



ARBEITSPAPIER

Umgang mit Altfahrzeugen

Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green –
Transformationspfade zu einer Green Economy

Valentin Tappeser, Lisa Chichowitz (adelphi)

Stand: Januar 2017

Projektleitung

adelphi research gemeinnützige GmbH

Alt-Moabit 91
14193 Berlin

T +49 (0)30-89 000 68-0
F +49 (0)30-89 000 68-10

www.adelphi.de
office@adelphi.de

Projektpartner

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH

Clayallee 323
14169 Berlin

T: +49 (0)30 - 306 45 1000

www.borderstep.de
info@borderstep.de

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Schopenhauerstr. 26
14129 Berlin

T: +49 (0) 30 80 30 88-0

www.izt.de
info@izt.de

Abbildung Titel: © ChiccoDodiFC- shutterstock.com

evolution2green wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.



Executive Summary

The present analysis was carried out as part of the project “Evolution2Green – Transformation Pathways towards a Green Economy: Shaping Path Change”. As one of four studies in the area of mobility, it deals with the field of transformation “Handling of end-of-life vehicles (ELV)”, characterized by significant environmental externalities, as well as impediments to transformation.

The paper describes the field of transformation, as well as the actors involved. Within the frame of the analysis, firstly, path dependencies were identified that present barriers to the transformation towards a sustainable economy. Secondly, relevant transformation approaches were analyzed.

Especially strong path dependencies, understood here as having an especially significant stabilizing effect on the current system and thus representing a major obstacle for path change, have been identified as follows:

- A globally connected automotive industry, incl. used and ELV car markets, is faced with national and regional regulatory competencies unable to enforce comprehensive product stewardship by car manufacturers along the value chain.
- Legal ambiguity regarding the distinction between used cars and ELVs as well as lacking means of control relating to maxims of free trade, data and property protection are rendering the existing ban on ELV exports largely ineffective.
- Global wage and regulation differentials provide incentives for cross-border car trade, including ELVs. In Germany, work intensive repairs and manual disassembly processes become uneconomical at a certain point. Lower labour costs, safety and environmental standards in importing countries provide even old cars with relatively high residual value.
- The increasing use of composite materials and complex electronics limits the ability to dismantle and reuse components of ELVs.
- Weak institutions and high investment costs are impeding the development of formalized recycling industries in developing and emerging economies.

Important actors in the field of transformation are vehicle manufacturers, trading and export businesses, dismantling and exploitation companies, as well as their respective advocacy groups, insurances and governmental authorities. Domestic car owners also have an important role in deciding whether their vehicle will be exported as used car, or recycled as an ELV.

Transformation approaches for a path change towards a Green Economy include increasing the amount of vehicles feeding into the domestic recycling infrastructure, improving recyclability and disassemblability during vehicle design, as well as building up formal recycling industries in import countries. Besides the recycling industry and vehicle owners, potentially important actors of transformation include vehicle manufacturers who can steer the recyclability of their products and help build recycling infrastructures globally. EU- and federal legislature are especially central with regard to designing effective legislation. Preliminary policy recommendations include the introduction of a clear definition of ELVs, strengthening the certificate of destruction as a means of control, determining recycling quotas also for lightweight materials and precious metals, various measures for improving vehicle return rates, promoting standardized component construction, as well as supporting international recycling partnerships.

Zusammenfassung

Die vorliegende Transformationsfeldanalyse wurde im Rahmen des Projekts „Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy: den Pfadwechsel gestalten“ angefertigt. Als eine von vier Studien aus dem Bereich Mobilität thematisiert sie das durch signifikante Umweltauswirkungen und Transformationshemmnisse geprägte Transformationsfeld „Umgang mit Altfahrzeugen“.

Das Papier beschreibt das Transformationsfeld sowie beteiligte Akteure. Im Rahmen der Untersuchung wurden Pfadabhängigkeiten identifiziert, die eine Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verhindern, sowie relevante Transformationsansätze analysiert.

Als besonders starke Pfadabhängigkeiten, also jene, die das derzeitige System in besonders hohem Ausmaß stabilisieren und somit ein besonders starkes Hemmnis für einen Pfadwechsel darstellen, wurden folgende identifiziert:

- Der global vernetzten Automobilwirtschaft, inkl. der Gebraucht- und Altfahrzeugmärkte, stehen nationale und europäische Regulierungskompetenzen gegenüber, die es nicht ermöglichen, eine umfassende Produktverantwortung der Hersteller entlang der Wertschöpfungskette sicherzustellen.
- Rechtliche Unschärfen hinsichtlich der Abgrenzung zwischen Gebrauchtfahrzeug und Altfahrzeug sowie mangelnde, zum Teil auf daten- und eigentumschützende aber auch handels erleichternde Maximen zurückführbare Zugriffs- und Kontrollmöglichkeiten seitens der Behörden behindern den Vollzug des Exportverbots für Altfahrzeuge.
- Ein globales Lohnkosten- und Regulierungsgefälle setzt Anreize für den grenzüberschreitenden Gebrauchtwagenhandel, auch von de facto Altfahrzeugen. In Deutschland sind arbeitsintensive Reparaturen und manuelle Demontageprozesse auch wegen hoher technischer Standards ab einem gewissen Punkt unrentabel. Geringere Lohnkosten, Sicherheits- und Umweltstandards in den Abnehmerländern verleihen dort auch alten Fahrzeugen einen hohen Restwert.
- Die verstärkte Nutzung von Verbundmaterialien und komplexer Fahrzeugelektronik schränken die Demontagefreundlichkeit und Wiederverwertbarkeit einzelner Bauelemente und Materialien ein.
- Der Aufbau industrieller Verwertungsstrukturen wird in Schwellen- und Entwicklungsländern durch schwache Institutionen und hohe Investitionskosten für moderne Anlagen behindert.

Zu den beteiligten Akteuren im Transformationsfeld zählen Automobilhersteller, Zwischenhändler und Exporteure, Demontage- und Verwertungsbetriebe sowie jeweilige Interessenvertretungen, Versicherungen und Behörden. Eine zentrale Rolle kommt auch den Fahrzeughaltern im Inland zu, die die Entscheidung darüber treffen, ob ein Fahrzeug als Gebrauchtwagen exportiert, oder als Altfahrzeug verwertet wird.

Wesentliche Transformationsansätze für einen wünschenswerten Pfadwechsel in Richtung einer Green Economy bestehen darin, den Rücklauf an Fahrzeugen in inländische Verwertungsstrukturen zu steigern, die Recycling- und Demontagefreundlichkeit der Fahrzeuge zu erhöhen, sowie formelle Verwertungsstrukturen in Importländern aufzubauen. Zu den potentiell wichtigen Akteuren der Transformation zählen neben den der Verwertungsindustrie und den Fahrzeughaltern auch Fahrzeughersteller, die die Verwertbarkeit ihrer Fahrzeuge steuern und den Aufbau von Recyclinginfrastrukturen global unterstützen können. Außerdem ist der Gesetzgeber auf EU- und Bundesebene ein zentraler Akteur hinsichtlich der Ausgestaltung wirksamer Rechtsgrundlagen. Als erste politische Handlungsempfehlungen lassen sich die eindeutige Definition des Begriffs „Altfahrzeug“, die Stärkung des Verwertungsnachweises als zentrales Kontrollinstrument, die Festlegung von Verwertungsquoten auch für Leichtbaustoffe sowie Edel- und Sondermetalle, verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung der Rückgabequoten von Altfahrzeugen, die Förderung standardisierter Komponentenbauweisen, sowie die Unterstützung internationaler Recyclingpartnerschaften aufführen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Ziel und Methodik	6
2 Transformationsfeld	7
2.1 Umgang mit Altfahrzeugen	7
2.2 Akteure	10
2.3 Historische Entwicklung	13
2.4 Umweltwirkungen	15
3 Pfadabhängigkeiten	17
3.1 Charakterisierung der Stärken des etablierten Pfades	17
3.2 Transformationshemmnisse und Pfadabhängigkeiten	17
3.2.1 Rechtliche Pfadabhängigkeiten	17
3.2.2 Ökonomische Pfadabhängigkeiten	20
3.2.3 Technologische Pfadabhängigkeiten	21
3.2.4 Organisationale Pfadabhängigkeiten	22
3.2.5 Nutzerbezogene Pfadabhängigkeiten	23
3.3 Schwächen des etablierten Pfades	23
4 Transformationsansätze	25
4.1 Erhöhte Rückführung von Fahrzeugen in inländische Verwertungsstrukturen	25
4.2 Recyclinggerechte Konstruktion	26
4.3 Recycling-Partnerschaften und Globale Produktverantwortung	26
5 Fazit und Möglichkeiten für einen Pfadwechsel	28
5.1 Pfadabhängigkeiten	28
5.2 Auswirkungen der Pfadabhängigkeiten auf die Transformationsansätze	29
5.3 Erste Handlungsempfehlungen	30
Experteninterviews	32
Literaturverzeichnis	33

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1:	Verbleib endgültig außer Betrieb gesetzter Fahrzeuge in Deutschland 2013 in Mio. Stück	8
Abbildung 2:	Zielregionen aus Deutschland exportierter Gebrauchtwagen 2013 (n=2 Mio.)	9
Abbildung 3:	Gebrauchtwagenexporte in Drittstaaten 2013	10
Abbildung 4:	Akteure und Materialströme zum Verbleib dauerhaft abgemeldeter Fahrzeuge 2013	11
Abbildung 5:	Entwicklung der Altfahrzeugmengen in Deutschland in den Jahren 2004 bis 2013	14
Abbildung 6:	Bisherige und zukünftige Herausforderungen der Altfahrzeugverwertung.	15
Tabelle 1:	Auswirkungen ausgewählter Pfadabhängigkeiten auf die beschriebenen Transformationsansätze	29

Abkürzungsverzeichnis

BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
ELV	Altfahrzeuge / End of Life Vehicles
EU	Europäische Union
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
PGM	Platingruppenmetalle
REGINA	Registration for Information Act
SLF	Schredderleichtfraktion(en)
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	United Nations Environment Programme
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.

1 Ziel und Methodik

Das Projekt Evolution2Green wird von adelphi gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Borderstep Institut durchgeführt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung thematisiert das Vorhaben Transformationspfade hin zu einer Green Economy und die Gestaltung von Pfadwechseln.

Im zweiten Arbeitspaket des Projektes erfolgt die Analyse von 15, durch signifikante Umweltauswirkungen und erhebliche Transformationshemmnisse geprägten, Transformationsfeldern in den Bereichen Mobilität, Energie, Ernährung/Landwirtschaft und Ressourcen¹. Diese Transformationsfelder werden anhand des im ersten Arbeitspaket entwickelten Modells der evolutorischen Ökonomik (Clausen, 2016) auf Pfadabhängigkeiten untersucht, die einer Transformation zur Green Economy entgegenwirken.

Basis der Problemanalyse sind neben den Vorarbeiten der drei Institute in den jeweiligen Feldern umfangreiche Analysen der Literatur und der verfügbaren Internetquellen. Interviews mit 4 bis 6 ausgewählten Experten, die zum Ziel haben, die Pfadabhängigkeit und deren Faktoren in den einzelnen Themenfeldern (Binnenlogik und -kultur) besser zu verstehen, erweitern die Datengrundlage. Außerdem wird eruiert, ob und welche Transformationsansätze für einen wünschenswerten Pfadwechsel in Richtung einer Green Economy in Frage kommen.

Primäres Ergebnis je Problem- bzw. Transformationsfeld ist eine Beschreibung der Akteure, Kräfte und Sekordynamiken mit ihren jeweiligen Pfadabhängigkeiten. Teil der Studie sind auch die Analyse der bisher konzipierten und erprobten Transformationsansätze sowie erste Hinweise auf politische Gestaltungsmöglichkeiten.

Das vorliegende Papier fasst die Ergebnisse für das Transformationsfeld „Umgang mit Altfahrzeugen“ zusammen.

¹ In die Auswahl der Problemfelder sind sowohl die aus den Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2012) ersichtliche Problemfelder, als auch Bemühungen zur Herstellung eines Gleichgewichts zwischen verschiedenen Handlungsbereichen, sowie Bezügen zu den Zukunftsherausforderungen Globalisierung und Digitalisierung eingeflossen.

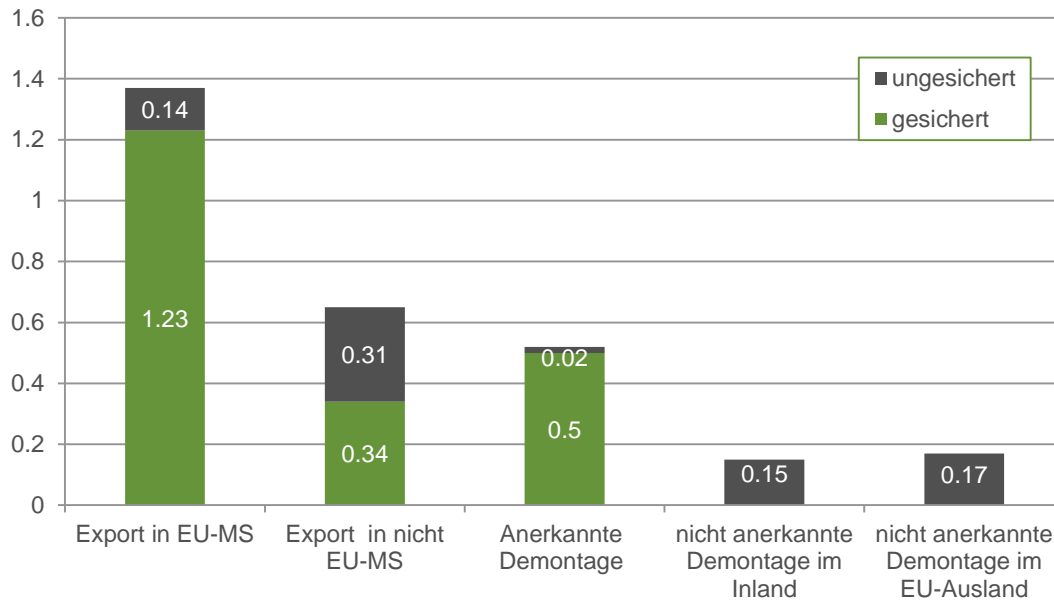
2 Transformationsfeld

2.1 Umgang mit Altfahrzeugen

Die Automobilindustrie stellt einen der bedeutendsten Industriezweige in Deutschland dar. Der Umsatz der Branche lag 2015 bei 404 Mrd. Euro. Mit 790 000 direkt Beschäftigten ist sie zudem einer der wichtigsten Arbeitgeber im Land (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016). Gleichzeitig fallen für jährlich rund 6 Mio. produzierte Fahrzeuge (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) 2016) bei 3,2 Mio. PKW-Neuzulassungen im Inland (jeweils bezogen auf 2015; Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) 2016) erhebliche Mengen an Material an, die für die Produktion aufgewendet und zu Ende der Nutzungsdauer von umweltgefährdenden Stoffen befreit sowie verwertet oder entsorgt werden müssen. Zwar findet die Verwertung von Altfahrzeugen im Inland seit Verabschiedung der Altautoverordnung (später Altfahrzeugverordnung; AltfahrzeugV) Ende der 1990er Jahre inzwischen größtenteils in anerkannten Verwertungsbetrieben statt, ein wesentlich größerer Teil der im Inland genutzten Fahrzeuge wird jedoch vor Nutzungsende als Gebrauchtwagen ins Ausland exportiert.

