

# Vergleich und Bewertung der Effizienz von Rücknahmeorganisationen für Elektro-Altgeräte in 32 Ländern mit dem Fokus auf Geräten der Informationstechnologie

1. Juni 2025

## Vorgelegt von:

Dipl.-Geol. Klaus Hieronymi (TU Dortmund, Fakultät Raumplanung)

## Betreuer:

Sen. Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich (TU Dortmund, Fakultät Raumplanung)

## Zweitgutachter:

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann (TU Clausthal, Institut f. Rohstoffaufbereitung und Recycling)

## Vorsitzender der Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. Dietwald Gruehn (TU Dortmund, Fakultät Raumplanung)

- **Stichworte:** *Erweiterte Herstellerverantwortung, Effizienz, Elektroaltgeräte, WEEE, Rücknahmeorganisationen, internationaler Vergleich*
- **Keywords:** *Extended Producer Responsibility (EPR), Efficiency, E-Waste, WEEE, Producer Responsibility Organization, International Comparison*

## Vorwort

Mein Dank gilt allen voran meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, der mich, nach über 30 Jahren Beschäftigung in der freien Wirtschaft, mit viel Geduld zum wissenschaftlich-akademischen Arbeiten führte.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann (TU Clausthal) danke ich für anregende Gespräche zum Thema Altgeräterecycling und Bereitschaft zur Übernahme des Zweitgutachtens. Prof. Dr.-Ing. Dietwald Gruehn gebührt mein Dank für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Bei Herrn Dr. Lukas Gast (INZIN) möchte ich mich für die hervorragende Unterstützung bei der Strukturierung der Dissertation und der formalen Ausgestaltung bedanken.

Meine Tochter Tessa war mir eine große Hilfe durch Hinweise zur Grammatik und Rechtschreibung, danke dafür. Meinem Schwiegersohn Dominik danke ich für seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen. Dank gilt auch meinem Sohn Justus, der mich in die aktuellen Zitierregeln in wissenschaftlichen Arbeiten einwies und meine Berechnungen überprüfte.

Last but not least bedanke ich mich bei meiner Frau Ulrike, die mich in all den Jahren, in denen ich an meiner Dissertation arbeitete, unterstützte und mich, wenn ich nahe am Aufgeben war, zur Weiterarbeit motivierte. Ohne sie wäre diese Dissertation nicht entstanden.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meinem weiteren familiären Umfeld bedanken, die einen manchmal durch die Arbeit gestressten Vater ertragen mussten.

Ich widme diese Dissertation meinen Eltern, die es mir ermöglichten, als Erstem in der Familie eine akademische Ausbildung abzuschließen, ohne die es diese Dissertation nicht gegeben hätte.

Vielen Dank an Alle, ohne Euch hätte ich diesen Marathon nicht geschafft!

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	i
Inhaltsverzeichnis.....	ii
Zusammenfassung .....	v
Anmerkungen .....	viii
1. Einleitung.....	1
1.1 Elektroaltgeräte und die Erweiterte Herstellerverantwortung .....	1
1.2 Historischer Überblick .....	3
1.3 Motivation zur Effizienzanalyse.....	9
2. Stand der Literatur.....	12
2.1 Übersicht über Veröffentlichungen.....	12
2.2 Veröffentlichungen zum ökonomischen Umfeld der Elektroaltgeräte-Rücknahme .....	12
2.3 Diskussion publizierter Forschungsergebnisse zur Effizienz von Rücknahmeorganisationen.....	16
2.4 Forschungslücke .....	21
3. Methodik des Effizienzvergleichs .....	23
3.1 Definition „Effizienz“ im Zusammenhang mit Rücknahmeverpflichtungen für Elektro- Altgeräte .....	23
3.2 Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen .....	25
3.2.1 Fixkosten .....	25
3.2.2 Variable Kosten .....	26
3.2.2.1 Sammelkosten .....	26
3.2.2.2. Transport- und Logistikkosten.....	26
3.2.2.3 Kosten der Behandlung .....	26
3.2.2.4 Sammelrate .....	27
3.2.2.5 Zusätzliche Services.....	29
3.2.3 Gesamtkosten .....	29
3.2.4 Produkt-Mix .....	30
3.2.5 Abschätzung des Einflusses von anderen Parametern .....	32

3.3 Preismodelle.....	33
3.3.1 Vorgezogene Rücknahmegebühren je Gerät (ARF).....	33
3.3.2 Vorgezogenen Rücknahmegebühren je Gewichtseinheit .....	35
3.3.3 Rechnungsstellung nach der abgeholten Masse (ACT) .....	36
3.4 Anpassung der Preismodelle für den Effizienzvergleich .....	38
3.5 Normierung von Rücknahmepreisen zur Minimierung externer Faktoren .....	40
3.5.1 Normierung auf der Basis der Behandlungskosten .....	40
3.5.2 Normierung auf Behandlungskosten und Sammelrate .....	42
3.5.3 Validierung des Ansatzes mithilfe eines t-Tests .....	43
<b>4. Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte....</b>	<b>45</b>
4.1 Vergleich der Effizienz von zwei Rücknahmeorganisationen (Belgien/Schweiz).....	45
4.1.1 Minimierung des Einflusses externer Faktoren auf die Effizienz von RECUPEL und SWICO .....	46
4.1.1.1 Unterschiedliche Währungen und Umsatzsteuer .....	47
4.1.1.2 Unterschiedliche Behandlungskosten.....	48
4.1.1.3 Zusätzliche Services.....	50
4.1.1.4 Unterschiedliche Sammelmengen.....	53
4.1.1.5 Unterschiedliche Beteiligung an den Sammelkosten.....	55
4.2 Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen aus 32 Ländern .....	57
4.2.1 Konvertierung der unterschiedlichen Preis-Modelle.....	58
4.2.2. Besonderheiten von Japan, China, Dänemark, Kanada, USA und Schweden .....	59
4.2.3 Ergebnisse des Vergleichs der Effizienzparameter der untersuchten Rücknahmeorganisationen .....	61
4.2.3.1 Vergleich der (nicht modifizierten) Rücknahmepreise.....	61
4.2.3.2 Übersicht über die Rücknahmepreise der untersuchten Länder, normiert auf die Behandlungskosten ( <i>RK2</i> ).....	65
4.2.3.3 Normierung der Rücknahmekosten unter Einbeziehung der Behandlungskosten und der Sammelrate ( <i>RK3</i> ) .....	69
4.2.4 Nicht quantifizierbare Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen .....	70
4.2.4.1 Zusätzliche Leistungen .....	70
4.2.4.2 Sammelkosten .....	71

4.2.4.3	Unterschiedliche Behandlungskosten Hersteller / Rücknahmeorganisationen.....	71
4.2.4.4	Preisgruppenstruktur .....	71
4.2.5	Externe Einflüsse: Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen .....	75
4.2.6	Ergebnis der Statistischen Absicherung.....	78
4.3	Analyse .....	79
4.3.1	Vergleich Belgien/Schweiz .....	79
4.3.2	Analyse des Effizienzvergleichs von 32 Ländern.....	81
4.3.3	Andere Einflussfaktoren .....	83
4.3.3.1	Produktgruppenstrukturen .....	83
4.3.3.2	Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen.....	84
4.3.3.3	Abschätzung von nicht quantifizierbaren Einflussfaktoren.....	85
5.	Diskussion der Ergebnisse .....	88
5.1.	Ergebnisse des Effizienzvergleichs von Rücknahmeorganisationen .....	88
5.1.1	Vergleich Belgien-Schweiz .....	89
5.1.2	Vergleich von 32 Ländern .....	89
5.2	Einflussfaktoren, die zur besseren Effizienz beitragen .....	90
5.3	Effizienz-Transparenzinitiative .....	93
5.4	ECO-Modulation .....	94
6.	Schlussfolgerungen .....	98
7.	Literaturverzeichnis .....	102
8.	Anhang .....	113
8.1	Tabellenverzeichnis .....	113
8.2	Glossar .....	121
8.3	Abkürzungsverzeichnis .....	125

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Zusammenfassung

### Zusammenfassung

Die Strategie der Erweiterten Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility, EPR) verfolgt das Ziel, Hersteller zu umweltgerechteren Produktgestaltungen zu motivieren, indem sie für die Sammlung und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten verantwortlich gemacht werden. Hersteller, die recyclingfreundliche Gestaltungsprinzipien (Design for Recycling, DFR) berücksichtigen, sollen durch reduzierte Rücknahmekosten begünstigt werden, während Hersteller mit weniger nachhaltigen Designs höhere Kosten tragen müssen.

Das Konzept der EPR wurde in den 1980er-Jahren an der Universität Lund in Schweden entwickelt (Lindhqvist et al., 1990) und 1991 erstmals in Deutschland durch die Verpackungsverordnung implementiert. Die aktuelle europäische Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (2012/19/EU) bildet die rechtliche Grundlage für entsprechende Rücknahmepflichten in zahlreichen weiteren Ländern. In der Praxis beauftragen Hersteller sogenannte Rücknahmeorganisationen (Producer Responsibility Organisations, PROs), welche die Sammlung und Behandlung der Altgeräte gemäß den jeweiligen nationalen Vorschriften organisieren.

Internationale Hersteller berichten von erheblichen Kostenunterschieden bei der Rücknahme von Altgeräten in verschiedenen Ländern. So belaufen sich die Rücknahmekosten in Deutschland bei den befragten Unternehmen lediglich auf 0,02 % des Umsatzes, während sie in Taiwan 0,79 % erreichen.

In der wissenschaftlichen Literatur wurden bislang verschiedene Ansätze zur Effizienzmessung von Rücknahmeorganisationen diskutiert. Diese fokussieren sich in der Regel auf europäische Organisationen und analysieren Durchschnittskosten entweder Kategorie übergreifend oder produktspezifisch (z. B. Sousa et al., 2018; Ahlers et al., 2021). Die vorliegende Untersuchung erweitert diese Perspektive durch eine erstmals globale Effizienzanalyse von 32 Rücknahmeorganisationen im Bereich von IT-Geräten. Der Fokus liegt hierbei auf der Effizienz aus Sicht der Hersteller, für die insbesondere die durch die Rücknahme verursachten Kosten von Relevanz sind. Andere Stakeholder, wie beispielsweise staatliche Akteure, könnten hingegen zusätzliche Kriterien wie Beschäftigungseffekte oder Standortverlagerungen der Recyclingwirtschaft in strukturschwache Regionen berücksichtigen.

Ziel der Analyse war ein internationaler Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen unter Berücksichtigung der Rücknahmepreise sowie weiterer relevanter Parameter wie Produktmix, Behandlungskosten und Sammelmengen.

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Zusammenfassung

Im ersten Analyseschritt wurden Rücknahmepreise für ein standardisiertes Produktportfolio bestehend aus vier Druckern, zwei Notebooks und drei Monitoren aus unterschiedlichen Preissegmenten erhoben. Der auf diesen Daten basierende Effizienzfaktor  $RK_1$  ermöglicht eine Vergleichbarkeit der Rücknahmekosten unabhängig vom nationalen Produktmix.

Um die z.T. erheblichen Unterschiede der lokalen Behandlungskosten zu neutralisieren, wurde in einem zweiten Schritt ein einheitlicher Referenzwert für die Behandlungskosten verwendet. Dieser Referenzwert entspricht dem Mittelwert der Behandlungskosten aller 32 untersuchten Länder. Daraus wurde der Effizienzparameter  $RK_2$  abgeleitet, der die Rücknahmepreise um die lokalen Behandlungskostenunterschiede bereinigt.

Ein dritter Effizienzparameter ( $RK_3$ ) integrierte zusätzlich die nationalen Sammelraten, um die Rücknahmepreise auch im Verhältnis zur tatsächlichen Rücklaufmenge der Geräte zu bewerten.

Die Analyse zeigte, dass insbesondere die Wettbewerbssituation im jeweiligen Land sowie das Preismodell der Rücknahmeorganisationen entscheidende Einflussfaktoren für deren Effizienz darstellen. In Ländern mit nur einer aktiven Rücknahmeorganisation waren die Rücknahmepreise im Durchschnitt mehr als doppelt so hoch wie in Ländern mit konkurrierenden Organisationen. Diese Unterschiede spiegelten sich konsistent in den normierten Effizienzparametern  $RK_2$  und  $RK_3$  wider.

Ausnahmen von diesem Muster bildeten jedoch Belgien und Luxemburg, wo trotz fehlenden Wettbewerbs vergleichsweise niedrige Rücknahmepreise festgestellt wurden. Dies könnte auf eine starke Einflussnahme von Herstellern innerhalb der jeweiligen Organisationen zurückzuführen sein, die regelmäßig internationale Benchmarks initiieren.

Die Ranglisten der Länder ermöglichen eine erste Einschätzung der Effizienzunterschiede. So belegt Italien im direkten Preisvergleich ( $RK_1$ ) einen Platz im oberen Drittel, was primär auf niedrige lokale Behandlungskosten zurückzuführen ist. Nach der Normalisierung dieser Kosten ( $RK_2$ ) fällt Italien in das untere Drittel der Rangliste. Im Gegensatz dazu erreicht Taiwan, das im Preisvergleich ( $RK_1$ ) den 30. von 32 Plätzen belegt, nach Berücksichtigung der hohen lokalen Behandlungskosten ( $RK_2$ ) den 6. Rang.

Die vorliegende Untersuchung identifizierte zudem erhebliche Kostenverschiebungen durch die Struktur der Preisgruppen für Rücknahmegebühren, beispielsweise nach Gewichtsklassen. In einem Beispiel konnten Kostenunterschiede von bis zu 300 % bei identischen Rahmenbedingungen allein durch die Gestaltung der Preisgruppen nachgewiesen werden.

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Zusammenfassung

Die Ergebnisse bieten erste Hinweise auf potenzielle Effizienzreserven einzelner Rücknahmeorganisationen. Sie berücksichtigen jedoch nicht systematisch mögliche Quersubventionierungen durch unterschiedliche Rücklaufmengen anderer Produktkategorien (z. B. Haushaltsgroßgeräte), die Rolle des „Informellen Sektors“, geographische Einflussfaktoren oder staatliche Subventionen. Darüber hinaus basiert die Normalisierung der Rücknahmepreise auf Behandlungskosten der herstellereigenen Rücknahme, über die in manchen Ländern nur geringe Mengen zurückgenommen werden; Rücknahmeorganisationen könnten aufgrund größerer Mengen und lokaler Präsenz abweichende Konditionen erhalten.

Zur langfristigen Effizienzsteigerung erscheint es sinnvoll, dass Rücknahmeorganisationen ihre Kostenstrukturen im Rahmen bilateraler oder multilateraler Benchmarks systematisch vergleichen. Eine ergänzende Initiative zur Effizienzbewertung durch eine neutrale Instanz könnte zudem Transparenz schaffen und Anreize zur Effizienzsteigerung setzen.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung ist, dass das originäre Ziel der EPR – die Förderung recyclingfreundlicher Produktgestaltung – in der Praxis nicht ausreichend erreicht wird. Insbesondere im Rahmen kollektiver Herstellerverantwortung, bei der sämtliche Hersteller gemeinsam für die Entsorgung aller Marken verantwortlich sind, profitieren Akteure mit geringem DFR-Engagement von den Investitionen anderer Hersteller. Eine Umstellung auf individuelle Herstellerverantwortung könnte zwar stärkere Anreize für DFR schaffen, jedoch sind die damit verbundenen Mehrkosten durch notwendige herstellerspezifische Sammel- und Behandlungssysteme nicht wirtschaftlich zu realisieren.

Ein möglicher Lösungsansatz besteht in der Modulation der Rücknahmekosten innerhalb kollektiver Systeme. Hierbei werden Herstellern mit hohem DFR-Engagement reduzierte Rücknahmekosten gewährt, während weniger engagierte Hersteller entsprechend höhere Beiträge entrichten. Eine effektive und marktneutrale Umsetzung dieses Ansatzes kann über eine Modulation der Rücklaufmengen erfolgen: Hersteller von DFR-optimierten Produkten wären für geringere Altgerätemengen verantwortlich, während andere Hersteller proportional größere Mengen übernehmen müssten. Diese Form der Abfallmengenmodulation vermeidet direkte finanzielle Eingriffe in die Rücknahmeorganisationen und reduziert den Bedarf an aufwendigen Ausgleichsmechanismen.

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Anmerkungen

### Anmerkungen

Um einen Bezug zur fast ausschließlich in Englisch abgefassten Literatur sicherzustellen, werden in diesem Text die eigentlichen Fachbegriffe bei der erstmaligen Erwähnung in Deutsch und in Englisch aufgeführt, später im Text nur in der deutschen Version. Für die Abkürzungen wird im Text aber weiterhin die englische Version benutzt. Zum Beispiel: „Erweiterte Herstellerverantwortung“ (Extended Producer Responsibility, EPR).

Es wurde darauf verzichtet, in jedem Fall die Wort-Kombination „Elektro- & Elektronik Altgeräte“ zu nutzen. Wenn in diesem Text der Begriff „Elektrogeräte“ bzw. „Elektroaltgeräte“ angewendet wird, so werden darunter, wenn nicht anders vermerkt, sowohl Elektrogeräte (z.B. Waschmaschinen, Kühlschränke, Küchenmaschinen) als auch Unterhaltungsgeräte wie Fernseher, aber auch Drucker, Notebooks oder der Kommunikationsgeräte (Smartphones) subsumiert. Für „mobile“ Computer werden im allgemeinen Sprachgebrauch unterschiedliche Begriffe genutzt (Laptop, Notebook). Diese Gerätegruppe wird in der vorliegenden Untersuchung mit „Notebook“ bezeichnet.

Im vorliegenden Text wird sowohl der Begriff „Menge“ als auch der Begriff „Masse“ verwendet. Während mit „Menge“ im Text die Anzahl von Produkten bezeichnet wird, wird der Begriff „Masse“ stets im Zusammenhang mit seinem naturwissenschaftlichen Ursprung, dem Gewicht einer Menge von Altgeräten oder deren Komponenten, verwendet.

Mit „Hersteller“ oder „Produzenten“ werden in dieser Untersuchung, gemäß der Definition der WEEE-Direktive 2012/19/EU (European Parliament and Council, 2019) alle Unternehmen bezeichnet, die Geräte in einem Land erstmals „in den Verkehr bringen“ (Put On Market, POM) bzw. vermarkten. Dies können sowohl Marktteilnehmer sein, die Geräte lokal herstellen, oder solche, die Produkte importieren oder vertreiben.

In dieser Arbeit werden die Begriffe „Kosten“ und „Preise“ vielfach parallel genutzt. Dem Verfasser ist bewusst, dass beide Begriffe betriebswirtschaftlich eine durchaus andere Bedeutung haben. Während es sich bei Preisen um Beträge handelt, die z.B. ein Unternehmen einem anderen für Produkte oder Dienstleistungen in Rechnung stellt, entstehen Kosten in einem Unternehmen zur Produktion der Dienstleistungen bzw. Produkte. Die Preise eines Unternehmens können aber gleichzeitig Kosten für ein anderes Unternehmen darstellen, das Waren oder Dienstleistungen bei ihm einkauft. Es kommt also immer auf die Sichtweise an, ob ein Betrag ein „Preis“ ist oder als „Kosten“ bezeichnet werden soll. In der vorliegenden Untersuchung wird versucht, die beiden Begriffe in ihrer ursprünglichen Definition zu benutzen. Das gelingt aber nicht in allen Fällen, da derselbe Betrag sowohl „Kosten“ für einen Hersteller und gleichzeitig der für eine Rücknahme geforderte „Preis“ einer Rücknahmeorganisation sein kann.

Weitere Hinweise zur Klärung der verwendeten Begriffe finden sich im Glossar und im Abkürzungsverzeichnis (Kapitel 8.2).

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Anmerkungen

Für die Berechnung der lokalen Behandlungskosten standen keine öffentlich zugänglichen Daten zur Verfügung. Einige Hersteller aus dem untersuchten Segment haben jedoch ihre Behandlungskosten von Eigenrücknahmen unter der Bedingung, dass diese Daten, die von den Quellen als sensitiv oder vertraulich eingestuft werden (z.B. Rücknahmekosten nach dem ACT-Preismodell (Kap. 3.3.3)), für diese Untersuchung anonymisiert bzw. aggregiert wurden, zur Verfügung gestellt. Somit wird sichergestellt, dass alle Beteiligten, die Daten für diese Untersuchung bereitstellten, davon ausgehen können, dass der von ihnen gewünschte Vertraulichkeitsstatus eingehalten wurde. Aus diesem Grund wurden auch die Namen von Firmen und andere Quellen dieser Daten, soweit sie nicht öffentlich zugänglich waren, in dieser Untersuchung nicht genannt. Die verwendeten Daten wurden, wenn nicht anderes vermerkt, 2020 und 2021 erhoben.

Die vorliegende Arbeit fokussiert sich im Wesentlichen auf die Betrachtung der Effizienz aus Sicht eines Herstellers, die den Preisen, die er für die Übernahme seiner Rücknahmeverpflichtungen zahlen muss, zugrunde liegt. Bei Beträgen, die mit „\$“ bezeichnet sind, handelt es sich um US-Dollar.

## 1. Einleitung

Seit den 1960er Jahren stiegen die Absatzzahlen für elektrische (und später elektronische) Geräte signifikant. Neue Technologien ermöglichten leistungsfähige, bedienungsfreundliche Produkte, die für breite Bevölkerungsschichten erschwinglich wurden. Der Ersatz defekter Geräte, aber auch Technologiesprünge (wie z.B. Übergang von Schwarz/Weiß- zu Farbfernsehern) und geändertes Konsumentenverhalten (Mobiltelefon als Statussymbol), führten seit den 1990er Jahren zu einem signifikanten Wachstum des Abfalls von Elektrogeräten. So gibt der „Global E-Waste Monitor“ der UN (Forti et al., 2020) an, dass „Waste from Electrical and Electronic Equipment“ (WEEE) mit 21% jährlichem Wachstum der weltweit am stärksten wachsende Abfallstrom ist und 5% des weltweiten Abfalls (Solid Waste) repräsentiert (Hazra et al., 2019). So betrug das Aufkommen von Elektroaltgeräten im Jahr 2021 in der EU fast 5 Millionen Tonnen (EUWID, 2023).

In den folgenden Abschnitten wird zunächst das Prinzip der Erweiterten Herstellerverantwortung beschrieben und die historische Entwicklung von einem akademischen Prinzip zur Basis der Abfallgesetzgebung in der EU und vielen anderen Ländern dargestellt. Eine Erläuterung der Motivation zu dieser Untersuchung schließt dieses Kapitel ab.

### 1.1 Elektroaltgeräte und die Erweiterte Herstellerverantwortung

Elektro-Altgeräte stellen, wenn sie nicht fachgerecht behandelt werden, eine Gefahr für die Umwelt und die Gesundheit der Bevölkerung dar (Khurram et al., 2011). So können in Elektrogeräten enthaltene Schadstoffe, wie z.B. Blei, Cadmium und andere Schwermetalle bei einer Deponierung das Grundwasser direkt kontaminieren. Noch gravierender sind aber Emissionen durch unsachgemäße Behandlung von Elektroschrott wie z.B. die Separation werthaltiger Metalle von Kunststoffen durch unkontrolliertes Verbrennen der Geräte (Freisetzung von Dioxinen) oder Trennung von Edelmetallen durch Quecksilber oder Cyanide in „Hinterhof-Operationen“, beides weitverbreitete Verfahren in Ländern des Globalen Südens (Islam et al., 2020; Cesaro et al., 2017). Durch unsachgemäße Behandlung gehen auch wertvolle Rohstoffe verloren. Der Gesamtwert in Elektroaltgeräten enthaltenen Wertstoffe wird für das Jahre 2019 auf 57 Millionen Dollar geschätzt (Forti et al., 2020).

Bereits in den 1980er Jahren wurden Lösungsmöglichkeiten für das Problem der steigenden Abfälle diskutiert, dass sich durch den zunehmenden Mangel an geeigneten Deponien, der damals gängigen Entsorgungsmethode, noch verschärfte. Mit dem Prinzip der „Erweiterten Produzentenverantwortung“ (Extended Producer Responsibility, EPR) stellte Thomas Lindqvist eine neue Strategie vor, um das Abfallmanagement in der Zukunft zu verbessern (Lindhqvist et al., 1990; Khetriwal et al., 2009). Seine Thesen basierten auf dem „Verursacherprinzip“ (Producer Pays Principle), das in den Regeln der OECD schon 1972

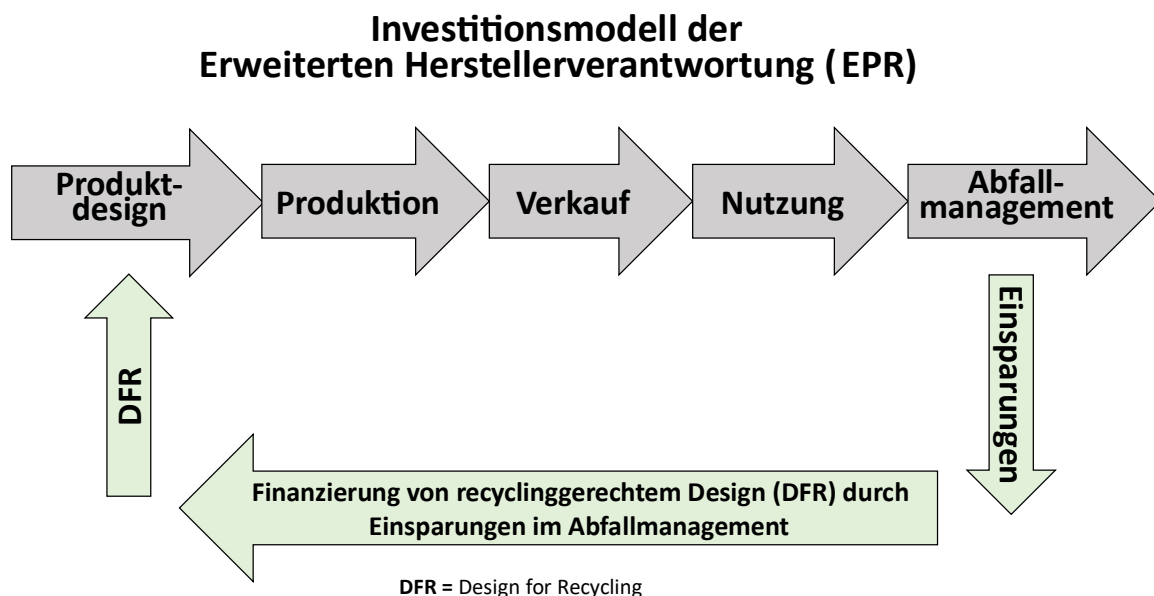
# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Einleitung

(OECD, 1972) festgelegt wurde. Danach haftet der Verursacher für alle (Umwelt-) Schäden, die durch sein Handeln (oder Unterlassen) entstehen, eine Regel, die die Basis der Umweltgesetzgebung in der EU und vieler anderer Länder bildete.

Das primäre Ziel der Erweiterten Produzentenverantwortung ist es, durch Änderungen im Produktdesign zur Abfallvermeidung (z.B. Langlebigkeit) und der besseren Behandlung von Abfällen beizutragen. Dazu erweitert ERP das Verursacherprinzip, in dem es den Herstellern die Verantwortung für das Abfallmanagement (Municipal Waste Management, MWM) (OECD, 2000) ihrer Produkte überträgt.

Mit der Übergabe der Verantwortung für die Entsorgung ihrer Produkte an die Hersteller, führt eine auf der Erweiterten Produzentenverantwortung basierende Gesetzgebung erstmals dazu, dass die bisher in der Verantwortung der Kommunen liegende Aufgabe, die Abfallentsorgung, für bestimmte Produkte (z.B. Verpackungen, Batterien, Elektroaltgeräte) an die Hersteller übergeht (Favot et al., 2022). Mit der Umsetzung der Erweiterten Produzentenverantwortung wurde somit das Prinzip verlassen, dass das Abfallmanagement ausschließlich dem Aufgabenbereich der öffentlichen Hand zuordnet (Favot et al., 2022).



**Abbildung 1:** Grundlegender Mechanismus der Finanzierung von Investitionen in recyclingfreundlichere Produkte durch die Einsparungen beim Abfallmanagement im Rahmen der Erweiterten Produzentenverantwortung (EPR)

Nach der These der Erweiterten Produzentenverantwortung werden Hersteller motiviert, in das recyclinggerechte Design ihrer Produkte (Design for Recycling, DFR) zu investieren, wenn sie dadurch mit Einsparungen bei den Kosten des Abfallmanagements, für das der Hersteller unter EPR die Verantwortung trägt, belohnt werden. Die eventuell entstehenden höheren

Entwicklungs- und Produktionskosten für recyclinggerechte Produkte würden durch Einsparungen bei den Entsorgungskosten kompensiert werden. Eine schematische Darstellung dieses Prinzips ist in Abbildung 1 zu finden.

Für den Konsumenten sollten durch die Erweiterte Produzentenverantwortung keine zusätzlichen Kosten entstehen. Eventuelle Preiserhöhungen der Produkte, bedingt durch die Übernahme der Entsorgungskosten durch die Hersteller, würden durch die daraus resultierenden niedrigeren Kosten der Kommunen für die kommunale Entsorgung, die zu geringeren bzw. geringeren Steigerungen der Abfallgebühren für den Bürger führen, ausgeglichen.

Der folgende Abschnitt beschreibt die Entwicklung vom akademischen Prinzip der Erweiterten Herstellerverantwortung bis zur Umsetzung in die Praxis in vielen Ländern sowie die Motivation der Politik, dieses Prinzip anzuwenden.

### 1.2 Historischer Überblick

In den 1970er Jahren befanden sich die Alternativen zur Deponierung, Recycling und der Einsatz selektierter Abfälle als Ersatzbrennstoff noch in frühen Entwicklungsstadien und verursachten, unter anderem durch die mangelnde Automatisierung und fehlende technische Einrichtungen der Behandlungsprozesse, wesentlich höhere Kosten als die Deponierung.

In diesem Spannungsfeld wurde das Prinzip der Erweiterten Produzentenverantwortung gerne von der Politik aufgegriffen. Es ermöglichte, die Kommunen von einem Teil der steigenden Kosten des Abfallmanagements zu entlasten und somit die direkte Last für den Bürger zu mindern bzw. den Anstieg der Entsorgungsgebühren zu minimieren.

Als erstes Land wurde die Erweiterte Produzentenverantwortung in Deutschland 1991 für Konsumenten-Verpackungen umgesetzt (VerpackV, 1991).

Die ursprüngliche Idee, dass die Kommunen weiterhin die Verantwortung für das operative Abfallmanagement von Verpackungen tragen und nur ihre Kosten an die Hersteller transferieren, wurde durch die Hersteller abgelehnt. Stattdessen bauten die Hersteller eine eigene Sammel- und Entsorgungslogistik für Verpackungsabfall auf, ein „Duales System“, das parallel zur weiterhin von den Kommunen betriebenen Management der anderen Abfallströme, operierte (Fischer & Arndt, 2007).

In die Erweiterte Produzentenverantwortung wurden nicht nur die eigentlichen Hersteller einbezogen. Der Begriff „Produzent“ subsumiert in den entsprechenden gesetzlichen Regelungen alle, die entweder ein Produkt in einem Land herstellen oder dort erstmals „auf den Markt bringen“ (Put on Market, POM), er schließt also Importeure und Großhändler ein (Directive 2012/19/EU, European Parliament and Council, 2019). In den folgenden Jahren stellten die Hersteller in Deutschland fest, dass die bestehende Organisationsstruktur, ein einziges Rücknahmesystem für Verpackungen, das alle Hersteller mangels Alternativen nutzen

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Einleitung

mussten, nicht ihren Bedürfnissen nach Flexibilität und Preisen entsprach. Unter dem Druck von großen Konsumartikel-/Lebensmittelherstellern, Recyclern und den nationalen und europäischen Kartellbehörden wurde es 2003 anderen Unternehmen gestattet, als eines von mehreren „Dualen Systemen“ ihre Entsorgungsleistungen für Verpackungen anzubieten (Kloiber, 2015).

Unmittelbar nach dem Erscheinen der ersten Wettbewerber zum DSD (Duales System Deutschland) konnten Hersteller feststellen, dass ihre Entsorgungsgebühren für Verpackungen signifikant sanken (Mayers, 2007; Hieronymi, 2023).

In den späten 1990er Jahren wurde das Prinzip der Erweiterten Produzentenverantwortung in Belgien, Schweden, den Niederlanden und der Schweiz auch auf den Abfallstrom mit dem größten Wachstum, den Abfall aus elektronischen und elektrischen Geräten angewandt (Forti et al., 2018; Cucchiella et al., 2015).

Die nationalen Gesetze in diesen Ländern und Entwürfe aus Deutschland bildeten die Basis der in 2003 verabschiedeten EU-Direktive „Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)“, die im Jahr 2012 erstmals revidiert wurde (Directive 2012/19/EU, European Parliament and Council, 2019).

Mit der WEEE-Direktive erhöhte sich die Aufmerksamkeit für das Thema Elektro-Altgeräte signifikant und führte zu zahlreichen, teils kontroversen Diskussionen, wie diese Verantwortung operativ umgesetzt werden sollte (Hieronymi, 2001).

Ob und in welchem Umfang die beiden Ziele der Erweiterten Produzentenverantwortung, Motivation der Produzenten zu recyclinggerechterem Design und Kosten-Entlastung der Kommunen erreicht wurden, kann zumindest für die Entlastung bei den kommunalen Entsorgungskosten positiv beschieden werden. Denn unter dem Prinzip der „Erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) werden Kosten, die im bisherigen System von den Kommunen zu tragen waren, von den Herstellern übernommen. Ob diese Regelungen allerdings Hersteller von Elektrogeräten dazu bewegt haben, in der Praxis recyclinggerechtere Produkte zu entwickeln, ist nicht nachzuweisen.

Grundsätzlich muss der Abfall aus elektronischen und elektrischen Geräten separat von anderen Abfällen gesammelt und behandelt werden. Nur so lässt sich die Kontamination der „anderen“ Abfälle durch Bestandteile von elektrischen/elektronischen Altgeräten und, und das ist entscheidend, auch die Verunreinigung von E-Schrott durch andere Abfälle vermeiden.

Altgeräte aus kommerzieller Nutzung (z.B. Server, große Drucker / Kopierer, kommerziell genutzte Waschmaschinen, Kühlanlagen) werden i.d.R. entweder von den Händlern bzw. den Herstellern zurückgenommen oder von Unternehmen, die im Gebrauchtmärkte für diese Geräte aktiv sind, aufgekauft. Die Altgeräte, die nicht wiederverwendungsfähig sind, werden wiederum von Recyclern erworben, da die Erlöse aus den, in diesen „kommerziellen“ Geräten, enthaltenen Rohstoffen in der Regel die Recyclingkosten übersteigen.

Der Markt für gebrauchte IT-Altgeräte kommerziellen Ursprungs in der EU betrug im Jahr 2015 6,9 Milliarden \$ (Hieronymi, 2016).

Für die Sammlung von Altgeräten aus Haushalten (und Kleingewerben) gibt es verschiedene Lösungsansätze (z.B. Sammelstellen, verschiedene Formen von Straßensammlungen). Die gesammelten Altgeräte werden, ggf. nach einer Konsolidierung, um wirtschaftliche Transportmengen zu erreichen, zu Recyclingbetrieben verbracht, wo sie nach Sortierung und Schadstoffentfrachtung in einzelne Material-Fractionen zerlegt werden.

Dies erfolgt in der Regel durch mechanische Zerkleinerung (Schreddern). In den weiteren Behandlungsschritten werden die Materialien weiter zerlegt, sortiert und aggregiert, bis sie eine Reinheit und Qualität erreichen, um ihren erfolgreichen Einsatz als Recyclingmaterial zu ermöglichen.

### Wesentliche Prozessschritte der Sammlung und Behandlung von Abfällen aus elektrischen/elektronischen Geräten

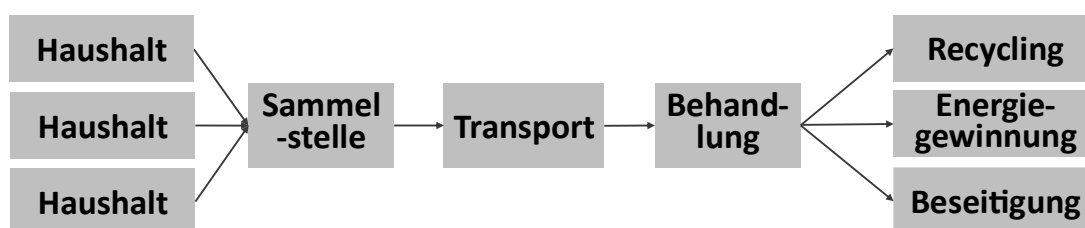


Abbildung 2: Übersicht über wesentliche Prozessschritte der Sammlung und Behandlung von Elektroaltgeräten

Materialien, die nicht recyclebar sind und einen hohen Brennwert enthalten, werden als alternative Brennstoffe eingesetzt. Die aus den Geräten entnommenen Gefahrstoffe werden in geeigneten Anlagen (z.B. Hochtemperaturverbrennung) neutralisiert, die Schlacken wie auch die nicht recyclingfähigen, aber unbrennbaren Gefahrstoffe (z.B. CRT-Glas) in speziellen Deponien sicher gelagert. Eine Übersicht über diese Prozessschritte ist in Abbildung 2 dargestellt.

In den meisten der untersuchten Länder sind an der Sammlung der Elektroaltgeräte kommunale Abfallsammelstellen beteiligt, zu denen die Bürger die Altgeräte bringen. Zunehmend werden auch Händler und andere Vertreiber verpflichtet, Altgeräte anzunehmen, die dann von den Rücknahmeorganisationen der Hersteller übernommen werden. Für

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Einleitung

Großgeräte (z.B. Waschmaschinen) bieten Händler meist an, das Altgerät bei der Auslieferung des Neugerätes zurückzunehmen.

In Korea werden z.B. Altgeräte nach Terminvereinbarung beim Kunden abgeholt, wobei immer mehrere Kunden zusammengefasst werden. Ein ähnliches System hat sich in Hongkong entwickelt, wo die Geräte von Sammelpunkten innerhalb der großen Wohnsiedlungen abgeholt werden. In Japan werden Notebooks und Monitore über von Herstellern beauftragten Kurierdienste direkt in der Wohnung eingesammelt.

In vielen Ländern mit einer geringen Beschäftigungsquote ist der „informelle Sektor“, Einzelpersonen oder Kleinstunternehmen, die Abfälle sammeln und verwerten, ein wichtiger Teilnehmer in der Sammlung von Elektro-Altgeräten (Tong et al., 2018). Während in einigen Ländern (z.B. Deutschland) das Sammeln von Elektroaltgeräten nur von Hersteller beauftragten Rücknahmeorganisationen und Kommunen erlaubt ist, verlangen anderen Länder (z.B. Süd Afrika) explizit die Einbeziehung des „Informellen Sektors“ um diese Arbeitsplätze zu erhalten (NEMWA, 2008). Bei der Einbeziehung des „informellen Sektors“ in ein Rücknahmesystem für Elektroaltgeräte, ist zu verhindern, dass die Sammler selbst über eine unsachgemäße Behandlung die in den Geräten enthaltenen Wertstoffen, zumeist Metalle, erschließen (Vaccari et al., 2019).



Abbildung 3: Beispiele unsachgemäßer Behandlung / Ablagerung von Elektroaltgeräten in Ländern des globalen Südens. Fotocredit (c) Matthias Schlupe, EMPA

Die von diesem Personenkreis angewandten Methoden (z.B. unkontrollierte Verbrennung des Gerätes / der Kabel) führen nicht nur zu Gesundheitsschäden bei den beteiligten Personen, sondern stellen auch eine große Gefahr für Unbeteiligte durch die Kontaminierung von Böden, Gewässern oder der Luft dar (Abbildung 3).

Mit der Umsetzung von Gesetzgebungen auf Basis der Erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) werden Hersteller verpflichtet, wesentliche Aufgaben des Abfallmanagements für ihre

## Wesentliche Prozessschritte der Sammlung und Behandlung von Abfällen aus elektrischen/elektronischen Geräten

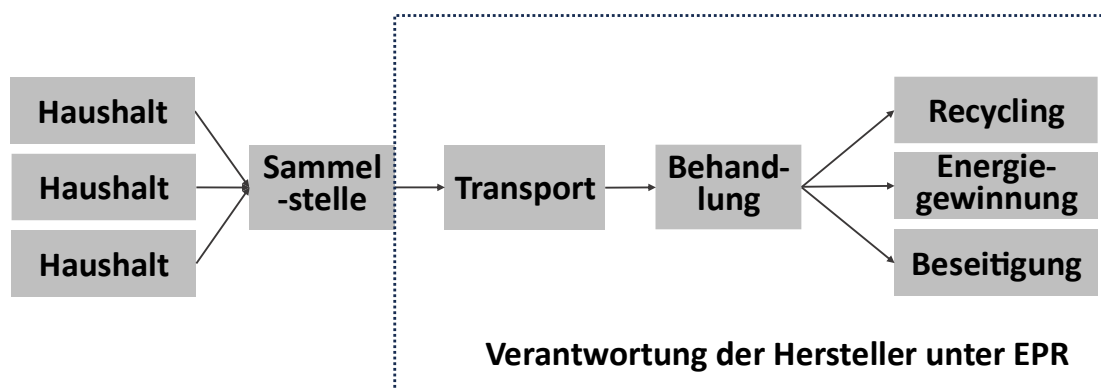


Abbildung 4: Darstellung der wesentlichen Prozessschritte, für die Hersteller im Rahmen des Prinzips der Erweiterten Herstellerverantwortung verantwortlich sind.

Produkte zu übernehmen und zu finanzieren. Allen bisherigen gesetzlichen Vorschriften ist gemein, dass Hersteller, wie in Abbildung 4 dargestellt, zumindest für die Abholung ihrer Abfälle von Sammelstellen und deren Behandlung verantwortlich sind.

Einige Länder, wie z.B. Korea oder die Schweiz erweitern die Herstellerverantwortung auch auf die Sammlung, in anderen wie z.B. Belgien, Frankreich, Österreich müssen sich die Hersteller an den Kosten der kommunalen Sammelstellen beteiligen. Da die wenigsten Hersteller und Vertreiber von Elektrogeräten über Kenntnisse der Abfallwirtschaft und Zugriff auf die notwendige Sammel- bzw. Behandlungslogistik verfügen, bedienen sie sich einer „Rücknahmeorganisation / Producer Responsibility Organization (PRO)“, um ihre operativen Aufgaben im Rahmen der Erweiterten Produzentenverantwortung zu erfüllen. PROs organisieren die Abholung, den Transport und die Behandlung der anfallenden Abfallmengen, für die Hersteller (Antonioli & Massarutto, 2012; Cahill et al., 2011). Die Aufgaben und deren Finanzierung und somit die Rahmenbedingungen, in denen PROs ihre Leistungen anbieten, sind in allen Ländern und für Produktgruppen sehr unterschiedlich geregelt (Ahlers et al., 2021; Shittu, 2020).

Eine Übersicht über die wesentlichen Optionen der Rahmenbedingungen von Rücknahmeorganisationen für Altgeräte zeigt Abbildung 5. In einigen Ländern (z.B. Frankreich, Belgien, Österreich) sind zwar die kommunalen Sammelstellen und Händler verpflichtet, Elektro-Altgeräte anzunehmen, stellen aber die Kosten dafür (oder ein Teil davon) den Rücknahmeorganisationen in Form von Abholgebühren in Rechnung.

## Übersicht über unterschiedliche Rahmenbedingungen von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte in verschiedenen Ländern

<b>Aufgaben</b>	Sammlung	Konsolidierung	Logistik	Recycling	Vollzug	Schnittstelle Hersteller Behörden
<b>Rechtliche Form</b>	Staatlich	Genossenschaft	Verband	kommerzielles Unternehmen	Nicht vorgeschrieben	
<b>Preissystem</b>	Vorgezogene Gebühren	Bezahlung nach Abholung	Nicht vorgeschrieben			
<b>Anzahl Rücknahmesysteme</b>	Multiple (Wettbewerb)	Singulär (Monopol)				
<b>Ergebnis</b>	Rücknahmemenge	Recyclingqualität				

Abbildung 5: Übersicht über die Rahmenbedingungen von Rücknahmesystemen

In Deutschland steht es, im Gegensatz zu Nachbarländern (z.B. Frankreich, Schweiz), den PROs frei, welchen Abrechnungsmodus sie gegenüber den Herstellern wählen, Gebühren beim Inverkehrbringen der Geräte oder die Abrechnung nach den für den Hersteller abgeholt Abfallmengen (Kapitel 3.3). Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, in der die zutreffenden Bedingungen in grau hinterlegt sind, sind in Deutschland, im Gegensatz zu anderen Ländern, die wenigsten Regelungen z.B. für die rechtliche Form, das Preissystem, oder eine Beschränkung der Anzahl der Rücknahmesysteme vom Gesetzgeber festgelegt.

## Übersicht über die Rahmenbedingungen für Rücknahmesorganisationen in Deutschland

<b>Aufgaben</b>	Sammlung	Konsolidierung	Logistik	Recycling	Vollzugs-Unterstützung*	Schnittstelle Hersteller Behörden*
<b>Rechtliche Form</b>	Staatlich	Genossenschaft	Verband	kommerzielles Unternehmen	Nicht vorgeschrieben	
<b>Preissystem</b>	Vorgezogene Gebühren	Bezahlung nach Leistung	Nicht vorgeschrieben			
<b>Anzahl Rücknahmesysteme</b>	Multiple (Wettbewerb)	Singuläre (Monopol)				
<b>Ergebnis</b>	Rücknahmemenge IT: >60% POM	Recyclingqualität IT >90%				

\* über gemeinsame Stelle der Hersteller: **Elektroaltgeräteregister (EAR)**

Abbildung 6: Rahmenbedingungen der Rücknahmesysteme in Deutschland

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Einleitung

Im Gegensatz zu Deutschland sind Rahmenbedingungen für Rücknahmeorganisationen in anderen Ländern wesentlich detaillierter geregelt. So haben in der Schweiz die Rücknahme-Organisationen auch die Sammlung der Altgeräte zu finanzieren. Rücknahmeorganisationen müssen dort ihre Leistungen an die Hersteller in Form von „Vorgezogenen Recycling-Beiträgen (VRB)“ bereits beim Verkauf eines Produktes berechnen. In der Schweiz gibt es nur ein Rücknahmesystem je Branche. In einigen Ländern werden, auch die Organisationsformen von den Behörden vorgeschrieben (z.B. Genossenschaft in Italien).

