu angesichts eines zu vermutenden latenten Eigeninteresse der Wirtschaftsakteure freiwillige Maßnahmen als sonst auch ordnungsrechtliche Mittel einsetzen..

Dazu soll im Folgenden ein Maßnahmenportfolio untersucht werden, dessen Einzelmaßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen, verschiedene Akteure adressieren und sich im Optimalfall gegenseitig verstärken können. Abb. 62 ordnet die untersuchten Einzelmaßnahmen diesen Dimensionen zu⁵⁶.

⁵⁵ Weiterer Forschungsbedarf besteht daher vor allem zum Entwicklungspotenzial der unterschiedlichen bestehenden nationalen und internationalen Kooperationsplattformen (BAN, StEP etc.), die in Zukunft eine solche Vermittlerfunktion zwischen den einzelnen Regulierungsebenen und Akteursstrukturen ausfüllen könnten.

⁵⁶ Grundsätzlich könnten die Einzelmaßnahmen natürlich auch anders ausgestaltet werden, z.B. ein freiwilliges Pfandsystem. Wie im Folgenden dargestellt, empfiehlt sich für den Bereich EAG diese Zuordnung.

Abb. 62: Maßnahmen-Portfolio

Inland	Ausland	
Sammelsysteme	Technologie- und Knowledgetransfer	Freiwillig
Handypfand Erfassungsmonitoring Export-Kriterien		Ordnungsrechtlich

Quelle: Eigene Darstellung

Im Folgenden soll zunächst als grundsätzliche Strategie der Ansatz der erweiterten Herstellerverantwortung und die Substitution von ressourcenintensivem Primär-PGM durch Sekundärrohstoffe beschrieben werden.

4.5.2 Strategieansatz der erweiterten Herstellerverantwortung

Die grundsätzliche Strategie zur Verbesserung der Kreislaufführung von PGM aus Elektrogeräten/ Elektroaltgeräten liegen in einer effektiveren Umsetzung des Prinzips der auf die Nachnutzungsphase erweiterten Produktverantwortung (EPR – extended producer responsibility). Maßnahmen zu einer Verbesserung der Kreislaufführung von PGM in EEE dürfen sich aufgrund der beschriebenen Komplexität der Problemlage, wenn sie erfolgreich sein wollen, nicht auf einzelne Stufen des Produktlebenszyklus begrenzen.

Der Ansatz der Produktverantwortung basiert darauf, dass vor allem der Hersteller über die dafür notwendigen Informationen, Einflussmöglichkeiten auf die Produktgestaltung, finanzielle Mittel etc. verfügt.

Die OECD definiert EPR als einen Ansatz der Umweltpolitik, der die Verantwortung der Hersteller auf die End of Life-Phase ihrer Produkte ausweitet (OECD 2001). Diese Verantwortung umfasst verschiedene Dimensionen, die in unterschiedlichen EPR-Systemen auch unterschiedlich ausgeprägt sein können (vgl. Osibanjo/ Nnorom 2008, 846):

1. **Produktverantwortung im engeren Sinne:** Der Hersteller ist für alle Schäden verantwortlich, die durch die Produktion und Nutzung seines Produkts entstehen. Diese Verantwortung ist seit langem etabliert und gesetzlich festgeschrieben.
2. **Ökonomische Verantwortung:** Der Hersteller soll alle Kosten tragen, die für die Sammlung, Aufbereitung und Entsorgung seiner Altprodukte entstehen. Diese Kosten werden in der Regel durch Preisaufschläge oder besondere Recyclinggebühren auf den Konsumenten abgewälzt.
3. **Physische Verantwortung:** Der Hersteller wird am Management der Recycling- und Redistributionssysteme beteiligt, indem er entweder nur die dafür notwendige Infrastruktur und Technologie bereitstellt oder beauftragt oder tatsächlich auch in Rücknahmesystemen aktiv wird.
4. **Informatorische Verantwortung:** Der Hersteller ist verpflichtet, Informationen über sein Produkt zur Verfügung zu stellen, wodurch hochwertiges Recycling oder die Wieder- und Weiterverwendung von Produkten gefördert werden soll.
5. **Materialverantwortung:** Der Hersteller bleibt über die gesamte Nutzungsphase seines Produkts im Besitz der darin enthaltenen Wert- und Schadstoffe. Der Konsument erwirbt nur ein Nutzungsrecht, nicht aber das Recht, das Produkt nach der Nutzung als Abfall zu entsorgen. Grundlage für solche „Leasing-Modelle“ sind zu etablierende Produktrücknahmesysteme.

Tab. 46 gibt einen Überblick über unterschiedliche Instrumente zur Umsetzung der EPR.

Tab. 46: EPR-Umsetzung

Ansatz zur EPR-Umsetzung	Beispiele für mögliche Maßnahmen
Administrative Ansätze	Verbot gefährlicher Substanzen im Produkt, minimale Produkt-Standards, Deponierungsverbote, verpflichtende Rücknahmeprogramme, Vorgaben für Recyclingquoten
Ökonomische Anreiz-Instrumente	Material-Steuern, Subventionen für Recyclingsysteme und -technologien, produktspezifische Recyclinggebühren, Pfandsysteme,
Informatorische, freiwillige Ansätze	Labelling, Umweltberichte, Produktinformationen, „Codes of Conducts“ für Rücknahmesysteme, Angebot neuer Produktnutzungssysteme

Quelle: Eigene Darstellung nach Osibanjo/ Nnorom 2008

Innerhalb der erweiterten Herstellerverantwortung muss zwischen individuellen und kollektiven Ansätzen unterschieden werden. Während die individuelle Produzentenverantwortung (IPR) vor allem auf Veränderungen im Produktionsdesign abzielt, stellen

kollektive Ansätze eher auf sektorale Initiativen ab. Insofern schließen sich die Ansätze nicht gegenseitig aus, sondern sollten kombiniert betrachtet werden. Darüber hinaus sind gemäß der geteilten Produktverantwortung auch in Zukunft die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger für die Sammlung und Erfassung der WEEE verantwortlich. Damit ist natürlich auch die Gestaltung des rechtlichen Rahmens ein entscheidender Faktor für die Unternehmen, ihre Produktverantwortung möglichst effizient wahrzunehmen.

Kommunikation der EPR durch die Hersteller und Netzbetreiber

Fast alle Hersteller von Elektrogeräten äußern sich auf ihren Webseiten mittlerweile zum Thema Rücknahme und Recycling ihrer Geräte, auch wenn schon hier erhebliche Unterschiede im Detaillierungsgrad ihres Selbstverständnisses und Commitments festzustellen sind. Einige Unternehmen wie Sony Ericsson oder Phillips äußern sich auch zum Thema Exporte in Entwicklungsländer und beteiligen sich an unterschiedlichen internationalen Initiativen zu diesem Thema.

Der EU-weit aktive Netzbetreiber Vodafone bekennt sich in seinem Corporate Responsibility Report ausdrücklich zu seiner Verantwortung auch für exportierte Handys und stellt fest: „Phones sold to customers in developing or middle-income countries eventually end up as waste. Most of these countries lack the infrastructure and skills to recycle or dispose of old mobile phones safely and may not want to prioritise resources to this task“ (vgl. FFTF 2007, 8).

Maßnahmen für eine verstärkte kollektive Produzentenverantwortung, die auf ein verstärktes Recycling von Mobiltelefonen und damit auch auf die Kreislaufführung von PGM abzielen, setzen in der Regel ein branchenweit koordiniertes Vorgehen voraus; vor allem muss sichergestellt sein, dass sich kein Hersteller durch ein Trittbrettfahrerverhalten einen Wettbewerbsvorteil sichern kann. Wie in Kapitel 4 gezeigt, deckt eine überschaubare Anzahl an Herstellern die jeweiligen Märkte für Handys, Fernseher und Monitore ab, so dass eine sektorweite Verständigung für Maßnahmen in diesem Bereich prinzipiell möglich sein sollte. Ein mögliches Vorbild könnte die freiwillige Selbstverpflichtung der Handyhersteller sein, sich auf einen gemeinsamen Standard für Ladegeräte zu einigen. Dadurch muss nicht für jedes Handy ein neues Ladegerät erworben werden, was insgesamt die Benutzerfreundlichkeit steigert und gleichzeitig die WEEE-Menge in der EU um einige tausend Tonnen verringern soll (vgl. EU 2009). Die Vereinbarung wurde von insgesamt 10 Unternehmen unterschrieben, allerdings erst auf erheblichen Druck der EU-Kommission, die angedroht hatte, sonst selbst auf dem Regulierungsweg tätig zu werden. Die Regelung ist so dynamisch angelegt worden, dass eine Festlegung auf eine bestimmte Technologie vermieden wurde und an zukünftige Ladetechnologien angepasst werden kann.

Internationale Dimension

EPR ist eine Methode, die prinzipiell auch geeignet sein kann, die Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung basierend auf dem Verursacherprinzip auch in den internationalen Handel zu integrieren – hierzu dürfte die finanzielle und physische Verantwortung für Produkte jedoch nicht bei Verlassen der Europäischen Union enden. Indem die Verantwortung bzw. die Kosten für die Entsorgung und das Recycling den Unternehmen übertragen werden, sollen Anreize in Richtung eines umweltfreundlicheren Designs und geschlossener Stoffkreisläufe gesetzt werden. EPR entspricht damit einem Verständnis von Umweltpolitik, der eher auf präventive Maßnahmen als auf End of Pipe setzt, nicht nur auf Abfallpolitik beschränkt ist, sondern einen lebenszyklusweiten Ansatz verfolgt und sich damit auch von klassischen Formen direkter Regulierung („command and control“) stärker auf ökonomische Anreize setzend und eher zielorientierten Richtung entwickelt, die kontinuierliche Anreize für bessere Produkte und Prozesse setzen will (vgl. van Rossem et al. 2006).

4.5.3 Allgemeiner Ansatz zur Substitution von Primär-PGM: Mindestvorgabe für Einsatz von Sekundär-PGM (mit Zertifikat)

Die Möglichkeiten zur Substitution von PGM im Bereich der Elektro- und Elektronikgüter durch andere Metalle sind äußerst begrenzt (vgl. Kap. 4.4.2). Daher soll ein möglicher Ansatz untersucht werden, Primär- verstärkt durch Sekundär-PGM zu ersetzen und so internationale PGM-Kreisläufe zu schließen, und zwar eine Vorgabe für den Einsatz von Sekundär-PGM für bestimmte Produkte (für das Beispiel Mobiltelefone vgl. Werland/ Jacob 2009).

Prinzip des Instruments

Das Instrument zielt sowohl auf die Steuerung des produktspezifischen (Primär-)Materialverbrauchs als auch auf die Verbesserung des Rücklaufs von Altgeräten in den Recyclingkreislauf. Es geht damit um die Initiierung von Innovationen in der Produktionskette von IKT-Produkten. Die Vorgabe von Mindeststandards für den Anteil an Sekundär-PGM führt zu einer direkten Wirkung auf den produktspezifischen (Primär-)Rohstoffverbrauch (wenn sie über dem bisherigen Anteil liegt). Darüber hinaus wird eine Nachfrage nach Sekundärmaterial geschaffen bzw. weiter erhöht. Damit wird auf die Stärkung von Marktstrukturen für den Handel mit Sekundärrohstoffen gezielt und ein Markt gestärkt, der bislang noch unter seinen Möglichkeiten bleibt. Durch eine höhere Nachfrage nach Recyclingmaterial können zudem finanzielle Potenziale zur Verbesserung bestehender und zu entwickelnder Behandlungs- und Recyclingtechnologien freigesetzt werden. Vor allem werden aber auch Anreize geschaffen, um Sammelsysteme aufzubauen. Plausibel wäre, dass durch die Verpflichtung eine Aufwertung gebrauchter Elektrogeräte erfolgt, so dass z.B. Hersteller die Rückgabe durch die Endnutzer honorieren, Pfandsysteme aufbauen etc.

Die vorgesehene Mindestquote für den Recyclat-Anteil für PGM in Produkten wirkt sowohl direkt als auch indirekt auf den Rohstoffverbrauch:

- Erstens kommt es durch Standardsetzung zu einer direkten produktspezifischen Einsparung des regulierten Primärmaterials. Dieses ordnungsrechtliche Instrument kann mit einer Marktzugangsregelung verknüpft werden: Ohne einen Nachweis über den Recyclatanteil dürften die Geräte dann in Deutschland (oder um Binnenmarktsverzerrungen zu vermeiden: in der EU) nicht verkauft werden (zu den juristischen Voraussetzungen für eine solche Regelung s. Werland/ Jacob 2009)
- Durch eine dynamische, im Zeitverlauf ansteigende Recyclatquote wird zweitens ein eigenes Interesse der Produzenten geweckt, die Recyclingquoten von IKT-Geräten zu steigern. Hohe Mindestquoten für Recyclatverwendung können dazu führen, dass ein Interesse der Hersteller an einem möglichst effektiven und effizienten Rücknahmesystem generiert wird, um die Versorgung mit kostengünstigem Material und die Quotenerreichung sicherzustellen.
- Als ein Nebeneffekt könnten Investitionen in technische und organisatorische Innovationen im Recyclingsektor wirtschaftlich tragfähig werden und damit die bisherigen Rückgewinnungs-Quoten erhöht werden.

Abschätzung der Wirksamkeit einer Quote für Sekundär-PGM

Abschätzungen zur Wirksamkeit dieses Instruments wurden in einer Vorstudie im Projekt MaRes, anhand dreier Szenarien entwickelt. Als Basis wird der derzeitige Stand angenommen, nachdem rund 20% der anfallenden kleinen Elektroaltgeräte separat eingesammelt und unter dem derzeitigen Stand der Behandlungs- und Recyclingtechnik verwertet werden (vgl. Jacob/ Werland 2009).

- In Szenario 1 wurde angenommen, dass zusätzlich 10% der momentan ungenutzten (gehorteten) Mobiltelefone entsorgt werden und dass die Hälfte des insgesamt entstehenden Altgeräteaufkommens separat gesammelt werden. Der technische Stand der Recyclingtechnologie wurde als konstant angenommen.
- Szenario 2 ging ebenfalls davon aus, dass zusätzlich 10% der ungenutzten Telefone entsorgt werden. Die Quote der separat gesammelten Altgeräte wurde auf 50% gesetzt und die Effizienz der Recyclingtechnologie in Bezug auf die Rückgewinnung um 10%-Punkte für alle Metalle erhöht.
- Szenario 3 legte eine Entsorgungsrate von 20% der momentan gehorteten Geräte an. Weiterhin wurden in diesem Szenario 80% aller Altgeräte getrennt gesammelt und die Recyclingtechnologie erhöht ihre Effizienzquote um 10% für alle Metalle.

Die Szenarienrechnung für das Fallbeispiel Mobiltelefone zeigt einen Anstieg der Metall-, also auch PGM-Rückgewinnung im den Faktor 6 im ersten Szenario, um den Faktor 7 in Szenario 2 sowie um den Faktor 17 im 3. Szenario.

Umsetzung der Sekundär-PGM-Quote durch ein Zertifikatsystem

Problematisch bzw. in der Umsetzung schwierig ist, dass Metallen nicht anzusehen ist, ob sie in der Primär- oder Sekundärproduktion gewonnen wurden. Konkrete Materialströme entlang der Produktionskette sind kaum nachvollziehbar. Um dieses Problem

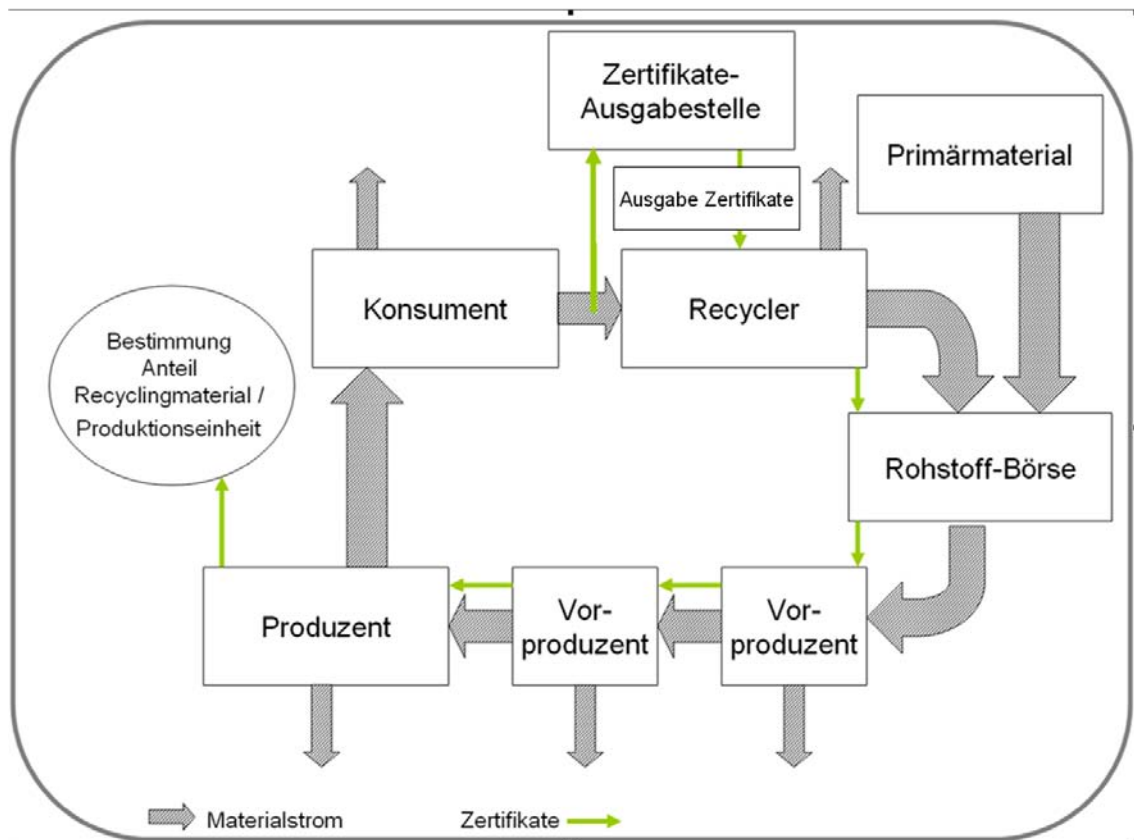
zu beheben, wurde daher im MaRes-Projekt ein Zertifikate-Ansatz entwickelt (vgl. Bleischwitz et al. 2009)

Der Einsatz von Sekundär-PGM in der Produktion wird durch Zertifikate belegt, die von einer zu gründenden Zertifikate-Ausgabestelle an Recyclingunternehmen herausgegeben werden, die sich bei dieser Stelle akkreditieren lassen müssen. Diese Zertifikate werden entlang der Produktionskette weitergegeben. Mit der Übergabe des Endprodukts an den Einzelhändler bzw. nach Ablauf der Berichtspflicht werden die Zertifikate von den Herstellern an die Regulierungsbehörde ausgehändigt.

Produzenten müssen für jeden Berichtszeitraum⁵⁷ und jede Produktlinie (Modell) nachweisen, dass sie bzw. die relevanten Vorproduzenten ihren Bedarf in diesem Fall an PGM mindestens zu einem bestimmten Prozentsatz aus Sekundärmaterial beziehen. Um die Entstehung neuer, ‚illegaler‘ Zertifikate entlang der Produktionskette zu verhindern, wird die Weitergabe der Zertifikate über ein Zertifikate-Konto organisiert. Das Kontensystem wird von der Regulierungsstelle verwaltet. Dadurch kann die Menge der auf dem Markt befindlichen Zertifikate mit der Menge der ausgegebenen und eingezogenen Zertifikate (d.h. der offiziell auf dem Markt befindlichen Zertifikatmenge) abgeglichen werden.

⁵⁷ Um Synergien mit bestehenden Informationspflichten für Hersteller zu nutzen, bietet sich eine Orientierung an den bestehenden Berichtszeiträumen gegenüber der ear an.

Abb. 63: Konzept eines Zertifikatesystems für den Sekundärmetalleinsatz in Produkten



Quelle: Werland/ Jacob 2009

4.5.4 Konkrete Maßnahmenvorschläge für Mobiltelefone

4.5.4.1 Verbesserung der Sammelquoten für Mobiltelefone im Inland

Problembeschreibung

Wie in Kapitel 4 beschrieben, liegen die größten Potenziale zur Schließung von PGM-Kreisläufen bei Handys in einer Erhöhung der inländischen Sammelquoten. Das Beispiel der Schweiz mit einer Rücklaufquote von 15% zeigt, dass hier noch enorme Potentiale liegen, die Kreislaufführung für PGM zu verbessern.

