

Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF

Intelligente Demontage für Recycling und Remanufacturing (IDEAR) – Geschäftsmodelle

Kay Matzner & Rodrigo Torres Adelsberger

12. September, 2024

Agenda

1. Hintergrund und Herausforderungen
2. Business-Ökosystem-Perspektive
3. Status Quo der Elektronikrecyclingbranche
4. Beispiele aus der Industrie im Bereich Demontage
5. Hauptszenario für die Erstellung des Geschäftsmodells „iDear-Smart PSS“
6. Aktuelle Geschäftsmodelle im E-Waste-Management und Innovationspotenzial
7. Leistungsangebot: Digitaler Zwilling-gesteuerter Smart-Demontagekonfigurator für die Recyclinganlagen der Zukunft
8. Diskussion

Hintergrund und Herausforderungen

Smartes E-Waste Management durch digitale Zwillinge



Herausforderungen-Status Quo

- Zunahme von Elektronikabfällen
- Ineffiziente und umweltschädliche Entsorgung
- Mangelnde Wiederverwertung wertvoller Materialien

Smartes E-Waste Management durch fortschrittliche Technologien

- Reduktion von Umweltbelastungen durch nachhaltige Recyclingmethoden
- Effiziente Erfassung und Verarbeitung von Elektronikabfällen
- Verbesserung der Ressourcennutzung und Abfallminimierung



Rolle der digitale Zwillinge im E-Waste Management

- Echtzeit-Überwachung und –Analyse
- Optimierung der Recyclingprozesse durch Simulation
- Planung für die Optimierung von Sammel- und Verarbeitungsrouten
- Kostenreduktion und Ressourcenschonung
- Datenaustausch zur Unterstützung strategischer Entscheidungen

Bedeutung von Geschäftsmodellen

- Wertschöpfung und Monetarisierung
- Förderung der Kreislaufwirtschaft
- Interoperabilität und Zusammenarbeit
- Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- Nachhaltigkeit und Cooperate Social responsibility



Quellen: Baldé et al., 2024; Nikolic et al., 2024; Quirk, 2022; World Economic Forum, 2019; Preut et al., 2021; Wilking et al., 2021; Wang et al., 2019; Takacs et al., 2020.

Business-Ökosystem

Zusammenarbeit und Koordination im Ökosystem sind entscheidend zur erfolgreichen Implementierung zirkulärer Geschäftsmodelle

Bedeutung Hauptakteur

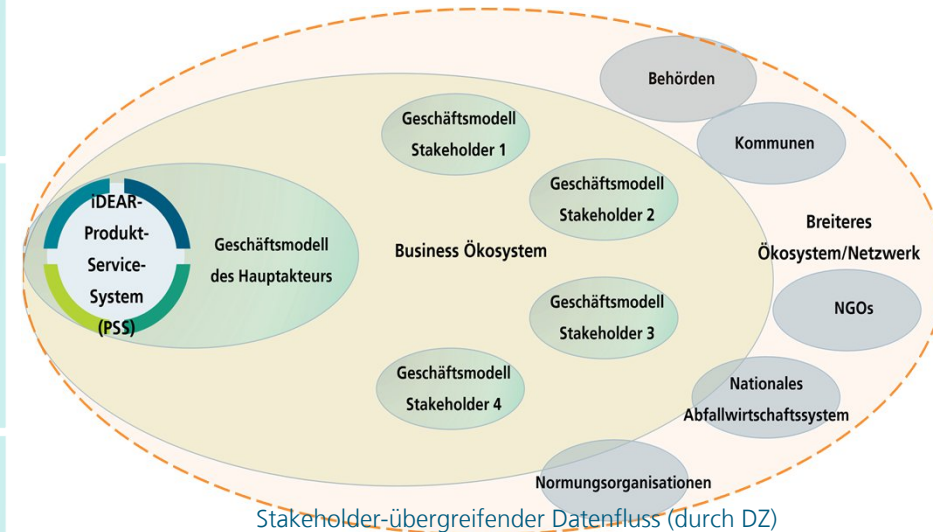
- Entwicklung skalierbarer Geschäftsmodelle durch die Gestaltung innovativer Geschäftsmodellmuster
- Marktführerschaft durch innovative und wettbewerbsfähige Angebote
- Ermöglichung Maximierung der Einnahmen und Minimierung der Kosten durch Effizienzsteigerungen
- Anwendung von Technologien zur Wertschöpfung im Einklang mit der Kreislaufwirtschaft

