

Erweiterter Literaturüberblick zur Disposition im Re-Use-Umfeld

Planung und Dispositionsentscheidungen in Bezug auf Re-Use von Gebrauchsgütern

Die zu treffenden Entscheidungen im Re-Use-Sektor sind von enormer Komplexität geprägt, welche die optimale operative Umsetzung von Re-Use erschwert: In vielen Fällen sind weder die Qualität eines gebrauchten Produkts noch die Menge, die von einem bestimmten Modell zur Verfügung steht, vorab bekannt. Zusätzlich ist der Zeitpunkt, an dem das gebrauchte Produkt zur Wiederaufarbeitung zur Verfügung steht, oft unbekannt. Dies alles geschieht unter dem Gesichtspunkt, dass Re-Use von Gebrauchsgütern einen hohen Grad an manueller Arbeit aufweist und somit einer detaillierten Kapazitätsplanung bedarf. Aus diesen Unsicherheiten resultiert auch eine deutlich breitere Palette an möglichen Dispositionsoptionen.

Die bekanntesten Optionen für die Wiederverwendung von Gebrauchsgütern aus der Literatur sind in Abbildung 1 zusammengefasst und umfassen (1) direktes Re-Use von Produkten mit oder ohne Reparatur, (2) Wiederaufarbeitung mit unterschiedlichen Qualitätsstufen (Remanufacturing, Refurbishment), (3) Ausschichten der Altgeräte zur Gewinnung von Ersatzteilen und Komponenten, und (4) stoffliche Verwertung in Form von Recycling (Geissdoerfer et al., 2017; Thierry et al., 1995).

Daneben bestehen auch weitere Möglichkeiten, u.a. das nicht mehr nutzbare gebrauchte Produkt oder die Komponente einem anderen Zweck als ursprünglich intendiert zuzuführen („Repurposing“; Coughlan et al., 2018), oder mittels Upcyclings aus ausgemusterten Materialien oder Produkten ein neues Produkt mit höherem Wert und/oder höherer Qualität zu erzeugen.

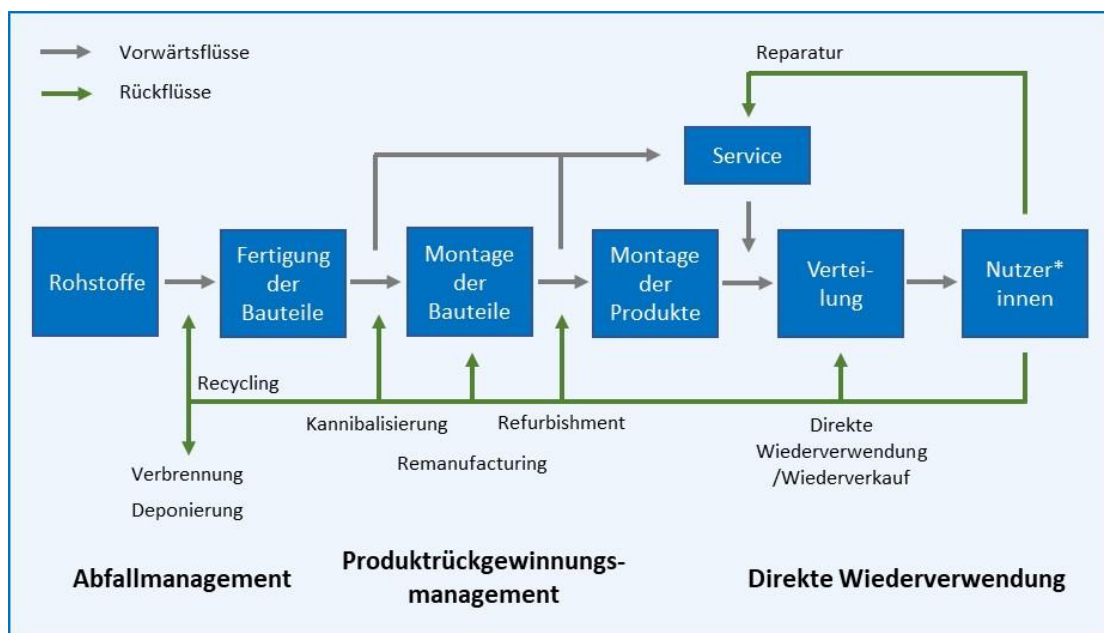


Abbildung 1: Geschlossene Lieferketten (Thierry et al., 1995)

