

ReCircE

Vorhaben **ReCircE**
Digital Lifecycle Record for the Circular
Economy

Titel Kurzbericht

Förderkennzeichen 67KI2049A

Zuwendungsempfänger GreenDelta GmbH
Kaiserdamm 13
14057 Berlin

Ausführende Stelle GreenDelta GmbH

Projektleiter Dr. Andreas Ciroth

Bewilligungszeitraum 01.10.2020 – 30.09.2023

Autoren Raphael Zimmermann
Dr. Andreas Ciroth

Erstellungsdatum 13.03.2024

Kurzbericht ReCirce

1.1 Aufgabenstellung

Das Projekt ReCirceE zielt ab auf die Verbesserung der Ressourceneffizienz von Stoffkreisläufen durch die Integration einer KI-gestützten digitalen Beschreibung von Produkten (inkl. Informationen zu deren gesamtem Lebenszyklus) in einer Lebenszyklusakte (Digital Lifecycle Passport). Aus der Lebenszyklusakte werden Daten bezogen, mit Hilfe derer durch maschinelle Lernverfahren und sensorgestützte Sortierung eine Verbesserung von Recyclingprozessen erreicht wird. Dadurch können höhere Anteile kostbarer Materialien zurückgewonnen und zu hochwertigeren Produkten aus Sekundärrohstoffen verarbeitet werden.

1.1.1 Technische Arbeitsziele

Es existieren bereits Produktdatenmanagement-Systeme, die Informationen aus der Produktentwicklung speichern (die aber auf einzelne Industrien oder Unternehmen bezogen sind) und Plattformen, wie die Information for Recyclers Platform (I4R, <https://i4r-platform.eu>), die Informationen beispielsweise zu gefährlichen Inhaltsstoffen von Produkten bereitstellen. Diese Informationen sind aber für ein sortenreines Recycling zu ungenau und nicht darauf ausgerichtet, allen Teilnehmern im Kreislauf zugute zu kommen, sondern zielen auf nachgelagerte Phasen im Produktlebenszyklus. Die „Rückrichtung“ vom Recycler zum Produzenten wird nicht betrachtet. Hier setzt die digitale Lebenszyklusakte an – eine Datenstruktur, auf die die verschiedenen Stakeholder im Kreislauf lesend und schreibend zugreifen können. Sie vereint Informationen, die bisher verstreut und unzusammenhängend vorlagen, an einem zentralen, für alle relevanten Systeme zugreifbaren Ort (Cloud-Plattform), und bedient die unterschiedlichen Informationsbedarfe der verschiedenen Akteure.

1.1.2 Wissenschaftliche Arbeitsziele

Aus wissenschaftlicher Sicht ist das Hauptziel (1) die informatorische Vernetzung aller Stakeholder des Produktkreislaufs durch die digitale Lebenszyklusakte, die in der Cloud vorliegt und auf die lesend und schreibend zugegriffen werden kann. Sie soll sowohl menschen- als auch maschinenlesbar sein. Das Hauptziel (2) ist die Verbesserung von Sortierverfahren durch eine Kombination aus maschinellem Lernen und Informationen aus der digitalen Lebenszyklusakte. Das Hauptziel (3) ist die Entwicklung eines Bilanzierungsverfahren als Entscheidungsunterstützung für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft basierend auf den Daten der Lebenszyklusakte.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Zu Projektbeginn existierten bereits Informationen über Produkte in verschiedenen Datenbanken für unterschiedliche Stakeholder, die allerdings verteilt und ohne eine vereinheitlichte, konsistente Zugriffsmöglichkeit bei einzelnen Stakeholdern lagen. Es gab schon KI-basierte Sortierverfahren, allerdings kein Verfahren, das sowohl Machine Learning mit explizit modelliertem Wissen kombinierte.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde wie geplant zwischen dem 01.10.2020 und dem 30.09.2023 durchgeführt. Ursprünglich war geplant, dass die folgenden Institute und Firmen das Konsortium bilden sollten:

- GreenDelta GmbH
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
- Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
- Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie
- Papier-Mettler KG