Durch den zunehmenden Fokus auf die Nutzungsdauerverlängerung von Elektrogeräten und den zunehmenden Einsatz von Gebrauchtgeräten erschließen sich den Rücknahmeorganisationen neue Geschäftsfelder, die, neben einer Abfallminimierung, auch zur Senkung der Rücknahmekosten durch Einnahmen aus dem Verkauf von gebrauchtem Equipment beitragen können (Seyring et al., 2015; Hieronymi et al., 2020).

Allerdings wird das Potential von vermarktbareren elektronischen Geräten aus dem Abfallstrom meist überschätzt (Hieronymi, 2022).

Die, auf der Erweiterten Herstellerverantwortung basierenden Rücknahmeverpflichtung für Altgeräte, belastet Hersteller mit zusätzlichen Kosten. Kosten, die in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sein können (vgl. Abb. 7). Es ist nicht nur im Interesse der Hersteller, sondern auch der Verbraucher, die diese Kosten über den Kaufpreis eines Gerätes zahlen, dass die Rücknahme von Altgeräten möglichst effizient durchgeführt wird.

### 1.3 Motivation zur Effizienzanalyse

Die Daten von international tätigen Herstellern von Druckern, Notebooks und Monitoren zeigen, dass die Kosten, die ihnen für die gesetzliche Verpflichtung zur Rücknahme von Altgeräten entstehen, in den einzelnen Ländern stark variieren. Rücknahmekosten fließen in das lokale Kostenportfolio von Herstellern ein, deren Elemente meistens als „Cost per Revenue (CPR)“ dargestellt werden.

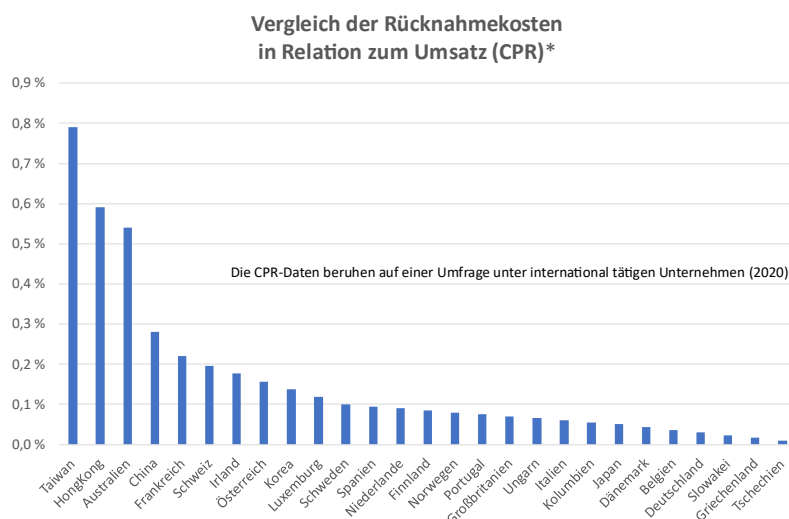
*„Eine der wichtigsten Kennzahlen, die jeder Geschäftsinhaber und Unternehmer kennen sollte, sind die Kosten pro Umsatz (Cost per Revenue, CPR). Diese Kennzahl misst, wie viel es ein Unternehmen kostet, eine Umsatzeinheit zu generieren. Sie wird berechnet, indem die gesamten Umsatzkosten (einschließlich Marketing-, Werbe-, Produktions-, Vertriebs- und sonstiger Kosten) durch den Gesamtumsatz dividiert werden“ (FasterCapital, 2024).*

CPR ermöglicht u.a. in internationalen Konzernen einen Vergleich der lokalen Kostenstrukturen in verschiedenen Ländern. In Abbildung 7 ist die Relation zwischen dem jeweiligen Umsatz und den Kosten der Produktrücknahme dargestellt. So betragen z.B. in Taiwan diese Kosten (CPR) für IT-Geräte durchschnittlich 0,79 %, in Deutschland beliefen sich die Beiträge

# Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

## Einleitung

zum Abfallmanagement für IT-Geräte auf 0,02 %, in Tschechien auf 0,008 % des Umsatzes der befragten Unternehmen.



**Abbildung 7:** Darstellung der Kosten der gesetzlich vorgeschriebenen Rücknahme von IT-Produkten von Herstellern in Relation zum jeweiligen Umsatz (CPR). Datenquelle: Mittelwerte aus einer anonymisierten Umfrage unter internationalen Herstellern (2020).

Kann auf Basis dieser Daten davon ausgegangen werden, dass die Rücknahme von Altgeräten z.B. in Tschechien um ein Vielfaches effizienter ist als in Deutschland oder gar in Taiwan? Zwar basieren alle gesetzlichen Regelungen für die Rücknahme von Elektroaltgeräten auf der Erweiterten Produzentenverantwortung, jedoch sind die operativen Bedingungen äußerst unterschiedlich, ein Vergleich der Rücknahmepreise reicht daher für einen fairen Effizienzvergleich nicht aus.

Die wesentlichen Regulierungen für die Regulierung von Altgeräten in der EU sind in der Richtlinie 2012/19/EU „Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)“ (European Parliament and Council, 2019) festgelegt. Die Rechtsform einer Richtlinie erlaubt den Mitgliedsstaaten erhebliche Spielräume bei der Umsetzung (European Union, 2024). Während die Grundsätze von Richtlinien für alle Mitgliedsstaaten bindend sind, können die Details der lokalen Regelungen von den Mitgliedsstaaten festgelegt werden. Die Spannweite der Umsetzung der WEEE-Richtlinie in den EU-Mitgliedsstaaten reicht von einer detaillierten Regulierungen wie z.B. der Organisation von Rücknahmeorganisationen in Frankreich, wo die Regierung durch einen Vertreter in den Kontrollgremien der PROs vertreten sein muss und die Abrechnungsmethode Advanced Recycling Fee (ARF), (siehe Kapitel 3.3.1) vorgeschrieben ist, bis zu Ländern wie Deutschland, bei denen Rücknahmeorganisationen nur über eine gewisse finanzielle Stabilität und über Lizenzen für das Abfallmanagement verfügen müssen.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Einleitung*

Zwar sind die Grundsätze der WEEE-Direktive die Blaupause für die meisten gesetzlichen Regelungen außerhalb der EU, jedoch ergeben sich noch gravierende Unterschiede in der praktischen Umsetzung. So sind z.B. die Hersteller in China von der operativen Umsetzung befreit. Dort wird eine Steuer erhoben, die einem Fond zufließt, die der Staat zur Förderung der Sammlung und dem Recycling von Elektroaltgeräten erhebt und verteilt (Wang et al., 2013). Nach welchen Kriterien, die von den Herstellern in Form einer Gebühr auf Notebooks und Monitore erhobenen Beiträge verteilt werden, ist nicht transparent. In Japan tragen nur die Hersteller von PCs und Monitoren die Rücknahmekosten, für andere Geräte werden Rücknahmegebühren von den Bürgern an den Sammelstellen erhoben.

Der Parameter mit dem größten Einfluss auf die Rücknahmekosten, die Sammelrate, das Verhältnis der in den Verkehr gebrachten und der Rücknahmemenge schwankt zwischen 76 % (Finnland, Österreich) und 1 % (Kolumbien) (GESP, 2024).

Wie im folgenden Kapitel dargestellt, waren die Eigenschaften des Abfalls aus Altgeräten, sein Gefährdungspotential sowie die Entwicklung und der Einsatz von Recyclingmethoden, schon seit einigen Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Mit der Diskussion um gesetzgeberische Maßnahmen zu Beginn der 2000er Jahre, wurden auch die Gestaltung von Rücknahmesystemen sowie deren Optimierung in der Fachliteratur diskutiert. Ökonomische Aspekte der Altgeräterücknahme waren in den letzten Jahren vermehrt Gegenstand von wissenschaftlichen Arbeiten. Die wichtigsten Veröffentlichungen zu ökonomischen Aspekten von gesetzlichen Regelungen für Altgeräte und deren Umsetzung werden im folgenden Kapitel dargestellt und deren Ergebnisse / Hypothesen diskutiert.

## 2. Stand der Literatur

In diesem Kapitel wird zunächst eine Übersicht über die bisherigen Veröffentlichungen dargestellt. Untersuchungen, die sich mit dem ökonomischen Umfeld der Altgeräterückgabe beschäftigen, werden anschließend genauer analysiert und diskutiert. Im letzten Kapitel wird eine Forschungslücke beschrieben, die diese Untersuchung zu schließen gedenkt.

### 2.1 Übersicht über Veröffentlichungen

Seit der Einführung des Prinzips der Erweiterten Produzentenverantwortung für Elektroaltgeräte wurden zahlreiche Untersuchungen zum Thema Produktrücknahme veröffentlicht.

Diese Veröffentlichungen lassen sich untergliedern in:

#### 1) Grundsätzliche Beiträge

Bei den meisten Veröffentlichungen handelt es sich um grundsätzliche Beiträge zum Umfang, der Zusammensetzung und den Gefahren, die von Elektroaltgeräten ausgehen, wenn sie unsachgemäß behandelt werden, wie beispielsweise bei Parvez et al. (2021).

#### 2) Beschreibungen von Rücknahmesystemen / Gesetzgebung / Strukturen

bilden einen zweiten Schwerpunkt der Veröffentlichungen. Die neueren Beiträge fokussieren sich auf die Entwicklungen in den Ländern des globalen Südens, z.B. Salhofer et al. (2016); Arya et al. (2018); Kumar (2022); Moyo et al. (2023).

#### 3) Recyclingmethoden und -technologien; Ressourcen

sind ein weiterer Schwerpunkt in Publikationen zum Thema der Behandlung von Elektroaltgeräten (z.B. Mayers et al., 2005; Goldmann, 2018; Seelig et al., 2022; Mishra, 2024).

#### 4) Ökonomisches Umfeld

Nur wenige Veröffentlichungen behandeln das ökonomische Umfeld der Altgeräterücknahme. Veröffentlichungen aus diesem Bereich werden im Folgenden Abschnitt näher untersucht.

### 2.2 Veröffentlichungen zum ökonomischen Umfeld der Elektroaltgeräte-Rücknahme

Zum ökonomischen Umfeld der Elektronikaltgeräte-Rücknahme gibt es eine Reihe von Studien, die sich mit wenigen Ausnahmen, auf das europäische Umfeld fokussieren.

In ihrer Übersichtsstudie "Circular Economy: Factors Affecting the Financial Performance of Product Take-Back Systems" haben Uhrenholt et al. (2022) 284 Veröffentlichungen analysiert. Bei ihrer Literatursuche wurden Schlüsselwörter wie "take-back" und "finance\*" oder "business case" im Kontext von "Business, Management and Accounting" verwendet. Nach

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Stand der Literatur*

einer Bewertung der Zusammenfassungen dieser Veröffentlichungen im Hinblick auf Relevanz und deren Bezug zu den Forschungsthemen, reduzierte sich die Anzahl der Veröffentlichungen bei der Untersuchung von Uhrenholt et al. (2022) auf 79.

Die meisten Studien haben generische Themen zur Finanzierung der Kreislaufwirtschaft, wie beispielsweise Entscheidungskriterien, die zu einer verbesserten Sammelrate führen können (z. B. Atasu & Souza, 2013) zum Inhalt. Andere, wie Krass & Nedorezov (2013) untersuchten den Einfluss von Umweltsteuern auf Entscheidungen zum ökologischen Produktdesign. Ensenduran & Kemahliog'lu-Ziya (2015) geben einen umfassenden Überblick über ökonomische Themen im Bereich der Produktrücknahme von Herstellern im Rahmen des Operationsmanagements. Dabei prüften sie, ob Rücknahmeregulierungen, basierend auf der Erweiterten Produzentenverantwortung, Anreize für ein umweltfreundliches Design schaffen. Einige der Publikationen beschäftigten sich mit der Motivation der Beteiligten für die Rücknahme von Altgeräten, insbesondere mit der Sensibilisierung der Bürger für dieses Thema (z. B. Aksan et al., 2019).

Nur wenige der Literaturstellen beschäftigen sich mit den unterschiedlichen Kosten der Rücknahme von Altgeräten. Als einer der ersten untersucht Mayers, K. (2007) die Fragestellung, ob der Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen einen entscheidenden Beitrag zur Kostensenkung bei EPR basierender Rücknahmegesetzgebung liefert. Nach seinen Angaben verringerten sich die durchschnittlichen Rücknahmekosten für Verpackungen in Deutschland von 350 €/t im Jahr 2000 auf 80 €/t als 2004 mehrere Rücknahmeorganisationen zugelassen wurden. Für die erheblichen Unterschiede der Rücknahmegebühren, die in der EU zwischen 0,17 € - 3,82 € je Spielekonsole (Sony Playstation) schwanken, erkennt er Unterschiede in den Rücknahmemengen (je Einwohner), den Kosten für Energie, Lohn- und Transportkosten aber vor allem den Wettbewerbsdruck zwischen Rücknahmesystemen.

Toyasaki et al. (2010) untersuchten die Vor- und Nachteile von monopolistischen und wettbewerblichen Marktstrukturen für die Rücknahme von Altgeräten auf Grundlage der Erweiterten Produzentenverantwortung. Sie kamen zu dem Schluss, dass wettbewerbsorientierte Rücknahmesysteme zu geringeren Rücknahmekosten führen, was wiederum niedrigere Produktpreise oder höhere Gewinne für die Hersteller zur Folge haben könnte.

Sousa et al. (2018) erforschten in Ansätzen die Effizienz von Rücknahmeorganisationen in Europa. Sie stellten fest, dass es an Daten mangelt, was die Analyse der Kosten des Abfallmanagements für Elektro-Altgeräte erschwert. Das Problem der mangelnden Daten wurde auch von anderen Autoren identifiziert. Einer der Gründe dafür ist, dass Kosteninformationen, insbesondere von Organisationen, die nach dem ACT (Amount Collected Treated) - Modell abrechnen, von den Rücknahmeorganisationen als vertraulich betrachtet werden, da sie wettbewerbsrelevante Informationen enthalten.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Stand der Literatur

Bockhold et al. (2020) analysierten die finanziellen Aspekte markenspezifischer Rücknahmeprozesse eines einzelnen Unternehmens in verschiedenen Ländern mit einem Fokus auf Unterschiede zwischen Wiederverwendung und Recycling.

Ahlers et al. (2021) untersuchten in ihrer Studie Rücknahmesysteme in der EU / Schweiz für Verpackung, Batterien und Elektroaltgeräte. Sie bewerteten Rücknahmeorganisationen auf der Basis von drei Hauptkriterien: Sammelrate je Einwohner, Kosten für die Hersteller und die Zufriedenheit der Beteiligten am System (Hersteller, Behörden, Kunden).

In ihrer Übersicht geben sie als Vorteile eines Wettbewerbsumfeldes an:

- Innovationen durch Wettbewerbsvorteile und/oder ökonomische Anreize,
- höhere Zufriedenheit durch Wahlmöglichkeiten der Kunden zwischen verschiedenen Angeboten / Angebotsoptionen,
- niedrigere Rücknahmekosten für Hersteller durch die Möglichkeit der Ausschreibung.

Als Risiko im Wettbewerbsumfeld benennen sie Situationen, bei denen Besitzer von Abfall, diesen an die Hersteller versteigern, die ihn für die Erfüllung ihrer Sammel- und Behandlungsziele benötigen. Ein solches System, bei denen Recyclingbestätigungen versteigert wurden, wurde nach kurzer Zeit in Großbritannien abgeschafft.

Als Vorteil von Monopolistischen Systemen geben sie an, dass diese eher in der Lage sein könnten, erfolgreiche Kommunikations-Kampagnen durchzuführen als Länder, in denen sehr viele Rücknahmeorganisationen am Markt teilnehmen.

Bei der Umsetzung der Erweiterten Herstellerverantwortung sind zwei Umsetzungsoptionen bekannt. Bei der „Kollektiven Produzentenverantwortung (Collective Producer Responsibility (CPR))“ übernehmen alle Produzenten die Verantwortung für das Abfallmanagement der Gesamtheit der Produkte, unabhängig wer der jeweiligen Hersteller der Produkte war. Dagegen sind bei der Umsetzungsvariante „Individuelle Herstellerverantwortung (Individual Producer Responsibility (IPR))“ Hersteller nur für das Abfallmanagement ihrer eigenen Geräte verantwortlich. Atasu & Subramanian (2012) postulieren, dass sich aus der Individuellen Produzentenverantwortung (IPR) eine wesentliche bessere Motivation, DFR umzusetzen, ergibt. Die Autoren geben aber an, in ihren Untersuchungen Skaleneffekte, die durch die Sammlung und Behandlung von größeren Mengen bei CPR gegenüber der Verarbeitung kleinerer Chargen, die bei IPR anfallen, ignoriert zu haben.

Favot et al. führten 2022 eine detaillierte Untersuchung in 20 europäischen Ländern zur Effizienz von Rücknahmesystemen durch. Diese Staaten repräsentieren etwa zwei Drittel der Bevölkerung in der EU und der Schweiz. Diese Untersuchung vergleicht die Mittelwerte der Kosten der Geräterücknahme über alle Gerätegruppen, die von WEEE betroffen sind (Sammelgruppen der WEEE-Direktive: Wärmeüberträger, Bildschirme, Lampen, Großgeräte, Kleingeräte (einschließlich IT), Photovoltaikmodule). Die Autoren berechneten den Mittelwert der Kosten je Tonne der in den Verkehr gebrachten sowie der zurückgenommenen Geräte auf

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Stand der Literatur*

Basis der gesamten Einnahmen von Rücknahmeorganisation in den untersuchten Ländern im Verhältnis der in den Verkehr gebrachten bzw. zurückgenommenen Mengen an Elektrogeräten. Diese Untersuchung berücksichtigt nicht nur die Tatsache, ob Hersteller eine Auswahl zwischen Rücknahmeorganisationen haben, sondern auch den Grad des Wettbewerbs (Anzahl von Systemen, Regulierungen des Wettbewerbs). In der Schlussfolgerung stellen die Autoren fest, dass der Einfluss des Wettbewerbs auf die Effizienz positiv ist. Allerdings argumentieren sie, dass der Einfluss des Wettbewerbs auf die Effizienz der Rücknahmeorganisationen nicht sehr stark sei. Ein weiteres, wichtiges Ergebnis dieser Studie ist, dass niedrigen Kosten von Rücknahmeorganisationen nicht zwangsläufig mit einer geringeren Qualität (z. B. Recyclingrate) korrelieren. Sie geben weiterhin an, dass die Kosten in Ländern, in denen Rücknahmeorganisationen bereits seit einiger Zeit tätig sind, geringer sind als in Ländern, die erst kürzlich Rücknahmeverpflichtungen für Hersteller eingeführt haben und bringen diesen Effekt in Zusammenhang von Erfahrungen, die im Laufe der Zeit in den spezifischen nationalen Situationen gesammelt wurden und zu Prozessoptimierungen führen.

Ismail & Hanafiah (2021) bewerten anhand von Life Cycle Assessment (LCA) und Material Flow Analysis (MFA) die verschiedenen Optionen für E-Waste in Malaysia. Ihre Untersuchungen beschränken sich auf die Behandlungsprozesse von Leiterplatten von Mobiltelefonen aus der Pre-Consumer-Phase (Produktionsabfälle).

Shan et al. (2021) geben an, dass ein Preismodell basierend auf „Vorgezogenen Rücknahmegebühren (ARF)“ von Vorteil für Hersteller sei, da der Kunde die gleiche Gebühr für ein Gerät, unabhängig vom Hersteller zahlt. Somit würde der Wettbewerb zwischen Herstellern und damit deren Verkaufserfolge nicht beeinflusst.

Colelli et al. (2022) postulieren, dass monopolistische Anbieter, wenn sie als gemeinnützige Organisationen ohne Gewinnerzielungsabsicht organisiert sind, bei der Verpackungsrücknahme zu bevorzugen seien. Als Grund wird angegeben, dass sie aufgrund ihres Status als gemeinnützige Organisation keinen Wert auf Gewinn legen müssten und ihre Preise ohne Preisdruck eines Marktes frei kalkulieren können. Damit wären sie in der Lage, Mittel für Forschungen auf dem Gebiet neuer Recyclingtechnologien für Kunststoffe bereit zu stellen bzw. Maßnahmen zu ergreifen, die Sammelrate zu erhöhen.

2022 publizierten Favot et al. eine umfassende Studie zum Einfluss des Wettbewerbs auf den Altgerätesektor in Europa. Da auch ihnen interne Kostendaten der einzelnen Rücknahmesysteme fehlten, griffen sie auf publizierte Daten und die Datenbanken „Amadeus“ (jetzt „Orbis Europe“) und „Aida“, die Bilanzdaten für alle größeren Unternehmen europäischer Länder (darunter auch Rücknahmeorganisationen) bereitstellen, zu. Sie berücksichtigten in ihrem Vergleich neben den Kostendaten auch einen „Regulation Index“, in dem sie 16 Elemente, die in den verschiedenen Ländern zum Teil unterschiedliche geregelt sind, darunter Sammelverpflichtungen und Entschädigungen für die Kommunen,

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Stand der Literatur

organisatorische Randbedingungen von Rücknahmeorganisationen, finanzielle Garantien oder Strafen für Unternehmen, die ihren Verpflichtungen nicht nachkommen.

Sie kommen zum Schluss, dass Recycling im Prinzip eine wettbewerbsorientierte Branche ist und dass mehr Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen zu ähnlichen Sammelergebnissen bei geringeren Kosten führt.

Im folgenden Kapitel werden Thesen aus Publikationen zum ökonomischen Umfeld diskutiert, die die Effizienz von Rücknahmeorganisationen betreffen.

### 2.3 Diskussion publizierter Forschungsergebnisse zur Effizienz von Rücknahmeorganisationen

Die meisten Untersuchungen zu ökonomischen Faktoren von Rücknahmeorganisationen berücksichtigen Unterschiede, verursacht durch die Unterschiede zwischen Produktgruppen, bedingt durch z.B. geringere oder höhere Behandlungskosten bzw. Sammelraten, nicht.

Sousa et al. (2018) fokussieren sich zwar auf eine Gerätegruppe, indem sie sich auf Monitore beschränken, berücksichtigen aber nicht die lokalen Rahmenbedingungen, wie Sammelraten oder Unterschiede der Behandlungskosten in den untersuchten Ländern.

Favot et al. (2022) vergleichen den Mittelwert der Kosten über alle Sammelgruppen und nicht die individuelle Zusammensetzung der verkauften (POM) und damit den zurückgenommenen Mengen. Leider sind Daten für Dänemark, Deutschland, Finnland, Litauen, Malta und Rumänien nicht in die Untersuchung einbezogen. In der Schlussfolgerung stellen die Autoren fest, dass der Einfluss des Wettbewerbs auf die Effizienz positiv, aber nicht sehr groß sei. Ein weiteres, wichtiges Ergebnis dieser Studie ist, dass niedrigen Kosten von Rücknahmeorganisationen nicht zwangsläufig mit einer geringeren Qualität (z. B. Recyclingrate) korrelieren und bei steigender Erfahrung, über die Zeit, Kosten sinken können. Aufgrund der großen Unterschiede der Behandlungskosten der einzelnen Gerätegruppen, kann der festgestellte Mittelwert der Kosten über alle Gerätegruppen durch eine unterschiedliche Zusammensetzung der POM- bzw. Sammelmenge und den einhergehenden unterschiedlichen Behandlungskosten bestimmt sein und nicht durch die unterschiedliche Effizienz von Rücknahmeorganisationen.

Shan et al. (2021) geben an, dass ein Preismodell basierend auf „Vorgezogenen Rücknahmegebühren (ARF)“ von Vorteil für Hersteller sei, da der Kunde die gleiche Gebühr für ein Gerät, unabhängig vom Hersteller zahlt. Dieser These steht entgegen, dass eine feste Rücknahmegebühr je Gerät, gleich für alle Hersteller und damit unabhängig von der Recyclingfähigkeit des Produktes, kein Anreizsystem für verbessertes DFR darstellt, da Hersteller, bei gleichen Gebühren, nicht von ihren Investitionen in DFR profitieren. Eine gleiche Rücknahmegebühr für alle Hersteller, widerspricht somit dem Prinzip der Erweiterten Produzentenverantwortung, die auf eine Belohnung für den Einsatz von DFR durch

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Stand der Literatur

unterschiedliche Rücknahmekosten beruht. Eine gleiche ARF für die jeweiligen Produkte des gleichen Produkttyps verschiedener Hersteller benachteiligt die, die ihre Produkte unter Berücksichtigung eines einfacheren und kostengünstigen Recyclings konstruieren und produzieren.

In einer 2022 publizierten Studie von Favot et al. zum Einfluss des Wettbewerbs auf den Altgerätesektor in Europa, wurde auf die Datenbanken „Amadeus“ (jetzt „Orbis Europe“) und „AIDA“, die Bilanzdaten für alle größeren Unternehmen europäischer Länder (darunter auch Rücknahmeorganisationen) zurückgegriffen. Unter Berücksichtigung eines von ihnen entwickelten „Regulation Index“, kommen sie zu dem Schluss, dass mehr Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen zu ähnlichen Sammelergebnissen bei geringeren Kosten führt.

Bei den in den Datenbanken „Orbis Europe“ und „AIDA“ zur Verfügung stehenden Daten handelt es sich um generelle Daten aus der Bilanz / Gewinn und Verlustrechnung, die einen Rückschluss auf Kosten für bestimmte Produktgruppen nicht erlauben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil der festgestellten Kostenunterschiede aus der Zusammensetzung des Produkt- / Rücknahmeportfolios entstanden ist.

Von der Erweiterten Herstellerverantwortung sind zwei Umsetzungsoptionen bekannt. Bei der „Kollektiven Produzentenverantwortung (Collective Producer Responsibility (CPR))“ übernehmen alle Hersteller die Verantwortung für das Abfallmanagement der Gesamtheit der Altgeräte unabhängig von deren jeweiligen Herstellern. Dagegen sind bei der Umsetzungsvariante „Individuelle Herstellerverantwortung (Individual Producer Responsibility (IPR))“ Hersteller nur für das Abfallmanagement ihrer eigenen Geräte verantwortlich.

Das von Atasu & Subramanian (2012) favorisierte Umsetzungsmodell, die „Individuelle Herstellerverantwortung (IPR)“, bei dem Hersteller nur ihre eigenen Geräte zurücknehmen müssen, kann theoretisch dazu führen, dass DFR-Anstrengungen von Herstellern durch geringere Rücknahmekosten belohnt werden.

Allerdings wurden von ihnen die operativen und finanziellen Nachteile dieses Umsetzungsmodells nicht berücksichtigt. So sind die Sammelkosten bei IPR gegenüber CPR um ein Vielfaches höher. Eine herstellereigene Abholung und Behandlung, wie sie in Japan für PCs und Monitore praktiziert wird, führt zu sehr hohen Sammelkosten, die bei mehreren 10 \$ je zurückgenommenem Gerät liegen.

Auch bei Rücknahmesystemen, bei denen die Sammlung auf zentralen Sammelstellen beruht, entstehen bei IPR höhere Kosten. In den Sammelstellen müssten viele Behälter (mit entsprechendem Platzbedarf), je Hersteller eines, aufgestellt werden, um eine nach Marken getrennte Behandlung zu ermöglichen.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Stand der Literatur

Alternativ zur markenspezifischen Sammlung wäre ein zusätzlicher Prozessschritt, die Sortierung für eine nach Marken getrennte Behandlung, notwendig, der zusätzliche Kosten verursacht.

Auch die Behandlungskosten würden sich bei einem auf IPR basierendem Rücknahmesystem erhöhen, da die Behandlung in herstellerspezifischen Chargen erfolgen muss, um die Kostenunterschiede bestimmen zu können (z.B. höherer Austrag von Recyclaten). Eine Behandlung von herstellerspezifischen Chargen, bei denen Produkte eines Typs von einem Hersteller zusammengefasst werden, sind kleiner, als wenn alle Geräte eines Typs, unabhängig von ihrem Hersteller behandelt werden. Entsprechend erhöhen sich die Kosten. Ein weiteres Problem der individuellen Herstellerverantwortung sind die „Waisenprodukte (Orphan Products)“, Produkte, deren Hersteller zum Zeitpunkt der Rückgabe nicht mehr am Markt agieren (z.B., weil das Unternehmen nicht mehr existiert) und zur Finanzierung der Rücknahme ihrer Produkte nicht mehr zur Verfügung stehen.

Aktuelle Geräte wurden unter Beachtung der gesetzlichen Vorschriften und vielfach nach den von staatlichen Einkaufsrichtlinien geforderten DFR-Kriterien hergestellt. Beispiele für solche Regelungen sind das „Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT)“ des Global Electronic Councils (2015), die EU-Ökodesign Richtlinie 2009/125/EC (European Parliament and Council, 2009) und die EU-Regelung „Reduction of Hazardous Substances (RoHS)“ (European Parliament and Council, 2011). Diese Regelungen enthalten wesentlichen DFR-Kriterien (wie z.B. die Schadstoffreduzierung). Signifikante Behandlungskostenunterschiede zwischen aktuellen Produkten eines gleichen Typs von unterschiedlichen (Marken-) Herstellern sind dem Verfasser nicht bekannt. Das allerdings unter einem Rücknahmesystem, das auf der „Kollektiven Herstellerverantwortung (CPR)“ basiert, nur sehr begrenzt eine finanzielle Motivation für Hersteller in DFR existiert, das Prinzip sogar in das Gegenteil verkehrt, zeigt das folgende Beispiel. In Tabelle 1 wird, in einer vereinfachten Darstellung des ERP-Prinzips, angenommen,

Tabelle 1: Beispielhafte Gegenüberstellung der Investitionen in DFR und der Recyclingkosteneinsparungen in einem auf der kollektiven Produzentenverantwortung basierende Rücknahmesystem (nach Hieronymi, 2023)

	In den Markt gebrachte Produkte	DFR Investment/Produkt	Summe der DFR Investments	Rücknahmeverpflichtung (50 % Sammelrate)	Produkte mit DFR in der Rücklaufmenge
Hersteller X	10.000	1 €	10.000 €	5.000 Geräte	500 Geräte
Hersteller Y	90.000	0 €	0 €	45.000 Geräte	4.500 Geräte

	Reduktion der Recyclingkosten / Gerät	Recyclingkosten-Reduzierung	Recyclingkosten Reduzierung – Investition in DFR
Hersteller X	2 €/Gerät	<b>500 Geräte</b> * 2 € = 1.000 €	-9.000 €
Hersteller Y	2 €/Gerät	<b>4.500 Geräte</b> * 2 € = 9.000 €	9.000 €

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Stand der Literatur

dass nur zwei Hersteller ein, bis auf die Umsetzung von DFR, gleiches Produkt vermarkten. Während Hersteller X ein für das Recycling optimiertes Produkt vertreibt, ignoriert Hersteller Y das „Design for Recycling“. In diesem Beispiel wird angenommen, dass die Behandlungskosten der Produkte von Hersteller X durch die DFR-Optimierung wesentlich geringer sind als die von Hersteller Y. Um dies zu erreichen, investiert Hersteller X im Beispiel 1 €/Gerät in die Recyclingfähigkeit seiner Geräte (z.B. weniger und leicht entfernbare Schadstoffe, weniger Verbundmaterialien). Während bei Hersteller X, bei einer angenommenen Verkaufsmenge von 10.000 Stück, durch DFR 10.000 € an höheren Produktionskosten entstehen reduzieren sich seine Abfallkosten nur um 1.000 €. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass beide Hersteller im Rahmen der Kollektiven Produzentenverantwortung für Abfall verantwortlich sind, in dem sich auch Produkte des jeweiligen Mitbewerbers, im Verhältnis der Marktanteile der beiden Hersteller (10 % / 90 %), befinden. Für Hersteller X bedeutet dies, dass sich in seiner Rücknahmemenge auch Geräte von Hersteller Y, die nicht nach DFR-Kriterien konstruiert sind, enthalten sind und somit höhere Entsorgungskosten als seine eigenen Geräte verursachen. In diesem Beispiel wurde davon ausgegangen, dass sich der Marktanteil der beiden Hersteller in der Zusammensetzung der Sammelmengen widerspiegelt.

Nutznieser der Investitionen in DFR von Hersteller X ist allerdings Hersteller Y, der, durch den Anteil der mit DFR konstruierten Geräte des Herstellers X in den Abfallmengen, für die er verantwortlich ist, im Beispiel 9.000 €, einspart, ohne dass er seine eigenen Produkte für das Recycling optimiert.

Um das Prinzip zu verdeutlichen, wurden die Unterschiede der Recyclingkosten der Geräte mit 2 €/Gerät angesetzt. In der Realität sind diese Unterschiede bei elektronischen Geräten wesentlich geringer und liegen bei wenigen von Cents / je Gerät für aktuelle Geräte gleichen Typs.

Der „Return of Investment (ROI)“, also der Gewinn aus Investitionen in DFR, wird auch durch die zum Teil hohe Zeitspanne zwischen der Investition und den Kosteneinsparungen verringert. Während die Investitionen bereits bei der Herstellung des Produktes anfallen, ergeben sich Einsparungen bei den Entsorgungskosten durch DFR erst zu einem späteren Zeitpunkt, wenn das Gerät nach seiner Nutzung, bei manchen Elektrogeräten nach weit mehr als 10 Jahren, in das Abfallmanagement gerät. Selbst bei niedrigen kalkulatorischen Zinsen, ist ein nennenswerter ROI in der praktischen Realität eher unwahrscheinlich, da die Rücknahmekosten-Einsparungen auf das Jahr der Kostenentstehung abgezinst werden.

Es ist dem Autor kein elektronisches / elektrisches Gerät bekannt, bei dem sich Verbesserungen in der recyclinggerechten Konstruktion eines Gerätes auf Einsparungen der späteren Entsorgungskosten begründet.

Dennoch lassen sich aktuelle elektronische Geräte wesentlich einfacher und kostengünstiger recyceln als ihre Vorgänger, die vor dem Zeitpunkt der Verabschiedung der WEEE-Direktive in den Markt gebracht wurden. Der Grund dafür ist allerdings nicht die in der WEEE-

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Stand der Literatur*

Gesetzgebung verankerte Erweiterte Produzentenverantwortung. Vielmehr haben andere Regelungen dazu geführt, dass elektronische und elektrische Geräte recyclinggerechter konstruiert wurden. Vor allem die EU-Regulierung 2002/95/EC / 2011/65/EC „Reduction of Hazardous Substances (RoHS)“ (European Parliament and Council, 2011) hat dazu beigetragen, dass moderne Geräte weit weniger gefährliche Substanzen / Bauteile enthalten, die bei älteren Geräten zum Teil nur mühsam und mit hohen Kosten manuell entfernt werden müssen. Neue Technologien, wie z.B. der Ersatz von CRT-Bildröhren und Bildschirmen mit quecksilberhaltiger CCF-Hintergrundbeleuchtung durch LED basierende Geräte, führten ebenfalls zur Reduzierung / Wegfall der Vorbehandlung von schredder-fähigen Produkten.

Ein wesentlicher Impuls für ein recyclinggerechtes Design von IT-Geräten erfolgte durch das „Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT)“ (Global Electronic Council, 2015). EPEAT dient als Grundlage der Einkäufe der öffentlichen Hand und vieler Großkunden in den USA. In der EU gehen ähnliche Impulse von der EU-Ökodesign Direktive 2009/125/EC (European Parliament and Council, 2009; European Commission, 2019) aus. Diese Initiativen gaben wesentliche Anregungen zum recyclinggerechten Design für alle Hersteller mit der Folge, dass aktuelle Produkte in der Regel kostengünstiger zu recyceln sind als die Vorgängermodelle.

Es gibt Ansätze, in auf der Kollektiven Produzentenverantwortung basierenden Rücknahmesystemen, DFR über die geringen tatsächlichen Kostenvorteile hinaus zu fördern. Eine Übersicht über diese Möglichkeiten (z.B. ECO-Modulierung von Abholmengen) ist in Kapitel 5.4 und, ausführlicher, bei Hieronymi (2023), dargestellt.

Bei der Sichtung der vorhandenen Literatur wurde eine Forschungslücke ersichtlich: bei Preis- / Effizienzvergleichen fehlt sowohl der globale Aspekt als auch (mit wenigen Ausnahmen) konkrete Daten für einzelne Produkte und auch die Einbeziehung lokaler Rahmenbedingung (z.B. Sammelmenge).

## 2.4 Forschungslücke

Zusammenfassend ist festzustellen, dass nur wenige Studien publiziert wurden, die sich mit der Effizienz von Rücknahmesystemen beschäftigen. Mit der Ausnahme von Mayers (2007) werden bei diesen Kosten-/Effizienzvergleichen Durchschnittswerte der Produktgruppen oder der Mittelwert über alle Geräte des WEEE-Spektrums betrachtet. Unterschiede, die auf der Zusammensetzung des Produktportfolios zurückzuführen sind (z.B. Recyclingerlöse von Waschmaschinen), wurden bei diesen Betrachtungen nicht beachtet.

Daten aus Ländern außerhalb der EU wurden bisher nicht in Effizienzvergleiche von Rücknahmeorganisationen einbezogen, ebenfalls fehlen Daten für einzelne Produktgruppen, zum Beispiel IT-Geräte aus dem Konsumentenbereich.

Um diese Lücke zu schließen, soll in der vorliegenden Untersuchung herausgefunden werden:

- 1) Mit welcher Methodik kann die Effizienz von Rücknahmeorganisationen, die unter verschiedenen Rahmenbedingungen operieren, bei der eingeschränkten Datenlage auf einer fairen Basis im globalen Vergleich für IT-Geräte bewertet werden?
- 2) Wie stellt sich die Effizienz von Rücknahmeorganisationen in verschiedenen Ländern dar?
- 3) Welche Faktoren, die zur Effizienzsteigerungen beitragen, können aus einem internationalen Vergleich abgeleitet werden?

Durch eine Effizienz-Rangliste könnten Rücknahmeorganisationen („Producer Responsibility Organisations“ (PRO)), die im Vergleich zu anderen Ländern eine niedrigere Effizienz aufweisen, ermutigt werden, ihre Bedingungen und Prozesse zu optimieren. Eine solche Liste würde es Beteiligten (u.a. Hersteller, Regierungen) ermöglichen, PROs auszuwählen, die als Beispiel für andere in einem „Benchmarking“ zur Verbesserung der Effizienz dienen können.

Die aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse können dazu beitragen, gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen (z.B. Förderung des Wettbewerbs zwischen Rücknahmeorganisationen stattdessen Einschränkung), die eine effizientere Umsetzung der Erweiterten Herstellerverantwortung (ERP) erlauben und Rücknahmeorganisationen veranlassen, ihre internen Prozesse mit denen effizienterer Rücknahmeorganisationen zu vergleichen um geringere Rücknahmekosten ermöglichen.

Rücknahmekosten werden in Anwendung der Erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) an die Verbraucher weitergegeben, insbesondere in Ländern, in denen sie nach der Abrechnungsmethode „Vorgezogene Rücknahmegebühren (ARF)“ berechnet, und dem Kunden gegenüber ausgewiesen werden („Visible Fee“), z.B. in der Schweiz oder in Belgien. Aber auch in Ländern, bei denen die Rücknahmekosten den Herstellern auf Basis der tatsächlichen Kosten ihrer Rücknahmeverpflichtung berechnet werden, fließen sie in die

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Stand der Literatur*

Kosten von Herstellern ein, auf deren Basis die lokalen Verkaufspreise ihrer Produkte kalkuliert werden.

Eine höhere Effizienz von Rücknahmeorganisationen bedeutet geringere Kosten für die Hersteller, die, wie von Toyasaki et al., (2010) postuliert und durch eigene Erfahrungen bestätigt, durch den intensiven Wettbewerbs zwischen Herstellern elektronischer Geräte zu niedrigeren Kaufpreisen für Verbraucher führen.

### 3. Methodik des Effizienzvergleichs

Zur Entwicklung der für diese Untersuchung angewandten Methodik wurden folgende Schritte durchgeführt:

- 1) Definition des Begriffes „Effizienz“
- 2) Betrachtung der Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmesystemen
  - a) Fixkosten
  - b) Variable Kosten
    - i. Sammelkosten
    - ii. Logistik/Transportkosten
    - iii. Kosten der Behandlung
- 3) Produktmix
- 4) Zusätzliche Services

Ein Effizienzvergleich nach der in diesem Kapitel dargestellten Methode, wird zunächst an zwei europäischen Rücknahmeorganisationen, RECUPEL (Belgien) und SWICO (Schweiz) getestet, bevor er auf weitere Länder ausgedehnt wurde. RECUPEL und SWICO wurden ausgewählt, da sie in einem ähnlichen gesetzlichen Rahmen operieren, die Ökonomie ihrer Länder sich in einem ähnlichen Stadium befindet, sie zu den Pionieren in Europe gehören und somit in einer stabilen Phase befinden. Ein weiteres, wichtiges Kriterium war, dass beide Organisationen ihre Rücknahmepreise publizieren und somit herstellereinspezifische Einflüsse (z.B. durch Preisverhandlungen) weitgehend ausgeschlossen werden können. Für den globalen Vergleich wurden nur Länder berücksichtigt, bei denen Rücknahmeorganisationen ihre Preise/Gebühren veröffentlichen oder Informationen über die Kosten von mindestens einem der Hersteller zur Verfügung standen (32 Länder einschl. Belgien und der Schweiz).

Zur Untersuchung der Effizienz verschiedener Rücknahmeorganisationen wurde zunächst der Begriff „Effizienz“ definiert, wie er im Verlauf der vorliegenden Untersuchung genutzt wurde.

#### 3.1 Definition „Effizienz“ im Zusammenhang mit Rücknahmeverpflichtungen für Elektro-Altgeräte

Nach der Internationalen Standardorganisation (ISO) ist Effizienz als das „Verhältnis zwischen dem erzielten Ergebnis und den eingesetzten Mitteln“ definiert (ISO, 2005) und kann in folgender Formel dargestellt werden:

$$\text{Effizienz} = \frac{\text{Ergebnis}}{\text{Aufwand}}$$

(1)

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Aus der Sicht eines Herstellers ist das im Zusammenhang mit der Altgeräterücknahme gewünschte Ergebnis, dass seine Verpflichtungen aus den gesetzlichen Vorschriften für Altgeräte erfüllt werden („Compliance“). Sein Aufwand sind die Kosten, die er dafür aufzuwenden hat.

$$\text{Effizienz} = \frac{\text{Erfüllung der Rücknahmeverpflichtung}}{\text{Kosten des Herstellers}}$$

(2)

Bei der Betrachtung des „Aufwandes“ ist zu beachten, dass in der vorliegenden Untersuchung die Begriffe „Kosten“ und „Preise“ vielfach parallel genutzt werden. Während es sich bei Preisen um Beträge handelt, die eine Rücknahmeorganisation für ihre Dienstleistungen in Rechnung stellt, entstehen Rücknahmekosten bei einem Hersteller im gleichen Umfang. Die Preise der Rücknahmeorganisation stellen also gleichzeitig Kosten für den Hersteller dar. Es kommt also immer auf die Sichtweise an, ob ein Betrag ein „Preis“ ist oder als „Kosten“ bezeichnet werden soll. In der vorliegenden Untersuchung wird versucht, die beiden Begriffe in ihrer ursprünglichen Definition zu benutzen. Das gelingt aber nicht in allen Fällen, da derselbe Betrag sowohl „Kosten“ für einen Hersteller und gleichzeitig den für eine Rücknahme geforderte „Preis“ einer Rücknahmeorganisation darstellt.

Die Preise für die Rücknahme von Altgeräten schließen alle Aufwendungen ein, die einer Rücknahmeorganisation entstehen, abzüglich eventueller Erlöse aus dem Verkauf von Recyclingmaterialien, Komponenten oder kompletten Produkten und eventuellen Gewinnen. Rücknahmepreise werden von den PROs in der Regel auf Jahresbasis festgelegt.

Da aus keinem der untersuchten Länder (signifikante) Verstöße gegen die Verpflichtungen der Hersteller berichtet wurden, könnte davon ausgegangen werden, dass überall das Ergebnis, die Erfüllung der gesetzlichen Vorschriften, erreicht wurde. Eine solche Betrachtung würde aber nicht Qualitätsunterschiede in der Erfüllung der Ziele (z.B. Sammelrate), die in den verschiedenen Ländern durchaus unterschiedlich sind, berücksichtigen. So hat z.B. die Menge der eingesammelten und einer Behandlung zugeführten Geräte einen direkten Einfluss auf die Kosten der Produktrücknahme. Je mehr Geräte eingesammelt werden, desto höher sind die variablen (und z.T. auch die fixen) Kosten, je geringer die Sammelmenge, desto geringer sind die Gesamtkosten der gesetzlichen Verpflichtungen eines Herstellers.

Bei der Betrachtung von Rücknahmepreisen als Basis für einen Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen, ist zu beachten, dass nur ein Teil der Kostenfaktoren, die die Rücknahmepreise bestimmen, von einer PRO beeinflusst werden können.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

### 3.2 Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen

Da Hersteller weder über das entsprechende Know-how, noch über die Infrastruktur verfügen, ihre Verpflichtungen nach der Erweiterten Herstellerverantwortung für Elektrogeräte zu erfüllen, bedienen sie sich Rücknahmeorganisationen (PROs), die in ihrem Auftrag die Geräte abholen und einer adäquaten Behandlung zuführen.

In einem nur auf den Preisen der PROs basierenden Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen, würden unterschiedliche Rahmenbedingungen, unter denen Rücknahmeorganisationen in den Nationalstaaten operieren und die deren Effizienz beeinflussen, außer Acht gelassen. In Tabelle 2 sind die wesentlichen Kostenelemente von Rücknahmeorganisationen und eine Abschätzung des Einflusses, den sie auf die Höhe der einzelnen Kosten haben können, dargestellt.

Dabei kann zwischen Fixkosten und variablen Kosten unterschieden werden, die in den folgenden Abschnitten in Bezug auf Kosten von PROs erläutert werden.

**Tabelle 2:** Übersicht über wesentliche Kostenelemente von Rücknahmesystemen und den Einflussmöglichkeiten einer PRO.

#### Kostenelemente und Einflussmöglichkeiten von PROs bei Rücknahme Elektroaltgeräten

		Kostenanteil **	Einfluss PRO***	Einflüsse von außerhalb der Rücknahmeorganisationen	Einfluss durch die Rücknahmeorganisation
Fix- Kosten	Personal	6 %	10	Geschäftsvolumen	optimierte Organisation
	Geschäftsräume		10	Geschäftsvolumen	Einkaufsmanagement
	Administration		10	Geschäftsvolumen	optimierte Prozesse
	PR, Lobbying		10		
Variable Kosten	Sammlung	23 %	2	Sammelmenge, Gesetzgebung	Lieferantenmanagement
	Transport	30 %	5	Sammelmenge, Geographie	Lieferantenmanagement, Prozessoptimierung
	Behandlung*	41 %	5	Sammelmenge, Produktmix, Gesetzgebung	Lieferantenmanagement

\* einschl. Batterien (2 %), Verpackung (15 %)  
 \*\* Datenquelle: SWICO Jahresbericht 2021  
 \*\*\* Schätzung: 1 sehr niedriger Einfluss, 10 sehr hoher Einfluss durch die PRO

#### 3.2.1 Fixkosten

Die fixen Kosten, also die Kosten, deren Höhe nicht direkt durch die Sammelmenge beeinflusst wird (z.B. Personalkosten, Administration, IT, Büromieten). Sie werden zum großen Teil durch die jeweilige PRO bestimmt und beeinflussen deren Effizienz.

