



DiCES:

# Kreislaufwirtschaft realisieren

## Einblicke in die Anforderungsanalyse für die Umsetzung einer multidimensionalen Kreislaufwirtschaft

Das Forschungsprojekt ‚DiCES‘ bringt verschiedene Industriepartner zusammen, um gemeinsam ein datenbasiertes, integriertes Wertschöpfungssystem für eine nachhaltige, multidimensionale Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Zur Sicherstellung der Praxisnähe des Projekts fanden Workshops mit Industriepartnern aus unterschiedlichen Industriezweigen statt. Dabei wurden Anforderungen an IT-Systeme, Produktkonfigurationen, Geschäftsmodelle und Produktionskonzepte behandelt. Alle erhobenen Anforderungen wurden anschließend für die Kategorisierung aufbereitet. >



DiCES:

# Realising the Circular Economy

## Insights Into the Requirements Analysis for the Realisation of a Multidimensional Circular Economy

The 'DiCES' research project brings together various industrial partners to jointly develop a data-based, integrated value creation system for a sustainable, multidimensional circular economy. To ensure the practical relevance of the project, workshops were held with industrial partners from various sectors of industry. Requirements for IT systems, product configurations, business models and production concepts were discussed. All the requirements collected were then prepared for categorisation. >

In der heutigen Produktionslandschaft, die überwiegend vom linearen Wirtschaftsmodell dominiert wird, werden die Ergebnisse des Projekts ‚DiCES‘ einen wesentlichen Fortschritt in Richtung Kreislaufwirtschaft ermöglichen. Die Notwendigkeit, Produktionsprozesse, Geschäftsmodelle, Produktkonfigurationen und IT-Prozesse an die Anforderungen einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft anzupassen und neu zu gestalten, steht im Mittelpunkt des Projekts.

Unter Konsortialführung des FIR e. V. an der RWTH Aachen, zusammen mit dem WZL der RWTH Aachen und unter Beteiligung führender Unternehmen aus der Industrie, wie Miele & Cie. KG, Klima.Metrix GmbH, IconPro GmbH, All-for-One Group SE und Forcam Enisco GmbH, zielt ‚DiCES‘ darauf ab, ein innovatives, datengesteuertes Wertschöpfungssystem für eine multidimensionale Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Im Fokus stehen dabei produktlebenszyklusverlängerte Kreislaufstrategien (ReX) wie *Remanufacture*, *Refurbish*, *Reuse* und *Repair*, um einen nachhaltigen Ressourceneinsatz zu fördern und die Produktionseffizienz in der Kreislaufwirtschaft zu erhöhen. Im Projekt werden die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in die operative Auftragsabwicklung integriert.

Gemeinsam mit 32 renommierten Unternehmen aus unterschiedlichen Industriebereichen wurden 16 Kernan-

in today's production landscape, which is dominated by the linear economic model, the 'DiCES' project represents significant progress towards a circular economy. The need to adapt and redesign production processes, business models, product configurations and IT processes to meet the requirements of a sustainable circular economy is the core of the project.

Under the consortium leadership of the FIR e. V. at RWTH Aachen University, together with the WZL of RWTH Aachen University, and with the participation of leading companies from industry such as Miele & Cie. KG, Klima.Metrix GmbH, WZL of RWTH Aachen University, IconPro GmbH, All-for-One Group SE, Forcam Enisco GmbH, 'DiCES' aims to develop an innovative, data-driven value creation system for a multidimensional circular economy. The focus is on product life cycle extended circular strategies (ReX) such as remanufacture, refurbish, reuse and repair in order to promote the sustainable use of resources and increase production efficiency in the circular economy. The project integrates the principles of the circular economy into operational order processing.