Der Partner Papier-Mettler KG sollte ursprünglich ohne eigene Förderung am Projekt teilnehmen. Anfang 2021 stieg Papier-Mettler aus dem Projekt aus. Grund hierfür war, dass das Unternehmen ohne eigene Förderung aufgrund der veränderten Auftragslage, die sich bedingt durch die Corona-Pandemie im Unternehmen ergeben hatte, nicht mehr genügend interne Ressourcen beistellen konnte, um das Projekt weiterhin zu bearbeiten. Stattdessen konnte die Firma CIRECON als neuer assoziierter Partner gewonnen werden und nahm ab 2021 am Projekt teil. Entsprechend wurde der Usecase “Regranulierung von Kunststoffen”, den Papier-Mettler federführend hätte bearbeiten sollen, ersetzt durch den Usecase “Sortierung von Elektrokleingeräten”.

1.4 Wissenschaftlicher und Technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

1.4.1 Eigene Vorarbeiten

Die GreenDelta GmbH leitet regelmäßig Forschungsprojekte, wie z.B.: GVB ReCircE zur Bekanntmachung „KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen“ vom 21.08.2019 14 / 30 Entwicklung von openLCA, freie, quelloffene Software mit mehreren Tausend Nutzern weltweit, Beginn der Entwicklung 2006, Erweiterung der Software über verschiedene Projekte u.a. US EPA, US Department of Agriculture, Umweltbundesamt, europäische Kommission, inzwischen die leistungsstärkste, modernste Ökobilanzanwendung, mit sehr detaillierten Möglichkeiten in der Wirkungsabschätzung (GIS Integration, Regionalisierung, Unsicherheiten für Charakterisierungsfaktoren, u.a.). PSILCA Datenbank: PSILCA ist eine Datenbank die, aufbauend auf der eora Datenbank soziale Auswirkungen von Produkten über den gesamten Lebensweg weltweit abbildet, für über 50 verschiedene Indikatoren. In der Datenbank sind risikobewertete Ergebnisse und Rohdaten zugänglich, über ein in openLCA neu entwickeltes Nutzerinterface, das auch die Qualitätsbewertung für die sozialen Daten und Indikatoren anzeigt. PSILCA wurde von GreenDelta seit 2014 entwickelt, 2016 herausgegeben und wird inzwischen eingesetzt u.a. von Universitäten (u.a. Calgary, Montréal, Pforzheim), Unternehmen (u.a. Arcelor-Mittal), sowie Institutionen (u.a. europäische Kommission). Implementierung der Water Footprint Methode AWARE in openLCA, Projekt im Auftrag von CIRAIG, Kanada, laufend; das Projekt erweitert die vorhandenen Datenbanken und wird eine detaillierte, GIS-basierte Darstellung der Auswirkungen von Wasserverbrauch in openLCA implementieren und verfügbar machen. IO Model builder: Projekt im Auftrag des US EPA, der IO model build erstellt aus verschiedenen Online-Datenquellen eine konsistente Input/Output Datenbank für die USA, mit zusätzlichen Umweltinformationen (environmentally extended IO Database, EEIO). 2016-2019, der Quellcode ist in github verfügbar, <https://github.com/USEPA/IO-Model-Builder>. Easy EPD: Deutsches Forschungsprojekt unter Leitung von GreenDelta, in dem toolgestützt eine Möglichkeit der weitgehend automatisierten Erstellung von Umweltproduktdeklarationen, EPDs, für Betriebe der deutschen Holz- und Sägewerksindustrie

geschaffen wird, 2019-2021 LCA Collaboration Server: Mächtiges Werkzeug zum Verwalten von detaillierten LCA Daten, auch in verteilten Teams, ähnlich einem Softwarecode-Repository, entwickelt von GreenDelta im Auftrag des USDA, 2017-laufend, erstes öffentliche Release 2018, <http://www.openlca.org/collaboration-server/>

1.4.2 Fachliteratur und verwendete Dokumentationsdienste

Adisorn, T., Tholen, L. und Götz, T. (2021) ‘Towards a Digital Product Passport Fit for Contributing to a Circular Economy’, *Energies*, 14(8), 2289.