Die Datenlage zum Verbleib in Deutschland außer Betrieb gesetzter Fahrzeuge ist hierbei äußerst unübersichtlich. Wurde bis 2007 noch zwischen vorläufigen und endgültigen Stilllegungen unterschieden, erfasst das Kraftfahrt-Bundesamt die Außerbetriebsetzung von Fahrzeugen inzwischen nur noch gesammelt. Der jeweilige Anteil vorübergehender und endgültiger Stilllegungen lässt sich somit nicht genau beziffern. Ging die Bundesregierung bei 8,51 Mio. Außerbetriebsetzungen im Jahr 2013 bislang von 3,3 Mio. endgültigen Stilllegungen und – als Teilmenge hiervon - 1,18 Mio. Fahrzeugen mit unklarem Verbleib aus („Statistische Lücke“ - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Umweltbundesamt (UBA) 2015), legen Berechnungen eines von Ökopol, Wuppertal Institut und weiteren Partnern durchgeführten Forschungsvorhabens des UBA (Ökopol et al. 2016) nahe, dass die tatsächliche Anzahl endgültiger Außerbetriebsetzungen mit 2,86 Mio. Fahrzeugen einerseits deutlich niedriger anzusetzen ist, was die statistische Lücke auf 740 000 Fahrzeuge reduziert. Andererseits wurden auf Grundlage verschiedener Datenquellen Schätzungen zum möglichen Verbleib der restlichen Fahrzeuge gemacht, die sowohl einen höheren Anteil nicht-anerkannter Demontage, als auch höhere Exporte außerhalb der EU nahelegen als bisher gedacht. Abbildung 1 stellt die Schätzungen des Vorhabens in Relation zu den vorliegenden Daten der Bundesregierung auf Basis der Außenhandelsstatistik und Zahlen des Kraftfahrt-Bundesamts.

Abbildung 1: Verbleib endgültig außer Betrieb gesetzter Fahrzeuge in Deutschland 2013 in Mio. Stück



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BMUB und UBA 2015; Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2016; Ökopol et al. 2016.

Rund eine halbe Million der schätzungsweise 2,86 Mio. Fahrzeuge wurde in Deutschland als Altfahrzeug deklariert und dem offiziellen Verwertungsregime zugeführt. Trotz schwacher Datenlage ist für ca. 320.000 Fahrzeuge davon auszugehen, dass sie in nicht-anerkannten Betrieben im Inland und im EU-Ausland demontiert wurden. Mindestens 1,6 Millionen², wahrscheinlicher jedoch gut 2 Mio.³ Fahrzeuge verließen als Gebrauchtwagen das Land. Davon gingen zwischen 1,2 und 1,4 Mio. in EU-Mitgliedsstaaten und bis zu 650.000 in Nicht-EU-Staaten. Im Kontext des grenzüberschreitenden europäischen Gebrauchtwagenhandels ist Deutschland damit im Verhältnis zu den Importen das exportstärkste Land (Mehlhart et al. 2011)

Hinsichtlich der Demontage im Inland besteht trotz offizieller Verwertungsquoten von über 90% (BMUB und UBA 2015) Transformationsbedarf. Werden die Fahrzeuge in Demontagebetrieben zunächst trockengelegt und von wertvollen, bzw. gefährlichen Einzelteilen befreit, verbleibt ein Großteil der Masse in den Restkarossen. Diese werden per Schredderverfahren und Postschredderbehandlung soweit wie möglich stofflich separiert und verwertet. Zwar lassen sich hierdurch die hohen, von der EU geforderten Verwertungsquoten erreichen (Kohlmeyer et al. 2015), gerade von den fein verteilten Edel- und Sondermetallen in der Fahrzeugelektronik verbleiben in den Restfraktionen der Postschredderbehandlung jedoch noch signifikante Mengen, die nicht in jedem Fall konsequent zurückgewonnen werden (ebd., S. 187). In Anbetracht der steigenden Anzahl elektronischer Komponenten in modernen Fahrzeugen wird sich diese Problematik weiter verschärfen. In modernen Fahrzeugen nimmt der Anteil an strategischen und/oder kritischen Rohstoffen mit teilweise hoher Umweltrelevanz, wie Gold, Silber, Palladium, Tantal und Seltene Erden, stetig zu (vgl. ebd.). Gleichzeitig werden insbesondere Kunststoffe vielfach nur minderwertigen Verwertungspfa-

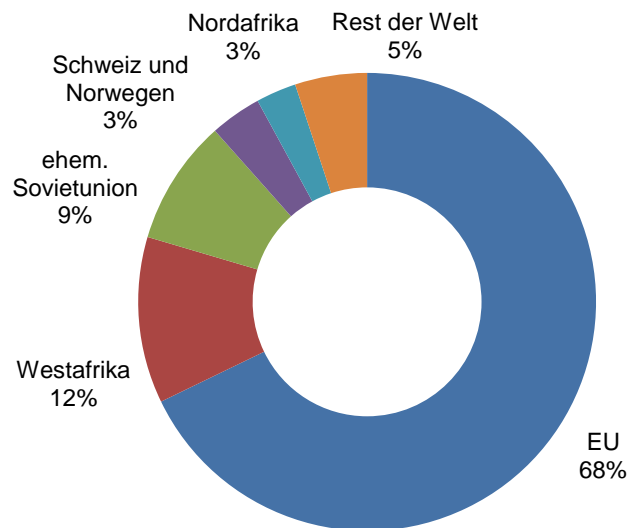
² Gesicherte Daten aus Wiederanmeldungsstatistiken des Kraftfahrtbundesamts und der deutschen Außenhandelsstatistik (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Umweltbundesamt (UBA) 2015; Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2016)

³ Berechnungen von Ökopol et al. 2016

den zugeführt, da eine sortenreine Trennung im Schredderverfahren kaum möglich ist (vgl. Abschnitt 3.4). Bei der Demontage in nicht-anerkannten Betrieben besteht zudem das Risiko eines unsachgemäßen Umgangs mit gefährlichen Flüssigkeiten, sowie Rohstoffverlusten durch unzureichende Verwertung.

Der in Bezug auf die Menge wesentlich relevantere Anteil an Fahrzeugen, die das Land als Gebrauchtfahrzeuge verlassen, wird vor allem dann zum Problem, wenn die Fahrzeuge in schlechtem Zustand sind und die Importstaaten nicht über ausreichende Recyclinginfrastrukturen verfügen, um Gefahren für Mensch und Umwelt durch die Freisetzung gefährlicher Stoffe zu vermeiden und die in den Fahrzeugen enthaltenen Rohstoffe in den Stoffkreislauf zurückzuführen. Dies ist insbesondere in den Hauptabnehmerregionen im nicht europäischen Ausland der Fall (Westafrika und Staaten der ehemaligen Sowjetunion; siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Zielregionen aus Deutschland exportierter Gebrauchtwagen 2013 (n=2 Mio.)



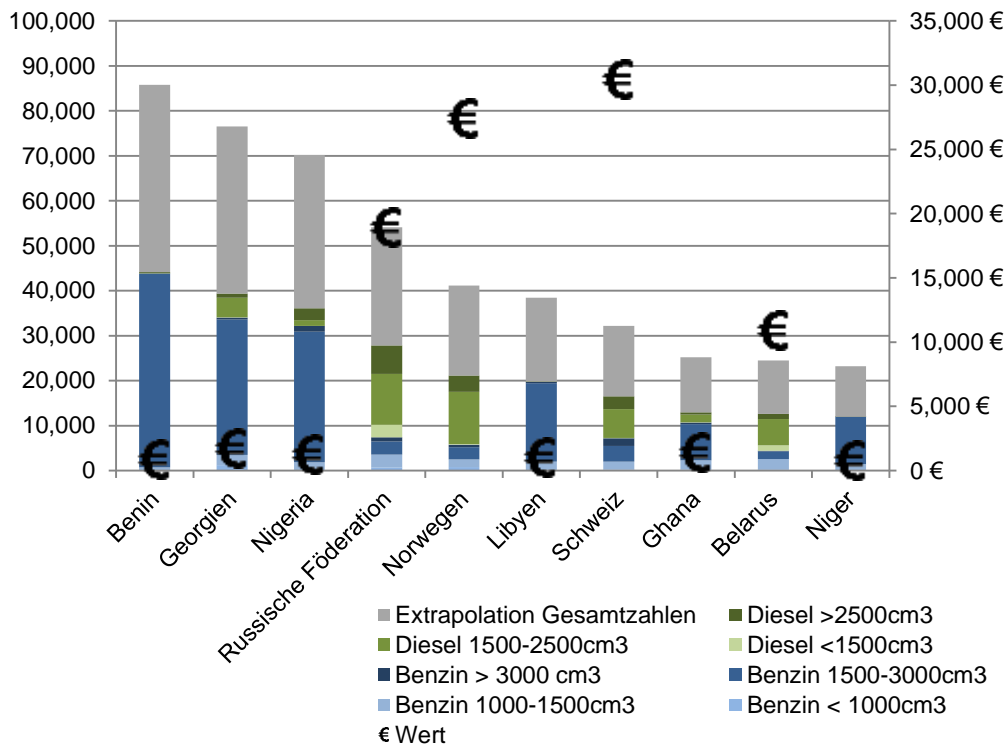
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BMUB und UBA 2015; DESTATIS 2016; Ökopool et al. 2016⁴

Während kaum Daten zum Zustand der exportierten Fahrzeuge verfügbar sind, legen Angaben zu durchschnittlichen finanziellen Restwerten von zum Teil unter 1000 Euro ein hohes Alter nahe. Gerade die wichtigsten Importländer Benin, Georgien und Nigeria haben mitunter die geringsten Fahrzeugrestwerte (siehe Abbildung 3).

⁴ Die Verteilung zwischen EU und Nicht-EU Staaten basiert auf Schätzungen von Ökopool et al. (2016). Die Verteilung auf verschiedene Ländergruppen wurde auf Basis der Außenhandelsstatistik extrapoliert.

Abbildung 3: Gebrauchtwagenexporte in Drittstaaten 2013

Basierend auf Daten zu Exporten gebrauchter PKW der Außenhandelsstatistik. Die grau hinterlegten Balken sind Extrapolationen auf Basis von Schätzungen durch Ökopol et al.

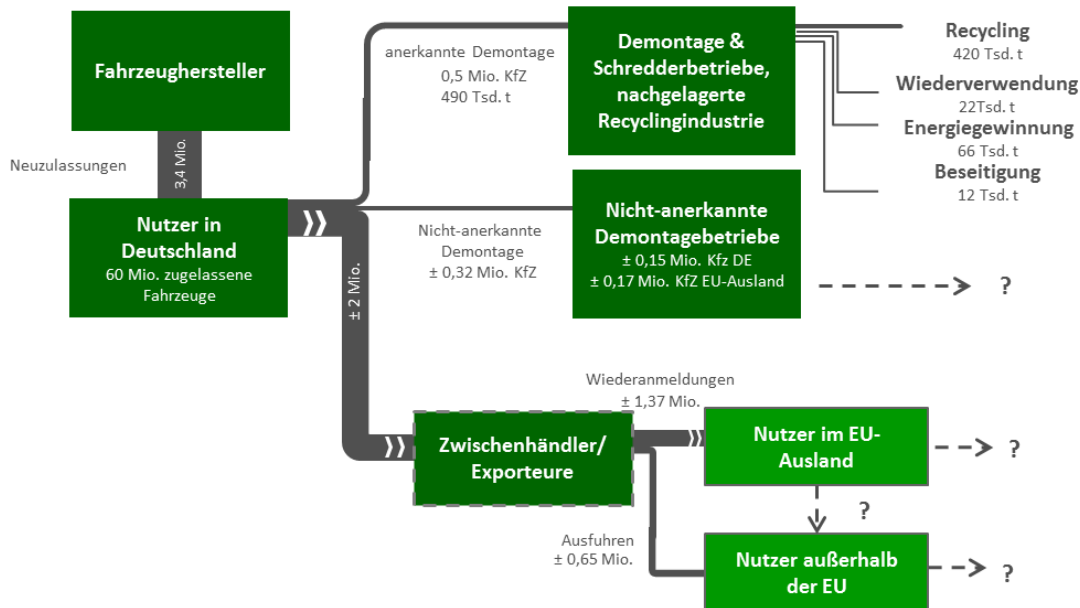


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von DESTATIS 2016; Ökopol et al. 2016.

Die europäischen Hauptabnehmerländer für deutsche Gebrauchtwagen waren im Jahr 2013 vorrangig Polen, Rumänien, die Tschechische Republik und Frankreich (DESTATIS 2016). Das Monitoring der europäischen Stoffströme anhand der Intrahandelsstatistik und des Zentralregisters REGINA (Registration for Information Agreement) zeigt allerdings auch, dass aus osteuropäischen Staaten ein erheblicher Anteil der ehemals importierten Fahrzeuge erneut exportiert wird (vgl. Wilts et al. 2010, S. 20), sodass davon ausgegangen werden kann, dass ein signifikanter Anteil der aus Deutschland exportierten Gebrauchtfahrzeuge nach mehreren Zwischenstops in EU-Staaten den Hoheitsbereich der EU verlässt.

2.2 Akteure

An dem Prozess der Altfahrzeugverwertung und dem grenzüberschreitenden Handel mit Gebrauchtfahrzeugen sind diverse Akteure beteiligt (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4: Akteure und Materialströme zum Verbleib dauerhaft abgemeldeter Fahrzeuge 2013


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Ökopool et al. 2016; BMUB und UBA 2015.

Die **Fahrzeughersteller** stehen am Anfang des Lebenszyklus eines jeden Fahrzeugs, spielen jedoch auch eine wichtige Rolle für den weiteren Nutzungs- und Verwertungsverlauf. Entscheidungen über zu verwendende Materialien und Design der Fahrzeuge beeinflussen die mögliche Nutzungsdauer und spätere Demontagefreundlichkeit erheblich. Während die Hersteller zu Anfang der Nutzungsperiode über markengebundene Werkstätten noch einen recht guten Zugriff auf die von ihnen produzierten Fahrzeuge haben, nimmt dieser im Laufe der Zeit immer weiter ab. Für Fahrzeuge, die innerhalb der EU gemeldet sind, kommt den Herstellern mit der AltfahrzeugV jedoch eine Rücknahmepflicht zu (vgl. §3 Abs. 3. AltfahrzeugV). Hierfür bestehen Verträge zwischen Automobilindustrie und Verwertungsbetrieben, wobei letztere sich zur kostenfreien Rücknahme der Fahrzeuge verpflichten. Die so in Deutschland verwerteten Altfahrzeuge stammen dabei vor allem von Marken, die auch preisgünstige Fahrzeuge anbieten. 60 % der Fahrzeuge stammen von den Automobilherstellern Ford, VW, Opel, Renault und Fiat. Hochpreisige Hersteller wie Daimler Benz oder BMW haben aufgrund ihrer höheren Attraktivität für den Export hingegen kaum Verwertungsfälle im Inland zu verzeichnen. Die Interessensvertretung für Hersteller und Zulieferer übernimmt in Deutschland der Verband der Automobilindustrie (VDA), dem über 600 Unternehmen angehören.