Maßnahmenvorschlag

Da grundsätzlich ein Eigeninteresse der Herstellerindustrie an einer verbesserten Versorgung mit strategischen Metallen wie Indium und Palladium unterstellt werden kann und der Behandlungs- und Verwertungsprozess als solcher durch den hohen Gehalt an Edelmetallen auch weitgehend kostendeckend ist, sollten zunächst Ansätze be-

schrieben werden, in Kooperation mit den Herstellern, aber auch den Netzbetreibern – die ja auf die kostengünstige Versorgung mit Mobiltelefonen angewiesen sind - freiwillige Maßnahmen auf Seiten der Industrie zu unterstützen. Sollten diese Maßnahmen allerdings nicht den gewünschten Erfolg zeigen, könnte zusätzlich die Option eines Pfandsystems für Handys überprüft werden, siehe unten (Abschnitt „Alternative Handypfand“).

Gemeinsames Rücknahmesystem von Herstellern und Netzbetreibern

Um die Rücklaufquoten von Handys deutlich zu erhöhen, sollten sich die Hersteller/Importeure und Netzbetreiber in Kooperation mit den für die Sammlung nach ElektroG zuständigen Kommunen am Aufbau eines gemeinsamen Rücknahmesystems beteiligen⁵⁸. Ein erfolgreiches Vorbild für eine freiwillige Initiative in Bezug auf flächendeckende Rücknahmesysteme als Branchenlösung existiert seit 1999 in Australien. Dort konnte die jährliche Sammelmenge von 2002 bis 2009 von 2g pro Einwohner, was bereits über dem aktuellen deutschen Wert liegen würde, auf 5,6g/ EW gesteigert werden (vg. Beigl 2010, S. 504). Das System wird von der Australian Mobile Telecommunications Association (AMTA) betrieben, in der sowohl zehn Hersteller als auch sechs verschiedene Netzbetreiber engagiert sind – diese Kooperation ermöglicht ein abgestimmtes und effizientes Vorgehen und sollte daher auch für das deutsche Rücknahmesystem angestrebt werden. Die Kosten des Systems werden dort über eine Abgabe in Höhe von ca. 0,30 EUR finanziert, das für jedes auf den Markt kommende Mobilfunkgerät erhoben und von der AMTA verwaltet wird (vgl. AMTA 2009). Bei einer vergleichbaren Höhe in Deutschland würden sich auch bei einer vollständigen Umlage auf die Verkaufspreise die von den Herstellern und Betreibern befürchteten Effekte auf die Nachfrage in überschaubaren Grenzen halten.

Kernstück des australischen Systems sind 3.500 Abgabestellen bei Händlern und Reparaturzentren. Vor allem Sammelpunkte am Verkaufsort haben den Vorteil, dass sie dem Konsumenten bereits bekannt sind und mit Handys intuitiv in Verbindung gebracht werden. Die Kosten sind relativ gering, benötigt werden ein Sammelbehälter und eine Person, die sich für den Behälter verantwortlich erklärt; die wesentlich relevanteren Kosten der Sammellogistik fallen bei einem, gemeinsamen System deutlich niedriger aus als bei der bisherigen Vielzahl an Sammelsystemen. Häufig mangelt es

⁵⁸ Angesichts der getroffenen Vereinbarungen zur Vereinheitlichung von Zubehör, vor allem der Ladegeräte für Mobilfunkgeräte scheint dessen Erfassung mittelfristig für den ReUse dieser Geräte nicht mehr zwingend notwendig. Eine Miterfassung weiterer Elektrokleingeräte wie MP3-Player wäre angesichts der auch für diese Geräte niedrigen Rücklaufquoten für den PGM-Kreislauf zwar wünschenswert, würde wahrscheinlich aber den Abstimmungsaufwand für die Verteilung der Finanzierungskosten deutlich erhöhen, so dass hiervon im ersten Schritt abgesehen werden sollte.

jedoch an erkennbaren Informationsangeboten für den Kunden, weil der Fokus im Laden eindeutig auf dem Verkauf neuer Geräte liegen soll. Als Unterstützung für die Einrichtung solcher Sammelstellen könnten den Shopbetreibern Poster und ähnliches Infomaterial bereit gestellt werden (vgl. MPPI 2009, 14). Die Rückgabebehälter sollten optisch einheitlich gestaltet sein, um einen hohen Wiedererkennungswert zu gewährleisten und gleichzeitig über die ökologischen Vorteile des Recyclings von Mobilfunkgeräten informieren.

Echte Verbesserungen könnten erreicht werden, wenn die Rückgabe der Handys als Service für den Kunden etabliert werden könnte. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass selbst nicht mehr gebrauchsfähige Mobilfunkgeräte noch über einen Materialwert verfügen, könnten sowohl Netzbetreiber als auch Hersteller ihren Kunden spezifische Anreize bieten, die über das Umlagesystem finanziert würden: Preisnachlässe auf ein Neugerät oder zusätzliche Gratisdienstleistungen bei Abgabe eines ausrangierten Handys (unabhängig von seiner Funktionstüchtigkeit). Die EU hat ein Pilotprojekt zur Integrierten Produktpolitik (IPP) bei Handys gestartet, in dem die unterschiedlichen Möglichkeiten untersucht wurden, die Rückführung gebrauchter Handys in die Recycling-Strukturen zu verbessern. Ein viel versprechender Ansatz könnte demnach sein, beim Kauf eines Neugeräts Gutschriften in Form von Freiminuten oder Frei-SMS zu gewähren, wenn das alte Handy abgegeben wird (vgl. Lindholm et al. 2008, 19).

In einer australischen Kampagne wurde direkt an das ökologische Gewissen der Konsumenten appelliert: Für jedes abgegebene Handy hat sich der Netzbetreiber Mobilemster verpflichtet, einen Baum zu pflanzen (vgl. Abb. 64).

Abb. 64: Plakatkampagne für Handyrücknahmesysteme in Australien



Quelle: Mobilemster 2008

Auch die etablierten Systeme der kommunalen Sammlung von Elektroaltgeräten können hinsichtlich der Erfassung von Mobilfunkgeräten angepasst werden, z.B. sollte daher auch auf Wertstoffhöfen ein eigener Handy-Sammelbehälter eingerichtet werden. Ein weiteres, bereits etabliertes System der Handysammlung ist die Einschickung

per Post, wichtig ist ein zentraler vertrauenswürdiger Akteur, der die Geräte entgegennimmt und weiterverteilt.

Ziel des Sammelsystems muss es sein, eine Deponierung von Mobilfunkgeräten nach ihrer Nutzungsphase auszuschließen und sie stattdessen einer stofflichen Verwertung zuzuführen. In der Startphase des Systems ist daher zu überlegen, ob auf den Export von Geräten komplett verzichtet werden sollte, um eine vollständige Transparenz der Stoffflüsse zu gewährleisten. Grundsätzlich sollten jedoch alle Sammelsysteme darauf achten, dass die Handys nicht beschädigt werden, um die Demontage der Geräte nicht zu erschweren.

Die sammelnde Organisation sollte ein möglichst hohes Maß an Transparenz über die Produktströme gewährleisten, gerade wenn es sich um freiwillige Sammlungen handelt. Letzten Endes sind Sammelsysteme immer auch abhängig vom Vertrauen des Nutzers in das Sammelsystem. Ein zunehmend relevanteres Hemmnis bei der Sammlung von Mobilfunkgeräten ist die Sorge der Nutzer über den Verbleib ihrer privaten Informationen, die auf dem Gerät gespeichert sind (vgl. AMTA 2009, 14). Mit dem zunehmenden Anteil von Smartphone ist absehbar, dass der Schutz dieser Daten absolut gewährleistet sein muss.

Der wesentliche Vorteil des australischen Modells der AMTA, auf dem dieser Maßnahmenvorschlag basiert, gegenüber den bereits bestehenden Ansätzen in Deutschland ist vor allem in dem seit 1999 kontinuierlichen, zwischen den verschiedenen Herstellern und Netzbetreibern abgestimmten Vorgehen zu sehen, dass zu deutlich höheren Bekanntheitsgraden des Systems führt: Nach Angaben der AMTA liegt dies in Australien bei konstant 79% (vgl. AMTA 2009). Die bereits in Deutschland bestehenden Angebote sind bisher nur einem Bruchteil der Nutzer bekannt, hier wäre es aber vor allem die Aufgabe der Netzbetreiber, die über den direkten Kundenkontakt verfügen, diese Angebote zur verstärkten Kreislaufführung von Mobiltelefonen stärker in das öffentliche Bewusstsein zu rücken.

4.5.4.2 Alternative Maßnahme: Pfand auf Mobiltelefone

Um den Konsumenten einen zusätzlichen ökonomischen Anreiz zu bieten, sein ausgerangiertes Handy in die dafür vorgesehenen Redistributionssysteme zu geben, könnte beim Kauf eines Neu-Handys ein Pfand erhoben werden, der von den Herstellern in einen gemeinsamen Fond eingezahlt wird (dieser sollte möglichst von den Herstellern selbst verwaltet werden). Um das System einfach zu halten, sollte diese Regelung auch für Handys gelten, die vor der Pfandeinführung gekauft wurden. Das entstehende Defizit des Fonds müsste aus den Recyclingerlösen und durch die Industrie gegenfinanziert werden. Bei Abgabe eines alten Handys an einer der beteiligten Rückgabestellen würde dieser Pfand dann an den Letztbesitzer wieder ausgezahlt. In vielen Bereichen haben sich Pfandsysteme zur Erhöhung der Rücklaufquoten bewährt (z.B. beim Batteriepfand oder beim Flaschenpfand).

In der Praxis ergeben sich aber regelmäßig Widerstände, weil der Hersteller/ Netzbetreiber/ Handel kein Interesse an einem solchen System haben kann: Durch die höheren Preise inklusive des Pfands geht in der Regel die Nachfrage zurück, und der Netzbetreiber/ Hersteller muss die Kosten für die Sammelinfrastruktur und deren Betreuung tragen. Eine solche Regelung sollte daher möglichst gesetzlich verpflichtend gestaltet sein, möglich wäre aber auch der Industrie ein Rücklaufziel für Handys zu setzen, das innerhalb einer bestimmten Frist erreicht sein muss. Wird das Ziel aber verfehlt, wird automatisch ein Pfandsystem installiert. Es ergeben sich aber auch zwei potentielle Kompensations-Möglichkeiten: Entweder wird dem Hersteller erlaubt, das nicht eingelöste Pfand einzubehalten oder für die zurückgenommenen Mengen wird über den Fond eine Entschädigung gezahlt (vgl. Numata 2009, 199). Untersuchungen haben ergeben, dass das zweite System einer Fondlösung zwar mit mehr administrativem Aufwand verbunden ist, in Fällen mit hohen negativen Umwelt-Externalitäten wie im Fall der Handys und Monitore aber vorzuziehen ist (vgl. ebd., 207).

Ein mögliches internationales Vorbild für einen Handypfand ist Frankreich, wo aktuell die Einführung eines Pfandsystems für ausrangierte Mobiltelefone erwogen wird. Demnach soll beim Kauf des Handys eine Umweltgebühr fällig werden. Kunden bekommen das Geld erst zurück, wenn sie ihr altes Telefon wieder in den Laden bringen – statt es wegzuwerfen. Das französische Umweltministerium hat den großen Mobilfunkbetreibern zunächst eine freiwillige Lösung in Höhe von 5 Euro vorgeschlagen. Der französische Mobilfunkbetreiber Orange hatte unlängst beschlossen, seinen Kunden alte Handys abzukaufen. Das Unternehmen – eine Tochterfirma von France Télécom – will die Gebrauchthandys dann warten und je nach Modell für 25, 45 oder 95 Euro ohne Vertrag wieder verkaufen (vgl. Welt 2009).

Die Auswirkungen einer solchen verpflichtenden Pfandlösung auf die Rückgewinnung von PGM wird stark von der Höhe eines solchen Pfands abhängen. Aufgrund des hohen zu erwartenden bürokratischen Aufwands der Einrichtung und vor allem Kontrolle des Systems sowohl bei der zuständigen Verwaltung als auch bei der Industrie wäre die Hauptfunktion einer solchen Option jedoch, der Industrie einen echten ökonomischen Anreiz für ein freiwilliges System zu liefern („shadow of legislation“, vgl. Töller 2008).

4.5.4.3 Entwicklung von Wissenspartnerschaften („WEEE knowledge partnerships“) für Handys

Problembeschreibung

Angesichts der Tatsache, dass in Entwicklungs- und Schwellenländern aufgrund der wachsenden einheimischen Märkte auch unabhängig von legalen und illegalen Importen von Elektro- und Elektronikgeräten und -altgeräten steigende Mengen an Elektroaltgeräten anfallen, verlagern sich die Recyclingpotentiale, wie in Kapitel 4 beschrieben, zunehmend in Länder, in denen noch keine Strukturen für eine umweltgerechte Behandlung der Altgeräte bzw. Recyclinginfrastrukturen für die Rückgewinnung von

Edelmetallen aus Handys existieren. Damit gewinnt der Technologie- und Wissenstransfer in diese Länder zunehmend an Bedeutung. Yu et al. (2010) haben am Beispiel China aufgezeigt, dass gerade die Erfahrungen bei der Regulierung der WEEE-Problematik, wie sie in Deutschland schon seit längerem gemacht wurden, vor allem für Schwellenländer nützlich sein könnten, auch wenn sie natürlich an die Situation vor Ort angepasst werden müssen.

Bestehende Aktivitäten

Das Schweizer Staatssekretariat für Wirtschaft engagiert sich seit 2003 in Kooperation mit der Eidgenössischen Material- und Forschungsanstalt EMPA, der GTZ und UMICORE in einem Projekt „Wissenspartnerschaft im Elektroschrott Recycling“ für eine Verbesserung des WEEE-Recyclings in ausgewählten Importländern für EAG (z.B. China, Südafrika, Kolumbien und Indien). Ziel ist es, die Erfahrungen aus der Schweiz an die gegebenen Bedingungen vor Ort anzupassen und zu übertragen.

In Bangalore, das als Zentrum der IT-Industrie in Indien gilt, wurde durch das Projekt eine Kooperation mit Partnern vor Ort etabliert (vgl. Hagelüken/ Schlupe 2009). Dort gibt es seit einiger Zeit drei formelle Recycler, die sich auf WEEE spezialisiert haben, aber in direkter Konkurrenz zum dominanten informellen Sektor stehen (der ca. 95% des Gesamtmarkts von ca. 400.000t pro Jahr abdeckt). Grundidee des **„Best of 2 world“-Ansatzes** ist es, die Stärken des informellen Netzwerks in Bangalore, das eine Sammelquote von über 90% erreicht, mit den im Vergleich zu den vor Ort praktizierten einfachen nasschemischen Verfahren ökologisch und ökonomisch deutlich überlegenen metallurgischen Recycling-Verfahren, die z.B. eine etwa vierfache Ausbeute an Edelmetallen ermöglichen (wie sie z.B. von UMICORE angewendet werden) zu verbinden. Ziel des Projekts ist es, die vielen kleinen informellen „backyard recycler“ in Rahmen einer formalisierten Kooperative zusammenzufassen, die sich auf die Sammlung, händische Zerlegung und Vorsortierung konzentriert. Untersuchungen in Kenia haben gezeigt, dass die wesentliche Quelle für Handyaltgeräte die Handyhändler darstellen, die einen wesentlichen Teil ihrer Einkünfte durch die Reparatur von Gebrauchtgeräten erzielen. Handys wird wie in Deutschland ein zu hoher Wert beigemessen, als dass sie als Müll entsorgt werden. Der „Handy-Müll“ besteht daher zu großen Teil aus Geräten, die nicht mehr repariert werden können und ausgeschlachtet wurden. Die Zahl der Reparatur-Shops in Kenia wird auf ca. 4000 geschätzt (vgl. ebd., 15). Die Betreiber haben in der Regel keinerlei Ausbildung und keine Erfahrung oder Kenntnisse mit dem Recycling von Handys.

Sobald eine bestimmte Menge an Leiterplatten aus Handys und anderen Elektrogeräten demontiert und gesammelt wurde, zahlt das Projekt eine Abschlagzahlung und übernimmt den Transport nach Europa. Durch die deutlich höheren Rückgewinnungsraten für Edelmetalle wie PGM und Gold (95% bei UMICORE in der Anlage in Hoboken, ca. 25% bei der vor Ort vom informellen Sektor praktizierten einfachen

Nasschemie mit Quecksilber und Zyanid) erhöht sich die Wertschöpfung aus den Elektroaltgeräten, die Arbeitsplätze bleiben erhalten und die Gesundheitsrisiken werden deutlich reduziert. Die Kooperative hat dabei die Wahl, ob sie lieber die Edelmetalle zurückbekommen und diese auf eigenes Risiko und Rechnung verkaufen will oder sich den Betrag auszahlen lassen will.

Ein strategisches Problem dieses Ansatzes, der auch von allen Partnern gesehen wird, ist, dass eine solche Struktur zusätzliche Anreize für die illegale Verbringung von WEEE setzen könnte. Das Projekt versucht daher vor allem auf die im Inland anfallenden WEEE abzielen, auch wenn diese Trennung nicht immer exakt nachvollzogen werden kann.

Maßnahmenvorschlag

Ein Ansatz ist daher ein Kooperationsmodell der in auszuwählenden Entwicklungsländern im Gebrauchtmärkte für Mobiltelefone aktiven Akteure (Sammlung, Demontage, Reparatur), die schon jetzt häufig über den Austausch von Ersatzteilen untereinander vernetzt sind. Die Shopbetreiber haben selber großes Interesse an Wissens- und Technologietransfer in diesem Bereich, da sie durch das Auftreten ausländischer, häufig chinesischer Aufkäufer erkannt haben, dass hier ein Marktpotential liegen könnte (vgl. Hagelüken/ Schlupe 2009, 31). Nach Experteneinschätzungen ist ein solcher Ansatz allerdings nur erfolversprechend, wenn sich die öffentlichen Stellen, nationale Netzbetreiber und Hersteller an der Entwicklung eines solchen Systems beteiligen. Da es sich um einen grauen bis illegalen Markt handelt, würde sonst keine ausreichende Zuverlässigkeit und Transparenz für eine solche Kooperation erreicht werden (vgl. ebd., S. 37). Funktion von BMU und UBA könnte dabei einerseits sein, in Deutschland aktive Handyhersteller und Netzbetreiber für ein finanzielles Engagement zu motivieren und zu koordinieren, andererseits Know-How über die umweltfreundliche Behandlung von Altgeräten zur Verfügung zu stellen. Gerade die Erfahrungen mit dem Aufbau des EAR in Deutschland könnten auch für Umweltbehörden in China und anderen Schwellenländern von besonderem Interesse sein. Die Probleme liegen dort ja häufig weniger in der rechtlichen Regulierung, als in deren effektiven Umsetzung. So ist in China am 1.1.2011 mit der „Regulierung zum Recycling und zur Entsorgung von Elektronikaltgeräten“ ein stark an das deutsche ElektroG angelehntes Gesetz in Kraft getreten (vgl. Yu et al. 2010, 983), es fehlt bisher aber noch an Ansätzen für ein effektives Monitoring, wie es in Deutschland aufgebaut wurde.

4.5.5 Konkrete Maßnahmen für PGM in Bildschirmen

Sowohl bei LCD- als auch vor allem bei CRT-Bildschirmen ist davon auszugehen, dass das Eigeninteresse der Industrie an einer verbesserten Kreislaufführung deutlich geringer sein dürfte als bei Handys. Von daher soll hier gezielt auf mögliche Verbesserungen im Vollzug bereits bestehender Exportverbote abgezielt sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen der Sammlung und Behandlung hinsichtlich der Transparenz der

Stoffströme optimiert werden, wie sie in Kap. 4 als relevante Verluststellen identifiziert wurden.

4.5.5.1 Transparenz der Stoffströme in der Sammlung

Im Bereich Bildschirme soll näher untersucht werden, ob und wie sich das ElektroG auf das Recycling von PGM ausgewirkt hat. Es gibt unterschiedliche Hinweise (vgl. Schönekerl 2009, 91) darauf, dass die Verwertungspraxis und die Kontrolle seit Einführung gesunken ist. Gleichzeitig hat die Einführung der Flachbildschirme (bzw. ihr stark gesunkener Preis) den Austausch alter CRT-Geräte massiv beschleunigt, bei denen durch die fehlende Nachfrage nach Bleiglas auch die Verwertungsmöglichkeiten fehlen. Hier müssen ordnungsrechtliche Maßnahmen für ein verbessertes Monitoring ergriffen werden, um die Voraussetzungen für das Recycling der PGM-haltigen Platinen zu schaffen.