### 3.2.2 Variable Kosten

Den größten Einfluss auf die variablen Kosten von Rücknahmeorganisationen (z.B. Sammlung, Transport/Logistik, Behandlung) hat die Sammelmenge. Je mehr Geräte gesammelt werden, desto höher sind die variablen Kosten.

#### 3.2.2.1 Sammelkosten

Die die Kosten der Sammlung werden durch die gesetzlichen Anforderungen beeinflusst. Während sich in einigen Ländern (z.B. Deutschland) die Hersteller nicht an den Sammelkosten beteiligen müssen, fordern die gesetzlichen Vorgaben in anderen Ländern, dass Hersteller die Sammlung organisieren und finanzieren. Auch die Sammelmethode für Altgeräte wird unterschiedlich umgesetzt. Während z.B. in den meisten Ländern die Sammlung der Altgeräte über Sammelstellen der Kommunen und des Handels erfolgt, schreibt der Gesetzgeber in z.B. Korea und Hongkong eine haushaltsnahe Sammlung durch die Hersteller vor. In anderen Ländern wiederum (z.B. Frankreich, Österreich) sind die Gebühren, mit denen die Hersteller zur Deckung der Sammelkosten der kommunalen Sammelstellen beitragen müssen, festgelegt.

#### 3.2.2.2. Transport- und Logistikkosten

Die Sammelmenge beeinflusst auch die Kosten für Transport und Logistik. Je mehr gesammelt wird, desto mehr muss transportiert werden. Weitere Faktoren, die die Logistikkosten beeinflussen, sind die Geografie eines Sammelgebietes (z.B. Täler, die keine „Querverbindungen“ zulassen), die Anzahl und die regionale Verteilung der Sammelpunkte sowie die Mindestmenge pro Abholung. Ist diese klein (z.B. bei Händlern), muss ein Fahrzeug mehrere Sammelstellen anfahren, um seine volle Ladung zu erreichen oder geringere Ladungen zum Recycler bringen, was zu höheren Kosten führt.

#### 3.2.2.3 Kosten der Behandlung

Ein wesentliches Element der variablen Kosten sind die Behandlungskosten. Zu ihnen zählen die Kosten der Sortierung, der Schadstoffentfrachtung, des Recyclings und der Beseitigung von Schadstoffen und nicht recyclingfähiger Materialien. Die Sammelmenge ist auch bei der Höhe der Behandlungskosten, neben der Qualität und der Effizienz von Recyclinganlagen, ein entscheidender Faktor.

Durch professionelles Management von Dienstleistern, das die Verfahren des Lieferanten-Managements moderner Unternehmen nutzt, können erhebliche Kostensenkungen bei den Transport-, Logistik- und Behandlungskosten erzielt werden. So kann die Öffnung von Ausschreibungen für Lieferanten aus Nachbarstaaten, gleiche Qualitätsmerkmale /

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Recyclingstandards vorausgesetzt, zu größerem Wettbewerb zwischen den Recyclern und damit geringeren Kosten für die PRO führen.

Weitergehende Untersuchungen zur Ursache der zum Teil erheblichen Unterschiede der Behandlungskosten wurden im Rahmen dieser Studie nicht vorgenommen. Sie hätten den zeitlichen Rahmen gesprengt.

Auch die Sammelkosten können von den Rücknahmeorganisationen durch professionelles Lieferantenmanagement oder Prozessoptimierung beeinflusst werden, jedoch ist der Einflussbereich geringer, da der Großteil dieser Kosten durch die gesetzlichen Anforderungen und Treibstoffpreise bestimmt wird.

Die Sammelmenge ist somit der Parameter, der die variablen Kosten von Rücknahmeorganisationen, zum Teil auch die Fixkosten, wesentlich beeinflusst.

#### 3.2.2.4 Sammelrate

Wie bereits festgestellt, ist die Sammelmenge, die Masse der Altgeräte, die im jeweiligen Land anfällt und von den Rücknahmesystemen im Auftrag der Hersteller gesammelt und behandelt wird, der bestimmende Einflussfaktor auf die variablen Kosten. Sie bestimmt zu einem großen Maße die Sammelkosten, die Transport- und Logistikkosten als auch die Kosten der Behandlung und zum Teil die Fixkosten. Die Sammelmenge kann in den einzelnen Ländern, bedingt durch u.a. die Einwohnerzahl, die Anzahl der verkauften Neugeräte, den Lebensstandard, das Umweltbewusstsein oder wieviel Aufwand für den Bürger entsteht, seine Altgeräte ordnungsgemäß zu entsorgen, erheblich schwanken. Eine Übersicht über diese Faktoren und deren Gewichtung ist bei Goodship et al. (2019) erläutert.

Die Sammelmenge wird zu einem erheblichen Teil von der Menge der in einem Land verkauften Geräte bestimmt. Je mehr Geräte verkauft wurden, desto höher ist das Potential für Altgeräte. Um den Einfluss unterschiedlicher Verkaufsmengen auf die Sammelmenge auszuschließen, wird die Sammelrate (SR), das Verhältnis der Masse der gesammelten Geräte (SM) zu der Masse der in den Verkehr gebrachten Geräte (Put on the Market (POM)), sowohl als Zielvorgabe als auch zur Erfolgsmessung von gesetzgeberischen Maßnahmen verwendet.

$$\text{Sammelrate (SR)} = \frac{\text{Sammelmenge (SM)}}{\text{Put on Market (POM)}}$$

(3)

Sammelraten der einzelnen Länder sind in verschiedenen Quellen zu finden. So veröffentlichen einzelne Rücknahmeorganisationen diese Daten in ihren Jahresberichten (SWICO, 2023a; RECUPEL, 2022b), aber auch nationale Koordinationsstellen (BeeWeee, 2024; EAR, 2022). Rücklaufquoten von EU-Ländern werden von EUROSTAT (2024) publiziert. Allerdings basieren diese Daten nicht auf einer einheitlichen Basis. So werden z.B. Rücklaufquoten auf

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Basis des Durchschnitts der Verkäufe der letzten 3 Jahre oder aber des jetzigen Jahres veröffentlicht, was die direkte Vergleichbarkeit erschwert.

Aufgrund der Limitierungen der beschriebenen Quellen wurden für die Effizienzbetrachtung die Sammelraten aus den „Country Sheets“ des „Global E-Waste Statistical Partnership“ (GESP, 2024) herangezogen. Sammelraten für das Jahr 2022 waren dort nicht nur für alle untersuchten Länder, auch die außerhalb der EU, verfügbar, sie basieren auch auf den gleichen Grundlagen, etwa der Definition der in den Verkehr gebrachten Menge (POM).

Lediglich die von GESP (2024) für die Schweiz für 2022 angegebene Sammelrate von 63 % wurde modifiziert. Während sich die Angaben des GESP auf alle Sammelkategorien beziehen, ist SWICO eine Branchenorganisation, die nur IT-Geräte und Unterhaltungselektronik umfasst. Haushaltsgroß- und -kleingeräte sowie Leuchten, die auch in der Schweiz unter Rücknahmeverpflichtungen fallen, werden von einem anderen Branchensystem, der Stiftung Entsorgung Schweiz (SENS) betreut.

Aus anderen Ländern ist bekannt, dass die Sammelrate für Geräte der IT- und Unterhaltungselektronikbranche in der Regel erheblich höher ist als die anderer Gerätegruppen, in Deutschland um etwa 1/3 (siehe Abschnitt 4.1.1.4).

Ein wesentlicher Grund für hohe Sammelraten bei IT-Geräten und Geräten der Unterhaltungselektronik, ist eine Veränderung der Geräte-Technologie. Flachbildschirme (Monitore, TV-Geräte) haben, bei gleicher Bildschirmgröße, ein wesentlich geringeres Gewicht als ihre Vorgänger mit Bildröhren. Während schon seit einigen Jahren nur noch Flachbildschirme auf den Markt gebracht wurden, bestand bis in die jüngste Vergangenheit die überwiegende Menge der zurückgegebenen Alt-Monitore / TV-Geräte aus schweren Bildröhrengeräten. Damit war die Masse der eingesammelten Geräte, bei einer angenommenen gleichen Anzahl von verkauften und zurückgenommenen Geräten, wesentlich (Faktor 4-5) höher als die Masse der in den Verkehr gebrachten Geräte. Da die Sammelrate nur das Gewicht der in den Verkehr gebrachten und eingesammelten Geräte betrachtet, ergab sich eine hohe Rücklaufquote, die in manchen Fällen 100 % überstieg.

Da es sich bei dem untersuchten Produktportfolio von SWICO um IT-Geräte und Geräte der Unterhaltungselektronik handelt, die im Allgemeinen eine höhere Sammelrate aufweisen, wurde die Sammelrate für die Schweiz in den Berechnungen (analog den Erfahrungen in Deutschland) gegenüber den Angaben von GESP um etwa 1/3 höher auf nunmehr 82 % angesetzt (vergl. Kap. 4.1.1.4).

Nach einer Untersuchung von Huisman et al. (2012) wurden in den Niederlanden nur ca. 28 % der in den Verkehr gebrachten Geräte über die Rücknahmeorganisationen der Hersteller gesammelt, ein Großteil der Geräte floss den Recyclern über andere Wege, z.B. über Schrotthändler oder durch die Eigenvermarktung der Kommunen, zu. Die Sammelrate bei der Berücksichtigung aller Rücklaufströme, die Geräte einer geordneten Behandlung zufließen

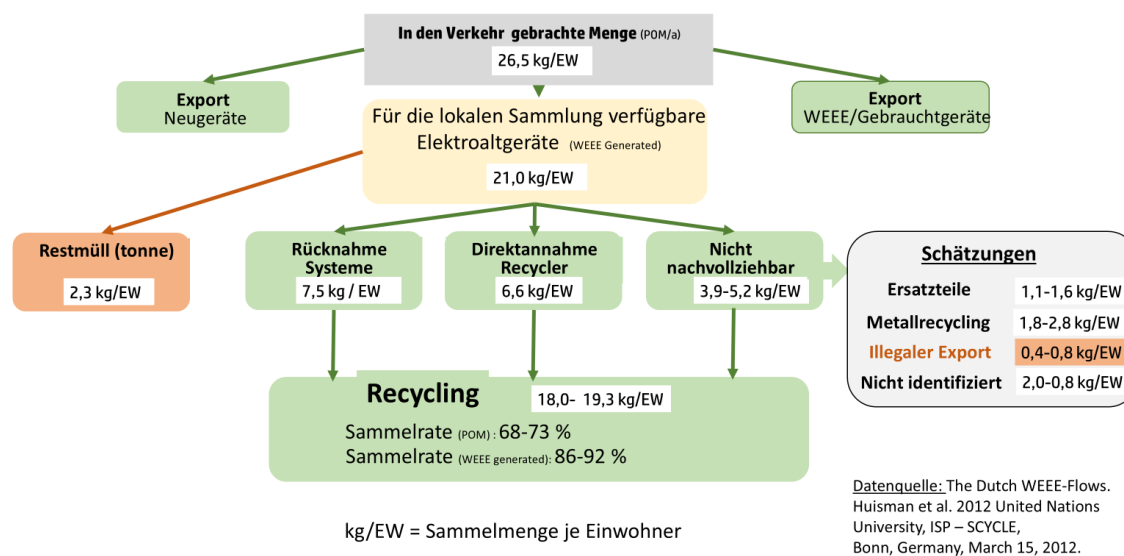
## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

lassen, liegt bei etwa 70 % (bezogen auf die in den Verkehr gebrachten Masse (POM) beträgt . Details sind in Abbildung 8 dargestellt.

In Deutschland werden die Altgeräte, die von den Kommunen eingesammelt, aber nicht an Rücknahmeorganisationen weitergeleitet, sondern in Eigenregie Recyclern übergeben werden, durch die Stiftung Elektro Altgeräte Register (EAR, 2018) erfasst und fließen somit in die Sammelstatistik ein. In anderen Ländern stehen diese Daten nicht zur Verfügung.

### Elektrische und Elektronische Altgeräte in den Niederlanden



**Abbildung 8:** Abfallströme für Elektroaltgeräte in den Niederlanden. Darstellung auf Basis von Huisman et al. (2012)

### 3.2.2.5 Zusätzliche Services

Bei den meisten Rücknahmeorganisationen schließen die von ihnen erhobenen Gebühren die Übernahme der gesetzlichen Verpflichtungen für Elektrogeräte und elektronisches Equipment von Konsumenten ein. Andere Rücknahmeverpflichtungen (z.B. Batterien, Verpackungen) werden durch auf diese Produkte spezialisierte Rücknahmeorganisationen durchgeführt und von diesen, unabhängig von den Kosten der Altgeräterücknahme, in Rechnung gestellt.

Lediglich in der Schweiz schließen die von der lokalen PRO, SWICO, erhobenen „Vorgezogenen Recycling-Beiträge (VRB)“ die Entsorgung der Geräteverpackung und Batterien, die vom Hersteller in den Markt gebracht wurden, ein.

### 3.2.3 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten einer Rücknahmeorganisation setzen sich aus Kosten, die im Wesentlichen nicht direkt mit den gesammelten Mengen an Altgeräten in Zusammenhang stehen

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

(Fixkosten, (FK) wie Raum-, Personalkosten, Abschreibungen, Kommunikation, Lizenzen) sowie den variablen Kosten, die in direktem Zusammenhang mit der Sammelmenge stehen, zusammen. Zu den variablen Kosten zählen die Kosten der Sammlung (SK), des Transports / Logistik (TK), der Behandlung (BK) und eventueller Zusatzleistungen (ZK) (z. B. Batterieentsorgung).

$$\text{Gesamtkosten} = FK + SK + TK + BK + ZK$$

(4)

Legende: FK=Fixkosten; SK=Sammelkosten; TK=Transport-/Logistikkosten; BK=Behandlungskosten; ZK=Kosten von Zusatzleistungen

Ein Vergleich der Gesamtkosten ist für einen Effizienzvergleich nicht geeignet, da sie u.a. von den unterschiedlichen Rücklaufvolumina sowie dem Produktmix der verkauften Geräte bestimmt werden. Selbst die Fixkosten sind z.T. durch das Rücklaufvolumen beeinflusst, so benötigt z.B. eine Rücknahmeorganisation, die nur eine geringere Menge von Altgeräten sammelt, weniger Personal als eine vergleichbare Organisation mit höherem Rücklaufvolumen.

Leider veröffentlichen Rücknahmeorganisationen keine detaillierten Daten, die einen Rückschluss auf die einzelnen Kostenfaktoren auf Produktbasis und somit einen Effizienz- / Kostenvergleich erlauben. Daher war es notwendig, einen solchen Vergleich auf Basis von Daten, die zum Teil den veröffentlichten Preislisten der Rücknahmeorganisationen oder frei zugänglichen Daten (z.B. Sammelraten) entnommen bzw. von mehreren Herstellern beigetragen wurden, durchzuführen.

Hersteller in der Elektronik- / IT-Branche vertreiben nicht nur Geräte aus einer Produktkategorie. In der IT-Industrie gibt es Hersteller, die neben Notebooks auch Monitore verkaufen, andere fokussieren sich auf den Bereich Scanner und Drucker, wieder andere haben sowohl Notebooks und Monitore als auch Drucker, Scanner und ähnliche Geräte im Verkaufsprogramm während wiederum andere in allen Geräteklassen aktiv sind.

Im vorliegenden Effizienzvergleich sollte sichergestellt werden, dass Einflüsse durch die Zusammensetzung der Verkaufsmenge von Herstellern (=“Produktmix“) ausgeschlossen werden.

### 3.2.4 Produkt-Mix

Der Produktmix ist, neben der Sammelmenge, der wesentliche Treiber der Behandlungskosten. Unterschiedliche Altgeräte erfordern unterschiedliche Behandlungsprozesse, die wiederum mit unterschiedlichen Kosten behaftet sind. Zunächst

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Methodik des Effizienzvergleichs*

bestimmen die in den Geräten verbauten Materialien und z.B. wie schwierig eine Separation einzelner Materialien ist, die Behandlungskosten. Bei Druckern und ähnlichen IT-Geräten (z.B. Scanner, Faxgeräte) können Materialerlöse, abhängig von der lokalen Kosten- und Erlössituation, einen Teil der Behandlungskosten abdecken. Bei Notebooks übersteigen i.d.R. die Erlöse aus den darin enthaltenen Metallen (z.B. Gold, Platin) die Behandlungskosten, ein Erlös wird erwirtschaftet. Enthalten Geräte Schadstoffe (wie z.B. Bildschirmgeräte mit Bildröhren oder Flachbildschirme mit quecksilberhaltiger Hintergrundbeleuchtung), so fallen erhebliche Kosten für die z.T. manuelle Schadstoffentfrachtung und die Beseitigung der Schadstoffe (z.B. bleihaltiges Bildschirmglas) an.

Durch neue Technologien aber auch Vorschriften wie der RoHS-Direktive 2002/95/EC / 2011/65/EC (European Parliament and Council, 2011), die die Nutzung bestimmter Stoffe in Elektrogeräten untersagt, haben sich die Recyclingkosten modernerer Geräte angeglichen. So liegen die Behandlungskosten von Flachbildschirmen mit LED-Hintergrundbeleuchtung, die keine vor dem Recycling zu entfernende Schadstoffe enthalten, in ähnlichen Größenordnungen wie die von anderen IT-Geräten (z.B. Scanner).

Rücknahmeorganisationen tragen den unterschiedlichen Kosten einzelner Produktarten Rechnung, indem sie für diese unterschiedliche Preise fordern. So stellt RECUPEL, die belgische PRO, für einen in den Verkehr gebrachten Monitor 1,405 € (excl. Umsatzsteuer) in Rechnung, während der Preis für eine Laptop (mit ähnlichem Gewicht) nur 0,124 € (excl. Umsatzsteuer) beträgt (RECUPEL, 2022a). Die Anzahl der verkauften Produkte aus den einzelnen Sparten eines Herstellers variiert zum Teil erheblich in den verschiedenen Ländern, in denen er tätig ist. Dies ist nicht nur unterschiedlichen Marktanteilen im lokalen Wettbewerb geschuldet. In den verschiedenen Märkten kann auch das Verhältnis der Verkaufsmengen einzelnen Produktgruppen (z.B. Monitore gegenüber Notebooks) eines Herstellers sehr unterschiedlich ausfallen.

Somit kann allein die unterschiedliche Zusammensetzung des jeweiligen Produktmixes eines Herstellers in den jeweiligen Ländern einen großen Einfluss auf seine Kosten für die Rücknahme von Altgeräten haben, ein Teil der Kostenunterschiede in Abbildung 7 könnte dadurch verursacht sein, dass z.B. ein Hersteller in einem Land mehr Geräte mit hohen Rücknahmekosten als in einem anderen verkauft.

Um den Einfluss einer unterschiedlichen Zusammenstellung der verkauften Produktmengen in einem Vergleich der Kosten eines Herstellers auszuschließen, wurde ein Produktportfolio zusammengestellt, das die Basis der Vergleiche in allen Ländern war und somit einen, von den lokalen Verkaufsanteilen unterschiedlicher IT-Produkte eines Herstellers, unabhängigen Vergleich ermöglichte.

Das für die Untersuchung genutzte Produktportfolio ist in Tabelle 3 dargestellt. Es umfasst Drucker, Notebooks und Monitore und enthält jeweils Geräte aus dem unteren und mittleren/höheren Preisspektrum dieser Konsumenten-Produkte.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Tabelle 3: Übersicht über das zum Vergleich verwendete Produktportfolio

Produkt	Gewicht	Preis-Kategorie		
		untere	mittlere	höhere
Tintenstrahldrucker	2,33 kg	X		
Multifunktionsgerät (MFD) (Tintenstrahltechnologie)	6,18 kg		X	X
Laserdrucker (S/W)	3,80 kg	X		
Farb-Laserdrucker	38,10 kg			X
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	1,47 kg	X		
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	2,38 kg		X	
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	3,10 kg	X		
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	16,95 kg		X	
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	13,80 kg			X

### 3.2.5 Abschätzung des Einflusses von anderen Parametern

Im direkten Vergleich Belgien-Schweiz wurden die zusätzlichen Leistungen von SWICO (Batterie- und Verpackungsrücknahme) in die Gebühren von RECUPEL einberechnet sowie die unterschiedliche Beteiligung an den Sammelkosten in Kapitel 4.1.1.5 in die Effizienzbetrachtungen einbezogen.

Für eine Reihe von externen Parametern, die die Kosten/Preisgestaltung/Effizienz der Rücknahmeorganisationen beeinflussen, wie z.B. der Anteil der Sammelkosten, die von den Rücknahmeorganisationen zu tragen sind, lagen für den internationalen Vergleich keine konkreten Daten vor.

Um ihren Einfluss auf die Effizienz zu untersuchen, wurden, auf der Basis der langjährigen Erfahrungen des Verfassers, mit und in Rücknahmeorganisationen, Schätzungen für nichtquantifizierbare Faktoren in den Effizienzvergleich eingebracht (Kapitel 4.2.4.). Darüber hinaus gibt es Kostenfaktoren, die in diesem Vergleich nicht berücksichtigt werden konnten, z.B. Maßnahmen, die nicht zum Kern-Aufgabengebiet einer Rücknahmeorganisation zählen. Dazu zählen u.A. Kommunikationsprojekte zur Sensibilisierung der Bevölkerung, aber auch Forschungsarbeiten. Diese werden in unterschiedlichem Umfang von den Rücknahmeorganisationen durchgeführt. Unter anderem hat SWICO eine interessante Studie zum Alter von IT-Geräten im Abfall erstellt, aus der hervorgeht, dass über 87 % der Notebooks, die von SWICO eingesammelt werden, mehr als 11 Jahre alt sind (SWICO, 2021). Solche Aktivitäten wurden aufgrund ihrer Vielfalt in den verschiedenen Ländern und dass ihre Kosten nicht ausgewiesen werden, nicht in Effizienzbetrachtungen einbezogen.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

In der vorliegenden Arbeit wurde ebenfalls untersucht, welchen Einfluss Preismodelle, die Art, wie die Rücknahmeorganisationen ihre Dienstleistungen den Herstellern berechnen, auf die Effizienz dieser Organisationen haben.

### 3.3 Preismodelle

Bei der Implementierung von Regelungen für Elektro-Altgeräte können international drei Preis-Modelle unterschieden werden, auf deren Basis Rücknahmeorganisationen Herstellern ihre Leistungen in Rechnung stellen:

- 1) Vorgezogene Rücknahmegebühren (Advanced Recycling Fees, ARF) je Produkt.
- 2) Vorgezogene Rücknahmegebühren nach individuellem Gewicht eines Produktes.
- 3) Kostenberechnung auf Basis der für einen Hersteller zurückgenommenen Mengen (Amounts Collected / Treated, ACT).

Diese Preis-Modelle werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

#### 3.3.1 Vorgezogene Rücknahmegebühren je Gerät (ARF)

Bei der Methode „Vorgezogene Rücknahmegebühren (Advanced Recycling Fees (ARF))“ stellen Rücknahmeorganisationen den Herstellern eine Gebühr für jedes in den Verkehr gebrachte Produkt bereits zum Zeitpunkt der Vermarktung eines Produktes in Rechnung (vorschüssige Zahlung). Diese Gebühren decken alle Kosten der PRO ab und sind an die unterschiedlichen Kosten der jeweiligen Gerätegruppen angepasst. Sie basieren auf Abschätzungen der Kosten durch die jeweiligen PRO für den kommenden Zeitraum, i.d.R. ein Jahr. Da die vorgezogenen Gebühren auf Schätzungen zukünftiger Kosten beruhen und Rücknahmeorganisationen keine Verluste erzielen sollen, enthalten ARFs, zumindest in den ersten Jahren einer operativen Umsetzung, wenn z.B. zukünftige Rücklaufmengen und deren Zusammensetzung nicht mit ausreichender Wahrscheinlichkeit geschätzt werden können, Risikozuschläge, die, wenn die höheren Kosten nicht eintreten, zu erheblichen Überschüssen führen können.

Zur Berechnung der ARF eines Produktes ( $ARF_x$ ) werden die auf die jeweiligen Produktkategorien (K) entfallenden Kosten (Fix-, Sammel-, Transport/Logistik-, Behandlungskosten sowie Kosten zusätzlichen Leistungen),  $GK_K$ , auf die Anzahl der Exemplare der von allen Herstellern in den Markt gebrachten Produkte dieser Produktkategorie ( $A_{POMK}$ ) verteilt.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

$$GK_K = FK_K + SK_K + TK_K + BK_K + ZK_K$$

(5)

Legende:  $GK_K$  = Gesamtkosten der Produktkategorie;  $FK_K$ =Fixkostenanteil der Produktkategorie;  $SK_K$ =Sammelkosten der Produktkategorie;  $TK_K$ =Transportkosten der Produktkategorie;  $BK_K$ =Behandlungskosten der Geräteklasse;  $ZK_K$  = Kosten von Zusatzleistungen für diese Geräteklasse

$$ARF_x = \frac{GK_K}{A_{POM K}}$$

(6)

Legende:  $ARF_x$ =ARF eines Gerätes  $x$ ;  $GK_K$ =Gesamtkosten der jeweiligen Produktkategorie;  $A_{POM K}$ =Anzahl der von allen Herstellern in dieser Kategorie in den Verkehr gebrachten Geräte

Die Gesamtkosten eines Herstellers ( $K_{Hersteller}$ ) ergeben sich aus der Anzahl der vermarkteten Geräte einer Produktkategorie, z.B. Laserdrucker ( $A_{POM K Hersteller}$ ) multipliziert mit der ARF des Gerätes ( $ARF_x$ ).

$$K_{Hersteller} = A_{POM K Hersteller} * ARF_x$$

(7)

Legende:  $K_{Hersteller}$ =Gesamtkosten eines Herstellers für seine Geräte einer Produktkategorie;  
 $A_{POM K Hersteller}$ =Anzahl der Geräte dieses Modells, das vom Hersteller in den Verkehr gebracht wurden;  
 $ARF_x$ =ARF dieses Gerätes

Eine Darstellung der praktischen Berechnung einer Vorgezogenen Recyclinggebühr (ARF) an einem fiktiven Beispiel ist in Tabelle 4 dargestellt.

Bei Abrechnungsmodellen mit der Zahlung beim Verkauf eines Gerätes (ARF) müssen die zusätzlichen Kosten durch z.B. eine Erhöhung der Sammelmasse (zumindest für die aktuelle Abrechnungsperiode) von der PRO absorbiert werden.

Um eine finanzielle Schiefelage einer PRO in dieser Situation zu vermeiden, werden bei der Kalkulation von vorgezogenen Gebühren, Sicherheitsmargen in die Preisfindung aufgenommen, die vor allem in den ersten Jahren der Umsetzung von WEEE in Europa bei manchen PROs, die nach diesem Preismodell abrechnen, zu erheblichen Rückstellungen geführt haben.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

**Tabelle 4:** Vereinfachtes Beispiel der Berechnung der Advanced Recycling Fee (ARF)

	Alle Geräte der Geräte-kategorie	Hersteller A	Hersteller B
Anzahl Geräte POM Gerätekategorie ( $A_{POM K}$ )	100.000		
Anzahl Geräte POM Hersteller Gerätekategorie ( $A_{POM K Hersteller}$ )		25.000	75.00
Gesamtkosten PRO ( $GK_K$ ) je Gerätekategorie	70.000 €		
ARF ( $ARF_x$ )	0,70 €		
Kosten Hersteller ( $K_{Hersteller}$ ) dieser Gerätegruppe		17.500 €	52.500 €

Eine weitere Berechnungsmethode für eine vorschüssige Bezahlung der Rücknahmeleistungen wird in folgendem Abschnitt beschrieben.

### 3.3.2 Vorgezogenen Rücknahmegebühren je Gewichtseinheit

In einem anderen Preismodell, dass von einigen Rücknahmeorganisationen (z.B. Korea, Australien) angewendet wird, werden die Gebühren nicht auf Basis der Anzahl der Geräte in den Verkehr gebrachten Produkte einer Gerätekategorie berechnet, sondern je Gewichtseinheit ( $P_{Gewichtseinheit \times POM}$ ).

Dazu werden zunächst die Gesamtkosten für Produkte, die zusammen in einer Kategorie (x) gesammelt und behandelt werden (z.B. Bildschirmgeräte), ermittelt ( $GK_{x PRO}$ ) und durch die Masse der in dieser Gerätekategorie in den Verkehr gebrachten Geräte geteilt ( $Masse_x POM$ ).

$$P_{Gewichtseinheit \times POM} = \frac{GK_{x PRO}}{Masse_x POM} \quad (8)$$

**Legende:**  $P_{Gewichtseinheit \times POM}$  = Preis je Gewichtseinheit einer Rücknahmekategorie;  $GK_{x PRO}$  = Gesamtkosten einer Rückgabekategorie;  $Masse_x POM$  = Masse der in dieser Rückgabekategorie in den Verkehr gebrachten Produkte.

Durch die Multiplikation des Gesamtgewichts der Produkte, die von einem Hersteller in der jeweiligen Rücknahmekategorie in den Markt gebracht werden ( $Masse_{Hersteller POM}$ ) mit dem spezifischen Preis je Gewichtseinheit ( $P_{Gewichtseinheit \times POM}$ ) ergeben sich die Kosten des Herstellers für die Rücknahme seiner Produkte in dieser Kategorie ( $P_{Hersteller x}$ ).

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

$$P_{\text{Hersteller } x} = P_{\text{Gewichtseinheit } x \text{ POM}} * \text{Masse}_{\text{Hersteller POM}}$$

(9)

Legende:  $P_{\text{Hersteller } x}$  = Kosten des Herstellers für seine Produkte in dieser Rücknahmekategorie;  $P_{\text{Gewichtseinheit } x \text{ POM}}$  = Preis je Gewichtseinheit dieser Rücknahmekategorie;  $\text{Masse}_{\text{Hersteller POM}}$  = Masse des vom jeweiligen Hersteller in den Verkehr gebrachten Produkte

Diese Berechnungsmethode, an einem praktischen Beispiel in Tabelle 5 dargestellt, erlaubt eine Berechnung der Kosten an die Hersteller, ohne Einflüsse durch Preis-Produktgruppenstrukturen (vgl. 4.2.2.4).

Tabelle 5: Vereinfachtes Beispiel der Berechnung der Kosten für Hersteller basierend auf dem ARF / Gewichtseinheit Preis Modell

	Alle Geräte	Hersteller A	Hersteller B
Masse POM Gerätekategorie ( $\text{Masse } x \text{ POM}$ )	1.000.000 kg	250.000 kg	750.000 kg
Gesamtkosten PRO ( $GK_{x \text{ PRO}}$ )	70.000 €		
ARF-Gewichtseinheit ( $P_{\text{Gewichtseinheit } x \text{ POM}}$ )	0,07 €		
Kosten Hersteller ( $P_{\text{Hersteller } x}$ )		17.500 €	52.500 €

Eine weitere Methode der Preisfindung, ist die Rechnungsstellung, nachdem die Leistung der Rücknahmeservices erfolgt ist (nachsüssige Zahlung).

### 3.3.3 Rechnungsstellung nach der abgeholten Masse (ACT)

Eine weiteres, weit verbreitetes Preismodell ist die Bezahlung der Rücknahmeorganisationen nach der dem Hersteller zugewiesenen Abfallmenge für eine bestimmte Produktgruppe (X): Amount Collected Treated (ACT).

Im Gegensatz zu den Preismodellen, die auf Zahlungen der Rücknahmekosten bei der Inverkehrbringung von Geräten geleistet werden müssen, beruht das Preismodell ACT auf Zahlungen, die nach der Abholung der einem Hersteller zugewiesenen Abfallmenge durch einer Rücknahmeorganisation erhoben werden. Auch bei diesem Modell werden unterschiedliche Preise für die verschiedenen Gerätearten erhoben, die durch die unterschiedlichen Sammel-, Transport und Behandlungskosten der einzelnen Gerätekategorien bestimmt sind.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Zur Berechnung der Rücknahmekosten eines Herstellers nach dem ACT-Preismodell, wird zunächst dessen Marktanteil ( $MA_{Hx}$ ) am Neugerätemarkt auf Basis seiner in den Verkehr gebrachten Menge an Geräten einer Produktkategorie ( $POMG_{Hx}$ ) in Bezug auf die in den Verkehr Masse aller Hersteller für diese Sammelkategorie ( $\sum POMG_{alle\ Hersteller\ x}$ ) berechnet.

$$MA_{Hx} = \frac{POMG_{Hx}}{\sum POMG_{alle\ Hersteller\ x}}$$

(10)

Legende:  $MA_{Hx}$  = Marktanteil eines Herstellers am Neugerätemarkt einer Sammelkategorie;  $POMG_{Hx}$  = in den Verkehr gebrachte Menge einer Sammelkategorie eines Herstellers;  $\sum POMG_{alle\ Hersteller\ x}$  = Summe der von allen Herstellern in den Verkehr gebrachten Geräte einer Sammelkategorie.

In einem nachfolgenden Schritt wird auf der Basis der Gesamtmasse der zurückgenommenen Geräte einer Sammelkategorie ( $RM_x$ ), der die Geräte des Herstellers zugeordnet sind, multipliziert mit dem Marktanteil des Herstellers am Neugerätemarkt ( $MA_{Hx}$ ) die Masse an Geräten bestimmt, die eine Rücknahmeorganisation für den Hersteller abholen und behandeln muss ( $RM_{Hx}$ ).

$$RM_{Hx} = RM_x * MA_{Hx}$$

(11)

Legende:  $RM_{Hx}$  = Rücknahmeverpflichtung eines Herstellers in einer Sammelkategorie;  $RM_x$  = Masse der zurückgenommenen Geräte einer Sammelkategorie;  $MA_{Hx}$  = Marktanteil eines Herstellers in einer Sammelkategorie

Dem Hersteller werden die Kosten der Masse an Altgeräten, die für ihn von der Rücknahmeorganisation abgeholt wurden ( $RM_{Hx}$ ), multipliziert mit dem Preis je abgeholter Gewichtseinheit der abgeholten Geräteart ( $RP_x$ ) in Rechnung gestellt ( $P_{Hx}$ ).

$$P_{Hx} = RM_{Hx} * RP_x$$

(12)

Legende:  $P_{Hx}$  = Preis der Rücknahme von Geräten einer Sammelkategorie;  $RM_{Hx}$  = Masse der Rücknahmeverpflichtung eines Herstellers;  $RP_x$  = Preis je Masseneinheit der jeweiligen Rücknahmekategorie

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Preismodellen, bei denen die Preise, da vorschüssig, auf Annahmen der Rücknahmeorganisation über Rücklaufmengen und Kosten für eine zukünftige Preisperiode basieren, werden in einem ACT-Preismodell, die der PRO tatsächlich entstehenden Kosten nach Erbringung der Leistung, abgerechnet. Für die Rücknahmeorganisation sind somit Änderungen z.B. durch die höheren Sammelmassen ergebnisneutral, da z.B. eine Erhöhung der Rücklaufmasse automatisch eine Erhöhung der Masse an Altgeräten, die vom Hersteller übernommen werden müssen, zur Folge hat. In Tabelle 6 ist beispielhaft eine Berechnung der Rücknahmekosten eines Herstellers auf Basis der Preismethode nach der zurückgenommenen Masse (ACT) dargestellt.

Da in den untersuchten Rücknahmeorganisationen die unterschiedlichen Preismodelle angewandt wurden, mussten sie für einen Vergleich der Effizienz auf Basis der Rücknahmepreise auf ein Preismodell konvertiert werden.

Tabelle 6: Vereinfachtes Beispiel der Berechnung der Kosten für Hersteller, basierend auf der abgeholten Menge (ACT)

	Alle Geräte	Hersteller A	Hersteller B
Masse der Geräte aller Hersteller POM einer Sammelkategorie ( $\sum POMG_{alle\ Hersteller\ x}$ )	1.000.000 kg		
Masse der Geräte je Hersteller POM einer Sammelkategorie ( $POMG_{Hx}$ )		250.000 kg	750.000 kg
Masse zurückgenommener Geräte einer Sammelkategorie ( $RM_{Hx}$ )	600.000 kg		
Marktanteil Hersteller einer Sammelkategorie ( $MA_{Hx}$ )		25 %	75 %
Rücknahmeverpflichtung für diese Geräteart ( $RM_{Hx}$ )		150.000 kg	450.000 kg
Gesamtkosten der PRO für diese Geräteart	70.000 €		
Kosten je kg der abgeholten Masse je Geräteart ( $RP_x$ )	0,112 €		
Preis Hersteller ( $P_{Hx}$ )		17.500 €	52.500 €

### 3.4 Anpassung der Preismodelle für den Effizienzvergleich

Für den Effizienzvergleich auf Basis der Preise von Rücknahmeorganisationen wurde nach mehreren Versuchen mit unterschiedlichen Anpassungsszenarien entschieden, das Preismodell einer vorgezogenen Gebühr (ARF) als Basis des Vergleiches zu wählen. Dies ist u.a. darin begründet, dass eine große Anzahl von Rücknahmeorganisationen ihre Leistungen über dieses Preismodell abrechnen und die Umwandlung der auf den anderen beiden Preismodellen basierenden Vergleichswerte ohne weitere Annahmen und damit Unsicherheiten möglich ist.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Zur Konvertierung eines Preismodells, das auf vorgezogenen Gebühren pro Gewichtseinheit (Abschnitt 3.3.2) beruht, in ein ARF-Modell mit festen Gebühren je Produkt, wurde jeweils eine kalkulatorischen ARF ( $ARF_x \text{ kalkuliert}$ ) berechnet, indem der für die jeweilige Produktkategorie geforderte Preis je in Verkehr gebrachter Gewichtseinheit ( $P_{\text{Gewichtseinheit} \times \text{POM}}$ ), mit der Masse des jeweiligen Produktes ( $M_{\text{Produkt}}$ ) multipliziert wurde.

$$ARF_x \text{ Kalkuliert} = P_{\text{Gewichtseinheit} \times \text{POM}} * M_{\text{Produkt}} \quad (13)$$

Legende:  $ARF_x \text{ Kalkuliert}$  = in ARF konvertierte Preise;  $P_{\text{Gewichtseinheit} \times \text{POM}}$  = Preis je Gewichtseinheit einer Produktkategorie;  $M_{\text{Produkt}}$  = Masse des jeweiligen Produktes

Bei dem Preismodell, das auf Zahlungen basierend auf der zurückgenommenen Masse von Altgeräten (Abschnitt 3.3.3) beruht (ACT), wurde die kalkulatorische ARF ( $ARF_x \text{ kalkuliert}$ ) aus den Zahlungen eines Herstellers ( $P_x \text{ Hersteller}$ ) für die Sammelkategorie, dem ein bestimmtes Gerät zugehört, durch das Gewicht der vom Hersteller in dieser Kategorie in den Markt gebrachten Masse ( $M_x \text{ Hersteller POM}$ ) der Produkte dividiert und mit dem Gewicht des jeweiligen Gerätes ( $M_{\text{Produkt}}$ ) multipliziert.

$$ARF_x \text{ kalkuliert} = \frac{P_x \text{ Hersteller}}{M_x \text{ Hersteller POM}} * M_{\text{Produkt}} \quad (14)$$

Legende:  $ARF_x \text{ Kalkuliert}$  = in ARF konvertierte Preise;  $P_x \text{ Hersteller}$  = Zahlungen des Herstellers für seine Rücknahmeverpflichtung einer Sammelkategorie;  $M_x \text{ Hersteller POM}$  = Masse der vom Hersteller in dieser Sammelkategorie in den Verkehr gebrachten Geräte;  $M_{\text{Produkt}}$  = Masse des jeweiligen Gerätes

Die Umrechnungen basieren auf der Basis der von Rücknahmeorganisationen veröffentlichten Preisen / Gebühren sowie einem Mittelwert aus Herstellerangaben für die jeweiligen Produktgruppen in den Fällen, bei denen keine öffentlich zugänglichen Preisdaten der Rücknahmeorganisationen vorlagen.

Nach der Konvertierung der Rücknahmepreise der unterschiedlichen Rücknahmeorganisationen auf das Modell der vorgezogenen Gebühren, wurden weitere Anpassungen notwendig, um den Einfluss unterschiedlicher externer Rahmenbedingungen auf deren Effizienz zu minimieren.

### 3.5 Normierung von Rücknahmepreisen zur Minimierung externer Faktoren

Zur Minimierung äußerer Faktoren auf den Effizienzvergleich, die nicht (oder nur zu einem geringen Teil) von Rücknahmeorganisationen beeinflussbar sind, wurden Normierungen der wichtigsten Einflussfaktoren (stufenweise) vorgenommen:

- 1) Behandlungskosten,
- 2) Behandlungskosten und Sammelrate.

#### 3.5.1 Normierung auf der Basis der Behandlungskosten

In einem ersten Schritt des multinationalen Vergleichs wurde, um den Einfluss der lokalen Behandlungskosten auf die Rücknahmepreise ( $RK_1$ ) zu minimieren, die lokalen Behandlungskosten durch einen internationalen Referenzwert ersetzt (Abb. 15-17).

Da die Behandlungskosten der untersuchten PROs nicht bekannt sind, wurde angenommen, dass ihnen die ähnliche Preise für die Behandlung in Rechnung gestellt werden, wie sie Herstellern für ihre lokale Eigenrücknahme zahlen.

Zur Berechnung des Effizienzparameters ( $RK_2$ ), der durch eine Normalisierung der Rücknahmepreise den Einfluss unterschiedlicher Behandlungskosten minimiert, wurden zunächst von den lokalen Rücknahmekosten ( $RK_1$ ) die lokalen (Hersteller-) Behandlungskosten ( $BK_{Gerät\ lokal}$ ) abgezogen und durch die, auf der Basis des internationalen Referenzwertes, errechneten Behandlungskosten ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ ) ersetzt.

$$RK_2 = RK_1 - BK_{Gerät\ lokal} + BK_{Gerät\ Referenz} \quad (15)$$

Legende:  $RK_2$  = Effizienzvergleichsparameter 2;  $RK_1$  = Effizienzvergleichsparameter 1;  $BK_{Gerät\ lokal}$  = lokale Behandlungskosten;  $BK_{Gerät\ Referenz}$  = Behandlungskosten basierend auf dem internationalen Referenzwert

Die lokalen Behandlungskosten des Produktes wurden auf der Basis der spezifischen Gerätemasse eines Produktes  $M_{Gerät}$ , multipliziert mit den jeweiligen lokalen Behandlungskosten je Gewichtseinheit der jeweiligen Gerätekategorie ( $BK_{Gerätekategorie\ lokal}$ ) berechnet.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

$$BK_{Geräte\ lokal} = M_{Gerät} * BK_{Geräte\ kategorie\ lokal}$$

(16)

Legende:  $BK_{Gerät\ lokal}$  = lokale Behandlungskosten;  $M_{Gerät}$  = Masse des Gerätes;  $BK_{Geräte\ kategorie\ lokal}$  = lokale Behandlungskosten der jeweiligen Sammelkategorie

Die Multiplikation der Masse eines Gerätes ( $M_{Gerät}$ ) mit den Referenz-Behandlungskosten ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ ) ergab den internationalen Referenzwert der Behandlungskosten des jeweiligen Produktes ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ ).

$$BK_{Gerät\ Referenz} = M_{Gerät} * BK_{Geräte\ kategorie\ Referenz}$$

(17)

Legende:  $BK_{Gerät\ Referenz}$  = Behandlungskosten des Gerätes auf Basis des Referenzwertes;  $M_{Gerät}$  = Masse des Gerätes;  $BK_{Geräte\ kategorie\ Referenz}$  = Referenz-Behandlungskosten der jeweiligen Sammelkategorie

In Tabelle 7 ist die Normalisierung der Rücknahmepreise basierend auf den (Hersteller-) Behandlungskosten am (fiktiven) Beispiel von Schweden für einen Drucker mit Tintenstrahl-Technologie dargestellt. So erhöht sich im Beispiel der auf Behandlungskosten normalisierte Vergleichsparameter ( $RK_2$ ) eines Druckers mit Tintentechnologie gegenüber dem Preis ( $RK_1$ ) von 1,04 € auf 1,29. Ein hoher Wert des Effizienzparameters deutet auf eine niedrige, ein niedrigerer Wert auf eine höhere Effizienz hin. Der Grund ist, dass die lokalen Behandlungskosten mit 0,10 €/kg unter dem internationalen Referenzwert von 0,21 €/kg liegen. Der Austausch der lokalen Behandlungskosten mit Behandlungskosten mit den höheren durchschnittlichen internationalen Behandlungskosten führt zu einem höheren Effizienzparameter  $RK_2$ . In Ländern, in denen die lokalen Behandlungskosten höher als der Referenzwert der (Hersteller-) Behandlungskosten sind, verringern sich die Referenzparameter  $RK_2$  gegenüber  $RK_1$ , der die Rücknahmepreise des Gerätes reflektiert.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

Tabelle 7: Praktische Umsetzung der Normalisierung der Rücknahmepreise auf Basis des internationalen Referenzwertes der Behandlungskosten für einen Drucker mit Tintenstrahltechnologie ( $RK_2$ ) am Beispiel Schweden

<b>Beispiel Schweden</b>			
Nicht modifizierter Rücknahmepreis des Gerätes basierend auf lokalen Behandlungskosten	Lokale Behandlungskosten der Gerätekategorie (Drucker) je kg	Masse des Druckers	Lokale Behandlungskosten des Druckers
$RK_1$	$BK_{Gerätekategorie\ Lokal}$	$M_{Gerät}$	$BK_{Gerät\ lokal}$
0,392 \$	0,101 \$/kg	2,33 kg	0,235 \$
	Internationaler Referenzwert der Behandlungskosten der Gerätekategorie (Drucker) ( $BK_{Gerätekategorie\ Referenz}$ )	Masse des Druckers ( $M_{Gerät}$ )	Behandlungskosten des Druckers basierend auf dem Referenzwert der Gerätekategorie Drucker ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ )
	0,226 \$/kg	2,33 kg	0,527 \$
Effizienzparameter $RK_2$ nach Ersatz der lokalen Behandlungskosten durch den internationalen Referenzwert der Behandlungskosten			
$RK_2 = RK_1 - M_{Gerät} * BK_{Gerätekategorie\ lokal} + M_{Gerät} * BK_{Gerätekategorie\ Referenz}$			
$RK_2=0,0,683 = 0,392 \$-2.33*0,101+2.33*0,226 \$$			

Dabei ist zu beachten, dass die mit den Behandlungskosten modifizierten Rücknahmekosten ( $RK_2$ ) keinen Wert darstellen, der eine praktische Bedeutung hat. Die Normalisierung der tatsächlichen Rücknahmekosten ( $RK_1$ ) mit einem Mittelwert der Behandlungskosten ( $BK_{Gerätekategorie\ Referenz}$ ) dient im Effizienzvergleich zur Minimierung lokaler Unterschiede der Behandlungskosten.