Die **Fahrzeughalter und -nutzer** beeinflussen mit ihren Präferenzen und Kaufentscheidungen die Ausgestaltung der Fahrzeuge, auch in Bezug auf ihre Verwertbarkeit. Während der Nutzung sind sie zudem maßgeblich für die tatsächliche Nutzungsdauer und Instandhaltung der Fahrzeuge verantwortlich. Von besonderer Relevanz sind allerdings die jeweiligen Letzthalter im Inland, die entscheiden, ob sie ihr Fahrzeug bei einem Demontagebetrieb in die Verwertung geben oder ins Ausland exportieren. Die Halterstruktur hat sich hierbei in den letzten zehn Jahren nicht wesentlich verändert. Der Anteil privater Halter lag konstant zwischen 89 und 90 %. Miet- und Firmenwagenflotten spielen demnach eine recht geringe Rolle hinsichtlich der Verwertung, zumal es sich hierbei zumeist um Leasingfahrzeuge handelt, die nach einer eher kurzen Nutzungsdauer an private Halter weitergegeben werden.

Was die Verwertung im Inland anbelangt, lässt sich die **Verwerter- und Recyclingindustrie** in spezialisierte Autoverwerter und Recyclingunternehmen für einzelne Stofffraktionen unter-

scheiden. Am Verwertungsprozess sind deutschlandweit 1196 anerkannte Demontagebetriebe und 52 Schredderanlagen mit Restkarossenbehandlung beteiligt. Demontagebetriebe übernehmen die gesetzlich vorgeschriebene „Trockenlegung“ der Fahrzeuge, d.h. die Entnahme des Ölfilters und der Betriebsflüssigkeiten (Kraftstoffe, Brems-, Kühlerflüssigkeiten, Öle, usw.), sowie den Ausbau vorrangig stofflich zu verwertender Bauteile (Batterien, Katalysatoren, Reifen, Air Bags, Aluminiumfelgen, Glasscheiben, Antriebsstränge, usw.) (Holzhauer 2015). Eine Reihe dieser Bauteile lassen sich weiterverkaufen, sodass Demontagebetriebe auch als Gebrauchtteilehändler und Exporteure fungieren und sich teilweise in Online-Börsen am Internethandel beteiligen. Neben den anerkannten Verwertern bestehen auch zahlreiche, nicht-erkannte Demontage-Betriebe, die Fahrzeuge illegal zerlegen und sich – vorrangig über den Online-Handel – am Schrott- und Gebrauchtteilemarkt beteiligen. Aktuelle Schätzungen gehen von ca. 150.000 Fahrzeugen pro Jahr aus, die in Deutschland illegal verwertet werden ist die Datensicherheit sehr gering, und zu den Bedingungen, unter denen die Demontage stattfindet, sind kaum Informationen verfügbar (Ökopol et al. 2016). Die Recyclingindustrie wird vorrangig durch die Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen (BDSV) repräsentiert. Weitere relevante Verbände sind der Verein Deutscher Metallhändler e.V. (VDM) und der Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE). Klein- und Mittelständler sind vorrangig im Bundesverband Sekundärstoffe und Entsorgung (bvse) organisiert.

Zwischenhändler und Exporteure sind vorrangig KMUs und Einzelunternehmer, die sich teilweise sowohl am Schrott- und Gebrauchtteilehandel, als auch am Gebrauchtwagenhandel beteiligen. Die Handelsstrukturen sind entsprechend kleinteilig und intransparent; wie bereits erwähnt agieren auch Demontage- und Schredderbetriebe in diesen Märkten. Da Unternehmen mit einem Handelsvolumen von unter 500.000 Euro jährlich innerhalb der EU von der Meldepflicht befreit sind, taucht ein Großteil der Exporte innerhalb der EU nicht in der Außenhandelsstatistik auf. Transparenzdefizite ergeben sich zusätzlich aus dem ausgeprägten Internethandel auf Online-Börsen sowohl für Gebrauchtwagen als auch für Ersatzteile, die relativ anonyme Transaktionen ermöglichen.

Auch **Kfz-Versicherungen und Restwertbörsen** agieren im Transformationsfeld. Bei Unfallfahrzeugen, die als wirtschaftlicher Totalschaden eingestuft werden, haben die Versicherungsunternehmen ein Interesse an möglichst hohen Restwerten, da die Versicherungen jeweils nur die Differenz zwischen dem Restwert des Unfallfahrzeugs, und dessen Ersatz zahlen müssen. Ein funktionierendes Exportgeschäft für Unfallfahrzeuge ist für die Versicherungen somit ein wichtiger Markt. Viele Versicherer nutzen dabei zum Verkauf, bzw. zur Ermittlung des Restwerts sogenannte Restwertbörsen, in denen auch Betriebe auf Fahrzeuge bieten können, die auf den Export spezialisiert sind. Eine Verschärfung der Regelungen zum Export von Altfahrzeugen ist somit nicht im Interesse der Versicherer.

Weiterhin sind auch die **Importstaaten** als wesentliche Akteure zu nennen, da nationale Importbestimmungen die Voraussetzungen für internationale Warenströme schaffen. Teilweise stellt der Handel mit Gebrauchtwagen und Bauteilen einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar, wie z. B. in Benin. Andere Länder verhängen inzwischen vermehrt Importsperrn für ältere Fahrzeuge, um den Handel mit schrottreifen Fahrzeugen zu unterbinden.

Akteure der **Politik und Verwaltung** sind zentral für die Ausgestaltung der Rahmenbedingungen im Umgang mit Altfahrzeugen. Innerhalb der Europäischen Union (EU) liegt die Fachkompetenz für die ordnungsgemäße Abfallentsorgung bei der Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission. Insbesondere die EU-Richtlinie 2000/53/EG über Altfahrzeuge sowie die Richtlinie 2005/64/EG über die Typp Genehmigung von Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihrer Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit zielen auf den umweltfreundlichen Abbau und das Recycling von Altfahrzeugen ab. Auf nationaler Ebene setzte die Bundesregierung die EU-Vorgaben mit dem Altfahrzeug-Gesetz vom 21. Juni 2002 um, indem die Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV) von 2002 die bisher geltende Altauto-Verordnung von 1997 ersetzte. Insbesondere das Bundesministerium für Umwelt, Natur-

schutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) befasst sich mit Altfahrzeugen im Rahmen des Abfallrechts. Der Bund ist zudem für Überwachung und Vollzug bezüglich der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen verantwortlich. In der Praxis erfolgen daher regelmäßige Verkehrskontrollen durch die Bundespolizei, den Zoll und dem Bundesamt für Güterverkehr. Neben den Umwelt- und Grenzschutzbehörden ist auch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als relevanter Akteur im Transformationsfeld zu nennen, dem das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) unterstellt ist. Zu den Aufgaben des KBA zählen u. a. die Führung des Zentralen Fahrzeugregisters (ZFZR) und die Verwaltung des europäischen Nachrichtenaustauschs über die erneute Zulassung von exportierten und importierten Fahrzeugen, woraus sich die statische Erfassung der Altfahrzeugverwertung und Gebrauchtwagenexporte ergibt. Aufgrund der konkurrierenden Gesetzgebungszuständigkeit des Bundes für die Abfallwirtschaft haben die Länder keine Gesetzgebungskompetenz hinsichtlich des Umgangs mit Altfahrzeugen, da dieser Bereich schon durch Bundesrecht erfasst ist. In der Verantwortung der Länder liegt die Gemeinsame Stelle Altfahrzeuge (GESA) zur Erfassung aller anerkannten Demontagebetriebe, Schredderanlagen und sonstigen Anlagen im Bereich der Altfahrzeugentsorgung.

Umwelt- und Naturschutzverbände spielen in diesem Transformationsfeld eine eher geringe Rolle. Hauptaugenmerk der Verbände liegt im Bereich Abfall vor allem auf Elektronikschrott. In Bezug auf Fahrzeuge sind vor allem CO₂ und NO_x-Emissionen, sowie Abgaswertmanipulationen der Automobilindustrie ein wichtiges Thema. Der Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU) beispielsweise thematisiert zwar den Bereich Abfall und Recycling, geht dabei aber nicht auf den Umgang mit Altfahrzeugen ein. Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) engagiert sich zwar zusätzlich im Bereichen Verkehr und Luftreinhaltung, beschäftigt sich dabei aber vorrangig mit gefälschten Abgaswerten unterschiedlicher Automobilhersteller.

2.3 Historische Entwicklung

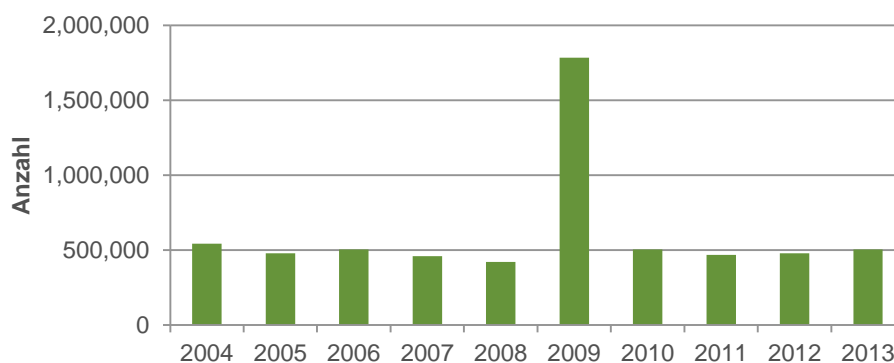
Seit es Kraftfahrzeuge gibt, werden sie als Gebrauchtgüter gehandelt und zumindest in Teilen verwertet. Der Gebrauchtwagenmarkt florierte erstmalig nach dem ersten Weltkrieg 1918 bis 1923, als die Bestände des deutschen Heeres veräußert wurden (vgl. Klemm 1929, S. 20) aber auch die Weltwirtschaftskrise führte in den 1930er Jahren zu einem erheblichen Umsatz an gebrauchten Fahrzeugen im Inland. Zur Regulierung des Marktes wurden erste Automobilbörsen gegründet, sowie Tax- und Treuhandstellen mit zunehmend zentralistischen Strukturen etabliert (Fack 2000). In Bezug auf die Verwertung wurde insbesondere zur Zeit des NS-Regimes eine möglichst „totale Verwertung des Mülls“ angestrebt, um genügend Ressourcen für die Kriegswirtschaft zu mobilisieren. In diese Zeit fällt auch die Etablierung mittelständischer Strukturen in der Recyclingwirtschaft, die vorher kaum formalisiert und durch „Lumpensammler“ und „Klüngelskerle“ geprägt war (Neumaier 2013).

Wirkliches Breitenwachstum erfuhr der Fahrzeugmarkt jedoch erst in den 1950er Jahren, was auch den Gebrauchtwagenhandel und die Verwertung von Altfahrzeugen dynamisierte. Wurden ausgeschlachtete Fahrzeuge bis Mitte der 1950er Jahre noch aufwändig mit Brennschneidern zerlegt und der Wiederverwertung zugeführt, erhielten zunächst Schrottscheren und Schrottpaketierpressen Einzug in den Verwertungsmarkt. Ab Mitte der 1960er Jahre setzte sich die bis heute dominierende Schreddertechnologie durch (Wallau 2001). Der Export von Gebrauchtfahrzeugen ins Ausland nahm, unterstützt durch die Automobilindustrie, in den 1950er Jahren an Fahrt auf. Dominierten zunächst eher gut erhaltene Fahrzeuge, die in Länder wie Norwegen und die USA exportiert wurden (Der Spiegel 1954), nahm in Folge von Marktöffnungen durch Strukturanpassungsprogramme sowie den Zusammenbruch der Sowjetunion in den 1990er Jahren der Export älterer Fahrzeuge in Staaten der ehemaligen Sowjetunion und Westafrika an Fahrt auf (Scholz 2000).

Parallel dazu erfolgte in den 1990er Jahren eine stärkere Regulierung und technische Professionalisierung der Altautoverwertung, insbesondere in Bezug auf den Umweltschutz (vgl. Holzauer 2015). Die Ankündigung der Bundesregierung, ein von den Herstellern zu tragendes Verwertungssystem zu etablieren, mündete 1996 in eine freiwillige Selbstverpflichtung der Automobilindustrie, ein Verwertungssystem aufzubauen und die Recyclinggerechtigkeit der Fahrzeuge zu erhöhen. Mit der 1997 verabschiedeten Altautoverordnung wurden zudem Anforderungen an die Demontage von Altfahrzeugen, die Zertifizierung von Verwertungsbetrieben sowie der Verwertungsnachweis etabliert. Im Jahr 2000 kam eine EU-Richtlinie (2000/53/EG) hinzu, die mit der Altfahrzeugverordnung (AltfahrzeugV) von 2002 in nationales Recht umgesetzt wurde und vergleichsweise hohe Verwertungsquoten vorsah. Während die, aus dem Schredderverfahren gewonnene Schredderleichtfraktion (SLF) noch in den 1990er Jahren fast ausschließlich im Bergversatz deponiert wurde, entwickelten sich zunehmend sogenannte Post-Schredder-Techniken, die eine Sortierung von gemischten Reststofffraktionen ermöglichen. Somit stehen mittlerweile zumindest in Deutschland verschiedene Aufbereitungsverfahren, wie z. B. das VW-SICON Verfahren⁵, zur Verfügung (Schmid und Zur-Lage 2014).

Der Umfang der zu recycelnden Fahrzeugmenge blieb in den letzten Jahren relativ konstant. Die Anzahl der bei Rücknahmestellen abgegebenen Altfahrzeuge liegt seit 2004 bei durchschnittlich rund 0,48 Mio. pro Jahr, jährliche Schwankungen treten nur geringfügig auf. Eine Ausnahme bildet das Jahr 2009. Die sogenannte Umweltprämie, welche zur Konjunkturförderung bei der Rückgabe eines alten Fahrzeugs und der anschließenden Zulassung eines Neu- oder Jahreswagens in Höhe von 2.500 € ausgezahlt wurde (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)), sorgte für einen kurzfristigen Anstieg der Rückgabequote (siehe Abbildung 5). Die Anzahl der bei Rücknahmestellen abgegebenen Fahrzeuge stieg von rund 0,42 Millionen in 2008 auf 1,78 Millionen in 2009 an (BMUB und UBA 2015). Diese höheren Rückgabequoten in Deutschland resultierten in geringeren Exportquoten für Gebrauchtwagen in diesem Jahr. Nach dem Ende der Prämienauszahlung sank die Anzahl der Altfahrzeuge in den Folgejahren wieder auf das ursprüngliche Niveau ab und Exportzahlen von Gebrauchtfahrzeugen stiegen erneut an.

Abbildung 5: Entwicklung der Altfahrzeugmengen in Deutschland in den Jahren 2004 bis 2013



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von vgl. BMUB und UBA 2015, 2015, S. 31.

Die Zielvorgaben der AltfahrzeugV regeln, dass sich Wiederverwendungs- und Verwertungsquoten seit 2015 auf mindestens 95 % des Fahrzeuggewichtes belaufen müssen. Die-

⁵ Mit dem VW-SICON Verfahren lassen sich verschiedene Schredderleichtfraktionen wie Kunststoffgranulate, Flusen und Sand voneinander trennen und auf unterschiedlichen Wegen hochwertig verwerten. Z. B. können Kunststoffgranulate in Hochöfen eingesetzt oder in Müllheizkraftwerken energetisch verwertet werden, und Flusen als Entwässerungshilfsmittel für Klärschlamm dienen.

se gesetzlichen Vorgaben werden in Deutschland dank Demontageabläufen, Wiederverwendung, Recycling und stofflicher Verwertung erreicht. Bereinigt um die Nachwirkungen der Altautoprämie auf die Altfahrzeugverwertung wurden im Jahr 2013 99,7 % des Altfahrzeuggewichts verwertet, davon rund 88 % stofflich (BMUB und UBA 2015).

