

Band
9

Transferbeiträge zu innovativen Technologien
Thomas Abele / Carsten Weber (Hrsg.)

*Ganzheitlicher Digitalisierungsansatz
zur Umsetzung von Circular Economy
in der Automobilindustrie*

~
Dennis Fleischer / Carsten Weber

KCT Schriftenreihe



KCT KompetenzCentrum
für Technologie- & Innovationsmanagement
der FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Transferbeiträge zu innovativen Technologien
Dennis Fleischer / Carsten Weber

*Ganzheitlicher Digitalisierungsansatz zur Umsetzung von Circular Economy
in der Automobilindustrie*

KCT Schriftenreihe der FOM, Band 9

Essen 2022

ISBN (Print) 978-3-89275-268-4 ISSN (Print) 2629-0987
ISBN (eBook) 978-3-89275-269-1 ISSN (eBook) 2629-0995

Dieses Werk wird herausgegeben vom KCT KompetenzCentrum für Technologie-
& Innovationsmanagement der FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 by



**Akademie
Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags-
und Druck-Gesellschaft mbH
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen
info@mav-verlag.de

Das Werk einschließlich seiner
Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der
engen Grenzen des Urhebergeset-
zes ist ohne Zustimmung der MA
Akademie Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH unzulässig und
strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Ein-
speicherung und Verarbeitung in
elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Transferbeiträge zu innovativen Technologien
Thomas Abele / Carsten Weber (Hrsg.)

***Ganzheitlicher Digitalisierungsansatz zur Umsetzung
von Circular Economy in der Automobilindustrie***

Dennis Fleischer / Carsten Weber

Autorenkontakt

Dennis Fleischer
E-Mail: dennisfleischer93@gmail.com

Carsten Weber
Email: carsten.weber@fom-net.de

Vorwort der Herausgeber

Das KCT KompetenzCentrum für Technologie- & Innovationsmanagement bündelt bundesweit die Kompetenzen und die Entwicklung anwendungsorientierter sowie fachübergreifender Forschungsergebnisse in den Bereichen Technologie und Innovation. Es arbeitet intensiv mit einem Netzwerk aus Unternehmen, Fachverbänden und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen daran, aktuelle Herausforderungen einer kritischen Analyse und Bewertung zu unterziehen und Antworten auf zentrale Fragestellungen zu entwickeln.

Die Aktivitäten des KCT werden durch stetige Publikationen, wissenschaftliche Veranstaltungen und Fachforen des KCT-Teams dokumentiert. Die vorliegende Schriftenreihe verfolgt das Ziel, die Forschungsergebnisse des KCT einer breiten Öffentlichkeit verfügbar zu machen und gliedert sich thematisch in die Bereiche „Innovative Technologien“, „Wissensmanagement“, „Arbeit und Psyche“ sowie eine allgemeine Reihe. Unter der hier einschlägigen Rubrik „Transferbeiträge zu innovativen Technologien“ werden aktuelle Themen und Fragestellungen behandelt, welche durch die Verbindung der physischen Welt (Produkte und Technologien) mit der digitalen Welt (IT, Software, Daten, Künstliche Intelligenz, Systeme und Internettechnologie/Dienste sowie deren Vernetzung) entstehen und nachhaltig die Welt der Zukunft gestalten.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit einem ganzheitlichen Digitalisierungsansatz zur Umsetzung von Circular Economy in der Automobilindustrie. Die Circular Economy bietet eine Möglichkeit, um dem durch hohen CO₂-Ausstoß und Umweltverschmutzung hervorgerufenen Klimawandel entgegenzuwirken, indem sie ein regeneratives System einsetzt. Ermöglicht wird dies insbesondere durch den Einsatz unterschiedlichster autarker IT-Systeme und Technologien.

Die Digitalisierung und die damit einhergehende digitale Transformation sind für eine Reihe von Branchen treibende Kräfte. Die Kreislaufwirtschaft hingegen zielt darauf ab, die Ressourcennutzung gesamtwirtschaftlich und unternehmensbezogen zu optimieren. Zwischen diesen beiden Trends muss eine Verbindung aufgebaut werden, um den Wandel hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft zu beschleunigen. Es ist eine weitergehende Digitalisierung mit dem Ziel eines ganzheitlichen Ansatzes erforderlich. Wie solch ein Ansatz aussehen könnte, zeigen die beiden Autoren in diesem Beitrag auf.

Stuttgart im Mai 2022

Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele und Dipl.-Betriebsw. Carsten Weber MBA

Abstract

Der gesellschaftliche, politische sowie rechtliche Druck zur Transformation von Unternehmen hin zu nachhaltigen Geschäftsmodellen wächst stetig an. Insbesondere die Automobilindustrie steht aufgrund der Luftverschmutzung in Großstädten durch Fahrzeuge im Fokus der öffentlichen Berichterstattung und das nicht erst seit dem Dieselgate im Jahr 2008. Die Automobilindustrie steht allerdings nicht nur vor der Herausforderung, ihre Produkte hin zu grünen Fahrzeugen zu transformieren. Ein weiterer Fokus liegt auf der Produktion und dem Ziel, diese nachhaltig zu gestalten. Circular Economy ist mittlerweile auch in der Automobilindustrie ein wichtiges Thema geworden, um sich zukunftsfähig aufzustellen. Wie Circular Economy in einem Automobilkonzern inklusive aller Zulieferer insbesondere durch Technologien umsetzbar sein könnte, wurde bis dato nur für einzelne Bereiche der Unternehmen bewertet. Ein ganzheitlicher, theoretischer Digitalisierungsansatz zu Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie ist Stand Frühjahr 2022 nicht vorhanden. Diese Studie wurde mit dem Ziel, solch einen ganzheitlichen Digitalisierungsansatz zu entwickeln, durchgeführt.

In dieser empirischen qualitativen Studie wurde auf Basis unterschiedlicher theoretischer Ansätze ein ganzheitliches Digitalisierungskonzept erarbeitet und dieses anschließend in Interviews mit Experten aus den Bereichen Automobilindustrie, Circular Economy und Technology vorgestellt und weiterentwickelt.

Das abschließende Digitalisierungskonzept zur Umsetzung der Circular Economy bietet einen Überblick von Umsetzungsmöglichkeiten in den unterschiedlichen Bereichen eines Automobilunternehmens. Zudem wird aufgezeigt, wie diese fachlichen Umsetzungsmöglichkeiten durch die Implementierung von digitalen Ansätzen und Technologien verwirklicht werden können.

Inhalt

Vorwort der Herausgeber	III
Abstract.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Über die Herausgeber	VII
Über die Autoren	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Circular Economy.....	3
2.2 Digitalisierung.....	5
2.3 Automobilindustrie.....	5
3 Aktueller Stand	8
3.1 Aktueller Stand der Umsetzung von Circular Economy.....	8
3.2 Aktueller Stand der Circular Economy in der Automobilindustrie	9
3.3 Aktueller Stand der Digitalisierung in der Circular Economy	10
4 Ganzheitliches Digitalisierungskonzept für die Circular Economy in der Automobilbranche	14
4.1 Konzeptbaustein 1: <i>Rohstoffe und Zufuhr</i>	16
4.2 Konzeptbaustein 2: <i>Design</i>	19
4.3 Konzeptbaustein 3: <i>Produktion</i>	21
4.4 Konzeptbaustein 4: <i>Vertrieb</i>	24
4.5 Konzeptbaustein 5: <i>Nutzung</i>	27
4.6 Konzeptbaustein 6: <i>Sammeln</i>	30
4.7 Konzeptbaustein 7: <i>Recycling</i>	33
4.8 Konzeptbaustein 8: Übergreifende Bestandteile	36
5 Fazit.....	39
Literatur.....	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Konzept der Circular Economy	4
Abbildung 2:	Vorgehensweise Konzeptentwicklung Schritte 1-3.....	14
Abbildung 3:	Vorgehensweise Konzeptentwicklung Schritt 4.....	15
Abbildung 4:	Konzeptbaustein 1 – <i>Rohstoffe und Zufuhr</i>	16
Abbildung 5:	Konzeptbaustein 2 – <i>Design</i>	19
Abbildung 6:	Konzeptbaustein 3 – <i>Produktion</i>	22
Abbildung 7:	Konzeptbaustein 4 – <i>Vertrieb</i>	25
Abbildung 8:	Konzeptbaustein 5 – <i>Nutzung</i>	28
Abbildung 9:	Konzeptbaustein 6 – <i>Sammeln</i>	31
Abbildung 10:	Konzeptbaustein 7 – <i>Recycling</i>	34
Abbildung 11:	Digitalisierungskonzept für die Circular Economy	38

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
F&E	Forschung und Entwicklung
IoT	Internet der Dinge
KI	Künstliche Intelligenz
RFID	Radio-frequency Identification Chips
VR	Virtual Reality

Über die Herausgeber

Prof. Dr. Thomas Abele

ist seit 2011 Professor an der FOM Hochschule für Oekonomie & Management in Stuttgart. Zudem ist er Wissenschaftlicher Leiter des KCT KompetenzCentrum für Technologie- & Innovationsmanagement und widmet sich dort schwerpunktmäßig den Themenfeldern frühe Phase des Innovationsprozesses und Roadmapping. Die von ihm 2009 gegründete Beratung TIM CONSULTING ist spezialisiert auf Projekte, Schulungen sowie Audits im Bereich des Technologie- und Innovationsmanagements.

Thomas Abele war nach seinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH) sowie der University of Massachusetts in Boston als Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart tätig. Seine Promotion schloss er 2006 an der Universität Stuttgart zum Thema „Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements“ ab. 2005 wechselte Thomas Abele in die Unternehmensentwicklung der Alfred Kärcher GmbH & Co. KG und war dort zuletzt als stellvertretender, operativ leitender Bereichsleiter Corporate Development u. a. für die Strategieentwicklung verantwortlich. Von September 2009 bis Februar 2011 war er als Professor für Technologie und Innovationsmanagement an der German University in Kairo, Ägypten, tätig.

Diplom-Betriebswirt Carsten Weber MBA

ist seit Juni 2021 bei der Firma Trebing & Himstedt Prozeßautomation GmbH & Co. KG als Vice President Strategy, Portfolio & Business Development tätig. An der FOM Hochschule für Oekonomie & Management ist er seit 2015 als Dozent für Digitalisierung, Digital Business & Management, Digitale Transformation, Business Consulting, Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing & Vertriebsmanagement in Stuttgart und Karlsruhe tätig. Zudem ist er Research Fellow am KCT KompetenzCentrum für Technologie- & Innovationsmanagement mit den Themenschwerpunkten Digitale Transformation, digitale Geschäftsmodelle, Servitization und Industrie 4.0.

Carsten Weber studierte nach der Ausbildung als Datenverarbeitungskaufmann mit eingeschlossenem Fachberater Softwaretechniken nebenberuflich Betriebswirtschaftslehre mit Fachrichtung Wirtschaftsinformatik an der AKAD Hochschule in Lahr und danach Business Administration mit einem Master of Business Administration (MBA) an der Universidad Azteca European Programmes.