Ein negativer Wert von  $RK_2$  bedeutet z.B. nicht, dass in einem Land für die betrachteten Geräte Erlöse aus dem Recycling erzielt werden. Ein negativer Wert bedeutet lediglich, dass die lokalen Behandlungskosten ( $BK_{Gerät\ Lokal}$ ) signifikant höher sind als der internationale Vergleichswert ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ ).

Im nächsten Schritt, externe Einflüsse auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen zu minimieren, wurde auch die Sammelrate, die einen großen Einfluss auf die Kosten einer Rücknahmeorganisation in den untersuchten Ländern hat, in die Berechnungen einbezogen.

### 3.5.2 Normierung auf Behandlungskosten und Sammelrate

Um auch die verschiedenen Sammelraten, deren Schwankungsbreite von 1 % (Kolumbien) bis 76 % (Österreich) reicht und die die variablen Kosten von Rücknahmeorganisationen erheblich beeinflussen, in einen Ländervergleich einzubeziehen, wurden ein weiterer, auf die Sammelrate normalisierter Vergleichsparameter ( $RK_3$ ) berechnet. Die Basis bildeten die in Abb. 19 dargestellten Sammelraten des Jahres 2022 (GESP, 2024).

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Methodik des Effizienzvergleichs

$$RK_3 = \frac{RK_2}{SR_{\%Punkt}}$$

(18)

Legende:  $RK_3$ = Effizienzparameter 3;  $RK_2$ = Effizienzparameter 2;  $SR_{\%Punkt}$ = Sammelrate in % (Masse POM/Sammelmasse)

In der Tabelle 8 wird diese Berechnung am (fiktiven) Beispiel eines Multifunktionsgerätes (MFD) für Hongkong dargestellt.

Tabelle 8: Berechnung des Vergleichswertes ( $RK_3$ ) unter Einbeziehung der Sammelrate am Beispiel eines MFD

Land	Nach Behandlungskosten normalisierter Rücknahmepreis eines MFD ( $RK_2$ )	Sammelrate nach GESP in Hongkong ( $SR_{HK}$ )	Nach Behandlungs- und Sammelrate normalisierter Effizienzparameter des MFD ( $RK_3$ )
Hongkong	2,76	44 %	$2,76 / 44 = 0,063$ (pro %-Punkt Sammelrate)

Auch bei dem mehrfach modifizierten Vergleichsparameter ( $RK_3$ ) gilt, dass der Wert dieser Variablen an sich keine praktische Bedeutung hat, er stellt lediglich einen Parameter für einen fairen Vergleich der Effizienz von Rücknahmeorganisationen unter Beachtung der Behandlungskostenunterschiede und der Sammelrate dar. Dies gilt insbesondere für negative Werte, die keinen Rückschluss auf die tatsächlich zu erzielenden absoluten Rücknahmekosten haben. Je kleiner der Referenzparameter  $RK_3$ , desto höher die Effizienz einer Rücknahmeorganisation.

Um ein zufallsbedingtes Ergebnis der Ursachen der festgestellten Effizienzunterschiede auszuschließen, wurde ein verbreitetes statistisches Verfahren, der „t-Test“ angewandt.

### 3.5.3 Validierung des Ansatzes mithilfe eines t-Tests

Der t-Test erlaubt es, zufallsbedingte Unterschiede von Mittelwerten aus maximal zwei Testgruppen auszuschließen (Planning, 2022).

Um die statistische Relevanz der Hypothesen:

H0: Effizienzunterschiede zwischen Rücknahmeorganisationen im Wettbewerb und monopolistischen Anbietern sind zufallsbedingt.

H1: Ein Faktor für höhere Effizienzparameter ist der Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Methodik des Effizienzvergleichs*

zu überprüfen, wurde ein t-Test mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha=5\%$  angewendet. Damit sollte sichergestellt werden, dass die festgestellten Effizienzunterschiede zwischen den Rücknahmeorganisationen, die in einem Wettbewerbsumfeld operieren und denen, die nur der einzige Anbieter von Rücknahmeleistungen für Elektroaltgeräte in einem Land sind, tatsächlich existieren und nicht zufallsbedingte Ergebnisse darstellen.

Mit der in diesem Kapitel beschriebenen Methodik war eine Basis vorhanden, mit der ein Effizienzvergleich zwischen zunächst zwei Ländern (Belgien-Schweiz) und in einem zweiten Schritt zwischen 32 Ländern durchgeführt werden konnte. Ursprünglich waren noch weitere Länder Bestandteil der Untersuchung, sie mussten aber aufgrund fehlender bzw. unklarer Daten ausgeschlossen werden.

## 4. Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

Die entwickelte Methodik wurde zunächst

- 1) In einem direkten Vergleich zweier Länder, für die umfassende Informationen vorlagen, durchgeführt,
- 2) und in einem zweiten Schritt auf 32 Länder ausgedehnt.
- 3) Anschließend wurden die Ergebnisse des bilateralen und internationalen Vergleichs analysiert.

### 4.1 Vergleich der Effizienz von zwei Rücknahmeorganisationen (Belgien/Schweiz)

Um die im vorherigen Kapitel entwickelte grundsätzliche Methodik für den Effizienzvergleich von Rücknahmesystemen zu testen und zu verfeinern, wurden in einem ersten Schritt zwei Länder herangezogen, deren Rücknahmesysteme für Elektroaltgeräte zu den Pionieren in Europa zählen, daher schon seit einigen Jahren etabliert sind und sich somit in einer stabilen Phase befinden und die ihre Rücknahmepreise publizieren.

Dazu wurden zunächst

- 1) Einflussfaktoren auf eine preisbasierende Effizienzbetrachtung von Rücknahmeorganisationen untersucht.

In weiteren Schritten wurden

- 2) Effizienzparameter berechnet, die die Unterschiede der jeweiligen Einflussfaktoren (z.B. Sammelrate, lokale Behandlungskosten) berücksichtigen.

Wie die Untersuchung von Ahlers et al. (2021) am Beispiel RECUPEL zeigt, stabilisieren sich sowohl die Rücklauf- als auch die Recyclingrate nach ca. 4 Jahren nach dem Beginn der operativen Umsetzung der Erweiterten Produzentenverantwortung.

SWICO Recycling, die Rücknahmeorganisation für Altgeräte in der Schweiz, wurde 1994 zunächst als freiwillige Organisation des Industrieverbandes SWICO gegründet, 1998 wurde sie durch gesetzliche Regelungen als Rücknahmesystem für Elektroaltgeräte verpflichtend.

Das Produktportfolio von SWICO umfasst Geräte der IT-Branche und der Unterhaltungselektronik, alle anderen Elektroaltgeräte (z.B. Haushaltsgeräte, Leuchten) werden von einem weiteren Rücknahmesystem gesammelt und behandelt (Stiftung Entsorgung Schweiz, SENS).

RECUPEL wurde 2001 von den Verbänden der von der WEEE-Gesetzgebung betroffenen Hersteller gegründet. Anders als SWICO sammelt RECUPEL, mit Ausnahme von Produkten, die

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

der Photovoltaik zuzuordnen sind, alle elektrischen und elektronischen Geräte, die unter den Geltungsbereich der WEEE-Direktive fallen (European Parliament and Council, 2019) ein (z.B. Wasch- und Spülmaschinen). Beide Rücknahmesysteme finanzieren sich durch eine Gebühr, die von den Herstellern zeitgleich mit dem Verkauf ihrer Produkte an die Rücknahmeorganisationen entrichtet werden muss. Eine solche im internationalen Umfeld mit „Advanced Recycling Fee (ARF)“ bezeichnete Gebühr, wird bei RECUPEL als „RECUPEL-Contribution (RG)“, bei SWICO als „Vorgezogener Recycling-Beitrag (VRB)“ geführt. Eine Beschreibung der verschiedenen Preismethoden, die bei Rücknahmeorganisationen genutzt werden, ist in Kapitel 3.3 und detaillierter, in der Publikation „WEEE in Practice“ (Hieronymi, 2023) dargestellt.

Für die Auswahl der beiden Rücknahmeorganisationen war auch entscheidend, dass ihre Gebühren veröffentlicht werden und keine Sonderkonditionen für einzelne Hersteller bekannt sind.

Die Preislisten für die Gebühren von SWICO und RECUPEL sind nach Produktgruppen gegliedert. Die Rücknahmegebühren decken alle Kosten ab, die den Rücknahmeorganisationen für die Entsorgung der Elektroaltgeräte entstehen (RECUPEL, 2022a; SWICO, 2022).

In beiden Ländern (wie auch in den anderen Ländern, die in einem späteren Abschnitt dieser Untersuchung betrachtet werden), sind keine detaillierten Kostendaten der PROs über die in den jeweiligen Jahresberichten angegebenen Makrodaten (z.B. Rücklaufquote, Kostenkategorien / -anteile an den Gesamtkosten) publiziert.

Die für einen fairen Vergleich notwendigen Daten, wurden auf Basis von Daten Dritter (z.B. Behandlungskosten von Herstellern für ihre eigenen Rücknahmen) oder Rückschlüssen (z.B. Preise anderer Konsortien für Zusatzleistungen, Verpackung/Batterien) angenommen.

#### 4.1.1 Minimierung des Einflusses externer Faktoren auf die Effizienz von RECUPEL und SWICO

Neben den im Vorfeld identifizierten Einflussfaktoren auf die Kosten/Preise, die bei einem Effizienzvergleich verschiedener Rücknahmeorganisationen zu beachten sind, wie

- 1) unterschiedliche Behandlungskosten (Kapitel 4.1.1.2),
- 2) unterschiedliche Sammelmengen/Sammelrate (Kapitel 4.1.1.4)

wurden bei dem direkten Vergleich von RECUPEL und SWICO weitere Faktoren festgestellt, die nicht im Einflussbereich von Rücknahmeorganisationen liegen, sondern zu den lokalen

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Rahmenbedingungen zählen, die bei einem Effizienzvergleich Beachtung finden sollten:

- 3) unterschiedliche Währungen und Umsatzsteuer (Kapitel 4.1.1.1),
- 4) unterschiedliche (Zusatz-) Leistungen (Kapitel 4.1.1.3),
- 5) unterschiedliche Beteiligung der Rücknahmeorganisationen an den Sammelkosten (Kapitel 4.1.1.5).

#### 4.1.1.1 Unterschiedliche Währungen und Umsatzsteuer

In einem ersten Anpassungsschritt für einen fairen Effizienzvergleich, wurden zunächst die Preise von SWICO in Euro-Beträge mit einem Wechselkurs € / SFR von 0,96 umgerechnet.

Tabelle 9: Darstellung des Verhältnisses der VRB (Schweiz) und der RG (Belgien), umsatzsteuer- und währungsbereinigt

Produkt	SWICO Vorgezogener Recycling-Beitrag ( $VRB_1$ ) *	RECUPEL Contribution ( $RG_1$ )**	Verhältnis $VRB_{M1} / RG_1$
Tintenstrahl-Drucker	1,94 €	0,124 €	15,6
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	3,86 €	0,124 €	31,1
Laserdrucker (S/W)	3,86 €	0,124 €	31,1
Farb-Laserdrucker	19,34 €	0,124 €	156,0
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,124 €	46,8
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,124 €	46,8
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,405 €	4,1
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	11,60 €	1,405 €	8,3
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	11,60 €	1,405 €	8,3
* SWICO (2022) ** RECUPEL (2022a); $VRB_1 = VRB - \text{Umsatzsteuer}$ ; $RG_1 = RG - \text{Umsatzsteuer}$ ; Kurs € / SFR = 0,96			
Statistische Kennzahlen	Verhältnis $VRB_{M1} / RG_{M1}$		
Minimalwert	4,1		
Maximalwert	156,0		
	Mittelwert	Standardabw.	
alle Produkte	38,7	44,2	
Alle Drucker	58,5	56,65	
Tintenstrahl drucker (MFD)	23,4	7,77	
Laserdrucker	93,6	62,42	
Notebooks	46,8	0	
Monitore	6,9	1,95	

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

In einem zweiten Schritt wurde die jeweilige, länderspezifische Umsatzsteuer von den veröffentlichten Preisen subtrahiert. Die Unterschiede der Umsatzsteuersätze sind mit 21 % in Belgien und 8 % in der Schweiz erheblich und können einen Vergleich der Effizienz beim Ansatz der Bruttopreise verfälschen.

Die in Tabelle 9 dargestellten Netto-Preise, die von SWICO ( $VRB_1$ ) bzw. RECUPEL ( $RG_1$ ), in Rechnung gestellt werden, weisen trotz der Eliminierung des Einflusses der unterschiedlichen Umsatzsteuersätze erhebliche Unterschiede auf. So sind die Gebühren (und somit in einer Effizienzbetrachtung der Aufwand der Hersteller) von SWICO zwischen 4,1 (Monitor) und 156-mal (Farblaser-Drucker) höher als die, die Hersteller für die Rücknahme des gleichen Produktes an RECUPEL zahlen müssen.

#### 4.1.1.2 Unterschiedliche Behandlungskosten

Ein erheblicher Einflussfaktor auf die Gebühren der beiden Rücknahmeorganisationen sind Unterschiede in den Kosten der Behandlung der Altgeräte. Die Behandlungskosten schließen die für die Behandlung notwendige Sortierung, die Schadstoffentfrachtung, das Recycling und die Beseitigung der nicht recyclingfähigen Stoffe ein. Es standen für diese Untersuchung keine allgemein zugänglichen Quellen über die Kosten der Behandlung (Recycling, Entsorgung), die von den Rücknahmeorganisationen in der Schweiz und Belgien zu zahlen sind, zur Verfügung. Daher wurden als Behandlungskosten der beiden Rücknahmeorganisationen die Behandlungskosten, die Hersteller in den jeweiligen Ländern für die Behandlung von Eigenrücknahmen zahlen, verwendet, um die Kosteneffekte der unterschiedlichen Behandlungskosten zu minimieren. Es lagen Daten von mehreren Herstellern vor. Aufgrund der geringen Unterschiede (< 5 %) der von den Herstellern zu entrichtenden Behandlungskosten, wurden die jeweiligen Mittelwerte (Tabelle 10) in den Kalkulationen genutzt.

Tabelle 10: Linearer Durchschnitt von Behandlungskosten, die mehreren Herstellern in der Schweiz und in Belgien für die Behandlung von Eigenrücknahmen von Recyclern in Rechnung gestellt wurden. Negative Daten repräsentieren Erstattungen.

Geräteklasse	Schweiz	Belgien
Drucker	126,17 €/t	-3,68 €/t
Notebooks	53,41 €/t	-207,22 €/t
Monitore	345,37 €/t	353,66 €/t
Umfrage unter Herstellern (2020). Nettopreise €/t; -€ = Erlöse; Wechselkurs € / SFR = 0,96		

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Die Preise für die Behandlung von IT-Altgeräten der Eigenrücknahme der Hersteller sind das Ergebnis von Ausschreibungen auf Jahresbasis. Es kann angenommen werden, dass SWICO und RECUPEL Preise erzielen, die, aufgrund der größeren Mengen, durchaus geringer als die der Hersteller sein könnten.

Wie aus der Tabelle 10 ersichtlich, sind die Preise, die für die Behandlung der Geräte aus der Eigenrücknahme von Herstellern gezahlt werden, in beiden Ländern sehr unterschiedlich. Während in der Schweiz für die Altgeräte der verschiedenen Produktkategorien z.T. erhebliche Kosten anfallen, werden in Belgien bei Druckern und Notebooks signifikante Beträge (Notebooks: ca. 200 €/t) erstattet. Experten aus der Recyclingindustrie, die zu den erheblichen Unterschieden in den Behandlungskosten angesprochen wurden, vermuteten, dass die mögliche Ursache für die zum Teil signifikanten Kostenunterschiede in der Recyclingqualität liegen könnte. Andere der interviewten Experten, sehen die Ursache der unterschiedlichen Preise in der unterschiedlichen Intensität des Wettbewerbs unter Recyclern, der in Belgien, wo sich am lokalen Wettbewerb auch Recycler aus den Nachbarländern (z.B. Frankreich, Luxemburg, Niederlande, Deutschland) beteiligen, intensiver sei als in der Schweiz.

Anders als im internationalen Vergleich, bei dem die lokalen Behandlungskosten durch einen internationalen Referenzwert ersetzt wurden, wurden zur Vereinfachung in den Rücknahmegebühren von RECUPEL ( $RG_1$ ) die lokalen (belgischen) Behandlungskosten ( $BK_B$ ) für jedes Produkt durch die der Schweiz ersetzt ( $BK_{CH}$ ).

$$RG_2 = RG_1 - BK_B + BK_{CH} \quad (19)$$

Legende:  $RG_2$  (normalisiert auf  $BK_{CH}$ ) = RECUPEL-Gebühren normalisiert auf schweizer Behandlungskosten;  
 $RG_1$  (nicht normalisiert) = RECUPEL Gebühren (ohne Umsatzsteuer);  $BK_B$  = Behandlungskosten in Belgien;  
 $BK_{CH}$  = Behandlungskosten in der Schweiz.

$RG_2$  stellt somit einen Wert dar, bei dem durch Behandlungskostenunterschiede bedingte Unterschiede zwischen RECUPEL und SWICO minimiert wurden.

In Tabelle 11 wurden die auf Basis der schweizer Behandlungskosten modifizierten RECUPEL Gebühren ( $RG_2$ ) den (unveränderten) Gebühren von SWICO ( $VRB_1$ ) gegenübergestellt. Trotz der Eliminierung des Einflusses der unterschiedlichen Behandlungskosten sind die in der Schweiz zu entrichtenden Gebühren noch zwischen 3,8 und 11,4-mal so hoch als in Belgien.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

*Tabelle 11: Darstellung des Verhältnisses der VRB (Schweiz) und der RG (Belgien), bereinigt um die Umsatzsteuer und die unterschiedlichen Behandlungskosten.*

Produkt	SWICO Vorgezogener Recycling-Beitrag (VRB <sub>1</sub> )	Modifizierte RECUPEL Gebühr (RG <sub>2</sub> )	Verhältnis VRB <sub>1</sub> / RG <sub>2</sub>
Tintenstrahl-Drucker	1,94 €	0,43 €	4,5
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	3,86 €	0,93 €	4,2
Laserdrucker (S/W)	3,86 €	0,62 €	6,3
Farb-Laserdrucker	19,34 €	5,07 €	3,8
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,51 €	11,4
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,74 €	7,8
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,38 €	4,2
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	11,60 €	1,26 €	9,2
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	11,60 €	1,29 €	9,0
Statistische Kennzahlen		Verhältnis VRB <sub>1</sub> /RG <sub>2</sub>	
Minimalwert		3,8	
Maximalwert		15,7	
		Mittelwert	Standardabw.
alle Produkte		6,7	2,6
Alle Drucker		4,7	0,94
Tintenstrahl drucker (MFD)		4,4	0,2
Laserdrucker		5,0	1,2
Notebooks		9,6	1,82
Monitore		6,6	2,4

#### 4.1.1.3 Zusätzliche Services

Die Erweiterte Produzentenverantwortung betrifft in Europa nicht nur die Entsorgung von Elektroaltgeräten, sondern schließt viele andere Bereiche, z.B. Verpackungen, Batterien und andere Abfälle, die Herstellern zugeordnet werden können (z.B. in Frankreich auch Prospektmaterial, das an Kunden verteilt wird) ein.

In den meisten Ländern werden diese Verpflichtungen von Rücknahmeorganisationen übernommen, die sich auf die jeweiligen Abfallströme spezialisiert haben (z.B. BEBAT: Batterien, Belgien); FOST-Plus (Verpackungen: Belgien)). SWICO schließt in die VRB sowohl die Kosten der Rücknahme der Verpackungen als auch der Batterieentsorgung ein. Um den Einfluss in den Preisen von RECUPEL und SWICO eingeschlossenen zusätzlichen Services zu

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

minimieren, wurden die bereits modifizierten Vergleichsgebühren von RECUPEL ( $RG_2$ ) in einem dritten Schritt weiter angepasst, um die Kosten der Rücknahme dieser zusätzlichen Rücknahmeservices (Verpackung, Batterien) in der Schweiz zu berücksichtigen ( $RG_3$ ). Dazu wurden zunächst den modifizierten RECUPEL-Gebühren ( $RG_2$ ) die von FOST Plus, dem belgischen Verpackungsrücknahmesystem, berechneten Gebühren anhand des Materials und Gewichtes einer Verpackung für das jeweilige Gerät ( $VG_B$ ) addiert.

*Tabelle 12: Einbeziehung von Zusatzleistungen (Batterie- und Verpackungsentsorgung) in den Vergleich RECUPEL / SWICO. Enthält Rundungungenauigkeiten.*

Produkt	RECUPEL Gebühr ( $RG_2$ )	Fost Plus Gebühr* ( $VG_B$ )	BeBat Gebühr* ( $BG_B$ )	mod. Recupel gebühr ( $RG_3$ )
Tintenstrahl-Drucker	0,43 €	0,08 €		0,50 €
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	0,93 €	0,08 €		1,00 €
Laserdrucker (S/W)	0,62 €	0,11 €		0,72 €
Farb-Laserdrucker	5,07 €	0,22 €		5,29 €
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	0,51 €	0,04 €	0,05 €	0,60 €
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	0,74 €	0,04 €	0,05 €	0,84 €
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	1,38 €	0,08 €		1,46 €
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	1,26 €	0,11 €		1,37 €
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	1,29 €	0,09 €		1,38 €
	*basierend auf Tarifen 2022 Quellen: Belgisch-Belgisch-Luxemburger Handelskammer (2021) BeBat (2022)			

Zusätzlich wurden die Gebühren von BEBAT ( $BG_B$ ) für die Geräte, die Akkumulatoren enthalten (Notebooks), den RECUPEL-Gebühren hinzugerechnet.

$$RG_3 = RG_2 + VG_B + BG_B$$

(20)

*Legende:  $RG_3$  = Effizienzparameter RECUPEL Modifikation 3;  $RG_2$  = Effizienzparameter RECUPEL Modifikation 2;  $VG_B$  = Preis der Verpackungsrücknahme für das Produkt in Belgien;  $BG_B$  = Preis der Batterierücknahme für in diesem Gerät enthaltene Batterien in Belgien.*

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Das Ergebnis des Vergleichs der schweizerischen VRB und der im Leistungsumfang angeglichenen Gebühren von RECUPEL ( $RG_3$ ) befindet sich in Tabelle 13. Trotz des Einbezugs der zusätzlichen Services von SWICO, sind die modifizierten RECUPEL-Preise wesentlich um den Faktor 3,7 – 9,6-mal günstiger als ihr Äquivalent in der Schweiz.

*Tabelle 13: Darstellung des Verhältnisses der VRB (Schweiz) und der RC (Belgien), bereinigt um die Umsatzsteuer, die unterschiedlichen Recyclingkosten und die Zusatzleistungen*

Produkt	SWICO Vorgezogener Recycling-Beitrag ( $VRB_1$ )	Modifizierte RECUPEL Gebühr ( $RG_3$ )	Verhältnis $VRB_1 / RG_3$
Tintenstrahl-Drucker	1,94 €	0,50 €	3,9
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	3,86 €	1,00 €	3,9
Laserdrucker (S/W)	3,86 €	0,72 €	5,3
Farb-Laserdrucker	19,34 €	5,29 €	3,7
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,60 €	9,6
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,84 €	6,9
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,46 €	4,0
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	11,60 €	1,37 €	8,4
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	11,60 €	1,38 €	8,4
$RG_3 = RG_{M2}$ modifiziert mit Zusatzleistungen von SWICO			
Statistische Kennzahlen	Verhältnis $VRB_1 / RG_3$		
Minimalwert	3,7		
Maximalwert	9,6		
	Mittelwert	Standardabw.	
alle Produkte	6,01	2,24	
alle Drucker (MFD)	4,18	0,67	
Tintenstrahl-Drucker	3,86	0,00	
Laserdrucker	4,50	0,84	
Notebooks	8,27	1,37	
Monitore	6,93	2,10	

#### 4.1.1.4 Unterschiedliche Sammelmengen

Die Menge der eingesammelten Geräte ist ein Faktor, der die Kosten und damit die Preise von Rücknahmeorganisationen wesentlich bestimmt.

Je höher die Menge der eingesammelten Geräte, desto höher sind die Kosten einer Rücknahmeorganisation für Logistik und Behandlung. Ein fairer Effizienzvergleich muss daher die Auswirkungen unterschiedlicher Sammelmengen berücksichtigen. In Ländervergleichen wird die Sammelmasse in Europa (aber auch in anderen Teilen der Welt), um den Einfluss der in den Ländern unterschiedlichen Verkaufsmengen zu eliminieren, durch die Sammelrate (auch als Rücklaufquote bezeichnet) ersetzt. Sie stellt den Quotienten der Masse der gesammelten Geräte (SM) und der Masse, der in den Verkehr gebrachten Geräte (POM), dar. Zur Berechnung der Sammelrate wird in der EU (meist) der Mittelwert der in den letzten drei Jahre vor dem Referenzjahr in den Verkehr gebrachten Gerätemenge (POM) genutzt.

Um die Sammelrate in den Vergleich der Gebühren von RECUPEL und SWICO einzubeziehen, wurden die belgischen Gebühren auf Basis der, in den „Country-Sheets“ des Global E-Waste Statistical Partnership (GESp, 2024) angegebenen Sammelraten für Belgien von 65 % ( $SQ_B$ ) modifiziert. Der für die Schweiz durch das GESp angegebene Wert liegt mit 63 % signifikant unter der von SWICO im Jahresbericht angegebenen Sammelrate von 95 %. Eine der Ursachen dafür kann sein, dass bei den durch GESp veröffentlichten Sammelraten alle Elektrogeräte erfasst werden, auch die, die nicht in den Aufgabenbereich von SWICO fallen und die in der Regel geringere Sammelraten aufweisen (z.B. Haushaltsgroßgeräte).

Die in den Ländern, in denen Sammelraten des Produktsegments, in dem SWICO tätig ist (IT, Unterhaltungselektronik) veröffentlicht werden, zeigt in fast allen Ländern eine deutlich höhere Sammelrate als der Mittelwert über alle Sammelgruppen.

So lag die Sammelrate in Deutschland, einem der wenigen Länder für das für einzelne Sammelgruppen detaillierte Sammel- und POM-Mengen veröffentlicht werden, nach den von der EAR (2022) veröffentlichten Daten über alle 6 Produktkategorien bei 38,6%, während sie für im gleichen Jahr (2021) für die Sammelkategorien 2, 5 und 6, denen sich die von SWICO eingesammelten Geräte (IT, Unterhaltungselektronik) zuordnen lassen, mit einer Sammelrate von 50,95 % um etwa ein Drittel höher lagen.

Die von GESp veröffentlichte Sammelrate der Schweiz wurde, analog zu dem Verhältnis der Sammelraten für IT-Geräte zur Sammelrate aller Geräte in Deutschland um ein Drittel auf  $SR_{CH} = 84 \%$  angehoben.

Da die Sammelmengen die Fixkosten nicht (wesentlich) beeinflussen, wurden zunächst von den bereits mehrfach modifizierten RECUPEL-Gebühren ( $RG_3$ ) die Kosten der Administration (=Fixkosten) abgezogen, die von SWICO mit 8 % der Gesamtkosten ( $FK_{CH}$ ) angegeben wurden (SWICO, 2023b). In einem weiteren Schritt wurden die RECUPEL-Gebühren ( $RG_3$ ) im Verhältnis der Sammelraten beider Länder ( $\frac{SR_B}{SR_{CH}}$ ) modifiziert und der, in einem vorherigen Schritt

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

subtrahierte, Anteil der Fixkosten an den Gesamtkosten wieder hinzugefügt. Somit war mit  $RG_4$  ein Vergleich möglich, der neben den unterschiedlichen Behandlungskosten, den zusätzlichen Leistungen, auch die unterschiedlichen Sammelraten berücksichtigt (Tabelle 14).

$$RG_4 = (RG_3 - FK_{CH}) * \frac{SR_{CH}}{SR_B} + FK_{CH}$$

(22)

*Legende:*  $RG_4$  = Effizienzparameter RECUPEL Modifikation 4;  $RG_3$  = Effizienzparameter RECUPEL Modifikation 3;  $FK_{CH}$  = Fixkostenanteil SWICO;  $SR_B$  = Sammelrate Belgien;  $SR_{CH}$  = Sammelrate Schweiz

**Tabelle 14:** Effizienzvergleich Belgien – Schweiz unter Berücksichtigung von unterschiedlicher Umsatzsteuer, Behandlungskosten, zusätzlicher Leistungen und der Sammelrate von Elektro-Altgeräten

Produkt	SWICO Vorgezogener Recycling-Beitrag ( $VRB_1$ )	RECUPEL Gebühr ( $RG_4$ )	Verhältnis B / $RG_4$
Tintenstrahl-Drucker	1,94 €	0,64 €	3,0
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	3,86 €	1,27 €	3,0
Laserdrucker (S/W)	3,86 €	0,92 €	4,2
Farb-Laserdrucker	19,34 €	6,71 €	2,9
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	5,80 €	0,76 €	7,6
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,07 €	5,4
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,86 €	3,1
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	11,60 €	1,74 €	6,7
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	11,60 €	1,74 €	6,7
Statistische Kennzahlen		Verhältnis $VRB_1/RG_4$	
Minimalwert		2,9	
Maximalwert		7,6	
		Mittelwert	Standardabw.
alle Produkte		4,7	1,76
Alle Drucker		3,3	0,53
Tintenstrahl-Drucker		3,0	0,00
Laserdrucker		3,5	0,66
Notebooks		6,5	1,08
Monitore		5,5	1,65

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Das Ergebnis des Vergleichs der schweizerischen VRB und der im Leistungsumfang angeglichenen Gebühren von RECUPEL (4) befindet sich in Tabelle 14. Auch nach Einbeziehung der Sammelrate, sind die modifizierten RECUPEL-Preise wesentlich um den Faktor 3,8 – 9,9-mal günstiger als ihr Äquivalent in der Schweiz.

#### 4.1.1.5 Unterschiedliche Beteiligung an den Sammelkosten

In beiden Ländern, Belgien und der Schweiz, müssen sich die Rücknahmeorganisationen an den Sammelkosten in unterschiedlich hohem Maße beteiligen. Diese Kosten sind vom Rücknahmesystem nicht, oder nur unwesentlich, zu beeinflussen und müssen daher in einem fairen Effizienzvergleich berücksichtigt werden. Beide Organisationen kooperieren mit einer vergleichbaren Anzahl von kommunalen Sammelstellen (SWICO: 591; RECUPEL: 544), jedoch ist die Anzahl von Sammelpunkten im Handel in Belgien mit 11.675 wesentlich höher als die in der Schweiz, die von SWICO mit „fast 7.000“ angegeben werden (SWICO, 2023b; RECUPEL, 2022b). SWICO gibt in seinem Jahresbericht an, dass der Anteil der Sammelkosten an den Gesamtkosten 23 % ( $BA_{SK\ CH}$ ) beträgt (SWICO, 2023a). Laut Informationen von RECUPEL betragen die Sammelkosten in Belgien über 60 % des Gesamtbudgets ( $BA_{S\ KB}$ ). Der hohe Anteil der Sammelkosten in Belgien wird u.a. darin begründet, dass RECUPEL für die Sammlung für alle Rücknahmeströme (z.B. Einzelhandel) Sammelkosten erstattet und bei, im Vergleich zur Schweiz, wesentlich höheren Zahl von Sammelpunkten im Handel, Altgeräte abholt.

Um auch diese Unterschiede bei einem Vergleich der Effizienz der beiden System zu berücksichtigen, wurden zunächst für jedes Produkt die Sammelkosten in Belgien ( $SK_{B\ x}$ ) und der Schweiz ( $SK_{CH\ x}$ ) je Produktgruppe auf Basis des jeweiligen Sammelkostenanteils errechnet.

$$SK_{B\ x} = RG_4 * BA_{SK\ B} \tag{23}$$

$$SK_{CH\ x} = VRB_1 * BA_{SK\ CH} \tag{24}$$

*Legende:*  $SK_{B\ x}$ = Sammelkosten Belgien je Produkt;  $RG_4$ = Effizienzparameter RECUPEL Modifikation 4;  $BA_{S\ KB}$ =Sammelkostenanteil Belgien;  $SK_{CH\ x}$ = Sammelkosten Schweiz;  $VRB_1$ = Effizienzparameter SWICO Modifikation 1;  $BA_{SK\ CH}$ =Sammelkostenanteil Schweiz.

Von den, zuletzt durch die Sammelrate, modifizierten RECUPEL-Gebühren ( $RG_4$ ), wurden zunächst die produktspezifischen Sammelkosten in Belgien ( $SK_{B\ x}$ ) subtrahiert und durch die Sammelkosten der Schweiz ( $SK_{CH\ x}$ ) ersetzt.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

$$RG_5 = RG_4 - SK_{B X} + SK_{CH X}$$

(25)

Legende:  $RG_5$  = Recupel Effizienzparameter Modifikation 5;  $RG_4$  = Recupel Effizienzparameter 4;  
 $SK_{B X}$  = Sammelkosten des Produktes in Belgien;  $SK_{CH X}$  = Sammelkosten des Produktes in der Schweiz.

Der in Tabelle 15 dargestellte Effizienzparameter  $RG_5$  stellt somit eine Kennzahl dar, die sowohl den Preis, die unterschiedlichen Behandlungskosten, Rücklaufzeiten, Zusatzleistungen und Sammlungskosten berücksichtigt und ein realistischeres Bild bei einem Effizienzvergleich ergibt als ein reiner Preisvergleich.

Auch nach den verschiedenen Modifikationen der Ausgangspreise liegt mit  $RG_5$  ein Parameter vor, der zu einem faireren Effizienzvergleich führt. Aber auch mit dieser weiteren Modifikation sind die Werte von SWICO etwa 3 -mal so hoch wie die entsprechenden Parameter von RECUPEL. Auch bei diesen Werten ist zu beachten, dass ein niedrigerer Effizienzparameter auf eine höhere Effizienz, ein höherer Effizienzparameter auf eine niedrige Effizienz hindeutet.

Tabelle 15: Effizienzvergleich Belgien-Schweiz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Umsatzsteuer, Behandlungskosten, Zusatzleistungen, Sammelrate und Sammelkosten

Produkt	SWICO Vorgezogener Recycling-Beitrag ( $VRB_1$ )	RECUPEL Gebühr ( $RG_5$ )	Verhältnis $VRB_1 / RG_5$
Tintenstrahl-Drucker	1,94 €	0,70 €	2,8
Tintenstrahl-Multifunktionsgerät	3,86 €	1,40 €	2,8
Laserdrucker (S/W)	3,86 €	1,26 €	3,1
Farb-Laserdrucker	19,34 €	7,13 €	2,7
Notebook (14 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,64 €	3,5
Notebook (15 Zoll Bildschirm)	5,80 €	1,76 €	3,3
Monitor (23,8 Zoll Bildschirm)	5,80 €	2,08 €	2,8
Monitor (42,5 Zoll Bildschirm)	11,60 €	3,37 €	3,4
Monitor (37,5 Zoll Bildschirm, gekrümmt)	11,60 €	3,37 €	3,4

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Tabelle 15 (Fortsetzung): Effizienzvergleich Belgien-Schweiz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Umsatzsteuer, Behandlungskosten, Zusatzleistungen, Sammelrate und Sammelkosten

Statistische Kennzahlen	Verhältnis $VRB_1/RC_5$	
	Mittelwert	Standardabw.
Minimalwert	2,7	
Maximalwert	3,5	
	Mittelwert	Standardabw.
alle Produkte	3,09	0,32
Alle Drucker	2,83	0,14
Tintenstrahldrucker	2,77	0,00
Laserdrucker	2,89	0,18
Notebooks	3,42	0,12
Monitore	3,23	0,31

#### 4.2 Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen aus 32 Ländern

Unter Nutzung der für den Vergleich Belgien – Schweiz weiterentwickelten Methodik, wurde der Effizienzvergleich auf weitere Länder im internationalen Umfeld ausgedehnt. Leider war die Datenlage auf internationaler Ebene noch angespannter als im Vergleich Belgien-Schweiz. Deshalb wurden nur Länder in diesen Vergleich einbezogen, in denen Sammelraten vom GESP (2024) und veröffentlichte Preise bzw. Preise für die Behandlung der Eigenrücknahme von mindestens einem Hersteller vorlagen. Unter diesen Randbedingungen wurden die in Tabelle 16 aufgelisteten 32 (34) Ländern aus verschiedenen Kontinenten in den Vergleich einbezogen werden.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Tabelle 16: Liste der untersuchten Länder. Japan und die USA wurden aufgrund der Datenlage nicht in den Vergleich einbezogen.

<b>Asien</b>	<b>Australien</b>	<b>Europa</b>	<b>Latein Amerika</b>	<b>Nord Amerika</b>
China Hongkong (SAR) Taiwan Korea (Japan)	Australien	Griechenland Italien Irland Luxemburg Niederlande Norwegen Österreich Polen Portugal Rumänien Schweden Schweiz Slowakei Spanien Tschechien Großbritannien Deutschland Frankreich Finnland Dänemark Belgien	Argentinien Chile Kolumbien Peru Mexiko	Kanada (USA)

Ähnlich wie bei dem Vergleich SWICO und RECUPEL wurde versucht, wesentliche Einflussfaktoren auf die Kosten der Rücknahmeorganisationen und damit die Preisgestaltung zu normalisieren, um einen fairen Vergleich der Effizienz zu ermöglichen.

Während beide Rücknahmeorganisationen, RECUPEL und SWICO, ihre Leistungen auf der Basis von vorgezogenen Gebühren (ARF) abrechnen, wurden in den zu untersuchenden Ländern unterschiedliche Preismodelle genutzt. Daher war eine Konvertierung der Rücknahmepreise von den einzelnen Rücknahmeorganisationen angewandten unterschiedlichen Preismodellen auf ein Preismodell, die Vorgezogene Gebühr (ARF) notwendig.

#### 4.2.1 Konvertierung der unterschiedlichen Preis-Modelle

Während es sich bei SWICO und RECUPEL um Rücknahmeorganisationen (PRO) handelt, deren Preisstruktur / Model identisch sind, sind bei den anderen Rücknahmeorganisationen unterschiedliche Preis-Modelle festzustellen, deren Auswirkungen so modifiziert werden müssen, dass sie einen Vergleich ermöglichen.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Bereits in Abschnitt 3.3 wurde dargestellt, dass sich auf internationaler Ebene drei Preismodelle entwickelt haben.

- 1) Vorgezogene Rücknahmegebühren (Advanced Recycling Fees, ARF) je Produkt,
- 2) Vorgezogene Rücknahmegebühren je Gewichtseinheit,
- 3) Kostenberechnung auf Basis der für einen Hersteller zurückgenommenen Mengen (Amounts Collected / Treated, ACT).

Um einen Vergleich der Effizienz auch bei unterschiedlichen Preismodellen zu ermöglichen, wurde das Preismodel „Advanced Recycling Fees (ARF)“ als Basis gewählt. Die Preise der Rücknahmesysteme, die ihre Preise nach Vorgezogenen Rücknahmegebühren je Gewichtseinheit oder zurückgenommenen Mengen (ACT) berechnen, wurden in das Preismodell ARF transferiert. Dazu wurden die Gewichte der einzelnen Produkte des Portfolios mit den Preisen, die von den Herstellern bei Inverkehrbringung oder nach der Rücknahme je Gewichtseinheit zu zahlen waren, multipliziert (vergl. Kap. 3.4).

In einigen Ländern waren allerdings Besonderheiten zu beachten, die diese Länder von den weiteren Untersuchungen ausschlossen bzw. ihre Ergebnisse stark beeinflussen.

#### 4.2.2. Besonderheiten von Japan, China, Dänemark, Kanada, USA und Schweden

In den meisten Ländern umfassen die gesetzlichen Rücknahmeregelungen alle Elektroaltgeräte. Ausnahmen bilden China und Japan, wo die Rücknahmeverpflichtung nur Bildschirme und PCs (incl. Notebooks) betrifft.

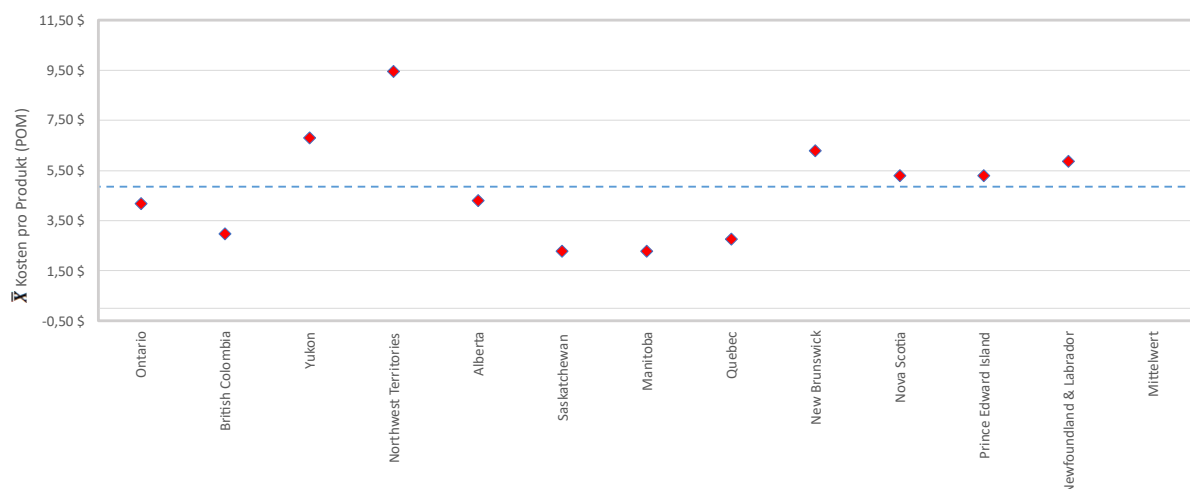
In Japan wurden für die verschiedenen Produktkategorien unterschiedliche Rücknahme- und Preismodelle etabliert. So werden z.B. Haushaltsgeräte an Sammelpunkten abgegeben und der Kunde entrichtet dort eine Rückgabegebühr. Dagegen sind die Hersteller von PCs (incl. Notebooks) und Monitoren in Japan, dem einzigen Land, in dem die Individuelle Herstellerverantwortung umgesetzt wurde, verpflichtet, die Geräte ihrer Marke kostenlos beim Kunden abzuholen und den Transport sowie die Behandlung zu finanzieren. In der Praxis informiert der Kunde den Hersteller des Gerätes über seinen Rückgabewunsch, die Geräte werden durch einen Kurierservice abgeholt und Recyclern übergeben. Für den Kunden entstehen in Japan für die Rücknahme der betroffenen IT-Geräte keine Kosten, sie werden vom Hersteller getragen. Japan ist das einzige Land, das für Monitore und PCs eine markenspezifische Rücknahmeverpflichtung umgesetzt hat („Individuelle Produzentenverantwortung (IPR)“). Dadurch entstehen hohe Kosten für die einzelne Rücknahme, die sich, nach Angaben von Herstellern, auf mehr als 10 \$ für z.B. die Rücknahme eines Notebooks belaufen.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Bedingt durch die sehr geringe Rücklaufquote (nach Angaben eines Herstellers lag sie im einstelligen Bereich), sind jedoch die Kosten pro in den Verkehr gebrachtem Gerät gering. Japan wurde aufgrund der Datenlage nicht in den Vergleich einbezogen.

Die Rücknahme von Elektroaltgeräten ist in den US-Staaten unterschiedlich geregelt. Neben Kalifornien, das als erster US-Staat eine Regelung zur getrennten Sammlung von Elektroaltgeräten etablierte, gibt es Regelungen in weiteren 24 Staaten der USA (Schumacher & Agbemabiese, 2020), deren Inhalt sehr unterschiedlich ist. Sie reichen von dem Verbot, Elektroaltgeräte auf Deponien zu verbringen über von vom Staat erhobenen Gebühren (Kalifornien) bis zu Regelungen, die die Verantwortung, ähnlich wie die europäischen WEEE-Direktive, nach Marktanteil unter den Herstellern verteilen (z.B. Illinois General Assembly, 2017). Wie schon von EPA (2013) dargestellt, sind neben PCs / Laptops und Monitoren, in einigen Staaten auch Fernsehgeräte und Computerperipheriegeräte, wie Drucker und Scanner, in den Regelungen eingeschlossen. Aufgrund der sehr heterogenen Rahmenbedingungen und der Tatsache, dass Sammelraten sowie Rücknahmekosten von Herstellern nicht für einzelne US-Staaten zur Verfügung standen, wurde die USA ebenfalls nicht in diesen Vergleich einbezogen. In Schweden und Dänemark werden den Herstellern für die Rücknahme von PCs / Notebooks keine Preise in Rechnung gestellt, in Dänemark übernehmen die Rücknahmeorganisationen auch Drucker ohne Berechnung. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Recyclingerlöse aus diesen Produktgruppen die Kosten der PROs für diese Geräte abdecken. In Kanada wird von allen Rücknahmeorganisationen, die in den verschiedenen Provinzen und Territorien Elektroaltgeräte sammeln und behandeln, das Preismodell „Vorgezogene Gebühren (ARF)“ angewandt. Für diese Untersuchungen lagen Preisinformationen für die Produkte des Portfolios von 12 Provinzen/Territorien vor.

**Mittelwert der Kosten (POM) über alle Produkte des Portfolios in Kanada**  
 -Ausgangswerte (RK<sub>1</sub>), nicht modifiziert-



**Abbildung 9:** Mittelwerte der Kosten (RK<sub>1</sub>) über alle Produkte in 12 Provinzen/Territorien Kanada

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

In Abbildung 9 wurden jeweils die Mittelwerte (arithmetischer Mittelwert) über alle Produkte des Produktportfolios in den jeweiligen Provinzen / Territorien Kanadas dargestellt. Sie reichen von einem Durchschnittspreis von 2,29 \$ in Saskatchewan bis zu über 9 \$ in den Northwest Territories. Die beobachtete Spannweite der Rücknahmepreise in Kanada vermindert die Aussagefähigkeit der auf Basis der Durchschnittspreise für das gesamte Land basierenden Effizienzbetrachtung.