Für zunehmend verbaute strategische Metalle und leichte Verbundmaterialien blieb die Etablierung eines geschlossenen Stoffkreislaufes bisher aus (siehe Abbildung 6). Unter Anbetracht des materialtechnischen Anspruchs hochwertiger moderner Fahrzeuge einerseits, der ökologischen Ressourcenverknappung, sowie der von nicht fachgerechten Stoffen ausgehenden Umweltrisiken andererseits wird ein möglichst geschlossener Kreislauf eben genannter Materialien immer notwendiger.

Abbildung 6: Bisherige und zukünftige Herausforderungen der Altfahrzeugverwertung.

Stufe	Ziele der Altfahrzeugverwertung	Stand der Zielerreichung	
Stufe 1	Ordnungsgemäße Behandlung und Schadstoffentfrachtung	✓ !	Mehr als 1.200 anerkannte Demontagebetriebe in Deutschland Kaum wild abgestellte, herrenlose Altfahrzeuge Klärung der statistischen Lücke des Fahrzeugverbleibs
Stufe 2	Quoten ab 2006: - Recyclingquote 80 % - Verwertungsquote 85 %	✓ ✓	Stand 2012 * Erreicht in fast allen EU-Mitgliedstaaten Erreicht in fast allen EU-Mitgliedstaaten
Stufe 3	Quoten ab 2015: - Recyclingquote 85 % - Verwertungsquote 95 %	+/ +/-	Stand 2012 * Erreicht in 11 EU-Mitgliedstaaten Erreicht in 6 EU-Mitgliedstaaten
Stufe 4	Hochwertige Verwertung und Ressourceneffizienz	! ! !	Zukünftige Herausforderungen: - Hochwertige Verwertung der in den Schredderrückständen enthaltenen Wertstoffe - Rückgewinnung von Edel- und Sondermetallen aus Fahrzeugelektronik, Elektromotoren, Traktionsbatterien - Hochwertige Verwertung neuer Werkstoffe (z.B. CFK, Speziallegierungen)

Quelle: Kohlmeyer et al. 2015.

2.4 Umweltwirkungen

Das industrielle Recycling von Altfahrzeugen in offiziellen Demontage- und Verwertungsbetrieben ist in Deutschland technisch weit entwickelt, sodass umweltgerechte Verwertungsoptionen zur Verfügung stehen. Inwiefern diese Möglichkeiten konsequent genutzt werden, ist allerdings von vielzähligen Faktoren abhängig (siehe Kapitel 3 zu Pfadabhängigkeiten). Minderwertige Verwertungspfade für Glas und Kunststoffe in der SLF, die nicht wieder in den Fahrzeugbau eingespeist werden können, erhöhen den Material- und Energieaufwand in der Produktion. Geringe Rückgewinnungsquoten von Edel- und Sondermetallen führen zu Ressourcenverknappung und Umweltbelastung bei der Primärgewinnung. Beispielsweise werden bei der Gewinnung von einem Kilogramm Platinmetallgruppen etwa 14,2 t CO₂-Äquivalente verursacht die den Treibhausgaseffekt fördern und zum Klimawandel beitragen (Wilts et al. 2010). Zusätzlich bestehen bei der noch immer weit verbreiteten, nicht-anerkannten Demontage im Inland lokale Umwelt- und Gesundheitsrisiken durch das Austreten gefährlicher Flüssigkeiten und Belastung durch Schwermetalle.

Weitaus problematischere Umweltwirkungen ergeben sich jedoch aus der inoffiziellen Verwertung von Fahrzeugen in einer Vielzahl von Importstaaten außerhalb der EU. Eine Regulierung der Altautoentsorgung fehlt oftmals vollständig, oder ist nur äußerst unzureichend umgesetzt (Wilts et al. 2010). Zu den etablierten Praktiken gehört die Verbrennung von Reifen sowie von Kabelisierungen zur Freilegung des Kupferkerns, wobei große Mengen schädlicher Gase und Dioxine entstehen (von Fink und Manhart 2016). „Die fünf westafrika-

nischen Länder Nigeria, Benin, Ghana, Elfenbeinküste und Liberia verursachen mit Kabelfeuern Dioxinmissionen, die 3 bis 7 Prozent des gesamteuropäischen Ausstoßes entsprechen“ (von Fink und Manhart 2016, S. 113). Besonders großes Schadenspotenzial geht zudem von der Öffnung von Batterien zur Entnahme von Bleipalotten, ohne fachgerechte Entsorgung der Batteriesäure, aus (Buchert und Manhart 2013, S. 421); massive Quecksilber- und andere Schwermetallemissionen sind dabei die Folge (Schlupe et al. 2011; Sepúlveda et al. 2010). Wertlose, aber schadstoffhaltige Teile werden zudem häufig unkontrolliert deponiert, was mit weiteren, direkten und indirekten Umweltbelastungen einhergeht.

Die Nutzungsdauerverlängerung, die der Export auch alter, gebrauchter Fahrzeuge bewirkt, kann ebenfalls zusätzliche Umweltwirkungen verursachen. Der ökologische Vorteil dieser Nutzungsdauerverlängerung wird bei älteren Fahrzeugen im Schnitt durch den höheren Spritverbrauch und höhere Emissionswerte aufgehoben (Höpfner et al. 2009). Im Fall von jährlich 465.000 gebrauchten exportierten PKW aus Deutschland (Referenzwert von 2001) führt das, bei einem Referenzfahrzeug mit 158 g/km CO₂ im Vergleich zu einem Neuwagen, zu einer jährlichen Mehrbelastung von 240.000 t CO₂, 4.300 t Stickstoffoxide und 1.300 t Kohlenwasserstoffen (Janischweski et al. 2003). Gleichzeitig ersetzen gebrauchte Fahrzeuge aus Deutschland zum Teil noch ältere Fahrzeuge in Importstaaten, sodass eine eindeutige Bewertung hinsichtlich der nutzungsbedingten Umweltwirkungen des Gebrauchtwagenexports stark von den zur Verfügung stehenden, bzw. betrachteten Alternativen abhängig ist. Feststeht, dass die Reduzierung von Schadstoffemissionen pro Fahrzeug in der Produktion über den Gebrauchtwagenhandel in vielen Ländern nur stark verzögert ankommt und zunächst von einer Verlagerung der Umweltbelastungen durch Fahrzeuge mit überproportional hohem Schadstoffausstoß auszugehen ist.

3 Pfadabhängigkeiten

3.1 Charakterisierung der Stärken des etablierten Pfades

Die Stärken des etablierten Pfades hinsichtlich des Exports von de facto Altfahrzeugen liegen vor allem in den ökonomischen Anreizen, insbesondere nach Nord- und Westafrika, Osteuropa und den Nahe Osten. Einerseits weisen Fahrzeuge, die in Deutschland aufgrund hoher Abgaswerte als veraltet gelten, in einigen Abnehmerstaaten den Status eines Gebrauchtwagens auf, sodass die Nachfrage nach günstigen, gebrauchten Fahrzeugen Anreize für den Verkauf von veralteten Kfz bietet. Andererseits lassen sich betriebsuntaugliche Fahrzeuge, deren Reparatur sich im Inland nicht rentiert, in den Abnehmerländern kostengünstig instand setzen und weiterverkaufen. Zusätzlich stärken nach Beendigung der Nutzungsdauer zu erzielende Preise für gebrauchte Ersatzteile und Materialien den etablierten Pfad.

Dieser etablierte Pfad hat zusätzlich einen sozioökonomischen Wert, da er in einigen Weltregionen Beschäftigungseffekte und gerechtere Teilhabe durch Zugang zu Mobilität bewirkt. Beispielsweise sollen in Benin sollen rund 110.000–115.000 direkte und indirekte Arbeitsplätze mit dem Gebrauchtfahrzeughandel verbunden sein. Rund ein Zehntel des nationalen Bruttoinlandprodukts wird in diesem Marktsegment erwirtschaftet (Fuchs 2005). Zur Deckung des Bedarfs an Fahrzeugen gibt es in vielen Entwicklungsstaaten kaum eine Alternative zum Import von Gebrauchtwagen aus Europa, sodass kostengünstige Gebrauchtfahrzeuge dort zu verbesserter Mobilität beitragen (vgl. Wilts et al. 2010, S.22).

Die Stärken des etablierten Pfades hinsichtlich der Schredder-basierten Verwertungskultur in Deutschland, ohne umfassende manueller Demontage einzelner Bauteile, bzw. ohne konsequente Aufbereitung der Schredderleichtfraktionen, liegen ebenfalls in ökonomischen Anreizen begründet. Die inländischen Schredder und Verwertungsanlagen sind auf Metallrecycling spezialisiert. Bei derzeitigen Metallgehalten der Fahrzeuge von durchschnittlich 75 % (vgl. Schmid und Zur-Lage 2014, S. 108) rentiert sich deren Nutzung, auch wenn andere Metalle oder Materialien der SLF damit nicht effizient zurückgewonnen werden. Selbst bei zunehmend verbauten Leichtbaumaterialien ist davon auszugehen, dass Stahlschrott mindestens für die nächsten 20 Jahre den größten Massenanteil beim Recycling von Altfahrzeugen aus vergangenen Baujahren haben wird (ebd.). Solange sich die Masseanteile in Fahrzeugen sich nicht stark verändern, oder sich mit rückgewonnenen seltenen Materialien und leichten Verbundstoffen Preise erzielen lassen, die deren Recycling wirtschaftlich gestalten, bestehen wenig ökonomische – und unter Anbetracht der massebasierten Verwertungsquoten auch wenig rechtliche- Anreize für einen Pfadwechsel.

3.2 Transformationshemmnisse und Pfadabhängigkeiten

3.2.1 Rechtliche Pfadabhängigkeiten

Wesentliche rechtliche Pfadabhängigkeiten beim Umgang mit Altfahrzeugen liegen ganz grundlegend in der Ausbildung nationaler, bzw. maximal regionaler Regulierungskompetenzen, die einen globalisierten Automobilsektor nur noch schwierig steuern können. Konkretere Abhängigkeiten ergeben sich aus der mangelnden Regulierung hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Gebrauchtfahrzeugen und Abfall (sprich Altfahrzeug) innerhalb Deutschlands, in der Kontrolle von Kleinunternehmen im Gebrauchtwagenhandel innerhalb der EU, sowie in den fehlenden Importbeschränkungen in zentralen Abnehmerländern. Auch die unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen in Import- und Exportstaaten bezüglich Wartung, Emissionen und Verkehrssicherheit stellen eine relevante Pfadabhängigkeit dar.

Hinsichtlich nationaler und – im Falle der EU – regionaler Regulierungskompetenzen lässt sich hinsichtlich des Umgangs mit Altfahrzeugen, ähnlich wie in vielen anderen Bereichen, sehr deutlich beobachten, wie wenig einzelne Staaten und Staatenverbände globalen Warenströmen, aber auch global operierenden Fahrzeugherstellern entgegenzusetzen haben, um ein umfassendes Verwertungssystem zu etablieren. Zwar wurde in Europa ein umfassendes Rücknahmesystem aufgebaut, für das sich die Fahrzeughersteller verantwortlich zeichnen, die Regulierungskompetenz endet jedoch an den EU-Außengrenzen.

Eine ganz zentrale rechtliche Pfadabhängigkeit besteht in fehlenden rechtlichen Standards bei der Unterscheidung zwischen Gebrauchtwagen und Altfahrzeugen. Ein Fahrzeug wird nach AltfahrzeugV (§3) und Kreislaufwirtschaftsgesetz (§3 Abs.1) insbesondere dann zu Abfall, wenn dessen ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne dass ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt. Da ein solcher Befund nur in Extremfällen eindeutig zu treffen ist, hat die EU mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 9⁶ relevante Eigenschaften und Indikatoren zur Unterscheidung zwischen Altfahrzeugen und Gebrauchtfahrzeugen erarbeitet. Notgedrungen bleiben diese jedoch relativ vage und sind zudem nicht rechtsverbindlich. Ansätze wie das Gebot der Wiederherstellbarkeit eines funktionsfähigen Zustands zu Kosten, die unterhalb des Restwerts des betreffenden Fahrzeugs liegen, scheitern im Hinblick auf den Export oftmals an der Frage, welche Kosten und Standards zu Grunde gelegt werden. Ein Fahrzeug, das im Inland kaum noch wirtschaftlich Instand gesetzt werden könnte, lässt sich in einigen Importstaaten recht günstig wieder reparieren. In Ermangelung einer verbindlichen Definition, geschweige denn eines geeigneten Kontrollsystems, fällt die Unterscheidung in der Praxis somit weiterhin vor allem dem Letzthalter zu, zumal eine Deklaration als Altfahrzeug von Seiten Dritter, z. B. von einer Umweltbehörde, aufgrund des sehr strengen Abfallbegriffs, einer Enteignung des Eigentümers gleichkommt und vor dem Hintergrund des rechtlich tief verankerten Schutzes von Privateigentum, entsprechend gut zu begründen ist. Gerade der Export alter Gebrauchtfahrzeuge lässt sich somit nur sehr begrenzt steuern. Beamte der Zoll- und Umweltbehörden haben zwar theoretisch die Möglichkeit, besonders fragwürdige, zum Export bestimmte Fahrzeuge als Altfahrzeuge zu deklarieren und aus dem Verkehr zu ziehen, neben dem Verlust des Fahrzeugs bedeutet dies für den Exporteur jedoch, dass er wegen Verbringung gefährlichen Abfalls nach Basler Konvention mit strafrechtlichen Konsequenzen zu rechnen hätte. Da die Abgrenzung im Einzelfall ohnehin nur schwierig zu treffen ist, wird von dieser Möglichkeit aufgrund seiner Unverhältnismäßigkeit nur äußerst selten Gebrauch gemacht.

Neben bestehenden Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen Gebrauchtwagen und Altfahrzeug bedingen diverse Gesetze und Regularien bezüglich der Erfassung und Kontrolle von Fahrzeugen den derzeit etablierten Pfad. Mit dem zentralen Fahrzeugregister und den zahlreichen Vorgaben zur Instandhaltung und Kontrolle von Fahrzeugen (Hauptuntersuchung, Abgasuntersuchung) besteht ein umfassendes System zur Erfassung von Fahrzeugen, die auf öffentlichen Straßen im Einsatz sind. Da nicht angemeldete Fahrzeuge jedoch weder steuerpflichtig sind, noch aus Gründen der Verkehrssicherheit einer Überwachung bedürfen, fallen sie nahezu komplett aus dem bestehenden Kontrollsystem heraus. Die Einführung des Verwertungs nachweises für Altfahrzeuge mit der AltfahrzeugV von 2003 sollte den Rücklauf der Fahrzeuge in das Verwertungssystem garantieren - eine eingehende Prüfung der Verwertung findet jedoch kaum statt. Wurde früher noch zwischen vorübergehenden und endgültigen Stilllegungen unterschieden, findet seit 2007 keine getrennte Erfassung im Fahrzeugregister mehr statt und die Vorlage eines Verwertungs nachweises erfolgt freiwillig. Wie viele Fahrzeuge dauerhaft abgemeldet werden, ist aus der amtlichen Statistik somit nicht eindeutig nachzuvollziehen. Als Grund für diese Entscheidung werden datenschutzrechtliche Bedenken angeführt. Der Staat habe kein begründetes Interesse diese Daten zu erheben, da es sich letztendlich um eine Privatangelegenheit handele, was mit

⁶ Die Anlaufstellenleitlinie Nr. 9 wurde von den Mitgliedsstaaten in Ergänzung zu der EG- Verordnung Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen erarbeitet.

einem abgemeldeten Fahrzeug passiere. Mehrere Interviewpartner merkten jedoch an, dass auch eine administrative Überforderung der Straßenverkehrsbehörden eine Rolle bei dieser Entscheidung gespielt haben könnte. Nicht zuletzt deshalb werden laut Schätzungen weiterhin über 300.000 Fahrzeuge pro Jahr (ca. 60 % des Anteils an Fahrzeugen, die in anerkannten Verwertungsbetrieben eingehen) in nicht-erkannten Demontagebetrieben im Inland und im EU-Ausland demontiert (Ökopol et al. 2016).