Seit fast 30 Jahren ist er in der Management-, Prozess-, Digitalisierungs-, Technologie- und IT-Beratung im Umfeld der diskreten Industrie tätig. Bis 2004 war er bei Siemens Business Services als Solution Manager Automotive für die neue weltweite Branchenausrichtung, Business Development, Beratung und den Aufbau im Bereich Automobilindustrie verantwortlich. Dann wechselte er zu MHP Management und IT-Beratung GmbH (MHP – A Porsche Company), wo er das Competence Center Automotive, danach das Produkt- und Innovationsmanagement sowie als Associated Partner weltweit den Geschäftsbereich Digital Services & Solutions (Engineered Services, Software & Technology) leitete und MHP in mehreren Organisationen vertrat. Von November 2018 an war Carsten Weber als Senior Vice President und Head of Industry Solutions bei der GFT Technologies SE beschäftigt.

Über die Autoren

Dennis Fleischer M.Sc.

ist seit über fünf Jahren in der Prozess-, Technologie- und IT-Beratung sowie IT-Prüfung tätig. Bis 2018 war er Consultant bei KPMG Switzerland und führte verschiedene IT-Prüfungen und Zertifizierungen für Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen durch. Anschließend war er bis 2019 als Senior Consultant für die MHP Management- und IT-Beratung GmbH insbesondere in der Automobilbranche tätig. Seit 2019 ist er bei KPMG Deutschland beschäftigt. Als Manager verantwortet er diverse Beratungsprojekte im Bereich der digitalen Transformation insbesondere im Umfeld der Nachhaltigkeit.

2016 schloss er sein Bachelor-Studium in Wirtschaftsinformatik, Fachrichtung International Management for Business and IT an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg ab. Um sich tiefergehende methodische Fähigkeiten anzueignen und seine praktischen Kenntnisse zu vertiefen, entschloss er sich 2018, ein Master-Studium an der FOM Hochschule für Oekonomie & Management in Stuttgart zu beginnen. Im Rahmen der Abschlussarbeit seines Studiengangs Business Consulting and Digital Management entwickelte er ein ganzheitliches Digitalisierungskonzept zur Umsetzung von Circular Economy in der Automobilindustrie.

Diplom-Betriebswirt Carsten Weber MBA

Siehe oben, „Über die Herausgeber“

1 Einleitung

Um dem durch hohen Ausstoß von Treibhausgasen und Umweltverschmutzung hervorgerufenen Klimawandel entgegenzuwirken, hat die Europäische Kommission am 11. Dezember 2019 das Konzept des European Green Deal vorgestellt.¹ Das übergeordnete Ziel des Green Deals ist es, als erster Kontinent klimaneutral zu werden.² Für die einzelnen Bereiche des Green Deals veröffentlichte die Europäische Kommission Aktionspläne zur Umsetzung der Ziele. Im März 2020 wurde der Aktionsplan für Circular Economy vorgestellt.³

Der Aktionsplan zielt darauf ab, die bisherige Linearwirtschaft hin zur Circular Economy zu entwickeln und weist insbesondere darauf hin, dass neue Technologien entwickelt werden müssen, um die Qualität von Sekundärteilen zur selben Qualität von Primärteilen anzuheben. Des Weiteren legt der Aktionsplan den Fokus auf sieben Branchen und ihre Wertschöpfungsketten, welche zirkulär mit Hilfe von Elektronik und Informations- und Kommunikationstechnologien umgestellt werden sollen. Eine dieser Branchen ist „Batterien und Fahrzeuge“, unter welcher insbesondere die Automobilindustrie zu sehen ist. Aber auch weitere für die Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie relevante Branchen wie beispielsweise „Kunststoffe“ und „Verpackungen“ werden im Aktionsplan genannt.⁴

Um dem Verlangen von Gesellschaft und Wirtschaft nach Informationen über die Nachhaltigkeit und die Herkunft der Produkte gerecht zu werden, hat sich die Europäische Kommission das Ziel gesetzt, einen digitalen Produktpass einzuführen.⁵ Sowohl die Europäische Kommission als auch jeweilige Branchenexpertinnen und -experten sehen die Digitalisierung als den Enabler für die Circular Economy.⁶

Die Automobilindustrie befindet sich bis dato am Anfang der Implementierung von Circular Economy. Gemäß einer Studie von Capgemini aus dem Jahr 2020 leisten, nur 32 Prozent der Lieferketten in der Automobilindustrie einen Beitrag zur Circular Economy.⁷ Daher müssen unterschiedlichste Umsetzungsmöglichkeiten, digitale Ansätze und Technologien beleuchtet werden. Aufgrund der Kom-

¹ Vgl. Europäische Kommission (2019).

² Vgl. Götze (2019).

³ Vgl. Europäische Kommission (2020a).

⁴ Europäische Kommission (2020b).

⁵ Vgl. Götze et al. (2021).

⁶ Vgl. Wilts / Berg (2017); Europäische Kommission (2020b), S. 21.

⁷ Vgl. Capgemini (2020), S. 21.

plexität der Lieferantenlandschaft und der Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie steht diese bei der Umsetzung von Circular Economy vor großen Herausforderungen.⁸

Sowohl die Automobilindustrie selbst als auch viele Beratungsunternehmen beschäftigen sich damit, wie sich Circular Economy in der Automobilindustrie auf die Themen Nachhaltigkeit und CO₂-Emissionen auswirken könnte. Ebenso wird oft davon gesprochen, dass Circular Economy insbesondere im Zusammenhang mit dem Wechsel vom Verbrennungsmotor hin zur E-Mobility ein wichtiger Baustein sein wird. Auch die Digitalisierung und damit einhergehend die Vielzahl an technologischen Lösungsmöglichkeiten werden hierbei aufgeführt.⁹

Auf eine ganzheitliche Umsetzung von Circular Economy in der Automobilindustrie, insbesondere im Zusammenspiel mit digitalen Ansätzen und Technologien, wird bislang nicht eingegangen. Die Unternehmen der Automobilindustrie stehen somit vor dem Problem, dass sie zwar Circular Economy einsetzen und neue Technologien hierfür implementieren müssen, dazu jedoch aufgrund der Informationsflut zu den relevanten Themen und unterschiedlichen Umsetzungsansätzen keine ganzheitliche Strategie heranziehen können.

Das Ziel dieser Studie ist es, einen ganzheitlichen Digitalisierungsansatz für die Circular Economy in der Automobilindustrie zu entwickeln. Zur Erreichung dieses Ziels wird eine Analyse zum aktuellen Stand in der Circular Economy, der Circular Economy in der Automobilindustrie und der Digitalisierung in der Circular Economy erarbeitet. Der vorliegende Beitrag setzt die hieraus gewonnenen Erkenntnisse als Digitalisierungskonzept um, welches im Zuge der Studie auf Basis von qualitativen Interviews verifiziert und angepasst wurde. Hierzu wurden Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Automobilindustrie, Technologie und Nachhaltigkeit ausgewählt.

⁸ Vgl. Braun et al. (2021), S. 16-27.

⁹ Vgl. EY (2021).

2 Grundlagen

Dieses Kapitel widmet sich den relevanten Definitionen und dem Stand der Forschung zu den Themengebieten Circular Economy, Digitalisierung und Automobilindustrie.

2.1 Circular Economy

Bis dato besteht kein einheitliches Konzept der Circular Economy. Auf der einen Seite legen Expertinnen und Experten den Fokus bei Circular Economy in jedem Schritt des Produktlebenszyklus auf den Ressourcenverbrauch, die Verschmutzung und den Abfall.¹⁰ Auf der anderen Seite liegt der Fokus der Experten auf der Transformation des Ressourcenverbrauchs im gesamten Wirtschaftssystem, wodurch auch Produktionsstätten und deren Verbrauch im Herstellungsprozess mit eingebunden werden.¹¹ Die Ellen McArthur Foundation entwickelte eine ganz eigene Definition des Begriffs Circular Economy: „Die Kreislaufwirtschaft bezieht sich auf eine industrielle Wirtschaft, die von der Absicht her restaurativ ist; darauf abzielt, sich auf erneuerbare Energie zu stützen; den Gebrauch von giftigen Chemikalien minimiert, verfolgt und eliminiert; und Abfall durch sorgfältiges Design beseitigt“.¹² Die Europäische Kommission hat Circular Economy in ihrem Circular Economy Action Plan wie folgt definiert: „Das Kreislaufprinzip ist wesentlicher Bestandteil eines umfassenderen Wandels der Industrie hin zu Klimaneutralität und langfristiger Wettbewerbsfähigkeit. Es kann erhebliche Materialeinsparungen in allen Wertschöpfungsketten und Produktionsprozessen bewirken, einen Mehrwert schaffen und wirtschaftliche Chancen eröffnen.“¹³

All diese Definitionen von Circular Economy zielen auf die Veränderung des heutigen industriellen Systems hin zu einem System, welches zirkulär unterschiedlichste Verbrauchsmaterialien wiederverwendet, ab. Es geht nicht nur um die Reduzierung von Verbrauchsmaterialien, sondern um den Aufbau eines Systems, welches sich mindestens neutral auf umweltpolitische Aspekte auswirkt und die Wirtschaftlichkeit von Produkten, Fabriken und Industriesystemen berücksichtigt.¹⁴

Zusammenfassend soll die folgende Definition für Circular Economy als Grundlage für diesen Beitrag dienen: Circular Economy ist ein industrielles System,

¹⁰ Vgl. Suavé et al. (2016), S. 49.

¹¹ Vgl. Preston (2012), S. 1.

¹² EMAF (2012), S. 22.

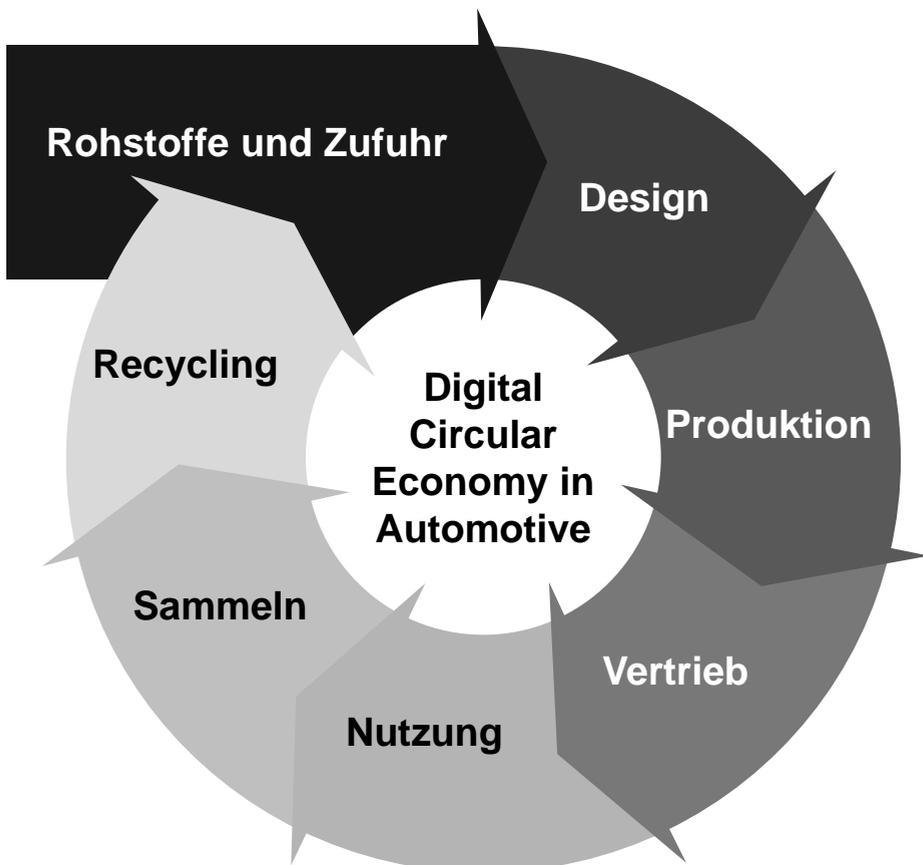
¹³ Europäische Kommission (2020b).