Problembeschreibung

a) Sammelqualität

Sowohl für eine hochwertige Verwertung als auch für die Wiederverwendung von gebrauchten Bildschirmen ist bereits die Erfassung entscheidend. Das ElektroG fordert in Paragraph 9, Absatz 5 die getrennte und bruch sichere Erfassung von Bildschirmen. Konkret heißt es in Anhang III, Nr. 7 des ElektroG, dass „Bildröhren [...] im Rahmen der Behandlung vorrangig in Schirm- und Konusglas zu trennen“ [sind]. Diese Trennung ist aus zwei Gründen zwingend:

- weil das Vorderglas nur auf diesem Weg von der umweltschädlichen Innenbeschichtung gereinigt werden kann,
- weil erst die Trennung von Vorderglas (es enthält als Zuschlag überwiegend Bariumoxyd) und Rückglas (es enthält überwiegend Bleioxyd) die Wiederverwertung der beiden Glassorten unterschiedlicher Zusammensetzung ermöglicht.

Nach den Regelungen des ElektroG müssen die Kommunen die Erfassung und Sortierung zwar finanzieren, sofern sie für die entsprechende Gruppen keine Eigenvermarktung angemeldet haben, bleiben die gesammelten Geräte jedoch im Eigentum der Hersteller. Dabei verursacht eine zerstörungsfreie Sammlung jedoch deutliche Mehrkosten im Vergleich zur üblichen Sammlung und Transport von Bildschirmen in offenen Abrollcontainern: Zusätzliches Personal wird benötigt, wenn die Geräte vorschriftsgemäß zum Transport vorbereitet und nicht wie vielerorts einfach in Sammelcontainer geworfen werden. Eine Demontage der Leiterplatten wird hierdurch erschwert, da die zerstörten Bildschirme nur unter erhöhter Vorsichtsmaßnahmen (Glasscherben, teilweise auch Quecksilber aus den Geräten) behandelt werden können.

Dieser zusätzliche Aufwand wird den Kommunen jedoch nicht entlohnt, daher fehlt für die Kommune ein wirksamer Anreiz, die Geräte bei der Sammlung schonend zu behandeln und so dafür zu sorgen, dass sie beim Verwerter in einem guten Zustand und nicht zerstört ankommen (vgl. Leonhardt 2007).

Auch die Logistiker, die durch die Hersteller (bzw. ear) mit der Abholung der Container beauftragt werden, sind in der Regel zumeist nicht in die spätere Behandlung oder Verwertung involviert. Damit besteht auch für sie weder ein Interesse daran, Kommunen auf die Wert erhaltende Sammlung hinzuweisen, noch für einen zerstörungsfreien Transport zu sorgen. Hier besteht Handlungsbedarf, die Rahmenbedingungen der Leistungen genau zu definieren, z.B. zerstörungsfreier Transport. Viele Logistiker nennen unter der Hand als Bedingung für eine Abholung, die Ladung abkippen zu dürfen (vgl. Schönekerl 2009). Andernfalls sei der Zeitaufwand für das Ausladen bei den am Markt heute erreichbaren Preisen nicht vertretbar. Der Erstbehandler findet in der Folge z.B. im Fall von Bildschirmen häufig nur Bruch vor (vgl. Abb. 65: Bildschirm-Sammlung in Containern). Solche Container mit abgekippten Bildschirmen einer hochwertigen Verwertung zuzuführen, ist angesichts der zu erzielenden Vergütungen und der Verletzungsgefahr für die Arbeiter nicht mehr rentable (den abgekippten Inhalt eines solchen Containers der Verwertung zuzuführen, erfordert etwa einen vollen Arbeitstag, vgl. DUH 2007)⁵⁹.

Abb. 65: Bildschirm-Sammlung in Containern



⁵⁹ Da zudem die Bildröhren in Regel bereits zerstört sind, ist es weder möglich kontrolliert Schadstoffe zu entnehmen, noch die Trennung der Gläser und damit die hochwertige Verwertung zu gewährleisten.

Quelle: www.duh.de

b) Monitoring

Entscheidende Voraussetzung zur Verbesserung der Sammelqualität wird eine erhöhte Transparenz entlang der gesammelten Kette der Erfassung und Verwertung sein. Als problematisch erweist sich, dass das ElektroG eine Dokumentation erst ab dem Erstbehandler vorsieht (vgl. DUH 2007). Es lässt sich also z.B. nicht nachvollziehen, ob ein Bruch durch die falsche Aufstellung, die falsche Befüllung der Sammelbehälter oder deren Transport zu verantworten ist. Je nach Ursache wären aber entweder die Kommune oder die mit dem An- und Abtransport beauftragten Logistiker verantwortlich. Auch für die Vollzugsbehörden sind diese Fragen aufgrund der Vielzahl der beteiligten Akteure häufig mit keinem zu vertretenden Aufwand zu klären. Die Aussetzung der Nachweispflicht für gefährliche Abfälle an der Schnittstelle zwischen öffentlichem Entsorgungsträger und Erstbehandler führt damit dazu, dass ein rechtskonformer Umgang mit diesen Abfällen häufig nicht mehr stattfindet (vgl. Schönekerl 2009, 91)

Maßnahmvorschlag

1. Transparentes Monitoring der Bildschirme ab der Sammelstelle

Um die Voraussetzungen für eine Schließung der Stoffkreisläufe der in Bildschirmen enthaltenen PGM-haltigen Platinen zu schaffen, sollte bereits bei der Ersterfassung der Elektroaltgeräte ein transparentes Monitoring eingeführt werden, welche Geräte von wem von wo nach wo transportiert wurden. Es ist absolut notwendig, dass die gesammelten Mengen den jeweiligen kommunalen Sammelstellen zugeordnet werden können, da ansonsten für die Kommunen selber kaum ein Anreiz besteht, ordnungsgemäße Sammelstrukturen vorzuhalten. Hierbei sollten auch die zuständigen Vollzugsbehörden unbedingt eingebunden werden. Analog zum Maßnahmvorschlag bei den Autokatalysatoren wäre eine weitergehende Option für eine optimierte Erfassung und der Geräte und dessen Monitoring auch die Einführung von RFID-Chips (vgl. Kuhnhen et al. 2006). Vor allem bei Flachbildschirmen bestände hiermit die Möglichkeit, herstellerepezifische Demontagehinweise direkt an den Behandler weiterzugeben

2. Aufwandsabhängige Staffelung der Garantien nach § 6(3) ElektroG

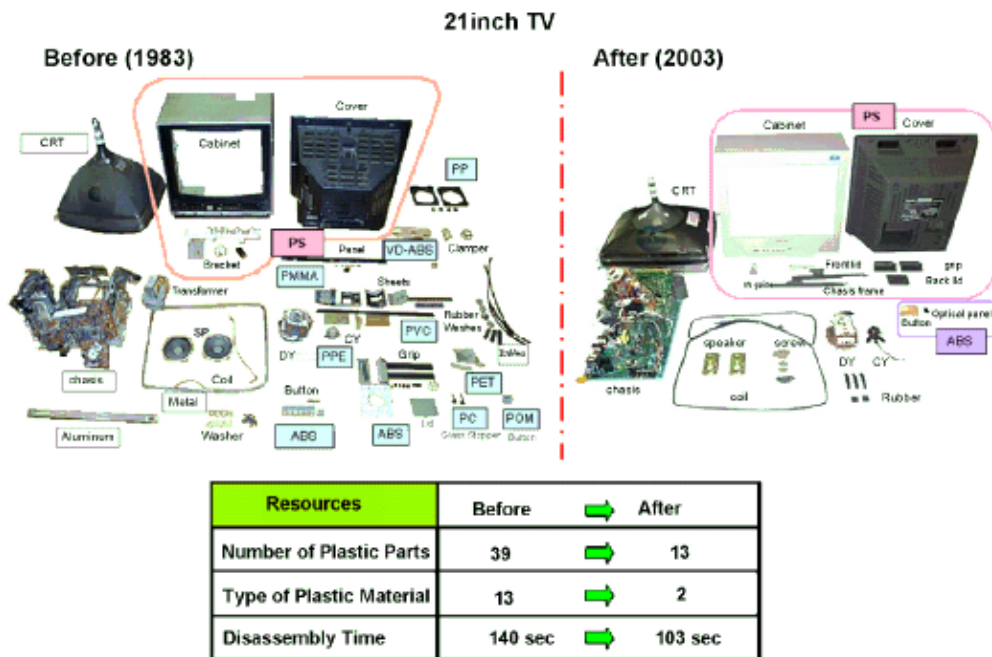
Solche Systeme existieren beispielsweise in Schweden, wo mit großem Erfolg aufwandsabhängige Recyclingversicherungen (Elektronikåtervinning i Sverige Ekonomisk Förening – EÅF) eingeführt wurden: Schweden hat mit 16kg pro Kopf die höchste WEEE-Sammelquote (vgl. Sander et al. 2007, 154). Ziel dieser Versicherung ist es, die Produzentenverantwortung auch im Fall einer Insolvenz sicherzustellen, die Prämien richten sich dabei zum einen nach der Anzahl der verkauften Geräte, zum anderen aber auch nach den Kosten, die das Gerät in der End of Life-Phase verursacht. Im

Gegensatz dazu dagegen bezahlen Hersteller in Deutschland Garantien und Verwertung ausschließlich massebezogen. Eine Übertragung des Systems auf Deutschland wäre problemlos möglich und würde z.B. bei Monitoren einen Impuls für eine einfachere Demontierbarkeit der PGM-haltigen Leiterplatten schaffen, indem die Gestaltung der Geräte hinsichtlich Recyclingfreundlichkeit in die Bemessung der Garantiebeiträge bzw. der anteiligen Verwertungskosten einbezogen würde. Damit wäre durchaus ein Impuls geschaffen für eine intelligentere Gestaltung der Geräte.

Ein weiterer positiver Aspekt in Schweden ist, dass sämtliche Daten aus Behandlungs- und Verwertungsanlagen öffentlich zugänglich sind. Die Veröffentlichung dieser Daten ermöglicht allen Akteuren in diese Einblick zu nehmen, was den Vollzug unterstützt und gleichzeitig den Vollzugaufwand mindert (vgl. Leonhardt 2007).

Die folgende Abbildung zeigt, dass die Potenziale für ein umwelt- und recyclingfreundliches Design durchaus vorhanden sind. Durch eine geringere Anzahl an Kunststoffteilen und -sorten wird eine Getrenntführung und damit hochwertige Verwertung des gesamten Geräts inklusive der Leiterplatten vereinfacht. Durch die Designumstellung konnte auch die Demontagezeit und damit die in der händischen Demontage entscheidenden Lohnkosten pro Stück um mehr als ein Drittel gesenkt werden.

Abb. 66: Demontagefreundliches Design bei CRT-Geräten am Beispiel der Kunststoffteile



Quelle: MoE/ METI 2006

3. Sperrmüllsammlung als Einzelabholungen

Sowohl um die Sammelqualität im Inland als auch um den illegalen Export von Altgeräten zu verhindern, sollte zudem möglichst schon an den unterschiedlichen Sammelquellen angesetzt werden (vgl. Sander/ Schilling 2009, 90). Dazu gehört z.B. die Umstellung der Sperrmüllsammelung in den Kommunen auf Einzelabholungen. Nach Angaben des VKS ist in 6 der größten deutschen Städte noch immer eine straßenweise Abholung des Sperrmülls üblich (vgl. VKS 2008), die es illegalen Akteuren sehr einfach macht, die Altgeräte entweder komplett an sich zu nehmen oder nur die werthaltigen Teile wie Kupferspulen zu entnehmen. Gute Erfahrungen wurden in einer Reihe von Städten mit mobilen Sammelstationen gemacht, die regelmäßig an zentralen Plätzen in den verschiedenen Stadtteilen ausrangierte Elektro- und Elektronikgeräte entgegennehmen.

Erfahrungen aus den Niederlanden zeigen allerdings auch, dass einige Städte es erlaubt oder zumindest toleriert haben, dass gewerbliche Müllsammler auf den Sammelstellen oder davor die werthaltigen Stücke aufgekauft haben (vgl. VROM 2005). Damit wird zwar einerseits der Re-Use von Gebrauchtgeräten gefördert, gleichzeitig gehen aber Altgeräte oder Geräteteile in dunkle Kanäle, in denen keine ordnungsgemäße Verwertung stattfindet. Tendenziell sinkt der Wert des WEEE-Stroms und damit sinken auch die Anreize für ein hochwertiges Recycling.

4.5.5.2 Produktspezifische Regelungen für die Abgrenzung von Alt- und Gebrauchtgeräten

Problembeschreibung

Ein relevanter Anteil der PGM-Verluste aus Monitoren rühren daher, dass Bildschirmaltgeräte, deklariert als Gebrauchsgüter in Länder ohne Recycling-Strukturen exportiert werden. Nach Einschätzung abfallrechtlicher Experten sind die „Hauptursachen dieser meist illegalen Exporte von Elektroaltgeräten (...) die rechtlich im Abfallverbringungsrecht und der WEEE-Richtlinie ungenaue bzw. schwierig vorzunehmende Abgrenzung zwischen Altgeräten und Gebrauchtgeräten, ein kompliziertes Abfallverbringungsrecht, u.a. daraus resultierende erhebliche Vollzugsdefizite, unterschiedliche Zuständigkeiten sowie unzureichende Kontrollen durch nationale Behörden“ (Preller 2009, 541f.). Zu diesen schwierigen Abgrenzungsfragen kommt hinzu, dass es weder regional, national noch europaweit ein einheitliches Kontroll- und Überwachungssystem gibt, das einen effizienten Vollzug zur Verhinderung illegaler Abfallexporte ermöglichen würde (vgl. Preller 2009, 547). Zuständig sind jeweils die Landesbehörden, in denen der Transportvorgang tatsächlich beginnt (Art. 14 Abs. 1 AbfVerbrG), jede Landesbehörde praktiziert dabei bisher ihren eigenen Vollzug.

Die EU hat zu diesen Fragen einen Leitfaden entwickelt, der bisher nicht rechtsverbindlich ist, dies allerdings in modifizierter Form im Rahmen des WEEE-Recast werden soll. Bisher hat er nur wenig praktische Relevanz gehabt: „Dass diese Leitlinien

existieren, ist den Ländern bekannt, es hat sie nur niemand angewendet", kritisiert Dr. Andreas Jaron, Leiter des Referats für Grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen im Bundesumweltministerium" (vgl. recyclingnews 2010⁶⁰). Nach der Revision für den Export von Altgeräten soll eine Beweislastumkehr gelten: Bei Kontrollen muss künftig der Abfallexporteur bzw. -besitzer nachweisen, dass es sich um gebrauchsfähige Geräte handelt und nicht um ein Altgerät. Dazu sieht die Leitlinie vor (Europäische Kommission 2007, 1f.):

„7. Macht der Besitzer geltend, er beabsichtige die Verbringung bzw. verbringe gebrauchte Elektro- und Elektronikgeräte und nicht Elektro- und Elektronik-Altgeräte, sollte als Beleg für diese Behauptung gegenüber einer Behörde auf deren Verlangen Folgendes bereitgestellt werden:

- a) eine Kopie der Rechnung und des Vertrags über die Veräußerung bzw. den Eigentumsübergang in Bezug auf Elektro- und Elektronikgeräte, worin festgestellt wird, dass die Geräte für die direkte Wiederverwendung vorgesehen und voll funktionsfähig sind,
- b) ein Beurteilungs-/Prüfnachweis in Form einer Kopie der Unterlagen (Prüfbescheinigung – Nachweis der Funktionsfähigkeit) zu jedem Packstück innerhalb der Sendung, sowie ein Protokoll mit allen Angaben zu den Unterlagen,
- c) eine Erklärung des Besitzers, der den Transport der Elektro- und Elektronikgeräte veranlasst, wonach es sich bei keinem Material und keinem der Geräte in der Sendung um Abfall gemäß Begriffsbestimmung in Artikel 1 Buchstabe a EG-Abfallrahmenrichtlinie handelt, und
- d) eine ausreichende Verpackung, um die Geräte während der Beförderung sowie des Ein- und Ausladens vor Beschädigung zu schützen.“

Die EU-Kommission hat im Rahmen ihres Änderungsvorschlags zur WEEE-Richtlinie einen Anhang I vorgelegt, der Mindestanforderungen für den Exporteur definiert. So soll z.B. eine Erklärung der haftpflichtigen Person zu ihrer Verantwortung vorgelegt werden. Hier besteht aber auch weiterhin Handlungsbedarf, bis die revidierte WEEE-Richtlinie umgesetzt ist..

Klar ist, dass eine rein nationale Regelung nur geringen Erfolg verspricht. Es ist absehbar, dass dies nur zu einer Verlagerung der Exporte auf Häfen in den Niederlanden oder Belgien führen würde. Zusätzliche Kapazitäten und ein weiter verstärkter Austausch zwischen den Mitgliedsstaaten wurden daher auch im IMPEL-Projekt (2008) als

⁶⁰ <http://www.interseroh-news.de/artikel.php?sid=4f2a1847dc51e31c7714b767337eaa4e&aid=357&p=1&a=1>

notwendige Maßnahmen beschrieben, um die illegale Abfallverbringung aus der EU einzudämmen.

Für die Importländer von Gebraucht- und Altgeräten wurde vorgeschlagen, zusätzlich zur Überprüfung der Gebrauchsfähigkeit ein Importverbot für Geräte einzuführen, die älter als drei Jahre sind (vgl. Osibanjo 2008). Hier stellt sich aber die Frage, wie diese Anforderungen angesichts der beschriebenen Korruptionsproblematik umgesetzt werden sollen. Dieses pauschale Vorgehen erscheint uns auch angesichts der sozialen Dimension von WEEE-Exporten (s.o.) nicht wirklich angemessen.

Maßnahmenvorschlag

1. Abgrenzung Neugeräte/ Gebrauchtgeräte in der Außenhandelsstatistik

Basierend auf den stichprobenartigen Untersuchungen zum Export von Elektroschrott über den Hamburger Hafen plädieren Buchert et al. (2007) für eine deutliche Verbesserung der Informations- und Datenlage als eine wesentliche Voraussetzung für die Eindämmung illegaler Exporte von WEEE. Neben der Verhinderung illegaler Exporte mit den beschriebenen katastrophalen Gefährdungen für Menschen und Umwelt in Afrika und Asien wären Informationen über die Exportstrukturen und die unterschiedlichen Akteure in den Wertschöpfungsketten auch für den Aufbau von internationalen Recyclingsystemen von großem Nutzen. Ein entscheidender Ansatz zur Steigerung der Transparenz der Massenströme wäre, analog zu Gebrauchtfahrzeugen auch für Elektro- und Elektronikgeräte eine getrennte Aufführung von Neu- und Gebrauchtwaren in den Außenhandelsstatistiken (zu den Details der Umsetzung vgl. Sander/ Schilling 2010). Sie schlagen auf Grundlage ihrer Erfahrungen bei der Auswertung der Zolldatenbanken darüber hinaus vor, dass alle exportierten Waren unabhängig vom Anmeldeverfahren immer einer Wertkategorie zugeordnet werden sollen. Hier bestehen bisher erhebliche Unsicherheiten, weil sich Preisangaben bisher immer nur auf die gesamte Anmeldung beziehen.

2. Präzisierung der Verpackungsvorgaben für Gebrauchtgeräte

Ein pragmatischer Ansatz könnte sein, die Unterscheidung zwischen Alt- und Gebraucht in einem ersten Schritt an einer ordnungsgemäßen Verpackung festzumachen. Hierzu sollte der Begriff der „angemessenen Verpackung“, wie er in Anhang I als Kriterium genannt ist, so zu präzisieren, dass er für die Vollzugsbehörden eindeutig und rechtssicher anzuwenden wäre. Der Export von Bildschirmen wäre dann verboten, wenn das Gerät nicht bruchsicher in einem entsprechenden Spezialkarton verpackt ist. Komplizierte Auseinandersetzungen, ob ein Gerät noch als funktionsfähig anzusehen ist oder eventuell nur zur Reparatur exportiert wird (wie sie aktuell im Anhang zum Entwurf der WEEE-Richtlinie diskutiert werden), würden sich damit auf Einzelfälle beschränken und damit dem begrenzten Kontrollpersonal ein deutlich effizienteres Vorgehen ermöglichen.