Während die rechtlich begrenzte Nachverfolgbarkeit abgemeldeter Fahrzeuge eine Pfadabhängigkeit im Hinblick auf die Erfassung und Kontrolle von Altfahrzeugen im Inland darstellt, spielen Exportbestimmungen und Meldepflichten eine wichtige Rolle beim grenzüberschreitenden Verkauf von Gebrauchtfahrzeugen. Auch wenn der Zustand von Exportfahrzeugen nur stichprobenhaft kontrolliert wird und sich die Unterscheidung zwischen Altfahrzeug und Gebrauchtwagen hinreichend schwierig gestaltet (s.o.), werden Gebrauchtfahrzeuge, die von deutschen Häfen in das nicht-europäische Ausland verschifft werden, relativ gut über Zoll- und Außenhandelsstatistiken erfasst. Aufgrund des freien Warenverkehrs in der EU sind Exporte in andere EU-Mitgliedsstaaten, bzw. über andere Mitgliedsstaaten abgewickelte Exporte in das nicht-europäische Ausland nur sehr lückenhaft dokumentiert (siehe Kapitel 2). Insbesondere die Kleinunternehmerregelung, die Handelsbetriebe mit einem Handelsvolumen unter 500.000 Euro jährlich von der Meldepflicht befreit, führt aufgrund der kleinteiligen Strukturen des Gebrauchtwagenmarktes, zu einer hohen Dunkelziffer bei solchen Fahrzeugen, die illegal demontiert, oder weiter ins nicht europäische Ausland exportiert werden, da sie nicht über die den bestehenden Datenaustausch zur Wiederanmeldung von Fahrzeugen innerhalb der EU erfasst werden (Wilts et al. 2010).

Die beschriebenen, auf sehr grundlegende Rechtsgegenstände wie den Datenschutz, den Schutz von Privateigentum und den freien Warenverkehr zurückführbaren Pfadabhängigkeiten werden ergänzt durch pfadstabilisierende Regulierungsgefälle. Die hohen Anforderungen an den technischen Zustand von Fahrzeugen innerhalb Deutschlands machen gebrauchte Fahrzeuge für Importeure im Ausland attraktiv. Gleichzeitig bestehen in vielen Importstaaten, sowohl außerhalb, als auch innerhalb der EU wesentlich geringere Anforderungen an technische Überprüfungen⁷, sodass eine Nutzungsdauerverlängerung eines in Deutschland nicht mehr verkehrssicheren Fahrzeugs oftmals problemlos möglich ist. Defizitäre Importbestimmungen in den Zielländern befördern den Handel mit ausgemusterten Fahrzeugen aus Deutschland zusätzlich. Altersbeschränkungen und Schadstoffgrenzen sind oftmals nicht vorhanden, Importzölle und technische Anforderungen niedrig. Aus einem internationalen Vergleich der Importpolitiken von 111 Ländern mit verfügbaren Informationen im Jahr 2001 geht hervor, dass zu diesem Zeitpunkt 50 Länder den Import von Gebrauchtwagen nicht beschränken. Insbesondere in Entwicklungsländern gelten häufig niedrigere Standards; aus der Analyse ging hervor, dass nur 16 Entwicklungsländer über beachtliche Emissionsstandards verfügen (vgl. Pelletiere 2001, S. 14). Rechtliche Vorgaben hinsichtlich einer umweltgerechten und hochwertigen Verwertung fehlen oftmals vollständig, bzw. finden keine Anwendung (Wilts et al. 2010).

Neben den oben dargelegten rechtlichen Pfadabhängigkeiten hinsichtlich der Unterscheidung von Altfahrzeugen und Gebrauchtwagen, sowie dem grenzüberschreitenden Gebrauchtwagenhandel, bestehen Pfadabhängigkeiten auch im Hinblick auf die inländischen Verwertungsstrukturen. Insbesondere der eingeschlagene Weg massebasierter Verwertungsquoten stellt ein Hindernis für die stoffliche Verwertung leichter und in geringen Mengen vorkommender Materialien dar. Mit der AltfahrzeugV werden Ziele zur Verwertung von Altfahrzeugen in prozentualen Masseanteilen festgeschrieben; seit 2015 sind 95 % des Fahrzeuggewichts zu verwerten (Kohlmeyer et al. 2015). Es fehlen allerdings Anforderungen

⁷ Die erste Hauptuntersuchung muss in Deutschland nach drei Jahren ab dem Fahrzeugkauf erfolgen, alle weiteren Kontrollen folgen im Abstand von zwei Jahren. EU-weite Standards hinsichtlich der Regelmäßigkeit von Hauptuntersuchungen und deren Inhalten gelten erst ab 2018.

hinsichtlich der Rückgewinnung von Technologiemetallen und der hochwertigen, stofflichen Verwertung von Kunststoffen. Minderwertige Verwertungspfade, wie die der Bergversatz für die SLF sind gesetzlich zulässig und mit bestehenden Verfahren ökonomisch attraktiver als eine aufwendigere Wiederaufbereitung, sodass existierende Verwertungspotenziale nicht ausgeschöpft werden.

3.2.2 Ökonomische Pfadabhängigkeiten

Ökonomische Pfadabhängigkeiten beim Umgang mit Altfahrzeugen bestehen sowohl im Hinblick auf den Export von Gebrauchtfahrzeugen, die entweder direkt oder nach relativ kurzer Nutzungsdauer in Importstaaten als Altfahrzeuge verwertet werden, als auch bei der Art der Verwertung im Inland.

Gebrauchtfahrzeuge, deren Zustand eine längere Nutzung im Inland verhindert, erzielen in vielen Importländern noch hohe Restwerte. Lohnkostenunterschiede zwischen den Ländern spielen hierbei eine zentrale Rolle. Die Reparaturkosten für Fahrzeuge bzw. Fahrzeugteile werden für Benin mit 2 Euro je Stunde angegeben (Fuchs 2005), eine durchschnittliche Arbeitsstunde in einer Berliner Kfz-Werkstatt kostet laut DEKRA (2016) je nach Reparaturtyp zwischen 98,50 und 115,20 Euro pro Stunde. Aufgrund dieser Differenzen lassen sich Fahrzeuge, deren Instandsetzung in Deutschland nicht rentabel ist, günstig aufkaufen und im Ausland entweder in ihre Einzelteile zerlegen oder kostengünstig reparieren. Nicht nur für die beteiligten Akteure in den Importstaaten, sondern auch für die Letzthalter und Zwischenhändler im Inland besteht somit ein deutlicher ökonomischer Anreiz, sich an diesem Handel zu beteiligen. Zusätzlich sorgt in einigen Ländern wie Nigeria subventioniertes, günstiges Benzin zur Förderung von Mobilität und Wirtschaftswachstum dafür, dass kaum ökonomische Anreize zur Modernisierung der Fahrzeugflotte mit verbrauchsarmen, effizienteren Fahrzeugen bestehen.

Eine zusätzliche Pfadabhängigkeit besteht in der sozio-ökonomischen Relevanz des Gebrauchtwagenmarkts in Importstaaten, da der Handel mit und die Weiternutzung von Gebrauchtwagen einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellen. Der Handel trägt mit seinen vielfach kleinteiligen Strukturen einen wesentlichen Teil zur Beschäftigung bei. Beispielsweise sollen in Benin rund 110.000 bis 115.000 direkte und indirekte Arbeitsplätze mit dem Gebrauchtfahrzeughandel verbunden sein. Rund ein Zehntel des nationalen Bruttoinlandsprodukts wird in diesem Marktsegment erwirtschaftet (Fuchs 2005). Während große Schwellenländer wie Indien, auch aufgrund rigoroser Zollpolitiken, über eigene Automobilindustrien verfügen, besteht in anderen Entwicklungsstaaten zur Deckung des Bedarfs vielfach kaum eine Alternative zum Import gebrauchter Kfz aus Europa. Aus einer sozio-ökonomischen Perspektive günstigen Gebrauchtfahrzeuge aus Europa somit „eine Grundlage für eine zumindest regional verbesserte Mobilität und wirtschaftlichen Aufschwung“ (Wilts et al. 2010, S.22).

Hinsichtlich unzureichender Verwertungsstrukturen in Importstaaten spielen neben regulatorischen Defiziten (s.o.) insbesondere hohe Investitionskosten für geeignete Anlagen eine zentrale Rolle, aber auch die mangelnde Wettbewerbsfähigkeit bestehender Strukturen stellt ein Problem dar. In vielen Importstaaten wie z. B. Ghana können formell organisierte Verwertungsunternehmen aufgrund höherer Kosten für die Einhaltung von Umwelt und Gesundheitsstandards nicht mit dem informellen Sektor mithalten, der einfach zu gewinnende Rohstoffe günstig, jedoch unter zum Teil katastrophalen Umwelt- und Gesundheitsbedingungen verwertet (Buchert et al. 2016). Die in Ghana existierenden drei Elektrostahlöfen mit einer Verarbeitungskapazität von 70.000 t im Jahr sind nur teilweise ausgelastet, weil aufgrund hoher Weltmarktpreise ca. 280.000 t Stahlschrott im Rohzustand nach China exportiert werden (Trinh et al. 2006). Außerdem sind zum Recyceln einiger Komponenten sehr technologieintensive Anlagen mit prohibitiven Investitionskosten erforderlich. Für die Rückgewinnung von Platinmetallgruppen (PGM) aus Katalysatoren werden beispielsweise Refi-

ning-Anlagen benötigt, die Investitionen von mehr als einer Milliarde Euro voraussetzen und so in den meisten Importstaaten derzeit schwer vorstellbar sind (Wilts et al. 2010, S. 23).

Bezüglich der Verwertung im Inland besteht oftmals die gegenteilige Problematik. Zwar können mit kapitalintensiven Schredderanlagen hohe Verwertungsquoten erreicht werden, die Demontage von Einzelteilen zur Wiederverwendung oder zur besseren stofflichen Separation stößt jedoch schnell an ökonomische Grenzen. Hohe Lohnkosten stehen zunehmend niedrigeren Komponentenerlösen gegenüber, sodass nur noch ausgewählte Komponenten aus den Fahrzeugen ausgebaut werden, bevor sie in den Schredder gelangen (Schmid und Zur-Lage 2014). Dies führt dazu, dass in Deutschland derzeit nur ein Bruchteil des Glases und Kunststoffes bei der Altfahrzeugdemontage separiert und werkstofflich verwertet wird. Laut Kohlmeyer et al. (2015) ist der Separationsaufwand von 87 aus insgesamt 131 bereits freigelegten Komponenten eines Fahrzeuges in ihre Materialien nicht wirtschaftlich. Nicht vermarktete Bauteile, insbesondere Baugruppen des Interieurs, verbleiben während des Schredderns somit im Fahrzeug und erhöhen die prozentuale Menge der SLF (Holzhauer 2015).

Auch die Rückgewinnung von Edel- und Sondermetallen aus der SLF anhand von technisch möglichen Post-Schredder-Verfahren wird aus ökonomischen Gründen nicht konsequent verfolgt, sodass diese Materialien derzeit auf minderwertige Verwertungspfade wie der energetische Verwertung/Abfallverbrennung oder dem Bergversatz und Deponiebau unwiederbringlich verloren gehen (Kohlmeyer et al. 2015, S. 185).

3.2.3 Technologische Pfadabhängigkeiten

Technologische Pfadabhängigkeiten bei der Verwertung von Altfahrzeugen ergeben sich insbesondere aus der zunehmend komplexen Bauweise von Fahrzeugen, die immer elaboriertere Recyclingtechnologien erfordern. Mögliche Verwertungspfade fließen zwar inzwischen in das Produktdesign von Fahrzeugen mit ein (Schmid und Zur-Lage 2014), es wird jedoch der technologischen Entwicklungsstand der Verwertungsindustrie in Europa, bzw. Deutschland zu Grunde gelegt. Demontagefreundlichkeit, Wiederverwendbarkeit und Modularisierung steht dabei weniger im Vordergrund als die Erreichbarkeit der erforderlichen, massebasierten Verwertungsquoten in der EU.

Insbesondere in den Ländern, die einen großen Anteil der Altfahrzeuge aufnehmen, finden Schredderverfahren und komplexe Post-Schredder-Techniken jedoch kaum Anwendung. Was in Deutschland auch bei eingeschränkter Demontierbarkeit der Fahrzeuge möglich ist, gelingt im Ausland allerdings häufig nicht. In Importstaaten ohne Zugang zu High-Tech-Verfahren wäre eine ressourceneffiziente Verwertung der Fahrzeuge nur mit einer ausdifferenzierten Demontage einzelner Bauteile möglich. Diese kleinteilige, stofffreie Zerlegung der Fahrzeuge ist aufgrund einer Vielzahl von Verbundelementen inzwischen jedoch stark eingeschränkt. In Anbetracht der Fahrzeugmengen, die von Deutschland über Europa in Schwellen- und Entwicklungsländer exportiert werden, stellt die derzeit geringe Demontierbarkeit und teilweise schwierige Verwertbarkeit einiger Materialien eine wesentliche Pfadabhängigkeit defizitärer Stoffkreisläufe dar.

Die bestehende Struktur von Schreddern und Verwertungsbetrieben in Deutschland in Kombination mit massebasierten, verpflichtenden Verwertungsquoten (s.o.) zementiert diese Situation insofern, als dass elaboriertere Demontageverfahren in Verbindung mit einer stärkeren Modularisierung und Demontagefreundlichkeit in der Fahrzeugproduktion weder wirtschaftlich interessant, noch im Rahmen bestehender Regulierungen sinnvoll umsetzbar sind, obwohl dadurch eine höhere Verwertungsquote von Edelmetallen, längere Nutzungsdauern und niedrigere Fahrzeuggewichte realisiert werden könnten (Wilts et al. 2010, S. 24).

3.2.4 Organisationale Pfadabhängigkeiten

Organisationale Pfadabhängigkeiten bestehen sowohl bei der öffentlichen Verwaltung in Deutschland und in Importstaaten, als auch bei der Automobilindustrie.

Den kommunalen Straßenverkehrsbehörden obliegt die Kontrolle des Verwertungsnachweises, der als zentrales Überwachungsinstrument für die fachgerechte Verwertung von Altfahrzeugen eingeführt wurde. Während im Jahr 2011 laut Erhebung des Umweltbundesamts ca. 470.000 Fahrzeuge in anerkannten Betrieben verwertet wurden, betrug die Anzahl der im zentralen Fahrzeugregister registrierten Verwertungsnachweise lediglich 57.000 (Kohlmeyer 2016). Gründe dafür sind, neben der rechtlichen Unverbindlichkeit des Verwertungsnachweises, laut eines Interviewpartners unter anderem bürokratische Anforderungen (die Abmeldung unter Vorlage des Verwertungsnachweises ist für den Halter komplizierter und teurer als eine einfache Abmeldung; ebd.) sowie der vorherrschende Personalmangel.