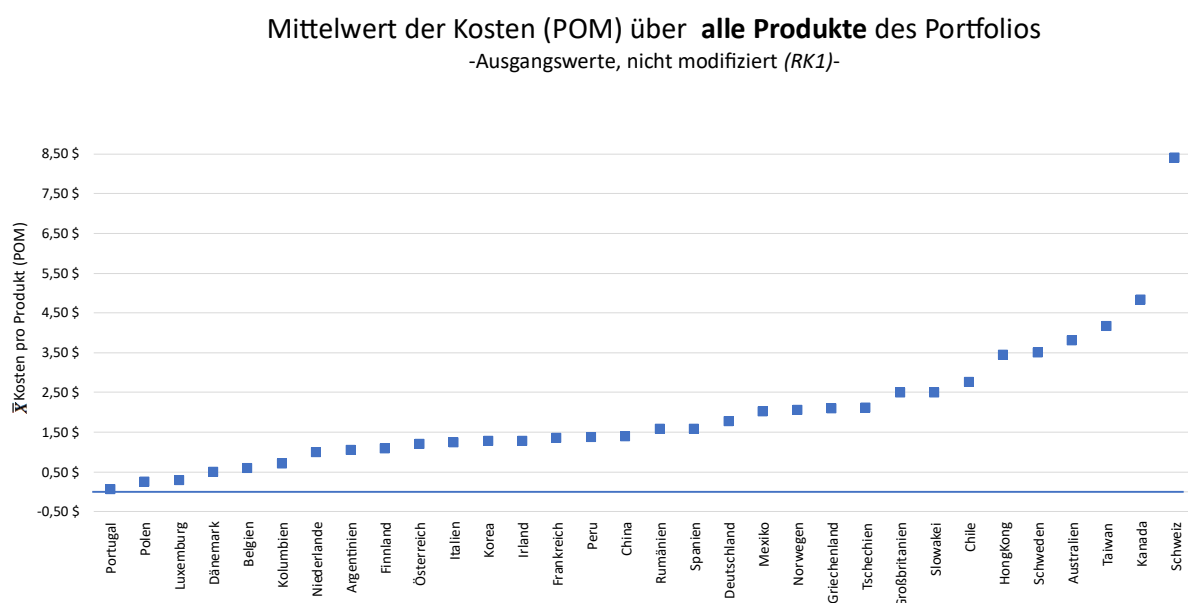
Da für die für die Normalisierung der Preisinformationen nach Behandlungskosten der Hersteller sowie der Rücklauftrate keine Daten für einzelne Provinzen/Territorien, sondern nur für das gesamte Land vorlagen, musste diese Unsicherheit in Kauf genommen werden.

#### 4.2.3 Ergebnisse des Vergleichs der Effizienzparameter der untersuchten Rücknahmeorganisationen

Zunächst wurden die Preise der Rücknahmeorganisationen, die nach dem Gewicht der in den Verkehr gebrachten Masse (z.B. Australien) sowie den Organisationen, die nach der für den jeweiligen Hersteller abgeholten Masse der Altgeräte abrechnen, in das ARF-Preismodell konvertiert. Die Details der Konvertierung wurden in Abschnitt 3.4 beschrieben. Danach wurden die Preise, die in der lokalen Währung vorlagen, auf Basis der durchschnittlichen Wechselkurse im Jahr 2023 in US-Dollar umgerechnet.

##### 4.2.3.1 Vergleich der (nicht modifizierten) Rücknahmepreise

Eine Übersicht über die weltweite Situation der Mittelwerte der Rücknahmepreise ( $RK_1$ ) der

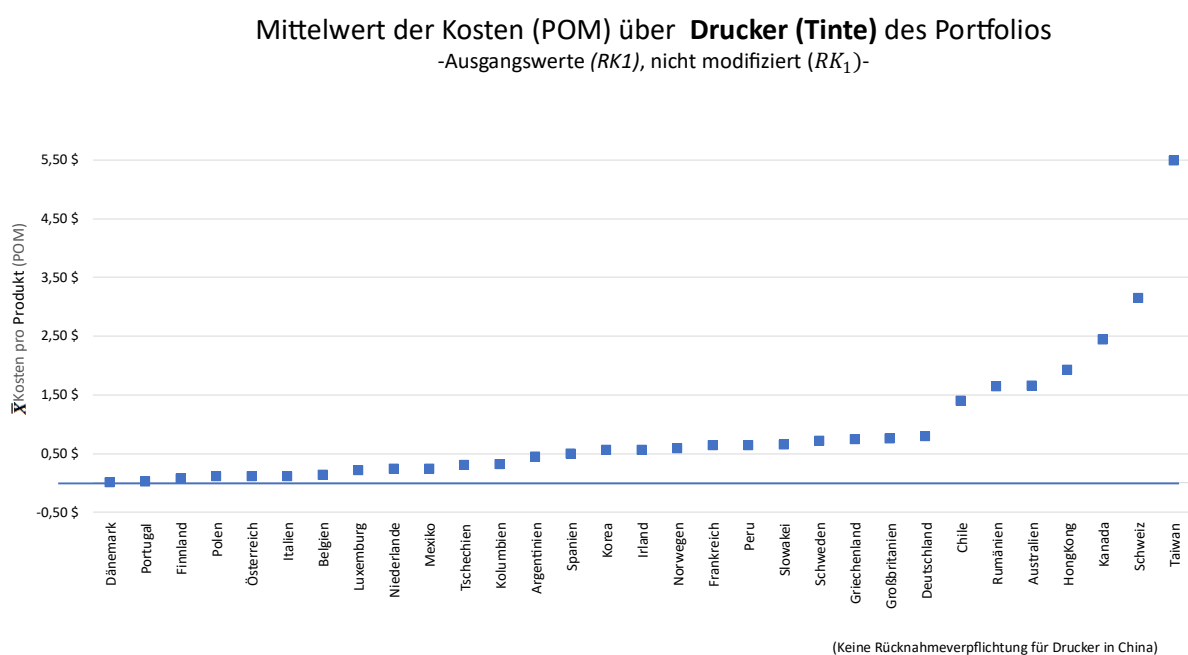


**Abbildung 10:** Übersicht über die Mittelwerte Rücknahmepreise ( $RK_1$ ) über alle Produkte des Portfolios in den untersuchten Ländern.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Geräte des gesamten Produktportfolios, ist in Abbildung 10 dokumentiert. Die Preise, die die Hersteller für den Rücknahmeservice in den untersuchten Ländern zu entrichten haben, schwanken erheblich. Während in der Schweiz für die Geräte des Produktportfolios ein Durchschnittspreis (Mittelwert) von 8,40 \$ je Gerät zu entrichten war, betragen die äquivalenten durchschnittlichen Rücknahmekosten in Portugal nur 0,05 \$ je Gerät des Portfolios.

Wie in den Abbildungen 11-14 dargestellt, ist bei einigen Produktgruppen (z.B. Notebooks) eine etwas geringere Schwankungsbreite der Rücknahmekosten zu beobachten, während die Rücknahmepreise innerhalb anderer Produktgruppen stark schwanken.



**Abbildung 11:** Übersicht über durchschnittliche Rücknahmepreise von Druckern auf Tintenstrahlbasis ( $RK_1$ )

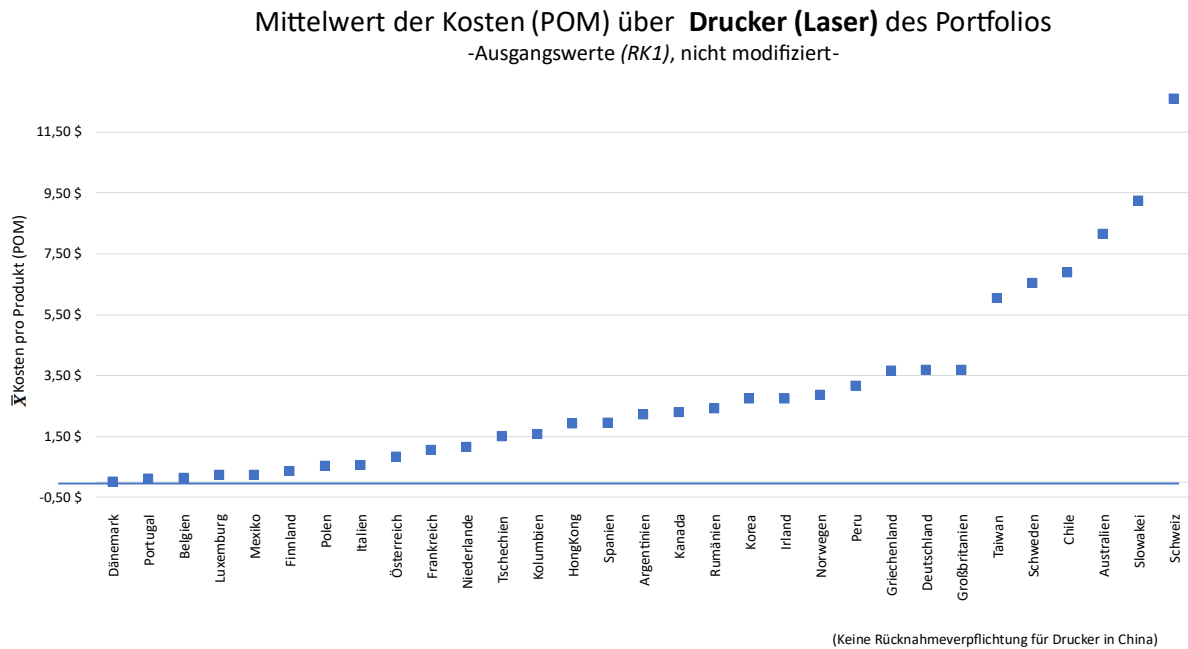
Abbildung 11 werden die durchschnittlichen Rücknahmepreise von auf Tintenstrahltechnik beruhenden Druckern des Portfolios dargestellt. Diese sind in Taiwan (5,48 \$) am höchsten, vom Rücknahmesystem in Dänemark werden keine Kosten für Drucker aller Technologien berechnet.

Die große Schwankungsbreite der Rücknahmepreise über alle Produktgruppen wird vor allem von den Rücknahmepreisen für Laserdrucker (Abb. 12) und Monitore (Abb. 14) verursacht. Dies könnte u.A. der Gestaltung von Preisgruppen geschuldet sein. In einigen Ländern werden unterschiedliche Rücknahmetarife für Drucker auf Laser- und Tintenbasis berechnet, einige basieren ihre Preise auf dem Gewicht des jeweiligen Druckers (unabhängig von der Technologie), während wieder andere unterschiedliche Gewichtstarife für „kleine“ und „große“ Drucker festlegen. In der Schweiz bildet der Verkaufspreis die Grundlage zur

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

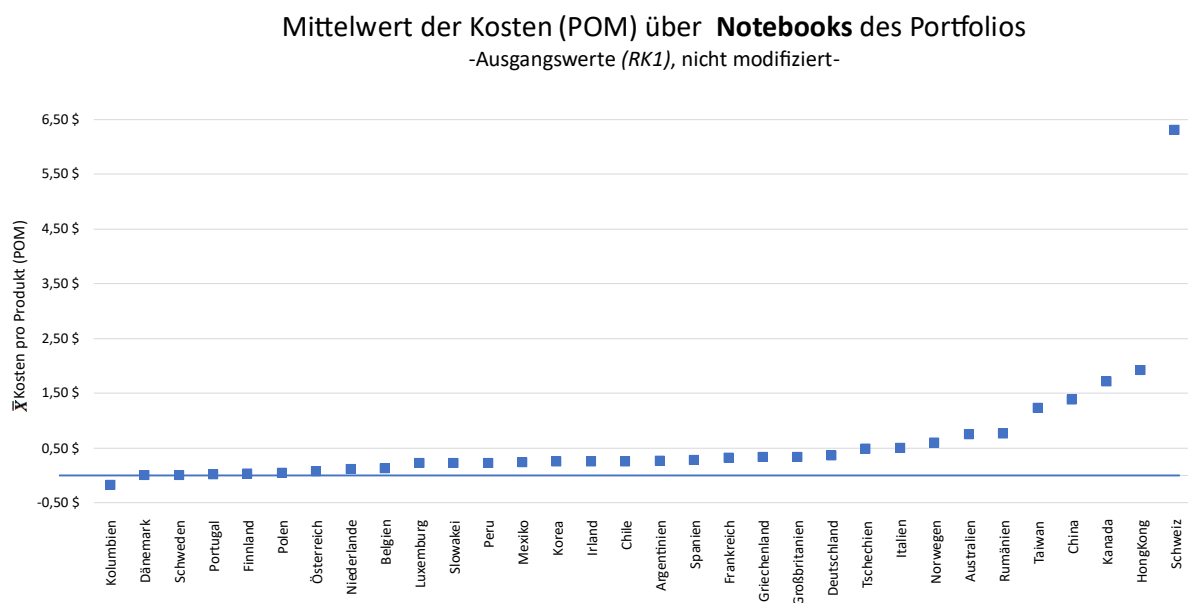
### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

Eingruppierung von Druckern. Eine detaillierte Betrachtung des Einflusses von Preisgruppen auf die Kosten der Hersteller erfolgte in Kapitel 4.2.4.4 .



**Abbildung 12:** Übersicht über die durchschnittlichen Rücknahmepreise von Laserdruckern (RK<sub>1</sub>)

Deutlich homogener ist das Preisgefüge bei Notebooks (Abbildung 13). In der Schweiz liegen die durchschnittlichen Rücknahmekosten von 6,30 \$ je untersuchtem Notebook um

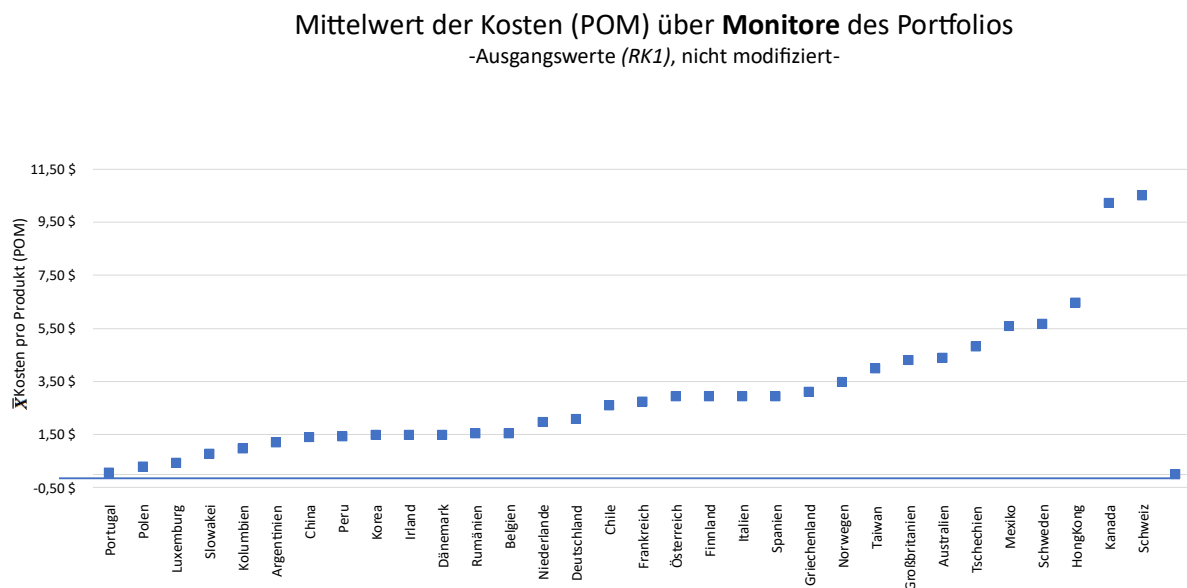


**Abbildung 13:** Übersicht über die durchschnittlichen Rücknahmepreise für **Notebooks** (RK<sub>1</sub>)

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Größenordnungen über denen der anderen Länder. In Schweden und Dänemark werden Notebooks von den Rücknahmeorganisationen ohne weitere Kosten gesammelt, in Kolumbien wurde Herstellern 0,18 \$ je Notebook erstattet.

Auch bei den Monitoren liegen die Rücknahmepreise in der Schweiz, zusammen mit Kanada, um ein Mehrfaches über denen der anderen Länder, wobei wiederum Portugal den Herstellern mit 0,06 \$ den geringsten Rücknahmepreise der untersuchten Länder berechnet (Abbildung 14).



*Abbildung 14: Übersicht über die durchschnittlichen Rücknahmepreise für Monitore (RK<sub>1</sub>).*

Der im Vergleich zu anderen Ländern geringe Rücknahmepreis für Monitore in Portugal kann eventuell darauf zurückzuführen sein, dass der Austausch von CRT-basierenden Monitoren durch überwiegend Flachbildschirme früher stattfand und somit der Anteil der Geräte mit LED-Technologie im Rücklauf im untersuchten Zeitraum schon höher ist als in vergleichbaren Ländern.

Die hohen Rücknahmepreise für Bildschirme in Kanada sind auf einen hohen Anteil von sehr großen TV-Röhrengeräten zurückzuführen, die zusammen mit Monitoren in einer Produktgruppe zurückgenommen werden.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

#### 4.2.3.2 Übersicht über die Rücknahmepreise der untersuchten Länder, normiert auf die Behandlungskosten ( $RK_2$ )

Wie schon im bilateralen Vergleich des belgischen und Schweizer Rücknahmesystems erläutert, ist eines der wichtigsten Elemente, welches die Kosten und damit die Preise der PROs beeinflusst, der Unterschied in den lokalen Behandlungskosten.

Im Rahmen der Behandlung werden Altgeräte zunächst, falls nicht schon bei der Sammlung erfolgt, nach den für die jeweilige Gerätekategorien spezifischen Behandlungsprozessen separiert. Bei IT-Geräten und der Unterhaltungselektronik werden in einem ersten Schritt Geräte aussortiert, die eine Chance auf Wiederverwendung haben, entweder als komplettes Produkt oder als Ersatzteilträger. Danach werden die Geräte, die einer Schadstoffentfrachtung bedürfen, separiert. Die anderen werden, zusammen mit den schadstoffentfrachteten Geräten, mechanisch zerkleinert (Schreddern). Der nächste Prozessschritt ist die Trennung der verschiedenen Materialien, welche aus teilweisen komplexen und aufwändigen Prozessen besteht, deren Resultate recyclingfähige Materialfraktionen beinhalten. Stoffe, die nicht recycelbar sind, werden, ggf. als alternative Brennstoffe eingesetzt (z.B. Kunststoffgemische) oder, eventuell nach thermischer Behandlung, in speziellen Deponien entsorgt.

Diese Prozesse sind in vielen Fällen sehr arbeitsintensiv und/oder bedürfen hoher Investitionskosten für die notwendige Anlagentechnik. Aufgrund der hohen Fixkosten werden die Kosten der Behandlung in großem Maße durch die Durchflussmengen beeinflusst. Je kleiner die Durchflussmengen, desto höher sind die Kosten je Masseneinheit. Dies gilt vor allem für die Behandlung von Schadstoffen, wo Geräte z.T. aufgrund von fehlenden lokalen adäquaten Behandlungsanlagen, über große Distanzen (zum Teil über Ländergrenzen) transportiert werden müssen, um ordnungsgemäß beseitigt zu werden.

Die in Abbildung 15-17 dargestellten Behandlungskosten repräsentieren den Mittelwert der Preise, die Herstellern für die Behandlung von Geräten, die sie im Rahmen von freiwilligen Rücknahmen (z.B. von kommerziellen Kunden oder aus Rücknahmeevents) zurückgenommen haben, zahlten.

Die (Hersteller-) Behandlungskosten reichen von 820 \$/t (Monitore in Taiwan) bis zu Erstattungen von mehr als 260 \$/t (Notebooks) in Spanien.

Diese Abbildungen enthalten auch den „internationalen Referenzwert“, der als Basis der Normierung auf Behandlungskosten im Vergleich mehrerer Länder genutzt wurde (siehe Kapitel 4.1.1.2). Er stellt den arithmetischen Mittelwert der jeweiligen Behandlungskosten der an der Untersuchung beteiligten Länder dar.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

#### Behandlungskosten der Hersteller-Eigenrücknahme: Monitore

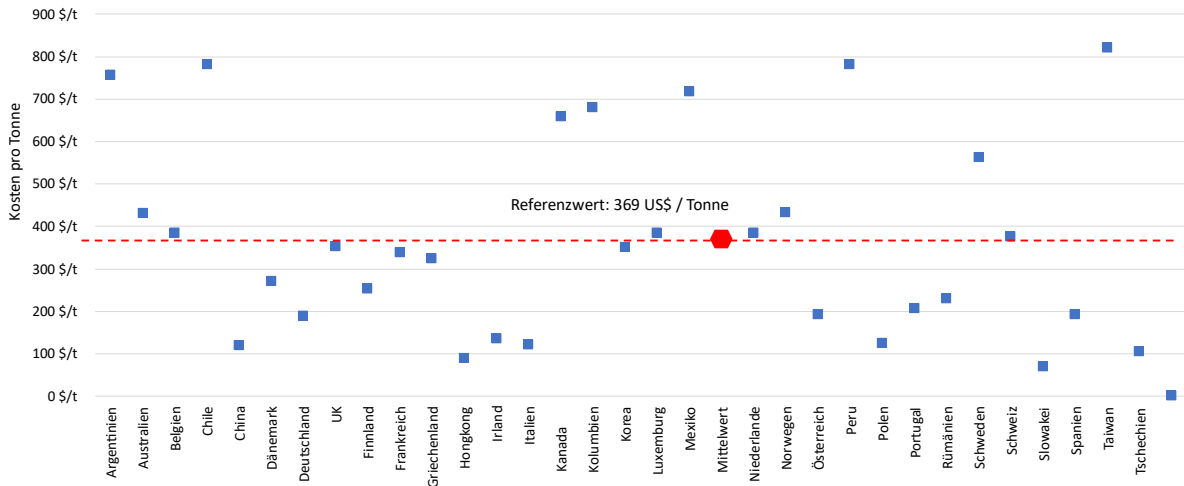


Abbildung 15: Darstellung der unterschiedlichen Behandlungskosten der Eigenrücknahme von Herstellern in den untersuchten Ländern sowie des Referenzwerts (Mittelwert) für Monitore.

#### Behandlungskosten der Hersteller-Eigenrücknahme: Notebooks

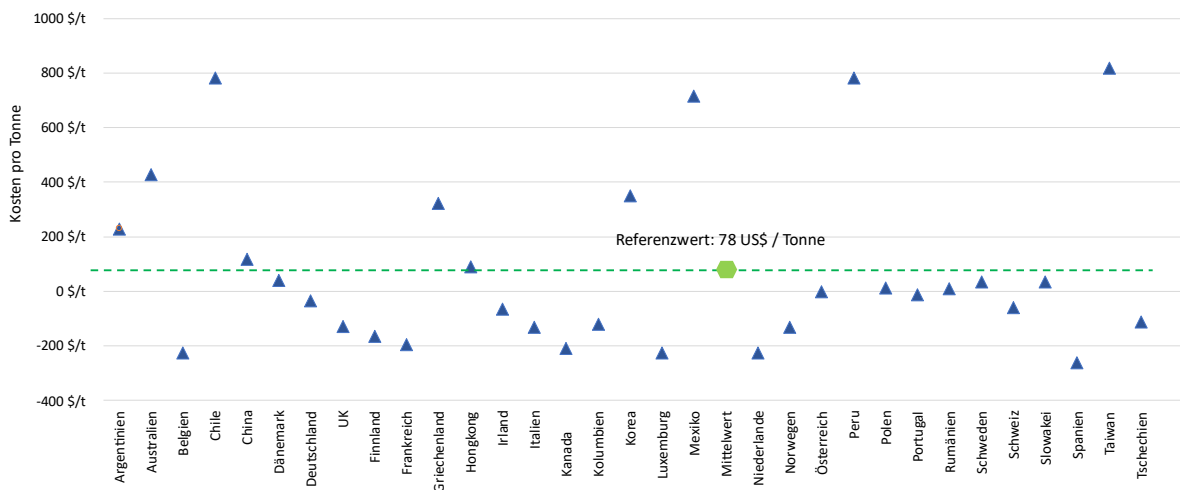
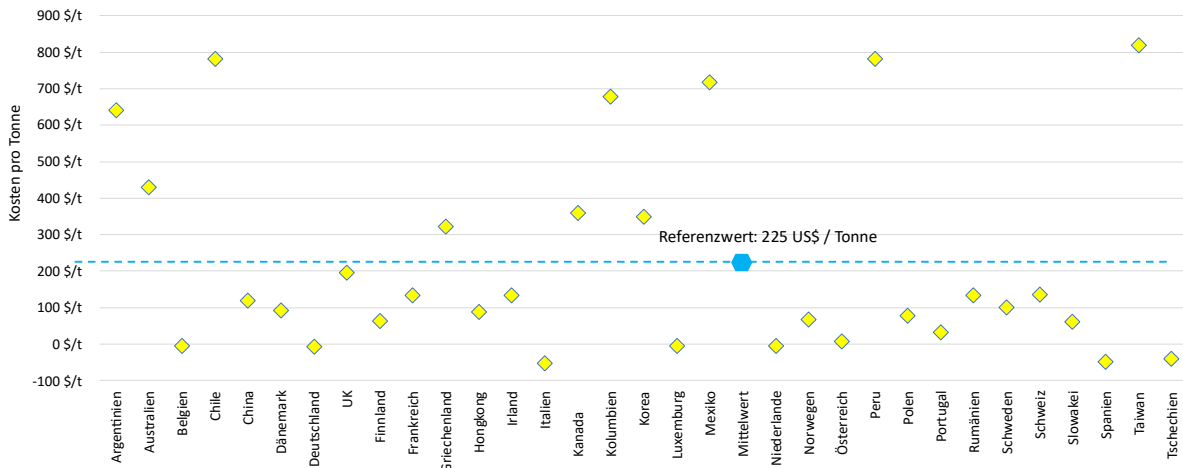


Abbildung 16: Darstellung der unterschiedlichen Behandlungskosten der Eigenrücknahme von Herstellern in den untersuchten Ländern sowie des Referenzwerts (Mittelwert) für Notebooks.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

#### Behandlungskosten der Hersteller-Eigenrücknahme: Drucker



**Abbildung 17:** Darstellung der unterschiedlichen Behandlungskosten der Eigenrücknahme von Herstellern in den untersuchten Ländern sowie des Referenzwerts (Mittelwert) für Drucker.

Durch den Ersatz der lokalen Behandlungskosten ( $BK_{\text{Gerät lokal}}$ ) mit dem Mittelwert der Behandlungskosten in den untersuchten Ländern ergibt sich ein Vergleichsparameter  $RK_2$ , der es ermöglicht, die Effizienz von Rücknahmesystemen unter weitgehendem Ausschluss des Einflusses der Behandlungskostenunterschiede zu vergleichen. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Behandlungskosten der Rücknahmesysteme auf der Basis der Behandlungspreise, die Hersteller im jeweiligen Land zahlen, normalisiert wurden. Diese Modifizierung basierte auf der Annahme, dass den Rücknahmeorganisationen gleiche oder zumindest ähnliche Behandlungspreise wie den Herstellern berechnet werden. Ob diese Annahme gerechtfertigt ist, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht überprüft werden. Es kann jedoch die Annahme berechtigt sein, dass in Ländern, in denen die freiwilligen Rücknahmeprogramme der Hersteller nur geringe Mengen erbringen (z.B. Süd- / Mittelamerika), Rücknahmeorganisationen aufgrund ihrer größeren Masse günstigere Konditionen als die Hersteller bekommen. Diesem Umstand wurde bei der Berechnung des Effizienzparameters  $RK_4$  Rechnung getragen (Kap. 4.2.4). In der Betrachtung wird davon ausgegangen, dass Rücknahmeorganisationen ähnliche Qualitätsanforderungen an die Recycler haben wie die Hersteller.

Wie bereits in Kapitel 3.5.1 ausgeführt, hat der mit den Behandlungskosten modifizierte Effizienzparameter ( $RK_2$ ) über seinen Nutzen als Effizienzvergleichswert keine Bedeutung in der Praxis. Die Normierung der tatsächlichen Rücknahmekosten ( $RK_1$ ) mit einem Vergleichswert der Behandlungskosten ( $BK_{\text{Gerätekatgorie Referenz}}$ ), dient zur Minimierung

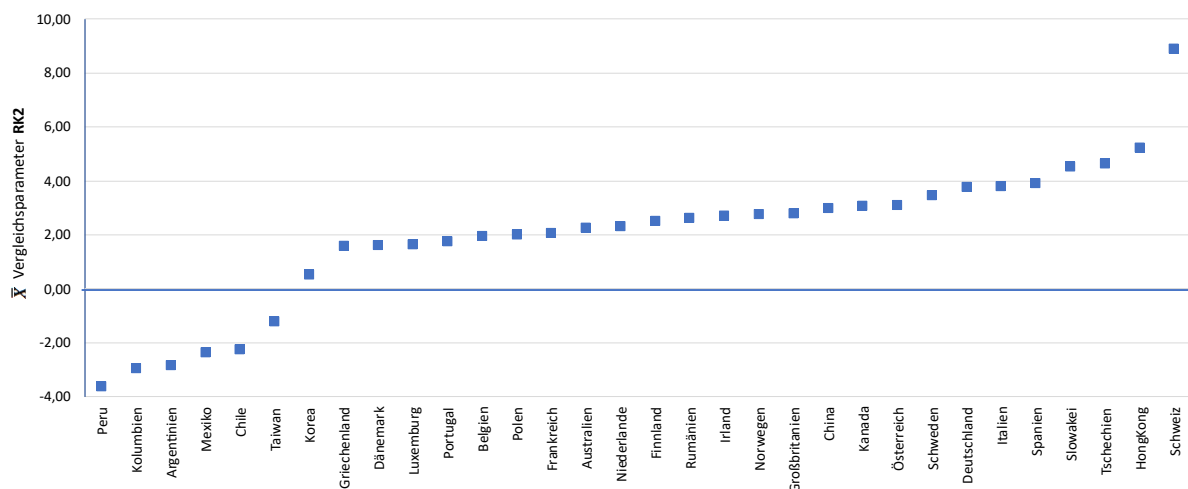
## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

lokaler Unterschiede Behandlungskosten in den einzelnen Ländern. Ein negativer Wert von  $RK_2$  bedeutet, im Gegensatz zu  $RK_1$  z.B. nicht, dass in einem Land für die betrachteten Geräte Erlöse aus dem Recycling erzielt werden. Ein negativer Wert bedeutet lediglich, dass die lokalen Behandlungskosten ( $BK_{Gerät\ Lokal}$ ) höher sind als der internationale Vergleichswert ( $BK_{Gerät\ Referenz}$ ). Je geringer ein  $RK_2$ -Wert, desto höher die Effizienz nach Normalisierung auf den lokalen Behandlungskosten.

Wie in Abbildung 18 zu ersehen ist, führen die im Vergleich zu den anderen Ländern sehr hohen Behandlungskosten der Hersteller in Taiwan, Chile, Mexico und Kolumbien zu sehr geringen  $RK_2$ -Werten und indizieren eine höhere Effizienz dieser Organisationen. In diesem Zusammenhang sind allerdings Zweifel angebracht, ob die Preise, die die Hersteller in diesen Ländern zahlen, repräsentativ für die Marktsituation von Behandlungspreisen in diesen Ländern ist, da die herstellereigene Rücknahme in diesen Ländern nur geringe Mengen umfasst. Für Rücknahmeorganisationen können die Behandlungskosten daher niedriger sein (Vergl. Kap. 4.2.4).

Mittelwerte der Vergleichsparameter  $RK_2$  über **alle Produkte** des Portfolios  
-Rücknahmepreise, modifiziert nach Behandlungskosten-



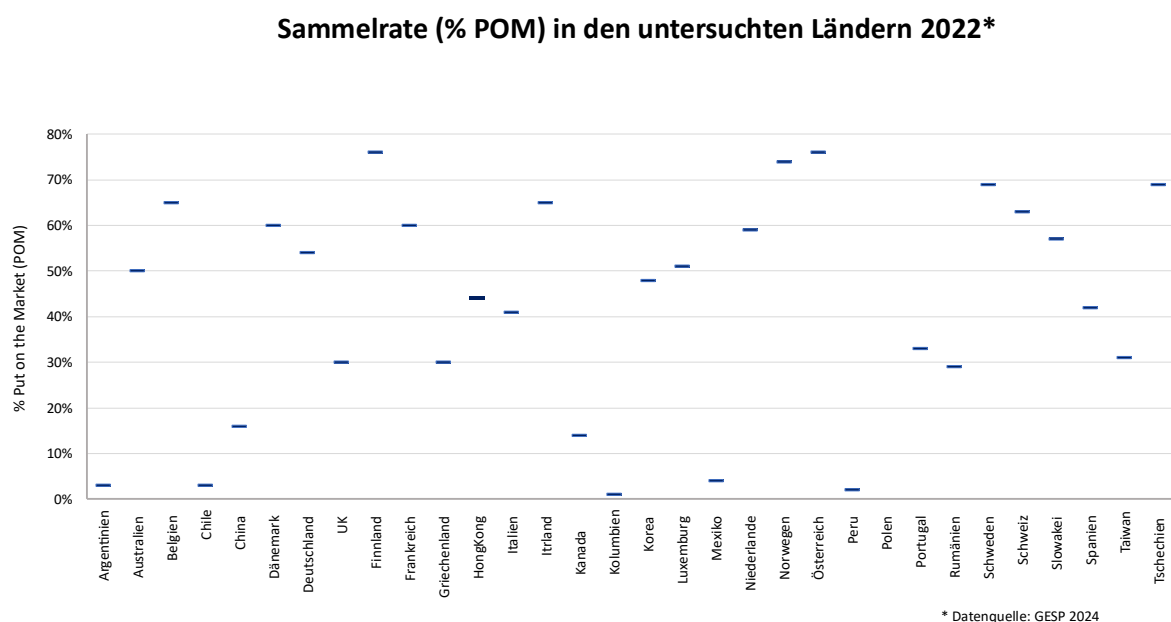
**Abbildung 18:** Darstellung der nach den Behandlungskosten modifizierten Rücknahmepreisen ( $RK_2$ ) (Mittelwert über alle Produkte des Portfolios)

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

#### 4.2.3.3 Normierung der Rücknahmekosten unter Einbeziehung der Behandlungskosten und der Sammelrate ( $RK_3$ )

Die am weitesten verbreitete Messgröße für die Sammelmenge ist die Sammelrate (SR). Sie drückt die Relation zwischen dem jährlichen Mittelwert der in den Verkehr gebrachten Masse der betroffenen Geräte (POM) der letzten 3 Jahre und der Masse der eingesammelten und einer Behandlung zugeführten Altgeräte (S) in einem Zeitraum (meist 12 Monate) aus.

Eine Übersicht über die Sammelraten der einzelnen Länder ist in Abbildung 19 auf Basis der Veröffentlichung des Global E-Waste Statistical Partnerships (GESP, 2024) dargestellt. Diese Sammelraten waren die Basis zur weiteren Normierung des Effizienzparameters  $RK_2$  nach der in Kapitel 3.5.2 dargestellten Methodik. Mit diesem Effizienzparameter wurde versucht, den Einfluss der Sammelrate auf die Preise und damit der Effizienz von Rücknahmeorganisationen zu neutralisieren.



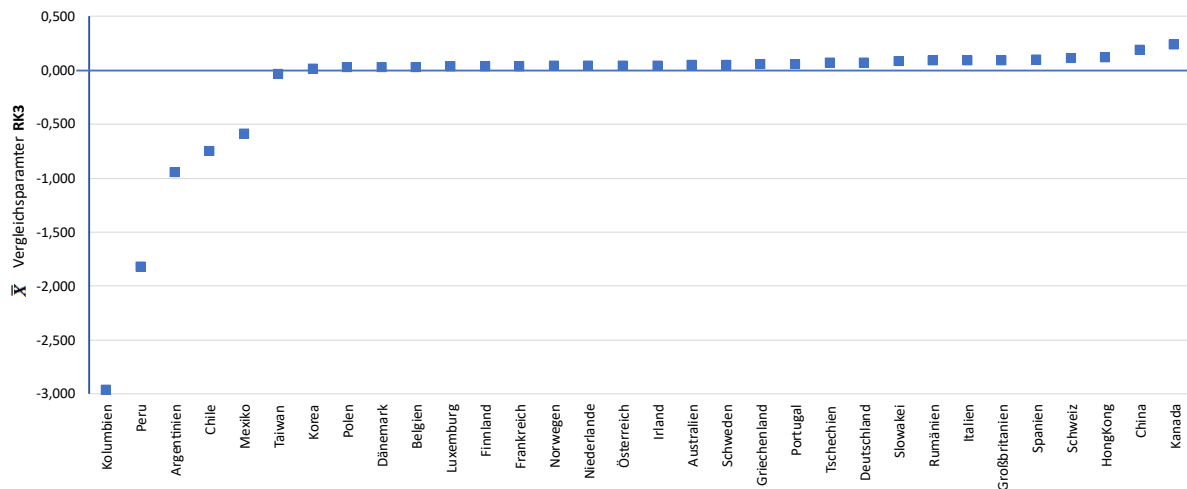
**Abbildung 19:** Sammelrate für Elektroaltgeräte (alle Produktkategorien) nach GESP (2024)

Auch bei den bereits mehrfach modifizierten Effizienzparameter  $RK_3$  (Abbildung 20) gilt, dass der Wert dieser Variable keine praktische Bedeutung hat, er stellt lediglich einen Parameter für einem fairen (faireren) Vergleich der Effizienz von Rücknahmeorganisationen dar. Dies gilt insbesondere für negative Werte, die keinen Rückschluss auf die tatsächlich zu erzielenden absoluten Rücknahmekosten haben. Je geringer der  $RK_3$ -Wert, desto höher die Effizienz von Rücknahmeorganisationen auf Basis der Normierung der lokalen Behandlungskosten und der Sammelrate.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

Mittelwert der Vergleichsparameter  $RK_3$  über **alle Produkte** des Portfolios  
-Rücknahmepreise, modifiziert nach Behandlungskosten und Sammelrate-



**Abbildung 20:** Darstellung der nach den Behandlungskosten und Sammelraten normierten Rücknahmepreise  $RK_3$  (Mittelwert über alle Produkte des Portfolios)

#### 4.2.4 Nicht quantifizierbare Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen

Neben den Daten, die von Rücknahmeorganisationen vorlagen, aus der Literatur entnommen werden konnten oder von Herstellern zur Verfügung gestellt wurden, gibt es eine Reihe von Einflussfaktoren auf die Effizienz von Rücknahmeorganisationen, für die Schätzungen aufgrund der persönlichen Erfahrungen des Autors in den Effizienzvergleich einfließen:

- 1) Zusätzliche Leistungen,
- 2) Übernahme / Beteiligung an den Sammelkosten,
- 3) mögliche Unterschiede in den Behandlungskosten, die Hersteller und PROs zahlen.
- 4) Preisgruppenstruktur.

Abschätzungen des Einflusses dieser Elemente waren die Grundlage eines weiteren Effizienzparameters ( $RK_4$ ), der in den folgenden Abschnitten diskutiert bzw. bewertet wird.

##### 4.2.4.1 Zusätzliche Leistungen

Mit der Ausnahme der Schweiz ist kein Land bekannt, bei dem die Rücknahmekosten, außer den originären Kosten der Rücknahme von Altgeräten, andere Rücknahmekosten systematisch einschließen.

Für die Schweiz wurde im internationalen Vergleich die Rücknahme von Batterien und Verpackungen mit einer Modifikation des Effizienzfaktors  $RK_4$  um 8 % gegenüber dem schweizerischen  $RK_3$  berücksichtigt. Dieser Faktor beruht auf dem Vergleich der RECUPEL-

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Gebühren mit den zusätzlichen Kosten, die in Belgien für die Batterie- und Verpackungsrücknahme des Produktportfolios entstehen (Kap. 4.1.1.3).

#### 4.2.4.2 Sammelkosten

Für die Rücknahmeorganisationen, die sich an den Kosten der Sammlung beteiligen müssen, wurden diese bei der Berechnung des Effizienzparameters  $RK_4$  geschätzt und mit einer pauschalen Reduktion des Effizienzparameters  $RK_3$  (entspricht einer höheren Effizienz) umgesetzt. In Ländern, in denen die Rücknahmeorganisationen die Kosten von Sammelplätzen übernehmen oder sich daran beteiligen wurde eine pauschale Reduktion von 20 %, von 40 % dort, wo Altgeräte beim Kunden einsammeln (Korea, Hongkong), berücksichtigt.

#### 4.2.4.3 Unterschiedliche Behandlungskosten Hersteller / Rücknahmeorganisationen

In den Effizienzparameter  $RK_4$  gehen weitere Schätzungen ein. So wurde davon ausgegangen, dass die lokalen Rücknahmeorganisationen in den lateinamerikanischen Ländern und Taiwan wesentlich geringere Behandlungskosten haben als die Hersteller, deren Volumen für die eigenen Rücknahmen dort zum Teil sehr gering sind. Auf Basis der Erfahrung des Autors wurden für Peru und Mexiko um 30 % geringere Behandlungskosten gegenüber den Kosten der Hersteller, für Kolumbien, Argentinien und Chile waren es 20 % niedrigere Kosten, für Taiwan wurden 40 % niedrigere Behandlungskosten der Rücknahmeorganisationen gegenüber den Annahmen, die zu  $RK_3$  führen, in die Berechnungen von  $RK_4$  einbezogen.

#### 4.2.4.4 Preisgruppenstruktur

Die bisher betrachteten Effizienzfaktoren sind Faktoren, die die tatsächliche Effizienz einer Rücknahmeorganisation in ihrer Gesamtheit betreffen. Aus Sicht eines Herstellers ist aber nicht die Gesamteffizienz einer Rücknahmeorganisation entscheidend, sondern die Auswirkungen auf sein Produktportfolio. Eine Rücknahmeorganisation kann bei einer gesamtheitlichen Betrachtung sehr effizient sein, für einen einzelnen Hersteller aber nicht. Ein Grund dafür ist die Struktur der Preisgruppen der Rücknahmeorganisation, wenn die Abrechnung der Leistungen auf dem Preismodell vorgezogene Gebühren je Produkt (ARF) (Abschnitt 3.3.1) beruht.

Aufgrund der Vielzahl von elektronischen und elektrischen Geräten (geschätzt etwa 100.000 in allen Kategorien: Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Lampen & Leuchten, IT, Unterhaltungselektronik) müssen für die Rechnungsstellung für Rücknahmeleistungen auf Basis von vorgezogenen Gebühren (ARF) unterschiedlicher Geräte in Preisgruppen zusammengefasst werden. Der sonst notwendige Administrationsaufwand einer speziellen Gebühr für jedes einzelne Produkt wäre sowohl für Rücknahmeorganisationen, als auch für die meisten Hersteller exorbitant, da das Angebot von einzelnen Herstellern mehrere tausend Produkte (verschiedene Produktoptionen eingeschlossen) umfassen kann.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Preisgruppen sind nur notwendig, wenn vorgezogene Gebühren auf der Basis der Anzahl der Geräte erhoben werden. Bei Preismodellen, bei denen die Leistungen nach der Sammelmenge berechnet (ACT) oder vorgezogenen Gebühren auf Gewichtsbasis abgerechnet werden, sind Preisgruppen für einzelne Geräte nicht notwendig.

Charakteristisch für eine Preisgruppe ist es, dass für jedes einzelne Geräte der Preisgruppe die gleiche Rücknahmegebühr (ARF) erhoben wird. Die Zusammensetzung der Preisgruppen, also der Produktgruppen, für die die gleiche Gebühr erhoben wird, ist in allen untersuchten Rücknahmesystemen, die auf der Basis von ARF abrechnen, unterschiedlich.

So berechnet z.B. RECUPEL (Belgien) jeweils für alle IT-Monitore, Drucker und Notebooks unabhängig vom Gewicht und der Größe / Bildschirmgröße den gleichen Preis. SWICO, die Rücknahmeorganisation in der Schweiz, gruppiert IT-Geräte nach Geräteart (Drucker, Bildschirme, Notebooks), für die weitere Untergruppen etabliert sind. Bei Notebooks werden in zwei (Bildschirmdiagonale unter bzw. über 11.9“), bei Monitoren fünf Preisgruppen unterschieden, die sich nach der Bildschirmgröße richten, Drucker werden in Abhängigkeit zum Verkaufspreis verschiedenen Preisgruppen zugeordnet.

Die Auswirkungen der Zusammensetzung von Preisgruppen auf Zahlungen der verschiedenen Hersteller und damit deren Wettbewerbskonditionen, sollen an einem Beispiel untersucht werden.

In diesem fiktiven Beispiel (Tabelle 17) wird angenommen, dass jeweils drei Hersteller Produkte vermarkten, die sich nur durch das Gewicht unterscheiden (z.B. Drucker). Die jeweiligen Hersteller bedienen nicht alle das gleiche Produktsegment. Z.B. verkauft Hersteller A Geräte mit einem Gewicht von 2,0 kg, 3,0 kg, 9,0 kg, 16 kg und 32 kg. Hersteller B vermarktet dagegen nur Geräte mit einem Gewicht von 2,0 kg, 3,0 kg, 3,8 kg, 5,0 kg und 9,0 kg, während Hersteller C sich auf die größeren Geräte fokussiert (160kg, 26,0 kg und 32,0 kg).

Tabelle 17: Basisdaten des Beispiels zur Darstellung des Einflusses der Zusammensetzung von Preisgruppen (fiktive Werte)

<b>Basisdaten für Preisgruppenbeispiel</b>								
Masse / Gerät	2,0 kg	3,0 kg	3,8 kg	5,0 kg	9,0 kg	16,0 kg	26,0 kg	32,0 kg
<b>Hersteller A (Geräte POM)</b>	100.000	125.000			45.000	30.000		12.000
<b>Hersteller B (Geräte POM)</b>	120.000	80.000	75.000	23.000	12.000			
<b>Hersteller C (Geräte POM)</b>						50.000	90.000	56.000

In Szenario 1 (Tabelle 18) wurden die Gebühren, die der jeweilige Hersteller für die Rücknahme seiner Geräte entrichten muss auf Basis der individuellen Masse eines Produktes berechnet. Dabei wurden, wie in den anderen Szenarien auch, Kosten der Rücknahmeorganisation von 0,38 €/kg je in den Verkehr gebrachtem Gerät zugrunde gelegt,

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

die sich, multipliziert mit der Masse der einzelnen Gerätegruppe in den jeweiligen ARFs widerspiegeln. Die Kosten, die jedem Hersteller entstehen, beruhen auf seinen Verkaufszahlen, multipliziert mit der ARF, die für die Preisgruppe, der das jeweilige Gerät zuzuordnen ist, entstehen. Die Summe aus allen Preisgruppen ist für jeden der Hersteller in den Tabellen 18-22 in der Spalte mit dem Titel „Summe“ dargestellt.