Bedeutung Ökosystem-Stakeholders

- Beitrag zur Innovationsfähigkeit und zum Wettbewerbsvorteil des Ökosystems
- Strategische Allianzen zur Ressourcenoptimierung und Kostensenkung
- Förderung gemeinsamer F&E-Aktivitäten zur Entwicklung neuer Technologien und Lösungen
- Datenaustausch, Sicherstellung der Interoperabilität und Integration von Dienstleistungen und Systemen innerhalb des Ökosystems

Bedeutung Netzwerk

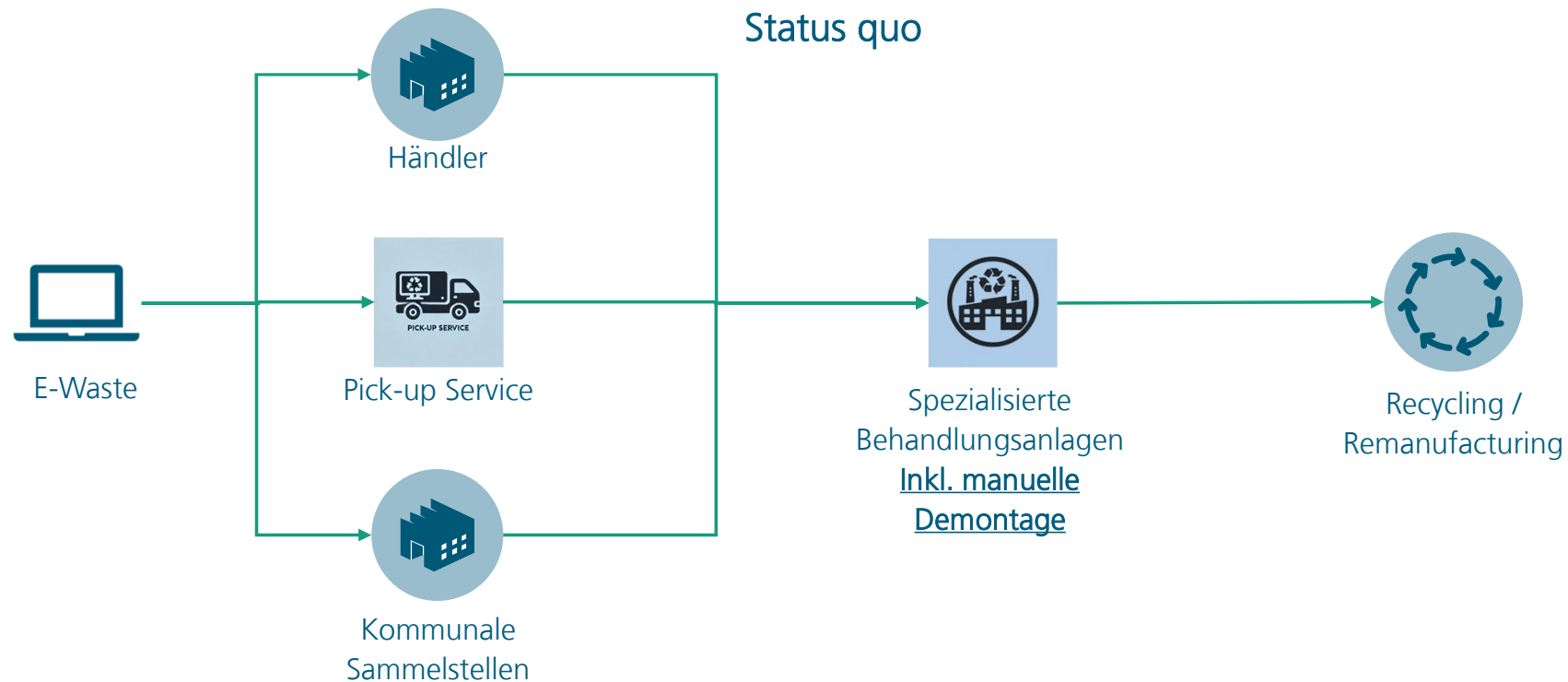
- Integration breiter gesellschaftlicher und ökologischer Ziele in die Geschäftspraktiken
- Einbindung externer Interessengruppen zur Förderung von Kreislaufwirtschaftsinitiativen
- Einflussnahme auf Politik und Standards zur Unterstützung nachhaltiger Entwicklung
- Zusammenarbeit mit Regierungsbehörden, Gemeinden und NGOs
- Stärkung der Unternehmensverantwortung (CSR) und der öffentlichen Wahrnehmung