Bei den Zollbehörden bestehen ähnliche Probleme. Im Rahmen der Ausfuhrkontrolle überprüfen sie grenzüberschreitend gehandelte Fahrzeuge, z. B. am Hamburger Hafen. Bei rund 6000 Fahrzeugen, die monatlich über den Hamburger Hafen aus Deutschland exportiert werden, ist eine Einzelfallkontrolle mit vertretbarem Personal- und Kostenaufwand jedoch kaum umsetzbar. Im Gegensatz zu Österreich, das die Anlaufstellenleitlinie Nr. 9 der EU für verbindlich erklärt hat, werden diese Regeln in Deutschland nicht angewendet. Gerade bei Fahrzeugen, die nach Afrika exportiert werden, geht der Zoll aufgrund der niedrigen Reparaturkosten im Zielland von der Reparaturfähigkeit des Fahrzeugs aus - lediglich bei sichtbar austretenden Flüssigkeiten wird die Ware aufgehalten und die zuständige Umweltbehörde eingeschaltet (Buchert et al. 2007).

Im Hinblick auf die Exporteure erschwert die vielfach kleinteilige Organisationsstruktur von Gebrauchtwagenhändlern die Identifikation von besonders problematischen Exportströmen. Neben Schwierigkeiten bei der statistischen Erfassung von Fahrzeugen, die über Häfen im europäischen Ausland in außereuropäische Empfängerstaaten verschifft werden (vgl. Kleinunternehmerregelung, Abschnitt 3.2.1), sind Kontrollen und Sanktionen gegenüber kleineren Exporteuren nur mit erheblichem Aufwand bei geringer Wirkung durchsetzbar.

Zudem ergeben sich wesentliche organisationale Pfadabhängigkeiten aus dem Selbstverständnis der Automobilindustrie, die einer Ausweitung der Produktverantwortung über das bestehende, gesetzliche Mindestmaß äußerst kritisch gegenübersteht (Bundestag 2014). Während die Rücknahmepflicht innerhalb der EU als notwendiges Übel akzeptiert wird, besteht nur ein sehr geringes Interesse am Aufbau von Recyclingstrukturen in Ländern, die keine etablierten Verwertungsstrukturen besitzen. Die Verwertbarkeit neuer Fahrzeugmodelle wird zudem ausschließlich an den in Deutschland und Europa zugänglichen Verfahrenstechniken orientiert, um die Erreichbarkeit der gesetzlichen Verwertungsquoten zu gewährleisten. Laut einem Interviewpartner hat das Interesse der Automobilindustrie an der Verwertung und Verwertbarkeit ihrer Fahrzeuge nach anfänglichen Bemühungen um die Jahrtausendwende in den letzten Jahren zu Gunsten der Optimierung von Verbrauchs- und Emissionswerten erheblich abgenommen. In beiden Bereichen steht, wie aktuelle Debatten um Abgaswerte verdeutlichen, vor allem die Optimierung im Hinblick auf regulatorische Erfordernisse im Vordergrund.

Eine weitere organisationale Pfadabhängigkeit besteht in den zum Teil sehr schwachen Institutionen vieler Importstaaten, die eine effektive Regulierung von Importen, Fahrzeugbeständen und Verwertungsbetrieben erschweren und so dazu beitragen, dass die Nachfrage nach alten Gebrauchtwagen aus Deutschland bestehen bleibt und eine Formalisierung lokaler Verwertungsstrukturen verhindert wird (Buchert et al. 2016).

3.2.5 Nutzerbezogene Pfadabhängigkeiten

Nutzerbezogene Pfadabhängigkeiten hinsichtlich des Umgangs mit Altfahrzeugen liegen vor allem in der mangelnden Sensibilisierung der Fahrzeughalter in Bezug auf das Thema begründet. Sowohl bei der Kaufentscheidung, als auch beim Verkauf spielen Entsorgungs- und Verwertungsfragen nur eine untergeordnete Rolle. Die gesellschaftliche und politische Diskussion konzentriert sich in Deutschland vor allem auf den Schadstoffausstoß während der Nutzungsphase – lokale Umweltverschmutzung und Arbeitsschutz in Importstaaten sowie globale Ressourceneffizienz treten dahingegen deutlich in den Hintergrund (Blume et al. 2008). Die Auswirkungen dieser geringen Sensibilisierung lassen sich entlang der Wertschöpfungskette beobachten. Anforderungen an die Demontierbarkeit von Bauelementen und die Verwertbarkeit von Materialien haben kaum Entscheidungsrelevanz beim Kauf, was die Relevanz des Themas für die Automobilindustrie beeinflusst. Zu Ende der Nutzung eines Fahrzeugs spielt hingegen vor allem der noch erzielbare Erlös eine wichtige Rolle – zumal sich einer Nutzungsdauerverlängerung je nach Blickwinkel auch positive Aspekte abgewinnen lassen können.

In Bezug auf die hohe Nachfrage nach deutschen Gebrauchtfahrzeugen spielen sowohl der vergleichsweise gute Zustand und die hohe Qualität deutscher Fahrzeuge, als auch diesbezügliche Klischees eine wichtige Rolle. Insbesondere Fahrzeugen deutscher Premiumhersteller wird eine hohe Lebensdauer zugeschrieben. Auch sehr alte Fahrzeuge erzielen daher noch hohe Marktwerte. Zusätzlich gelten deutsche Autofahrer als sorgfältig und behutsam im Umgang mit ihren Autos, was zu deren Attraktivität beiträgt. Auch das Klischee der gründlichen Autopflege am Wochenende durch deutschen Autobesitzer suggeriert eine hohe Verwertbarkeit. Ein Auto aus Deutschland stellt so in vielen Importstaaten auch unabhängig vom konkreten Zustand ein Statussymbol dar. Ob und inwieweit sich das Image deutscher Autos durch den VW-Abgasskandal verändert hat und ob dies einen Einfluss auf den Gebrauchtwagenmarkt haben wird, bleibt allerdings offen.

3.3 Schwächen des etablierten Pfades

Schwächen und Angriffspunkte des etablierten Pfades bestehen auf mehreren Ebenen. Einerseits haben sich Qualität und Zustand der vorrangig nach Afrika und Westasien exportierter Gebrauchtfahrzeuge in den letzten Jahren aufgrund steigender Ansprüche schon erheblich verbessert. Gleichzeitig werden Gesundheits- und Umweltauswirkungen informeller Verwertungsstrukturen in Importstaaten zunehmend als Problem erkannt und Bemühungen um eine Formalisierung lokaler Verwertungsstrukturen ausgeweitet (Schluep et al. 2011).

Andererseits produzieren Umwälzungen in der Automobilproduktion in Richtung Leichtbau und E-Mobilität Herausforderungen, die die Verwertungsindustrie sowohl im Inland, als auch im Ausland grundlegend verändern werden, aber auch neue Potentiale eröffnen können.

Aufgrund der zeitlichen Verschiebung von ca. 12 Jahren zwischen Verkauf und Verwertung, steigt das Metallgewicht je Altfahrzeug, das in die Verwertung gelangt bisher an, was zumindest die Verwertung der Masseströme rentabel macht. Mit der zunehmenden Verbreitung von Leichtbauverfahren wird sich dies in den nächsten Jahren jedoch zunehmend ändern. Schon in den nächsten 5 Jahren ist damit zu rechnen, dass der Metallgehalt in Altfahrzeugen ein Plateau erreichen, und in der Folge sinken wird (Lieberwirth und Krampitz 2015). Insbesondere die Verlängerung der Reichweite von Elektrofahrzeugen, als auch die fallenden Preise für Leichtbauverfahren werden als Treiber gesehen, die die Materialzusammensetzung der Fahrzeuge in den nächsten Jahren grundlegend verändern werden. Stahlbauteile können zunehmend durch Aluminiumkonstruktionen und kohlenwasserstoffverstärkte Kunststoffe sowie geringere Mengen hochfester Stähle ersetzt werden, sodass der Stahlanteil von Fahrzeugkarosserien im Jahr 2035 nach Schätzungen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) auf unter 20 % sinken könnte (Gude et al. 2015). Da Stähle und nichteisenhaltige Me-

talle bisher den Großteil der Wertschöpfung bei der Altfahrzeugverwertung ausmachen, werden bestehende Strukturen erheblich unter Druck kommen. Gleichzeitig zeichnet sich bei einigen Seltenen Erden, wie Dysprosium und Terbium, die für die Produktion von Magneten für Elektromotoren benötigt werden, und Lithium, das einen zentralen Rohstoff für die Batterieproduktion darstellt, eine erhebliche Verknappung der verfügbaren Reserven ab, was mittelfristig zu steigenden Kosten und einem erhöhten Bedarf an geeigneten Recyclingverfahren führen wird (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt und Wuppertal Institut 2015). Die Folgen für die Entwicklung von Verwertungspfaden und Gebrauchtwagenmärkten weltweit sind noch schwer abzusehen, werden jedoch grundlegende Umstellungen erfordern.

Ein weiterer Angriffspunkt des etablierten Pfades besteht in ersten Anzeichen von sich wandelnden Besitzstrukturen in der Fahrzeugflotte. Der wachsende Markt an Car-Sharing Angeboten, zusammen mit der Perspektive automatisierten Fahrens, verleitet einige Analysten dazu, eine Zukunft zu beschreiben, in der ein Großteil der Fahrzeuge nicht mehr in Privatbesitz liegt, sondern von herstellereigenen Carsharing-Plattformen wie car2go oder DriveNow, oder Mobilitätsdienstleistern wie Uber betrieben wird. Zwar gehen Fahrzeuge in Leasing- und CarSharing-Flotten momentan nach einer recht kurzen Nutzungsdauer als Gebrauchtwagen in privaten Besitz über, bei steigender Relevanz dieses Marktes könnte sich der Herstellerzugriff auf die Fahrzeuge jedoch deutlich verlängern und zu einer verstärkten Integration von Produktion, Nutzung und Verwertung führen. Verwertungsgerechtes Design könnte so einen wesentlich höheren Stellenwert bekommen. Bei einer signifikanten Reduktion des privaten Autobesitzes durch autonome Fahrzeuge könnte sich zudem die Anzahl der Fahrzeuge drastisch reduzieren. Ein Analysepapier von PriceWaterHouseCooper (2013) geht gar von einer möglichen Reduktion der Anzahl an Fahrzeugen in den USA um 99 % aus, was wohl nicht nur bei der Verwertung für signifikante Umbrüche sorgen dürfte.

4 Transformationsansätze

Die deutsche Automobilindustrie produzierte im Jahr 2015 rund 6 Mio. Fahrzeuge, die zum Großteil aus wiederverwertbaren Materialien und seltenen Ressourcen bestehen. Zentrale Herausforderung in diesem Transformationsfeld ist die Sicherstellung einer möglichst effizienten Rückgewinnung dieser Ressourcen um negative ökologische, gesundheitliche und wirtschaftliche Auswirkungen zu vermeiden. Wesentliche Transformationsansätze bestehen darin, Lücken im inländischen Stoffkreislauf zu schließen, größere Demontierbarkeit während des Produktdesigns zu verfolgen und im Verwertungsprozess umzusetzen, sowie internationale Recyclingpartnerschaften und globale Produktverantwortung zu etablieren.

Alle im Folgenden beschriebenen Transformationsansätze beinhalten Elemente von Konsistenz- und Effizienz-Strategien, da sie zum Ziel haben, Stoffkreisläufe zu schließen und den Wirkungsgrad der Verwertungsstrukturen zu erhöhen.

4.1 Erhöhte Rückführung von Fahrzeugen in inländische Verwertungsstrukturen

Da die Verwertung insbesondere von Restkarossen in vielen Zielländern deutscher Gebrauchtwagenexporte nicht gewährleistet ist, bzw. aus Umwelt- und Gesundheitsperspektive unter sehr problematischen Bedingungen stattfindet, stellt eine Erhöhung der Rückführungsquote von Altfahrzeugen in die inländischen Verwertungsstrukturen einen relevanten Hebel dar, um die Ressourceneffizienz zu verbessern. Unterschiedliche Regulierungsansätze aus dem europäischen Ausland bieten dabei Anhaltspunkte, um den Export von Altfahrzeugen zu begrenzen.

- Ein zentraler, regulatorischer Ansatz besteht in einer schärferen Abgrenzung zwischen Altfahrzeugen und Gebrauchtwagen. Mit der EU-Anlaufstellenleitlinie Nr. 9 (Europäische Kommission 2011) wurden hierzu Kriterien entwickelt. Ein zentrales Element besteht in der Anforderung, dass bei nicht betriebsfähigen, bzw. verkehrssicheren Fahrzeugen die Reparierbarkeit zu Kosten, die unter dem Zeitwert des Fahrzeugs liegen, gewährleistet sein muss, wobei die Preise und Standards des betreffenden Mitgliedsstaats (und nicht eines möglichen Importstaats) zu berechnen sind. Zusätzlich besteht mit der Änderung der Abfallverbringungsverordnung von 2014 seit dem 1. Januar 2016 für Behörden die Möglichkeit, von Fahrzeugbesitzern einen schriftlichen Nachweis einzufordern, der belegt, dass es sich bei dem Wagen nicht um Abfall handelt. Implementiert wurden die Anwendung der Leitlinie, sowie die in der Abfallverbringungsverordnung angelegte Beweislastumkehr insbesondere von Österreich. Ein Gerichtsurteil des österreichischen Verwaltungsgerichtshofs von 2013 bestätigte die Anforderungen der Leitlinie und ein Erlass des österreichischen Umweltministeriums von 2015 (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2015) definierte entsprechende Verwaltungsvorschriften für die österreichischen Behörden. Eine Umsetzung dieser Regeln und Möglichkeiten in der nationalen Rechtsprechung, sowie insbesondere in der Verwaltungspraxis, kann den Abfluss von Fahrzeugen, die nach hiesigen Standards als Schrott zu bewerten wären, erheblich begrenzen ohne den Export von Gebrauchtwagen insgesamt in Frage zu stellen.
- Die in Deutschland bisher weithin fehlende Rückverfolgbarkeit abgemeldeter Fahrzeuge wird in den Niederlanden über ein Zulassungssystem garantiert, das ein Fahrzeug bis hin zur Verwertung oder zum Export systematisch erfasst und besteuert. Auch nach Außerbetriebsetzungen werden Eigentümerwechsel registriert. Insbesondere die Steuerpflichtigkeit des Besitzers bis zum Nachweis der Verwertung oder des Exports erhöht die Zugriffsfähigkeit der Behörden im Hinblick auf illegale Exporte und Demontage. In den Niederlanden werden so in Bezug auf den gesam-

ten Fahrzeugbestand über doppelt so viele Fahrzeuge in die offizielle Verwertung gebracht, als in Deutschland.⁸

- Ein wesentlich umfassenderer, den Export von Gebrauchtfahrzeugen ggf. deutlich stärker reduzierender Ansatz besteht in herstellerbasierten Pfandsystemen, wie sie in Norwegen und Schweden bis 2007 existierten und auch schon seit längerem in Deutschland diskutiert werden (Blume und Gattermann 2009). Hier müssen die Halter schon beim Fahrzeugkauf einen Pfand entrichten, den sie bei der Abgabe des Fahrzeugs an einen Verwertungsbetrieb zurückerstattet bekommen. Im Zuge der Anpassung der Gesetzeslage an EU-rechtliche Vorgaben wurden die bestehenden Systeme in Schweden und Norwegen abgeschafft –eine Wiedereinführung steht jedoch zur Diskussion. Schweden und Norwegen erreichen Rückführungsquoten von jeweils über 90 % (ebd.).