Die Regelung setzt an den bestehenden ökonomischen Anreizstrukturen an, wonach bisher auch Altgeräte exportiert werden, weil die Transportkosten niedriger liegen als die Kosten einer ordnungsgemäßen Verwertung im Inland. Mit den Kosten für die Verpackungen und dem Personalaufwand für ihre Bestückung soll sich ein Export nur noch dann rentieren, wenn im Bestimmungsland der Verkaufserlös für ein funktionierendes Gerät erzielt werden könnte. Dagegen würde der reine Export von Bildschirmen, um sie dort in unmittelbarer Nähe des Hafens illegal zu entsorgen, im Vergleich zu heute deutlich unattraktiver. Preisanfragen im Rahmen von MaRess haben ergeben, dass für geeignete Kartons etwa 3-4 Euro kalkuliert werden müssen, selbstverständlich können diese aber auch mehrfach genutzt werden. Entsprechende Checklisten für Monitore, die die tatsächliche Funktionsfähigkeit der Geräte am Zielort garantieren sollen existieren bereits und könnten als Basis für entsprechende produktspezifische Vorgaben (z.B. im Anhang I der WEEE-Richtlinie) dienen.

IBM-Hinweise zum Container-Transport für Monitore

- * Wickeln Sie den Monitor in Luftpolsterfolie ein
- * Legen Sie den Monitor mit der Seitenfront (nicht mit dem Sockel) nach unten in die Transportkiste
- * Legen Sie das Strom- und Signalkabel dazu. Achten Sie beim Packen darauf, dass der Bildschirm beim Transport nicht beschädigt werden kann
- * Vergewissern Sie sich, dass Sie auch den Sockel/schwenkbaren Standfuß eingepackt haben und der Sockel sicher befestigt ist
- * Achten Sie beim Palettieren darauf, dass nicht mehr als zwei Transportkisten übereinander liegen und eine angemessene Verpackung zwischen den Schichten ist
- * Wichtig ist, dass die Monitore nicht mit dem Bildschirm nach unten palettiert werden.

Quelle: Website IBM

In Japan sind speziell für die Sammlung von LCD-Geräten spezielle, stapelbare Sammelbehälter mit einem Volumen von etwa 1mx1mx2m vorgeschrieben, in denen jeweils ca. 20 Geräte bruch sicher transportiert werden können (vgl. Grieger 2010, S. 11). Durch ein solches verbindliches Verpackungssystem für Bildschirme und Monitore kann garantiert werden, dass die Geräte auch funktionsfähig am Bestimmungsort ankommen, wenn bestimmte Vorgaben eingehalten werden. Unter anderem sollten die Geräte unter allen Umständen in Kartons verpackt und fachmännisch palettiert werden. Nach Angaben von IBM kann man so in einem Standard-20'- Container ca. 75 Bildschirme oder Monitore unterbringen. Die Miete eines solchen Containers beträgt zwischen 3000 und 4000 Euro, je nach Beschaffenheit des Containers. Der Preis für das Verpackungsmaterial beläuft sich hierbei insgesamt auf ca. 250-300 Euro. Beim Verpacken und Palettieren sollte unter anderem darauf geachtet werden, dass die Bildschirme mit einem empfohlenen Abstand von ca. 8-10cm zur Behälterwand verstaut werden. Außerdem sollten die empfindlichen Monitore mit Luftpolsterfolie gesichert sein. Aus Sicherheitsgründen sollten die verpackten Geräte möglichst exakt auf die Paletten und max. 2 Kartons aufeinander gestapelt werden.

Zustände wie in Abb. 67 sollen somit verhindert werden. Durch die effizientere Verhinderung illegaler Exporte in Länder ohne entsprechende Recyclinginfrastrukturen kann gerade bei Bildschirmen das Recyclingpotenzial für PGM erhöht werden.

Abb. 67: Geöffneter Übersee-Container in Lagos mit exportierten Bildschirmen



Quelle: www.ban.org

Transformationsbedingungen und Perspektiven einer internationalen Rohstoffgovernance

Dieses Kapitel will darauf aufmerksam machen, dass sich die einzelnen Maßnahmen-vorschläge in den Handlungsfeldern in einem hochspezialisierten, internationalen Stoffstromregime bewegen, welches durch staatliche Umweltpolitik, Handelsprotektionismus und Marktdynamiken geprägt ist. Die Marktstrukturen sind vor allem durch Angebot und Nachfrage geprägt, gleichzeitig sind erhebliche Wachstumsdynamiken in einzelnen Ländern und Produktgruppen zu beobachten. Die Komplexität dieser Faktoren verlangt nach einem systemischen Steuerungsansatz, welche die Wechselwirkungen dieser Faktoren reflektiert und Ansatzpunkte für innovative Nischen identifiziert, welche dann als Vorbild für die weitere Entwicklung dienen können.

Bei der nachfolgenden Betrachtung wird auf Erkenntnisse der Transformationsforschung zurückgegriffen.⁶¹ Durch diesen Ansatz aus einer reflexiven Governance für eine nachhaltige Entwicklung (Voß, Bauknecht und Kemp 2006) wird der politische Handlungsraum neu strukturiert und es können Einschätzungen vorgenommen werden, mit welcher Geschwindigkeit sich realistischer Weise ein Transformationsprozess vollzieht. Unterschieden wird zwischen drei Ebenen (vgl. Geels 2005):

- Landscape-Level (übergeordnete, langfristige Trends wie demographischer Wandel, Globalisierung, Individualisierung und auch Ressourcenknappheit und Umwelt-risiken)

⁶¹ Vgl. u.a. Loorbach 2007, Rotmans/Kemp 2009, Loorbach 2010; Grin et al. 2010. Weitere Informationen zum Forschungs-Netzwerk „System Innovation and Transitions“ finden sich unter: <http://www.ksinetwork.nl/>

- Regime-Level: hier geht es um die konkreten Governance-Strukturen in einem Handlungsfeld, die auf das Handeln von Akteuren wirken (Gesetze, formale Regeln, informelle Standards, Interessen und Eigenlogiken)
- Nischen-/Experimente-Level: Hier werden konkrete Veränderungen erprobt.

4.6 Systemorientierte Beschreibung des Stoffstromregimes

Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich im wesentlichen auf das Regime-Level in den Handlungsfeldern „Rückgewinnung von PGM aus Autokatalysatoren“ und „Elektro- und Elektronikprodukten“. Durch die Untersuchungen wurde deutlich, dass sich die Entscheidungen hinsichtlich der konkreten Organisation des Stoffstrommanagements häufig an der Schnittstelle zwischen abfallwirtschaftlicher Regulierung und Marktanreizen bewegen (vgl. hierzu auch Bergh 2004). Zunächst sind Autowracks und Elektroschrott – wenn sie in das Abfallregime eintreten – mit einem geringen Marktwert (kostenlose Annahme) versehen. Bereits die ersten Bearbeitungsschritte – Demontage und Separierung – führen jedoch dazu, dass die PGM-haltigen Komponenten (wie Katalysatoren und Platinen) zu handelbaren Gütern in der Rohstoffwirtschaft werden, die von nationalen und internationalen Metallhändlern nachgefragt werden. Damit begegnen sich in der Verwertungskette der PGM-haltigen Produkte zwei Grundprinzipien: die Entsorgung komplexer Produkte erfolgt zunächst nach den Vorgaben des Abfallrechts und spezifischer produktbezogener Regelungen hinsichtlich der Produzentenverantwortung. Hier dominiert der Grundgedanke des Umweltschutzes und der Ressourcenschonung. Werden aus dem Abfall wertstoffhaltige Bauteile separiert, so dominieren für deren Wiederverwendung oder Verwertung Marktpreise und der Wettbewerb in internationalen Handelsstrukturen bestimmt das Handeln der Akteure.

Da ein relevanter PGM-Strom aus den Bereichen Autokatalysatoren und Elektrogeräten den EU-Raum verlässt, muss bei allen Maßnahmenvorschlägen die internationale Dimension beachtet werden. Die Systeme des PGM-Recyclings sind auf der internationalen Ebene durch offene Märkte gekennzeichnet. Allerdings kommen in der Frage der Steuerung dieser Stoffströme noch einmal erhebliche nationale Interessen ins Spiel, wenn es darum geht, sich die Sekundärrohstoff-Potenziale zu sichern. Vereinzelt ist zu beobachten, dass aus Gründen der Rohstoffsicherung einige Länder protektionistische Maßnahmen ergriffen haben. So ist z.B. Russland dazu übergegangen, einige Sekundärrohstoffe mit Exportzöllen zu belegen. In diesem Kontext bewegen sich die umweltpolitischen Vorschläge zur Vermeidung von Rohstoffverlusten immer im Spannungsfeld von „Wettbewerbskonformität“ und „Protektionismus“. Zielkonflikte im WTO-Regime sind hierbei eher die Regel als die Ausnahme.

Auf der mikropolitischen Ebene umfasst das marktorientierte Stoffstrommanagement mit PGM mehrere Bearbeitungsstufen. Die Akteursketten sind im internationalen Maßstab nicht transparent, das Wissen um die zum Teil dubiosen und illegalen Wege, die das PGM nimmt, ist Teil des gut gehüteten Branchen-Knowhows, weil dieses Wissen

Wettbewerbsvorteile verschafft. Die Demontagebetriebe entscheiden hier als erste, was mit den demontierten Produkten zu geschehen hat, in dem Sie an bestimmte Händler verkaufen. In dieser Stufe ist es noch möglich, durch abfallrechtliche Maßnahmen eine verbesserte Stoffstromsteuerung zu erwirken, in dem beispielsweise bestimmte Anforderungen an Lagerung und Transport festgelegt werden. Dies scheitert im außereuropäischen Raum an fehlenden staatlichen Vorgaben. Insofern Handeln in diesen schwach regulierten Regime die Mehrzahl der Akteure rein egoistisch und externalisieren möglich Kosten an die Gesellschaft und die Umwelt, ohne hierfür belangt zu werden.

Aber auch in einem 'starken, geordneten Abfallregime (wie in Deutschland) sind im Falle des PGM-Stoffstrommanagements keine räumlichen und technischen Verwertungsoptionen vorgegeben. Die Bestimmungen des Abfallrechtes in Deutschland sind hier zu unspezifisch, um eine steuernde Wirkung im PGM-Stoffstrommanagement entfalten zu können. Dies führt insbesondere im Recycling von Konsumgütern dazu, dass das PGM-Recycling in einem offenen System stattfindet, welches ausschließlich nach den Regeln des Marktes funktioniert. Gleichzeitig sind die vertraglichen Bindungen zwischen den Akteuren schwach entwickelt, langfristige, vertrauensvolle Geschäftsbeziehungen eher selten. Aus ökonomischer Sicht lässt sich feststellen, dass in den Stufen Sammlung, Demontage/Zerlegung und Komponentenseparierung die Kosten (vor allem Arbeitskosten) eine bedeutende Rolle spielen und in der Phase der rohstofflichen Rückgewinnung die Investitions- und Unterhaltskosten für die jeweilige Anlage enorm sind. Die ersten Stufen der Bearbeitung (Sammlung, Sortierung) sind deutlich weniger kapitalintensiv als die Bearbeitungsstufe des stofflichen Recyclings in sog. Integrated Smelters. Um mit pyrometallurgischen Technologien PGM zurück zu gewinnen, bedarf es sehr anspruchsvoller Technologien und hochqualifizierter, spezialisierter Belegschaften. Aus diesen Bedingungen resultieren unterschiedliche Eigenlogiken der Akteure, die nicht miteinander kompatibel sind.

Aus innovationstheoretischer Sicht (Geels 2004) steht die Erschließung der PGM-Potenziale in einem Spannungsfeld von Investitionskosten für den Einsatz der Besten Verfügbaren Technik (BTV) und den damit verbundenen strategischen Vorteilen von (nachhaltigkeitsorientierten) first movers (vgl. de Bruijn/Norberg-Bohm 2005) bzw. lead markets (z.B. diejenigen Akteure, die sich derzeit auf den osteuropäischen Fachmessen engagieren und treffen) auf der einen Seite und business-as-usual-Praktiken mit geringeren Kosten, aber deutlich höheren Verlustrisiken auf der anderen Seite. Um den Innovationspfad für die Beste Verfügbare Technik zu stärken, bedarf es auch ökonomischer Förderung, der Unterstützung von Modellprojekten und eines gezielten Technologietransfers und Erfahrungsaustausches zwischen den Industrieländern und den weniger entwickelten, aber schnell wachsenden Volkswirtschaften.

Die Voraussetzungen für eine hochwertige rohstoffliche Zurückgewinnung des Materials sind bisher nur in wenigen, hochindustrialisierten Ländern vorhanden. Die notwendigen Investitionen konzentrieren sich auf die rohstoffliche Rückgewinnung durch international tätigen Großunternehmen, die eng mit den der Automobilindustrie und der

Elektroindustrie kooperieren. Diese Großunternehmen wie Umicore und Johnson Matthey haben eine Markt beherrschende Stellung und könnten daher die sekundären Vorlieferketten in entscheidender Weise beeinflussen. Sie tun dies auch, in dem sie auch in den Zielländern gebrauchter Konsumgüter versuchen, eigenständige Redistributionsstrukturen aufzubauen. Allerdings können diese Strukturen nur in einem Umfeld funktionieren, in dem von staatlichen Stellen formulierte Regeln eingehalten werden. Aufgrund der erheblichen Vollzugsdefizite in außereuropäischen Zielländern der Exporte entsteht eine erhebliche Unsicherheit, ob eine solche Investition lohnt oder ob man nicht darauf vertrauen sollte, dass auf dubiosen Wegen das Material doch wieder in der integrierten Edelmetallhütte landet, da insgesamt ein großer Nachfragesog besteht.

Diese Situationsbeschreibung von Randbedingungen und Eigenlogiken macht auch deutlich, wie komplex die Aufgabenstellung ist, im internationalen PGM-Stoffstrommanagement Ziele einer geordneten und umweltschonenden Stoffstromsteuerung durchzusetzen. Von daher halten wir es für notwendig, in diesem Regime nicht nur ordnungsrechtlich und umweltbezogen zu argumentieren sondern insbesondere die ökonomischen Vorteile eines nachhaltigen Stoffstrommanagements herauszustellen. Diese sehen wir in folgenden Punkten:

- Mit den PGM aus sekundären Quellen wird auch für die PGM nachfragenden Industrien (Automobilindustrie, Hersteller von Konsumelektronik) eine zweite Bezugsquelle geschaffen und damit auch die Abhängigkeit von den wenigen Miningesellschaften in der Welt, welche Platingruppenmetalle direkt gewinnen, gemindert
- Aus der Perspektive eines gesicherten Inputs und der damit verbundenen Skalenerträge haben die Refiner ein Interesse daran, in der sekundären Verwertungskette systematisch alle Ineffizienten zu beseitigen, vor allem in den Konsum bezogenen Bereichen Anreiz orientierte Rücknahmesysteme aufzubauen.⁶²

Auch aus der Perspektive der nationalen Rohstoffsicherung Deutschlands ist die Erschließung komparativer Kostenvorteile durch die unterschiedliche Regulationsniveaus zwischen den Ländern keine tragfähige Strategie, da die Kostenvorteile durch eine mindere Qualität des gewonnenen Materials wieder aufgehoben wird. Gleichzeitig geht der direkte Zugriff der nationalen Recyclingwirtschaft auf das Material verloren. Der fehlende Ordnungsrahmen in den Zielländern der WEE-Stoffströme führt auch dazu, dass hier kaum verlässliche Partner zu finden sind, um demontierte Teile wieder zurückzukaufen.

⁶² So hat Hagelüken, als Vertreter von UMICORE, sich immer wieder kritisch zu bestehenden Vollzugsdefiziten geäußert.

Diese komplexe Ausgangslage verlangt nach integrierten Zielbildungsprozessen zwischen staatlichen und privaten Akteuren und neuartigen Governancestrukturen (vgl. Bringezu/Bleischwitz 2009; Bleischwitz 2007) und nach politischen Initiativen auf internationaler Ebene. Im Bereich der Mikropolitik sollten trotz der aufgezeigten Eigenlogiken zwischen unterschiedlichen Akteuren in den sekundären PGM-Ketten stabile Kooperationsbeziehungen aufgebaut werden, wobei den Refinern eine Schlüsselrolle zukommt. Hiermit verbundene Netzwerkaktivitäten, an denen sich auch öffentliche Stellen beteiligen sollten, können zur Verständigung über die Innovationsrichtung und zur Überwindung von Informationsasymmetrien beitragen.

Vor diesem Hintergrund ist die Vorstellung nicht mehr haltbar, das PGM-Stoffstrommanagement könnte allein mit den Instrumenten des nationalen und europäischen Abfallrechts und durch den hohen Marktwert ausreichend gesteuert werden. Notwendig ist eine am Markt ausgerichtete, integrierte europäische Ressourcenpolitik die durch eine stoffbezogene Umweltpolitik (SRU 2005) und neue Strategien einer internationalen Rohstoffgovernance flankiert wird. Gerade auf internationaler Ebene können entsprechende Vereinbarungen und Commitments zu einer Senkung von Transaktionskosten führen und systemische Innovationen ermöglichen, die mit Hilfe neuer Kooperationen zwischen Stakeholdern, Industrie und öffentlichen Stellen umgesetzt werden. Im Rahmen einer solchen Strategie sehen wir folgende Maßnahmen als prioritär an.

4.7 Prioritäre Maßnahmen für einen Systemwandel

4.7.1 Durchsetzung von einheitlichen Qualitätsstandards in internationalen Wertschöpfungsketten für alle Verwertungsstufen der PGM-Rückgewinnung

Die Rücknahme- bzw. Rückgabesysteme müssen so organisiert werden, dass sie auf einen bestimmten rohstofflichen Verwertungspfad (z.B. hochwertige Edelmetallrückgewinnung) orientiert werden. Dies muss bei der Erfassung einzelner Komponenten und Produktgruppen beginnen, in dem ökonomische Anreize (Linscheidt 1998) und Qualitätssicherungssysteme etabliert werden, um einen möglichst hohen Prozentsatz der enthaltenen Sekundärrohstoffe abzuschöpfen. Weder das Altfahrzeuggesetz noch das Elektrogesetz bietet hierfür derzeit einen geeigneten Rahmen. Die Produktverantwortung müsste an geeigneter Stelle dieser Gesetze durch eine Materialverantwortung ergänzt werden, die zumindest beinhaltet, dass die Edelmetallkreisläufe, welche durch komplexe Produkte entstehen, über alle Stufen der Verwertung dokumentiert werden.

In den internationalen Wertschöpfungsketten der Sekundärrohstoffwirtschaft muss aber gleichzeitig auch eine geteilte Verantwortung etabliert werden, d.h. es muss auf den jeweiligen Verarbeitungsstufen sichergestellt werden, dass das PGM-Recycling nach dem besten verfügbaren Stand der Technik erfolgt. Eine solche Regelung sollte im Sinne einer Vorwärts-Strategie durch die führenden Refining-Unternehmen verfolgt

werden, da sie von der Qualitätssicherung direkt profitieren, in dem sie besseres und unter Umständen auch mehr Material geliefert bekommen. Ggf. könnte eine solche Strategie durch einen Investitionsfond unterstützt werden, der kleinere und mittlere Unternehmen bei der Investition in neue Sammelsysteme und Anlagen unterstützt.

4.7.2 Verschärfung der Dokumentationspflichten bei der Ausfuhr gebrauchter Technologiegüter (insbesondere für den Handel)

Durch eine solche Dokumentationspflicht könnte auch ein wenig Licht in die Handelspraktiken gebracht werden und insgesamt die bisherige Praxis eingegrenzt werden, den Materialverkauf über Bargeschäfte abzuwickeln, die in keiner Steuererklärung erscheinen. Unsere Fallstudien haben ergeben, dass diese sog. grauen Märkte ein Grund dafür sind, dass das PGM-Recycling statistisch nicht erfasst wird, obwohl entsprechende Aktivitäten stattfinden.

4.7.3 Klare Kriterien für den Export von gebrauchten Konsumgütern außerhalb der EU und deren Überprüfung durch die Zollbehörden

Um den Input in eine hochwertige Verwertung zu sichern, bedarf es innerhalb der EU einer abgestimmten Politik für den Export von Altgeräten und Altfahrzeugen, mit dem Ziel, eine verdeckte Entsorgung in einem außereuropäisches Drittland zu verhindern. „An die Ausfuhr von gebrauchten Geräten und Gebrauchtfahrzeugen sind daher Anforderungen zu stellen, die sicherstellen, dass der Export nicht als eine kostengünstige Variante zur Umgehung der Produktverantwortung genutzt wird“ (SRU 2008, 734). Hierzu gehört nach Auffassung des SRU (ebd.) vor allem Ableitung von Mindestqualitätskriterien für Exportfahrzeuge in Anlehnung an die Anlaufstellenleitlinien für den Export von gebrauchten Elektrogeräten sowie die Unterstützung des Aufbaus eines flächendeckenden Importreglements in den Empfängerstaaten und gleichzeitig eine Anwendung dieses Reglements vor Verlassen des Exportlandes.