¹⁴ Vgl. Murray et al. (2017), S. 374.

welches die Absicht eines restaurativen oder regenerativen Designs verfolgt. Es ersetzt das End-of-Life-Konzept durch Wiederherstellung, verlagert es auf die Nutzung erneuerbarer Energien, die Wiederverwendung, eliminiert den Einsatz giftiger Chemikalien und zielt auf die Beseitigung und Verringerung von Abfällen durch das Design von Materialien, Produkten, Systemen und den damit verbundenen Geschäftsmodellen ab.¹⁵

Als Grundlage für das zu entwickelnde Digitalisierungskonzept wird das Circular Economy Konzept der Ellen MacArthur Foundation, wie in Abbildung 1 dargestellt, in vereinfachter Form verwendet.¹⁶

Abbildung 1: Konzept der Circular Economy



Quelle: In Anlehnung an EMAF (2012), S. 22-34.

¹⁵ Vgl. EMAF (2012), S. 7.

¹⁶ Vgl. ebd., S. 22-34.

2.2 Digitalisierung

Die Digitalisierung stellt einen wiederkehrenden Veränderungsprozess in der Wirtschaft und in unterschiedlichen Branchen und Unternehmen dar, welcher durch digitale Technologien begründet ist.¹⁷ Ein Teil der Digitalisierung ist die Industrie 4.0, welche zunehmend erforscht wird. Die Idee der Industrie 4.0 wird durch die Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Datenspeicherung unterstützt. In diesem Zusammenhang ist es möglich, die Arbeitsabläufe der fortschrittlichen Technologien in kontinuierliche Verbesserungsmethoden zu integrieren, wobei Faktoren wie das Internet der Dinge (IoT), Augmented Reality (AR), additive Fertigung, Big Data, Cloud Computing, Simulation, industrielle Automatisierung und Cybersicherheit einbezogen werden.¹⁸

Sowohl in der Forschung als auch in der Wirtschaft gibt es große Erwartungen, dass solche Digitalisierungstechnologien verschiedenste Produktionsketten und den Dienstleistungssektor durchdringen werden. Es wurde bereits eine große Anzahl von Studien zu diesem Thema veröffentlicht, die verschiedene Szenarien und Vorteile der Implementierung von Digitalisierungstechnologien darlegen. Diese Technologien bieten eine betriebliche Effizienz, eine verbesserte Kontrolle von Datenoperationen und eine Reduzierung der Energieverschwendung von Maschinen und Prozessen.¹⁹

Gemäß dem Technologie- und Trendradar, welches das Ergebnis einer Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie ist²⁰ und im Jahr 2021 veröffentlicht wurde, können Digitalisierungstechnologien in sechs Bereiche geclustert werden. Diese Bereiche sind Vernetzung, Virtualisierung, Datenverarbeitung, Prozesse, Produkte und Geschäftsmodelle.²¹

2.3 Automobilindustrie

Der Automobilindustrie ist keine eindeutige Definition zugeordnet. Der Verband der Automobilindustrie definiert den Industriezweig jedoch so, dass diesem alle Unternehmen zugeordnet werden können, welche Kraftwagen und deren Bestandteile wie beispielsweise den Motor oder zugehörige Produkte wie Anhänger

¹⁷ Vgl. Keuper et al. (2013), S. 5.

¹⁸ Vgl. Barreto et al. (2017), S. 1246-1252.

¹⁹ Vgl. Borgmeier et al. (2017), S. 37 f.

²⁰ Heute: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

²¹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021), S. 12.

herstellen.²² Die Automobilindustrie umfasst somit neben den Fahrzeugherstellern wie beispielsweise Daimler, Volkswagen, Renault und Toyota auch Automobilzulieferer wie zum Beispiel Continental, Magna oder Bosch.

Im Rahmen dieser Untersuchung wird der Fokus aufgrund des Umfangs auf die Automobilhersteller gelegt, wobei die Automobilzulieferer aufgrund des ganzheitlichen Ansatzes auch Erwähnung finden und berücksichtigt werden.

Wie sich in Abschnitt 2.1 herausgestellt hat, ist insbesondere der Bereich der Wertschöpfungskette ein elementarer Bereich für die Circular Economy. Aus diesem Grund wird folgend auf diese eingegangen. Gemäß Diez kann die Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie in Upstream- und Downstream-Prozesse geteilt werden. Den Upstream-Prozessen werden die Forschung und Entwicklung (F&E), die Beschaffung und die Produktion zugeordnet. Das Marketing, der Vertrieb und After Sales hingegen werden den Downstream-Prozessen zugeordnet.²³

Der Bereich F&E zielt darauf ab, neue Produkte, Technologien und Geschäftsmodelle hervorzubringen. In der Automobilindustrie wird diesbezüglich auch eng mit Zulieferern zusammengearbeitet, um die F&E voranzutreiben.²⁴

Im Bereich Beschaffung werden alle Aktivitäten zusammengefasst, die die nachfolgende Produktion durch die Steuerung von Belieferungen ermöglichen. Einen elementaren Bestandteil dieses Bereichs stellt die Logistik dar, welche für die Aufrechterhaltung und Optimierung der Supply Chain verantwortlich ist.²⁵

Der Bereich Produktion umfasst alle Aktivitäten, die notwendig sind, um Produkte – also im Beispiel der Automobilindustrie Automobile – herzustellen. Die Produktion des Automobilherstellers greift hierbei auf Mitarbeitende (Humanressourcen), Maschinen, Rohstoffe und vorgefertigte Bauteile zurück. Die Herstellung von vorgefertigten Bauteilen wird durch die Zulieferer übernommen. Die Wertschöpfung im Hinblick auf das zu produzierende Automobil besteht somit bei den Automobilherstellern.²⁶

Der Bereich Marketing befindet sich in der Zuständigkeit des Automobilherstellers. Dieser versucht, über unterschiedliche Kanäle systematisch Informationen über das eigene Produkt zu veröffentlichen und dadurch Kundinnen und Kunden

²² Vgl. Verband der Automobilindustrie (2000), S. 6.

²³ Vgl. Diez (2006), S. 18.

²⁴ Vgl. Eisele (2006), S. 30.

²⁵ Vgl. Tempelmeier (1998), S. 237 f.

²⁶ Vgl. Kraus (2005), S. 170.

zu beeinflussen und Kaufanreize zu schaffen. Des Weiteren übernimmt das Marketing oftmals weitergehende Aufgaben wie die Präsentation der Marke am Point of Sale und das Kundenmanagement.²⁷

Der Bereich Vertrieb umfasst die Planung und Steuerung der Belieferung in die Märkte und an die Endkunden. Der Einzelhandel findet hierbei meist über den Direktvertrieb, also entweder werkseigene Niederlassungen oder Vertragshändler, statt. Zur Unterstützung und Steigerung des Vertriebs bieten die meisten Automobilhersteller Finanzdienstleistungen mit dem Fokus auf Leasing und Finanzierungen an.²⁸

Der Bereich After Sales umfasst alle Dienstleistungen, welche das Ziel der Kundenbindung haben. Automobilhersteller nutzen hierfür insbesondere das Service- und Teilegeschäft. Neben der Kundenbindung stellt After Sales auch eine weitere nicht unerhebliche Einnahmequelle für den Automobilhersteller dar.²⁹

²⁷ Vgl. Diez (2006), S. 423.

²⁸ Vgl. ebd., S. 269 f.

²⁹ Vgl. ebd., S. 183 f.

3 Aktueller Stand

Dieses Kapitel widmet sich dem aktuellen Stand der Forschung zu den Themengebieten Circular Economy, Digitalisierung und Automobilindustrie, in Abhängigkeit zueinander.

3.1 Aktueller Stand der Umsetzung von Circular Economy

Circular Economy entwickelt sich für viele Unternehmen mehr und mehr zu einer Alternative zur bisherigen Nutzung von Primärmaterialien. Jedoch setzen Unternehmen weiterhin überwiegend auf Primärmaterialien, obwohl recycelte Rohstoffe günstiger sein können. Dies hat unterschiedliche Gründe. Einen Hauptgrund stellen nicht ausreichende Informationen über mögliches recycelbares Material oder mögliche Sekundärteile dar. Ohne die Informationen, wo und wann recycelbare oder wiederverwendbare Materialien anfallen, werden Unternehmen auch weiterhin sicherheitshalber auf Primärmaterialien zurückgreifen. Einen weiteren Faktor stellen die oftmals fehlenden Informationen über die Zusammensetzung der Rohstoffe dar. Ohne die Möglichkeit der Unterscheidung, welche Rohstoffe wie zurück in den Wertstoffkreislauf rückführbar sind, ist eine Umsetzung der Circular Economy nicht möglich.³⁰

Neben den Schwierigkeiten hinsichtlich Informationen besteht bei der Umsetzung von Circular Economy eine Stagnation aufgrund von marktwirtschaftlichen Konzentrationsprozessen der privaten Recyclingunternehmen. Des Weiteren bestehen oftmals Berührungspunkte zwischen kommunalen und privaten Marktteilnehmern. Ein ganzheitlicher Daten- und Informationsaustausch zwischen allen Marktteilnehmern, ohne den Sekundärteile oder End-of-Life-Szenarien nicht analysiert werden können, besteht nicht. Auch hier spielen die Recyclingunternehmen eine entscheidende Rolle, welcher sie aufgrund fehlender Kommunikation zu Industrie und Produktion nicht nachkommen. Aber auch die Industrie kann ihrer entscheidenden Rolle bei der Umsetzung von Circular Economy oft nicht gerecht werden, da keine wertschöpfungsübergreifende und recyclingintegrierte Produktion betrieben wird.³¹

All dies führt dazu, dass sogar die Unternehmen, die Circular Economy implementiert und sich in diesem Bereich etabliert haben, derzeit weit hinter ihren Möglichkeiten im Hinblick auf wertstoffliche Wiederverwertung zurückbleiben. Es feh-

³⁰ Vgl. Wilts / Berg (2017), S. 4.