*Tabelle 18: Berechnung der Rücknahmekosten der beteiligten Hersteller auf Basis der individuellen Masse seiner Produkte.*

Szenario 1 Acht Preisgruppen									
Masse / Gerät	2,0 kg	3,0 kg	3,8 kg	5,0 kg	9,0 kg	16,0 kg	26,0 kg	32,0 kg	
Preis / Gerät	0,76 €	1,14 €	1,44 €	1,90 €	3,42 €	6,08 €	9,88 €	12,16 €	Summe
Hersteller A (Kosten)	75.970 €	142.444 €	-	-	153.839 €	182.328 €	-	145.862 €	700.443 €
Hersteller B (Kosten)	91.164 €	91.164 €	108.257 €	43.683 €	41.024 €	-	-	-	375.292 €
Hersteller C (Kosten)	-	-	-	-	-	303.880 €	888.849 €	680.691 €	1.873.420 €

In Szenario 2 (Tabelle 19) werden vier Preisgruppen eingerichtet, die jeweils Geräte innerhalb der Masse-Spannweite in einer Preisgruppe zusammenfassen. Im Beispiel sind dies die Geräte mit 2-3kg, >3-5kg, >5-16kg und >16kg je Gerät. Der Preis für jedes Gerät, der von den Herstellern zu zahlen ist, wird auf Basis des Mittelwertes der Masse der jeweiligen Preisgruppen, multipliziert mit den Rücknahmekosten, errechnet.

*Tabelle 19: Berechnung der Rücknahmekosten basierend auf vier Preisgruppen*

Szenario 2 Vier Preisgruppen					
Preisgruppe	2,0 - 3,0 kg	>3,0 - 5,0 kg	>5,0 - 16,0 kg	>16 - 35 kg	
Mittelwert Masse	2,5 kg	4,0 kg	10,5 kg	25,5 kg	<b>Summe</b>
Preis / Gerät	0,95 €	1,52 €	3,99 €	9,69 €	
Hersteller A (Kosten)	213.665,63 €	-	299.131,88 €	116.234,10 €	629.031,60 €
Hersteller B (Kosten)	189.925,00 €	148.901,20 €	47.861,10 €	-	386.687,30 €
Hersteller C (Kosten)	-	-	199.421,25 €	1.414.181,55 €	1.613.602,80 €

In Szenario 3 (Tabelle 20) werden die Geräte der einzelnen Hersteller in drei Preisgruppen einsortiert und die jeweiligen Rücknahmekosten auf der Basis des Mittelwertes der Masse einer Produktgruppe mit den in allen Szenarien verwendeten Rücknahmekosten von 0,38 €/kg berechnet.

**Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen**  
**Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte**

Tabelle 20: Szenario 3 mit drei Preisgruppen

<b>Szenario 3 Drei Preisgruppen</b>				<b>Summe</b>
<b>Preisgruppe</b>	<b>2,0 - 4,0 kg</b>	<b>&gt;4,0 - 9,0 kg</b>	<b>&gt; 9,0 - 35 kg</b>	
<b>Mittelwert Masse</b>	3,0 kg	6,5 kg	22,0 kg	
<b>Preis / Gerät</b>	1,14 €	2,47 €	8,36 €	
<b>Hersteller A (Kosten)</b>	256.398,75 €	111.106,13 €	350.981,40 €	718.486,28 €
<b>Hersteller B (Kosten)</b>	313.376,25 €	86.415,88 €	-	399.792,13 €
<b>Hersteller C (Kosten)</b>	-	-	1.637.913,20 €	1.637.913,20 €

Für Szenario 4 (Tabelle 21) werden die Preisgruppen weiter, nun auf zwei Preisgruppen, reduziert.

Tabelle 21: Szenario 4 mit nur zwei Preisgruppen

<b>Szenario 4 Zwei Preisgruppen</b>			<b>Summe</b>
<b>Bildschirmgröße</b>	<b>2,0 - 5,0 kg</b>	<b>&gt;5,0 - 35kg</b>	
<b>Mittelwert Masse</b>	3,5 kg	20,0 kg	
<b>Preis / Gerät</b>	1,33 €	7,60 €	
<b>Hersteller A (Kosten)</b>	299.131,88 €	660.939,00 €	960.070,88 €
<b>Hersteller B (Kosten)</b>	396.183,55 €	91.164,00 €	487.347,55 €
<b>Hersteller C (Kosten)</b>	-	1.489.012,00 €	1.489.012,00 €

In Szenario 5 (Tabelle 22) wird nur ein Preis erhoben, der für alle Monitore, unabhängig vom Gewicht des einzelnen Gerätes gilt, ähnlich der Preisgestaltung von RECUPEL, die nur eine Gebühr z.B. für alle der verschiedenen Monitore vorsieht.

Tabelle 22: Szenario, in der alle Geräte in einer Preisgruppe zusammengefasst werden.

<b>Szenario 5 Eine Preisgruppe</b>		<b>Summe</b>
<b>Bildschirmgröße</b>	2 - 35kg	
<b>Mittelwert Masse</b>	18,50 kg	
<b>Preis / Gerät</b>	7,03 €	
<b>Hersteller A (Kosten)</b>	2.192.494,20 €	2.192.494,20 €
<b>Hersteller B (Kosten)</b>	2.178.439,75 €	2.178.439,75 €
<b>Hersteller C (Kosten)</b>	1.377.336,10 €	1.377.336,10 €

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Tabelle 23 dokumentiert die Unterschiede der Rücknahmekosten für die Hersteller in den einzelnen Szenarien. Die von den einzelnen Herstellern zu zahlenden Rücknahmekosten schwanken im Vergleich der einzelnen Szenarien erheblich, ohne dass sich die Basisparameter (Rücknahmekosten/kg, Gewicht der einzelnen Produkte, DFR, POM) geändert haben. So fallen für Hersteller A in Szenario 1, der Berechnung nach dem individuellen Gewicht seiner Produkte, Rücknahmekosten von 700.443€ an, während seine Kosten in Szenario 5, der Zusammenfassung aller Monitore in eine Preisgruppe auf 2.192.494€ steigen. Dagegen fallen die Rücknahmekosten des Produzenten C, dem Hersteller von größeren Monitoren, von 1.873.420€ in Szenario 1 auf 1.377.336€ in Szenario 5.

Tabelle 23: Vergleich der Rücknahmekosten der einzelnen Hersteller in den verschiedenen Preisgruppen-Szenarien

<b>Rücknahmekosten der einzelnen Hersteller in den verschiedenen Preisgruppenszenarien</b>			
	<b>Hersteller A</b>	<b>Hersteller B</b>	<b>Hersteller C</b>
<b>8 Preisgruppen</b>	700.443,40 €	375.291,80 €	1.873.420,20 €
<b>4 Preisgruppen</b>	629.031,60 €	386.687,30 €	1.613.602,80 €
<b>3 Preisgruppen</b>	718.486,28 €	399.792,13 €	1.637.913,20 €
<b>2 Preisgruppen</b>	960.070,88 €	487.347,55 €	1.489.012,00 €
<b>1 Preisgruppe</b>	2.192.494,20 €	2.178.439,75 €	1.377.336,10 €

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass bei der Zusammenfassung von schweren / großen Geräten mit leichteren / kleineren Geräten die Preise für die schweren / größeren Geräte (zu Lasten der leichteren / kleineren Geräte) günstiger sind als bei einer Berechnung nach dem eigenen Gewicht / Größe oder differenzierteren Preisgruppen, da die ARF auf Durchschnittswerten der Masse innerhalb einer Preisgruppe beruht.

#### 4.2.5 Externe Einflüsse: Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen

In 18 der 32 untersuchten Ländern haben die Hersteller die Wahl zwischen verschiedenen Rücknahmesystemen. Diese stehen im Wettbewerb um die Aufträge der Hersteller, deren operative Rücknahmeverpflichtungen sie übernehmen. Rücknahmeorganisationen können lokale Unternehmen, Firmenverbände über Ländergrenzen hinweg oder international operierende Unternehmen sein.

In 14 der untersuchten Länder besteht für Hersteller keine Wahlmöglichkeit, es existiert nur jeweils eine Rücknahmeorganisation für ihre Geräte.

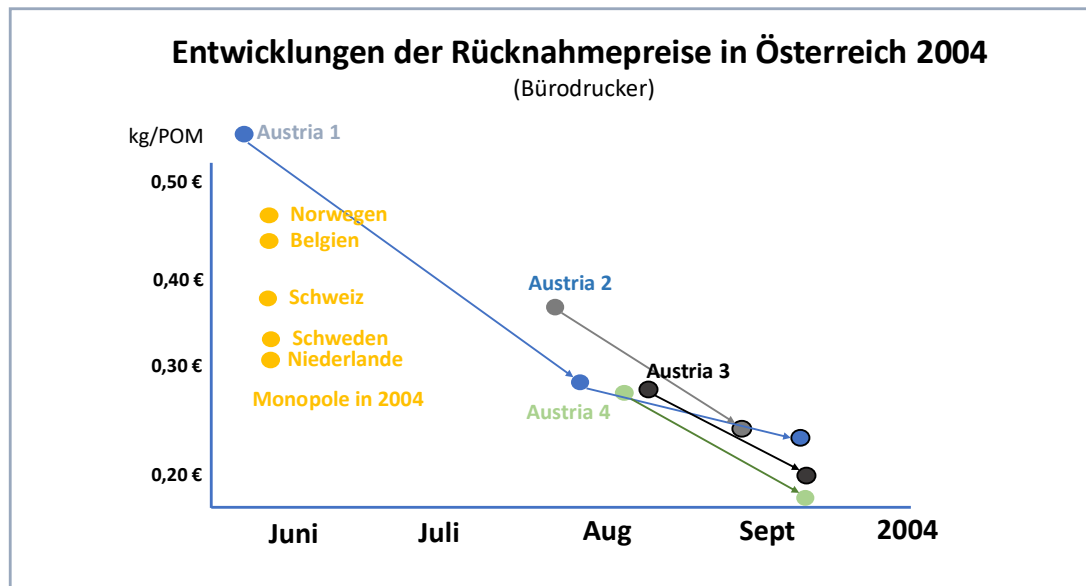
*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Vielfach wurde argumentiert, dass bei Ländern, in denen nur eine Rücknahmeorganisation operiert, die Kosten aufgrund der größeren Masse günstiger seien, da in ihr alle Geräte eines Landes erfasst und nicht unter verschiedenen Organisationen aufgeteilt werden (z.B. Colelli et al., 2022). Außerdem wäre es für die Behörden einfacher, eine einzige Rücknahmeorganisation zu überwachen als mehrere. Die Vertreter von Wettbewerbsstrukturen wiederum argumentieren, dass der Wettbewerb um die Aufträge der Hersteller, die Rücknahmeorganisationen permanent dazu anhält, Prozesse zu optimieren (z.B. Mayers, 2007; Toyasaki et al., 2010). Ihnen ist es möglich, durch länderübergreifende Aktivitäten entsprechend große, eventuell sogar größere Mengen von Altgeräten zu akquirieren als Organisationen, die nur in einem einzelnen Land operieren. Über ein „Clearinghouse“, eine Organisation, die, unabhängig von Herstellern oder Rücknahmeorganisationen, die Einhaltung der Vorschriften und die Erfüllung der Zielvorgaben durch Erhebungen überwacht, besteht ebenfalls nur ein einziges Interface für die Behörden. In Deutschland ist die „Stiftung Elektroaltgeräte (EAR)“ das Interface zu den Behörden und organisiert zentrale Aufgaben (wie z.B. Abholungskoordination, Aufklärungskampagnen für die Bevölkerung) bei einer zweistelligen Anzahl von PROs. In den Diskussionen um die Vor- und Nachteile von Monopol- und Wettbewerbssystemen wird öfters das Argument genutzt, Monopolsysteme würden eine höhere Qualität bei der Behandlung fördern und dafür höhere Behandlungspreise akzeptieren. Mit dem Ersatz der lokalen Behandlungskosten durch einen internationalen Mittelwert wird diesem Argument bei der Berechnung des Effizienzparameters  $RK_2$  Rechnung getragen. Diese Berechnung minimiert mögliche Behandlungskostenunterschiede, die wenn sie u.A. durch Qualitätsunterschiede verursacht werden.

Bereits zu Beginn der Implementierung von WEEE in Europa zeigt es sich, dass Angebot und Nachfrage das PreisLeistungsverhältnis der Rücknahmeorganisationen in den Ländern bestimmen, die Wettbewerbsstrukturen erlauben. In Abbildung 21 ist die Preisdynamik der Rücknahmegebühren in Österreich in 2004, dem Jahr in dem die WEEE-Direktive in Österreich umgesetzt wurde, dargestellt. Diese Werte wurden damals vom Autor selbst erhoben, ähnliche Daten aus anderen Ländern sind nicht (mehr) verfügbar, zeigten aber einen ähnlichen Trend.

Bereits im Mai 2004 veröffentlichte die erste Rücknahmeorganisation in Österreich (Austria 1) die Preise für die Rücknahme von Elektroaltgeräten. Nachdem zu Beginn des August 2004 eine zweite Rücknahmeorganisation (Austria 2) ihre (deutlich niedrigeren) Rücknahmepreise

Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen  
Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte



*Abbildung 21: Entwicklung der Rücknahmepreise in Österreich für Bürodrucker (€/kg / POM) im Zeitraum Mai – September 2004 (Hieronymi, 2023)*

publizierte hatte, reagierte Austria 1 mit einem niedrigeren Preis, dem weitere Systeme (Austria 3, Austria 4) folgten. In den folgenden Wochen erfolgten bei allen Rücknahmeorganisationen weitere Preiskorrekturen. Gegenüber dem ersten Angebot pendelten sich die von den Rücknahmeorganisationen geforderten Preise gegen Ende des Jahres auf einem Preisniveau ein, das etwa 1/3 des ursprünglich geforderten Preises betrug und wesentlich günstiger war als die damaligen Preise in anderen europäischen Ländern, in denen Herstellern nur eine Rücknahmeorganisation zur Auswahl stand.

Im Verlauf dieser Recherche sollte herausgefunden werden, ob die Wettbewerbssituation in den untersuchten Ländern einen Einfluss auf die Rücknahmepreise und damit auf die Effizienz der jeweiligen Rücknahmesysteme hat.

Dazu wurden die Mittelwerte der Rücknahmekosten der verschiedenen Produktgruppen und Normalisierungsstufen jeweils für die Länder, in denen nur eine Rücknahmeorganisation besteht (Monopolstruktur) mit denen verglichen, in denen Hersteller die Wahl zwischen verschiedenen Anbietern haben (vgl. Abb. 22). Die Mittelwerte aus den einzelnen Normalisierungsstufen ( $RK_1$ : Preis;  $RK_2$ : Preis normalisiert mit Behandlungskosten;  $RK_3$ : Preis normalisiert mit Behandlungskosten und Sammelrate, siehe Abschnitt 4.2.3) wurden in der Abbildung 22 gegenübergestellt. Diese Abbildung zeigt in den soliden Balken die Mittelwerte der jeweiligen Effizienzparameter der einzelnen Normalisierungsschritte sowohl für das gesamte Produktportfolios als auch der verschiedenen Produktkategorien für Länder, in denen Hersteller keine Wahl zwischen verschiedenen Rücknahmeorganisationen haben (Monopolsituation).

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte

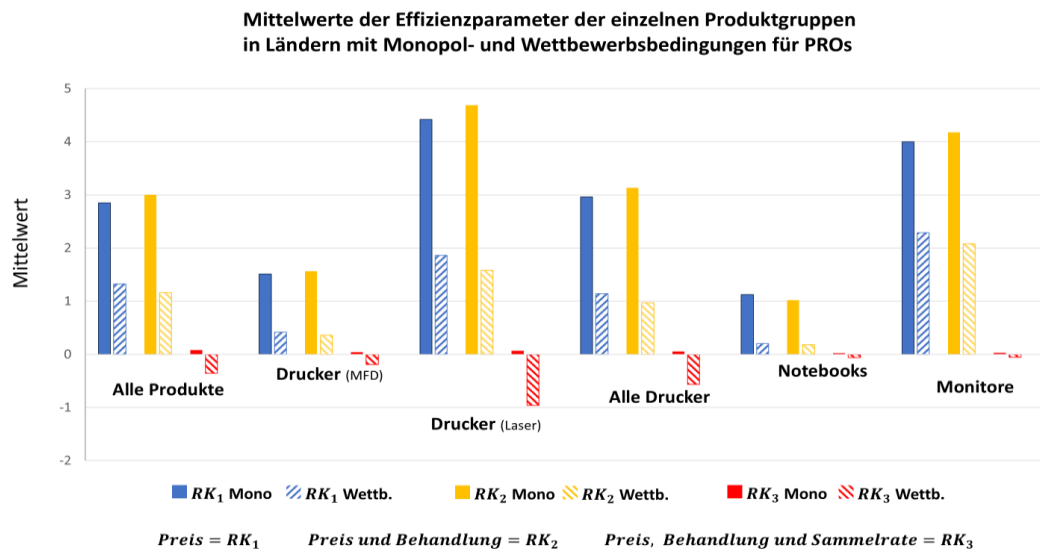


Abbildung 22: Gegenüberstellung der Mittelwerte der Preise der einzelnen Produktgruppen in den jeweiligen Normalisierungsstufen aus Ländern mit und ohne Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen.

Die schraffierten Balken stellen die entsprechenden Mittelwerte der Effizienzparameter in den Ländern, in denen mehrere Rücknahmesysteme aktiv sind, dar.

Um sicherzustellen, dass die in der Abbildung 22 dargestellten Unterschiede der Effizienzparameter tatsächlich aus der lokalen Wettbewerbssituation zwischen Rücknahmeorganisationen und nicht durch Zufälle bedingt sind, wurde ein t-Test angewandt.

#### 4.2.6 Ergebnis der Statistischen Absicherung

Im Rahmen einer statistischen Untersuchung wurde die Hypothese getestet, ob die beobachteten Unterschiede in den Rücknahmepreisen ( $RK_1$ ) bzw. der Rücknahmeparameter  $RK_2$  (Preise normalisiert mit Behandlungskosten) und  $RK_3$  (Preise normalisiert mit Behandlungskosten und Sammelmenge) zufallsbedingt sein können (Null-Hypothese  $H_0$ ) oder auf dem unterschiedlichen Marktumfeld (Wettbewerb/Monopol) für Rücknahmeorganisationen beruhen (Hypothese  $H_1$ ) beruhen. Der t-Test überprüft, ob sich zwei unabhängige Stichproben hinsichtlich ihres Mittelwertes unterscheiden (Planning, 2022). Für den t-Test wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) von  $\alpha=5\%$  angenommen.

Der t-Test ergab, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %, ein signifikanter, nicht zufallsbedingter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Preisen ( $RK_1$ ) von Rücknahmeorganisationen, die unter Wettbewerbsbedingungen arbeiten, gegenüber den Ländern besteht, in denen nur eine Organisation tätig ist. Das trifft auch für die weiteren Effizienzparameter,  $RK_2$  und  $RK_3$  zu. Ausnahmen sind der auf Basis der Behandlungskosten modifizierte Preis ( $RK_2$ ) bei Laserdruckern sowie die nach Behandlungskosten und

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Sammelmenge normierten Rücknahmeparameter  $RK_3$  bei Notebooks und Monitoren, bei denen ein zufallsbedingtes Ergebnis aufgrund der großen Varianz der Einzelwerte nicht ausgeschlossen werden kann. Die Detaillerggebnisse des Tests sind in Kapitel 8.1, Tabelle 34, dokumentiert.

Auffallend ist auch, dass der Mittelwert der Preise von Rücknahmeorganisationen, die ihre Services auf Basis einer Gebühr je in Verkehr gebrachtem Gerät (ARF) berechnen, mit einem Mittelwert von  $RK_1$  von 2,46 \$ deutlich über den Preisen der Rücknahmeorganisationen, die die Rücklaufmengen nach ACT berechnen (1,20 \$) liegen. Allerdings sind keine signifikanten Unterschiede der Vergleichsparameter  $RK_2$  und  $RK_3$  zwischen diesen Preismodellen zu beobachten.

Im folgenden Kapitel werden sowohl die Ergebnisse des bilateralen Effizienzvergleichs auf Basis der Rücknahmepreise von RECUPEL und SWICO, als auch des Vergleichs von 32 Ländern (einschl. Belgien/Schweiz) analysiert.

### 4.3 Analyse

#### 4.3.1 Vergleich Belgien/Schweiz

Für den Vergleich der Effizienz konnten nur die veröffentlichten Daten der beiden Rücknahmeorganisationen (Preise, Kostenverteilung, Sammelraten), ergänzt durch Analogien (z.B. Rücknahmekosten für die Eigenrücknahme der Hersteller) genutzt werden, da interne Daten von RECUPEL und SWICO nicht für diese Untersuchung bereitstanden.

In Kapitel 4.1 sind die Ergebnisse der aus Herstellersicht wichtigen Effizienzparameter, die (Netto-) Preise von RECUPEL und SWICO, in einem ersten Schritt normalisiert mit den Behandlungskosten und der Sammelrate beschrieben. Aus diesem Vergleich ergeben sich signifikant niedrigere Effizienzparameter (und damit eine Indikation für eine höhere Effizienz) für RECUPEL. Auch unter der Einbeziehung der zusätzlichen Services, die bei SWICO in den „Vorgezogenen Recyclinggebühren“ (Batterie- und Verpackungsentsorgung) enthalten sind, bleiben die Vorteile von RECUPEL bei den Effizienzparametern bestehen.

Für weitere Parameter, die die Effizienzunterschiede hätten erklären können, wären interne Daten der beiden Rücknahmeorganisationen notwendig. Diese standen für die Untersuchung nicht zur Verfügung. Daher musste sich der Vergleich auf Analogien und Vergleichsdaten aus anderen Quellen beziehen.

Nicht berücksichtigt werden konnte u.a. der Einfluss der Zusammensetzung der Preisgruppen, deren Zusammensetzung und Struktur eine wichtige Rolle bei der Belastung einzelner Hersteller spielen (Abschnitt 4.2.4.4). So verlangt RECUPEL die gleiche Gebühr für alle Monitore, während SWICO die Gebühren für Monitore nach Bildschirmgröße festlegt. Auch

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

bei IT-Kleingeräten wie Druckern, erhebt RECUPEL den gleichen Preis für alle Geräte, während SWICO differenzierte Gebühren z.B. auf Basis des Verkaufspreises (bei Druckern) berechnet. Während bei der Differenzierung der Rücknahmegebühren nach Gewicht / Größe ein Bezug zu den Kosten der Sammlung und der Behandlung anzunehmen ist, erschließt sich der Zusammenhang zwischen Verkaufspreis, den SWICO zur Differenzierung einzelner Gerätegruppen ansetzt und den Kosten der Rücknahme nicht.

Ähnliche Unterschiede sind in der Preisfindung für Notebooks zu beobachten, bei denen RECUPEL, im Gegensatz zu SWICO, eine einzige Gebühr für alle Größen erhebt.

Während SWICO sich auf Geräte der Unterhaltungsindustrie und IT fokussiert und z.B. Haushaltsgroßgeräte in der Schweiz durch eine andere Rücknahmeorganisation (SENS) gesammelt werden, umfasst das Produktspektrum von RECUPEL alle Produktkategorien. Da ein Teil der Geräte, die außerhalb des Produktspektrums von SWICO liegen, positive Recyclingerlöse erbringen können (z.B. Waschgeräte), kann es sein, dass Recyclingerlöse aus diesen Produktkategorien bei RECUPEL zur Deckung der Behandlungskosten von Geräten der IT / Unterhaltungselektronik bei RECUPEL beitragen und somit zu geringeren Rücknahmepreisen für die untersuchten Produktgruppen in Belgien führen (Quersubventionen).

Vielfach wird als Argument für die hohen Rücknahmekosten, das allgemein höhere Preisniveau in der Schweiz angegeben. Die höheren Arbeitskosten in der Schweiz wurden für den Bereich mit dem höchsten Lohnkostenanteil, den Behandlungskosten, durch die Normalisierung dieser Kosten zum größten Teil eliminiert.

Ein weiteres Element, das die Unterschiede der Preise zum Teil erklären könnte, sind die Transportkosten. Mit ca. 380 Einwohnern / km<sup>2</sup> ist Belgien dichter besiedelt als die Schweiz (ca. 210 Einwohner/km<sup>2</sup>), somit sind die Transportwege für Elektro-Altgeräte in Belgien geringer, zumal in Belgien der Anteil der städtischen Bevölkerung mit 98 % weitaus höher als in der Schweiz ist (74 %) (Länderdaten, 2023).

Die für die Transportkosten maßgeblichen Energiepreise lagen im April 2024 in der Schweiz mit 2,03 €/l Diesel um 13% höher als die Dieselpreise in Belgien (TCS, 2024). Unter Berücksichtigung der höheren Umsatzsteuer (Schweiz 8,1 %, Belgien 21 %), die von Unternehmen als Vorsteuer von ihrer Umsatzsteuerschuld abgezogen werden kann, sind die Nettopreise für Diesel in der Schweiz um 34 % höher als in Belgien.

Diese Berechnung indiziert, dass zumindest ein Faktor der Transportkosten, der Treibstoff, in der Schweiz erheblich teurer ist als in Belgien.

Die Hypothese der allgemein höheren Preise in der Schweiz im Vergleich zu den Nachbarländern, ist zumindest bei IT-Geräten nicht gegeben. So kostete im April 2024 ein für den privaten Bereich konzipierter Multifunktionsdrucker im deutschen Onlineshop eines Herstellers etwa gleich viel wie bei seinem Schweizer Äquivalent (HP, 2024).

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Zu der höheren Effizienz von RECUPEL könnte das Engagement der Hersteller in der Leitung des Rücknahmesystems beigetragen haben, wo wichtige Funktionen z.B. im Finanzbereich von Führungskräften, von Unternehmen teilweise übernommen wurden. Sie haben sichergestellt, dass RECUPEL einem strikten Kurs zur Optimierung der Prozesse und Kostenkontrolle folgte. Ein direkter „Benchmark“ zwischen beiden Rücknahmeorganisationen ist eine Möglichkeit zu verstehen, was diese Preisunterschiede im Detail verursacht und wo sich Optimierungspotential heben lässt. Ähnliche Schlussfolgerungen ergeben sich auch aus dem nächsten Kapitel, der Erweiterung des Effizienzvergleichs auf 32 Länder aus dem globalen Umfeld.

#### 4.3.2 Analyse des Effizienzvergleichs von 32 Ländern

Die für den direkten Vergleich Belgien-Schweiz entwickelte Methodik der Minimierung des Einflusses lokaler Behandlungskosten und Sammelraten, wurde bei Rücknahmeorganisationen aus 32 Ländern (einschl. Belgiens und der Schweiz) angewandt. Tabelle 24 zeigt eine Zusammenstellung nach den Effizienzparametern  $RK_1$  (Preis),  $RK_2$  (Preis normalisiert auf die Behandlungskosten) und  $RK_3$  (Preis normalisiert auf Behandlungskosten und Sammelrate) sortierten Länder, die in die Untersuchung einbezogen waren. Während  $RK_1$  einen realen Wert, den Durchschnittspreis für das untersuchte Produktportfolio, repräsentiert, dienen  $RK_2$  und  $RK_3$  lediglich dazu, für einen Effizienzvergleich externe Faktoren (Behandlungskosten, Sammelrate) zu minimieren, ohne dass sie einen direkten Bezug zur Praxis zu haben. Geringere Werte bei  $RK_1$ ,  $RK_2$  und  $RK_3$  sind Indizien für effizientere Rücknahmeorganisationen, höhere Werte für eine niedrigere Effizienz.

Der Effektivitätsvergleich auf der Basis der nicht modifizierten Mittelwerte der Preise für das gesamte Produktportfolio ( $RK_1$ ) in Tabelle 24 (linke Spalte), zeigt Portugal mit einem Mittelwert von 0,05 \$ als das Land mit den günstigsten Rücknahmepreisen, die Schweiz mit 8,40 \$ als das mit Abstand teuerste Land über das gesamte Produktportfolio. Dies lässt sich auch bei den Preisen für die einzelnen Gerätegruppen des Portfolios (siehe Tabellen 28-33 in Abschnitt 8.1) beobachten, bei denen Portugal immer in der Gruppe der günstigsten, SWICO bei den Rücknahmeorganisationen mit den höchsten Effizienzparameter zu finden ist. Im Vergleich des Effizienzparameters  $RK_1$  über das gesamte Produktportfolio sind neben der Schweiz Kanada (4,83 \$) und Taiwan (4,16 \$), Australien (3,81 \$), Schweden (3,50 \$) und Hongkong (3,43 \$) zu finden. Die geringsten Preise (und damit die höchste Effizienz auf Basis der Definition in Abschnitt 3.1) werden von den Rücknahmeorganisationen in Portugal (0,05 \$), Polen (0,25 \$) und Luxemburg (0,29 \$) berechnet. Die Werte für Dänemark und Belgien liegen mit 0,49 \$ - \$0,60 \$ ebenfalls im Bereich der günstigeren Rücknahmeorganisationen. Nach der Normalisierung der Rücknahmepreise mit den Behandlungskosten (Tabelle 24, mittlere Spalte ( $RK_2$ )) rückt Taiwan in die Gruppe der Länder mit günstigen Effizienzparametern vor. Dies ist durch die sehr hohen Behandlungskosten, die Hersteller in Taiwan zahlen und in den Berechnungen von  $RK_2$  durch den wesentlich geringeren „Internationalen Vergleichswert“ ersetzt wurden, verursacht.

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Table 24: Gegenüberstellung der Mittelwerte und der Standardabweichung der Effizienzvergleichswerte über alle Produkte des untersuchten Produktportfolios. Eine Rangfolge basierend auf den nicht modifizierten Rücknahmepreisen, befindet sich in der linken Tabelle ( $RK_1$ ), eine basierend auf den mit den Behandlungskosten normalisierten Effizienzreferenzwerten in der mittleren ( $RK_2$ ), die Rangfolge mit auf Behandlungskosten und Sammelraten normalisierten Vergleichswerten ( $RK_3$ ) in der rechten Tabelle. Vergleiche der einzelnen Produktgruppen finden sich im Anhang (Kapitel 8.1)

Effizienzparameter					
$\bar{X}$ über alle Produkte					
$RK_1$		$RK_2$		$RK_3$	
Rücknahmepreise nicht modifiziert		Rücknahmepreise, normalisiert auf Behandlungskosten		Rücknahmepreise, normalisiert auf Behandlungskosten / Sammelrate	
Land	$\bar{X}$	Land	$\bar{X}$	Land	$\bar{X}$
Portugal	0,05 \$	Peru	-3,64	Kolumbien	-2,962
Polen	0,25 \$	Kolumbien	-2,96	Peru	-1,820
Luxemburg	0,29 \$	Argentinien	-2,84	Argentinien	-0,948
Dänemark	0,49 \$	Mexiko	-2,35	Chile	-0,748
Belgien	0,60 \$	Chile	-2,24	Mexiko	-0,589
Kolumbien	0,70 \$	Taiwan	-1,22	Taiwan	-0,039
Niederlande	0,98 \$	Korea	0,50	Korea	0,010
Argentinien	1,04 \$	Griechenland	1,57	Polen	0,025
Finnland	1,08 \$	Dänemark	1,60	Dänemark	0,027
Österreich	1,20 \$	Luxemburg	1,62	Belgien	0,030
Italien	1,24 \$	Portugal	1,75	Luxemburg	0,032
Korea	1,27 \$	Belgien	1,93	Finnland	0,033
Irland	1,28 \$	Polen	1,99	Frankreich	0,034
Frankreich	1,35 \$	Frankreich	2,06	Norwegen	0,037
Peru	1,36 \$	Australien	2,25	Niederlande	0,039
China	1,38 \$	Niederlande	2,32	Österreich	0,041
Rumänien	1,58 \$	Finnland	2,50	Irland	0,042
Spanien	1,58 \$	Rumänien	2,61	Australien	0,045
Deutschland	1,76 \$	Irland	2,70	Schweden	0,050
Mexiko	2,02 \$	Norwegen	2,76	Griechenland	0,052
Norwegen	2,05 \$	Großbritannien	2,78	Portugal	0,053
Griechenland	2,09 \$	China	2,99	Tschechien	0,067
Tschechien	2,11 \$	Kanada	3,07	Deutschland	0,070
Großbritannien	2,49 \$	Österreich	3,09	Slowakei	0,079
Slowakei	2,50 \$	Schweden	3,46	Rumänien	0,090
Chile	2,76 \$	Deutschland	3,76	Italien	0,092
HongKong	3,43 \$	Italien	3,79	Großbritannien	0,093
Schweden	3,50 \$	Spanien	3,90	Spanien	0,093
Australien	3,81 \$	Slowakei	4,53	Schweiz	0,109
Taiwan	4,16 \$	Tschechien	4,64	HongKong	0,118
Kanada	4,83 \$	HongKong	5,21	China	0,187
Schweiz	8,40 \$	Schweiz	8,90	Kanada	0,236

Behandlungskosten und nicht die Effizienz der Rücknahmeorganisation zurückzuführen ist. Unter Einbeziehung der Sammelraten ( $RK_3$ ) verändert sich die Reihenfolge weiter. Österreich ist aufgrund der hohen Sammelrate von Platz 24 bei  $RK_2$  zu Platz 16 beim Vergleich der  $RK_3$ -

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Werte zu finden, bei der Einbeziehung von Kostenbeiträgen zur Sammlung in den Vergleich erreicht Österreich Platz 14 ( $RK_4$ ). Im Ranking der Länder, bei denen eine gesetzliche Rücknahmepflicht schon länger umgesetzt wurde, ist Taiwan der Spitzenreiter, gefolgt von Korea, Dänemark, Polen und Belgien.

Die in den Tabellen im Anhang (Kapitel 8.1) zusätzlich zum Mittelwert angegebene Standardabweichung ( $s$ ) gibt an, in welchem Umfang Einzelwerte vom arithmetischen Mittelwert abweichen. Sie ist erwartungsgemäß hoch bei den Werten über alle Produkte, da die Spannweite der Rücknahmepreise für unterschiedliche Produktkategorien sehr weit ist, sie reicht von 21 \$ (Farb-Laserdrucker, Schweiz) bis 0 \$ in Schweden und Dänemark, da in diesen Ländern Notebooks für Hersteller kostenlos eingesammelt.

Wie aus den Tabelle 28-33 (Kapitel 8.1.) ersichtlich, sind die Preisschwankungen innerhalb der einzelnen Produktuntergruppen des Portfolios wesentlich geringer, da die Preise und daraus resultierend, die Standardabweichung, innerhalb der Produktgruppen eine wesentlich geringere Spannweite aufweisen aber doch noch erheblich sind (Tintendrucker/MFD: Portugal 0,02 \$, Schweiz 3,15 \$).

Während in diesem Kapitel die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Kosten und somit die Preise von Rücknahmeorganisationen bei einem Effizienzvergleich berücksichtigt wurden, schließen die Analysen im folgenden Abschnitt weitere Faktoren, die z.T. auf Schätzungen beruhen, ein.

### 4.3.3 Andere Einflussfaktoren

#### 4.3.3.1 Produktgruppenstrukturen

Aus Tabellen 17-23 geht hervor, dass die Kosten für Hersteller schwanken können, wenn Rücknahmeorganisationen, bei gleichbleibenden Kosten bzw. Effizienzparametern, lediglich die Struktur von Preisgruppen bei einem Abrechnungsmodell nach vorgezogenen Gebühren (ARF) ändern.

Der Grund für diese Unterschiede ist, dass in Preisgruppen ein Mittelwert des Gewichts aus der Spannweite der Gewichte von Produkten, die in einer Preisgruppe zusammengefasst werden, zur Berechnung der Rücknahmegebühr für diese Produktgruppe, herangezogen wird. Für Geräte, deren Gewicht sich z.B. am unteren Ende einer Preisgruppe befinden, ist der Preis bei einer individuellen Bepreisung geringer, da ihr Gewicht niedriger ist als der Mittelwert des Gewichts in einer Preisgruppe. Für Geräte an der oberen Grenze einer Preisgruppe ist dagegen die auf dem Durchschnitt des Gewichtes der Preisgruppe basierende Gebühr, günstiger als die auf dem individuellen Gewicht eines Produktes errechneten Rücknahmekosten.

Je größer die Spannweite einer Preisgruppe, unabhängig davon, ob sie auf dem Gewicht oder anderen Parametern (z.B. Bildschirmgröße) beruht, desto höher ist die Differenz der

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

Rücknahmepreise zu den tatsächlichen Kosten, die für die Geräte am unteren und oberen Rand der Preisgruppe im Vergleich zum Durchschnittswert der Produktgruppe gefordert wird. So werden in Belgien für alle Monitore, unabhängig von ihrer Größe oder Gewicht 1,405 € (Umsatzsteuerbereinigt) berechnet. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Preis auf den mittleren Kosten von Geräten dieser Produktgruppe basiert. Da Recyclingkosten für Flachbildschirme in der Regel nach Gewicht berechnet werden, sind die Kosten, die durch die großen und damit schweren Monitore entstehen, wesentlich höher als die für kleine Bildschirmgeräte. Kleine Geräte subventionieren in dieser Konstellation größere Geräte.

Je nach Zusammensetzung des Produktportfolios kann die Preisbildung auf Basis von Preisgruppen Einfluss auf die Kosten und damit die Wettbewerbssituation eines Herstellers haben. Hersteller, deren Portfolio nur Geräte der kleinen oder mittleren Gewichtsklasse enthält, subventionieren Hersteller von größeren Geräten, wenn diese in einer Preisgruppe zusammengefasst werden.

#### 4.3.3.2 Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen

Im Rahmen der Untersuchung wurde der Einfluss des Wettbewerbs zwischen Rücknahmeorganisationen erneut als ein wesentliches Element, das zur Effizienzsteigerung beiträgt, bestätigt.

Wie aus Abbildung 22 hervorgeht, sind für das ausgewählte Produktportfolio, das jeweils Drucker mit Tinten- und Lasertechnologie, Notebooks und Monitore aus verschiedenen Leistungskategorien enthält, erhebliche Preisunterschiede für die Rücknahme von IT-Altgeräten zwischen Rücknahmeorganisationen, die sich im Wettbewerb untereinander und denen, zu denen die Hersteller keine Alternative haben („monopolistisches Umfeld“) zu beobachten. Der Mittelwert der (nicht modifizierten) Preise ( $RK_1$ ) für das gesamte Produktportfolio lag im untersuchten Zeitraum (Daten von 2020) bei Rücknahmeorganisationen, die in einem Wettbewerbsumfeld operieren bei 1,32 \$, bei Monopolorganisationen bei 2,85 \$.

Die in Abbildung 22 dargestellten Ergebnisse unterstützen die Thesen Mayers (2007), Tokayashi et al. (2010) und Ahlers et al. (2021), dass Rücknahmeorganisationen in europäischen Ländern im Wettbewerbsumfeld Vorteile durch Innovationen, höhere Kundenzufriedenheit und niedrigen Rücknahmekosten für Hersteller verursachen und erweitern sie auf die internationale Ebene.

Es sind aber auch Ausnahmen zu beobachten. So gehören RECUPEL und auch die im benachbarten Luxemburg operierende ECOTREL-Rücknahmeorganisation, beide haben keine direkten Wettbewerber, sowohl bei den nicht-modifizierten Rücknahmekosten als auch bei den Normalisierungen nach Behandlungskosten und Sammelraten zu den effizienteren Rücknahmeorganisationen. Waren es in der Vergangenheit erhebliche Reserven aus dem Beginn der WEEE-Gesetzgebung, die bei RECUPEL zur Kostenreduktion eingesetzt werden

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

konnten, kann nach Auflösung dieser Rückstellungen vor allem die Ausrichtung der Organisationen auf permanente Optimierung ihrer Prozesse durch hochrangige Manager aus den Reihen der Hersteller, ein Grund der hohen Effizienz dieser Organisation sein, deren Preise wesentlich unter denen anderer Monopole und auch Rücknahmeorganisationen, die sich im Wettbewerb behaupten müssen, liegen.

Colelli et al. (2022) postuliert, dass monopolistische Anbieter u.a. höhere Sammelraten erzielen können. Bei der Analyse der Sammelraten, auf der Basis der Angaben von GESP (2024), liegt die Sammelrate in Ländern mit monopolistischen Marktstrukturen mit 46,7 % etwas höher als die in den Ländern, in denen ein Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen herrscht (42,4 %). Der Wert dieser Länder wird vor allem durch die südamerikanischen Länder der Studie beeinflusst, die sich zum Zeitpunkt der Berechnung der GESP-Sammelraten (GESP, 2024) in einem sehr frühen Zeitpunkt der Umsetzung einer EPR-Gesetzgebung für Elektroaltgeräte befanden und nur Sammelraten im unteren einstelligen Bereich aufwiesen. Grund für die niedrigen Sammelraten ist auch, dass in Ländern mit hoher Arbeitslosigkeit und niedrigen Löhnen ein Großteil der Altgeräte vom informellen Sektor gesammelt wird. Diese Sammelmengen werden in diesen Ländern, wie auch in anderen Staaten des globalen Südens, nicht oder nur unzureichend erfasst.

Werden nur die Länder betrachtet, die gesetzliche Rücknahmeverpflichtungen für Hersteller 2022, dem Zeitpunkt der Untersuchung der Sammelraten durch GESP schon mehrere Jahre umgesetzt hatten, erhöht sich der Mittelwert der Sammelrate von Rücknahmeorganisationen, die in einem Wettbewerbsumfeld operieren auf 53,8 % und liegt damit über den Sammelraten der Länder, die keinen Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen zulassen. Dieses Ergebnis unterstützt die Beobachtungen von Favot et al. (2022), die keine Korrelationen zwischen niedrigen Rücknahmekosten im Wettbewerbsumfeld und niedrigen Sammelraten festgestellt haben.

#### 4.3.3.3 Abschätzung von nicht quantifizierbaren Einflussfaktoren.

In den untersuchten Ländern ist unterschiedlich geregelt, welche Sammelmethode Hersteller anwenden oder welche Beiträge sie für die Kosten der kommunalen Sammlung leisten müssen. So tragen in Deutschland die Kommunen die Kosten der Sammlung, während in vielen anderen Ländern die Rücknahmeorganisationen der Hersteller die Sammelkosten ganz oder teilweise übernehmen müssen. In den meisten Ländern ist die Abholung der Altgeräte von kommunalen Sammelplätzen die Regel, während IT-Geräte in Japan beim Kunden individuell abgeholt werden. In Hongkong und Korea werden die Altgeräte in den großen Wohnsiedlungen an vorher angekündigten Terminen abgeholt. Wie in Kapitel 4.2.4.2 erläutert, standen Daten zu den Sammelkosten der verschiedenen Rücknahmeorganisationen nicht zur Verfügung. Deshalb wurden über Schätzungen (auf Basis eigener Erfahrungen) die Referenzparameter  $RK_3$  modifiziert, bei den Rücknahmeorganisationen, die sich an Kosten

*Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*  
*Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte*

der Sammelstellen beteiligen um 20 % (Luxemburg, Belgien, Frankreich, Portugal, Österreich, Schweiz, Hongkong), bei einer Sammlung in Kundennähe (Korea) um 40 % gesenkt.

Nach eigenen Erfahrungen liegen die von Herstellern gezahlten Behandlungskosten für ihre Eigenrücknahme, aufgrund geringer Mengen, signifikant über den Preisen, die lokale Rücknahmeorganisationen in Lateinamerika und in Taiwan für die Behandlung von Elektroaltgeräten zahlen. Auf der Basis von Schätzungen wurde der Vergleichsparameter  $RK_3$  erneut modifiziert, um auch die möglicherweise höhere Behandlungspreise der Eigenrücknahmen der Hersteller zu berücksichtigen. Für Argentinien, Kolumbien und Chile wurden um etwa 20 % geringere Behandlungskosten der Rücknahmeorganisationen, für Mexico und Peru 30 % und für Taiwan 40 % angesetzt.

Diese Abschätzungen nicht quantifizierbarer Einflüsse von Sammelkosten und hohen Behandlungskosten wurden im Effizienzparameter  $RK_4$  berücksichtigt, der für die einzelnen Länder in Tabelle 25 dargestellt ist.

Der Vergleich der Referenzparameter  $RK_3$  und mit dem über Schätzungen (vergl. Abschnitt 4.3.3.3) modifizierten Parameter  $RK_4$  (Tabelle 25) ergibt keine wesentlichen Änderungen in der Gruppe der effizientesten Rücknahmeorganisationen. Die z.T. großen Unterschiede innerhalb der Werte der Effizienzparametern  $RK_3$ , und  $RK_2$  absorbieren in den meisten Fällen die Effekte der in  $RK_4$  in eingebrachten Schätzungen von Sammel- und hohen Referenz-Behandlungskosten in der Rangliste der Länder.

Lediglich die Schweiz zeigt bei der Berücksichtigung der Zusatzleistungen (Batterieentsorgung) und der von SWICO getragenen Sammelkosten eine signifikante Verbesserung in der Reihenfolge des Effizienzparameters  $RK_4$  um 4 Plätze.

Wie in Tabelle 26 dargestellt, ergeben sich bei der Reihenfolge unter Einbeziehung der unterschiedlichen Beteiligung an den Sammelkosten bzw. Schätzungen der Unterschiede der Behandlungskosten von Herstellern zu Rücknahmeorganisation ( $RK_4$ ) sowie zusätzlichen Leistungen (Batterierücknahme Schweiz) keine wesentlichen Änderungen.

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Analysen aus den auf den Rücknahmepreisen basierenden Effizienzuntersuchungen des bilateralen Vergleichs Belgien-Schweiz sowie des Vergleichs von 32 Ländern auf globaler Basis diskutiert und den Ergebnissen bisheriger Studien gegenübergestellt.

**Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen**  
**Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte**

**Tabelle 25:** Ranking der Effizienz von Rücknahmeorganisationen in den untersuchten Ländern auf Basis des Effizienzparameters  $RK_4$  (Rücknahmepreise normalisiert auf Behandlungskosten, Sammelrate und Abschätzungen nicht quantifizierbarer lokaler Einflüsse, Kap. 4.3.3.3).