Bundesregierung. (2023). *Klimaschutzprogramm 2023*, Berlin, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2023) Was ist ein digitaler Produktpass? [online]: Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/faq/was-ist-ein-digitaler-produktpass> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Carbon Trust (2020) ‚Ihr fachkundiger Berater bei der Umsetzung Ihrer Klimaziele‘ [online]: Verfügbar unter: <https://www.carbontrust.com/de/projekte-und-ressourcen/ressourcen/einstellungen-von-unternehmen-zu-nachhaltigkeit-2020> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Circularise (2023) ‘Digital product passports for supply chain traceability’ [online]: Verfügbar unter: <https://www.circularise.com> (Zugriff am 29 Januar 2024)

Department of Environmental Engineering - DTU (2023) ‚EASETECH‘ [online]: Verfügbar unter: <http://www.easetech.dk/> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Deutscher Bundestag (2019) Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513). KSG.

Lutter, S., Kreimel, J., Giljum, S., Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B. und Schoer, K. (2022) *Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Ressourcenbericht für Deutschland 2022*, Bonn, Umwelt Bundesamt.

DIN (2019) *DIN SPEC 91406: Automatic identification of physical objects and information on physical objects in IT systems, particularly IoT systems*, Berlin, Beuth Publishing DIN.

Eon (2022) ‘Making your products traceable, intelligent and valuable’ [online]: Verfügbar unter: <https://www.eon.xyz> (Zugriff am 29 Januar 2024)

European Commission (2022) ‘Proposal for Ecodesign for Sustainable Products Regulation’ [online]: Verfügbar unter: https://environment.ec.europa.eu/publications/proposalecodesign-sustainable-products-regulation_en (Zugriff am 15 Juni 2022).

Europäische Union (EU) (2021) EU Verordnung 2021/1119.

Främling, K., Harrison, M. and Brusey, J. (2006) ‘Globally unique product identifiers–requirements and solutions to product lifecycle management’, *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 855–860.

Götz, T., Adisorn, T. und Tholen, L. (2021) *Der digitale Produktpass als Politik-Konzept: Kurzstudie im Rahmen der umweltpolitischen Digitalagenda des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)*, Wuppertal, Wuppertal Institut.

Götz, T., Berg, H., Jansen, M., Adisorn, T., Cembrero, D., Markkanen, S. und Chowdhury, T. (2022)

Digital Product Passport: The ticket to achieving a climate neutral and circular European economy?, New York, We Mean Business Coalition.

GreenDelta GmbH (2023) ‚The world’s leading, high performance, open source Life Cycle Assessment software‘ [online]: Verfügbar unter: <https://www.openlca.org/> (Zugriff am 29 Januar 2024).

GS1 in Europe (2022) ‚Proposed Architecture and Principles for Digital Product Passports. The Global Language of Business‘ [online]: Verfügbar unter: <https://www.gs1.eu/news/eudigital-product-passport-revealed-time-to-act> (Zugriff am 15 Juni 2022).

Guth-Orlowski, S. (2021) ‚The digital product passport and its technical implementation‘ [online]: Verfügbar unter: <https://medium.com/@susi.guth/the-digital-productpassport-and-its-technical-implementation-efdd09a4ed75> (Zugriff am 15 Juni 2022).

Herzberger, T. (2023) ‚Ecospeed Climate Software Solutions‘ [online]: Verfügbar unter: <https://www.ecospeed.ch/solutions/de/> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Kranert, M. (2017). *Einführung in die Kreislaufwirtschaft*. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.

Lell, O., Muste, V. und Thorun, C. (2020) *Förderung des nachhaltigen Konsums durch digitale Produktinformationen: Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen*, Dessau-Roßlau, Umwelt Bundesamt.

Moltesen, A., Bonou, A., Wangel, A. und Bozhilova-Kisheva, K. P. (2018) ‚Social life cycle assessment: An introduction‘, in Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K. und Olsen, S. I. (2018) *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*, Berlin, Springer, pp. 401–422.

OECD (2020) *OECD workshop on international trade and the circular economy – summary report*, Paris, OECD.

Plociennik, C., Pourjafarian, M., Nazeri, A., Windholz, W., Knetsch, S., Rickert, J., Citroth, A., Lopes, A. d. C. P., Hagedorn, T., Vogelgesang, M., Benner, W., Gassmann, A., Bergweiler, S. Ruskowski, M., Schebek, L. und Weidenkaff, A. (2022) ‚Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy‘, *Procedia CIRP*, 105(2022), 122–127.