Together with 32 renowned companies from different industrial sectors, 16 core requirements were identified

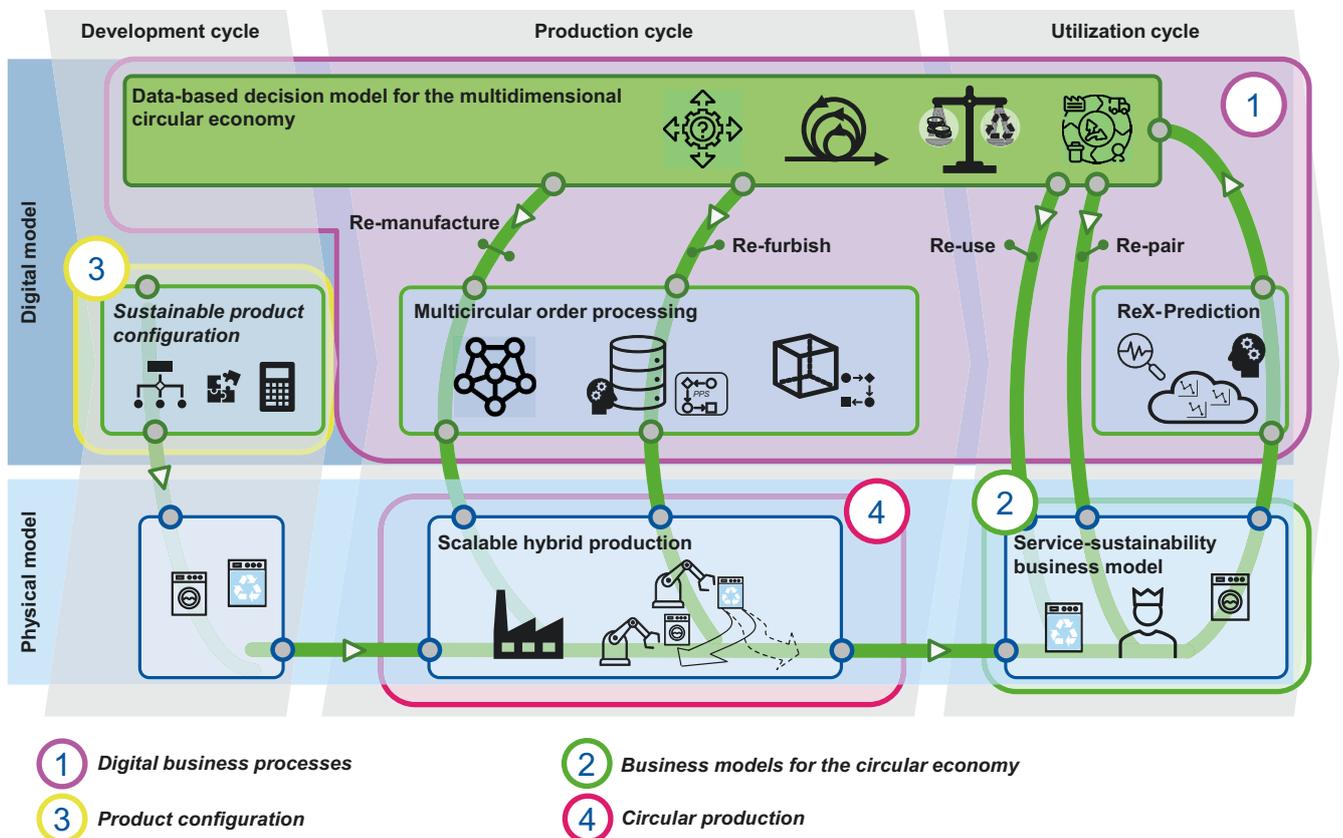


Image 1: Categorisation of the requirement categories in the DiCES target image (GAILLARD and PERAU 2023, p. 95)

forderungen erhoben, die für die Transformation zur einer multidimensionalen Kreislaufwirtschaft notwendig sind.