Ein weiterer Ansatzpunkt könnte hier z.B. verschärfte Regelungen für den Export von Schwermetallen und Gefahrstoffen sein oder zusätzliche Regelungen, wie und mit welcher Art von Verpackung die Altgeräte zu sichern sind. Insbesondere im Bereich der Elektronik-Güter sollte der gemischte Sammeltransport per Container ausgeschlossen werden. Durch derartige Maßnahmen kann insbesondere die Ausfuhr gebrauchter Computer und Bildschirme unterbunden werden, die in Wirklichkeit auf diesem Wege einer Billigentsorgung zugeführt werden sollen.

Um diese Kriterien wirksam werden zu lassen, müssen die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in den Zollbehörden qualifiziert werden und entsprechende Mittel für diese zusätzlichen Aufgaben bereitgestellt werden.

4.7.4 Vertraglich abgesicherte Standards in der Recyclingkette

Im Rahmen des MaRes-Projekts wurde im AP mit dem Covenant ein konkreter Umsetzungsvorschlag entwickelt worden (vgl. Wilts et al. 2010). Der zentrale Ansatz dieses Anreizmechanismus lautet, dass Automobilhersteller (oder andere Wirtschaftszweige) und ihre Zulieferer, Recyclingindustrie sowie die zuständigen öffentlichen Stellen in den Export- und Zielländern einen privatrechtlichen Vertrag aushandeln, der langfristige Ziele zur Steigerung der Ressourcenproduktivität durch ein hochwertiges Recycling von Altfahrzeugen festlegen. In einem solchen Covenant werden sowohl die unterschiedlichen Verantwortlichkeiten der Akteure als auch Instrumente zur ihrer Operationalisierung, Umsetzung und Evaluation definiert. Die Vertragsparteien, Industrie-Unternehmen oder ihre Verbände, verpflichten sich auf ambitionierte Ressourcenschutzziele, die Staaten garantieren für die Vertragslaufzeit stabile und fördernde Rahmenbedingungen. Im Gegensatz zu deutlich unverbindlicheren freiwilligen Vereinbarungen ist der Covenant prinzipiell auch vor Zivilgerichten einklagbar; gleichzeitig sind im Vertrag aber auch wirksame Verfahren zur Streitbeilegung und Sanktionsmöglichkeiten vorgesehen, wenn Vertragspartner ihren Pflichten nicht nachkommen.

Es soll ausdrücklich hervorgehoben werden, dass mit diesen Vorschlägen sowohl umweltpolitische und als auch volkswirtschaftliche Ziele erfüllt werden können. Das vorrangige umweltpolitische Ziel der Ressourcenschonung und das volkswirtschaftliche Interesse an einer ausreichenden, langfristig sicheren Versorgung mit Rohstoffen sollten zu abgestimmten Aktivitäten führen, um die nationalen und internationalen Recyclingsysteme effizienter zu gestalten. Diese Zielkongruenz prägt auch die Rohstoffstrategie der Bundesregierung, in der der Sekundärrohstoffwirtschaft eine zunehmende Bedeutung als Rohstofflieferant attestiert wird (Bundesregierung 2007).

Für eine europäische Plattform, auf der umweltpolitische Fragen und Fragen der Rohstoffsicherung integriert behandelt werden, sollte die Europäische Kommission eine Plattform aufbauen und als neutraler Vermittler unterschiedlicher Interessen auftreten. Ein offenes Problem solcher Informationsnetzwerke ist der Übergang vom unverbindlichen Erfahrungsaustausch zu mehr oder minder verbindlichen Verabredungen (siehe hierzu auch die Aktivitäten des European Round Table on Sustainable Platinum Group Metals⁶³). Der Aufbau von Strukturen zur Qualitätssicherung in der Wertschöpfungskette muss im wesentlichen durch die Industrie selbst erfolgen. Hierbei sollten auch die bestehenden Verbandsstrukturen auf europäischer Ebene einbezogen werden. Der Erfolg solcher Netzwerke hängt unserer Einschätzung nach von einem zielgerichteten

⁶³ „The Roundtable on Sustainable Production and Use of Platinum Group Metals“ ist eine Initiative niederländischer Berater (Milieucontact International, Amsterdam und Dr. Reinier de Man, sustainable business development, Leiden,) Seine Ziele sind Erfahrungsaustausch und die Anregung von Kooperation zwischen unterschiedliche Stakeholdern. Die Plattform wurde durch das niederländische Ministerium für „Housing, Spatial Planning and the Environment“ gefördert.

Agenda-Setting, einer Einführung des Themas und der fachlichen Einbindung der Experten aus verschiedenen Ländern ab. So sollten beispielsweise die Probleme der Kreislaufführung und des Recyclings mit einem anderen Expertenkreis besprochen werden, als die Probleme, die in der Rohstoffversorgung existieren.

Vorbild hierfür könnte die bereits existierende Plattform „FICCI Environment Conclave“ sein, die auf den indischen Markt ausgerichtet ist.⁶⁴ Diese Plattform beinhaltet u.a. ein sektorales Forum für Entsorgungsprobleme in Industriebranchen sowie ein Netzwerk für alle Stakeholder in den verschiedenen Wertschöpfungsketten des Abfallmanagements. Die geeignete Organisationsform hierfür wären unterschiedliche Modelle der Public-Private-Partnership.

Die aktuelle Diskussion um Rohstoffe und Zukunftstechnologien hat inzwischen in Deutschland und Europa begonnen, das Thema Rückgewinnung von PGM in Autoabgaskatalysatoren und Elektrogeräten muss in diesem Zusammenhang unbedingt weiterhin auf die Agenda gesetzt werden.

4.8 Weiterer Forschungsbedarf

Ein erheblicher Forschungsbedarf ergibt sich vor allem hinsichtlich länderbezogener Fallstudien, die entlang produkt- bzw. stoffbezogene Spezifikation durchgeführt werden sollten. Die Ergebnisse sollten auch in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie Berücksichtigung finden. Insbesondere sollten die derzeitig praktizierten Arbeitsteilungen im internationalen Recycling unter dem Aspekt der Umweltgerechtigkeit vertiefend analysiert werden (vgl. Wuppertal Institut 2007).

Das akteursbasierte Forschungsdesign dieser Studie hat sich bewährt. Durch Interviews und den Fachworkshop konnten wichtige Vertreter der Industrie und Experten mit ihrem Fachwissen eingebunden werden. Allerdings ist für weitere Forschungsvorhaben anzuraten, das Forschungsdesign etwas weiter zu fassen, so dass eine tiefergehende empirische Analyse möglich ist. Insbesondere die nachfolgenden Punkte sind alleine über die Auswertung sekundärer Quellen nicht zu erschließen.

- Die konkrete Ausprägung unterschiedlicher nationaler Regulationsregime in der Abfallwirtschaft und der Ressourcenpolitik, einschl. deren Vollzug
- Die tatsächliche Umsetzung gesetzlicher Vorgaben, internationaler Abkommen und bilateraler Vereinbarungen
- Die Praktiken in so genannten Grauen Märkten

⁶⁴ <http://www.ficci.com/fec09/aboutconclave.htm>

- Die Berücksichtigung der Entwicklungsunterschiede und der damit verbundenen internationalen Arbeitsteilung in den verschiedenen Bearbeitungsstufen
- Handlungslogiken, Interessenlagen, Gestaltungskompetenzen in den Recyclingketten
- Die Bereitschaft der Akteure, realitätstüchtige und konsistente Strategien/Pfaden zur effizienten Rückgewinnung von sekundären Stoffströmen mitzutragen.

5 Zusammenfassung

Der Einsatz von Platingruppenmetallen (PGM) mit den Hauptvertretern Platin, Palladium und Rhodium in technologieorientierten Anwendungen nimmt weltweit weiter zu. Treibende Faktoren sind die wachsende Nachfrage aus der Industrie, insbesondere aus den Anwendungsbereichen Autoabgaskatalysatoren und der Konsumgüterelektronik.

Beispiel Autoabgaskatalysatoren

Knapp 50 Prozent der (Primär- und Sekundär-)Produktion von Platin, Palladium und Rhodium finden Verwendung in Autoabgaskatalysatoren. Aufgrund des enormen Wachstums der Fahrzeugbestände insbesondere in den großen Schwellenländern Brasilien, Russland, Indien und China wird die Nachfrage nach PGM weiter ansteigen. Eine besonderes Merkmal der Nachfragestruktur ist es, dass sich in den letzten Jahren die Anteile zwischen Platin und dem kostengünstigeren Palladium erheblich verschoben haben.⁶⁵

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland nur ca. 15 % der ca. 3 Millionen endgültig stillgelegten Fahrzeugen verwertet, 8 % gingen als Gebrauchtwagen direkt in Nicht-EU-Staaten⁶⁶, 50 % wurden als Gebrauchtwagen in EU-Staaten und zwar überwiegend in die neuen EU-Beitrittsländer exportiert (BMU/UBA 2010), von wo ein Teil für eine weitere Nutzungsphase nochmals ins Nicht-EU-Ausland gelangt. Für 23% ist der weitere Verbleib statistisch nicht belegt.

Beispiel elektronische Konsumgüter

Das Aufkommen an Elektroaltgeräten wächst in der EU schneller als alle anderen Abfallfraktionen aus Haushalten (vgl. UNU 2008, 3). Technisch sind beim Recycling von Leiterplatten, die den Großteil des eingesetzten Palladiums enthalten, Rückgewinnungsquoten von bis zu 95% erreichbar, die wesentlichen Defizite liegen in der Erfassung einerseits und in der Behandlung und Aufbereitung andererseits.

Ein wesentliches Problem ist darin zu sehen, dass relevante Mengen an gebrauchten Elektrogeräten den europäischen Wirtschaftsraum verlassen. Nach (Sander/ Schilling 2010) wurden im Jahr 2008 ca. 155.000 t gebrauchte Elektrogeräte und Elektroaltge-

⁶⁵ Während in Benzinmotoren zu großen Teilen Palladium eingesetzt wird, kommt bei Diesel-Fahrzeugen bisher hauptsächlich das wesentlich teurere Platin zum Einsatz, das auch bei den niedrigeren Betriebstemperaturen effektiv wirkt (vgl. Brenscheidt 2001, 24).

⁶⁶ Von diesen 8% beträgt der Anteil von Ländern mit guter Recyclinginfrastruktur (Norwegen, Schweiz, USA, Japan etc.) laut Außenhandelsstatistik etwa 10 %.

räte aus Deutschland exportiert, davon alleine etwa ca. 2 Mio. Monitore. Global muss man davon ausgehen, dass davon nur etwa 10% überhaupt einem Recycling zugeführt werden (vgl. LaDou et al. 2007 und UNEP 2010). Unter der Annahme international bindender Verpflichtungen zu hochwertigen Recyclingstandards könnte mittelfristig jedoch durchaus ein internationaler Markt für Langlebigkeit (Re-use) aufgebaut werden.⁶⁷

Aus ressourcen- und umweltpolitischer Perspektive kann ein verbessertes internationales Stoffstrommanagement einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffsicherheit, zur Ressourcenschonung und Umweltentlastung leisten.

- Stichwort Rohstoffsicherheit: da die Primärrohstoffgewinnung bei PGM auf sehr wenige Länder (vor allem Russland und Südafrika) begrenzt ist, kann mit jeder Tonne recyceltem Material die Abhängigkeit von diesen Ländern und von Preisentwicklungen in oligopolistisch strukturierten Märkten vermindert werden.
- Stichwort Ressourcenschonung: Die PGM-Vorkommen sind begrenzt. Mit Recycling können diese Vorkommen geschont werden und stehen damit auch für nachfolgenden Generationen zur Verfügung.
- Stichwort Umwelt- und Klimaschutz: das PGM-Recycling ist mit deutlich geringeren Umweltbelastungen verbunden als die primäre Rohstoffgewinnung.

Die ökonomischen und ökologischen Vorteile des PGM-Recyclings werden jedoch bisher nicht vollständig ausgeschöpft, insbesondere da die PGM in wichtigen Anwendungsfeldern wie den Autoabgaskatalysatoren und Elektro(nik)geräten nach der Nutzungsphase in relevanten Mengen in Länder ohne angemessene Recyclinginfrastrukturen exportiert werden und somit für die globale Kreislaufführung verloren gehen. Gleichzeitig nehmen im Elektronikbereich dissipative Anwendungen zu; die geringen Mengen können mit herkömmlichen Recyclingverfahren nicht zurückgewonnen werden. Vor dem Hintergrund dieser Ausgangslage wurden für die ausgewählten Handlungsfelder „Autoabgaskatalysatoren“ und „elektronische Konsumgüter“ Vorschläge zur Verbesserung des internationalen PGM-Stoffstrommanagements entwickelt.

Maßnahmenvorschläge für den Bereich „Autoabgaskatalysatoren“

Auf der Basis umfangreicher Analysen der Defizite im internationalen Stoffstrommanagement und länderspezifischer Fallstudien wurde im Rahmen des Projektes für die industriellen und staatlichen Akteure eine Roadmap entwickelt und mit ihnen auf einem Workshop in Berlin diskutiert und abgestimmt (Lucas/Wilts 2009). Im Einzelnen wur-

⁶⁷ Vgl. die OECD Arbeiten zum Sustainable Materials Management und den Arbeiten zu Rahmenbedingungen der Ressourcenpolitik im Projekt MaRes, insbesondere ‚Internationaler Metall-Covenant‘ und ‚Ressourcenzertifizierung (RIZL)‘.

den folgende Maßnahmen vorgeschlagen, um das PGM-Recycling bezüglich der Autoabgaskatalysatoren zu verbessern:

- Eine Vereinbarung/Commitment zwischen den Akteuren in der Wertschöpfungskette „Katalysator-Recycling“ über Qualitäts- und Umweltstandards in der Redistributions-Logistik und den Verfahren zur Katalysator-Entmantelung und PGM-Rückgewinnung.
- Selbstverpflichtung der Fahrzeug- und Katalysator-Hersteller auf Mindestsammel- u. Recyclingquoten für PGM sowie Quoten für den Einsatz von Sekundär-PGM.
- Aufbau von Redistributionssystemen in den Zielmärkten der 2. und 3. Fahrzeugnutzung durch die Industriepartner (Automobilindustrie/Katalysatorhersteller) im Rahmen ihrer Produktverantwortung zwecks Behandlung in integrierten und hierfür spezialisierten Hüttenwerken.
- Kennzeichnung der Katalysatoren z.B. durch Einsatz der RFID-Technologie zur Unterstützung der Redistribution und, um die Exportströme und den letztendlichen Verbleib der Katalysatoren nachvollziehen zu können, Verbesserung der statistischen Erfassung durch präzisere Deklarationspflichten für den Handel mit gebrauchten Fahrzeugen.

Für diese Maßnahmen ergibt sich ein Zeitfenster von ca. 10 - 15 Jahren, da erst zu diesem Zeitpunkt ein hoher Anteil an Fahrzeugen zur Entsorgung ansteht, der über eine Autoabgasregelung verfügt (je nach Zielland zu differenzieren).

Maßnahmenvorschläge für den Bereich elektronischer Konsumgüter

Die vertiefend untersuchten Produktbereiche Monitore und Mobiltelefone, die beide Palladium enthalten, zeichnen sich durch unterschiedliche Ausgangslagen aus: Während Mobiltelefone in der Regel legal als funktionsfähige Gebrauchtgeräte mit einem positiven Marktwert exportiert werden, handelt es sich bei alten Bildschirmen (vor allem CRT-Monitoren) häufig um illegale Exporte, bei denen die Exportkosten unter den Entsorgungskosten in Deutschland liegen.

Aber auch im Inland ergeben sich Defizite in der Kreislaufführung, wenn Geräte nicht über die davor vorgesehen Systeme erfasst und anschließend einem hochwertigen Recycling zugeführt werden. Für beide Bereiche Mobiltelefone und Monitore zusammen wurde für Deutschland beim gegebenen Stand der Technik ein zusätzliches theoretisches Recyclingpotenzial von ca. 0,75 t PGM berechnet, was die gesamte europäische Nettonachfrage für den Elektronikbereich übertreffen würde (vgl. Johnson Matthey 2010).

Die auf Basis dieser Analyse entwickelten Maßnahmenvorschläge setzen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen an und zielen auf eine verbesserte Koordination von bereits bestehenden Einzelinitiativen im Bereich gebrauchter Elektronikgeräte und Elektroaltgeräte. Grundsätzlicher Ansatz ist eine Stärkung der Herstellerverantwortung

für die Nachnutzungsphase seiner Produkte, wie sie auch im ElektroG vorgesehen ist, bisher aber durch legale und illegale Exporte unterlaufen wird (vgl. Wilts 2009). Im Einzelnen sollten folgende Maßnahmen vorrangig verfolgt werden:

- Ansätze zum Technologie- und Wissenstransfer sollten in solche Entwicklungs- und Schwellenländer ausgeweitet werden, in denen die Nutzungsphase von Elektro- u. Elektronikgeräten endet (sowohl von importierten als auch aus Eigenproduktion). Diese Länder zeichnen sich meist durch sehr hohe Sammelmintensität aus, es fehlt jedoch vollständig an der notwendigen Recyclinginfrastruktur (vgl. Yu et al. 2010). Hier lassen sich erhebliche Win-Win-Potenziale erschließen, wenn die Edelmetalle z.B. auf den demontierten Leiterplatten anschließend den international vernetzten Smeltern zugeführt werden anstatt im gesundheits- und umweltgefährdenden „Hinterhofrecycling“ zu landen. – Die erzielbaren Erträge übersteigen deutlich die Transportkosten (vgl. Hagelüken 2010).
- Für den Bereich Mobiltelefone besteht die Notwendigkeit, die Erfassungsquote im Inland deutlich zu steigern. Vorbilder für optimierte Erfassungssysteme z.B. mit ausgewiesenen Recyclinggebühren in Kombination mit einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit (nationaler Aktionstag, Unterrichtsmaterialien etc.) existieren z.B. in der Schweiz (vgl. SWICO 2009). Einen zusätzlichen Anreiz könnten Pfandsysteme für Handys darstellen (vgl. MPPI 2009).
- Bei Monitoren ist der illegale Export von Altgeräten durch produktspezifische Festlegungen zur Gebrauchstauglichkeit für die Abgrenzung von Alt- und Gebrauchtgeräten einzudämmen. Darüber hinaus sollten die Geräte im Rahmen der Sperrmüllabfuhr nicht länger vom Straßenrand eingesammelt werden, sondern durch direkte Abholung von Elektro- und Elektronikschrott aus den Haushalten, um die Beraubung von Wertstoffen und Beschädigungen zu vermeiden (Sander/Schilling 2010). Die Transparenz und Sicherheit wird insgesamt erhöht.

Übergreifende Aspekte einer internationalen Stoffstromsteuerung

Die durchgeführten Untersuchungen in beiden Handlungsfeldern haben ergeben, dass das internationale PGM-Stoffstrommanagement von der internationalen Marktentwicklung geprägt ist und der Einfluss nationaler Abfallregimes auf das Stoffstrommanagement sehr begrenzt ist. Auf der internationalen Ebene sind verbindliche zwischenstaatliche Regelungen im Rahmen des WTO-Regimes (freier Welthandel) nicht in Sicht. Vor diesem Hintergrund wird vorgeschlagen, einen kooperativen Governance-Ansatz zu verfolgen, der in den Wertschöpfungsketten des PGM-Recyclings zu verbindlichen Qualitätsstandards führt. Eine führende Rolle bei der Durchsetzung solcher Standards können die international tätigen Metallkonzerne wie Umicore und Johnson Matthey übernehmen, da sie direkt von einer solchen Qualitätssteigerung profitieren würden.

Derartige kooperative Strukturen können bilateral oder multilateral von den Regierungen in der EU und den ihnen nachgeordneten Umweltbehörden unterstützt und geför-

dert werden. Auch UNEP – die mit ihrem Ressource-Panel in diesem Bereich bereits aktiv ist - könnte eine wichtige koordinierende Rolle übernehmen, um z.B. den Erfahrungsaustausch beim Aufbau von effektiven Recyclingsystemen zu verbessern (vgl. UNEP 2010). Entscheidend wird jedoch sein, ob die in Europa führenden Raffinationsbetriebe und deren Kunden aus der Automobilindustrie und der Elektroindustrie sich aktiv beteiligen.

Staatliche Stellen können insgesamt dazu beitragen, den Informationsfluss in den sekundären PGM-Ketten zu verbessern, indem Berichtspflichten vor allem des Handels eingefordert werden. Des Weiteren sollten die anzustrebenden Recycling-Standards (Beste Verfügbare Technik) in Rechtsvorschriften (Altfahrzeugverordnung, Elektrogesetz) Eingang finden. Ein weiterer Ansatzpunkt für staatliches Handeln ist das bestehende Technologie- und Qualifizierungsgefälle zwischen den OECD-Staaten und den Zielländern gebrauchter PGM-haltiger Konsumgüter.