<b>Länderrangliste nach Effizientparameter <math>RK_3</math></b>								
$\bar{x}$ über alle Produkte								
Rang	Land	$RK_3$	Rang	Land	$RK_3$	Rang	Land	$RK_3$
1	Kolumbien	-2,962	12	Finnland	0,033	23	Deutschland	0,070
2	Peru	-1,820	13	Frankreich	0,034	24	Slowakei	0,079
3	Argentinien	-0,948	14	Norwegen	0,037	25	Rumänien	0,090
4	Chile	-0,748	15	Niederlande	0,039	26	Italien	0,092
5	Mexiko	-0,589	16	Österreich	0,041	27	Großbritannien	0,093
6	Taiwan	-0,039	17	Irland	0,042	28	Spanien	0,093
7	Korea	0,010	18	Australien	0,045	29	Schweiz	0,109
8	Polen	0,025	19	Schweden	0,050	30	HongKong	0,118
9	Dänemark	0,027	20	Griechenland	0,052	31	China	0,187
10	Belgien	0,030	21	Portugal	0,053	32	Kanada	0,236
11	Luxemburg	0,032	22	Tschechien	0,067			

**Tabelle 26:** Vergleich der Rangliste der Rücknahmeorganisationen in den untersuchten Ländern auf Basis der Referenzparameter  $RK_3$  und  $RK_4$

<b>Länderrangliste nach Effizientparametern <math>RK_3 / RK_4</math></b>								
$\bar{x}$ über alle Produkte								
Rang	$RK_3$	$RK_4$	Rang	$RK_3$	$RK_4$	Rang	$RK_3$	$RK_4$
1	Kolumbien	Kolumbien	12	Finnland	Frankreich	23	Deutschland	Deutschland
2	Peru	Peru	13	Frankreich	Finnland	24	Slowakei	Slowakei
3	Argentinien	Argentinien	14	Norwegen	Österreich	25	Rumänien	Schweiz
4	Chile	Chile	15	Niederlande	Norwegen	26	Italien	Rumänien
5	Mexiko	Mexiko	16	Österreich	Niederlande	27	Großbritannien	Italien
6	Taiwan	Taiwan	17	Irland	Irland	28	Spanien	Großbritannien
7	Korea	Korea	18	Australien	Portugal	29	Schweiz	Spanien
8	Polen	Polen	19	Schweden	Australien	30	HongKong	HongKong
9	Dänemark	Belgien	20	Griechenland	Schweden	31	China	China
10	Belgien	Luxemburg	21	Portugal	Griechenland	32	Kanada	Kanada
11	Luxemburg	Dänemark	22	Tschechien	Tschechien			

## 5. Diskussion der Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Untersuchungen und ihre Relevanz auf eine praktische Umsetzung zu möglichen Effizienzsteigerungen von PROs diskutiert. Im Fokus stehen dabei die folgenden Themen:

- 1) Ergebnisse des Vergleichs von Rücknahmeorganisationen,
  - a) Vergleich Belgien-Schweiz,
  - b) Vergleich von 32 Ländern,
- 2) Einflussfaktoren, die zu einer besseren Effizienz beitragen,
- 3) Effizienz Transparenz Initiative,
- 4) ECO-Modulierung.

### 5.1. Ergebnisse des Effizienzvergleichs von Rücknahmeorganisationen

Die Effizienz von Rücknahmeorganisationen wird in der täglichen Praxis eines Herstellers in der Regel nur nach dem Preis für das eigene Produktportfolio beurteilt. Externe Einflussfaktoren, die die Effizienz von Rücknahmeorganisationen wesentlich beeinflussen (z.B. Rücklaufmenge, lokale Behandlungskosten, Zusammensetzung der Rücknahmemengen) werden bei einem reinen Preisvergleich nicht beachtet, u.a. weil einfach zugängliche Daten fehlen.

Ein Vergleich der Rücknahmepreise von Rücknahmeorganisationen sowohl im Vergleich

- 1) Belgien-Schweiz

als auch in

- 2) 32 verschiedenen Ländern

ergab, sowohl bei dem Mittelwert über alle Produkte des Portfolios als auch bei den einzelnen Produktgruppen erhebliche Preisunterschiede (Abbildungen 10-14), was sich auch in den Kostendaten (CPR) der befragten Hersteller (Abbildung 7) zeigte. Neben der Gestaltung von Preisgruppen, ist der Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen ein entscheidender Faktor. Wie schon in früheren Untersuchungen verschiedener Autoren in Ländern der EU festgestellt, trägt der Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen auch auf internationaler Ebene zur erhöhten Effizienz von Rücknahmeorganisationen bei.

In einigen Ländern (z.B. der Schweiz, Hongkong, Taiwan) erlauben die Regierungsvorgaben keinen Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen. Wenn effiziente Rücknahmesysteme angestrebt werden, sollten Gesetzgebungen auf Basis der Erweiterten Herstellerverantwortung den Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen nicht nur ermöglichen, sondern auch forcieren.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Diskussion der Ergebnisse

Eine Effizienz-Transparenzinitiative, eine Veröffentlichung relevanter Daten zur Effizienz, kann zur Effizienzsteigerung auch in Ländern, in denen kein Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen möglich ist, beitragen.

#### 5.1.1 Vergleich Belgien-Schweiz

Die für dieser Untersuchung entwickelte Methodik zur Minimierung externer Einflüsse, die nicht von Rücknahmeorganisationen beeinflussbar ist (Kapitel 3.2) wurde zunächst in einem bilateralen Vergleich der Rücknahmeorganisationen in Belgien (RECUPEL) und der Schweiz (SWICO), bei dem der Einfluss von unterschiedlichen Gerätezusammensetzungen, lokalen Behandlungskosten, Sammelmengen / -kosten und Zusatzleistungen minimiert wurden, angewandt.

Sie ergab, dass die Effizienz von RECUPEL sowohl bei den nicht modifizierten Rücknahmepreisen als auch bei den jeweiligen Anpassungen der Effizienzparameter an die lokale Situation, deutlich höher als die von SWICO anzusetzen ist (Tabellen 9, 11, 13-15).

Die hohe Effizienz von RECUPEL ist das Ergebnis einer strikten Kostenminimierungsstrategie durch die aktive Mitarbeit hochrangiger Manager der Hersteller, nachdem die Organisation in den ersten Jahren ihrer operativen Tätigkeit zu den Rücknahmeorganisationen mit den höchsten Preisen in der EU gehörte. Eines der Werkzeuge, die von RECUPEL eingesetzt werden, sind regelmäßige Benchmarks mit anderen Rücknahmeorganisationen in Europa.

Ein weiterer Grund für den Effizienzvorsprung von RECUPEL könnte im Rücknahmeportfolio liegen. Während RECUPEL auch für die Rücknahme großer Haushaltsgeräte (wie z.B. Waschmaschinen), mit denen sich vielfach positive Recyclingerlöse erzielen lassen, verantwortlich ist, werden diese in der Schweiz nicht von SWICO, sondern von einer anderen Organisation (SENS) gesammelt.

#### 5.1.2 Vergleich von 32 Ländern

Bei der Ausweitung der Untersuchung auf 32 Länder (einschl. Belgien und der Schweiz) wurden, nach Bereinigung von Produkt-Portfolioeffekten, erhebliche Preisunterschiede sowohl der einzelnen Produktkategorien als auch des Mittelwertes über alle Produkte festgestellt. Im Preisvergleich weist Portugal mit einem Mittelwert über alle Produkte des Portfolios ( $RK_1$ ) den niedrigsten, die Schweiz den höchsten Durchschnittspreis aus (Tab. 24).

Nach der Normalisierung der Preise auf Basis von Referenzbehandlungskosten ( $RK_2$ ) bleibt die Schweiz am unteren Ende der Effizienzliste, während südamerikanische Länder und Taiwan aufgrund der hohen Behandlungskosten in diesen Ländern, in der Gruppe mit den höchsten Effizienzparametern zu finden sind (Tabelle 24).

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Diskussion der Ergebnisse

Die Normierung auf die Sammelrate ( $RK_3$ ) bedingt keine wesentlichen Änderungen im oberen und unteren Viertel der Effizienz-Rangliste. Im Mittelfeld fällt Griechenland aufgrund seiner, im Vergleich zu den anderen Ländern, geringeren Sammelrate erheblich ab und liegt nun mit Platz 20 der Effizienzliste nach  $RK_3$  im gleichen Bereich wie Deutschland.

Ein weitere Effizienzparameter ( $RK_4$ ), der die auf Basis des vom Autor geschätzten Einflusses unterschiedlicher Sammelkosten und der möglicherweise zu hoch angesetzten Behandlungskosten in lateinamerikanischen Ländern und Taiwan (Kapitel 4.3.3.3) einschließt, ist in Tabelle 25 und 26 dargestellt. Wie aus diesen Tabellen ersichtlich, ergibt die Einbeziehung dieser Schätzungen nur geringe Veränderungen im mittleren Teil der Effizienzreihenfolge gegenüber  $RK_3$ .

### 5.2 Einflussfaktoren, die zur besseren Effizienz beitragen

Durch die Anwendung der entwickelten Methodik und weiterer Untersuchungen, konnte die Frage, welche Faktoren, die zur Effizienzsteigerungen beitragen, aus dem Vergleich abgeleitet werden können, ebenfalls beantwortet werden:

- 1) Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen,
- 2) Vermeidung von Preisgruppen, durch z.B.
- 3) Berechnung der Rücknahme nach abgeholter Masse (ACT).

Als wichtigste Einflussgröße auf die Effizienz, wurde, wie in früheren Veröffentlichungen im europäischen Umfeld (z.B. Mayers, 2007) bereits festgestellt, auch auf der globalen Ebene der Einfluss des Wettbewerbs zwischen Rücknahmeorganisationen identifiziert.

In Abbildung 22 sind die statistisch signifikanten Unterschiede der Effizienzparameter ( $RK_1$ ), ( $RK_2$ ) und ( $RK_3$ ) zwischen Rücknahmeorganisationen, die im Wettbewerbsumfeld operieren und denen, die eine Monopolstellung in einem Land innehaben, dargestellt. Diese Parameter indizieren, dass Rücknahmeorganisationen, die in einem Wettbewerbsumfeld operieren, eine deutlich höhere Effizienz aufweisen als die Rücknahmeorganisationen, die in einem Land die alleinigen Anbieter von Rücknahmediendienstleistungen für Elektroaltgeräte sind. Auch die Unterschiede der Mittelwerte bei  $RK_4$  bestätigen die Effizienzförderung des Wettbewerbs.

Der Wettbewerb zwingt Rücknahmeorganisationen, wie in anderen Branchen auch, ihre Prozesse permanent auf Optimierungsmöglichkeiten zu überprüfen und Innovationen zu entwickeln. Durch eine entsprechende staatliche Überwachung der Ziele (Sammelmengen, -raten, Recyclingqualität) kann sichergestellt werden, dass niedrigere Preise z.B. nicht auf einer geringeren Recyclingqualität oder dem Export in Länder basieren, die niedrigere Umweltstandards haben bzw. diese nicht überprüft werden.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Diskussion der Ergebnisse*

Als weiteres Ergebnis der Untersuchung, wurde die Abhängigkeit der Kosten für Hersteller von der Preisproduktgruppenstruktur bei nach der Preismethode „Vorgezogene Rücknahmegebühren“ abrechnenden Organisationen festgestellt (Kapitel 4.3.3.1).

Die Bildung von Preisgruppen ist bei Preismodellen, die ihre Leistungen auf Basis von vorgezogenen Rücknahmegebühren berechnen, in der Praxis unvermeidlich. Ohne Preisgruppen müssten die Rücknahmeorganisationen, die Herstellern Rücknahmekosten auf Basis von Vorgezogenen Rücknahmegebühren (ARF) berechnen, eine eigene Rücknahmegebühr für jedes Produkt festlegen. Bei zehntausenden unterschiedlichen Elektrogeräten würde dies zu einem erheblichen Verwaltungsaufwand bei den Rücknahmeorganisationen und Herstellern führen.

Wie in Kapitel 4.2.4.4. nachgewiesen, können Preisgruppen, je nach ihrer Ausgestaltung, die Rücknahmekosten von Herstellern beeinflussen bzw. zu einer Quersubventionierung und damit zu Ungleichheiten im Wettbewerb der Hersteller führen.

So werden Hersteller von Geräten, die sich am oberen Rand einer Preisgruppe (z.B. Gewicht, Größe) bewegen, begünstigt, da der Preis einer Preisgruppe durch den Mittelwert der Rücknahmekosten über alle Produkte einer Preisgruppe bestimmt ist. Hersteller größerer Geräte zahlen innerhalb einer Preisgruppe weniger und kleinere Geräte mehr, als ihre Produkte Kosten verursachen.

Eine Reihe von Rücknahmeorganisationen, die ihre Leistungen vorschüssig, das heißt vor der Leistungserbringung (→ Sammlung und Behandlung), also auf Basis der in den Verkehr gebrachten Produkte abrechnen, berechnen ihre Preise nicht als feste Gebühr für jedes Gerät, sondern stellen den Herstellern Gebühren basierend auf dem Gewicht der von ihnen in den Verkehr gebrachten Geräte in Rechnung (Kapitel 3.3.2). Diese spezifischen Gebühren benötigen keine Gruppierungen nach Gewichtgruppen und vermeiden daher Quersubventionen anderer Hersteller. Diese Ausprägung der vorgezogenen Gebühren ist zu bevorzugen, da sie die aus gewichtsbasierenden Preisgruppen bedingter Quersubventionierung bei ARFs vermeidet.

Auch bei Rücknahmeorganisationen, die ihre Leistungen nach der abgeholten Masse (ACT) abrechnen (Kapitel 3.3.3), entfällt die Notwendigkeit, Produktpreisgruppen zu bilden. Ähnlich wie bei der Berechnung der vorgezogenen Gebühren auf Basis des Gewichtes der in den Verkehr gebrachten Produkte, werden die Leistungen auf Basis der für einen Hersteller abgeholten Mengen, die jeweiligen Transport / Behandlungskosten in Rechnung gestellt. Im Allgemeinen wird bei den Behandlungskosten i.d.R. zwischen Bildröhrengeräten, Flachbildschirmen, IT-Kleingeräten (einschl. großer Drucker) und PCs / Notebooks unterschieden.

Gegenüber den beiden Ausprägungen der Gebühren, die vor der Leistungserbringung berechnet werden (feste Gebühren je Gerät bzw. Berechnung nach Gewicht des jeweiligen Gerätes) vermeidet eine Berechnung nach abgeholter Menge mögliche

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Diskussion der Ergebnisse*

Quersubventionierungen durch Preiskategorien. Im Gegensatz zu den vorschüssigen Berechnungsmethoden benötigt diese Berechnungsart benötigt weder die Abschätzung zukünftiger in den Verkehr gebrachter Geräte, noch die Rücklaufmengen und der dadurch notwendigen Reserven, um Verluste einer PRO abzufedern.

Wie das Beispiel RECUPEL (Belgien) zeigt, kann die intensive direkte Mitwirkung von hochrangigen Managern der Hersteller (z.B. Finanzmanager) im Management einer Rücknahmeorganisation zu einer Ausrichtung der Organisation als effizienter Dienstleister für Hersteller und damit zu einer hohen Effizienz und zu niedrigen Preisen auch unter Monopolbedingungen führen.

Ein wesentlicher Beitrag der Unternehmensvertreter in Belgien war, die Rücknahmeorganisation auf einen strikten Kostenoptimierungsprozess einzustellen, der auch einen Vergleich von Kosten mit anderen Rücknahmeorganisationen (Benchmarking) einschloss. Der Aufwand für Hersteller, sich am Management von Rücknahmeorganisationen zu beteiligen, kann beträchtlich sein. Zumindest in den ersten Jahren nach Gründung einer Rücknahmeorganisation, entsteht ein erheblicher Zeitaufwand für die Herstellervertreter (2-4 Tage / Monat) und das in allen Ländern, in denen gesetzliche Rücknahmeverpflichtungen entstehen.

Wesentlich geringer dagegen, ist der Aufwand für Hersteller, wenn in einem Land mehrere Rücknahmeorganisationen operieren. Der Wettbewerb zwischen diesen Organisationen motiviert diese dazu, ihre Effizienz permanent zu überprüfen und Prozesse (z.B. die Öffnung auch für qualitativ gleichwertige Behandlung in Nachbarstaaten) permanent zu optimieren.

„Benchmarking“ ist ein verbreitetes Verfahren in vielen Industriebereichen, Verbesserungsmöglichkeiten bei den eigenen Prozessen zu identifizieren. Dabei kommen direkte Vergleiche zwischen Unternehmen zur Anwendung, oder es werden Mittelwerte und Spannbreiten einzelner Kostenfaktoren einer Gruppe von Unternehmen genutzt, um festzustellen, wie wettbewerbsfähig das eigene Unternehmen ist. Die Daten für diese Untersuchungen werden von einer neutralen Stelle (z.B. ein Wirtschaftsprüfungsunternehmen) erhoben und kumuliert veröffentlicht, um die Vertraulichkeit der einzelnen Kostendaten zu gewährleisten.

Die Überlegungen, wie die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung eingesetzt werden können, um die Effizienz von Rücknahmeorganisationen dauerhaft zu verbessern, werden in den folgenden Kapiteln behandelt.

### 5.3 Effizienz-Transparenzinitiative

Der Zugang zu den die Effizienz von Rücknahmeorganisationen reflektierenden Daten ist heute ein wesentliches Hindernis für eine faire Beurteilung der Effizienz von Rücknahmeorganisationen, nicht nur für Elektroaltgeräte. Viele dieser Daten sind, vor allem für Rücknahmeorganisationen, die im Wettbewerbsumfeld operieren, aber auch bei monopolistischen Rücknahmesystemen, als vertraulich eingestuft.

Eine „Effizienz-Transparenzinitiative“, bei der die konkrete Einzeldaten aggregiert veröffentlicht werden und somit Vertraulichkeit von Einzelwerten gesichert ist, könnte sowohl das Bedürfnis für einen globalen Effizienzvergleich als auch den Schutz von wettbewerbsrelevanten Daten wie z.B. Einkaufskonditionen ermöglichen. Die Erarbeitung eines Vorschlags zur Gestaltung und der operativen Umsetzung einer „Effizienz-Transparenzinitiative“ für Rücknahmeorganisationen, könnte nicht nur das Interesse der Wissenschaft, sondern auch der Politik und der Wirtschaft finden. In der EU könnten durch entsprechende gesetzliche Maßnahmen vorgeschrieben werden, Daten einer solchen Initiative zur Verfügung zu stellen. EU-Vorschriften würden aber die zunehmende Anzahl von Rücknahmeorganisationen in den Ländern außerhalb der EU nicht einschließen.

Eine Möglichkeit, eine globale Transparenz der Effizienz der Rücknahmeorganisationen zu erreichen, wäre die Teilnahme an einer Transparenzinitiative. Der Beitritt zu einer solchen Initiative wäre zunächst zwar freiwillig, zu einem späteren Zeitpunkt würde aber der Markt (=die Hersteller) eine Teilnahme fordern oder sie könnte eine der nationalen Zulassungskriterien für Rücknahmeorganisationen werden.

Bis zur Etablierung einer solchen Transparenzinitiative, bleibt den Rücknahmeorganisationen die Möglichkeit, durch die Verabredung eines Vergleichs („Benchmarking“), der zwei oder mehrere Rücknahmeorganisationen einschließt, von den anderen Organisationen zu lernen, in welchen Bereichen Verbesserungsmöglichkeiten bestehen. Somit könnten sich Verbesserungen von internen Prozessen (wie z.B. Automatisierung von Anmeldungen, Administration, Optimierung von Logistikleistungen, Behandlungsmethoden, die zu höheren Erlösen aus Recyclaten oder Gebrauchtteilen führen) ergeben. Aber es könnten auch Vorschriften, die kostensteigernd wirken (z.B. eine Abholungsverpflichtung für jede Rücknahmeorganisation an jedem Sammelpunkt, anstatt Aufteilung nach Territorien wie z.B. in Irland etabliert (Hieronymi, 2023)) identifiziert werden und eine Grundlage für Gespräche mit den Behörden bilden. Eine Transparenzinitiative alleine löst nicht das Problem, dass das Prinzip der Erweiterten Herstellerverantwortung in seiner jetzigen Umsetzung in allen Ländern (mit der Ausnahme von Japan) in Form der Kollektiven Herstellerverantwortung zu keinen ökonomischen Anreizen für den vermehrten Einsatz von recyclinggerechtem Design führt. Die unmittelbare Umsetzungsalternative, die Individuelle Herstellerverantwortung, ergibt, neben wesentlich höheren Kosten für die Trennung der Abfallströme nach Hersteller, noch das

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Diskussion der Ergebnisse

Problem der „Orphan Products“, Produkte, deren Hersteller in einem Land nicht mehr präsent ist und damit seine Rücknahmeverpflichtungen nicht mehr erfüllen kann.

Ein Lösungsansatz ist, die Rücknahmeverpflichtungen der Hersteller an die Nachhaltigkeit ihrer Produkte anzupassen, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

#### 5.4 ECO-Modulation

Um die eventuell geringeren Behandlungskosten von DFR-optimierten Produkten zu realisieren, ist die Behandlung in herstellerepezifischen Chargen notwendig, die, auch aufgrund der zu einer optimierten Behandlung notwendigen Umrüstung / Einstellung der Recyclinganlagen auf jede Charge mit herstellerepezifischen Geräten, wesentlich höhere Kosten verursachen als die Verarbeitung kumulierter, unsortierter Geräte. Die zusätzlichen Kosten einer auf der individuellen Herstellerverantwortung basierenden Rücknahmegesetzgebung, sind durch mögliche geringe Behandlungskostenunterschiede von Elektrogeräten, die unter Berücksichtigung weiterer DFR-Maßnahmen produziert werden, nur schwer zu realisieren.

So sind z.B. die Unterschiede der Behandlungskosten zwischen Geräten, bei denen die Vorschriften von EPEAT oder europ. Gesetzgebungen zum ECO-Design bzw. Regulationen für gefährliche Substanzen beachtet wurden und darüber hinaus DFR optimierten Notebooks gering, sie liegen bei wenigen €-Cents für ein Notebook (Hieronymi, 2023). Ein Grund dafür könnte sein, dass die derzeit genutzten Recyclingverfahren auf die gängigen Produkte optimiert sind und die möglichen Recyclingvorteile weiter DFR-optimierter Produkte nicht nutzen.

Aus diesen Gründen ist ein, auf der Individuellen Herstellerverantwortung basierende Rücknahmeverpflichtung für Massenprodukte, bei vielen Herstellern und längeren Produktnutzungszeiten, nicht der adäquate Ansatz.

Eine realistischerer Lösungsansatz zur Belohnung von DFR-Initiativen, könnte hingegen eine Modifikation der Kollektiven Herstellerverantwortung sein, bei der die Recyclingfähigkeit von Geräten bewertet wird und Hersteller, je nach Grad der Anwendung von DFR-Kriterien durch geringere Kosten belohnt.

ECO-Modulation ist ein Konzept, die Rücknahmekosten von Produkten nach dem Grad der Umsetzung von DFR variieren. Produkte, bei denen DFR umgesetzt ist sollen mit geringeren, Produkte bei denen DFR-Möglichkeiten nur in geringerem Maße beachtet werden, mit höheren Rücknahmepreisen belegt werden, ohne dass die aktuellen Kostenunterschiede realisiert werden. Mit der ECO-Modulation steht ein Instrument zur Verfügung, das auch bei einer Rücknahmegesetzgebung auf Basis der Kollektiven Herstellerverantwortung (CPR) die Belohnung für die Anwendung von DFR-Kriterien erlaubt, die auch Auswirkungen auf andere

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Diskussion der Ergebnisse*

umweltrelevante Parameter (z.B. einfache Demontage für Reparaturen) berücksichtigen können.

Das Prinzip der ECO-Modulation wurde in der EU bereits in der Revision der Verpackungs-Direktive (VerpackD, 2018) eingeführt. Gegenwärtig wird die Umsetzung auch in andere Abfallströme, die auf dem EPR-Prinzip beruhen, diskutiert.

Frankreich hat die ECO-Modulation für Elektroaltgeräte bereits 2015 umgesetzt und neben recyclingrelevanten Kriterien (z.B. Schwierigkeitsgrad der Zerlegung, Mix von Plastikmaterialien, Gefahrstoffe) auch Kriterien der Reparierbarkeit (Ersatzteilversorgung, Reparaturinformationen) in die Modulation der Rücknahmegebühren eingefügt (BWAPR, 2016; Environmental Law, 2015). So wird für Notebooks eine um 20 % niedrigere Gebühr angewandt, wenn u.a. mehr als 10 % recycelter Kunststoff im Gerät verwandt wird und ein Update von Gerätekomponenten (z.B. Chips, Speicher) mit Hilfe üblicher Werkzeuge möglich ist. Für Tablets wird z.B. ein Malus von +100 % erhoben, wenn in den Geräten bromierter Flammhemmer verwandt wurde und Software-Updates nicht erhältlich sind (BWAPR, 2016).

Für die Umsetzung der ECO-Modulation bei Elektro-Altgeräten sind zwei Umsetzungsszenarien in der Diskussion:

- 1) Modulation von Rücknahmegebühren
- 2) Modulation der Rücklaufmenge

Die Modulation der Rücknahmegebühren setzt als Preismethode die vorgezogene Rücknahmegebühr je Produkt (ARF) voraus. Rücknahmeorganisationen stellen Herstellern auf Basis der Modulationskriterien modifizierte Rücknahmegebühren in Rechnung. Über Unterschiede zu den eigentlichen Rücknahmepreisen werden Hersteller je nach Erfüllungsgrad der Kriterien belohnt oder bestraft. Allerdings müssen die Unterschiede der modulierten Rücknahmegebühren signifikant sein, da der Nachweis der Erfüllung eines entsprechenden Aufwandes bei den Herstellern bedarf. Dem Autor sind Hersteller bekannt, die auf mögliche Kostenvorteile durch einen Modulationsbonus verzichten, da die Kosten des Nachweises und deren Administration bei der Vielzahl von Produkten die zu erzielenden Boni übersteigen.

Die ECO-Modulation von Rücknahmegebühren hat, neben Fixierung auf das Preismodell „Vorgezogenen Rücknahmegebühren“ (ARF) einen weiteren signifikanten Nachteil. Da Rücknahmeorganisationen für jeden Hersteller, unabhängig davon ob seine Produkte die Modulationskriterien erfüllen oder nicht, den gleichen Abfallmix entgegennehmen müssen, entstehen ihnen die gleichen Kosten für alle Hersteller eines Gerätetyps. Dem stehen unterschiedliche Einnahmen für den gleichen Produkttyp entgegen. Hersteller, deren

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Diskussion der Ergebnisse

Produkte die Modulationskriterien erfüllen zahlen weniger, solche die sie ignorieren mehr. Rücknahmeorganisationen könnten somit geneigt sein, eher Hersteller, die die Kriterien nicht erfüllen als Kunden zu rekrutieren, da sie höhere Einnahmen bei gleichen Kosten generieren.

Um dies zu verhindern, wird über eine Abführung der Mehreinnahmen bzw. die Abfederung der Mindereinnahmen über einen „Ausgleichsfond“ nachgedacht, der über Ausgleichzahlungen zwischen Rücknahmeorganisationen mit einer unterschiedlichen Kundenstruktur mögliche Nachteile durch die Aufnahme von Herstellern, deren Produkte den Kriterien entsprechen und die die reduzierten Rücknahmegebühren zahlen, ausgleichen (Sachdeva, A. et al. 2021).

Eine Methode, die die Nachteile der Modulierung von Rücknahmegebühren vermeidet, ist eine Anpassung der Rücknahmemengen für die einzelnen Hersteller basierend auf der Erfüllung der ECO-Modulationskriterien.

Hersteller, die DFR ignorieren, wird eine größere Masse an Altgeräten zugewiesen (Fischer, 2018; Hieronymi, 2023). Dagegen sind Hersteller, je nach Grad der Erfüllung der Eco-Kriterien für eine kleinere Abfallmenge als die, die ihrem Marktanteil entspricht, verantwortlich. Ein Beispiel für eine Modulierung der Rücknahmeverpflichtung auf Basis eines DFR-Indexes ist in Tabelle 27 dargestellt. Ähnlich wie bei einer Modulierung der Rücknahmegebühren würden die Produkteigenschaften auf Basis eines „DFR-Indexes“ bewertet werden, um, auf dessen Basis die Abholmengen, für die der jeweilige Hersteller verantwortlich ist, zu modifizieren. In Tabelle 27 ist das Prinzip einer ECO-Modulierung von Abholmassen dargestellt.

*Tabelle 27: Vereinfachtes Beispiel eine Modulierung der Rücknahmemasse zur Belohnung von Herstellern, die DFR-Optionen in ihren Geräten anwenden*

	<b>DFR-Index</b> (1=niedrig, 10=hoch)	<b>Rücknahmemasse nach Marktanteil</b>	<b>Modifizierte Rücknahmemasse nach DFR-Index</b>
<b>Hersteller A</b>	1	1.000 t	2.500 t
<b>Hersteller B</b>	5	1.000 t	1.000 t
<b>Hersteller C</b>	10	1.000 t	500 t
	<b>Summe</b>	<b>3.000 t</b>	<b>3.000 t</b>

Diese Methode der Umsetzung der ECO-Modulation vermeidet eine ökonomische Präferenz der Rücknahmeorganisation für bestimmte Herstellergruppen und benötigt keine Organisation, die für den finanziellen Ausgleich zwischen Rücknahmeorganisationen sorgt.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Diskussion der Ergebnisse*

Durch eine Modulierung der Abholmasse könnte eine Belohnung für die Beachtung von DFR (und andere umweltrelevanter Parameter) auch in einem operativ günstigeren Rücknahmesystem auf der Basis der kollektiven Verantwortung erreicht werden.

Aus den Ergebnissen und Überlegungen im Rahmen dieser Studie lassen sich, wie im folgenden Kapitel dargestellt, mehrere Schlussfolgerungen ziehen. Einige davon sind einfacher z.B. ohne gesetzliche Änderungen umzusetzen, andere benötigen die Änderungen von gesetzlichen Vorschriften.

## 6. Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung wurden die in Kapitel 2.4 erhobenen Fragestellungen:

- 1) Mit welcher Methodik kann die Effizienz von Rücknahmeorganisationen, die unter verschiedenen Rahmenbedingungen operieren, bei der eingeschränkten Datenlage, auf einer fairen Basis im globalen Vergleich für IT-Geräte bewertet werden?
- 2) Wie stellt sich die Effizienz von Rücknahmeorganisationen in verschiedenen Ländern dar?
- 3) Welche Faktoren, die zur Effizienzsteigerungen beitragen, können aus einem internationalen Vergleich abgeleitet werden?

bearbeitet und beantwortet.

Für Hersteller ist die Effizienz von Rücknahmeorganisationen ein entscheidender Faktor, der die Rücknahmekosten bei der Ausführung der gesetzlichen Rücknahmeverpflichtungen erheblich beeinflusst. Höhere Rücknahmekosten bedingen höhere Verkaufspreise, da diese Kosten in der Regel an den Kunden weitergegeben werden. Könnten höhere Preise, z.B. aufgrund der Marktsituation, nicht durchgesetzt werden, würden hohe Rücknahmepreise dazu beitragen, dass sich Unternehmen in letzter Konsequenz aus einem lokalen Markt wegen mangelnder Profitabilität zurückziehen. Es ist daher auch für die Versorgungssicherheit eines Landes mit elektrischen / elektronischen Geräten wichtig, dass effiziente Rücknahmeorganisationen ihre Dienste anbieten.

Ziel dieser Arbeit war es, eine Methodik zu entwickeln, die es Herstellern und anderen, an den Rücknahmekosten Interessierten, erlaubt, eine Übersicht über die Effizienz der verschiedenen Rücknahmeorganisationen zu erhalten, bei der extern bedingte und nicht durch die Rücknahmeorganisation beeinflussbare Unterschiede bei wichtigen Kostenparametern berücksichtigt werden (vgl. Kap. 3.2).

Die Ergebnisse des Effizienzvergleichs zeigen erhebliche Effizienz-Unterschiede auch nach Eliminierung dieser Einflussfaktoren (vgl. Abb. 22; Tabelle 24).

Die Ergebnisse der Untersuchung beruht auf den Annahmen, dass die Behandlungskosten von Rücknahmeorganisationen in einem ähnlichen Bereich liegen, wie die für die Eigenrücknahme zu entrichtenden Preise von Herstellern. Bei der Berechnung des Effizienzparameters  $RK_3$  wurde auch angenommen, dass alle Rücknahmeorganisationen die gleichen Beiträge zu den Sammelkosten der Altgeräte leisten. Der Effizienzparameters  $RK_4$  hingegen berücksichtigt zusätzlich mögliche Abweichungen von Behandlungskosten zwischen Herstellern und Rücknahmeorganisationen sowie unterschiedliche Sammelkostenbeiträge bzw. Zusatzleistungen, die auf Schätzungen des Autors beruhen.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Schlussfolgerungen*

Darüber hinaus gibt es Bereiche, für die keine Erkenntnisse vorliegen und bei denen weiterer Forschungsbedarf besteht. So wurde der Einfluss der geographischen bzw. wirtschaftsgeographische Struktur eines Landes auf die Kosten der Sammlung sowie der Einfluss der unterschiedlichen Treibstoffpreise für die Logistik- / Transportkosten bisher nicht untersucht. Tragen z.B. gebirgige Landschaften und die Verteilung der Bevölkerung (und damit das regionale Aufkommen von Elektroaltgeräten) auf viele Regionalzentren im Vergleich zu Großstädten zu höheren Logistikkosten bei? Welche Rolle spielt dabei die geographische Verteilung von Standorten der Recycler? Wie kann bei kleineren Staaten (und damit geringen Sammelmengen) ein Wettbewerbssystem etabliert werden? Welche Sammellogistik eignet sich für kleinere Inselstaaten (z.B. in der Südsee)? Ist bei diesen Staaten eine Sammlung und die Behandlung von Elektroaltgeräten in einer mobilen Anlage (Schiff) zielführend?

Obwohl Rücknahmeverpflichtungen für Hersteller seit Beginn der 1980er Jahre existieren und sich, sowohl bei den Produktbereichen als auch der geographischen Verbreitung erweitern, gibt es noch erhebliche Erkenntnislücken, die es Staaten erlauben würde, die Effizienz und die Effektivität ihrer Rücknahmesysteme zu optimieren. Insbesondere in den Ländern, in denen die Abfallentsorgung zum großen Teil über den „Informellen Sektor“ abgewickelt wird, fehlen überzeugende Modelle, wie dort eine umweltgerechte und effiziente Erweiterte Herstellerverantwortung umgesetzt werden kann.

In einigen Veröffentlichungen zu Rücknahmesystemen in Ländern der EU wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Wettbewerb ein entscheidender Faktor zur Erhöhung der Effizienz von Rücknahmeorganisationen darstellt (z.B. Mayers, 2007). Die vorliegende Untersuchung bestätigt diese Ergebnisse auch im globalen Umfeld durch Untersuchungen zu einzelnen Produktgruppen aus dem IT-Bereich.

Bei der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Erweiterten Herstellerverantwortung, sollte darauf geachtet werden, dass keine Hindernisse entstehen, die den Herstellern die Wahl zwischen verschiedenen Rücknahmeorganisationen ermöglichen.

In kleineren Ländern mit geringem Altgeräteaufkommen, das zur Auslastung mehrerer Rücknahmeorganisationen nicht ausreicht, könnte eine grenzübergreifende Kooperation mit Rücknahmeorganisationen aus anderen Ländern ermöglichen, durch die Zusammenfassung von Mengen aus verschiedenen Ländern, sowohl bei Recyclern, als auch in der Logistik, um Skaleneffekte zu erzielen. Darüber hinaus wird über solche Kooperationen auch der Knowhow-Transfer sichergestellt, der zu weiterer Effizienz der Rücknahmeorganisationen beiträgt.

Rücknahmeorganisationen, die ihre Leistungen auf Basis Vorgezogener Recyclinggebühren (ARF) berechnen, können die Unsicherheiten, die durch die Abschätzung von wichtigen Kostenparametern in der Zukunft (z.B. POM, Sammelrate der einzelnen Produktgruppen)

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Schlussfolgerungen

entstehen, durch die Umstellung auf eine Rechnungsstellung nach der in den Verkehr gebrachten oder abgeholten Masse von Altgeräten (ACT) vermeiden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde auch die Frage beantwortet, ob die „Erweiterte Herstellerverantwortung“ zur vermehrten Anwendung von Design für Recycling (DFR) bei Elektrogeräten führt. Aus dem in Tabelle 1 dargestellten Beispiel geht hervor, dass die Umsetzungsform „Kollektive Herstellerverantwortung (CPR)“, bei dem jeder Hersteller verpflichtet ist, einen Gerätemix zurückzunehmen, die auch Geräte seiner Mitbewerber enthält, nicht zu dem gewünschten Effekt führt, Hersteller, die ihre Geräte unter der Berücksichtigung von DFR entwickeln, zu belohnen. Im Gegenteil, Hersteller, die vermehrt DFR anwenden, erfahren in einem Rücknahmesystem, das auf der kollektiven Herstellerverantwortung basiert, finanzielle Nachteile gegenüber denen, die DFR ignorieren.

Wie bereits in der Diskussion der publizierten Forschungsergebnisse (Kap. 2.3) erläutert wurde, ist das von Atasu & Subramanian (2012) favorisierte Umsetzungsmodell, die „Individuelle Herstellerverantwortung (IPR)“, bei dem Hersteller nur ihre eigenen Geräte zurücknehmen müssen, mit großen Umsetzungsproblemen behaftet. Sie resultieren u. A. aus der Notwendigkeit, Geräte nach Marken getrennt zu sammeln oder zu sortieren und in markenspezifischen Chargen zu verarbeiten sowie dem Problem der „Waisenprodukte“, Produkte, deren Hersteller nicht mehr präsent sind.

Darüber hinaus sind die Recyclingkostenunterschiede zwischen Geräten gleichen Typs sehr gering, da sich der überwiegende Teil der Hersteller an die DfR-Vorgaben staatlicher Einkaufsrichtlinien (z.B. „Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT)“ (Global Electronic Council, 2015), oder gesetzliche Vorgaben wie der EU-Ökodesign Richtlinie 2009/125/EC (European Parliament and Council, 2009), „Reduction of Hazardous Substances (RoHS)“ (European Parliament and Council, 2011) berücksichtigt.

Eine Möglichkeit, auch bei auf den auf der Kollektiven Herstellerverantwortung basierenden Rücknahmesystemen Belohnungsmechanismen für ein verbessertes Design zu etablieren, ist die „ECO-Modulierung“ (vgl. 5.4). Durch die Modulierung der Rücknahmepreise oder der Abholmengen eines Herstellers nach dem Grad, wie seine Produkte Nachhaltigkeitsziele (wie z.B. DFR, Reparaturfähigkeit) erreichen, können auch in CPR-basierenden Rücknahmesystemen Belohnungsmechanismen für nachhaltigere Produkte umgesetzt werden.

Zusammenfassend kann der Gesetzgeber mit folgenden Aspekten zu effizienten Rücknahmesystemen beitragen:

- 1) Keine Vorschriften des Gesetzgebers zur Organisation (z.B. Rechtsform) von PROs sowie deren Preismodellen,
- 2) Ermutigung zur grenzüberschreitenden Kooperation von PROs statt Abschirmung des nationalen Marktes,

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Schlussfolgerungen*

- 3) Promotion des Preismodells „Bezahlung nach der abgeholten und behandelten Menge von Altgeräten (ACT)“,
- 4) Durchsetzung der Ziele (z.B. Sammel-, Recyclingrate, Recyclingqualität) durch regelmäßige Überprüfung aller Akteure.

Hersteller, die effiziente Rücknahmeorganisationen wünschen haben die Möglichkeit, dem Beispiel der Unternehmen in Belgien zu folgen und hochrangige, erfahrene Manager für eine direkte Mitwirkung in einer Rücknahmeorganisation abzustellen.

Oder sicherzustellen, dass sie die Wahl zwischen mehreren Rücknahmeorganisationen haben, deren Wettbewerb sie veranlasst, ihre Prozesse permanent zu optimieren und mit Innovationen zur besseren Effizienz beizutragen.

Die vorgeschlagene Effizienz-Initiative könnte sowohl die Daten für einen Vergleich mit einer Gruppe von Rücknahmeorganisationen bereitstellen, sie würde es aber auch Rücknahmeorganisationen erlauben, Vergleichspartner für ein direktes Benchmarking auszuwählen, die eine Verbesserung der eigenen Effizienz erwarten ließen.

Der zentrale Beitrag dieser Arbeit ist die Ausarbeitung und Anwendung einer Methodik, die einen Effizienzvergleich von Rücknahmeorganisationen für Elektroaltgeräte auf Basis der Rücknahmepreise ermöglicht. Sie schließt zum ersten Mal Daten von außereuropäischen Ländern in einen Effizienzvergleich ein. Zusätzlich analysiert sie die Optionen, Hersteller im Zusammenhang mit der Erweiterten Herstellerverantwortung zu einem stärkeren Einsatz von recyclinggerechtem Design zu ermutigen.

## 7. Literaturverzeichnis

Ahlers, J., Mi, M., Hibler, S. and Hannak, J. (2021). Analysis of extended producer responsibility schemes. Adelphi Consult GmbH, Berlin 2021.  
<https://adelphi.de/en/publications/analysis-of-extended-producer-responsibility-schemes>.  
[Zuletzt besucht am 13. August 2024]

Aksan, Z. and Çelikler, D. (2019). Recycling awareness education: Its impact on knowledge levels of science teacher candidates. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 9(2), pp.81-105.

Antonioli, B. and Massarutto, A. (2012). The municipal waste management sector in Europe: shifting boundaries between public service and the market. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 83(4), pp.505-532.

Arya, S., Gupta, A., & Bhardwaja, A. (2018). A Comparison of E-Waste Management Policies of India with other countries- A case study. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 8(6), 2249-6890.

Atasu, A. und Souza, G.C., (2013). How does product recovery affect quality choice?. *Production and Operations Management*, 22(4), pp.991-1010.

Atasu, A., & Subramanian, R. (2012). Extended producer responsibility for e-waste: Individual or collective producer responsibility? *Production and Operations Management (POMS)*, 21(6), 1042-1059.

Atasu, A., Van Wassenhove, L.N. and Sarvary, M., (2009). Efficient take-back legislation. *Production and Operations Management*, 18(3), pp.243-258.

Bebat (2022) [online]. Lijst van bijdragen januari 2020\_EN.  
[https://cms.bebat.be/sites/default/files/2019-08/Lijst%20van%20bijdragen%20januari%202020\\_EN\\_HR\\_1](https://cms.bebat.be/sites/default/files/2019-08/Lijst%20van%20bijdragen%20januari%202020_EN_HR_1). [Zuletzt besucht am 14.11.2023]

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

BeWeee (2024) [online]. Ergebnisse für Belgien. <https://beweee.be/en/resultaten-2022/>. Zuletzt besucht am 11. Nov. 2024.

Bockhold, M. T., Kristensen, J. H., Colli, M., Jensen, M. P., & Währens, B. V. (2020). Exploring factors affecting the financial performance of end-of-life take-back program in a discrete manufacturing company. *Journal of Cleaner Production*, 258.

BPAWR Best Practices in Achieving Waste Reduction in the Mediteranien (2016) [online]. WEEE to promote re-use and recycling. <https://bestpractices-waste-med.net/wp-content/uploads/2021/11/BP17.pdf> [Zuletzt besucht am 16. Nov. 2024]

Cahill, R., Grimes, S. M., & Wilson, D. C. (2011). Extended producer responsibility for packaging wastes and WEEE-a comparison of implementation and the role of local authorities across Europe. *Waste Management & Research*, Vol 29 Issue 5, pages 455-479.

Cesaro, A.; Belgiorno, V.; Vaccari, M.; Jandric, A.; Chung, T.D.; Dias, M.I.; Hursthouse, A.; Salhofer, S. (2018) A device-specific prioritization strategy based on the potential for harm to human health in informal WEEE recycling. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2017, 25, 683–692.

Colelli, F.P., Croci, E., Pontoni, F.B., Zanini, S.F. (2022). Assessment of the effectiveness and efficiency of packaging waste EPR schemes in Europe. *Waste Management* Juli 2022

Cucchiella, F., D'Adamo, I., Lenny Koh, S. C., & Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 51, pages 263–272.

EAR (2022) Jahres-Statistik-Mitteilung [online]. Verfügbar unter: <https://www.stiftung-ear.de/de/service/statistische-daten/jahres-statistik-mitteilung> [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

EAR (2018) Herstellerverzeichnis [online]. Verfügbar unter: <https://www.ear-system.de/ear-verzeichnis/hersteller.jsf#no-back>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

Ensedurán, G., Kemahliog'lu-Ziya (2015). A Comparison of Product Take Back Compliance Schemes. *Produktion and Operations Management (POMS)* Vol. 24, Issue 1, pages 71-88

Environmental Law France. (2015) [online]. *Code de l'Environnement*). Articles L.541-10-2 and R.543-172.

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000041599082?init=true&page=1&query=L.541-10-2&searchField=ALL&tab\\_selection=all](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000041599082?init=true&page=1&query=L.541-10-2&searchField=ALL&tab_selection=all). [Zuletzt besucht am 15.11.2024]

EPA (2013) [online]. Broad Overview of E-Waste Management Policies in the U.S. [online]. Verfügbar unter: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/overview.pdf>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

European Commission (2019) [online]. The new Ecodesign measures explained. [online]. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA\\_19\\_5889](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_19_5889). [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

European Parliament and Council (2019) Directive 2012/19/EU (WEEE). [online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02012L0019-20180704>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

European Parliament and Council (2011) Directive 2002/95/EC / 2011/65/EC (RoHS). [online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/restriction-on-the-use-of-certain-hazardous-substances-in-electrical-and-electronic-equipment.html>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

European Parliament and Council (2009). The European Union 's Ecodesign Directive (Directive 2009/125/EC). [online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0125>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

European Union (2024) Types of Legislation. [online]. Verfügbar unter: [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_en). [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Literaturverzeichnis*

EUROSTAT, 2024. Waste statistics – electrical and electronic equipment. [online]  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics\\_-\\_electrical\\_and\\_electronic\\_equipment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment). [Zuletzt besucht am 11.Nov.2024]

EUWID (2023). E-Schrottsammelmenge in der EU steigt auf fast fünf Mio Tonnen [online].  
Verfügbar unter: <https://www.euwid-recycling.de/news/international/e-schrottsammelmenge-in-der-eu-steigt-auf-fast-fuenf-mio-tonnen-081123/>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

FasterCapital (2024). Kosten-pro-Umsatz--CPR--CPR-Demystified [online]. Verfügbar unter:  
<https://fastercapital.com/de/inhalt/Kosten-pro-Umsatz--CPR--CPR-Demystified--Ein-umfassender-Leitfaden-fuer-Geschaeftsinhaber-und-Unternehmer.html>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Favot, M., Grasseti, L., Massarutto, A., Veit, R. (2022). Regulation and competition in the extended producer responsibility models: Results in the WEEE Sector in Europe. *Waste Management* 145, pages 60-71. Elsevier, Amsterdam

Fischer, K., & Arndt, H. W. (2007). *Kommentar zur Verpackungsverordnung*. 2.Auflage. Verlag Recht und Wirtschaft.