Die Anforderungen sind in vier Bereiche kategorisiert: Produktkonfiguration, Digitale Business-Prozesse, Geschäftsmodelle für Kreislaufwirtschaft und Kreislauffähige Produktion. Diese Bereiche finden sich im Betrachtungsraum des Forschungsprojekts wieder (s. Image 1).

## 1. Digitale Business-Prozesse

**Ein integriertes Stammdatenmanagement implementieren:** Unternehmen sollen zentrale Systeme für die Erfassung und Verwaltung entscheidungsrelevanter Daten etablieren. Dazu gehört die Integration von digitalen Zwillingen, Daten aus dem Supply-Chain-Management (SCM) und Stammdaten, wie Artikel- und Arbeitspläne, für die Kreislaufwirtschaft. Diese Systeme sollen die Handhabung neuer Datentypen ermöglichen und Transparenz über Produkthistorien schaffen.

**Flexibilität und Skalierbarkeit gewährleisten:** Die IT-Infrastruktur soll auf anpassungsfähigen Systemen aufgebaut werden. Dabei können Mikroservices zum Einsatz kommen und beispielsweise eine Cloud-Standardisierung als Stellhebel dienen.

**Unternehmensübergreifende IT-Schnittstellen anbieten:** Zur Förderung der unternehmensübergreifenden Kommunikation sollen Schnittstellen zu gängigen IT-Systemen etabliert und produktbezogene Anweisungen für Reparatur, Demontage und Recycling bereitgestellt werden. Essenziell ist der unternehmensübergreifende Datenaustausch entlang der Supply-Chain. Eine hohe Datensicherheit ist besonders beim Datenaustausch und Zugriff durch externe Stakeholder unerlässlich.

**Prozessoptimierung ermöglichen und Sicherheit bieten:** Es sollen automatisierte Produktidentifikationsprogramme und eine effiziente Auftragsabwicklung für Demontageprozesse implementiert werden, um wettbewerbsfähige Kreislaufwirtschaftsprozesse im Vergleich zur linearen und hochindustriellen Produktion zu erhalten.

## 2. Geschäftsmodelle für Kreislaufwirtschaft

**Service-Modelle integrieren und Qualitätssicherung einbeziehen:** Unternehmen sollen durch die Einführung von ‚Product-as-a-Service‘- und ‚Equipment-as-a-Service‘-Modellen<sup>1</sup> Nutzung über den Besitz hinaus fördern. Diese Modelle

that are necessary for the transformation to a multidimensional circular economy.

The Requirements are Divided Into Four Categories: Product configuration, digital business processes, business models for the circular economy and circular production. These areas are reflected in the research project's scope, as shown in Image 1.

## 1. Digital Business Processes

**Implement Integrated Master Data Management:** Companies should establish centralised systems for recording and managing decision-relevant data. This includes the integration of digital twins, data from supply chain management (SCM) and master data, such as article data and work plans, for the circular economy. These systems should enable the handling of new data types and ensure transparency across product histories.

**Ensure Flexibility and Scalability:** The IT infrastructure should be built on customisable systems. Microservices can be used here and cloud standardisation, for example, can serve as a lever.

**Offer Cross-company IT Interfaces:** To promote crosscompany communication, it is necessary to establish interfaces to common IT systems and to provide product-related instructions for repair, dismantling and recycling. Cross-company data exchange along the supply chain is essential. A high level of data security is particularly essential for data exchange and access by external stakeholders.

**Enable Process Optimisation and Provide Security:** Automated product identification programmes and efficient order processing for dismantling processes are to be implemented in order to maintain competitive circular economy processes compared to linear and highly industrialised production.

## 2. Business Models for the Circular Economy

**Integrate Service Models and Include Quality Assurance:** Companies should promote use beyond ownership by introducing ‚Product-as-a-Service‘ and ‚Equipment-as-a-Service‘ models<sup>1</sup>. These models support the reuse and longevity of products. Quality assurance and transparent pricing are key to increasing customer confidence in these models.