Entscheidungen in Unternehmen können unter strategischen, taktischen oder operativen Blickwinkeln getroffen werden. Strategische Entscheidungen sind die Grundlage für taktische und operative Entscheidungen. Im Fall von Re-Use ist, zum Beispiel, die Investition in die Rückwärtslogistik bzw. Aufarbeitung von Produkten eine strategische Entscheidung (Agrawal et al., 2016; Goodall et al., 2014; Souza, 2013). Taktische Entscheidungen umfassen in der Regel mehr Produktdetails als strategische Entscheidungen, sie sind mittelfristig angelegt und

können sich im Zusammenhang mit Dispositionsentscheidungen beispielsweise auf die Festlegung der Dispositionsalternativen für Produkte beziehen. Ein Unterschied zu operativen Dispositionsentscheidungen besteht darin, dass bei taktischen Entscheidungen typischerweise keine individuellen Produkt- oder Komponentenfaktoren wie Qualität oder Zustand berücksichtigt werden. Operative Dispositionsentscheidungen müssen täglich getroffen werden, und diese Entscheidungen betreffen in der Regel einzelne Produkte oder Komponenten und werden oft im Rahmen von Inspektion der gebrauchten Produkte getroffen. Zum Beispiel, ob das einzelne Produkt oder Bauteil für eine bestimmte Dispositionsalternative verwendet werden kann. Die Entscheidungsträger sind in der Regel geschult und nutzen ihre Erfahrung für diese Entscheidungen (Goodall et al., 2014).

Zwar gibt es einige Studien, die vorwiegend auf strategischer Ebene den Einfluss auf die Re-Use-Disposition und die Auswahl der Dispositionsoptionen untersuchen, allerdings existieren weder praktisch orientierte noch theoretische Arbeiten, die die Einflussfaktoren auf die operative Bearbeitung und die damit zusammenhängende täglich auftretende Entscheidungsfindung identifizieren. Laut Rizova et al. (2020) konzentrieren sich 48% der überprüften Studien auf Entscheidungen auf strategischer Ebene, 34% auf taktischer Ebene und nur 5% auf operativer Ebene (die verbleibenden 13% untersuchten gemischte Ebenen).

Einflussfaktoren für die Disposition von Gebrauchtpunkten

Eine Vielzahl von Einflussfaktoren wirken auf die Disposition für Re-Use von gebrauchten Gütern. Um eine optimale Dispositionsentscheidung treffen zu können, ist es entscheidend, welche Einflussfaktoren in die Entscheidung einfließen. Es gibt jedoch nur wenig Forschung, welche die Einflussfaktoren identifiziert.

Die bestehende Forschung zu operativen Dispositionsentscheidungen konzentriert sich teilweise explizit auf Produkttypen wie Radlader (Zhou et al., 2012) oder Turbolader (Jun et al., 2012) oder betrachtet die Dispositionsentscheidung auf Komponentenebene. Darüber hinaus betrachten die Forscher die Entscheidungsmodelle meist aus einer wirtschaftlichen Perspektive, und andere Einflussfaktoren als die Qualität und die damit verbundenen Kosten werden selten berücksichtigt (Jun et al., 2007, 2012; Zhou et al., 2012). Bei ökonomischer Betrachtung ist der Wert des Produktes ein entscheidender Faktor: Produkte mit einem geringeren Wert werden im Allgemeinen zur Materialrückgewinnung durch Recycling verwendet, während sich diese Vorgehensweise mit einem steigenden Wert des Produktes mehr Richtung Re-Use-Aktivitäten verlagert (Miliotis et al., 2019). Hierfür sind auch die Möglichkeit, den Wert des ursprünglichen Produktes (beinahe) wiederzuerlangen (Larsen et al., 2018), sowie die Qualität des gebrauchten Guts zu berücksichtigen. Aus der Literatur ist allerdings auch bekannt, dass ein ausschließlicher Fokus auf die profitabelste Dispositionsoption nicht unbedingt in einem optimalen Gesamtergebnis resultiert, da die Wiederverwendungsmöglichkeiten in Konkurrenz zueinander stehen (Ferguson et al., 2011).