Geeignetes Instrument hierfür wäre der Aufbau eines spezifischen Technologietransfer- und Beratungsprogramms, um in den Zielländern eine geordnete Sammlung, qualitativ hochwertige PGM-Redistribution und Vorbehandlung zu initiieren (zugeschnitten vor allem auf die EU-Beitrittsländer und ausgewählte CEC-Staaten). Eine Veränderung der Redistributionswege durch den Aufbau neuer Metallschmelzen in den Zielländern ist derzeit nicht in Sicht, insofern ist es wahrscheinlich, dass es unter der Bedingung des freien Welthandels die gegenwärtigen Rückführungsstrukturen zu den Metallschmelzen weiter ausgebaut werden.

Literatur

- Abh-Marketingservice (2007): Der Pkw-Aftermarket in Polen. Leseprobe.
www.abh.de/component/rokdownloads/downloads/65...pkw.../download
- ACEA (2008a): Auto industry statement regarding used cars. 14.03.2008. Brussels:
<http://www.autosap.cz/sfiles/zxxx%202008%20fprohl%20ACEA%20en.pdf>, Zugriff: 24.02.2009
- ACEA (2008b): ACEA EU Economic Report February 2007. Brussels.
- Althaus H-J/ Classen M/ Blaser S/ Jungbluth N. (2003): Life cycle inventories of metals, Vol. 10. SwissCentre for Life Cycle Inventories, Zürich.
- Andersen, F./ Larsen, H./ Skovgaard, M. (2008): Projection of end-of-life vehicles. Development of a projection model and estimates of ELVs for 2005-2030. ETC/RWM working paper 2008/2, Kopenhagen.
- Anfac (2010): European Motor Vehicle Parc 2008:
<http://www.acea.be/collection/statistics>
- Angerer, G./ Lorenz, E./ Marscheider-Weidemann, F./ Scharp, M./ Lüllmann, A./ Handke, V./ Arwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. ISI-Schriftenreihe Innovationspotenziale, Karlsruhe.
- Autostat (2009): Ситуация с утилизацией автомобилей в России. Situation with vehicle utilization in Russia:
<http://www.autostat.ru/view.asp?n=421&t=1>
- Babakina, Graedel (2005): The Industrial Platinum Cycle for Russia: A Case Study of Materials Accounting. Yale center for industrial ecology.
- Barba-Gutierrez, Y./ Adenso-Diaz/ Hopp M. (2008): An analysis of some environmental consequences of European electrical and electronic waste regulation. In: Resources, Conservation and Recycling 52 (2008) 481–495.
- Basel Convention (2007): Information Note on the Mobil Phone Partnership Initiative. Basel.
- Beck, M. (2007): Mission Impossible. In: Recycling International, March 2007, S. 20-26.
- Beers D, Bertram M, Fuse K, Spatari S, Graedel T. (2003): The contemporary African copper cycle: one year stocks and flows. In: The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 103, 147-162.
- Bergh, J. van der; Janssen, M. (2004): The Interface between Economics and Industrial Ecology. In: Bergh, J. van der: Economics of Industrial Ecology, Cambridge. MIT Press.
- Bertram M, Graedel T, Rechberger H., Sparati S. (2002): The contemporary European copper cycle: waste management subsystem. Ecological Economics, 42, 43-57.
- Bitkom (2009): Geschäftsbericht 2009. Berlin.

- Bitkom/ GfK (2008): Neue Daten zur Preisentwicklung von TV-Geräten. Presseinformation vom 11. August 2008, Berlin.
- Bleischwitz, R. (2007): Corporate Governance of Sustainability: A Co-Evolutionary View on Resource Management. Edward Elgar Publisher.
- Bloxham, L. (2009): Car Fleet Development in Eastern Europe and PGM Demand. Präsentation auf dem MaRes AP3 Workshop, 24.4.09, Berlin.
- BMU (2005): Ziele und Inhalte des Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten:
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/elektrog_ziele_inhalte.pdf, Zugriff am 8.12.2008.
- BMU (2008): Drei Jahre ElektroG: Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt ziehen positive Bilanz. Pressemitteilung Nr. 49/08, Berlin.
- BMU/UBA (2010): Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2008 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG:
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/germany_elv_quota_qualit_yreport.pdf, Zugriff am 3.12.2010.
- Bohr, P. (2007): The Economics of Electronic Recycling: New Approaches to Extended Producer Responsibility. Dissertation an der TU Berlin, Fakultät Wirtschaft & Management, Berlin.
- Börse-Online vom 29.10.2010: Nützliches Edelmetall: Auto-Boom schiebt Palladium-Preis an:
www.boerse-online.de/Edelmetall-Auto-Boom-schiebt-Palladium-Preis-an/620153.html
- Bosch (2007). Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, Wiesbach.
- Brenscheidt, Th. (2001): Katalysatorträger: Ein Überblick. In: Hagelüken, C. (Hrsg.): Autoabgaskatalysatoren. Renningen.
- Brigden, K./ Labunska, I./ Santillo, D./ Allsopp, M. (2005): Recycling of Electronic Wastes in China & India. Greenpeace International Report, Amsterdam.
- Bringezu, S. / Bleischwitz, R. (Hg.) (2009): Sustainable Resource Management. Trends, Visions and Policies for Europe and the World, Greenleaf Publisher
- Bruijn, T. de / Norberg-Bohm, V. (Hg.) (2005): Industrial Transformation: Environmental Policy Innovation in the United States and Europe. Cambridge, Massachusetts and London, England: The MIT Press.
- Buchert, M. (2010): Recycling, Exportproblematik und Reimportchancen? Werthaltige Komponenten am Beispiel des Katalysators:
<http://resourcefever.org/publications/presentations/buchert-Berlin-5Mai2010.pdf>, Zugriff am 11.4.2011
- Buchert, M./ Hermann, A./ Jenseit, W./ Stahl, H./ Osyguß, B./ Hagelüken, C. (2007): Verbesserung der Edelmetallkreisläufe: Analyse der Exportströme von Gebrauch-Pkw und – Elektro(nik)geräten am Hamburger Hafen. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, Förderkennzeichen 363 01 133. Darmstadt.

- Buchert, M./ Schüler, D./ Bleher, D. (2008): Critical metals for future sustainable technologies and their recycling potential. Draft Report. Freiburg.
- Buck, M./ Helm, C. (1999): Zehn Jahre Basler Übereinkommen : internationaler Handel mit gefährlichen Abfällen. Gutachten im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn.
- Bundesagentur für Außenwirtschaft (bfai) (2007): Kasachstan modernisiert seine drei Ölraffinerien:
http://www.bfai.de/ext/Export-Einzelsicht/DE/Content/__SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument,templateId=renderPrint/MKT200711068019.pdf
- Bundesagentur für Außenwirtschaft (bfai) (2007): Kfz-Recycling in Polen könnte kräftig Rohstoffe sparen helfen:
https://www.bfai.de/ext/Export-Einzelsicht/DE/Content/__SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument,templateId=renderPrint/MKT20070309104709.pdf
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Fachbereiche (BGR) (2007): Rohstoffindustrieder Russischen Föderation.
- Bundesregierung (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Stand: März 2007.
- Celiapinas, A. (2009): Telefonat über den ausgefüllten Fragebogen der Firma „EMP recycling“, Notizen Lucas 13. Oktober 2009.
- Central Statistical Bureau of Latvia: Statistical databases:
<http://www.csb.gov.lv/csp/content/?lng=en&cat=355>
- Central Statistical Office Poland (2010): Transport Activity Results in 2009:
http://www.stat.gov.pl/gus/5840_748_ENG_HTML.htm.
- Central Statistical Office Polen: Regional Data Bank:
http://www.stat.gov.pl/bdren_n/app/strona.indeks
- CEPIK (2011):
http://fors.pl/pliki/ilosc_2007_2010.pdf
- Chancerel, P./ Meskers, C./ Hagelüken, C./ Rotter, S. (2008): E-Scrap metals too precious to ignore. Recycling International, November 2008.
- Chancerel, P./ Rotter, S. (2009): Stoffstromanalyse für die Behandlung von Kleingeräten in Deutschland – Beispiel Gold. In: Bilitewski, B./ Werner, P./ Janz, A. (Hrsg.): Brennpunkt ElektroG. Tagungsband zur Fachtagung am 23. April 2009, Dresden.
- Chichorowski, G. (2008): Technische Optionen für eine automatische Produktidentifikation im Bereich des Elektrogeräte-Recycling. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse 08-1, Darmstadt.
- Culver, J. (2005): The life cycle of a CPU:
www.cpushack.net/life-cycle-of-cpu.html, Zugriff am 9.1.2009.
- Daisuke Numata, D. (2009): Economic analysis of deposit–refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers. In: Resources, Conservation and Recycling Vol. 53, S. 199–207.

- DESTATIS (=Statistisches Bundesamt) (2008): Umwelt 2006 - Abfallentsorgung. Fachserie 19, Reihe 1. Wiesbaden.
- DESTATIS (2009): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS):
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/WirtschaftsrechnungenZeitbudgets/EinkommensVerbrauchsstichproben/Tab.n/Content75/AusstattungprivaterHaushalteUnterhaltungselektronik,templated=renderPrint.psml>, Zugriff am 8.7.2009
- Deutsche Umwelthilfe (2007): Hamburg – Das Tor zur Welt für illegale Abfallexporte? DUH-Hintergrund, Hamburg.
- Die Presse vom 04.07.2009: Österreichische Schrottautos für Afrika. Von Norbert Rief:
<http://diepresse.com/home/wirtschaft/international/492556/Oesterreichische-Schrottautos-fuer-Afrika>
- Donchenko V., Kunin Y., Kazmin D.: A Case Study from Russian Federation Promotion of the Public Transport as a Base for Sustainable Urban Transport System in Moscow City, State Scientific and Research Institute of Motor Transport, Moscow.
- Donchenko, V. (2009): Environmental Performance of Motor Vehicles and Fuels in Russian Federation and CIS Countries:
<http://www.thepep.org/en/workplan/urban/documents/Chisinau/Presentations/donchenko.pdf>
- Donchenko, Vadim: Environmental Performances of Motor Vehicles and Fuels in Russian Federation and CIS Countries. Presentation of the Scientific and Research Institut of Motor Transport (NIIAT):
www.unep.org/transport/pcf/PDF/7GPM_Motorvehicles_Vadim.pdf
- DUH (2007): Knapp ein Jahr ElektroG. Erfahrungsbericht der Deutschen Umwelthilfe zur Umsetzung des Gesetzes. DUH-Hintergrund, Hamburg.
- Eberspächer (2008): Der Kat - schnell von 0 auf 300:
<http://www.eberspaecher.com/abgasprofi/kat/schnell.htm>, abgerufen am 21.10.08.
- EEA (=European Environment Agency) (2004): TERM 2003 33 EEA 31 - Average age of the vehicle fleet.
- EEA (=European Environment Agency) (2008): TERM34 Estimated share of pre Euro/conventional and Euro I-V heavy-duty vehicles, busses and coaches and conventional and 97/24/EC mopeds and motorcycles.
- EMP (2009): Antworten zum "Questionnaire about the recycling of spent catalytic converters and ELV recycling", Wuppertal.
- Empa (2005) The ewaste guide; 2005:
<http://www.ewaste.ch>.

- Erdmann, Georg (1999): Zeitfenster beachten. Möglichkeiten der Ökologisierung der regulären Innovationstätigkeit. Erschienen in: Ökologisches Wirtschaften 2/1999, 21–22:
http://www2.tu-berlin.de/fak3/ifet/ensys/downloads/publications/erdm_1999_zeitfenster_beachten.pdf, Zugriff: 12.11.2008.
- Estonian Waste Act 2004:
<http://www.legaltext.ee/text/en/X40038K5.htm>
- EUP (2007): Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. Official Journal of the European Union.
- Europäische Kommission (2007): Revised Correspondents' Guidelines No. 1. Subject: Shipments of Waste Electrical and Electronic Equipment. Brüssel.
- Europäische Kommission (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Neufassung). Zusammenfassung der Folgenabschätzung. KOM(2008) 810, Brüssel.
- Europäische Kommission (2009): Kommission begrüßt Einigung der Industrie auf ein universelles Ladegerät für Mobiltelefone. Pressemitteilung vom 29.6.09, IP/09/1049, Brüssel.
- Europäische Kommission (2010): How to report on end-of-life vehicles according to Commission Decision 2005/293/EC. Revision by Eurostat 20th April 2010, Brüssel:
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/documents/ELV%20Guidance%202010%2004%20rev.pdf>, Zugriff 9.12.2010.
- European Bank for Reconstruction and Development (2008): Automotive Industry in Russia: Impact of foreign investments in car assembly plants on suppliers' entry. London
- European Commission (2008): European Commission proposes new strategy to address EU critical needs for raw materials, press release, IP/08/1628:
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/1628>
- Eurostat external trade statistics (2009):
Comext_extra-EU27_passengercars_00-08.xls
Comext_extra-EU27_lcv_00-08.xls
Comext_intra-EU27_passengercars_00-08.xls
Comext_intra-EU27_lcv_00-08.xls
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/external_trade/data/database
- EUWID (=Europäischer Wirtschafts-Informationsdienst) (2008): Gute Geschäfte mit dem Kat-Recycling. In: EUWID, Nr. 43 v. 21.10.2008.
- EWI/ Prognos (2005): Energiereport IV. Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin.
- Federal Custom Service (2005): Verordnung Nr.609 von 12. Oktober 2005 «Über die Bestimmungen zum Schadstoffausstoß von Fahrzeugen“:
www.customs.gov.kg/files/file/doc2/rus

- Fergusson, M. ; IEEP (2007): End-of-life Vehicles Directive – An assessment of the current state of Implementation by Member States´. Studie für das Europäische Parlament:
http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_index.htm
- FFTF (Forum for the Future) (2007): Emerging Responsibilities. Managing environmental impacts of end-of-life mobiles in developing countries. London.
- Fischer, C./ Hedal, N./ Carlsen, R./ Doujak, D./ Legg, D./ Oliva, J./ Lüdeking Sparvath, S./ Viisimaa, M./ Weissenbach, T./ Werge, M. (2008): Transboundary shipments of waste in the EU. European Topic Centre on Resource and Waste Management, Kopenhagen.
- Focus-Money-Online 2011 a: Platin für die Autoindustrie.
- Focus-Money-Online 2011 b: Edelmetalle- Palladium für Elektronik und Schmuck
- Fornalczyk A. Saturnus M. (2008): Removal of platinum group metals from the used auto catalytic converters. In: METABK 48(2) 133-136 (2009)
- FORS (2009): Eco-Package. Solutions for the motor vehicle sector. The Vehicle Recycling Forum Association (Stowarzyszenie Forum Recyklingu Samochodów) in Warsaw. Warsaw, April 2009
- FORS (2009): Pressemitteilung vom 15.01.2009:
http://fors.pl/pliki/20090108_Informacja_FORS.pdf,
- FORS (2011):
http://fors.pl/pliki/ilosc_prowadzacych.pdf
- Fraunhofer Institut – ISI (2010): Forschungsergebnisse zur Entwicklung der Fahrzeugflotten. Präsentation auf der Homepage. Quelle:
<http://isi.fraunhofer.de/elektromobilitaet/Fahrzeugflotten>
- Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement (2009): Studienpräsentation: Automotive Region Central and Eastern Europe. Produktionsstrukturen von Automobilherstellern und ihrer Zulieferer. Wien. Quelle:
http://www.fraunhofer.at/Images/ARCEE_Studienpraesentation_tcm44-11311.pdf
- Fröhlich, G. (2009): Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten in der Praxis. In: Thomé-Kozmiensky, K.J./ Goldmann, D. (Hrsg): Recycling und Rohstoffe. Band 2. Neuruppin.
- Führ, M./ Roller, G./ Schmidt, M. (2008): Individuelle Herstellerverantwortung durch Produktkennzeichnung bei Elektro- und Elektronikgeräten. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse 08-2, Darmstadt.
- Gambini, G. (2008): EU-27- trade in motor cars in 2007. In: eurostat 79/2008, External trade, Brussels.
- GAO (=United States Government Accountability Office) (2008): EPA Needs to Better Control Harmful U.S. Exports through Stronger Enforcement and More Comprehensive Regulation. Report to the Chairman, Committee on Foreign Affairs, House of Representatives. Washington.
- Gartner (2009): Market Share for Mobile Devices, 1Q09. Stamford.

- Geels, F. (2004): Understanding system innovations: a critical review and a conceptual synthesis, in: B. Elzen, F. Geels, K. Green (Eds.), System Innovation and the Transition to Sustainability, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 2004, S. 19–47.
- Geels, F.W. (2005): Processes and Patterns in Transitions and System Innovations: Refining the Co-evolutionary Multi-level Perspective. Technological Forecasting and Social Change, 72, S. 681-692
- GfK (= Gesellschaft für Konsumforschung) (2009): Marktdaten Mobiltelefone. Nürnberg.
- GFU (2008): Der Markt für Consumer Electronics - Deutschland 2007:
http://www.gfu.de/go/gfu/_ws/resource/_ts_1215529288885/r00ABXQAUGR5bjpb2R1bGVzL3NpdGVzL3dlYnNpdGUvcGFnZXMvaG9tZS9jb25zdW1lci9tYXJrdC9tYWluL19wYWdlX2lkX29fYWR2YW5jZWRfNzM4/link01/markt-ce-deutschland.pdf, Zugriff am 08.07.2009.
- Gieshoff, J. (2001): Der Autoabgaskatalysator: Allgemeine Grundlagen. In: Hagelüken, C. (Hrsg.): Autoabgaskatalysatoren. Renningen.
- Goldmann, D. (2009): Stand der Altfahrzeugverwertung – Entwicklungen der letzten zwanzig Jahre und Perspektiven für die Zukunft – In: Thomé-Kozmiensky/Goldmann: Bd. 2, S. 471-490. München.
- Goskomstat der Russischen Federation, Yearbook 2007:
http://www.gks.ru/wps/PA_1_0_S5/Documents/jsp/Detail_default.jsp?category=112178611292&elementId=1135087342078
- Grin, J., Rotmans, J., Schot, J. (Hrsg.) (2010): Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change, New York
- Hagelüken, Buchert, Stahl 2005 (2005): Stoffströme der Platingruppenmetalle. Clausthal-Zellerfeld.
- Hagelüken, C. (2001): Autoabgaskatalysatoren. Renningen-Malmsheim: Expert.
- Hagelüken, C. (2005): Der Kreislauf der Platinmetalle – Recycling von Katalysatoren. In: Hagelüken et al. (Hrsg.): Autoabgaskatalysatoren. Expert, Renningen.
- Hagelüken, C. (2005). Optimising the recycling chain: The contribution of an integrated metals smelter and refinery. Paper presented at: Securing the Future 2005, International Conference on Mining, Metals and Energy Recovery, June 27-July 1, 2005, Skellefteå, Sweden.
- Hagelüken, C. (2007): Recycling von Autokatalysatoren – Strukturelle Defizite trotz ausgereifter Technik:
[http://www.technikwissen.de/umwelt/get_article.php?data\[article_id\]=33839](http://www.technikwissen.de/umwelt/get_article.php?data[article_id]=33839), abgerufen am 11.4.2011
- Hagelüken, C. (2007a): The challenge of open cycles – Barriers to a close looped economy demonstrated for consumer electronics and cars, in: Hilty, Edelmann, Ruf (Hg.): R07-World Congress – Recovery of Material and Energy for Resource Efficiency. Empa Materials, Davos/Schweiz.