**Involve Stakeholders and Conduct Appropriate Marketing:** Companies should actively involve suppliers, customers and

<sup>1</sup> S. SUNDIN ET AL. 2009, S. 724 – 726

<sup>1</sup> see SUNDIN ET AL. 2009, pp. 724 – 726

unterstützen die Wiederverwendung und Langlebigkeit von Produkten. Qualitätssicherung und transparente Preisgestaltung sind dabei entscheidend, um das Vertrauen der Kunden in diese Modelle zu stärken.

**Stakeholder einbinden und entsprechendes Marketing betreiben:** Unternehmen sollen Lieferanten, Kunden und Partner aktiv einbinden, um ein Kreislaufgeschäftsmodell erfolgreich zu etablieren. Ein Anreizsystem, das sowohl monetäre als auch nichtmonetäre Vorteile bietet, soll die Rückgabe von Altware fördern. Gezieltes Marketing ist notwendig, um das Bewusstsein für Nachhaltigkeit zu stärken.

**Geschlossene Kreisläufe integrieren:** Es sollen neue Geschäftsmodelle entwickelt werden, die geschlossene Kreisläufe ermöglichen und sowohl Kosten einsparen als auch neue Gewinnchancen eröffnen. In solchen geschlossenen Kreisläufen werden Ressourcen kontinuierlich wiederverwendet und die Effizienz der Ressourcennutzung maximiert.

### 3. Produktkonfiguration für die Kreislauffähigkeit

**Nachhaltiges Design und Modularität:** Für die Gestaltung leicht demontierbarer, reparierbarer, aufrüstbarer und nach Ende ihrer Lebensdauer effizient recycelbarer Produkte müssen Prinzipien wie ‚Design for Disassembly‘ und ‚Design for Recycling‘<sup>2</sup> umgesetzt werden. Die langfristige Verfügbarkeit von Ersatzteilen soll dadurch ebenfalls gewährleistet werden. Die Entwicklung modularer Produkte und die Verwendung standardisierter Komponentenschnittstellen sollen die Wartung erleichtern und die Langlebigkeit fördern.

**Standards beachten und Flexibilität fördern:** Die Anwendung von EU- und weltweiten Standards soll die Anpassungsfähigkeit der Produktion erhöhen und die Wiederverwendung von Produkten unterstützen. Besonders wichtig ist dabei die Berücksichtigung des Datenschutzes bei serialisierten Produkten.

### 4. Kreislauffähige Produktion

**Modulare und flexible Arbeitsplätze:** Durch eine Arbeitsplatzgestaltung, die sich leicht an verschiedene Tätigkeiten wie (De-)Montage und Reinigung anpassen lässt, soll eine effiziente Implementierung von Kreislaufstrategien für Altprodukte und deren Komponenten ermöglicht werden. Diese Anpassungsfähigkeit fördert die Integration von Arbeitsplätzen für die Aufbereitung und Wiederverwendung von Primär- und Sekundärmaterialien in bestehende Produktionslinien, wodurch Synergien genutzt werden können.

partners in order to successfully establish a circular business model. An incentive system that offers both monetary and non-monetary benefits should encourage the return of used goods. Targeted marketing is necessary to raise awareness of sustainability.

**Integrate Closed Loops:** New business models should be developed that enable closed loops and both save costs and open up new profit opportunities. In such closed loops, resources are continuously reused and the efficiency of resource utilisation is maximised.

### 3. Product Configuration for Circular Economy

**Sustainable Design and Modularity:** Principles such as ‚design for disassembly‘ and ‚design for recycling‘<sup>2</sup> must be implemented in order to design products that are easy to disassemble, repair, upgrade and efficiently recyclable at the end of their service life. This should also ensure the long-term availability of spare parts. The development of modular products and the use of standardised component interfaces should facilitate maintenance and promote longevity.

**Observe Standards and Promote Flexibility:** The application of EU and global standards should increase the adaptability of production and support the reuse of products. It is particularly important to take data protection into account for serialised products.