Eine Ausnahme zur ausschließlich ökonomischen Betrachtung bilden Dehghanbaghi et al. (2016), die eine ökologische Auswirkung durch ein Expertenurteil miteinbeziehen, und Pease et al. (2020), die einen prognostizierten Verkaufspreis auf Produktebene berücksichtigen. Es besteht eine Forschungslücke im Bereich der ganzheitlichen Entscheidungsunterstützung. Damit ist gemeint, dass neben ökonomischen auch ökologische und soziale Faktoren in die Entscheidung mit einbezogen werden. In der Literatur gibt es einzelne ganzheitliche Ansätze für die Entscheidungsfindung, wie am Beispiel von Meng et al. (2017) zu sehen ist. Sie beziehen ökonomische, ökologische und soziale Ziele in ihre Entscheidungsfindung für die Aufarbeitung eines Motors mit ein und entwickelten ein Entscheidungsmodell dafür.

Ein Literaturübersicht von 131 einflussreichen Journal-Artikeln stellte fest, dass die zukünftige Forschung vermehrt empirische Studien durchführen sollte, um ein vorausschauendes und beschreibendes Verständnis des gegenwärtigen Zustands der Akquisition, Sortierung und Disposition (ASD) zu gewinnen. Es wäre ebenso wünschenswert, dass die wissenschaftliche Literatur über abstrakte Modelle hinausgeht und Praktikern angewandte Forschungsergebnisse und Fallstudien zur Verfügung stellt, um die Lücke zwischen Forschung und

Praxis zu schließen. Derzeit liegt der Fokus in der ASD-Forschung hauptsächlich auf wirtschaftlichen Zielen. Sowohl die Forschung als auch die praktische Umsetzung könnten von einer verstärkten Untersuchung von ökologischen und sozialen Perspektiven profitieren. Darüber hinaus sollte die ASD-Forschung ihre Perspektive erweitern und sich nicht ausschließlich auf hochpreisige, sondern auch auf billige Produkte konzentrieren (Gunasekara et al., 2023).

Die Dispositionsentscheidung von Konsument:innen hat einen Einfluss auf die Entscheidungen von Unternehmen, daher gibt es eine große Anzahl von Artikeln, die sich damit befassen (Cerio & Debenedetti, 2021; Gaur et al., 2017; Hanson, 1980; Norum, 2017; Young Lee et al., 2013). Der Fokus ist hierbei besonders auf der Beschaffung von Produkten durch die Unternehmen, welche durch die Dispositionsentscheidung von Konsument:innen beeinflusst wird. Je nachdem welche Entscheidung getroffen wird und zu welchem Zeitpunkt, sind im Markt mehr gebrauchte Produkte mit höherem oder niedrigerem Wert verfügbar. Die Dispositionsentscheidung von Konsument:innen hängt laut Kumar et. al (2007) vom Unterschied zwischen dem möglichen Restwert des Produkts und den Verkaufsoptionen ab. Zur Bewertung haben Kumar et al. (2007) ein Modell für Verbraucher erstellt, um die Entscheidung für die beste Dispositionsalternative zu erleichtern, wobei sie davon ausgehen, dass sich der Wert eines Produkts für die Verbraucher durch die Verwendung des Produkts ändert und in den meisten Fällen abnimmt (Kumar et al., 2007).

Zusätzliche Einflüsse auf die Dispositionsentscheidung von Re-Use Unternehmen können die Kapazitäten der Lieferkette, die Kosten bzw. die damit verbundenen Gewinne und die Umweltauswirkungen sein. Regulierungen, Vorkommnisse am Markt, genauso wie das vorhin erwähnte Kundenverhalten stellen ebenso Entscheidungsgrundlagen für die Disposition in Re-Use Unternehmen dar (Hazen et al., 2012).