Quellen: Acatech, 2021; Bressanelli et al., 2018; Takacs et al., 2020.

Status Quo der Elektronikrecyclingbranche

Die Demontage erfolgt noch meist manuell



Quellen: World Economic Forum, 2024; Deutsche Kreislaufwirtschaft, 2020.

Diskussion von Beispielen aus der Industrie (1)

Übergang zur automatisierten Demontage wird angestrebt



Apple's iPhone Recycling-Roboter Daisy → automatisierte Demontage

- + Hohe Effizienz & Kostensenkung durch Automatisierung
- + Präzise Trennung und Recycling von Materialien, reduziert Abfall
- Hohe Anfangsinvestitionen in Robotertechnologie
- Ressourcen für die Herstellung und Wartung von Robotern



Renault-DEMONTAGEWERKE in Flins & in Lyon → Demontage überwiegend manuell

- + Nutzung bestehender Infrastruktur
- + Manuelle Prozesse ermöglichen flexible Anpassung an verschiedene Produktarten
- Höhere Arbeitskosten und geringere Effizienz im Vergleich zur Automatisierung
- Abhängigkeit von menschlicher Präzision



Audi Pilot-Projekt "MaterialLoop" → gezielte Demontage

- + Gezielte Demontage verbessert Materialrückgewinnung und reduziert Kosten
- + Erhöhte Wiederverwertungsrate durch präzise Materialtrennung
- Hohe Qualifikationsanforderungen an Arbeitskräfte
- Zeitaufwändigere Prozesse im Vergleich zur Vollautomatisierung

Quellen: Wallpaper, 2021; renault, 2023; EUWID, 2023.

Diskussion von Beispielen aus der Industrie (2)

Übergang zur automatisierten Demontage wird angestrebt



MTU Maintenance Remanufacturing von Turbinen → Demontage überwiegend manuell

- + Nutzung bestehender Infrastruktur und Fachkenntnisse
- + Hohe Effizienz und Präzision in der Turbinenwartung
- Überwiegend manuelle Prozesse, die zeitaufwendig und kostenintensiv sind
- Abhängigkeit von qualifizierten Fachkräften



Liebherr's Automatisierte Batteriedemontage → automatisierte Demontage

- + Verringert die Notwendigkeit kostspieliger und energieintensiver Verarbeitungstechniken
- + Hohe Effizienz in der Rückgewinnung und dem Recycling von Batteriematerialien
- Spezialisierte Technologie und hohe Anfangsinvestitionen
- Abhängigkeit von präzisen Robotern und Datenerfassung

Quellen: Liebherr Group, 2024; MTU, 2023.

Beispiele aus der Industrie: Takeaways

1

Automatisierung erforderlich

- Demontageprozesse sind überwiegend manuell
- Technologische Integration von Robotik, KI und digitalen Zwillingen steigert Effizienz

2

Technologische Integration

- Steigerung der Präzision und Reduktion der Arbeitskosten
- Verbesserte Materialrückgewinnung

3

Hohe Anfangsinvestitionen lohnen sich

- Langfristige Einsparungen bei Kosten und Ressourcen durch automatisierte Systeme
- Skalierbarkeit und Flexibilität für effizientere Ressourcennutzung