³¹ Vgl. Alwast Consulting (2018).

len bis dato gemeinsame Wertschöpfungsmodelle zwischen Produktion und Circular Economy sowie die Kommunikation zwischen dem produzierenden Gewerbe, Rohstofflieferanten, Zulieferern und der Recyclingwirtschaft.³²

Um Circular Economy zu ermöglichen, ist es erforderlich, Stoff- und Informationsflüsse aufzubauen, um die genannten Probleme zu lösen. Es bedarf Informationen über die Qualität von Produkten, deren Rohstoffe und mögliche Mengen. Die gesammelten Informationen müssen Händlern über den gesamten Kreislauf hinweg zugänglich sein und stets erweitert werden. Bis dato war es nicht möglich, dieses Defizit an Informationen zu beheben. Die Digitalisierung jedoch kann exakt für dieses Problem Lösungsmöglichkeiten liefern.³³

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die Forschung in der Circular Economy relativ ausgereift ist. Jedoch fehlt es oftmals an den Umsetzungsanreizen und -möglichkeiten bei den Unternehmen.

3.2 Aktueller Stand der Circular Economy in der Automobilindustrie

Global gesehen werden die Rohstoffe stetig knapper.³⁴ Dies wirkt sich auch auf die Automobilindustrie aus. Damit einhergehend wird für die Automobilindustrie der schonende Umgang mit Ressourcen immer elementarer.³⁵ Insbesondere die Automobilhersteller beschäftigen sich daher immer mehr mit dem Thema Circular Economy. Die Daimler AG beispielsweise ist eine Kooperation mit einem Bio-Kunststoff-Hersteller eingegangen, welcher einen zu 100 Prozent recycelten und zu 100 Prozent recycelbaren Werkstoff herstellt.³⁶ Renault hat bekanntgegeben, an seinem Standort in Flins-sur-Seine bis 2024 eine Re-FACTORY aufzubauen, die Circular Economy als zentralen Bestandteil in all ihren Phasen umsetzt.³⁷

Gemäß einer Studie von Capgemini, in der 500 große Unternehmen der Automobilindustrie und 300 weitere Expertinnen und Experten befragt wurden, stellte sich heraus, dass nur 32 Prozent der befragten Unternehmen mit ihrer Lieferkette zur Circular Economy beitragen. Die Studie ergab jedoch, dass der Anteil an Unternehmen, welche Initiativen im Hinblick auf Circular Economy gestartet haben, durchaus höher liegt. So recyceln 75 Prozent der Unternehmen Industrieabfälle und Schrott. 71 Prozent der Unternehmen bieten den Kundinnen und Kunden die

³² Vgl. Alwast Consulting (2018).

³³ Vgl. Deloitte (o.D.).

³⁴ Vgl. Deutscher Industrie- und Handelskammertrug e.V. (2021).

³⁵ Vgl. Huber-Straßer (2020).

³⁶ Vgl. Daimler (o.D.).

³⁷ Vgl. Renault (2020).

Möglichkeit und halten diese dazu an, Sekundärteile wiederzuverwenden. Weniger Initiativen gibt es in den Bereichen Investition in Infrastruktur für die Wiederverwendung von Komponenten (51 Prozent) und Partnerschaften zur Wiederverwendung von Elektrofahrzeugbatterien (36 Prozent). Initiativen zur Umsetzung von Circular Economy gibt es in etwa der Hälfte der befragten Unternehmen (52 Prozent).³⁸ Zusammengefasst kann konstatiert werden, dass sich die Circular Economy in der Automobilindustrie noch in den Anfängen bzw. in der Entwicklung befindet. Um diese Entwicklung voranzutreiben, müssen die folgenden Herausforderungen zur Umsetzung von Circular Economy gemeistert werden:³⁹

1. Gestaltung: Der gesamte Lebenszyklus muss so gestaltet sein, dass Ressourcenzurückgewinnung und Wiederverwendung optimiert werden.
2. Umfang: Die Mengen der Gebrauchtwagen müssen ausreichend sein, um Investitionen in die Recyclinginfrastruktur zu rechtfertigen.
3. Politik: Die Politik muss Anreize schaffen und den Herstellern die Möglichkeit geben, sowohl ihre eigenen Produkte als auch die der Wettbewerber zu recyceln.
4. Sammlung: Die Sammlung von Produkten muss vereinheitlicht werden.
5. Kosten: Technologien müssen die kostengünstige Rückgewinnung und Wiederverwendung von Materialien ermöglichen.
6. Kontinuierliche Verbesserung: Es ist notwendig, Probleme und Chancen zu erkennen, zu überwachen und anzupassen.

In Bezug auf die Umsetzung von Circular Economy in der Automobilindustrie wird die Digitalisierung als Enabler betrachtet.

3.3 Aktueller Stand der Digitalisierung in der Circular Economy

Die Studie „Die Digitalisierung in der GreenTech-Branche“ von Roland Berger aus dem Jahr 2020, welche im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit durchgeführt wurde, ergab, dass die Bereitschaft der Unternehmen zur Digitalisierung im Hinblick auf Circular Economy bei circa 30 Prozent liegt. Berechnet wurde dieser Wert auf Basis von vier Bewertungskriterien: Das erste Kriterium sind Gründungsaktivitäten in Bezug auf

³⁸ Vgl. Capgemini (2020), S. 21.

³⁹ Vgl. Buruzs / Torma (2018), S. 2.

Circular Economy; hierbei liegt der Wert bei circa 40 Prozent. Das zweite Kriterium ist die Technologienutzung; dieses wird von Roland Berger mit circa 20 Prozent bewertet. Wesentlich höher ist der Wert der genutzten digitalen Systeme; dieser liegt bei circa 40 Prozent. Den niedrigsten Wert weist die Innovationsdynamik auf; dieser Wert liegt bei circa 12,5 Prozent. Auffällig bei dieser Studie ist, dass die Circular Economy in keinem der vier Bewertungskriterien einen Wert von über 50 Prozent aufweist, was bei den anderen fünf Leitmärkten, z.B. Wasserwirtschaft, durchaus vorkommt. Diese niedrigen Werte zeigen, dass durch die geringe Nutzung von Technologien und digitalen Systemen auch eine geringe Innovationsdynamik besteht.⁴⁰

Die Digitalisierung kann also Innovationen in der Circular Economy ermöglichen. In einigen Fällen ist sie sogar in der Lage, die Entwicklung einer Kreislauflösung zu initiieren. Innovationen im Bereich der Circular Economy sind weniger diszipliniert und strategisch als digitale Innovationen in anderen Bereichen, was durch das Fehlen groß angelegter, disruptiver digitaler Kreislauftransformationen verdeutlicht wird. Solche groß angelegten Innovationen erfordern drastische Änderungen der Geschäftsmodelle, beispielsweise weg vom Verkauf von Produkten hin zum Verkauf von Dienstleistungen.⁴¹

Zwar weisen digitale Innovationen und Kreislaufwirtschaftsinnovationen eine positive Korrelation auf, jedoch spielt die Digitalisierung bei Kreislaufwirtschaftsinnovationen keine zentrale Rolle. Die Digitalisierung wird hier meist genutzt, um Daten, Partnerinnen und Partner, Geräte und Kundschaft in einzelnen bzw. isolierten Teilen der Wertschöpfungskette zu verbinden. Dabei ermöglicht die Digitalisierung die effiziente Nutzung von Daten für die Gestaltung und Umsetzung von Kreislaufösungen. Somit kann die Digitalisierung als eine große Chance für einzelne Unternehmen verstanden werden, um ihre Zukunft, ihre Strategie, ihre Wertschöpfungskette, ihre Abläufe und die Grundlage der Preisgestaltung sowie ihre Vertriebskanäle und die Kundenansprache neu zu überdenken. Jede dieser Veränderungen ist auch unter dem Gesichtspunkt der Kreislaufwirtschaft möglich.⁴²

Die Digitalisierung stellt bereits jetzt unzählige Möglichkeiten zur Umsetzung von Circular Economy zur Verfügung. Beispielsweise kann sie ein verursachungsgerechtes Abrechnen anhand von Chipsystemen wie Kunststoffchips oder Radio-

⁴⁰ Vgl. Roland Berger (2020), S. 14.

⁴¹ Vgl. Milow / von Kutzschenbach (2019).

⁴² Vgl. PwC (o.D.)

frequency Identification Chips (RFID) ermöglichen. Des Weiteren kann RFID eingesetzt werden, um die Entsorgungslogistik sowohl der produzierenden als auch der recycelnden Unternehmen zu optimieren.⁴³ Hierbei können beispielsweise auf Barcodes gestützte Informationssysteme zur Abfalltrennung eingesetzt werden. Scanner und Sensorik können eingesetzt werden, um Füllstände und die Zusammensetzung von Behältern zu erfassen und diese Daten verwertbar zu nutzen. Auch eine automatisierte Demontage von Produkten kann durch eine zentrale Datenbank mit Details über die Zusammensetzung von Produkten entweder bei deren Rücknahme durch das eigene Unternehmen oder bei Recyclingunternehmen ermöglicht werden. Ebenso kann eine zentrale Abfallhandelsplattform ermöglichen, Lieferzuverlässigkeit zu gewährleisten.⁴⁴

Auch die Informationslogistik ermöglicht eine Anwendung von Circular Economy innerhalb von Unternehmen. So können Unternehmen, welche innerhalb einer vernetzten Supply Chain agieren, schützenswerte Informationen im eigenen Einflussbereich halten und trotzdem mögliche Potenziale, wie beispielsweise Big Data und damit einhergehende Analysen, nutzen. Ebenso ändern technische Lösungen hinsichtlich Produktionsverfahren, wie additive Fertigung (z.B. 3D-Druck) oder die Vereinfachung der Produktion von Sonderanfertigungen, die bestehenden Supply-Chain-Strukturen.⁴⁵

Die Industrie 4.0 bietet die Möglichkeit von selbststeuernden Systemen. Hierdurch können Güter, Sendungen oder Rohstoffe innerhalb der Systeme der Industrie 4.0 effizient, autonom und vernetzt bewegt werden. Ein weiterer Einsatz von Industrie 4.0 stellt die Social Networked Industry dar, die eine neuartige Interaktion zwischen Mensch und Technik ermöglicht, wodurch der Einsatz von Robotern, auch im Hinblick auf die Implementierung von Circular Economy, vereinfacht wird.⁴⁶

Insbesondere die Logistik bietet viele Anknüpfungspunkte, an denen die Digitalisierung die Implementierung von Circular Economy ermöglichen oder vereinfachen kann. Digitale Technologien wie AR können Mitarbeitende beispielsweise aufgrund von Datenbrillen oder anderen Endgeräten bei der Produktidentifikation oder Kommissionierung unterstützen. Künstliche Intelligenz (KI) kann eingesetzt

⁴³ Vgl. Conde mi et al. (2019).

⁴⁴ Vgl. Deloitte (o.D.).