Implikationen von Re-Use für ökologische, ökonomische und soziale Aspekte

Das derzeit vorhandene Wissen lässt auf eine positive Auswirkung von Re-Use-Aktivitäten auf ökologische, ökonomische und soziale Faktoren schließen. So geht eine Verlängerung der Lebenszeit zum Beispiel von Waschmaschinen und Geschirrspülern in den meisten Fällen mit positiven Auswirkungen auf die Umwelt einher (Hischier & Böni, 2021; Tecchio, Paolo et al., 2016). Auch für andere Elektro(nik)geräte ist eine lange Nutzung umweltfreundlicher, da Ressourcen und Herstellungsaufwand im Vergleich zu neuen Produkten vermieden werden können. Die Lebensdauererlängerung von älteren Produkten ist andererseits ökologisch nicht immer erstrebenswert, da mit einem Neuproduktkauf die Vorteile der Energieeinsparung während der Nutzung überwiegen können (Bodlack & Gmeiner, 2016). Daher kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine Verlängerung der Lebens- und Nutzungsphase – sei es durch Reparatur oder die Wiederverwendung – für hocheffiziente (moderne) Geräte jedenfalls umweltfreundlicher ist als ein frühzeitiger Austausch (Steiner et al., 2005). Speziell auch für andere Haushaltsprodukte wie Möbel, Textilien, Fahrräder, Bücher etc. wird eine verlängerte Nutzung grundsätzlich als ökologisch sinnvoll erachtet (Krause & Fabian, 2020). Durch kontrollierte Re-Use-Aktivitäten können überdies unkontrollierte E-Schrott-Recyclingaktivitäten verhindert werden, welche Schwermetalle und persistente organische Stoffe in die Umwelt freisetzen (Man et al., 2013). Auch das gemittelte Global Warming-Potential pro Jahr verringert sich mit einer längeren Nutzung (Ercan et al., 2016), und außerdem führen rückwärtsgerichtete Logistikprozesse bzw. die Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten zu einer Reduktion von Abfallmengen (Molinari, 2010). Eine aktuelle Studie zeigt, dass die Transformation der Waschmaschinen-Industrie von einer linearen zu einer Kreislaufwirtschaft für Konsument:innen eine jährliche Ersparnis von dreißig Prozent der derzeitigen Waschkosten implizierte. Zusätzlich könnte der Wasser- und Elektrizitätsverbrauch reduziert werden (Bressanelli et al., 2017). Diese Kostenersparnis beschränkt sich nicht nur auf Waschmaschinen, sondern auf Re-Use generell: Die Lebenszykluskosten sind für einzelne Konsument:innen in den meisten Fällen am geringsten, wenn eine große Anzahl an Reparaturen durchgeführt werden (Brusselaers et al., 2020). Diese Kostenersparnis hat einerseits individuelle ökonomische Implikationen, auf der anderen Seite kann dies positive Effekte für sozial benachteiligte Personen haben: Re-Use-Aktivitäten können für benachteiligte

Personen den Zugang zu modernen, wiederaufbereiteten Produkten verbessern (Lechner & Reimann, 2015; Zacho et al., 2018). Außerdem kann ein nicht notwendiger Wertverlust, der durch verfrühtes Ausmustern von Produkten und daraus resultierende Verschwendung entsteht, vermieden werden (Sabbaghi & Behdad, 2018). Zusätzlich werden in der Re-Use-Branche (lokale) Arbeitsplätze geschaffen, nicht nur durch die tatsächliche Wiederaufarbeitung, sondern auch durch dafür notwendige Logistikprozesse (O’Connell et al., 2013). So zeigen Berechnungen, dass pro 1.000t Re-Use-Output 53,5 Vollzeitäquivalente an Arbeitsplätzen entstehen (Neitsch et al., 2019). Im Gegensatz zu Neuprodukten, die oft im außereuropäischen Ausland produziert werden, kann mit Re-Use die lokale Wertschöpfung gesteigert werden (Krause & Fabian, 2020). Die notwendigen Qualifikationen für Arbeitsplätze in der Wiederverwendungsbranche sind vielfältig und reichen von manuellen und technischen Fähigkeiten bis hin zu komplexeren, kognitiven Fähigkeiten (Burger et al., 2019). Außerdem werden solche Aktivitäten oft von sozial orientierten Unternehmen, die z.B. Langzeitarbeitslose ausbilden/beschäftigen, durchgeführt (Lechner & Reimann, 2015; O’Connell et al., 2013; Zacho et al., 2018). Auch bildet sich ein großes Potenzial für Zusammenschlüsse von KMUs oder Netzwerke, um z.B. kooperativ Ersatzteile zu beschaffen (Bizer et al., 2019) oder um Erfahrungen auszutauschen (Lechner et al., 2021). Innovationen in diesem Bereich bzw. generell die Etablierung von Re-Use-Aktivitäten haben zusätzlich das Potenzial, neue Geschäftsfelder zu erschließen (Bressanelli et al., 2017).