Fischer, T. (2018). Discussion of practical implementations from the point of view of a producer responsibility Organization (PRO/EPR). [online]. Verfügbar unter: <https://erp-recycling.org/wp-content/uploads/2018/06/ERP-Background-Paper-Modulated-Fees-June-2018.pdf>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020*. [online]United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.

Forti, V., Baldé, K., & Kuehr, R. (2018). *E-waste statistics: guidelines on classifications, reporting and indicators*. Collections at UNU.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

Deutsch-Belgisch-Luxemburgische Handelskammer (2021). Fost Plus past Tarife 2022 an [online]. <https://debelux.ahk.de/newsroom/debelux-news/news-details/fost-plus-passt-tarife-2022-an>. [Zuletzt besucht am 12.6.2014].

Gabler Wirtschaftslexikon (2024) Benchmarking [online]. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/benchmarking-29988>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Goldmann, D. (2018). Die Wertstoffwende im Rahmen der Rohstoffwende - der Beitrag der Kreislaufwirtschaft, Müll und Abfall, Heft 7/2018, S. 108 – 109.

Goodship, V., Stevels, A., & Huisman, J. (Eds.). (2019). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook. Woodhead Publishing.

Global Electronics Council (2015). Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT) [online]. Verfügbar unter: <https://www.epeat.net/>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

GESP (2024) Global E-Waste Statistical Partnership [online]. Verfügbar unter: <https://globalewaste.org/country-sheets/>. [Zuletzt besucht am 5. November 2024].

Hazra, S., A. Ganguly, P. Das, P. Chatterjee, N. Murmu, P. Banerjee (2019). Plasma Arc Technology: A Potential Solution toward Waste to Energy Conversion and of GHGs Mitigation, Waste Valorisation and Recycling, pp. 203-217, Springer.

Hieronymi, K. (2001). Implementing the WEEE directive. In Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. 2001 IEEE ISEE (Cat. No. 01CH37190) (pp. 217-222). IEEE.

Hieronymi, K. (2016). Remanufacturing and Circular Economy in the IT Industry. Make-New-Again, S.97-117. ISBN 978-3-00-052381-6.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Literaturverzeichnis*

Hieronymi, K., Hieronymi, J. & Faulstich, M. (2020). Nutzungsverlängerung durch Reparatur elektronischer Geräte als Strategie zur Abfallminimierung. *Müll & Abfall*, 11/2021 S. 564-570. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Hieronymi, K. (2022). Zur Ökonomie der Wiederverwendung von Altgeräten. *Müll und Abfall* 12/2022 S. 684-689. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Hieronymi, K. (2023). *Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) in Practice: Manual for WEEE Implementation Based on Experiences*. Springer Nature.

HP (2024). HP-Store Schweiz [online]. Verfügbar unter: <https://www.hp.com/ch-de/shop/search.aspx?q=pro%208122e>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Huisman, J., van der Maesen, M., Eijsbouts, R.J.J., Wang, F., Baldé, C.P., Wielenga, C.A., (2012). *The Dutch WEEE Flows*. United Nations University, ISP – SCYCLE, Bonn, Germany, March 15, 2012.

Illinois General Assembly (2017). Consumer Electronics Recycling Act. 2017415 ILCS 151 Illinois, [online]. Verfügbar unter: <https://www.ilga.gov/legislation/ilcs/ilcs5.asp?ActID=3816&ChapterID=36>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

ISO (2005). Effektivität, Effizienz, ISO 9000 Nr.3.2.15, [online]. Verfügbar unter: <https://www.olev.de/e/effekt.htm#:~:text=Effektivit%C3%A4t%20ist%20also%20wichtiger%20als,Definitionen%20der%20OECD%5B2%5D>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Islam, A., Ahmed, T., Awual, M.R., Rahman, A., Sultana, M.D., Aziz, A.A., Monir, M., Teo, S., & Hasan, M. (2020). Advances in sustainable approaches to recover metals from e-waste-A review. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118815.

Ismail, H. and Hanafiah, M.M. (2021). Evaluation of e-waste management systems in Malaysia using life cycle assessment and material flow analysis. *Journal of Cleaner Production*, Volume 308.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

Khatriwal, D. S., Kraeuchi, P., & Widmer, R. (2009). Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration—learning from the Swiss experience. *Journal of environmental management*, Vol. 90 Issue 1 pages 153-165.

Khatriwal, D. S., Widmer, R., Kuehr, R., & Huisman, J. (2011). One WEEE, many species: lessons from the European experience. *Waste Management & Research*, Vol 29 Issue 9, pages 954-962.

Khurram, M., Bhutta, S., Omar, A., Yang, X. (2011). Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment. *Economics Research International*, 2011, Article ID 474230.

Kloiber, B. (2015). Historie III: Der Grüne Punkt. *Der Wertstoffblog*. [online]. Verfügbar unter: <https://wertstoffblog.de/2015/10/29/historie-iii-die-dualen-systeme-die-kartellstrafe-fuer-dem-gruenen-punkt/>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Krass, D., Nedorezov, A., (2013). Environmental Taxes and the Choice of Green Technology. *Production and Operations Management (POMS)*, Vol 22, Issue 5

Kumar, V., Gautam, G., Gautam, M.S., Kesari, J.P.. (2022). New Waste Management Techniques: A Review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol. 10 Issue IV (2022).

Länderdaten (2023) Belgien [online]. Verfügbar unter: <https://www.laenderdaten.info/Europa/Belgien/index.php>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Lindhqvist, T., Lidgren, K. (1990), "Modeller för förlängt producentansvar" ("Models for Extended Producer Responsibility," in Swedish), published by the Ministry of the Environment in "Från vaggan till graven — sex studier av varors miljöpåverkan" ("From the Cradle to the Grave — six studies of the environmental impact of products," in Swedish). (7-44). Ds 1991:9.[online] Ministry of Environment (Sweden) 1991.

Lindhqvist, T. (2000). Extended producer responsibility in cleaner production: Policy principle to promote environmental improvements of product systems. *IIIEE Dissertation 2000:2*. Lund University.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Literaturverzeichnis*

Mayers, C.K. (2007). Strategic, Financial, and Design Implications of Extended Producer Responsibility in Europe: A Producer Case Study. *Journal of Industrial Ecology* 11, 113-131.

Mayers, C.K., France, C.M., Cowell, S.J. (2005) "Extended Producer Responsibility for Waste Electronics: An Example of Printer Recycling in the United Kingdom." *Journal of Industrial Ecology* 9.3 (2005): 169–189.

Mishra, K., Siwal, S.S., Thakur, V.K. (2024). "E-waste recycling and utilization: A review of current technologies and future perspectives". *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* (Elsevier), Volume 47, 100900.

Moyo, T.P., Lubbe, S. Ohei, K. (2023). Exploring E-waste Management Practices in South African Organisations.. *Research in World Economy* Vol. 14, No. 1; Sciedu Press 12 ISSN 1923-3981 E-ISSN 1923-399X.

NEMWA (2008). National Environmental Waste Act. Department of Fisheries and Environment (DFFE) of South Africa.

OECD (1972). Recommendation of the Council on Guiding Principles concerning International Economic Aspects of Environmental Policies. §1, A.a.2., adopted 26/05/1972.  
<https://legalinstruments.oecd.org/public/doc/4/4.en.pdf>.

OECD (2000). Competition in Local Services, Solid Waste Management, OECD, Paris.

Parvez, S.M., Jahan, F., Brune, M-N. et al. (2021). „Health consequences of exposure to e-waste: an updated systematic review “. *The Lancet, Planetary Health*, Vol. 5, Issue 12, E905-E920.

Planning, P. (2022). „Statistikgrundlagen“. Interaktives Lehrbuch.

RECUPEL (2022a). Contribution on Electro Appliances 2022. [online]. Verfügbar unter: [https://www.recupel.be/media/2878/appliancelist\\_2022\\_en.pdf](https://www.recupel.be/media/2878/appliancelist_2022_en.pdf). [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

RECUPEL (2022b). Annual Report 2022 [online]. Verfügbar unter:

[https://jaarverslag.recupel.be/wp-](https://jaarverslag.recupel.be/wp-content/uploads/2023/06/230616_Recupel_Jaarverslag_ENG_2022_DEF-1.pdf)

[content/uploads/2023/06/230616\\_Recupel\\_Jaarverslag\\_ENG\\_2022\\_DEF-1.pdf](https://jaarverslag.recupel.be/wp-content/uploads/2023/06/230616_Recupel_Jaarverslag_ENG_2022_DEF-1.pdf). [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Sachdeva, A., Araujo, A., Hirschnitz-Garbers, M. (2021). Extended Producer Responsibility and Ecomodulation Fees [online].

<https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2021/50052-Extended-Producer-Responsibility-and-ecomodulation-of-fees-web.pdf>. [Zuletzt besucht am 15.Nov. 2024]

Salhofer, S., Steuer, B., Ramusch, R., & Beigl, P. (2016). WEEE management in Europe and China – A comparison. *Waste Management*, 57, 27–35.

Schumacher, K.A., Agbemabiese, L. (2021). „E-Waste legislation in the US: An analysis of disparate design and resulting influence on collection rates across States. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 64, Issue 6, Pages 1067-1088.

Schluep, M., Terekhova, T., Manhart, A., Müller, E., Rochat, D. and Osibanjo, O. (2012). September. Where are WEEE in Africa? In *2012 Electronics Goes Green 2012+* (pp. 1-6). IEEE.

Seelig, J.H., Faulstich, M., Jeschonowski, J., Hieronymi, K. (2022). Demontage von Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen. In: Kurth, P., Oexle, A., Faulstich, M. (eds) *Praxishandbuch der Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft*. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Seyring, N., Kling, M., Weissenbacher, J., Hestin, M., Lecerf, L., Magalini, F., ... & Kuehr, R. (2015). Study on WEEE recovery targets, preparation for re-use targets and on the method for calculation of the recovery targets. EU Commission.

Shan, F., Xiao, W., Yang, F. (2021) Comparison of three E-Waste take back policies. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, Volume 242, Dec. 2021.

Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2020). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, Vol 120, pages 549-563.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Literaturverzeichnis

Sousa, R., Agante, E., Cerejeira, J., Portela, M. (2018). EEE fees and the Waste System. *Waste Management*, Vol 79, pages 770-778.

SWICO (2021) Alterserhebung [online]. Verfügbar unter: [https://www.swico.ch/media/filer\\_public/d7/30/d730b90f-1945-4a87-b2ae-3c19edbdba635/lebensdauer.pdf](https://www.swico.ch/media/filer_public/d7/30/d730b90f-1945-4a87-b2ae-3c19edbdba635/lebensdauer.pdf) [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

SWICO (2022) Tarife [online]. Verfügbar unter: <https://www.swico.ch/de/recycling/grundlagen/tarife/#tarife-tabelle> [Zuletzt besucht am 4. Juni 2023].

SWICO (2023a) Jahresbericht 2023 [online]. Verfügbar unter: [https://www.swico.ch/media/filer\\_public/c9/27/c9277e63-1c99-4cd2-83ec-e4f4d93fcf58/jahresbericht\\_swico\\_2023\\_101.pdf](https://www.swico.ch/media/filer_public/c9/27/c9277e63-1c99-4cd2-83ec-e4f4d93fcf58/jahresbericht_swico_2023_101.pdf) . [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

SWICO (2023b). Zahlen und Fakten [online]. Verfügbar unter: <https://www.swico.ch/de/recycling/grundlagen/zahlen-fakten/#finanzen-2022>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

TCS (2024) Treibstoffpreise [online]. Verfügbar unter: <https://www.tcs.ch/de/camping-reisen/reiseinformationen/wissenswertes/fahrkosten-gebuehren/benzinpreise.php> . [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Tong, X., Wang, T., Chen, Y. and Wang, Y. (2018). Towards an inclusive circular economy: Quantifying the spatial flows of e-waste through the informal sector in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018. 163-171.

Toyasaki, F., Boyaci, T., Verter, V. (2010). An Analysis of Monopolistic and Competitive Take-Back Schemes for WEEE Recycling. *Production and Operations Management*, 2010 (20/6).

Uhrenholt, J. N., Kristensen, J. H., Rincón, M. C., Jensen, S. F., & Waehrens, B. V. (2022). Circular economy: Factors affecting the financial performance of product take-back systems. *Journal of Cleaner Production*, 335, 130319.

## *Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen*

### *Literaturverzeichnis*

Vaccari, M., Vinti, G., Cesaro, A., Belgiorno, V., Salhofer, S., Dias, M. I., & Jandric, A. (2019). WEEE treatment in developing countries: Environmental pollution and health consequences—An overview. *International journal of environmental research and public health*. 2019(16/9).

VerpackD (2018). Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC), Amendment 2018/852, Article 4a.

VerpackV (1991). Verordnung über die Vermeidung von Verpackungsabfällen. *Bundesgesetzblatt* 1991, Teil I Nr.36, 1234.

Wang F., Kuehr, R., Ahlquist, D., Li, J. (2013). E-WASTE IN CHINA: A COUNTRY REPORT StEP Green Paper Series. [online]. Verfügbar unter: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:1624/ewaste-in-china.pdf>. [Zuletzt besucht am 4 Juni 2024].

Wang F, Huisman J, Stevels A, Baldé CP. (2013). Enhancing e-waste estimates: improving data quality by multivariate Input-Output Analysis. *Waste Management*, 2013 (33/11). 2397-2407.

## 8. Anhang

### 8.1 Tabellenverzeichnis

In den Tabellen 28-33 sind die im Rahmen der Untersuchung ermittelten Effizienzparameter der untersuchten Länder für das gesamte Portfolio und die einzelnen Produktgruppen dargestellt.

Der in der linken Spalte dargestellte Effizienzparameter  $RK_1$  repräsentieren den Mittelwert (und die Standardabweichung) aller Rücknahmepreise des Produktportfolios bzw. der einzelnen Produktgruppen.

In der mittleren Spalte ist der Mittelwert sowie die Standardabweichung des Effizienzparameters  $RK_2$  dokumentiert, bei dem der Einfluss unterschiedlicher Behandlungskosten durch den Ersatz der lokalen Kosten durch einen internationalen Vergleichswert in den untersuchten Ländern minimiert wurde. Bei der Berechnung von  $RK_3$  (rechte Spalte) wurden zusätzlich die unterschiedlichen Sammelraten nach GESP (2024) einbezogen.

Während es sich bei  $RK_1$  um einen Vergleichswert handelt, der eine praktische Bedeutung hat (= Rücknahmepreis), stellen  $RK_2$  als auch  $RK_3$  lediglich Vergleichsparameter dar, die (außerhalb eines Effizienzvergleiches) keine Relevanz in der Praxis haben.

Negative Werte bei  $RK_2$  entstehen, wenn die lokalen Behandlungskosten signifikant über dem internationalen Vergleichswert (Kap. 3.5.1) liegen. Sie bedeuten nicht, dass in diesen Ländern von den Rücknahmeorganisationen Erlöse an die Hersteller gezahlt werden. Ähnlich verhält es sich mit negativen Werten für  $RK_3$ .

In Tabelle 34 sind die Detailergebnisse des t-Tests dargestellt, der mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha=5\%$  durchgeführt wurde. Sie zeigt in der mittleren Spalte das auf dem Mittelwert und der Standardabweichung / Varianz basierende Ergebnis für das gesamte Produktportfolio bzw. die einzelnen Produktgruppen. In der rechten Spalte ist der jeweilige Schluss, ob die Annahme der Hypothese H1, „Ein Faktor für höhere Effizienzparameter ist der Wettbewerb zwischen Rücknahmeorganisationen“ anzunehmen oder abzulehnen sei, dokumentiert.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

**Tabelle 28:** Mittelwerte der Effizienzparameter aller Produkte des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{x}$ über alle Produkte								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise			Rücknahmepreise , normalisiert auf			Rücknahmepreise, normalisiert auf		
nicht modifiziert			Behandlungskosten			Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s
Portugal	0,05 \$	0,06	Peru	-3,64	4,41	Kolumbien	-2,962	4,293
Polen	0,25 \$	0,28	Kolumbien	-2,96	4,29	Peru	-1,820	2,205
Luxemburg	0,29 \$	0,10	Argentinien	-2,84	3,57	Argentinien	-0,948	1,189
Dänemark	0,49 \$	0,83	Mexiko	-2,35	6,04	Chile	-0,748	0,872
Belgien	0,60 \$	0,66	Chile	-2,24	2,62	Mexiko	-0,589	1,511
Kolumbien	0,70 \$	0,92	Taiwan	-1,22	6,01	Taiwan	-0,039	0,194
Niederlande	0,98 \$	1,08	Korea	0,50	0,95	Korea	0,010	0,020
Argentinien	1,04 \$	1,18	Griechenland	1,57	1,98	Polen	0,025	0,027
Finnland	1,08 \$	1,60	Dänemark	1,60	1,78	Dänemark	0,027	0,030
Österreich	1,20 \$	1,58	Luxemburg	1,62	2,64	Belgien	0,030	0,038
Italien	1,24 \$	1,52	Portugal	1,75	2,23	Luxemburg	0,032	0,052
Korea	1,27 \$	1,47	Belgien	1,93	2,49	Finnland	0,033	0,034
Irland	1,28 \$	1,47	Polen	1,99	2,21	Frankreich	0,034	0,024
Frankreich	1,35 \$	1,04	Frankreich	2,06	1,47	Norwegen	0,037	0,043
Peru	1,36 \$	1,68	Australien	2,25	2,51	Niederlande	0,039	0,053
China	1,38 \$	0,00	Niederlande	2,32	3,10	Österreich	0,041	0,045
Rumänien	1,58 \$	0,65	Finnland	2,50	2,58	Irland	0,042	0,044
Spanien	1,58 \$	1,61	Rumänien	2,61	1,56	Australien	0,045	0,050
Deutschland	1,76 \$	1,97	Irland	2,70	2,83	Schweden	0,050	0,073
Mexiko	2,02 \$	2,52	Norwegen	2,76	3,21	Griechenland	0,052	0,066
Norwegen	2,05 \$	2,03	Großbritannien	2,78	2,79	Portugal	0,053	0,068
Griechenland	2,09 \$	2,21	China	2,99	1,81	Tschechien	0,067	0,070
Tschechien	2,11 \$	2,51	Kanada	3,07	3,19	Deutschland	0,070	0,085
Großbritannien	2,49 \$	2,62	Österreich	3,09	3,43	Slowakei	0,079	0,116
Slowakei	2,50 \$	4,90	Schweden	3,46	5,07	Rumänien	0,090	0,054
Chile	2,76 \$	3,67	Deutschland	3,76	4,56	Italien	0,092	0,095
HongKong	3,43 \$	2,20	Italien	3,79	3,89	Großbritannien	0,093	0,093
Schweden	3,50 \$	4,14	Spanien	3,90	4,19	Spanien	0,093	0,100
Australien	3,81 \$	4,39	Slowakei	4,53	6,61	Schweiz	0,109	0,078
Taiwan	4,16 \$	1,76	Tschechien	4,64	4,81	HongKong	0,118	0,083
Kanada	4,83 \$	4,16	HongKong	5,21	3,63	China	0,187	0,113
Schweiz	8,40 \$	5,60	Schweiz	8,90	6,35	Kanada	0,236	0,245

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

**Tabelle 29:** Mittelwerte der Effizienzparameter aller MFD/Drucker mit Tintentechnologie des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{x}$ Drucker / MFD Tintenstrahltechnologie								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise			Rücknahmepreise , normalisiert auf			Rücknahmepreise, normalisiert auf		
nicht modifiziert			Behandlungskosten			Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s
Dänemark	0,00 \$	0,00	Mexiko	-1,86	0,95	Kolumbien	-1,618	0,732
Portugal	0,02 \$	0,01	Peru	-1,73	0,78	Peru	-0,863	0,391
Finnland	0,07 \$	0,03	Kolumbien	-1,62	0,73	Mexiko	-0,465	0,237
Polen	0,11 \$	0,05	Argentinien	-1,33	0,60	Argentinien	-0,442	0,200
Österreich	0,11 \$	0,03	Chile	-0,97	0,44	Chile	-0,324	0,146
Italien	0,11 \$	0,05	Korea	0,02	0,01	Korea	0,001	0,000
Belgien	0,13 \$	0,00	Griechenland	0,32	0,15	Polen	0,009	0,004
Luxemburg	0,22 \$	0,00	Dänemark	0,57	0,26	Dänemark	0,009	0,004
Niederlande	0,23 \$	0,10	Polen	0,74	0,33	Finnland	0,010	0,004
Mexiko	0,23 \$	0,00	Finnland	0,75	0,34	Griechenland	0,011	0,005
Tschechien	0,30 \$	0,14	Australien	0,78	0,35	Österreich	0,014	0,006
Kolumbien	0,32 \$	0,14	Portugal	0,84	0,38	Irland	0,014	0,007
Argentinien	0,45 \$	0,20	Großbritannien	0,87	0,39	Australien	0,016	0,007
Spanien	0,49 \$	0,22	Irland	0,94	0,43	Norwegen	0,017	0,008
Korea	0,55 \$	0,25	Frankreich	1,02	0,35	Frankreich	0,017	0,006
Irland	0,55 \$	0,25	Österreich	1,03	0,44	Belgien	0,017	0,007
Norwegen	0,58 \$	0,26	Belgien	1,11	0,44	Schweden	0,018	0,008
Frankreich	0,64 \$	0,18	Luxemburg	1,20	0,44	Niederlande	0,020	0,009
Peru	0,64 \$	0,29	Niederlande	1,21	0,55	Tschechien	0,021	0,009
Slowakei	0,65 \$	0,00	Schweden	1,25	0,56	Luxemburg	0,023	0,009
Schweden	0,72 \$	0,32	Norwegen	1,25	0,57	Slowakei	0,024	0,005
Griechenland	0,74 \$	0,33	Italien	1,30	0,59	Portugal	0,025	0,012
Großbritannien	0,75 \$	0,34	Slowakei	1,34	0,31	Großbritannien	0,029	0,013
Deutschland	0,79 \$	0,36	Tschechien	1,43	0,65	Italien	0,032	0,014
Chile	1,40 \$	0,63	Spanien	1,65	0,75	Deutschland	0,033	0,015
Rumänien	1,64 \$	0,76	Deutschland	1,78	0,80	Spanien	0,039	0,018
Australien	1,65 \$	0,75	Kanada	1,86	0,14	Schweiz	0,043	0,015
HongKong	1,92 \$	0,00	Rumänien	2,02	0,94	HongKong	0,057	0,006
Kanada	2,43 \$	0,12	HongKong	2,50	0,26	Rumänien	0,070	0,032
Schweiz	3,15 \$	1,04	Taiwan	2,95	1,14	Taiwan	0,095	0,037
Taiwan	5,48 \$	0,00	Schweiz	3,53	1,21	Kanada	0,143	0,011
China	-	-	China	-	-	China	-	-

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

**Tabelle 30:** Mittelwerte der Effizienzparameter der Laserdrucker des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{X}$ Laser-Drucker								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise nicht modifiziert			Rücknahmepreise , normalisiert auf Behandlungskosten			Rücknahmepreise, normalisiert auf Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s
Dänemark	0,00 \$	0,00	Mexiko	-10,09	8,46	Kolumbien	-7,983	6,538
Portugal	0,10 \$	0,08	Peru	-8,52	6,98	Peru	-4,261	3,490
Belgien	0,13 \$	0,00	Kolumbien	-7,98	6,54	Mexiko	-2,523	2,114
Luxemburg	0,22 \$	0,00	Argentinien	-6,54	5,36	Argentinien	-2,182	1,787
Mexiko	0,23 \$	0,00	Taiwan	-6,43	10,22	Chile	-1,598	1,309
Finnland	0,34 \$	0,28	Chile	-4,79	3,93	Taiwan	-0,207	0,330
Polen	0,53 \$	0,43	Kanada	-0,56	2,44	Kanada	-0,043	0,188
Italien	0,56 \$	0,46	Korea	0,12	0,10	Korea	0,003	0,002
Österreich	0,83 \$	0,75	Griechenland	1,59	1,30	Polen	0,045	0,037
Frankreich	1,04 \$	0,59	Dänemark	2,79	2,28	Dänemark	0,046	0,038
Niederlande	1,14 \$	0,93	Frankreich	2,95	2,15	Finnland	0,049	0,040
Tschechien	1,49 \$	1,22	Polen	3,63	2,97	Frankreich	0,049	0,036
Kolumbien	1,55 \$	1,27	Finnland	3,72	3,05	Griechenland	0,053	0,043
HongKong	1,92 \$	0,00	Australien	3,87	3,17	Österreich	0,071	0,059
Spanien	1,94 \$	1,50	Portugal	4,15	3,40	Irland	0,071	0,059
Argentinien	2,21 \$	1,81	Rumänien	4,31	1,56	Belgien	0,076	0,061
Kanada	2,28 \$	0,12	Großbritannien	4,31	3,53	Australien	0,077	0,063
Rumänien	2,40 \$	0,00	Irland	4,64	3,80	Norwegen	0,084	0,068
Korea	2,73 \$	2,24	HongKong	4,78	2,34	Luxemburg	0,099	0,078
Irland	2,74 \$	2,24	Belgien	4,96	3,95	Niederlande	0,101	0,083
Norwegen	2,87 \$	2,35	Luxemburg	5,04	3,95	Tschechien	0,103	0,084
Peru	3,16 \$	2,59	Österreich	5,38	4,48	HongKong	0,109	0,053
Griechenland	3,65 \$	2,99	Niederlande	5,97	4,89	Portugal	0,126	0,103
Deutschland	3,67 \$	2,97	Norwegen	6,18	5,06	Schweden	0,133	0,117
Großbritannien	3,68 \$	3,02	Italien	6,39	5,24	Großbritannien	0,144	0,118
Taiwan	6,05 \$	0,00	Tschechien	7,07	5,79	Rumänien	0,149	0,054
Schweden	6,54 \$	5,90	Spanien	7,69	6,21	Italien	0,156	0,128
Chile	6,89 \$	5,64	Deutschland	8,56	6,97	Deutschland	0,158	0,129
Australien	8,16 \$	6,68	Schweden	9,16	8,05	Schweiz	0,177	0,121
Slowakei	9,23 \$	7,06	Slowakei	12,65	9,86	Spanien	0,183	0,148
Schweiz	12,60 \$	8,40	Schweiz	14,46	9,93	Slowakei	0,222	0,173
China	-	-	China	-	-	China	-	-

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

**Tabelle 31:** Mittelwerte der Effizienzparameter aller Drucker des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{X}$ über alle Drucker								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise nicht modifiziert			Rücknahmepreise, normalisiert auf Behandlungskosten			Rücknahmepreise, normalisiert auf Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s
Dänemark	0,00 \$	0,00	Mexiko	-5,98	7,29	Kolumbien	-4,800	5,637
Portugal	0,06 \$	0,07	Peru	-5,12	6,02	Peru	-2,562	3,008
Belgien	0,13 \$	0,00	Kolumbien	-4,80	5,64	Mexiko	-1,494	1,823
Finnland	0,21 \$	0,24	Argentinien	-3,94	4,62	Argentinien	-1,312	1,540
Luxemburg	0,22 \$	0,00	Chile	-2,88	3,38	Chile	-0,961	1,128
Mexiko	0,23 \$	0,00	Taiwan	-1,74	8,65	Taiwan	-0,056	0,279
Polen	0,32 \$	0,37	Korea	0,07	0,09	Korea	0,002	0,002
Italien	0,34 \$	0,39	Kanada	0,65	2,11	Polen	0,027	0,032
Österreich	0,47 \$	0,64	Griechenland	0,95	1,12	Dänemark	0,028	0,033
Niederlande	0,69 \$	0,80	Dänemark	1,68	1,97	Finnland	0,029	0,035
Frankreich	0,84 \$	0,48	Frankreich	1,99	1,82	Griechenland	0,032	0,037
Tschechien	0,90 \$	1,05	Polen	2,18	2,56	Frankreich	0,033	0,030
Kolumbien	0,93 \$	1,10	Finnland	2,24	2,63	Österreich	0,042	0,051
Spanien	1,21 \$	1,30	Australien	2,33	2,73	Irland	0,043	0,050
Argentinien	1,33 \$	1,56	Portugal	2,50	2,93	Australien	0,047	0,055
Korea	1,64 \$	1,93	Großbritannien	2,59	3,04	Belgien	0,047	0,052
Irland	1,65 \$	1,93	Irland	2,79	3,28	Kanada	0,050	0,162
Norwegen	1,72 \$	2,02	Belgien	3,03	3,41	Norwegen	0,050	0,059
Peru	1,90 \$	2,23	Luxemburg	3,12	3,41	Niederlande	0,061	0,071
HongKong	1,92 \$	0,00	Rumänien	3,17	1,72	Luxemburg	0,061	0,067
Rumänien	2,02 \$	0,66	Österreich	3,21	3,85	Tschechien	0,062	0,072
Griechenland	2,19 \$	2,58	Niederlande	3,59	4,21	Schweden	0,075	0,101
Großbritannien	2,21 \$	2,60	HongKong	3,64	2,01	Portugal	0,076	0,089
Deutschland	2,23 \$	2,56	Norwegen	3,72	4,36	HongKong	0,083	0,046
Kanada	2,36 \$	0,14	Italien	3,84	4,51	Großbritannien	0,086	0,101
Schweden	3,63 \$	5,09	Tschechien	4,25	4,99	Italien	0,094	0,110
Chile	4,14 \$	4,86	Spanien	4,67	5,36	Deutschland	0,096	0,111
Australien	4,90 \$	5,76	Deutschland	5,17	6,01	Rumänien	0,109	0,059
Slowakei	4,94 \$	6,58	Schweden	5,20	6,94	Schweiz	0,110	0,109
Taiwan	5,76 \$	0,28	Slowakei	7,00	8,98	Spanien	0,111	0,128
Schweiz	7,87 \$	7,63	Schweiz	8,99	8,94	Slowakei	0,123	0,157
China	-	-	China	-	-	China	-	-

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

**Tabelle 32:** Mittelwerte der Effizienzparameter aller Notebooks des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{X}$ Notebooks								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise			Rücknahmepreise, normalisiert auf			Rücknahmepreise, normalisiert auf		
nicht modifiziert			Behandlungskosten			Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s	Land	$\bar{X}$	s
Kolumbien	-0,18 \$	0,04	Peru	-1,19	0,28	Peru	-0,596	0,141
Dänemark	0,00 \$	0,00	Chile	-1,16	0,27	Chile	-0,385	0,091
Schweden	0,00 \$	0,00	Mexiko	-1,05	0,30	Mexiko	-0,263	0,076
Portugal	0,01 \$	0,00	Korea	-0,33	0,08	Argentinien	-0,028	0,007
Finnland	0,03 \$	0,01	Taiwan	-0,26	0,35	Taiwan	-0,008	0,011
Polen	0,05 \$	0,01	Griechenland	-0,19	0,05	Korea	-0,007	0,002
Österreich	0,07 \$	0,02	Argentinien	-0,08	0,02	Griechenland	-0,006	0,002
Niederlande	0,10 \$	0,02	Dänemark	0,01	0,00	Dänemark	0,000	0,000
Belgien	0,13 \$	0,00	Australien	0,02	0,00	Australien	0,000	0,000
Luxemburg	0,22 \$	0,00	Schweden	0,02	0,01	Schweden	0,000	0,000
Slowakei	0,22 \$	0,00	Polen	0,12	0,03	Polen	0,001	0,000
Peru	0,22 \$	0,05	Portugal	0,13	0,03	Österreich	0,002	0,001
Mexiko	0,23 \$	0,00	Kolumbien	0,15	0,03	Portugal	0,004	0,001
Korea	0,25 \$	0,06	Österreich	0,16	0,04	Slowakei	0,004	0,000
Irland	0,25 \$	0,06	Slowakei	0,25	0,01	Finnland	0,006	0,001
Chile	0,25 \$	0,06	Finnland	0,44	0,10	Irland	0,007	0,002
Argentinien	0,26 \$	0,06	Irland	0,47	0,11	Deutschland	0,009	0,002
Spanien	0,28 \$	0,07	Deutschland	0,51	0,12	Belgien	0,010	0,002
Frankreich	0,31 \$	0,05	Niederlande	0,63	0,15	Niederlande	0,011	0,003
Griechenland	0,33 \$	0,08	Belgien	0,66	0,13	Tschechien	0,011	0,003
Großbritannien	0,34 \$	0,08	Großbritannien	0,68	0,16	Norwegen	0,013	0,003
Deutschland	0,35 \$	0,08	Luxemburg	0,75	0,13	Frankreich	0,013	0,003
Tschechien	0,48 \$	0,11	Frankreich	0,79	0,17	Luxemburg	0,015	0,002
Italien	0,50 \$	0,12	Tschechien	0,79	0,19	Italien	0,021	0,005
Norwegen	0,59 \$	0,14	Rumänien	0,84	0,02	Spanien	0,021	0,005
Australien	0,75 \$	0,18	Italien	0,85	0,20	Großbritannien	0,023	0,005
Rumänien	0,76 \$	0,00	Spanien	0,87	0,21	Rumänien	0,029	0,001
Taiwan	1,22 \$	0,00	Norwegen	0,94	0,22	HongKong	0,042	0,000
China	1,38 \$	0,00	China	1,25	0,03	China	0,078	0,002
Kanada	1,70 \$	0,54	HongKong	1,85	0,02	Schweiz	0,079	0,001
HongKong	1,92 \$	0,00	Kanada	2,20	0,66	Kolumbien	0,146	0,035
Schweiz	6,30 \$	0,00	Schweiz	6,50	0,05	Kanada	0,169	0,051

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

Tabelle 33: Mittelwerte der Effizienzparameter aller Monitore des Portfolios

Effizienzparameter								
$\bar{x}$ Monitore								
$RK_1$			$RK_2$			$RK_3$		
Rücknahmepreise			Rücknahmepreise, normalisiert auf			Rücknahmepreise, normalisiert auf		
nicht modifiziert			Behandlungskosten			Behandlungskosten / Sammelrate		
Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s	Land	$\bar{x}$	s
Portugal	0,06 \$	0,03	Peru	-3,30	1,73	Kolumbien	-2,584	1,357
Polen	0,28 \$	0,15	Argentinien	-3,23	1,70	Peru	-1,648	0,866
Luxemburg	0,43 \$	0,00	Kolumbien	-2,58	1,36	Argentinien	-1,077	0,566
Slowakei	0,76 \$	0,00	Chile	-2,12	1,97	Chile	-0,706	0,656
Kolumbien	0,97 \$	0,51	Taiwan	-1,16	2,70	Taiwan	-0,037	0,087
Argentinien	1,19 \$	0,62	Luxemburg	0,22	0,11	Luxemburg	0,004	0,002
China	1,38 \$	0,00	Belgien	1,31	0,11	Belgien	0,020	0,002
Peru	1,41 \$	0,74	Mexiko	1,60	2,09	Niederlande	0,030	0,016
Korea	1,47 \$	0,77	Korea	1,63	0,86	Korea	0,034	0,018
Irland	1,47 \$	0,77	Niederlande	1,74	0,91	Norwegen	0,037	0,019
Dänemark	1,48 \$	0,78	Portugal	1,84	0,97	Polen	0,037	0,019
Rumänien	1,53 \$	0,00	Dänemark	2,55	1,34	Dänemark	0,042	0,022
Belgien	1,53 \$	0,00	Norwegen	2,70	1,42	Schweden	0,050	0,013
Niederlande	1,96 \$	1,03	Polen	2,99	1,57	Frankreich	0,050	0,003
Deutschland	2,07 \$	1,09	Frankreich	3,01	0,16	Finnland	0,055	0,029
Chile	2,59 \$	1,46	Rumänien	3,05	0,80	Portugal	0,056	0,029
Frankreich	2,71 \$	0,00	Schweden	3,42	0,89	Irland	0,062	0,033
Österreich	2,94 \$	1,54	Griechenland	3,57	1,88	Österreich	0,064	0,034
Finnland	2,94 \$	1,54	Australien	3,64	1,91	Slowakei	0,072	0,031
Italien	2,94 \$	1,54	Deutschland	4,05	2,13	Australien	0,073	0,038
Spanien	2,94 \$	1,54	Irland	4,06	2,13	Deutschland	0,075	0,039
Griechenland	3,11 \$	1,63	Slowakei	4,08	1,75	Rumänien	0,105	0,028
Norwegen	3,46 \$	1,82	China	4,14	1,45	Tschechien	0,112	0,059
Taiwan	3,98 \$	0,00	Finnland	4,21	2,21	Spanien	0,116	0,061
Großbritannien	4,29 \$	2,25	Großbritannien	4,42	2,32	Griechenland	0,119	0,063
Australien	4,38 \$	2,30	Österreich	4,88	2,56	Schweiz	0,127	0,036
Tschechien	4,81 \$	2,52	Spanien	4,89	2,57	Italien	0,138	0,073
Mexiko	5,59 \$	0,00	Italien	5,68	2,98	Großbritannien	0,147	0,077
Schweden	5,65 \$	2,00	Kanada	6,89	1,20	HongKong	0,217	0,048
HongKong	6,45 \$	0,96	Tschechien	7,72	4,06	China	0,259	0,091
Kanada	10,21 \$	2,86	HongKong	9,54	2,12	Mexiko	0,401	0,523
Schweiz	10,50 \$	2,97	Schweiz	10,38	2,91	Kanada	0,530	0,092

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

Tabelle 34: Ergebnisse des angewandten t-Tests

	t-Test (Signifikanzniveau ( $\alpha= 5\%$ ))	
Alle Produkte	Ergebnis	Beurteilung
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,010	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0252	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>3</sub></i>	0,0437	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<b>Tintendrucker / MFD</b>		
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,0121	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0035	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>3</sub></i>	0,0484	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<b>Laserdrucker</b>		
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,0195	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0782	<i>H<sub>1</sub> ablehnen</i>
<b>Alle Drucker <i>RK<sub>3</sub></i></b>	0,0484	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,0179	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0031	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>3</sub></i>	0,0445	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<b>Notebooks</b>		
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,0393	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0285	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>3</sub></i>	0,0930	<i>H<sub>1</sub> ablehnen</i>
<b>Monitore</b>		
<i>RK<sub>1</sub></i>	0,0264	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>2</sub></i>	0,0345	<i>H<sub>1</sub> annehmen</i>
<i>RK<sub>3</sub></i>	0,0420	<i>H<sub>1</sub> ablehnen</i>

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

#### 8.2 Glossar

Deutsch	Englisch	Synonym	Abkürzung (engl)	Erklärung
Beschränkung gefährlicher Stoffe	Reduction of Hazardous Substances		RoHS	EU-Regelwerk (2011/65/EU), das die Verwendung und das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen in Elektrogeräten und elektronischen Bauelementen regelt
Behandlung	Treatment			Beinhaltet alle operativen Schritte von der Schadstoffentfrachtung, Gewinnung von Recyclingmaterialien sowie die Beseitigung von Schadstoffen / Restmaterialien
Elektro-/Elektronische Altgeräte	Waste from Electric and Electronic Equipment		WEEE	EU-Direktive (2012/19/EU), die den Umgang mit Elektro-/Elektronischen Altgeräten regelt. Erste Version wurde 2004 verabschiedet, eine Revision erfolgte 2012.
Erweiterte Herstellerverantwortung	Extended Producer Responsibility	Erweiterte Produzentenverantwortung	EPR	Postuliert die Verantwortung der Hersteller für das Abfallmanagement ihrer Produkte
Gerät mit mehreren Funktionen	Multifunctional Device		MFD	Wird in der Regel für Drucker, die auch Scanner- oder Faxfunktionen aufweisen, benutzt
Haushaltsgroßgeräte	Large Domestic Appliances	Weißer Ware	LDA	Große Haushaltsgeräte wie Waschmaschinen. Wegen des hohen Metallgehaltes werden vielfach positive Recyclingerlöse erzielt. Kühlgeräte zählen nicht zu dieser Kategorie.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

#### 8.2 Glossar (Fortsetzung)

Deutsch	Englisch	Synonym	Abkürzung (engl)	Erklärung
Haushaltskleingeräte	Small Domestic Appliances		SDA	Kleinere (mülltonnengängige) Geräte aus dem Haushaltsbereich (z.B. Küchenmaschinen, Rührstäbe)
In den Verkehr gebrachte Geräte	Put on (the) Market	Verkaufsmenge	POM	Geräte, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums in einem Land verkauft wurden
Individuelle Herstellerverantwortung	Individual Producer Responsibility		IPR	Unter IPR sind Hersteller nur für den Abfall aus den Geräte, die unter ihrem Warenzeichen (Marke) in den Verkehr gebracht wurden, verantwortlich
Informeller Sektor	Informal Sector			Klein-/Kleinstunternehmen, die Abfälle sammeln und teilweise mit fragwürdigen Methoden behandeln, um Wertstoffe (Metalle) zu gewinnen
Inverkehr gebrachte Menge	Put on the Market	Verkaufsmenge	POM	
Kollektive Herstellerverantwortung	Collective Producer responsibility		CPR	Alle Hersteller nehmen, entsprechend ihres Marktanteils, Altgeräte aller Marken zurück
Modellierung	Modulation			Anrechnung von DFR in Geräten durch geringere Gebühren bzw. Sammlungsverpflichtungen abhängig von der Umsetzung von DFR

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

#### 8.2 Glossar (Fortsetzung)

Deutsch	Englisch	Synonym	Abkürzung (engl)	Erklärung
Preisgruppe	Pricing Group			Eine Gruppe von Produkten, für die dieselbe Vorgezogene Rücknahmegebühr (ARF) erhoben wird.
Produzent	Original Equipment Manufacturer		OEM	Ein Unternehmen, das Geräte entwirft , produziert bzw. unter seiner Marke produzieren lässt.
Profitabilität einer Investition	Return of Investment	Ammortisation	ROI	Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Rentabilität von Investitionen zu berechnen (Interner Zinssatz, Rücklaufzeit)
Rechnungsstellung nach Rücknahmemenge	Amount Collected Treated		ACT	Rechnungsstellung nach aktueller Rücknahmeverpflichtung
Recyclinggerechtes Design	Design for Recycling		DFR	Beachtung von Designkriterien, die Recycling ermöglichen / verbessern. Z.B. Vermeidung von Verbundmaterialien, gefährlichen Bauteilen / Substanzen
Rücknahmeorganisation	Producer Responsibility Organisation		PRO	Organisation, die die operativen Verpflichtungen von Herstellern bei der Erweiterten Produzentenverantwortung übernimmt (z.B. Sammlung, Behandlung)

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

#### 8.2 Glossar (Fortsetzung)

Deutsch	Englisch	Synonym	Abkürzung (engl)	Erklärung
Rücknahmesystem	Take Back System		TBS	Die Kombination aus Gesetzgebung und operativer Umsetzung für die Rücknahme nach EPR in einem Land
Sichtbare Rücknahmegebühr	Visible Fee		VF	Rücknahmegebühren, die dem Kunden beim Kauf erkennbar sein müssen (z.B. auf der Rechnung)
Verursacher trägt die Kosten von Schäden	Poluter Pays Principle		PPP	Das Prinzip, den Verursacher von Umweltschäden haftbar zu machen. Es wurde mit EPR auch auf den Abfall aus Produkten eines Herstellers erweitert
Vorgezogener Recycling-Beitrag	Advanced Recycling Fee	ARF	VRB	Preismodel von PROs, bei dem feste Rücknahmegebühren je Gerät festgelegt werden, die beim Verkauf / Import eines Gerätes entrichtet werden müssen
Waisen-Geräte	Orphan Products			Produkte, dessen Hersteller den Markt beim Erlass von Regelungen für Altgeräte bereits verlassen hat (z.B. Konkurs)
Wiederverwendung	Re-Use			Produkte, die aus dem Abfall aussortiert und einer erneuten Nutzung zugänglich gemacht wurden.

## Vergleich der Effizienz von Rücknahmesystemen

### Anhang

#### 8.3 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung (engl.)	Bedeutung (deutsch)
ACT	Amounts Collected Treated	Sammlung und Behandlung der Rücknahmemenge eines Herstellers
ARF	Advanced Recycling Fee	Vorgezogene Rücknahmegebühr
CPR	Collective Producer Responsibility	Kollektive Herstellerverantwortung
CpR	Cost per Revenue	Kosten in Relation zum Umsatz
DFR	Design for Recycling	Recyclinggerechtes Design
EAR		Elektro Altgeräte Register (Clearinghouse in D.)
EPEAT	Electronic Products Assessment Tool	Tool zur Umweltbewertung von Produkten des Global Electronics Councils
EPR	Extended Producer Responsibility	Erweiterte Herstellerverantwortung
EU	European Union	Europäische Union
GESP	Global E-Waste Statistical Partnership	Organisation unter der Schirmherrschaft der International Telecommunication Union (ITU) und United Nations University – Sustainable Cycles (UNU-SCYCLE), die statistische Daten aus dem Umfeld von WEEE veröffentlicht
i.d.R.		In der Regel
ISO	International Standardisation Org.	Int. Standardisierungsorganisation (int. Äquivalent zu DIN)
LCA	Lifecycle Assessment	Ökobilanz auf Produktebene
MFA	Material Flow Analysis	Materialflussanalyse
MWM	Municipal Waste Management	Kommunale Abfallwirtschaft
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OEM	Original Equipment Manufacturer	Hersteller / Markeninhaber
POM	Put on Market	Auf den Markt gebracht (-e Geräte)
PRO	Producer Responsibility Organisation	Rücknahmeorganisation, die die operativen Aufgaben von Hersteller im Zusammenhang mit gesetzl. Regeln für Altgeräte übernimmt
RoHS	EU-Regulation regarding the Reduction of Hazardous Substances	EU-Regulation, die die Reduzierung gefährlicher Substanzen zum Ziel hat
SENS	PRO for domestic Appliances in Switzerland	Stiftung Entsorgung Schweiz (Rücknahmeorganisation für Haushaltsgeräte und Lampen)
SWICO	PRO for Electronics	Rücknahmeorganisation für elektronische Produkte
S/W	Monochrome Black/White Display	Schwarz / Weiss Bildschirm
u.a.		Unter anderem
USD	US-Dollar	US-Dollar
z.B.		zum Beispiel