- Hagelüken, C. (2007b): The PGM-markets and their independencies with autocatalyst. Präsentation CTI Forum Materials, 21. Nov. 2007, Stuttgart:
http://www.preciousmetals.umicore.com/publications/presentations/auto_petrocat/s/show_ThePGMMarkets.pdf, Zugriff 23.09.2008
- Hagelüken, C. (2009): Wir brauchen eine globale Recyclingwirtschaft. GermanWatch, 1/2009, S.3.
- Hagelüken, C. (2010): Recycling von Edel- und Sondermetallen als Schlüsselbeitrag zur Rohstoffsicherung. Beitrag auf der Konferenz Technologiemetalle, 22.9.2010, Frankfurt.
- Hagelüken, C./ Buchert, M./ Ryan, P. (2006): Materials Flow of Platinum Group Metals in Germany. 13th Cirp International Conference On Life Cycle Engineering, S. 477-482.
- Hagelüken, C./ Schlupe, M. (2009): Recycling strategischer Metalle aus Elektronikschrott vor dem Hintergrund globaler Materialströme. Vortrag auf der Tagung Re-Source 2009, 24. Juni 2009, Berlin.
- Hagelüken, C./Buchert, M. (2010): Kritische Metalle für Zukunftstechnologien und ihr Recyclingpotenzial. Präsentation: Materialforum Rhein-Main, Hanau 18.01.2010:
http://www.preciousmetals.umicore.com/PMR/Media/sustainability/show_kritische_Metalle.pdf, Zugriff am 11.11.2010.
- Hassan, A. (2001): UBA-Forschungsbericht 299 93 301. Rohstoffeinsparung durch Kreislaufführung von verbrauchten Katalysatoren aus der chemischen Industrie.
- Hassan, A. (2003): UBA-Forschungsbericht 363 01 046. Stand der Verwertung von verbrauchten Katalysatoren aus der chemischen Industrie sowie Einflussfaktoren zur Verbesserung der Kreislaufführung.
- Hicks/Dietmar/Eugster (2005): The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China—legislative and market responses. In: Environmental Impact Assessment Review 25 (2005), S. 459– 471.
- Hochfeld, C. (1997): Bilanzierung der Umweltauswirkungen bei der Gewinnung von Platingruppen-Metallen für PKW-Abgaskatalysatoren; Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- HP (2006): HP erweitert weltweites Recycling-Programm:
<http://www.channelpartner.de/hp-special/226881/>, Zugriff am 8.7.2009
- Huisman, J. April 2004 a. QWERTY and Eco-Efficiency analysis on cellular phone treatment in Sweden. The eco-efficiency of the direct smelter route versus mandatory disassembly of Printed Circuit Boards. Written for EI-Kretsen. Stockholm.
- Huisman, J. (2004): QWERTY and Eco-Efficiency analysis on cellular phone treatment in Sweden. Delft University of Technology, Delft.
- Iakovou, E./ Moussiopoulos, N./ Xanthopoulos, A./ Achillas, Ch./ Michailidis, N./ Chatzipanagioti, M./ Koroneos, C./ Bouzakis, K.-D./ Kikis, V. (2009): A methodological framework for end-of-life management of electronic products. In: Resources, Conservation and Recycling Vol. 53, S. 329–339

- IFQC (International Fuel Quality Center) (2008): Lowering Sulfur in Fuels and Transition to Lead-Free-Petrol: EU Trends and CIS Refining Challenges. UNEP Partnership for Clean Fuels and Vehicles Meeting 2008, Amman.
- IMPEL-TFS (2008): Enforcement of EU Waste Shipment Regulation. Final Report, Amsterdam.
- Interpolihim (2009): ООО Компания Интерполихим. Основные виды деятельности. Präsentation des Unternehmens „Interpolihim“, 2009
- Izdebski J. (2009): Opportunities and challenges for car recycling in Poland. Expert Workshop Recycling of automotive converters in West and East Europe 24 April 2009, Berlin, Germany
- IZT/ Fraunhofer ISI (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Abschlussbericht, Berlin.
- Jacoby, H. (2008): Wachstumschancen gezielt nutzen:
<http://www.kfz-betrieb.vogel.de/internationaler-handel/articles/146972/> , Zugriff am 12.11.2008.
- Janz, A./ Bilitewski, B. (2007): Elektrische und elektronische Altgeräte im Restabfall nach Umsetzung des ElektroG. In: Müll und Abfall, Ausgabe 7/07, S. 325-327.
- Janz, A./ Prella, R./ Müller, F./ Bilitewski, B. (2009): Grenzüberschreitende Ströme von Elektroaltgeräten. In: Müll und Abfall, Vol. 3/09, S. 126-132.
- Jeremiah, M. (2008): Russia Car Market:
<http://www.authorstream.com/Presentation/Jeremiah-53426-russia-car-market-mark-Education-ppt-powerpoint/>
- Johnson Matthey (2010): Platinum 2010. Hertfordshire:
<http://www.platinum.matthey.com/publications/market-data-charts/>, Zugriff am 11.11.2010.
- Johnson Matthey (2007): Platinum Yearbook. Hertfordshire.
- Johnson Matthey (2008): Platinum 2008. Hertfordshire.
- Johnson Matthey (2009): Thrifting of precious metals in autocatalysts. Updated - 13th January 2009:
<http://www.platinum.matthey.com/media-room/our-view-on-.-.-./thrifting-of-precious-metals-in-autocatalysts/>
- KBA = Kraftfahrzeugbundesamt (2008b): Statistische Mitteilungen. Löschungen, Emissionen, Kraftstoffe im Jahr 2006. Flensburg.
- Kommission Der Europäischen Gemeinschaften – KOM (2009) 635 Endgültig: Bericht Der Kommission An Den Rat, Das Europäische Parlament, Den Europäischen Wirtschafts- Und Sozialausschuss Und Den Ausschuss Der Regionen Über Die Durchführung Der Richtlinie 2000/53/Eg Über Altfahrzeuge Für Den Zeitraum 2005-2008, Brüssel, Den 20.11.2009.
- Kopacek, B. (2008): ReLCD: Recycling and Re-Use of LCD Panels. Proceedings of the 19th Waste Management Conference of the IWSMA, 6.-10. Oktober 2008, Durban.
- Krestin, O. (2009): Improving the Recycling of PGM's from Automotive Catalytic Converters. Präsentation auf dem MaRes AP2.2 Workshop, 24.4.09, Berlin.

- Kuchta, K. (2002): Recycling von gebrauchten Autokatalysatoren. Neue arbeitssicherheitstechnische und abfallrechtliche Regelungen. Hamburg.
- Kuhnhenh, K./ Urban, A./ Morgen, R. (2006): Von individueller Produktverantwortung bis zu erhöhter Anlagenkontrolle – verbessertes WEEE-Recycling durch RFID-Anwendungen. In: Urban, A./ Halm, G./ Morgen, M. (Hrsg.): Stoffströme der Kreislaufwirtschaft. Schriftenreihe des Fachgebiets Abfall, Band 5. Kassel.
- Kühr, R. (2008): Die ökologische Kehrseite der Elektrogeräte. In: Jahrbuch Ökologie 2008, Berlin.
- Kuusakoski (2005): A Northern European scrap giant. Recycling International, Oktober, 2005.
- Kybartas A. (2007): Automotive recycling in the Baltic countries. EMP.
- LaDou J (2007): Export of Electronics Equipment Waste. In International Journal of Occupational and Environmental Health 2007;14, p 1-10.
- Latvia ELV-Report 2006:
http://cdr.eionet.europa.eu/lv/eu/elv/envsgjfia/Latvia_report_ELV_2006.pdf/manage_document
- Latvia's data report on end of life vehicles according to the requirements of the Decision 2005/293/EC, 2006
- Le Monde diplomatique (Hrsg.) (2007) : Atlas der Globalisierung – Die neuen Daten und Fakten zur Lage der Welt. Taz Verlags- und Vertriebs GmbH (Berlin)
- Leonhardt, E. (2007): Geregelt Verantwortungslosigkeit? DUH-Hintergrundpapier, Berlin.
- Lewicki R, Klos Z., Kurczewski P. (2007): Car recycling solutions in Poland in the light of environmental consequence:
www.lcm2007.org/paper/204.pdf
- Lewicki R. (2007): Environmental aspects of car utilization in Poland. Zeszyty Naukowe Politechnikipoznanskiej Nr 62 Maszyny Robocze i Transport, 2007.
- Lewicki R., Klos Z. (2006): Environmental analysis of car recycling processes in Poland. Poznan University of Technology, Faculty of Machines and Transportation, Poland
- Lewicki, R. (2008): University of technology. Faculty of Machines and Transportation. Interview über das Thema Autorecycling in Polen.
- Linscheidt, B. (1998): Ökonomische Anreize in der Abfallpolitik, Berlin, Analytica.
- Litauen: Report of the Member States on the transposition and implementation of Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles.
- Lohse, J./ Winteler, S./ Wulf-Schnabel, J. (1998): Collection targets for waste from electrical and electronic equipment. Commission of the European Communities, DG Environment, Brussels.
- Loorbach, D. (2007): Transition Management: New mode of governance for sustainable development, Utrecht: International Books

- Loorbach, D. (2010): Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework, in: *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions*, 23:1, S. 161-183
- Lucas, R./ Bleischwitz, R./ Krause, M./ Stürmer, M. (2008): Kupfereffizienz – unerschlossene Potenziale, neue Perspektiven. Ergebnisse des Zukunftsdialogs Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung. Wuppertal.
- Lucas, R./ Wilts, H. (2009): Roadmap for the recycling of PGM from catalytic converters on an international level. Paper within the framework of the „Material Efficiency and Resource Conservation“ (MaRes) Project – Task 2.2, Wuppertal.
- Lütke, Andreas (2010): Erfolgreiche Verhandlungen mit Lieferanten. Vortrag auf dem Kongress „Commodity Masters“ am 9. und 10.2.2010 in Berlin.
- Magalini, F. (2007): Driving factors in WEEE management system design. PhD thesis, Politecnico di Milano.
- Magalini, F./ Huisman, J. (2006): Management of WEEE & Cost Models across the EU. Could the EPR principle lead US to a better Environmental Policy? Mailand/Delft.
- Magilligan, P. et al (2011): PGM recycling hitches ride with car sales recovery, in: *Recycling International* 3/2011:
<http://www.recyclinginternational.com/cms-pro/node/3138>
- Maksimova L. (2007): Russia: Environmental Market. The U.S. Commercial Service.
- Malkov, M. (2009): Interview. Das Interview wurde am 3. August 2009 von Irina Sokolova in Moskau geführt. Das Ergebnis wurde in einer Protokollnotiz festgehalten.
- Masaaki Kuboniwa (2009): Present and Future Problems of Developments of the Russian Auto-industry. RRC Working Paper Series No.15. Russian Research Center. The Institute of Economic Research Hitotsubashi University Kunitachi, Tokyo, JAPAN
- Mehlhart, G./ Merz, C./ Akkermans, L./ Jordal-Jorgensen, J. (2011): European second-hand car market analysis. Final Report. European Commission - DG Climate Action. Contract Number No. 07.0307/2009/549021/SER/C5. Darmstadt.
- Meyer H. (2008): Ukraine - Kfz-Industrie und Kfz-Teile. Bundesagentur für Außenwirtschaft (bfai), Kiew.
- Meyer, I./ Scheffran, J. (2009): Passenger Car Use and Climate Change. Quantifying the Impacts of Technological Innovations Needed for Substantial CO₂ Emission Reductions. Österreichisches Institut Für Wirtschaftsforschung. Working Papers, No. 351/09, Wien.
- Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC). 1996. Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin, TX: MCC.
- Mining Weekly (2009): As auto industry stumbles, what's in store for platinum? Ausgabe vom 30.04.2009:
<http://www.miningweekly.com/print-version/as-auto-industry-stumbles-whats-in-store-for-platinum-2009>

- Minna Lindholm, Sonia Metzger, Olli-Pekka Mäkirintala, Eelco Smit, Chris Read, Jyri Seppälä, Salla Ahonen (2008): IPP PILOT TASK FORCES. Final progress report. Brüssel.
- Minpromtorg (2009): Проблемный утиль. На переработке автомобилей заработать не дадут. Министерство промышленности и торговли РФ 14 September 2009. Download: <http://www.minprom.gov.ru/pub/566>
- Mitteilungen der Europäischen Kommission, Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern, KOM(2008) 699, Brüssel, 4. November 2008.
- Mladenov, N. (2009): Modellierung von Autoabgaskatalysatoren. Genehmigte Dissertation an der Universität Karlsruhe. Karlsruhe.
- MoE/ METI (Japan Ministry of the Environment, and Ministry of Economy, Trade and Industry) (2006): Results of research on flow related to specified kinds of home appliances, Document no. 2–1 of the Fifth Joint Committee for Review of System of Recycling of Home Electrical Appliances; 2006a [in Japanese].
- MoE/ METI (Japan Ministry of the Environment, and Ministry of Economy, Trade and Industry) (2006b): Eco-design by home electrical appliances manufacturers' Reference document no. 5-2 of Fifth Joint Committee for Review of System of Recycling of Home Electrical Appliances; [in Japanese].
- Mooallem, J. (2008): The Afterlife of Cellphones. In: New York Times, Ausgabe vom 13. Januar 2008.
- Moskauer Regierung. Regierungsverordnung vom 5.08.2003 „Über die Sammlung und Verwertung von Altfahrzeugen“:
http://www.mos.ru/cgi-bin/pbl_web?vid=2&osn_id=0&id_rub=2035&news_unom=25268
- MPPI (2004): Mobile Phone Partnership Initiative. Project 3.1: Recovery and recycling of end-of-life mobile phones.
- MPPI (2009): Guideline on the collection of used mobile phones. Basel.
- National Institute of Statistics Romania: Statistical yearbook 2006:
<http://www.insse.ro/cms/files/pdf/ro/cap17.pdf>
- Nnorom, I.C.; Osibanjo, O.; Ogbonna K.C. (2008): Modelling waste generation by the telecom sector in Nigeria: the grey side of the impressive outing. In: Waste Management Research 2008; 26; 317
- NOKIA (2005): Integrated Policy Pilot Project. Stage I Final Report: Life Cycle Environmental Issues of Mobile Phones:
http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/nokia_mobile_05_04.pdf, Zugriff am 8.7.2009.
- NOKIA (2008): Global consumer survey reveals that majority of old mobile phones are lying in drawers at home and not being recycled. Press Release, 8. Juli 2008. Espoo.

- Nordic Research Network (2001): Modelling Transport, Land-Use and the Environment. Evaluation of fuel consumption in Lithuanian transport sector an environment assessment. Fifth workshop, Stockholm, September 28 - 30, 2001: <http://www.infra.kth.se/tla/tlnet/meet5/papers/Grigonis.pdf>
- Norilsk Nickel (2000): will modernize its platinum group metals ore concentrating plant. Pravda. October 10, 2000.
- Numata, D. (2009): Economic analysis of deposit–refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers. In: Resources, Conservation and Recycling Vol. 2009/53 S. 199–207
- Pikūnas A., Valiūnas V. (2005): End-of-life vehicles and transport exploitation materials development perspectives in Lithuania. In: Transport and Telecommunication Vol.6, N 2, 2005
- Platinum 2007, Johnson Mattheys Precious Metals Marketing, Hartfordshire, 8 May 2007.
- Preller, R. (2009): Aktuelle Rechtsfragen des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes. In: Thomé-Kozmiensky, K.J./ Goldmann, D. (Hrsg): Recycling und Rohstoffe. Band 2. Neuruppin.
- Puckett, J./ Vogel, C. (1994): A Victory for Environment and Justice: The Basel Ban and How it Happened: http://ban.org/about_basel_ban/a_victory.html (Abgerufen am 20.1.09)
- Reinhardt, W.A. (2005): Steer towards clarity. Auto industry seeks improvements to the ELV Directive. In: Waste-Mangement World, Nov./Dec. 2005, S. 63-72.
- Reller, A. (2010): Die Bedeutung strategischer Ressourcen für Schlüsseltechnologien. Präsentation Deutsch-Russische Rohstoff-Konferenz Freiberg , 18. März 2010: http://www.rohstoff-forum.org/content/images/3_rohstoff_konferenz/vortraege/RohstoffKonferenz_VortragProfDrReller_Folien.pdf
- Reller, A./ Bublies, T./ Staudinger, T./ Oswald, I./ Meißner, S./ Allen, M. (2009): The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator. In: GAIA 18/2 2009, S. 127-135.
- Report for ActionAid: Swedish links to AngloPlatinum and Impala Platinum’s mines in South Africa, Genombrott, Stockholm, 27 December 2007.
- Report of the Member States on the transposition and implementation of Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles.
- RER (Reed Electronics Research). 2005. The yearbook of world electronic data. Oxon: RER.
- Rhein, H.-B. (2009): Quellen & Senken bei der Recyclingorganisation der EAG in Deutschland. In: Thomé-Kozmiensky, K.J./ Goldmann, D. (Hrsg): Recycling und Rohstoffe. Band 2. Neuruppin.
- Rotmans, J., Kemp, R. (2009): Transitioning Policy: Co-production of a new strategic framework for energy innovation policy in the Netherlands. Policy Sciences, 42 (4), S. 301 - 322.
- Rummler, T. (2009): Stand und Entwicklung des ElektroG. In: Bilitewski, B./ Werner, P./ Janz, A. (Hrsg.): Brennpunkt ElektroG. Tagungsband zur Fachtagung am 23. April 2009, Dresden.

- Salhofer, S./ Spitzbart, M. (2009): Vergleich von manueller Demontage und mechanischer Aufbereitung von PCs. Im Erscheinen.
- Salhofer, S./ Spitzbart, M./ Schöps, D./ Meskers, C./ Kriegl, M./ Panowitz, G (2009): Verfahrensvergleich zur Gewinnung von Wertstoffen aus Elektroaltgeräten. In: Bilitewski, B./ Werner, P./ Janz, A. (Hrsg.): Brennpunkt ElektroG. Tagungsband zur Fachtagung am 23. April 2009, Dresden.
- Sander, K./ Schilling, S. (2010) Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. UBA-Texte Nr. 11/2010, Dessau.
- Sander, K./ Schilling, S./ Tojo, N./ v. Rossem, C./ Vernon, J./ George, C. (2007): The Producer Responsibility Principle of the WEEE Directive. Studie im Auftrag der Europäischen Kommission, GD Umwelt. Hamburg.
- Saurat, M./ Bringezu, S. (2008): Platinum Group Metals Flows of Europe. Matisse Working Papers Nr. 20/ 21, Wuppertal.
- Saurat, M./Bringezu, St. (2008a): Platinum Group Metal Flows of Europe- PART I: Global Supply, Use in Industries and the Shift of Environmental Impacts. In: Journal of Industrial Ecology.
- Scharnhorstab, W./ Althausa, W./ Classena, M. (2005): The end of life treatment of second generation mobile phone networks: Strategies to reduce the environmental impact. Environmental Impact Assessment Review 25 (2005), S. 540– 566.
- Scheelhaas, T./ Braungart, M. (2009): Kreislaufführung statt mühsames Recyclen, Cradle to Cradle. In: Müll und Abfall 3/09, S. 106-112.
- Schluep M.; Hagelüken C.; et al. (2009): Recycling – from e-waste to resources. Sustainable Innovations and Technology transfer. Industrial sectors studies. Final report.. United Nations Environment Programme (UNEP). StEP – Solving the e-Waste Problem, Paris und Bonn.
- Schönekerl, W. (2009): Erstbehandlung und Quotenmonitoring. Wo liegen die Praxisdefizite. In: Bilitewski, B./ Werner, P./ Janz, A. (Hrsg.): Brennpunkt ElektroG. Tagungsband zur Fachtagung am 23.4.2009, Dresden.
- Scientific and Research Institute of Motor Transport (NIIAT): Environmental performances of motor vehicles and fuels in Russian Federation and CIS countries.
- Shih, L.-H. (2001): Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan. In: Resources, Conservation and Recycling, Vol. 32, Issue 1, S. 55-72.
- Shinkuma, T./ Minh Huong, N.T. (2008): The flow of E-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on E-waste. In: Environmental Impact Assessment Review.
- Singhal, P. (2005): Integrated Product Policy Pilot Project. Stage I Final Report: Life Cycle Environment Issues of Mobile Phones. Espoo.
- Sjädin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E, Kronholm-Diab K, Jakobsson E, Bergman. Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. Environ Health Perspect 1999;107:643–8.