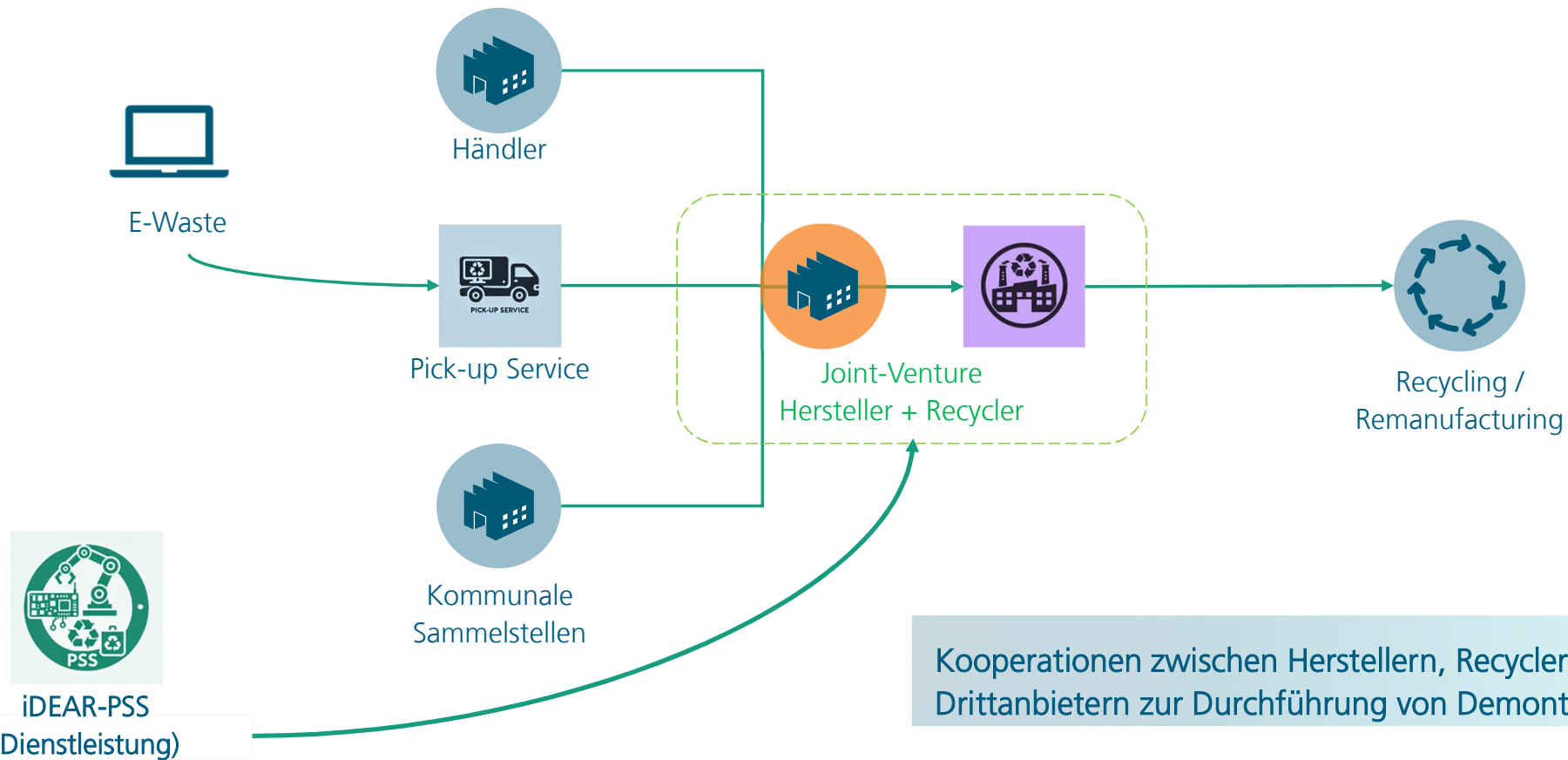
4

Zusammenarbeit & Datenintegration

- Notwendig für eine erfolgreiche Implementierung fortschrittlicher Technologien

Hauptszenario für die Erstellung des Geschäftsmodells „iDear-Smart PSS“

Drittanbieter- oder Joint-Venture-geführtes Szenario



Status Quo Geschäftsmodelle im E-Waste-Management und Innovationspotenzial

Dienstleistung	Einnahmemodell	Innovationspotenzial
Asset Management und E-Waste Recycling	Gebühren für Sammlung, Verarbeitung und Verkauf der zurückgewonnenen Materialien	- Automatisierte Demontage zur Steigerung der Effizienz und Senkung der Arbeitskosten - Nutzung der Digital Twin Technologie zur Verbesserung der Datenpräzision und Optimierung der Rückgewinnungsprozesse (z. B. Echtzeitdatenintegration für bessere Materialrückgewinnung)
IT Asset Disposition (ITAD) Services	Gebühren für Datenlöschung, sichere Transporte und den Wiederverkauf von aufbereiteten Geräten	- Echtzeitüberwachung und prädiktive Analysen zur Datensicherheit - Leistungsbasierte Verträge zur Ausrichtung der Gebühren an Leistungskennzahlen (z. B. höhere Rückgewinnungsraten und verbesserte Sicherheit)
Trade-In/Buy-back und Wiederverkauf	Margen aus dem Wiederverkauf von aufbereiteten Produkten	- KI für präzise Diagnosen und Reparaturen - Abonnementmodelle, die laufenden Support und Upgrades für aufbereitete Produkte bieten (z. B. kontinuierliche Updates und Wartungspläne)
Sammlung, Recycling und Entsorgung von E-Waste	Gebühren für Sammlung und Verarbeitung, Verkauf von recycelten Materialien	- Smart Reverse Logistics zur Optimierung der Sammelrouten und Senkung der Transportkosten - Kooperationsplattformen zur effizienteren Recyclingprozessen (z. B. Datenaustausch zwischen Recyclern und Herstellern)
Plattformdienst für den Kauf und Verkauf gebrauchter Geräte	Transaktionsgebühren und Provisionen aus Verkäufen	- Premium und Add-Ons bieten Basiszugang zur Plattform mit Premium-Funktionen (z. B. detaillierte Analysen, individuelle Berichte) - Digitale Zwillinge bieten detaillierte Produktverläufe und Zustandsberichte