### 4. Circular Production

**Modular and Flexible Workstations:** By designing workstations so that they can be easily adapted to different activities such as (dis)assembly and cleaning, the aim is to enable the efficient implementation of circular strategies for end-of-life products and their components. This adaptability promotes the integration of workstations for the processing and reuse of primary and secondary materials into existing production lines, allowing synergies to be utilised.

**Organisationally Linked Processes:** The linking of bottom-up and top-down processes is intended to transform the linear organisational structure into a self-organising, agile and autonomous production. This reorganisation promotes flexibility, resource efficiency and productivity, supported by a clear separation of individual stations and modular workstations. This also makes it possible to cope with variance and different product quantities and accelerates the response to new product generations.

<sup>2</sup> S. TCHERTCHIAN ET AL. 2012, S. 2

<sup>2</sup> see TCHERTCHIAN ET AL. 2012, p. 2

**Organisatorisch verknüpfte Prozesse:** Die Verknüpfung von Bottom-up- und Top-down-Prozessen soll die lineare Aufbauorganisation in eine selbstorganisierende, agile und autonome Fertigung transformieren. Diese Neugestaltung fördert Flexibilität, Ressourceneffizienz und Produktivität, unterstützt durch eine klare Trennung einzelner Stationen und modularer Arbeitsstationen. So wird auch die Bewältigung von Varianz und unterschiedlichen Produktmengen ermöglicht und die Reaktion auf neue Produktgenerationen beschleunigt.

**Aktive Interaktion mit Mitarbeitenden:** Aktive Unterstützung der Mitarbeitenden an den Arbeitsstationen soll die Weiterentwicklung ihrer Qualifikationen fördern und eine effektive Mensch-Technik-Interaktion gewährleisten.