- SRU = Sachverständigenrat für Umweltfragen (2005): Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie. Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik, Berlin.
- SRU = Sachverständigenrat für Umweltfragen (2008): Umweltgutachten 2008. Berlin.
- Stadt Wuppertal, Ressort Umweltschutz (2008): Koordinierung der Abfallwirtschaft: Abfallbilanz der Stadt Wuppertal 2008
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2009: Warenverzeichnis für die Außenhandelsstatistik:
www.destatis.de
- Statistisches Bundesamt Deutschland (DeStatis) (2006): Umwelt – Abfallentsorgung. Fachserie 19, Reihe 1. Wiesbaden.
- Stephenson, R. et al. (2004): Electrical Performance Characteristics of MLCC's with low Laydown AgPd Powders. In "CARTS Europe 2004: 18th Annual Passive Components Conference, Oct. 18 – 21, 2004.
- SwedWatch (2009): Out of control. E-waste trade flows from the EU to developing countries. Stockholm.
- SWICO (2009): 8 Millionen alte Handys warten in der Schweiz aufs Recycling. Medienmitteilung vom 1.4.2009, Zürich.
- SWICO (2009): Tätigkeitsbericht 2008 Recycling. Zürich.
- The 2010 National Waste Management Plan Poland:
http://www.mos.gov.pl/kategoria/2208_the_2010_national_waste_management_plan/31.09.2009
- The 2010 National Waste Management Plan:
http://www.mos.gov.pl/kategoria/2208_the_2010_national_waste_management_plan/31.09.2009
- The U.S. Commercial Service (2006): Country or Region: Poland. Report Title: Car Recycling.
- Triebel J. (2008): Branche kompakt. Lettland - Kfz-Industrie und Kfz-Teile. Bundesagentur für Außenwirtschaft (bfai), Riga:
https://www.bfai.de/DE/Content/___SharedDocs/Links-Datenbankabfragen/mkt-branche-kompakt-kfz-integrator.html
- Tsutskareva G. (2009): Opportunities and challenges for car recycling in Russia. Expert Workshop Recycling of automotive converters in West and East Europe 24 April 2009, Berlin, Germany
- UmweltBriefe (2008): Handyrecycling – Deutsche Wissenslücken. Ausgabe 21/2008, S. 6.
- UN (2008): Information Economy Report 2008. Genf.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2010): Recycling of "Specialty Metals" - Key to Boom in Clean-Tech Sector, From Solar and Wind Power to Fuel Cells and Energy Efficient Lighting. Pressemitteilung. New York, 13 May 2010:
<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.Print.asp?DocumentID=624&ArticleID=6564&l=en>, Zugriff am 11.11.2010.

- UNEP (United Nations Environment programme) (2008): Status of leaded gasoline phase-out in the Central and eastern Europe, Caucasus and central Asia countries:
www.unep.org/pcf
- United Nations University (2008): Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report. Bonn.
- UNU (2008): Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report. Bonn.
- USGS (US Geological Survey) (2008): Minerals Yearbook 2008. Platin-Group Metals. Reston.
- v. Gelder, J.W./ Kammeraat, K. (2008): Platinum from AngloPlatinum in catalysts of European car manufactures. Research Paper by Profundo, Castricum.
- van de Pol, R. (2004): Der digitale Graben als Faktor des sozio-kulturellen Wandels? Universität Zürich.
- Vehlow, J. et al. (2003) : Auswirkungen verschiedener Kunststoffabfälle auf die Abfallverbrennung. In: Umweltpraxis 1-2 (2003) ODER:
- Verband der Automobilindustrie VDA (2008): Auto. Jahresbericht 2008:
www.vda.de/de/downloads/489/
- VKS (2008): Betriebsdatenauswertung 2006. Köln.
- Voß, J.-P., Bauknecht, D., Kemp, R. (Hrsg) (2006): Reflexive Governance for Sustainable Development. Cheltenham
- Walls, M./ Palmer, K. (2001): Upstream pollution, downstream waste disposal, and the design of comprehensive environmental policies. In: Journal of Environmental Economics and Management; Vol. 41(1): S. 94–108.
- Webasto AG (2010): Erfolgreiche Verhandlungen mit Lieferanten. In: Econique (Hrsg.) Tagungsdokumentation „Commodity Masters“, 9./10. Februar, Berlin.
- Werland, S./ Jacob, K. (2009): Produktbezogene Mindeststandards zur Erhöhung der Ressourcen- und Materialeffizienz im Bereich IKT: Das Instrument „Dynamische Standardsetzung/ Ressourcen- Top Runner“. Arbeitspapier im Projekt MaRes, AP3, Berlin.
- Widmer, R./ Oswald-Krapf, H./ Sinha-Khetriwal, D./ Schnellmann, M./ Böni, H. (2005): Global perspectives on e-waste. In: Environmental Impact Assessment Review, Vol. 25, S. 436-458.
- Wilburn, David R./ Bleiwas, Donald I. (2005) Platinum-Group Metals—World Supply and Demand. U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1224. Reston.
- Wilts, H. (2008): Das Hotelling-Modell und die Backstop-Technologie. Köln.
- Wilts, H. (2009): Erweiterte Produzentenverantwortung – Chancen und Grenzen. Institutionen ökologischer Nachhaltigkeit. Normative und institutionelle Grundfragen der Ökonomik. 9.-11. 3. 2009, Tutzing.
- Wolk after sales experts gmbh (2009): „PKW- Aftermarket Europa 2009“:
www.wolk-aftersales.com/.../26-highlights-car-aftermarket-europe.html

- Workshop on “Legislation on End-of-Life vehicles (ELV) and management of ELV in the Baltic States”, 5-6 June 2003, Sigulda, Latvia.
- Workshop on “Legislation on End-of-Life vehicles (ELV) and management of ELV in the Baltic States”, 5-6 June 2003, Sigulda, Latvia
- Wötzel, K. (2007): Ökobilanzierung der Altfahrzeugverwertung am Fallbeispiel eines Mittelklassefahrzeuges und Entwicklung der Allokationsmethodik. Dissertation an der TU Braunschweig, Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften. Braunschweig.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hg.) (2007): Fair Future. Begrenzte Ressourcen und globale Gerechtigkeit, 3. Auflage, München.
- Yoshida, A. (2005): China: The Largest Importer of Recyclable Waste Importer. In Kojima, M (Hrsg.): International Trade of Recyclable Resources in Asia, Institute of Developing Economies. Tokyo.
- Yu, J./ Williams, E./ Ju, M./ Yang, Y. (2010) Forecasting Global Generation of Obsolete Personal Computers. Environmental Science & Technology.
- Zhechkov R., Viisimaa M. (2005): Evaluation of waste policies related to the Landfill Directive Estonia. European Topic Centre on Resource and Waste Management (ETC/RWM), Copenhagen 2008.
- Zundel, Stefan/ Nill, Jan / Sartorius, Christian (2005): Zeitfenster vorbereiten, öffnen und nutzen - Strategien für eine ökologische Innovationspolitik. In: Jahrbuch Ökologische Ökonomik 4: Innovationen und Nachhaltigkeit. Metropolis-Verlag , Marburg 2005, S. 95-122
- ZVEI (2003): Umbrella Specification. Passive Components: Ceramic Capacitors. 2003a:
http://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Fachverbaende/Electronic_Components/Umbrella_Specs/Passive_Components/Ceramic_Capacitors/USpecs_MLCC_DR_Ver02.pdf, Zugriff am 06.10.2008.
- Авторециклинг – новая индустрия России? Журнал Рециклинг отходов Nr.1 (19) Февраль 2006.
- Бизнес на вторичных автокатализаторах. Журнал Рециклинг отходов Nr.1 (19) Февраль 2009.
- ООО Компания Интерполихим. Основные виды деятельности. Presentation des Unternehmens „Interpolihim“, 2009
- Decree of 27th April 2001 on waste (Official Journal of 2007 No. 39, Item 251, further amended);
 - Decree No. 25/202 of 2005 on the recycling of ELV (Official Journal of 2005 No. 25, Item 202, further amended. Original title: Ustawa Dz.U. 05.25.202 o recyklingu pojazdów wycofanych ze eksploatacji);
 - Decree No. 143/1206 of 2005 on the collection of ELV (Official Journal of 2005 No. 143, Item 1206. Original title: Rozporz dzenie Ministra Gospodarki i Pracy Dz.U. 05.143.1206. w sprawie minimalnych wymagan dla stacji demontau oraz sposobu demontazu pojazdów wycofanych z eksploatacji);

- Decree No. 2/9 of 2006 on material coding standards (Official Journal of 2005 No. 2, Item 9. Original title: Rozporządzenie Ministra Gospodarki Dz.U. 06.29 w sprawie sposobu oznaczania oraz rodzajów oznacze przedmiotów wyposażenia i czci pojazdów).

Internetquellen

ASM-Holding (Avtoselkhoz mash Holding):

www.asm-holding.ru

Automotive Manufactures and Importers Association (APIA):

www.apia.ro

Basel Action Network:

www.ban.org

CBI = Centre Of Promotion Imports From Developing Countries:

http://www.cbi.eu/marketinfo/cbi/docs/latvia_legislation_substances_in_vehicles

http://www.cbi.eu/marketinfo/cbi/docs/lithuania_legislation_substances_in_vehicles

http://www.cbi.eu/marketinfo/cbi/docs/estonia_legislation_substances_in_vehicles

Deutsche Umwelthilfe:

www.duh.de

Dieselnet:

<http://www.dieselnet.com/standards/ru/>

Displaysearch:

<http://www.displaysearch.com>

Eionet:

http://scp.eionet.europa.eu/facts/factsheets_waste/2006_edition/Lithuania

EMP:

<http://www.emp.lt/en>

epcos:

<http://www.epcos.de/web/generator/Web/Sections/Components/Page,locale=nn,r=247996,a=371442.html>

ETC/RWM:

<http://scp.eionet.europa.eu/>

Eurostat:

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=de&ocode=tsdpc340&plugin=1>

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=de&ocode=tps00001&plugin=1>

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_eqr_carm&lang=de

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_eqs_carmot&lang=de

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_eqs_carhab&lang=de

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>

Focus Money online:

http://www.focus.de/finanzen/boerse/tid-20955/edelmetalle-palladium-fuer-elektronik-und-schmuck_aid_588865.html

http://www.focus.de/finanzen/boerse/tid-20955/edelmetalle-platin-fuer-die-autoindustrie_aid_588864.html

Handyverkaufen:

www.handyverkaufen.de

IBM (International Business Machines Corporation):

www.ibm.de

Impel:

<http://impel.eu/about/organisation>

Initiative Energieeffizienz:

www.initiative-energieeffizienz.de

Ministerium für Naturre Ressourcen der Russischen Föderation (MNR):

<http://www.mnr.gov.ru/>

Ministerium für Umwelt in Polen:

<http://www.mos.gov.pl/>

Ministerium für Wirtschaft in Polen:

<http://www.mg.gov.pl/English>

Ministry of the Environment Estonia:

<http://www.envir.ee/257236>

Prad:

<http://www.prad.de>

Staatskomitees für Statistik Kasachstan:

<http://www.stat.kz/digital/Pages/Transport.aspx>

Staatskomitees für Statistik Ukraine:

<http://www.ukrstat.gov.ua/>

Anhang

Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen bedanken, die uns bei den Recherchen zu diesem Bericht unterstützt haben, als Interviewpartner zur Verfügung standen und uns Unterlagen überlassen haben.

Diese Anlage enthält folgende Dokumente:

1. Das Programm des Workshops „Improving the Recycling of Platinum Group Metals (PGM) from Automotive Catalytic Converters“,
2. die Teilnehmerliste ExpertInnen-Workshop am 27. Januar 2010 in der Berlin - Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften,
3. eine Liste der kontaktierten Institutionen,
4. den Fragebogen der geführten Interviews.

1 Programm des Workshops „Improving the Recycling of Platinum Group Metals (PGM) from Automotive Catalytic Converters“

Date: 24.04.2009, 10.00 – 17.00

Place: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH,

Bereich Innovation und Kooperation

Steinplatz 1

10623 Berlin

Germany

Workshop Programme

Session 1 Chair: Rainer Lucas (Wuppertal Institute)

- | | |
|-------------|--|
| 10.00-10.10 | Welcome and introduction
Rainer Lucas |
| 10.10-10.30 | PGM-losses as an environmental burden
Regina Kohlmeyer (Federal Environment Agency) |
| 10.30-11.00 | Closing the PGM-loop – challenges and opportunities for a better redistribution and treatment
Dr. Christian Hagelüken (Umicore) |
| 11.00-11.30 | How to improve the value chain management? Economic and technical aspects. Oliver Krestin (Duesmann & Hensel Recycling GmbH) |
| 11.30-12.00 | Converters management within the MeRSy-Management
Anita Engler (Daimler AG, Sindelfingen) |
| 12.00-12.45 | Lunch |

Session 2 Chair: Rainer Lucas (Wuppertal Institute)

- 12.45-13.00 Car fleet development in Eastern Europe and PGM demand
Dr. Lucy Bloxham (Johnson Matthey, Great Britain)
- 13.00-13.30 Opportunities and challenges for car recycling in Poland
Jerzy Izdebski (Forum Car Recycling, Poland)
- 13.30-14.00 Opportunities and challenges for car recycling in Russia
Galina Tsutskareva (Magazin „Wasterecycling“, St. Petersburg)
- 14.00-14.30 Platin Group Metals Recycling in Russia – material flow analysis, actors and technologies
Dr. Vladimir Shipachev (Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry Siberian Branch of Russian Academy of Sciences)
- 14.30-15.0 Coffee Break
- Session 3 Chair: Prof. Dr. Raimund Bleischwitz (Wuppertal Institute)**
- 15.00-15.15 International redistribution of secondary PGM flows - Proposals for a roadmap and further collaboration
Rainer Lucas
- 15.15-16.45 Round table discussion - Participants
Prof. Dr, Avraam Karagianidis, Aristotel University Thessaloniki)
Dr. Christian Hagelüken (UMICORE)
Rainer Lucas (Wuppertal Institute)
Galina Tsutskareva
Regina Kohlmeyer (Federal Environment Agency)
(...)
- 16.45-17.00 Conclusion/ Outlook

2 Teilnehmerliste ExpertInnen-Workshop am 27. Januar 2010 in der Berlin - Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Teilnehmer	Institution, E-Mail
Bringezu, Dr. Stefan	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie FG 3 Stoffströme und Ressourcenmanagement
Brinkmann, Anna	Umweltbundesamt, I 3.1 Umwelt und Verkehr
Deilmann, Clemens	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Fekkek, Miriam	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie FG 3 Stoffströme und Ressourcenmanagement
Fritsche, Uwe R.	Öko-Institut e.V. Energie und Klimaschutz
Gerber, Dr. Ulf	TU Dresden Professur für Gestaltung von Bahnanlagen
Hennicke, Prof. Dr. Peter	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Herkner, Thomas	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Hillenbrand, Dr. Thomas	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI Geschäftsfeld Wasserwirtschaft
Hillmann, Roderich	Bundesanstalt für Straßenwesen
Hintemann, Ralf	Borderstep Institut
Klassert, Dr. Anton	DKI Deutsches Kupferinstitut
Klusmann, Dr. Bernd	BITKOM e.V. Technologie Green IT Beratungsbüro
Köhn, Marina	Umweltbundesamt, Z 7-B Informationstechnik
König, Dr. Florian	BITKOM e.V. Kommunikation Green IT Beratungsbüro
Koziol, Prof. Dr. Matthias	Brandenburgische Technische Universität Cottbus Institut für Städtebau und Landschaftsplanung
Link, Dr. Heike	DIW Berlin Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt
Löwe, Christian	Umweltbundesamt, III 1.1 Produktbezogener Umweltschutz
Müller, Felix	Umweltbundesamt, III 2.2 Stoffkreisläufe, Mineralindustrie
Penn-Bressel, Gertrude	Umweltbundesamt, FGL I 2.3
Sardison, Dr. Markus	Telefonica O2 Environmental Management External Communications
Scharp, Dr. Michael	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
Schiller, Georg	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Schmied, Martin	Öko-Institut e.V. Infrastruktur und Unternehmen
Steger, Sören	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie FG 3 Stoffströme und Ressourcenmanagement
Stoffregen, Alexander	PE International
Tananow, Dr. Oliver	Telefonica O2 Blitzschutz, Network, Regional Engineering Build North-East

Vollmer, Carla	Umweltbundesamt, I 2.3 Erneuerbare Energien
Wachsmann, Ulrike	Umweltbundesamt, I 2.2 Energiestrategien und Szenarien
Wehmeier, Dr. Thomas	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung Referat I 5 Verkehr und Umwelt
Woitars, Alexander	VDI Zentrum Ressourceneffizienz

3 Liste der kontaktierten Institutionen

Russia

- Industrie-Gesellschaft «Vtormet»
URL: www.icvtormet.ru
- The council of the Federation Committee for industrial policy in Russia
URL: http://council.gov.ru/kom_home/kom_prompol/
- Joint Stock Company Ural Electrochemical integrated Plant (UEIP). Automotive Emission Catalyst Units Production Facility
URL: www.ueip.ru.
- JSC "Krastsvetmet" The Gulidov Krasnoyarsk Non-Ferrous Metals Plant. Refining
URL: <http://www.krastsvetmet.com/>
- Russian Association of Recycling
URL: <http://www.rosaro.ru/>
- Scientific and Research Institute of Motor Transport (NIIAT)
URL: <http://www.niiat.ru/en/>
- The Company «Dragtsvetmet»
URL: <http://www.dsm1.ru/en/>
- Interpolihim
URL: <http://www.interpolihim.ru/>
- Recycling Othodov magazine
URL: www.wasterecycling.ru
- Institution of the Russian Academy of Sciences
- The Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of the Siberian Branch of the RAS
URL: <http://www.niic.nsc.ru/>

Polen

- Chief Inspectorate of Environmental Protection/Główny Inspektor Ochrony Środowiska.
URL: www.gios.gov.pl/
- Stowarzyszenie FORUM RECYKLINGU SAMOCHODÓW
URL: <http://fors.pl/>

- Stal-Car

Baltische Länder

- UAB EMP Recycling

URL: www.emp.eu,

4 Fragebogen der geführten Interviews

Questionnaire about the recycling of spent catalytic converters and ELV recycling

The survey is conducted by the Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, which is a non-governmental research centre.

The aim of the survey is to research the efficiency of the material use in order to increase the natural resources conservation. The questionnaire will help in answering some important questions concerning precious metal flows, which can be found in the used automobiles.

I. General information

In the first part of the questionnaire the number and size of actors operating on the market is of interest as well as role, which they are playing in the ELV recycling and spent catalytic convertors.

Please give some general information about the state of company.

1. Name of the Organisation/Contact

.....
.....
.....
.....

2. Main areas of work

.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

II. The recycling of spent catalytic converters

In this part of questionnaire we try to identify the problems in the field of the recycling of spent catalytic converters.

1. Does the recycling system of spent catalytic converters exist in the country?

.....

.....

.....

.....

2. Does the recycling system of spent catalytic converters an independent branch or include in the recycling of ELV?

.....

.....

.....
.....

3. Who are the relevant actors (companies and institutions), which cooperate on the market of spent catalytic converters recycling?

.....
.....
.....
.....

4. Do you have any data about the volume of collecting and recycled catalytic converters (last 3 years)?

.....
.....
.....
.....

5. What kinds of technology for recovery of PGM are commonly used in your company (Pyrometallurgy, Hydrometallurgy)?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. What do you think about the main problems of the spent catalytic converters recycling?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. What do you think about who can change the situation? Please, write the names of the actors (companies/institutions), which have influence on the situation.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Do you have international partners? Please, write the names of the partners.

.....
.....
.....
.....

III. The roadmap

The roadmap, designed to suite the PGM-materials flow management, should contribute innovatively to designing a medium-term and long-term resource policy on the field of “PGM-recycling of catalytic converters” allow for resource conservation. The different measures should complement one another. It has to be assumed that the implementation of not more than one type of measures will not have the desired effect. A mix of instruments is necessary to reach the following aims:

- Increasing the productivity of resources and avoiding losses of PGM
- Transparency of the PGM-material flow on a national and international level
- Improving the cooperation in the value creation chain of
- ELV/catalytic converters recycling
- Incentives for the establishment of the best recycling proceedings
- Increasing the pressure of rules and enforcement to avoid losses

The roadmap is divided into four fields of measures facing different problems. An assignment of responsibilities and competences on different operating levels is guaranteed by the orientation towards the context of the main problem. Therefore, the problem of the different levels of political and organisational arrangement is allowed for as well as the context of decisions is brought more into focus.

5.1.1 Questions regarding the Roadmap

1. Will the international cooperation regarding the PGM recycling change the geography of recycling?

.....
.....
.....
.....

2. Do you consider the roadmap as a suitable strategic tool to address the issue of future international PGM recycling?

.....
.....
.....
.....

3. Do you have any general comments on the proposed roadmap?

.....
.....
.....
.....

4. What are your specific comments on the measures proposed?

Field of measures A „Determination of quality standards for catalytic converters logistics and dismantling of catalytic converters“:

.....

.....
.....
.....

Field of measures B „Construction of an international system of redistribution”

.....
.....
.....
.....

Field of measures C „Import and export of used cars“

.....
.....
.....
.....

Field of measures D „Transfer of technology and knowledge for the newest entrants to the EU and the former states of the CIS (Commonwealth of Independent States)“

.....
.....
.....
.....

5. What priorities would you suggest?

.....
.....
.....
.....

6. Who should take action? Who should be responsible for specific measures?

Please, write the names of the actors (companies/institutions)

.....
.....
.....
.....

7. Would your company be interested in cooperation with the Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy in terms of knowledge transfer and building the intentional connections network?

.....
.....
.....
.....