Quellen: Dejene et al., 2023; Torres Adelsberger et al., 2024; Wang and Wang, 2019. .

Potenzielles Leistungsangebot Fraunhofer IFF: Digitaler Zwilling-gesteuerter Smart-Demontagekonfigurator für die Recyclinganlagen der Zukunft

Individuelle Wertangebot

- Modulare & skalierbare Anlagekonfiguration (inkl. Hardware-Schnittstellen)
- Optimierung bestehender Systeme für die Integration fortschrittlicher Demontagetechnologien
- Produktkompatibilitätsanalyse
- Optimaler Prozess zur Demontage von Produkten

Konzepte zur Integration aller Kundensegmente

Hauptnutzer → Joint ventures (Hersteller + Recycler)

Nutzen Sekundäre Nutzer → Kommunen & Industriegebiete



Optimierung eingebundener Technologien

- Digitaler Zwilling-gesteuerte Anlageplanung und-bewertung
- Digital-Zwilling-Hub für die Datenintegration
- KI & Robotik
- Automatische Generierung von Demontagesequenzen
- Echtzeit-Produktbewertung und -anpassung

Entwicklung Konzepte Einnahmemodelle

Verschiedene Modelle möglich →

- Subscription- & Premium-Modelle
- Leistungsbasierte Verträge
- Premium-Modelle mit Add-ons
- Datengetriebene digitale Dienste

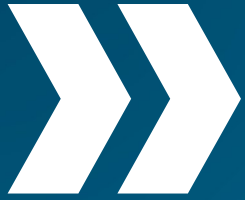
Diskussion

Welche Herausforderungen sehen Sie in der Industrie bei der Umsetzung von geschlossenen Kreislaufsystemen und nachhaltigen Recyclingprozessen?

Welche praktischen Probleme könnten nach durch die Nutzung von Echtzeitdaten und fortschrittlichen Technologien, wie digitalen Zwillingen, gelöst werden?

Welche Hürden bestehen für Unternehmen bei der Einführung zirkulärer Geschäftsmodelle, um Effizienz und Nachhaltigkeit zu steigern?

Thank you!
¡Gracias!
Danke!



A Circular Economy understanding lacking business models is one with no driver at the steering wheel.«

Kirchherr et al. 2017, p. 228

Kontakte:

kay.matzner@iff.fraunhofer.de

rodrigo.torres.adelsberger@iff.fraunhofer.de