⁴⁵ Vgl. Manavalan / Jayakrishna (2019).

⁴⁶ Vgl. Awan et al. (2021).

werden, um automatisiert Mustererkennungen durchzuführen und so alle notwendigen Informationen über ein Produkt oder einen Stoff zu identifizieren.⁴⁷

Bei der Gestaltung von Produkten, aber auch bei der Nachverfolgung von physischen Produkten spielen echtzeitfähige digitale Zwillinge eine immer stärkere Rolle. So können Produkte langlebig gestaltet und eine Steuerung und Nachverfolgung des Zustands von physischen Produkten ermöglicht werden.⁴⁸

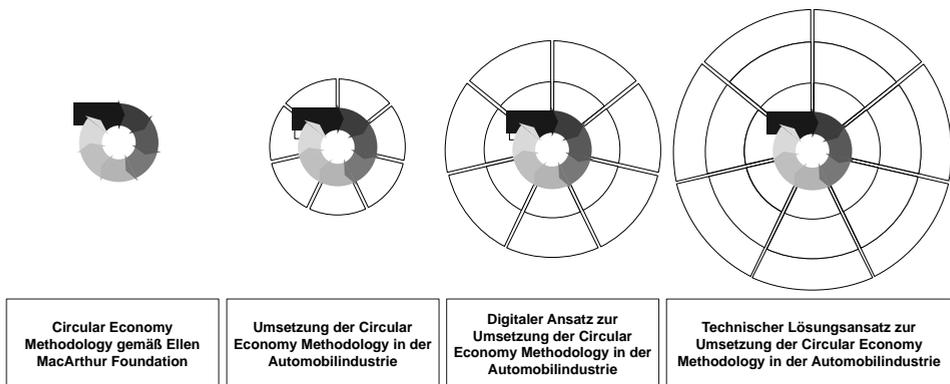
⁴⁷ Vgl. Fennemann et al. (2018).

⁴⁸ Vgl. Preut et al. (2021)

4 Ganzheitliches Digitalisierungskonzept für die Circular Economy in der Automobilbranche

Als Basis des Konzepts wurde, wie in Abbildung 2 dargestellt, die Circular Economy Methodology in Anlehnung an die der Ellen MacArthur Foundation verwendet. Im ersten Schritt wurden hierauf aufbauend die Umsetzungsmöglichkeiten von Circular Economy in der Automobilbranche gesammelt und anschließend den sieben Phasen der Kreislaufwirtschaft gemäß der Ellen MacArthur Foundation zugeordnet. Im zweiten Schritt wurden mögliche digitale Ansätze, basierend auf den in Schritt 1 getroffenen Umsetzungsmöglichkeiten, gesammelt und ebenso den sieben Phasen der Kreislaufwirtschaft zugeordnet. Im dritten Schritt wurden mögliche technische Lösungen aufbereitet und den jeweiligen Phasen der Kreislaufwirtschaft und den im vorherigen Schritt zugeordneten digitalen Ansätzen zugewiesen.

Abbildung 2: Vorgehensweise Konzeptentwicklung Schritte 1-3

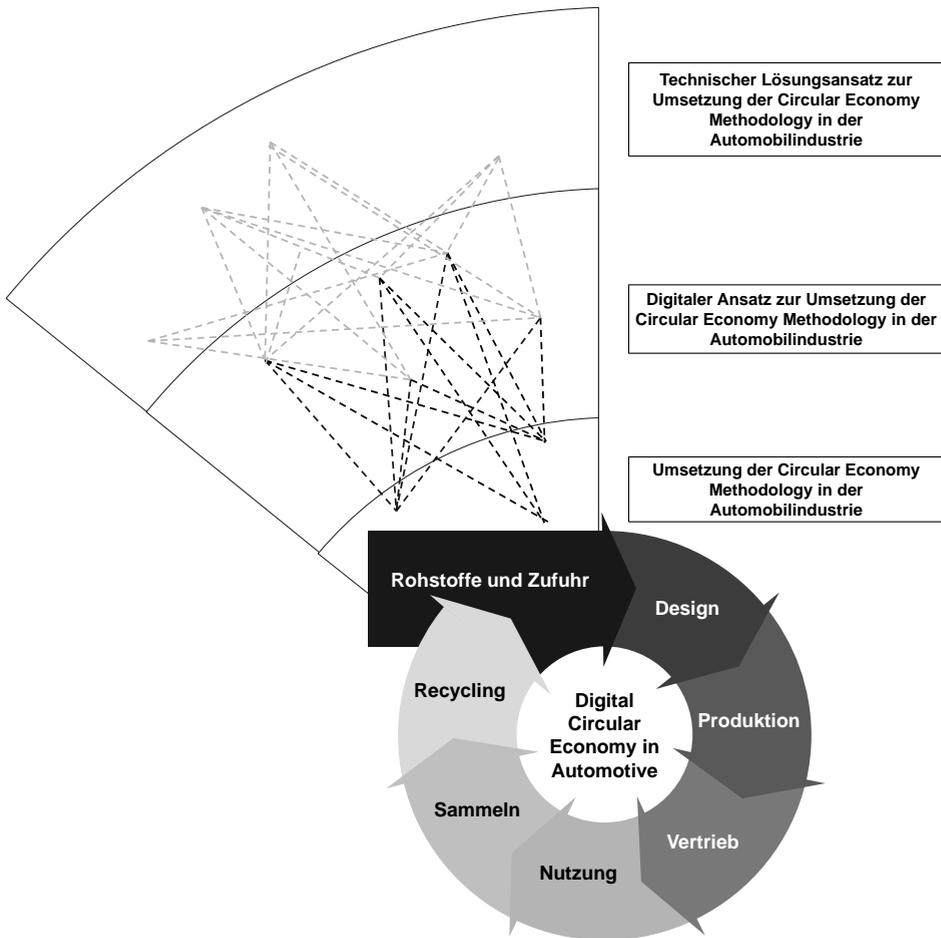


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Im abschließenden vierten Schritt wurden, wie in Abbildung 3 exemplarisch dargestellt, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Ebenen anhand von Verbindungen in den Detailansichten visualisiert. Hierbei wurden zuerst die Zusammenhänge zwischen den Umsetzungsmöglichkeiten in der Automobilindustrie und den digitalen Ansätzen farblich durch Verbindungslinien visualisiert. Anschließend wurden die Zusammenhänge zwischen den digitalen Ansätzen und den technologischen Umsetzungsmöglichkeiten farblich durch Verbindungslinien dargestellt. Die Farben grenzen hierbei ausschließlich die Zusammengehörigkeit zum Ausgangspunkt ab und dienen dazu, die Zusammenhänge übersichtlicher zu

visualisieren. Aufgrund der Übersichtlichkeit der einzelnen Bestandteile des Konzepts wurden in dieser Veröffentlichung die Zusammenhänge nicht in den Abbildungen dargestellt, sondern nur schriftlich in den dazugehörigen Textabschnitten aufgegriffen.

Abbildung 3: Vorgehensweise Konzeptentwicklung Schritt 4



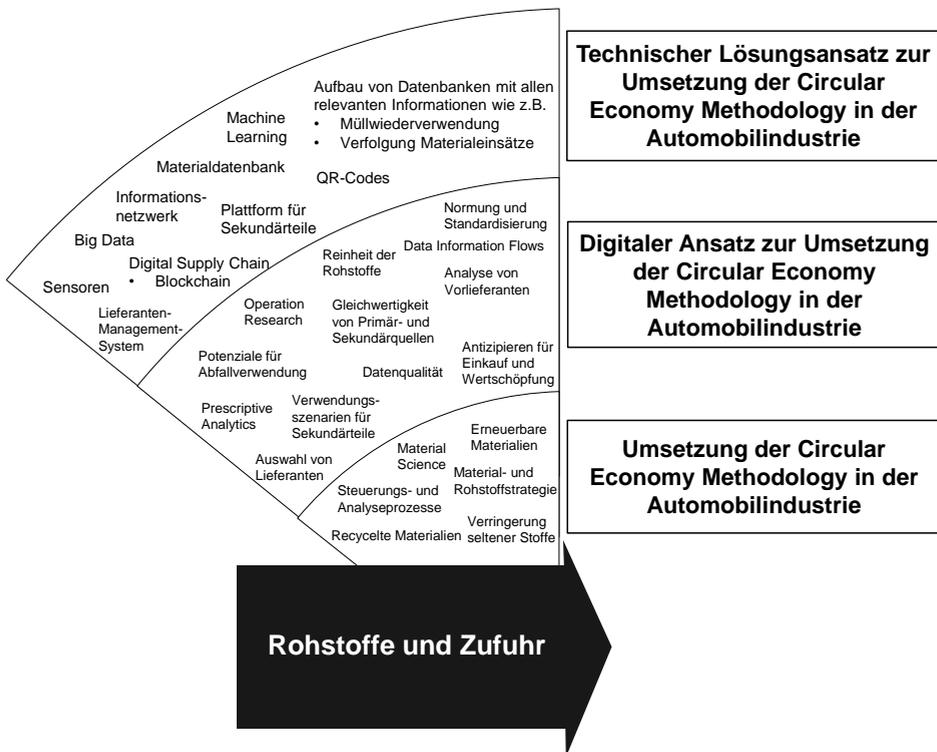
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Das entwickelte Konzept ist als Ganzes in Abbildung 11 dargestellt. Erläutert wird es in den Kapiteln 4.1-4.8. Neben den zuvor genannten Kreisen wurde zusätzlich ein übergeordneter Kreis mit Pfeilen für Themen, welche alle Konzeptphasen betreffen, gezogen.

4.1 Konzeptbaustein 1: Rohstoffe und Zufuhr

Den ersten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 4 ersichtlich, die Phase *Rohstoffe und Zufuhr* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind die Verwendung von recycelten Materialien, der Einsatz von erneuerbaren Materialien, die Verringerung der Verwendung seltener Stoffe, Material- und Rohstoffstrategie, Material Science sowie Steuerungs- und Analyseprozesse. Basierend auf diesen Umsetzungsmöglichkeiten wurden digitale Ansätze aufgeführt und diesen zugeordnet.

Abbildung 4: Konzeptbaustein 1 – *Rohstoffe und Zufuhr*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Die Verwendung von recycelten Materialien und erneuerbaren Materialien kann durch verschiedene digitale Ansätze ermöglicht werden. So können bei der Auswahl von Lieferanten auf Basis von Daten solche bevorzugt werden, welche Cir-

cular Economy implementiert haben oder eine Auswahl an erneuerbaren Materialien anbieten. Im Einkauf sowie der Wertschöpfung wird dadurch zudem eine notwendige Antizipierung ermöglicht. Ebenso können Verwendungsszenarien von Sekundärteilen und Potenziale für die Abfallverwendung durch digitale Ansätze identifiziert werden. Die Grundlage für diese digitalen Ansätze stellt insbesondere der Aufbau von Data Information Flows dar.