Forschungsprojekte, Produkte, Verfahren, Patente zur Re-Use-Dispositionsplanung

Im Rahmen der Recherchen wurden zahlreiche Datenbanken (u.a. der FFG, FWF, DFG, Cordis), die eine Übersicht über relevante Forschungsprojekte bieten, durchforstet. Primär setzen sich die identifizierten Projekte mit technischen Fragestellungen – und hier vor allem Recycling oder der technischen Machbarkeit der Wiederverwendung von Gebrauchsgütern – auseinander: Beispiele hierfür sind die FFG-Projekte *LUFFI*, *TCCV2*, *LIBRAT*, *SecondLife* oder *ZeroSlag*. Wenige Projekte (siehe Tabelle 1) behandeln Teilaspekte der zentralen Themen von *OPENing Re-Use*.

Projekt und Beschreibung	Abgrenzung
R&DIY-U (FFG, abgeschlossenes Projekt, 1.11.17-31.12.20): Verbesserung bestehender und Entwicklung neuer Konzepte zur Erhöhung der Produktlebensdauer durch Reparaturen, Wartung und Sharing	Außerbetrieblicher Kontext, kein operatives Modell
CIRCUSOL (H2020, abgeschlossenes Projekt (1.6.18-31.5.22)): Entwicklung von aus Produkt-Service-Systemen basierenden Geschäftsmodellen für die Solarbranche unter Berücksichtigung von Second-Life-Optionen	Kein Fokus auf Logistik erkennbar, kein operatives Modell
ResCoM (H2020, abgeschlossenes Projekt (1.11.13-31.10.17)): Entwurf eines Frameworks und einer Software-Plattform für die Implementierung von Closed-Loop-Produktionssystemen	Kein operatives Modell
EASE-R3 (H2020, abgeschlossenes Projekt (1.7.13-30.6.16)): Entwurf eines Frameworks zur Auswahl der kostengünstigsten Instandhaltungsstrategie für Maschinen und deren Komponenten in einer Fabrik entlang ihres Lebenszyklus	Kein operatives Modell, Fokus auf Instandhaltung von Maschinen
RECLAIM (H2020, abgeschlossenes Projekt (1.10.19-31.3.23)): Erarbeitung eines Frameworks zur Entscheidungsunterstützung beim Refurbishment und Remanufacturing von elektromechanischen Maschinen und Robotersystemen	Kein operatives Modell, Fokus auf spezifischen Produkttyp

Tabelle 1: Relevante Projekte

FFG

[Projekte \(ffg.at\): https://projekte.ffg.at/projekt?go=1&q=kreislaufwirtschaft&thema%5B%5D=1](https://projekte.ffg.at/projekt?go=1&q=kreislaufwirtschaft&thema%5B%5D=1)

Suchbegriff	Anzahl Ergebnisse 12/23 (Vergleich zur Recherche 05/21)	Beispiele für relevante Ergebnisse
Reuse	40 (19)	SecondLife, LUFFI, TCCV2
Re-use	1686 (966)	LIBRAT, BIMstocks, Desinfektionsstraße, COMMBY, SCI_BIM, Waste2Storage, Austrian BioCycles, PV RE ² , NanoAdd, R&DIY-U,
Wiederverwendung	41 (13)	-
Refurbishment	36 (10)	-
Recycling	174 (66)	E-waste South Africa, Wertstoffscanning, Green-A-Industry, NANO CYCLE, ZeroSlag, TEX2MAT, inrec
Planungstool	12 (7)	M-DAB
Planungsinstrument	5 (2)	-
Entscheidungsunterstützung	28 (16)	-
Kreislaufwirtschaft	127 (35)	-
Disposition	13 (8)	-

Tabelle 2: FFG-Projekte

FWF

https://pf.fwf.ac.at/de/wissenschaft-konkret/project-finder/?search%5Bwhat%5D=&search%5Bscience_discipline_id%5D=&search%5Bpromotion_category_id%5D=