4.2 Recyclinggerechte Konstruktion

Prinzipien der recyclinggerechten Konstruktion von Fahrzeugen werden bereits seit Mitte der 1980er Jahre in Debatten um „Grünes Design“ und „Design for Recycling“ diskutiert und seit den 1990er Jahren auch von der Automobilindustrie unterstützt (Office of Technology Assessment und Congress of the U.S 1992; Billatos und Basaly 1997). Neben umweltverträglichen Materialien und Produktionsprozessen wird damit auch eine unkomplizierte Rückführung der Ressourcen in den Materialreislauf angestrebt. Zentrale Prinzipien sind dabei Sortenreinheit, Demontageeignung und Reparierbarkeit (ebd.). Da Mithilfe von Schredderanlagen und aufwendigen Post-Schredder-Verfahren in den vergangenen Jahren hohe Verwertungsquoten erreicht wurden, hat die Relevanz der Demontagefreundlichkeit für das Fahrzeugdesign in den letzten Jahren jedoch erheblich abgenommen. Gerade in Anbetracht der zunehmend verwendeten wertvollen Rohstoffe in der Fahrzeugelektronik und des steigenden Anteils an nicht-metallischen Verbundwerkstoffen, die mit immer komplizierteren Verbindungstechniken in neuen Fahrzeugen verbaut werden, wird die verfahrenstechnische Separation von Werkstoffen und die Rückgewinnung von knappen Ressourcen (z. B. seltenen Erden) zunehmend schwieriger (Soo et al. 2015). Für eine möglichst hochwertige und sortenreine Verwertung einzelner Stofffraktionen ist eine Steigerung der Demontagefreundlichkeit jedoch von hoher Relevanz, insbesondere in Anbetracht hoher Lohnkosten im Inland, sowie eingeschränkter Möglichkeiten mechanischer Separation (Schredder und Post-Schredderverfahren) in Importstaaten.

4.3 Recycling-Partnerschaften und Globale Produktverantwortung

Derzeit gelangen viele Gebrauchtwagen sowie de facto Altfahrzeuge zum Ende ihrer Nutzungsdauer in Schwellen- und Entwicklungsländern, in denen bisher kaum industrielle Recyclinginfrastrukturen vorzufinden sind. Daher findet in diesen Ländern eine Kumulation von teilweise wertvollen aber auch umweltbelastenden Materialien statt, die ihren Weg nicht in entsprechende Verwertungspfade finden. In Anbetracht zu erwartender Umbrüche in Richtung Elektromobilität, sowie ggf. einer Verringerung des Bedarfs an Fahrzeugen durch auto-

⁸ Der Kfz-Bestand in den Niederlanden betrug Anfang 2016 9,78 Mio. Fahrzeuge (Centraal Bureau voor de Statistiek 2016) und im Jahr 2015 wurden 213.600 Fahrzeuge offiziell verwertet (EUWID Recycling 2016). In Deutschland sind ca. 60 Mio. Fahrzeuge im Umlauf, wovon jährlich ca. 500.000 in die Verwertung gehen (BMUB und UBA 2015). Der Anteil an verwerteten Fahrzeugen am Gesamtbestand ist in den Niederlanden (2,18%) somit knapp 2,7-mal höher als in Deutschland (0,8%).

nomes Fahren und Car Sharing, könnte sich dieser Trend aufgrund eines Überangebots von Gebrauchtwagen in den Industrienationen mittelfristig noch erheblich ausweiten.

Ein vielversprechendes Konzept zur Schließung dieser internationalen Stoffkreisläufe besteht in Recyclingpartnerschaften, die den sog. Best-of-two-Worlds Ansatz (Bo2W) verfolgen. Er sieht eine umfassende Demontage in Entwicklungs- und Schwellenländern und die anschließende Behandlung in Aufbereitungsanlagen in Industrieländern, bei gleichzeitiger Unterstützung des Aufbaus leistungsfähiger Strukturen auch in Entwicklungs- und Schwellenländern, vor (Buchert et al. 2016).

Der Ansatz beruht auf der Überlegung, dass eine umfassende manuelle Demontage zwar deutlich zur Steigerung der Reinheit und des Werts einzelner Stofffraktionen beitragen kann, in vielen Industrieländern jedoch aufgrund hoher Lohnkosten nicht wirtschaftlich umsetzbar ist. Derartige manuelle Demontearbeiten können in Schwellen- und Entwicklungsländern wesentlich günstiger durchgeführt werden; zusätzlich lassen sich damit Verdienstoptionen unter fairen Arbeitsbedingungen schaffen. So konnten über Bo2W-Pilotprojekte, z. B. mit der Anschaffung mechanischer Kabel-Schreddermaschinen zur Trennung von Kupfer und Plastikisolierungen in Ghana schon erhebliche Erfolge bei der Reduktion der umwelt- und gesundheitsschädlichen Praxis der offenen Kabelverbrennung verzeichnet werden (Buchert et al. 2016, S. 18).

Die anschließende Nutzung industrieller Recyclingstrukturen in Industriestaaten hat den Vorteil, dass sehr große Inputvolumina von High-Tech-Recyclinganlagen bedient und Skaleneffekte zur Deckung von Investitionen erzeugt werden können (vgl. ebd., S. 7). Daher fokussiert der Bo2W- Ansatz die Verknüpfung lokaler Behandlungsvorstufen mit bestehenden High-Tech-Endverarbeitungsanlagen, auch wenn daraus längere Transportwege für einzelne Stofffraktionen resultieren.

Der Transformationsansatz verfolgt somit das Ziel, die Ressourceneffizienz zu erhöhen, und bspw. kritische Metalle im Stoffkreislauf zu erhalten sowie informelle und häufig umweltbelastende Recyclingindustrien in Importstaaten zu verbessern (Buchert et al. 2016). Bisher findet das, zunächst in Bezug auf Elektronikschrott entwickelte Modell nur in Nischenmärkten Anwendung, während der Großteil des Abfalls in Entwicklungs- und Schwellenländern nicht umweltgerecht behandelt wird (Manhart 2011). Das BMBF-Projekt „Globale Kreislaufführung strategischer Metalle: Best-of-two-Worlds Ansatz“ misst dem Ansatz großes Transformationspotenzial bei und verfolgt dessen Einführung in Ghana und Ägypten; auch wurden Pilotprojekte in China und Indien durchgeführt (Wang et al. 2012). Grundlegend für den Erfolg des Transformationsansatzes ist allerdings, dass sich Fahrzeuge auch zukünftig manuell demontieren lassen und die Notwendigkeit hochkomplexer Verfahren zur Trennung verschiedener Stoffgruppen minimiert wird. Eine Beteiligung der Automobilindustrie im Sinne einer globalen Produktverantwortung ist somit von besonderer Bedeutung.

5 Fazit und Möglichkeiten für einen Pfadwechsel

Der hier vorgelegte Bericht fokussiert das Transformationsfeld des Umgangs mit Altfahrzeugen. Da Altfahrzeuge sowohl aus Wert- als auch aus Schadstoffen bestehen, ist ein fachgerechtes, umweltschonendes Recycling und die Rückgewinnung von wiederverwertbaren Ressourcen von Bedeutung um negative Umweltauswirkungen und die Verknappung von Rohstoffen zu vermeiden. Derzeit wird jedoch nur ein geringer Anteil der anfallenden Altfahrzeuge inländischen Verwertungsstrukturen zurückgeführt, die zwar hohe Verwertungsquoten erreichen, für gewisse Stofffraktionen jedoch nur minderwertige Verwertungspfade verfolgen. Ein großer Anteil der Fahrzeuge wird als Gebrauchtwagen ins Ausland verkauft, wo oftmals kaum moderne, umweltgerechte Recyclinginfrastrukturen bestehen. Zentraler Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind Pfadabhängigkeiten, die eine Transformation zu nachhaltigeren Praktiken im Umgang mit Altfahrzeugen verhindern, sowie Transformationsansätze, die zu einem Pfadwechsel beitragen können.

5.1 Pfadabhängigkeiten

Zu einem Lock-In – d.h. zu einer Situation in der der etablierte Entwicklungspfad sich in einem solchen Maß stabilisiert hat, dass ein Pfadwechsel kaum noch möglich ist – hat sich in Bezug auf den Umgang mit Altfahrzeugen ein gegenseitig verstärkendes Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren geführt.

In Bezug auf die hohen Exportquoten alter Gebrauchtfahrzeuge spielte sowohl die steigende Nachfrage in Importstaaten durch wachsenden Wohlstand bei weiterhin hohem Einkommensgefälle, als auch der Abbau von Handelshindernissen im Sinne von Zöllen sowie Import- und Exportbestimmungen. Gleichzeitig behinderten schwache Institutionen sowie hohe Investitionskosten für Verwertungsanlagen den Aufbau technischer Recyclinginfrastrukturen in Importstaaten, was die Herausbildung eines informellen Recyclingsektors mit niedrigen Umwelt- und Gesundheitsstandards beförderte. Dieser Entwicklungspfad wurde durch politische Maßnahmen nur geringfügig beeinflusst und hat sich durch bestehende Marktanreize zunehmend verfestigt, sodass ein Pfadwechsel nur mit erheblichen Anstrengungen vollzogen werden kann.

Zu den gegenwärtig besonders starken Pfadabhängigkeiten gehören folgende:

- Der global vernetzten Automobilwirtschaft, inkl. der Gebraucht- und Altfahrzeugmärkte, stehen nationale und europäische Regulierungskompetenzen gegenüber, die es nicht ermöglichen, eine umfassende Produktverantwortung der Hersteller entlang der Wertschöpfungskette sicherzustellen.
- Rechtliche Unschärfen hinsichtlich der Abgrenzung zwischen Gebrauchtfahrzeug und Altfahrzeug sowie mangelnde, zum Teil auf daten- und eigentumsschützende aber auch handels erleichternde Maximen zurückführbare Zugriffs- und Kontrollmöglichkeiten seitens der Behörden behindern den Vollzug des Exportverbots für Altfahrzeuge.
- Ein globales Lohnkosten- und Regulierungsgefälle setzt Anreize für den grenzüberschreitenden Gebrauchtwagenhandel, auch von de facto Altfahrzeugen. In Deutschland sind arbeitsintensive Reparaturen und manuelle Demontageprozesse auch wegen hoher technischer Standards ab einem gewissen Punkt unrentabel. Geringere Lohnkosten, Sicherheits- und Umweltstandards in den Abnehmerländern verleihen dort auch alten Fahrzeugen einen hohen Restwert.
- Die verstärkte Nutzung von Verbundmaterialien und komplexer Fahrzeugelektronik schränken die Demontagefreundlichkeit und Wiederverwertbarkeit einzelner Bauelemente und Materialien ein.

- Der Aufbau industrieller Verwertungsstrukturen wird in Schwellen- und Entwicklungsländern durch schwache Institutionen und hohe Investitionskosten für moderne Anlagen behindert.

Die genannten Pfadabhängigkeiten sind dabei eng miteinander verknüpft. Insbesondere rechtliche, ökonomische und organisationale Pfadabhängigkeiten wie Regulierungs- und Einkommensgefälle sowie mangelnde Kontrollen und schwache Institutionen stabilisieren sich gegenseitig.

5.2 Auswirkungen der Pfadabhängigkeiten auf die Transformationsansätze

Auf die vorgestellten Transformationsansätze (siehe Kapitel 4) wirken sich die Pfadabhängigkeiten mit unterschiedlicher Intensität aus (siehe Tabelle 1). Eine starke Pfadabhängigkeit stabilisiert dabei das System mit seinen Akteuren in besonders hohem Ausmaß und stellt ein besonders starkes Hemmnis für einen Pfadwechsel dar.

Zur Transformation des etablierten Pfades bestehen Ansätze zur Rückführung von Fahrzeugen in inländische Verwertungsstrukturen, zur recyclinggerechteren Konstruktion sowie zur Stärkung von Globaler Produktverantwortung und Recycling Partnerschaften. Alle drei Ansätze wurden bisher nur in geringem Maße verfolgt. Maßnahmen für eine verstärkte Rückführung von Fahrzeugen in inländische Verwertungsbetriebe waren bisher entweder wenig effektiv (z. B. Verwertungsnachweis), oder wenig nachhaltig (z. B. Abwrackprämie). Recyclinggerechtes Design wird nur bedingt von den Herstellern verfolgt und internationale Recyclingpartnerschaften existieren bisher nur im Pilotstadium. Ein Zusammenspiel aus allen drei Ansätzen stellt die vielversprechendste Option dar, um einen konsequenten Pfadwechsel zu forcieren und einen nachhaltigeren Umgang mit Altfahrzeugen zu erlangen.

Tabelle 1: Auswirkungen ausgewählter Pfadabhängigkeiten auf die beschriebenen Transformationsansätze

Transformationsansatz Leitstrategie Pfadabhängigkeit	Rückführung von Fahrzeugen in inländische Verwertungsstrukturen Effizienz/Konsistenz	Recyclinggerechte Konstruktion Effizienz/Konsistenz	Internationale Recycling Partnerschaften Effizienz/Konsistenz
Globaler Markt und nationale Regulierung	mittel	mittel	hoch
Rechtliche Unschärfen und mangelnde Kontrolle	hoch	mittel	niedrig
Lohnkosten- und Regulierungsgefälle	hoch	mittel	hoch
Verbundmaterialien und Elektronik	niedrig	hoch	hoch

Hohe Investitionskosten und schwache Institutionen in Importstaaten	niedrig	mittel	hoch
---	---------	--------	------

Quelle: Eigene Darstellung.

Bestehende Pfadabhängigkeiten stellen Hindernisse für alle drei Transformationsansätze dar. Gleichzeitig ist gerade der aus globaler Perspektive bedeutsamste Ansatz internationaler Recyclingpartnerschaften und globaler Produktverantwortung nur schwierig in der Breite umsetzbar.

5.3 Erste Handlungsempfehlungen

Ein umfassender Pfadwechsel im Umgang mit Altfahrzeugen deutet sich aktuell nicht an. Allen Transformationsansätzen gemeinsam ist, dass sie Hürden und Zielkonflikten unterliegen, die eine vollständige Umsetzung mittelfristig unwahrscheinlich machen. Gleichzeitig bestehen aber auch Synergien zwischen den Ansätzen. Eine Kombination von erhöhten Recyclingquoten im Inland, verbesserter Recyclingfähigkeit von Fahrzeugen sowie globalen Recyclingpartnerschaften scheint somit am aussichtsreichsten, um einen umfassenden Pfadwechsel zu erreichen. Auf Basis der obigen Analyse lassen sich folgende, erste Handlungsempfehlungen formulieren:

- Eine rechtsgültige, kriteriengestützte Definition des Begriffs Altfahrzeug sollte entwickelt werden, um die Abgrenzung zwischen Gebrauchtwagen und Abfall zu erleichtern und eine Basis für einen verbesserten Vollzug der Altfahrzeugverordnung zu bieten.
- Die Unterscheidung zwischen vorübergehender und dauerhafter Stilllegung von Fahrzeugen im zentralen Fahrzeugregister sollte wieder eingeführt und ggf. mit einer zulassungsunabhängigen Besteuerung verbunden werden um den Verwertungsnachweis zu stärken und Kontrollen zum Verbleib von Fahrzeugen zu vereinfachen.
- Die Verwertungsquoten der AltfahrzeugV sollten um qualitative Elemente erweitert werden, sodass auch Leichtbaustoffe sowie Edel- und Sondermetalle darin Berücksichtigung finden. Zur Finanzierung von wirtschaftlich nur schwierig darstellbaren Verwertungspfaden, insbesondere neuer Materialien, gilt es, die Hersteller an den Kosten zu beteiligen.
- Finanzielle Anreize für Letzthalter sollten geschaffen werden, um die Rückführungsquoten in Verwertungsbetriebe steigern, z. B. durch ein Pfand- oder Prämiensystem, das mit weiteren Umweltauflagen verknüpfbar ist (z. B. Bindung von Prämien an den Kauf eines Elektrofahrzeugs oder eine Teilnahme an alternativen Mobilitätsprogrammen).
- Demontagefreundlichkeit, Standardisierung und Komponentenbauweise sollte eingefordert und, wo sinnvoll, gefördert werden, z. B. durch eine Erweiterung der Ökodesign-Richtlinie auf Fahrzeuge.
- Rechtliche Rahmenbedingungen und -möglichkeiten sollten auf Basis der aktuellen Technikentwicklung und vor dem Hintergrund absehbarer Umbrüche regelmäßig überprüft und weiterentwickelt werden.
- Kooperationen mit Schwellen- und Entwicklungsländern zum Aufbau umwelt- und sozialgerechter Demontage- und Recyclingstrukturen sollten, unter Einbindung der Automobilindustrie, gefördert werden.
- Im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit gilt es auch, die Einführung politischer Instrumente unterstützen, die einen angemessenen Betriebszustand gebraucht gehan-

delter Fahrzeuge und somit die Modernisierung der Fahrzeugflotte fördern. Importrestriktionen wie Altersbeschränkungen, Schadstoffgrenzen oder technische Mindeststandards, Steuern und Zölle für ältere Fahrzeuge sowie strengere Zulassungsverfahren in Abnehmerstaaten stellen hierfür wichtige Bausteine dar.