Die Verringerung der Verwendung seltener Rohstoffe benötigt als Grundlage zur Entscheidungsfindung ebenso den Aufbau von Data Information Flows und Datenbanken. Dies ermöglicht im Hinblick auf die Verwendung von seltenen Stoffen die Identifikation von Verwendungsszenarien von Sekundärteilen sowie die Identifikation von Potenzialen für die Abfallverwendung.

Die Material Science als interdisziplinäres Fachgebiet ermöglicht zudem viele Neuerungen im Hinblick auf die Werkstoffe, welche in Bezug auf *Rohstoffe und Zufuhr* für Unternehmen an Relevanz gewinnen. Als digitale Ansätze hierfür sind insbesondere die Reinheit der Rohstoffe und die Gleichwertigkeit von Primär- und Sekundärquellen zu sehen.

Des Weiteren kann ein Unternehmen dedizierte Steuerungs- und Analyseprozesse implementieren. Digitale Ansätze hierfür stellen die Normung und Standardisierung, die Analyse von Vorlieferanten, eine entsprechende Datenqualität und aufbauend hierauf Predictive Analytics zur Geschäftsanalyse sowie Operation Research zur Entscheidungsunterstützung dar.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Der Aufbau von Data Information Flows, welcher für alle drei Umsetzungsmöglichkeiten einen grundlegenden Bestandteil darstellt, kann durch unterschiedliche technische Lösungsansätze ermöglicht werden. Hierbei stellen Big Data und eine Digital Supply Chain auf Basis der Blockchain äußerst umfangreiche technische Lösungsansätze dar. Ebenso kann der digitale Ansatz durch den Aufbau von Lieferanten-Management-Systemen mit relevanten Circular-Economy-Informationen oder durch den Aufbau von Datenbanken mit Informationen über die Müllwiederverwendung und die Verfolgung von Materialeinsätzen ermöglicht werden.

Um das Antizipieren für den Einkauf und die Wertschöpfung zu ermöglichen, wurden diesem digitalen Ansatz die gleichen technischen Lösungsansätze wie dem Aufbau von Data Information Flows und Datenbanken zugeordnet. Ohne diese technischen Ansätze und die hieraus resultierenden Informationsquellen kann das Antizipieren nicht ermöglicht werden. Des Weiteren wurde diesem Bereich

der technologische Ansatz einer Plattform für Sekundärteile zugeordnet. Eine solche Datengrundlage bietet dem Einkauf die Möglichkeit die Verwendung von Primärteilen vorrausschauend zu steuern.

Die Identifikation von Potenzialen für die Abfallverwendung wird insbesondere von den beiden technischen Lösungsansätzen Big Data und der Datenbank mit allen Informationen ermöglicht. Hierzu müssen in den beiden Lösungsansätzen alle relevanten Informationen, insbesondere von den Lieferanten, enthalten sein.

Der Identifikation von Verwendungsszenarien für Sekundärteile wurden die technischen Lösungsansätze Big Data und Datenbanken mit Informationen zugeordnet, um eine digitale Simulation von Verwendungsszenarien zu ermöglichen. Des Weiteren wurde diesem digitalen Ansatz die Digital Supply Chain zugeordnet. Diese ermöglicht insbesondere, auf unternehmensexterne Daten zuzugreifen und diese zu berücksichtigen. Neben diesen technischen Lösungsansätzen bieten Sensoren bei der Ankunft von Sekundärteilen im Werk die Möglichkeit, diese auszulesen und Verwendungsszenarien zu identifizieren.

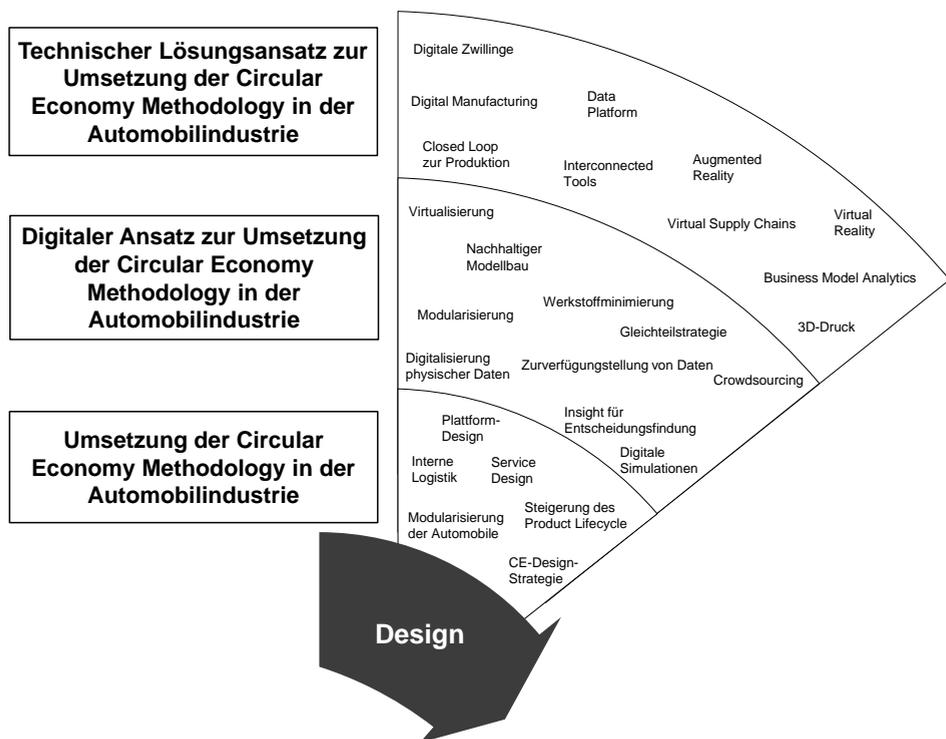
Die Auswahl von Lieferanten, welche Circular Economy implementiert haben, wird insbesondere durch die Verwendung von drei technologischen Lösungen ermöglicht. Eine hiervon ist eine Digital Supply Chain mit relevanten Daten für die Entscheidungsfindung. Als weitere technologische Lösung ermöglicht Big Data Analytics die Verarbeitung von Daten und die Analyse dieser. Die dritte Technologie, das Lieferanten-Management-System, versetzt Unternehmen in die Lage ihre Lieferanten zu steuern.

Um die Reinheit der Rohstoffe zu gewährleisten, eine Normung und Standardisierung zu ermöglichen und Gleichwertigkeit von Primär- und Sekundärquellen zu erreichen, ist es unabdingbar Informationsnetzwerke sowie (Material-)Datenbanken aufzubauen. Dies ist notwendig, um Aussagen über die Rohstoffe treffen zu können. Diese technologischen Ansätze liefern zudem für weitergehende Analysen der Lieferanten und Rohstoffe die Datengrundlagen für Prescriptive Analytics und Operation Research. Durch die Einbindung von QR-Codes zur Weitergabe von Informationen zwischen den Lieferanten und Machine Learning zur Automatisierung der Entscheidungsfindung können diese Analysen verbessert und weiterentwickelt werden. Eine hohe und gleichbleibende Datenqualität über die einzelnen Vorlieferanten bis zum Produzenten ist von hoher Bedeutung.

4.2 Konzeptbaustein 2: *Design*

Den zweiten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 5 ersichtlich, die Phase *Design* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind die Entwicklung einer Circular-Economy-Design-Strategie, die Steigerung des Product Lifecycle, die Modularisierung der Automobile (Produkte), die interne Logistik, das Service Design sowie das Plattform-Design.

Abbildung 5: Konzeptbaustein 2 – *Design*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Zur Entwicklung der Circular-Economy-Strategie wurde die Trennung von Daten, sprich die Digitalisierung von physischen Daten, zugeordnet, da nur hierdurch ein ganzheitlicher Überblick zur Gestaltung der Strategie gewährleistet werden kann. Ein weiterer digitaler Ansatz ist die Zurverfügungstellung von Daten, da eine Strategie auch auf Erfahrungswerten, im besten Fall auf Daten, fußt. Basierend auf den gesammelten Daten können durch digitale Lösungen Erkenntnisse für die

Entscheidungsfindung bei der Entwicklung und Anpassung der Circular Economy-Strategie generiert werden.

Zur Verlängerung des Product Lifecycle wurden die im oberen Abschnitt genannten digitalen Ansätze Insight für Entscheidungsfindung, Zurverfügungstellung von Daten und Trennung von Daten auch dieser Umsetzungsmöglichkeit zugeordnet. Weitere digitale Ansätze stellen digitale Simulationen, die Virtualisierung und die Simulation der Modularisierung dar. Alle drei Ansätze zielen darauf ab, bereits in der Designphase beispielsweise Funktionalität oder Langlebigkeit zu simulieren.

Um die Umsetzung der Modularisierung der Automobile bzw. der Produkte und ein Plattform-Design zu ermöglichen, wurden diesen Umsetzungsmöglichkeiten alle in den beiden oberen Abschnitten genannten digitalen Ansätze zugeordnet. Die aus den Ansätzen resultierenden Daten und Informationen sowie die Möglichkeiten der Simulationen ermöglichen bzw. vereinfachen eine Modularisierung der Fahrzeuge bereits in der Designphase. Ebenso wurde den Umsetzungsmöglichkeiten in der Phase des Designs der nachhaltige Modellbau, die Werkstoffminimierung und eine mögliche Gleichteilstrategie zugeordnet.

Um das Produkt bereits in der Designphase, insbesondere bei Service Design, nach den Wünschen der zukünftigen Kundschaft vorrausschauend zu designen bietet Crowdsourcing, sprich die frühzeitige Einbindung von Usern, beispielsweise über das Internet, unzählige Möglichkeiten.

Zur idealen Gestaltung und Auslastung der internen Logistik sollte bereits im Design von Produkten auf die interne Logistik Rücksicht genommen werden. Auch hierbei kann eine Gleichteilstrategie durch eine intensive Einbindung der Produktion zur Optimierung der internen Logistik dienlich sein.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Der digitale Ansatz Virtualisierung kann durch verschiedene technische Lösungsansätze realisiert werden. Die digitalen Zwillinge von entwickelten oder sich in der Entwicklung befindlichen Produkten stellen eine Visualisierung dar. Ebenso können durch Digital Manufacturing und Virtual Supply Chains zum einen die Produktion und zum anderen die gesamte Lieferkette digital visualisiert werden. Business Modell Analytics visualisieren auf digitaler Ebene die Geschäftsmodelle und der 3D-Druck ermöglicht eine physische Visualisierung des virtuellen Produkts in der Designphase.

Eine digitale Simulation der Produkte wird über die digitalen Zwillinge erzielt. Eine digitale Simulation der Produktion, der Lieferkette und des Geschäftsmodells wird durch die Implementierung von Digital Manufacturing, Virtual Supply Chains und Business Model Analytics, einhergehend mit den Simulationsmöglichkeiten der einzelnen technischen Lösungsansätze, realisiert.

Die Simulation der Modularisierung baut auf den im vorherigen Abschnitt genannten technischen Lösungen zur Simulation auf. Neben den digitalen Simulationen ist jedoch ein weiterer Lösungsansatz zugeordnet: Der 3D-Druck ermöglicht es, die Simulation der Modularisierung auch physisch herzustellen.