Suchbegriff	Anzahl Ergebnisse 12/23 (Ver- gleich zur Re- cherche 05/21)	Beispiele für relevante Ergebnisse
Reuse*	79 (19)	-
“Re-use“	151 (6)	-
Wiederverwendung*	24 (19)	Rohstoffpotential im städtischen Gebäudepark
Refurbishment*	2 (1)	-
Recycling*	106 (71)	Poröse Monolithe für SEE Recycling aus atypischen Quellen, Biogene Reststoffe als Ausgangsmaterial für nahrhafte Futtermittel, Biokunststoffe aus Abfallstoffen der Lebensmittelindustrie
Planungstool*	0	-
Planungsinstrument*	5 (1)	-
Planung*	237 (130)	-
Entscheidungsunterstützung*	19 (8)	-
Kreislaufwirtschaft*	5 (3)	-
Disposition*	66 (30)	-

Tabelle 3: FWF-Projekte

DFG

<https://gepris.dfg.de/gepris/OCTOPUS>

Suchbegriff	Anzahl Ergebnisse 12/23 (Vergleich zur Recherche 05/21)	Beispiele für relevante Ergebnisse
Reuse	197 (125)	Postcarbone Straße - Der endlose Wiederverwendungskreislauf von Bitumen, SFB 193: Biologische Behandlung industrieller und gewerblicher Abwässer
Re-use	72 (43)	-
Wiederverwendung	156 (120)	Autoklave Reaktionsprozesse und Härtungspotential von Fein- und Feinstsanden aus Baustoffrezyklaten, Funktionalisierung von MgO-C-Erzeugnissen auf Basis von Rezyklaten und deren Einfluss auf den Reinheitsgrad von Stahlschmelzen, TFB 64: Management, Produkte, Prozesse und Technologien für praktische Produkt- und Materialkreisläufe
Refurbishment	7 (6)	-
Recycling	666 (536)	Gestaltung und Lenkung von Stoffstrom-Netzwerken zum Recycling komplexer Verbundwerkstoffe, Werkzeug zur Online-Demontageplanung für die Recyclingplattform Recycling-Pass.net (E 04), Design disperser Reststoffsysteme mit hoher Unsicherheit - Entwicklung eines Metamodells
Planungstool	8 (5)	-
Planungsinstrument	5 (5)	-
Entscheidungsunterstützung	86 (78)	Entwicklung eines Instruments zur simulationsgestützten Integration des Energie- und Ressourcenverbrauchs in die Auswahl alternativer Prozessketten in der Arbeitsvorbereitung
Kreislaufwirtschaft	25 (12)	Einsatz der RFID-Technologie als Innovation für eine ressourcenoptimierte und datenschutzgerechte Kreislauf- und Entsorgungswirtschaft, SFB 281: Demontagefabriken zur Rückgewinnung von Ressourcen in Produkt- und Materialkreisläufen
Disposition	173	-

Tabelle 4: DFG-Projekte

Cordis

https://cordis.europa.eu/search/de?q=%27*%27&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing

Anwendungsbereiche: Industrielle Technologien, Gesellschaft, Klimawandel & Umwelt, Energie, Digitale Wirtschaft, Lebensmittel & natürliche Ressourcen (ausgeschlossen: Grundlagenforschung, Verkehr & Mobilität, Gesundheit, Sicherheit, Weltraum)

Sammlung: Projekte, Results Packs, Report Summary, Projektleistungen, Projektveröffentlichungen (ausgeschlossen: Ergebnisse in Kürze, Nachrichten, Podcasts, Videos)

Ergebnisse, die sich mit Reuse im Bereich Technik und Technologie beschäftigen, wurden ausgeschlossen.

Suchbegriff	Anzahl Ergebnisse
Reuse	132
Re-use	3139
Refurbishment	19
Recycling	259
Planning Tool	0
Entscheidungsunterstützung	70
Decision Support	487
Circular Economy	152
Disposition	8

Tabelle 5: Cordis-Projekte

Weiterführende Informationen finden Sie unter <https://openingreuse.at/framework-opening-re-use/> !