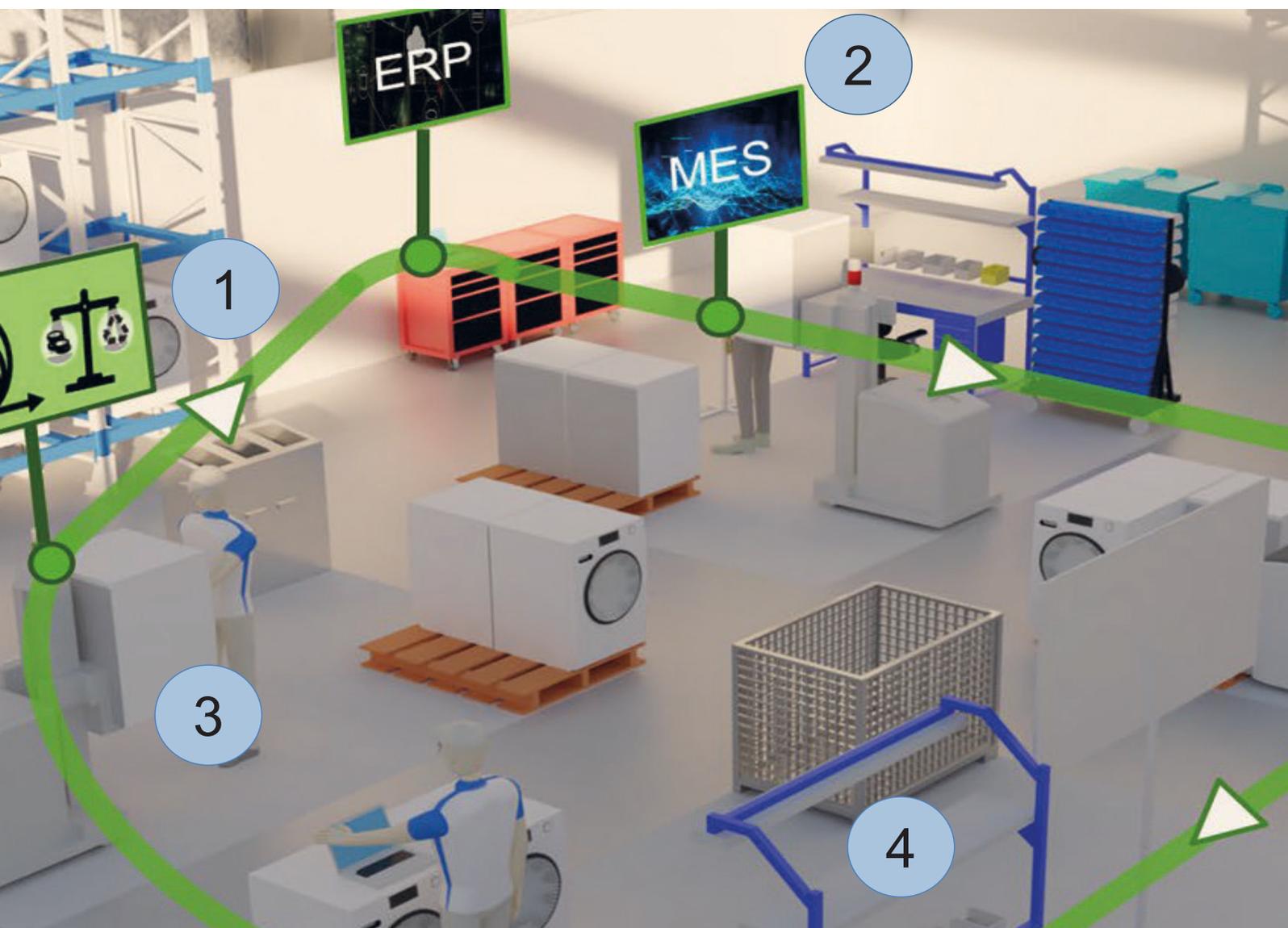
**Stärkung von Qualitätsbewusstsein und Kreislaufwirtschaftsprinzipien:** Ein starkes Qualitätsbewusstsein für Toleranzen und das konsequente Überwachen von Kreislaufindikatoren sollen zur Grundlage der Produktionsprozesse werden. Die Einführung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien wie *Direct Recycling* und die Optimierung des Materialrückflusses unterstützen hierbei eine effiziente Rückwärtslogistik.

**Active Interaction With Employees:** Active support for employees at workstations should promote the further development of employees' skills and ensure effective human-technology interaction.

**Strengthening Quality Awareness and Circular Economy Principles:** A strong quality awareness for tolerances and the consistent monitoring of circular indicators should become the basis of production processes. The introduction of circular economy principles such as direct recycling and the optimisation of material return flow support efficient reverse logistics.

**Easily Adaptable and Scalable:** A circular production system should be able to adapt flexibly to changing demand conditions. Digital mapping and adaptation of internal material flows are essential to ensure a responsive and scalable production environment.

**Sustainability-orientated Production Processes:** Companies should focus on environmentally friendly production processes and develop products that are designed for circularity from the outset.



**Leicht anpassbar und skalierbar:** Ein kreislauffähiges Produktionssystem soll sich flexibel an wechselnde Nachfragebedingungen anpassen können. Dafür sind die digitale Abbildung und Anpassung der innerbetrieblichen Materialflüsse essenziell, um eine reaktionsschnelle und skalierbare Produktionsumgebung zu gewährleisten.

**Nachhaltigkeitsorientierte Produktionsprozesse:** Unternehmen sollen auf umweltfreundliche Produktionsprozesse setzen und Produkte entwickeln, die von Beginn an für die Kreislaufführung konzipiert sind.