Die Trennung von digitalen und physischen Daten, bzw. der Digitalisierung von physischen Daten und der Zurverfügungstellung von Daten, ist mit jedem technischen Lösungsansatz verknüpft, da die Digitalisierung von physischen Daten und die Zurverfügungstellung von Daten durch Umsetzungsprojekte der jeweiligen Technologie mit der Umsetzung der technischen Lösungsansätze einhergehen können.

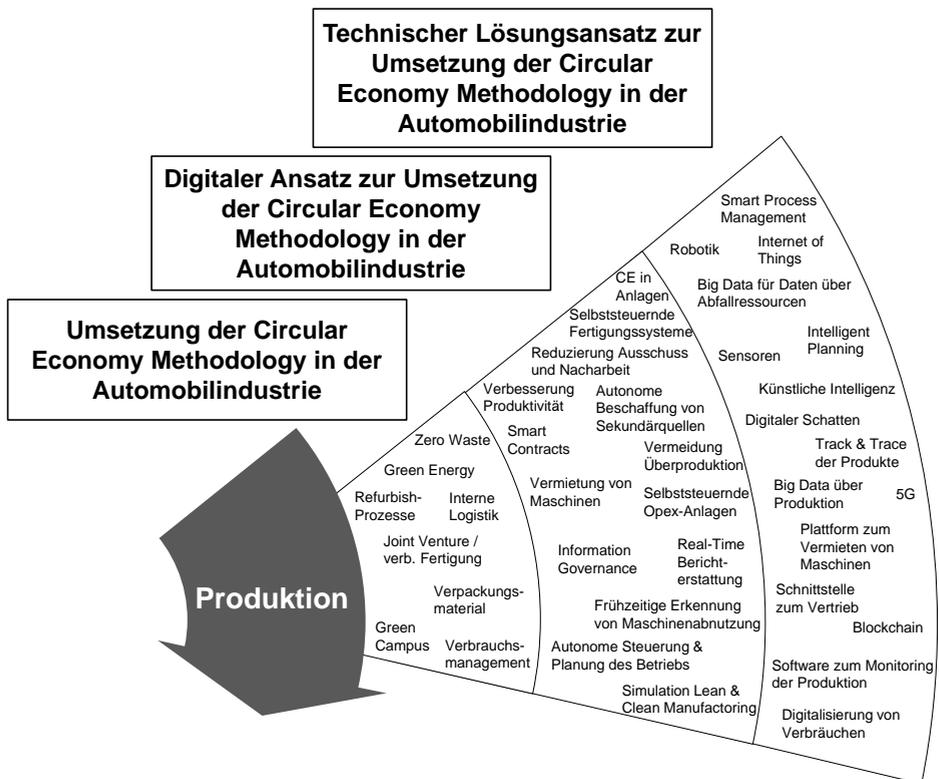
Dem digitalen Ansatz der Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung wurden Digital Manufacturing, Virtual Supply Chains und Business Model Analytics zugeordnet. Insbesondere für strategische Entscheidungsfindungen stellen diese technologischen Lösungsansätze den größten Mehrwert aufgrund der hieraus resultierenden Daten dar.

Ein nachhaltiger Modellbau kann durch die technologischen Ansätze der interconnected Tools, AR und Virtual Reality (VR) geschaffen werden. Durch die miteinander verbundenen Tools und die Simulationen können Modelle mit geringerem Einsatz von Materialien designt und erprobt werden. Ebenso ist es durch diese technologischen Ansätze möglich, den Werkstoffverbrauch in der Designphase zu minimieren, und Crowdsourcing wird noch greifbarer gemacht.

4.3 Konzeptbaustein 3: *Produktion*

Den dritten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 6 ersichtlich, die Phase *Produktion* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind Zero Waste, Green Energy, Verbrauchsmanagement, Green Campus, Refurbish-Prozesse, interne Logistik, Joint Venture/verbundene Fertigung sowie Verpackungsmaterial.

Abbildung 6: Konzeptbaustein 3 – *Produktion*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Der Umsetzungsmöglichkeit Zero Waste, sprich der hundertprozentigen Einsparung von Müll, wurden die digitalen Ansätze der Reduzierung von Ausschuss und Nacharbeit, die Verbesserung der Produktivität und die Simulation von Lean und Clean Manufacturing zugeordnet. Auf Basis dieser Ansätze und den zugeordneten Technologien kann es ermöglicht werden, den Müllverbrauch auf ein Minimum zu reduzieren beziehungsweise diesen zurück in den Wertstoffkreislauf zu führen.

Green Energy wurde die Reduzierung von Ausschüssen und Nacharbeit zugeordnet, um generell den Energieverbrauch zu reduzieren. Ebenso verhält es sich mit der Simulation von Lean und Clean Manufacturing. Des Weiteren wurde Green Energy die autonome Beschaffung von Sekundärquellen zugeordnet, um in Bezug auf Energielieferanten auf grüne, sprich nachhaltige, Energie umzustellen.

Einer der beiden Umsetzungsmöglichkeiten, dem Verbrauchsmanagement und der Verwendung von zirkulären Verpackungsmaterialien, wurden die Reduzierung von Ausschuss und Nacharbeit und die Verbesserung der Produktivität zugeordnet, um das Verbrauchsmanagement zu optimieren. Ebenso wurden sowohl die autonome Beschaffung von Sekundärquellen als auch die autonome Steuerung und Planung des Betriebs, insbesondere im Hinblick auf Energie und Verbrauch, zugeordnet. Durch die Autonomisierung bei diesen digitalen Ansätzen wird eine Optimierung des Verbrauchsmanagements ermöglicht.

Den Umsetzungsmöglichkeiten Green Campus und interne Logistik wurden sowohl die Reduzierung des Ausschusses und der Nacharbeit, der Real-Time-Berichterstattung, selbststeuernde Opex-Anlagen, die Vermeidung von Überproduktion als auch die autonome Steuerung und Planung des Betriebs zugeordnet. Auf Basis dieser digitalen Ansätze und den damit einhergehenden Technologien kann es ermöglicht werden, eine Produktionsstätte, beispielsweise durch die Optimierung des Verbrauchs in einer Produktion, zu einem Green Campus zu entwickeln.

Die digitalen Ansätze Smart Contracts, Circular Economy in Anlagen, Vermietung von Maschinen und Information Governance sind der Umsetzungsmöglichkeit Joint Venture/verbundene Fertigung zugeordnet. Smart Contracts sowie Information Governance bieten hierbei die rechtliche Grundlage und Sicherheit zwischen den Vertragspartnern. Die Zirkularität in den Anlagen sollte die Grundlage für Joint Ventures zwischen Unternehmen sein, welche Circular Economy implementiert haben. Eine Vermietung von Maschinen bietet die Möglichkeit bei geringen Produktionsmengen eines Unternehmens die Verwendung der Maschinen sicherzustellen.

Den Refurbish-Prozessen wurde die frühzeitige Erkennung zugeordnet. Durch die auf Daten basierende frühzeitige Erkennung von Maschinenabnutzung ist es möglich, diese in Refurbish-Prozessen zu beheben und hierdurch eine Steigerung des Lebenszyklus zu erreichen. Insbesondere die Verwendung von Sekundärteilen hierfür stellt eine Alternative dar.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Zur Umsetzung von selbstgesteuerten Fertigungssystemen wird eine Verbindung insbesondere von Produktionsmaschinen benötigt. Aus diesem Grund wurden diesem digitalen Ansatz IoT, Robotik, KI und die Digitalisierung von Verbrauch zugeordnet. Zur Steuerung dieser Technologien wurden diesem digitalen Ansatz

zudem das Smart-Process-Management und Software zum Monitoring der Produktion zugeordnet.

Zur Reduzierung von Ausschuss und Nacharbeit auf Basis eines vernetzten Systemverbunds wurden auch diesem Ansatz IoT, Robotik, KI und Smart-Process-Management zugeordnet. Des Weiteren wurde diesem Ansatz zur Verarbeitung und Analyse von Abfallressourcen Big Data zugeordnet.

Eine Zuordnung zur Verbesserung von Produktion wurde aufgrund der möglichen Steigerungen der Produktivität bei IoT, Robotik, KI und Smart-Process-Management vorgenommen. Eine detaillierte Auswahl der passenden Technologie muss individuell gemäß den Gegebenheiten vorgenommen werden.

Der Simulation von Lean und Clean Manufacturing, der autonomen Beschaffung von Sekundärquellen und der autonomen Steuerung und Planung des Betriebs wurden alle aufgeführten Technologien zugeordnet. Durch die Auswahl der Technologien auf Basis des individuellen Use Case und der Vernetzung dieser können diese beiden digitalen Ansätze umgesetzt werden.

Der Vermeidung von Überproduktion und der Veränderung hin zu Opex-Anlagen wurde Intelligent Planning zugeordnet. Die Strategie im Hinblick auf Maschinen sollte langfristig konzeptioniert sein und zirkuläre Aspekte berücksichtigen, hierbei kann Intelligent Planning die geeignete Technologie darstellen.

Zur Implementierung von Circular Economy in den Anlagen, der Erkennung der Abnutzung der Maschinen sowie der Real-Time-Berichterstattung wurden diesen digitalen Ansätzen Big Data über die gesamte Produktion und Sensoren zur Überwachung und Analyse zugewiesen.

Zur Umsetzung von Smart Contracts wurde Blockchain zugewiesen, da diese Technologie die Basis für Smart Contracts darstellt. Um eine Vermietung von Maschinen zu ermöglichen, wurden diesem Ansatz eine unternehmensübergreifende Plattform sowie Schnittstellen innerhalb des Unternehmens, insbesondere zum Vertrieb zugewiesen.

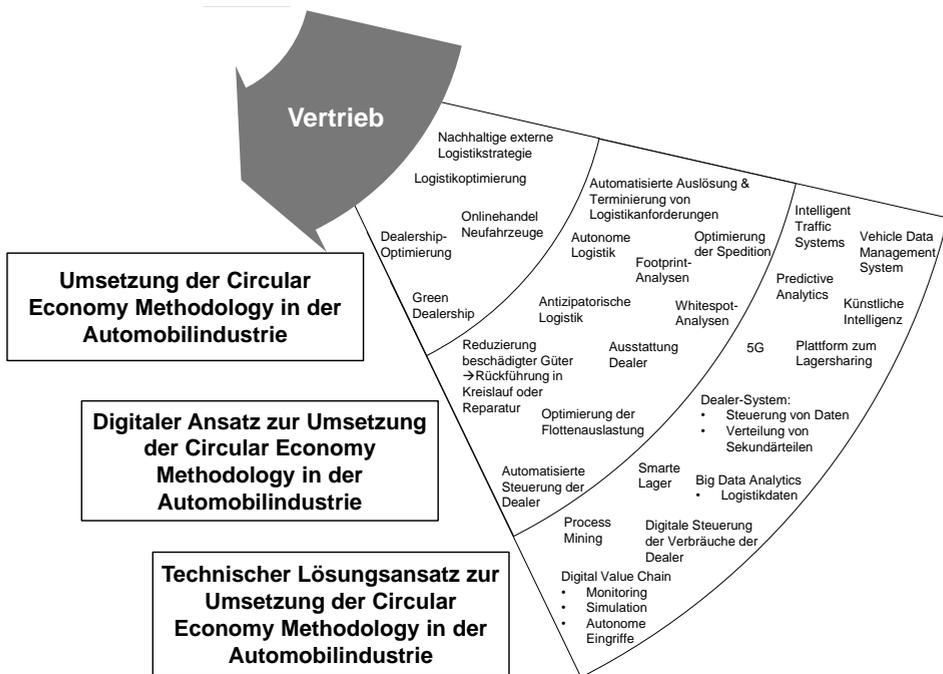
Da Information Governance alle technologischen Ansätze betrifft, wurden diesem Bereich alle dieser Ansätze zugewiesen.