Literaturverzeichnis

- Agrawal, S., Singh, R. K., & Murtaza, Q. (2016). Disposition decisions in reverse logistics: Graph theory and matrix approach. *Journal of Cleaner Production*, 137, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.045>
- Bizer, K., Frederiksen, K., Proeger, T., & Schade, F. (2019). *Handwerk und Reparatur – ökonomische Bedeutung und Kooperationsmöglichkeiten mit Reparaturinitiativen* (Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes 15/2019; Politiken zur Weiterentwicklung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms). Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-25_texte_1-2019_handwerk-reparatur.pdf
- Bodlack, L., & Gmeiner, H. (2016). *Ökologisch optimale Lebensdauer von Weißware. Recherche zu Lebenszyklus-Studien (LCA) ausgewählter Produktgruppen (Weißware)*. Energieinstitut Vorarlberg.
- Bressanelli, G., Perona, M., & Sacconi, N. (2017). Reshaping the Washing Machine Industry through Circular Economy and Product-Service System Business Models. *Procedia CIRP*, 64, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.065>
- Brusselsaers, J., Bracquene, E., Peeters, J., & Dams, Y. (2020). Economic consequences of consumer repair strategies for electrical household devices. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(4), 747–767. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2018-0283>
- Burger, M., Stavropoulos, S., Ramkumar, S., Dufourmont, J., & Van Oort, F. (2019). The heterogeneous skill-base of circular economy employment. *Research Policy*, 48(1), 248–261. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.015>
- Cerio, E., & Debenedetti, A. (2021). “Should I give it away or sell it?” A strategic perspective on consumers’ redistribution of their unused objects. *Journal of Business Research*, 135, 581–591. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.06.053>
- Coughlan, D., Fitzpatrick, C., & McMahon, M. (2018). Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers – A hybrid end of life strategy for the Circular Economy in electronics. *Journal of Cleaner Production*, 192, 809–820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.029>
- Dehghanbaghi, M., Hosseininasab, H., & Sadeghieh, A. (2016). A hybrid approach to support recovery strategies (A case study). *Journal of Cleaner Production*, 113, 717–729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.064>
- Ercan, M., Malmödin, J., Bergmark, P., Kimfalk, E., & Nilsson, E. (2016). Life Cycle Assessment of a Smartphone. *Proceedings of ICT for Sustainability 2016*. ICT for Sustainability 2016, Amsterdam, the Netherlands. <https://doi.org/10.2991/ict4s-16.2016.15>
- Ferguson, M. E., Fleischmann, M., & Souza, G. C. (2011). A Profit-Maximizing Approach to Disposition Decisions for Product Returns*. Ferguson, Fleischmann, and Souza. *Decision Sciences*, 42(3), 773–798. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2011.00330.x>
- Gaur, J., Subramoniam, R., Govindan, K., & Huisingh, D. (2017). Closed-loop supply chain management: From conceptual to an action oriented framework on core acquisition. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1415–1424. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.098>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Goodall, P., Rosamond, E., & Harding, J. (2014). A review of the state of the art in tools and techniques used to evaluate remanufacturing feasibility. *Journal of Cleaner Production*, 81, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.014>
- Gunasekara, L., Robb, D. J., & Zhang, A. (2023). Used product acquisition, sorting and disposition for circular supply chains: Literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, 260, 108844. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108844>
- Hanson, J. W. (1980). A Proposed Paradigm for Consumer Product Disposition Processes. *Journal of Consumer Affairs*, 14(1), 49–67. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.1980.tb00652.x>
- Hazen, B. T., Hall, D. J., & Hanna, J. B. (2012). Reverse logistics disposition decision-making: Developing a decision framework via content analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(3), 244–274. <https://doi.org/10.1108/09600031211225954>
- Hischier, R., & Böni, H. W. (2021). Combining environmental and economic factors to evaluate the reuse of electrical and electronic equipment – a Swiss case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105307. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105307>
- Jun, H.-B., Cusin, M., Kiritsis, D., & Xirouchakis, P. (2007). A multi-objective evolutionary algorithm for EOL product recovery optimization: Turbocharger case study. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4573–4594. <https://doi.org/10.1080/00207540701440071>