## Zusammenfassung

Im Rahmen von ‚DiCES‘ lieferten die Erkenntnisse aus den Workshops wertvolle Einblicke für die Weiterentwicklung des Projekts. Sie verdeutlichen, dass die Gestaltung eines datenbasierten Wertschöpfungssystems für die multidimensionale Kreislaufwirtschaft flexibel, modular und agil erfolgen sollte, um eine Anpassungsfähigkeit an Markt- und Kreislaufforderungen zu gewährleisten. Ein solches Wertschöpfungssystem sollte durch integriertes Datenmanagement und eine effektive Verknüpfung von Entscheidungsprozessen eine kreislauffähige Produktion unterstützen, dabei serviceorientierte Geschäftsmodelle und Kreislaufwirtschaftsprinzipien integrieren, um Produktlebenszyklen zu verlängern. Die Einbindung der Stakeholder ist hierbei ebenfalls entscheidend.

*Antoine Gaillard · Martin Perau · Can Özkan*

## Conclusion

As part of ‚DiCES‘, the findings from the workshops have provided valuable insights for the further development of the project. They show it clear that the design of a data-based value creation system for the multidimensional circular economy should be flexible, modular and agile in order to ensure adaptability to market and circularity requirements. Such a value creation system should support circular production through integrated data management and effective linking of decision-making processes, while integrating service-oriented business models and circular economy principles in order to extend product life cycles. Stakeholder involvement is also crucial here.

*Antoine Gaillard · Martin Perau · Can Özkan*

### References:

GAILLARD, A.; PERAU, M.: DiCES: Digital Transformation of Circular Economy for Industrial Sustainability. Von linearem zu zirkulärem Wertschöpfungssystem: Implementierung von ReX-Strategien in die Auftragsabwicklung. In: UdZ – The Data-driven Enterprise 3(2023)1, S. 92 – 97. [https://epub.fir.de/frontdoor/index/index/start/0/rows/10/sortfield/score/sortorder/desc/searchtype/advanced/title/DiCES%3A+Digital+Transformation+of+Circular+Economy+for+Industrial+Sustainability/titlemodifier/contains\\_all/docId/2805](https://epub.fir.de/frontdoor/index/index/start/0/rows/10/sortfield/score/sortorder/desc/searchtype/advanced/title/DiCES%3A+Digital+Transformation+of+Circular+Economy+for+Industrial+Sustainability/titlemodifier/contains_all/docId/2805) (Link zuletzt geprüft: 26.04.2024)

SUNDIN, E.; LINDAHL, M.; IJOMAH, W.: Product design for product/service systems. In: Journal of Manufacturing Technology Management 20(2009)5, S. 723 – 753. DOI: 10.1108/17410380910961073.

TCHERTCHIAN, N.; MILLET, D.; EL KORCHI, A.: Design for remanufacturing: What performances can be expected? In: International Journal of Environmental Technology and Management 15(2012)1, Artikel 45151, S. 28. DOI: 10.1504/IJETM.2012.045151. 22 S.



If you want to be part of ‚DiCES‘, we offer you a regular exchange in our workshops, where you will not only gain insights into industry-leading practices, but also have the opportunity to discuss current trends and challenges with experts and other leading companies. This gives you the opportunity to contribute your industry-specific experience and at the same time benefit from the insights of other participating companies. If you would like to learn more about the requirements presented or participate in our workshops, please get in touch with us! You are cordially invited!

**Project Title:** DiCES – Digital Transformation of Circular Economy for Industrial Sustainability

**Funding/Promoters:** Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center)

**Funding no.:** 01MN23022A

**Website:** [dices.fir.de](https://dices.fir.de) & [project-dices.de](https://project-dices.de)

Funded by the *Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK)* based on a resolution of the *German Bundestag* under the funding number 01MN23022A.



Antoine Gaillard, M.Eng.  
Project Manager  
Research Unit Production Management  
FIR e. V. at RWTH Aachen University  
Phone: +49 241 47705-412  
Email: [Antoine.Gaillard@fir.rwth-aachen.de](mailto:Antoine.Gaillard@fir.rwth-aachen.de)

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag



Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0) veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de)).