Experteninterviews

Semi-strukturierte Interviews wurden geführt mit:

- Dr. Henning Wilts, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
- Regina Kohlmeyer, Umweltbundesamt
- Ulrich Leuning, Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.
- Prof. Dr. Ralf Holzauer, Westfälische Hochschule
- Dr. Stefan Wöhrl Verband der Automobilindustrie

Literaturverzeichnis

Billatos, Samir B.; Basaly, Nadia A. (1997): Green technology and design for the environment. London: Taylor & Francis.

Blume, Tillmann; Freimann, Jürgen; Mauritz, Carsten; Walther, Michael (2008): Auto, Motor, Schrott. Über die Schließung globaler Stoffkreisläufe am Lebensende. In: *Ökologisches Wirtschaften* 2008, 2008 (4), S. 43–46. Online verfügbar unter www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/.../596/596, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Blume, Tillmann; Gattermann, Jana (2009): Pfandsysteme zur Sicherung der Ziele der Altfahrzeugverordnung. In: *Umwelt- und Planungsrecht (UPR)* (Heft 2), S. 53–56.

Buchert, Matthias; Hermann, Andreas; Dr. Jenseits, Wolfgang; Dr. Stahl, Hartmut; Osyguß, Bianca; Dr. Hagelüken, Christian (2007): Verbesserung der Edelmetallkreisläufe: Analyse der Exportströme von Gebrauchtpkw und -Elektro(nik)geräten am Hamburger Hafen. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben. Förderkennzeichen 363 01 133. Hg. v. Öko-Institut e.V. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verbesserung-edelmetallkreislaeufe-analyse>, zuletzt aktualisiert am 15.02.2016, zuletzt geprüft am 15.02.2016.

Buchert, Matthias; Manhart, Andreas (2013): Globale Kreislaufführung strategischer Metalle: Best-of-two-Worlds Ansatz (Bo2W). In: K. J. Thomé-Kozmiensky und D. Goldmann (Hg.): Recycling und Rohstoffe. Band 6. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 419–431.

Buchert, Matthias Dr.; Manhart, Andreas; Mehlhart, Georg Dr.; Degreif, Stefanie; Meskers, Christina Dr. Ir.; Picard, Marcel et al. (2016): Auf dem Weg zu nachhaltigem Recycling von Elektroschrott und Altfahrzeugen in Entwicklungsländern. "Lessons learned" der Implementierung des Best-of-two-Worlds Konzeptes in Ghana und Ägypten. Freiburg. Online verfügbar unter <http://www.oeko.de/publikationen/p-details/auf-dem-weg-zu-nachhaltigem-recycling-von-elektroschrott-und-alfahrzeugen-in-entwicklungslaendern/>.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (Hg.): Umweltprämie. Online verfügbar unter <http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/umweltpraemie/index.html>, zuletzt geprüft am 08.11.2016.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): Erlass zur AltfahrzeugeVO. Online verfügbar unter https://www.bmlfuw.gv.at/greentec/abfallressourcen/abfall-altlastenrecht/awg-verordnungen/altf_vo.html, zuletzt geprüft am 04.04.2016.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB); Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2015): Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2013 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG. Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/jahresbericht_alfahrzeug_2013_bf.pdf, zuletzt geprüft am 15.02.2016.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2016): Automobilindustrie. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/DE/Themen/Wirtschaft/branchenfokus,did=195924.html>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Bundesregierung (Hg.) (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht 2012. Online verfügbar unter http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/Nachhaltigkeitswiederhergestellt/2012-05-21-fortschrittsbericht-2012-barrierefrei.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt aktualisiert am 2012, zuletzt geprüft am 10.06.2015.

Bundestag (2014): 17.12.2014: Weiterentwicklung der Produktverantwortung. Bundestag. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bundestag.de/ausschuesse18/gremien18/nachhaltigkeit/presse/20141217/358844>, zuletzt geprüft am 30.11.2016.

Centraal Bureau voor de Statistiek (2016): Motorvoertuigenpark; inwoners, type, regio, 1 januari. Centraal Bureau voor de Statistiek. Den Haag. Online verfügbar unter <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7374hvv&D1=0-1&D2=a&D3=l&VW=T>, zuletzt geprüft am 30.11.2016.

DEKRA (2016): Dekra Reparatur Stundensatz. Stuttgart. Online verfügbar unter http://www.dekra.de/de/reparaturstundensatz?p_p_id=DRS_WAR_DRS&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&DRS_WAR_DRS_struts_action=%2FDRS%2Fshow_results_redirect, zuletzt geprüft am 11.03.2016.

Der Spiegel (1954): Gebrauchtwagen: Ein neuer Exportzweig. In: *Der Spiegel* (38), S. 15.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Wuppertal Institut (2015): STROMbegleitung. Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität. Abschlussbericht des Verbundvorhabens. Online verfügbar unter http://www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/2015/DLR_Stuttgart_STROMbegleitung_Abschlussbericht.pdf, zuletzt geprüft am 01.12.2016.

Europäische Kommission (2011): Guidelines - Waste shipments - Environment. Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 9: Verbringung von Altfahrzeugen. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/environment/waste/shipments/guidance.htm>, zuletzt aktualisiert am 30.03.2016, zuletzt geprüft am 25.04.2016.

EUWID Recycling (2016): Niederlande erfüllt Quoten für Altautos. Online verfügbar unter <http://www.euwid-recycling.de/news/international/einzelansicht/Artikel/niederlande-erfuellt-quoten-fuer-altautos.html>, zuletzt aktualisiert am 14.07.2016, zuletzt geprüft am 30.11.2016.

Fack, Dietmar (2000): Automobil, Verkehr und Erziehung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Fuchs, Martina (2005): Wo stirbt ein Auto? Wertschöpfungsketten von Altautos. Wertschöpfungsketten von Altautos. In: *Geografische Rundschau* (57), S. 48–53, zuletzt geprüft am 07.03.2016.

Gude, Maik; Meschut, Gerson; Zäh, Michael; Lieberwirth, Holger (2015): ForelStudie Chancen und Herausforderungen im ressourceneffizienten Leichtbau für die Elektromobilität. Dresden: FOREL.

Holzhauser, Ralf (2015): Altauto-Demontage. Bisherige Entwicklungen und Realität. Online verfügbar unter http://www.vivis.de/phocadownload/2015_rur/2015_RuR_149-172_Holzhauser.pdf, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

Höpfner, Ulrich; Hanusch, Jan; Lambrecht, Udo (2009): Abwrackprämie und Umwelt. Eine erste Bilanz. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu). Heidelberg. Online verfügbar unter <http://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=676630>.

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA) (2016): Production Statistics. Hg. v. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA). Paris. Online verfügbar unter <http://www.oica.net/category/production-statistics/>, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Janischweski, Jörg; Mikael P. Henzler, Mikael P.; Kahlenborn, Walter (2003): Gebrauchtgüterexporte und Technologietransfer. Ein Hindernis für nachhaltige Entwicklung in Entwicklungs- und Schwellenländern. Eine Studie im Auftrag des Rates für Nachhaltige Entwick-

lung. Online verfügbar unter http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Studie_Gebrauchtgueterexporte_und_Technologietransfer_03.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Klemm, Friedrich (1929): Die Hauptprobleme der Entwicklung der deutschen Automobilindustrie in der Nachkriegszeit und der Wettbewerb dieser Industrie mit dem Ausland, insbesondere mit den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Berlin: Berlin : Dalmer.

Kohlmeyer, Regina (2016): Verbleib von 1,2 Millionen stillgelegten Pkw unklar? – Überlegungen zum tatsächlichen Verbleib. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/255504/09-Kohlmeyer-uba_verbleib_von_alfahrzeugen_lubw_kolloquium_2016-internet.pdf?command=downloadContent&filename=09-Kohlmeyer-uba_verbleib_von_alfahrzeugen_lubw_kolloquium_2016-internet.pdf, zuletzt geprüft am 30.11.2016.

Kohlmeyer, Regina; Groke, Matthias; Sander, Knut; Bergamos, Maik (2015): Perspektiven der zunehmenden Fahrzeugelektronik für das Altfahrzeugrecycling. In: K. J. Thomé-Kozmiensky und D. Goldmann (Hg.): Recycling und Rohstoffe. Band 8. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky. Online verfügbar unter http://www.vivis.de/phocadownload/2015_rur/2015_RuR_183-206_Kohlmeyer.pdf, zuletzt geprüft am 03.04.2016.

Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) (Hg.) (2016): Neuzulassungen. Online verfügbar unter http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/neuzulassungen_node.html, zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Lieberwirth, Holger; Krampitz, Thomas (2015): Entwicklungstendenzen für den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen im Fahrzeugbau und Auswirkungen auf das Recycling. In: K. J. Thomé-Kozmiensky und D. Goldmann (Hg.): Recycling und Rohstoffe. Band 8. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 207–218.

Manhart, Andreas (2011): International Cooperation for Metal Recycling From Waste Electrical and Electronic Equipment. In: *Journal of Industrial Ecology* 15 (1), S. 13–30. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00307.x.

Mehlhart, Georg; Merz, Cornelia; AKKERMANS, Lars; Jordal-Jorgensen, Jorgen (2011): European second-hand car market analysis. Final Report. Darmstadt. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/docs/2010_2nd_hand_car_en.pdf, zuletzt aktualisiert am 24.02.2016.

Neumaier, Dorothee (2013): Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement im Dritten Reich. In: *Journal of New Frontiers in Spatial Concepts* 5, S. 49–67. Online verfügbar unter http://ejournal.uvka.de/spatialconcepts/wp-content/uploads/2013/07/spatialconcepts_article_1715.pdf, zuletzt geprüft am 29.11.2016.

Office of Technology Assessment; Congress of the U.S (Hg.) (1992): Green Products by Design. Choices for a Cleaner Environment. Washington, D.C.

Ökopol; Wuppertal Institut; KIC Umweltberatung; Sanden, Joachim; RETEK, eCar (2016): Verbleib von Altfahrzeugen. Abschlussfachgespräch zum Projekt „Entwicklung von Lösungsvorschlägen, einschließlich rechtlicher Instrumente, zur Verbesserung der Datenlage beim Verbleib von Altfahrzeugen“ (FKZ 3714 33 315 O) am 15.06.2016 im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorschutz, Berlin. Umweltbundesamt. Berlin.

Pelletiere, Danilo (2001): The Economics of downcycling: an overview with illustration from the international used car trade. Paper presented at The Science & Culture of Industrial Ecology ISIE 2001 Meeting, 12-14 November 2001, Leiden, The Netherlands. Leiden. Online verfügbar unter

<http://home.earthlink.net/~dpelleti/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/pelletieredowncycling.pdf>, zuletzt geprüft am 04.04.2016.

PriceWaterHouseCooper (2013): Look Mom, No Hands! Forging into a brave new (driverless) world. Delaware (Autofacts). Online verfügbar unter <http://www.detroitchamber.com/wp-content/uploads/2012/09/AutofactsAnalystNoteUSFeb2013FINAL.pdf>, zuletzt geprüft am 01.12.2016.

Schlupe, M.; Manhart, Andreas; Osibanjo, O.; Rochat, D.; Isarin, N.; Müller, E. (2011): Where are WEee in Africa? Findings From the Basel Convention E-Waste Africa Programme. Genf. Online verfügbar unter http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/pub/WhereAreWeeInAfrica_ExecSummary_en.pdf.

Schmid, Dieter; Zur-Lage, Lutz (2014): Perspektiven für das Recycling von Altfahrzeugen. Moderne Fahrzeuge und angepasste Recyclingverfahren. In: K. J. Thomé-Kozmiensky und D. Goldmann (Hg.): Recycling und Rohstoffe. Band 7. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 105–126.

Scholz, Fred (2000): Perspektiven des „Südens“ im Zeitalter der Globalisierung. In: *Geographische Zeitschrift* 88 (1), S. 1–20.

Sepúlveda, Alejandra; Schlupe, Mathias; Renaud, Fabrice G.; Streicher, Martin; Kuehr, Ruediger; Hagelüken, Christian; Gerecke, Andreas C. (2010): A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling. Examples from China and India. In: *Environmental Impact Assessment Review* 30 (1), S. 28–41. DOI: 10.1016/j.eiar.2009.04.001.

Soo, Vi Kie; Compston, Paul; Doolan, Matthew (2015): Interaction between New Car Design and Recycling Impact on Life Cycle Assessment. In: *Procedia CIRP* 29, S. 426–431. DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.055.

Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (Hg.) (2016): Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Monate, Land, Warenverzeichnis (8-Steller). Code 51000-0017. Online verfügbar unter https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=EF903C42B91870816E380EACA8001086.tomcat_GO_2_3?operation=abrufstabellenVerzeichnis, zuletzt geprüft am 20.08.2016.

Trinh, Tamara; Voss, Silja; Dyck, Steffen (2006): Chinas Rohstoffhunger. Auswirkungen auf Afrika und Lateinamerika. Deutsche Bank Research. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000200146.PDF, zuletzt geprüft am 06.08.2016.

von Fink, Zoé; Manhart, Andreas (2016): Das Geschäft mit dem Schrott. Elektroschrottberge in afrikanischen Großstädten sind auch unser Problem. In: *Internationale Politik (IP)* 2016 (November/Dezember), S. 108–115.

Wallau, Frank (2001): Kreislaufwirtschaftssystem Altauto: Eine empirische Analyse der Akteure und Märkte der Altautoverwertung in Deutschland: Springer-Verlag.

Wang, Feng; Huisman, Jaco; Meskers, Christina E. M.; Schlupe, Mathias; Stevels, Ab; Hagelüken, Christian (2012): The Best-of-2-Worlds philosophy: developing local dismantling and global infrastructure network for sustainable e-waste treatment in emerging economies. In: *Waste management (New York, N.Y.)* 32 (11), S. 2134–2146. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.03.029.

Wilts, Henning; Bleischwitz, Raimund; Sanden, Joachim (2010): Ein Covenant zur Schließung internationaler Stoffkreisläufe im Bereich Altautorecycling. Abschlussbericht des Ar-

beitspakets 3 des Projekts "Materialeffizienz und Ressourcenschonung" (MaRes). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH. Wuppertal. Online verfügbar unter http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/MaRes_AP3_5.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2016.