Projekt DISPLAY (2020) *Abschlussbericht. Upscale of Material Recovery from Display Applications and Printed Circuit Boards (EIT Raw Materials, Hrsg.)*, Fraunhofer IWKS, Fraunhofer IVV, SUEZ Groupe, CEA, ENEA, Orange S.A.

Schneider, D., Jordan, P., Dietz, J., Zaeh, M. F. und Reinhart, G. (2023) ‚Concept for Automated LCA of Manufacturing Processes‘, *Procedia CIRP*, 116, 59-64.

Statistics | Eurostat. (2023). Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall (WEEE) nach Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen - offener Anwendungsbereich, 6 Produktkategorien (ab 2018) [online]: Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASELEEOS_custom_5812085/bookmark/bar?lang=de&bookmarkId=80d92bc0-09c4-4b6c-bd8b-fc4245ca69ee (Zugriff am 22 Januar 2024).

TANNER AG. (2021) *Der digitale Produktpass, Treiber für die digitale Dokumentation*, Lindau, ABZ-Magazin.

Tucker, C. und Kim, H. (2011) ‚Predicting emerging product design trend by mining publicly available customer review data‘, *DS 68-6: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering*

Design (ICED 11), 43-52.

United Nations Development Programme (UNDP) (2015) ‘Sustainable Development Goals (SDGs)’ [online]: Verfügbar unter: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (Zugriff am 15 Juni 2022).

United States Environmental Protection Agency (2010) ‘Recycled Content (ReCon) Tool’ [online]: Verfügbar unter: <https://www.epa.gov/warm/recycled-content-recon-tool> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Unternehmensnetzwerk Klimaschutz (2023) ‚Ecocockpit: Ein Angebot der Effizient Agentur NRW‘ [online]: Verfügbar unter: <https://ecocockpit.de/> (Zugriff am 29 Januar 2024).

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (2022) ‚ESTEM‘ [online]: Verfügbar unter: <https://www.ressourcen-deutschland.de/service/estem/> (Zugriff am 29 Januar 2024).

Zhang, D., Huang, X., Wen, Y., Trivedi, P. und Joghee, S. (2021) ‘Sustainable Circular Business Model for Transparency and Uncertainty Reduction in Supply Chain Management’, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16 (2021), 959–975.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zusammenarbeit mit DIN

Es erfolgte ein kontinuierlicher Austausch mit dem Deutschen Institut für Normung (DIN) zum Thema Digitaler Produktpass (Lisa Risch, Benjamin Hein, Benjamin Helfritz), aus dem sich u.a. folgende Aktivitäten ergaben, die als Dissemination der Projektergebnisse betrachtet werden können:

- Vorstellung des Projektes ReCircE beim vom DIN organisierten FOCUS.ICT-Cyberfrühstück Digitaler Produktpass (24.02.2022)
- Mitarbeit der ReCircE-Projektmitarbeiter Christiane Plociennik, Tabea Hagedorn und Alice do Carmo Precci Lopes an der Normungsroadmap Circular Economy, AG 7 UAG 2: <https://www.din.de/resource/blob/892606/06b0b608640aadd63e5dae105ca77d8/normungsroadmap-circular-economy-data.pdf>
- Teilnahme am DIN.connect-Ideenwettbewerb und in der Folge Erarbeitung der DIN SPEC 91482 zur End of Life Bill of Materials

Zusammenarbeit mit Projekt Product information 4.0

Christiane Plociennik war Mitglied des Begleitkreises des UBA-Projektes Produktinformation 4.0. Der Kontakt kam über eine Vernetzungsveranstaltung der KI-Leuchttürme zustande.

Regelmäßiger Austausch mit dem Projekt loop-PHONE

Das ReCircE-Projekt tauschte sich regelmäßig mit dem Projekt loop-PHONE (<https://www.uni-kassel.de/forschung/cesr/forschungsprojekte/loop-phone>) aus, in dem ein kreislauffähiges Smartphone entwickelt wurde. U.a. wurden dem ReCircE-Projekt vom loop-PHONE-Projekt Daten für die Modellierung prototypischer digitaler Lebenszyklusakten zur Verfügung gestellt. Im Gegenzug konnte das loop-PHONE-Projekt Einblick gewinnen in die Datenmodellierung mittels Verwaltungsschale im ReCircE-Projekt.