- Jun, H.-B., Lee, D.-H., Kim, J.-G., & Kiritsis, D. (2012). Heuristic algorithms for minimising total recovery cost of end-of-life products under quality constraints. *International Journal of Production Research*, 50(19), 5330–5347. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.624562>
- Krause, S., & Fabian, M. (2020). *Verlängerung der Produktnutzungsdauer Ansätze zur Abfallvermeidung und Ressourcenschonung durch Wiederverwendung und Vorbereitung zur Wiederverwendung*. Umweltbundesamt Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/hgp_verlangerung_produktnutzungsdauer_bf.pdf
- Kumar, V., Shirodkar, P. S., Camelio, J. A., & Sutherland, J. W. (2007). Value flow characterization during product lifecycle to assist in recovery decisions. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4555–4572. <https://doi.org/10.1080/00207540701474633>
- Larsen, S. B., Masi, D., Feibert, D. C., & Jacobsen, P. (2018). How the reverse supply chain impacts the firm's financial performance: A manufacturer's perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(3), 284–307. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0031>
- Lechner, G., & Reimann, M. (2015). Reprocessing and repairing white and brown goods - the R.U.S.Z case: An independent and non-profit business. *Journal of Remanufacturing*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13243-015-0012-9>
- Lechner, G., Wagner, M. J., Diaz Tena, A., Fleck, C., & Reimann, M. (2021). Exploring a regional repair network with a public funding scheme for customer repairs: The 'GRAZ repariert'-case. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125588. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125588>
- Man, M., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Persistent toxic substances released from uncontrolled e-waste recycling and actions for the future. *Science of The Total Environment*, 463–464, 1133–1137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.017>
- Milios, L., Beqiri, B., Whalen, K. A., & Jelonek, S. H. (2019). Sailing towards a circular economy: Conditions for increased reuse and remanufacturing in the Scandinavian maritime sector. *Journal of Cleaner Production*, 225, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.330>
- Molinari. (2010). *Reducing E-Waste of Consumer Electronics Through Reverse Logistic*.
- Neitsch, M., Wagner, M., Schanda, I., & Stix, S. (2019). *RepaNet Re-Use-Markterhebung*. <https://www.repanet.at/re-use-toolbox/re-use-repathek/repanet-re-use-markterhebung-2019/>
- Norum, P. (2017). Towards Sustainable Clothing Disposition: Exploring the Consumer Choice to Use Trash as a Disposal Option. *Sustainability*, 9(7), 1187. <https://doi.org/10.3390/su9071187>
- O'Connell, M. W., Hickey, S. W., & Fitzpatrick, C. (2013). Evaluating the sustainability potential of a white goods refurbishment program. *Sustainability Science*, 8(4), 529–541. <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0194-0>
- Pease, S. G., Sharpe, R., van Lopik, K., Tsalapati, E., Goodall, P., Young, B., Conway, P., & West, A. (2020). An interoperable semantic service toolset with domain ontology for automated decision support in the end-of-life domain. *Future Generation Computer Systems*, 112, 848–858. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.008>
- Sabbaghi, M., & Behdad, S. (2018). Consumer decisions to repair mobile phones and manufacturer pricing policies: The concept of value leakage. *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.015>
- Souza, G. C. (2013). Closed-Loop Supply Chains: A Critical Review, and Future Research*. *Decision Sciences*, 44(1), 7–38. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2012.00394.x>
- Steiner, R., Emmenegger, M. F., Jungbluth, N., & Frischknecht, R. (2005). *Timely replacement of white goods—Investigation of modern appliances in LCA*. ESU Services.
- Tecchio, Paolo, Ardente, F., & Mathieux, F. (2016). *Analysis of durability, reusability and reparability: Application to washing machines and dishwashers*. European Commission. Joint Research Centre. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/630157>
- Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J., & Van Wassenhove, L. (1995). Strategic Issues in Product Recovery Management. *California Management Review*, 37(2), 114–136. <https://doi.org/10.2307/41165792>
- Young Lee, J., Halter, H., Johnson, K. K. P., & Ju, H. (2013). Investigating fashion disposition with young consumers. *Young Consumers*, 14(1), 67–78. <https://doi.org/10.1108/17473611311305494>
- Zacho, K. O., Mosgaard, M., & Riisgaard, H. (2018). Capturing uncaptured values—A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.031>
- Zhou, J., Huang, P., Zhu, Y., & Deng, J. (2012). A quality evaluation model of reuse parts and its management system development for end-of-life wheel loaders. *Journal of Cleaner Production*, 35, 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.037>