4.4 Konzeptbaustein 4: Vertrieb

Den vierten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 7 ersichtlich, die Phase *Vertrieb* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular

Economy in der Automobilbranche sind die Entwicklung einer nachhaltigen Logistikstrategie, Logistikoftware, Händleroptimierung, sowie die Entwicklung grüner Händler, von Onlinehandel-Neufahrzeugen, von Abholung sowie der virtuellen Konfiguration von Fahrzeugen.

Abbildung 7: Konzeptbaustein 4 – *Vertrieb*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von Emaf (2012), S. 22-34.

Sowohl zur nachhaltigen Logistikstrategie als auch zur Logistikoftware wurden die digitalen Ansätze der Optimierung der Flottenauslastung, der autonomen Logistik, der antizipatorischen Logistik, der Optimierung der Spedition und der automatisierten Auslösung und Terminierung von Logistikanforderungen zugeordnet. Zudem wurde beiden Umsetzungsmöglichkeiten auch die Reduzierung von beschädigten Gütern und damit einhergehend die potenzielle Rückführung in den Wertstoffkreislauf beziehungsweise eine mögliche Reparatur zugeordnet. All diese digitalen Ansätze haben zur Folge, dass die Logistik optimiert und nachhaltig gestaltet wird.

Zu den Umsetzungsmöglichkeiten der Händleroptimierung, der Etablierung von Onlinehandel-Neufahrzeugen und grünen Händlern wurden die digitalen Ansätze

der automatisierten Steuerung der Händler, Ausstattung Dealer, Whitespot-Analysen, Footprint-Analysen, Circular Economy Awareness und die Reduzierung beschädigter Güter zugeordnet. Um einen vollständigen zirkulären Wertstoffkreislauf zu ermöglichen, müssen auch die Händler mit eingebunden werden, da diese im direkten Kontakt mit Endkundin bzw. Endkunde stehen und beispielsweise durch den Verkauf von gebrauchten Fahrzeugen und Sekundärteilen einen entscheidenden Einfluss nehmen können.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Dem digitalen Ansatz der Optimierung der Flottenauslastung können mehrere technologische Lösungsansätze zugeordnet werden. So führen ein Intelligent Traffic System, welches die Steuerung der Routen übernimmt, und ein Vehicle Data Management System, welches die Daten des Fahrzeugs wie beispielsweise den Zustand steuert, zu einer Optimierung. Aufgrund der Menge an Daten kann Big Data, insbesondere für Logistikdaten, der Verarbeitung der Optimierung der Flottenauslastung zugeordnet werden. Des Weiteren bietet die Digital Value Chain Informationen im Hinblick auf Monitoring, Simulationen und in Verbindung mit KI sogar autonome Eingriffe, um die Flottenauslastung zu optimieren.

Die automatisierte Auslösung und Terminierung von Logistikanforderungen stellt eine Erweiterung der Optimierung der Flottenauslastung dar. Durch Big Data Analytics können die notwendigen Informationen und Daten zusammengetragen und bewertet werden. Durch eine Digital Value Chain, welche unter anderem auf den Big-Data-Informationen aufbaut, kann die Wertschöpfungskette überwacht werden. Zudem können Simulationen durchgeführt und beispielsweise unter der Verwendung von KI sogar autonome Eingriffe ermöglicht werden.

Der digitale Ansatz der automatisierten Steuerung der Händler bedarf der Anbindung der Händler an ein unternehmensweites Netzwerk, in dem beispielsweise der Verbrauch der Händler gespeichert wird. Auf dieser Basis ist zudem eine digitale Steuerung von Verbrauch, aber zum Beispiel auch die Steuerung der Nutzung von Sekundärteilen, zentral möglich. Eine Anbindung der Händler an die Digital Value Chain ermöglicht auch hier Simulationen und autonome Eingriffe, welche der Steuerung dienlich sind. Ebenso sollte bei der Ausstattung der Dealer darauf geachtet werden, dass diese Circular-Economy-Kriterien berücksichtigt. Technologien hierfür können ein Dealer-System zur Steuerung von Daten und zur Verteilung von Sekundärteilen sowie eine digitale Plattform sein.

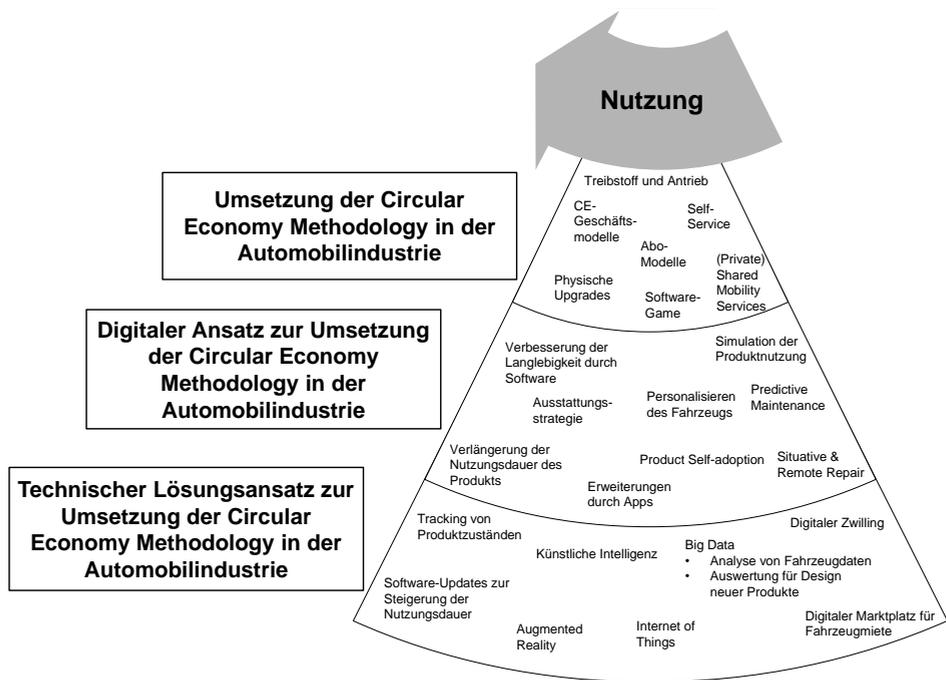
Die Reduzierung beschädigter Güter ist jeder Umsetzungsmöglichkeit von Circular Economy in der Automobilbranche zugeordnet und stellt somit einen wichtigen Bestandteil der Phase *Vertrieb* dar. Neben der Reduzierung beschädigter Güter kann möglicherweise auch eine hieraus resultierende Rückführung in den Kreislauf durch Sammeln und Recycling oder durch Reparaturen (Nutzung) auf Basis von Big Data Analytics und insbesondere durch die Digital Value Chain ermöglicht werden. Auf Basis der Erkenntnisse, die die Technologien bieten, lassen sich Rückschlüsse über das weitere Vorgehen mit dem beschädigten Gut treffen, gegebenenfalls sogar autonom einsteuern.

Zur Schaffung einer autonomen oder antizipatorischen Logistik und der Optimierung der Logistik wurden diesen beiden digitalen Ansätzen 5G, KI, Smarte Lager, Predictive Analytics und Process Mining zugeordnet. Diese decken sowohl die Sammlung von Daten, die Analyse dieser und die Beeinflussung der Logistik ab. Aus denselben Gründen wurden den digitalen Ansätzen Footprint- und Whitespot-Analysen 5G und Predictive Analytics zugeordnet.

4.5 Konzeptbaustein 5: *Nutzung*

Den fünften Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 8 ersichtlich, die Phase *Nutzung* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind die Verwendung von nachhaltigen Treibstoffen, Self-Service, Shared Mobility Services, CE-Geschäftsmodelle, Abo-Modelle, Software Game sowie physische Upgrades.

Abbildung 8: Konzeptbaustein 5 – *Nutzung*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Die Nachhaltigkeit von Treibstoffen, insbesondere auf eine mögliche damit einhergehende Steigerung der Langlebigkeit von Automobilen bezogen, stellt einen Anknüpfungspunkt in der Automobilindustrie für die Circular Economy dar. Insbesondere durch Software im Zusammenspiel mit Treibstoffverbrauch kann die Langlebigkeit des Produktes gesteigert werden. Die Durchführung von Simulationen bei der Nutzung des Fahrzeugs kann eine individuelle und autonome Anpassung durch Software ermöglichen.

Ebenso stellen Self-Services Umsetzungsmöglichkeiten dar. Simulationen der Produktnutzung und die hieraus gewonnene Zurverfügungstellung der Erkenntnisse an die Kundschaft können es ermöglichen, die Langlebigkeit des Fahrzeugs durch Product Self-adoption (Konfigurationen) zu steigern. Dies ermöglicht in Bezug auf Nachhaltigkeit, den Komfort und die Ausrüstung mit neuen Softwaretechnologien, eine Verbesserung der Langlebigkeit des Fahrzeugs.

Des Weiteren stellen Shared Mobility Services eine Umsetzungsmöglichkeit dar. Hierbei können die Automobilhersteller die Produktnutzung tracken, basierend

auf diesen Daten Simulationen durchführen und die Langlebigkeit von Fahrzeugen bereits im Design optimieren. Ebenso lässt sich die Langlebigkeit der verwendeten Fahrzeuge anhand der gewonnenen Erkenntnisse der Shared Mobility Services optimieren.

Abo-Modelle und Software Games stellen weitere Umsetzungsmöglichkeiten dar. Diese wurden mit der Ausstattungsstrategie und der Erweiterung durch Apps verknüpft. Beide Umsetzungsmöglichkeiten sollten bereits im Design diskutiert werden, sodass hierdurch gegebenenfalls eine längere Nutzung der Fahrzeuge erreicht wird.

Ebenso stellen physische Upgrades mit digitalen Komponenten Umsetzungsmöglichkeiten dar. Digitale Ansätze hierbei sind Predictive Maintenance, das Personalisieren von Fahrzeugen und Produkterweiterungen durch Self-Service. Fahrzeuge können hierdurch trotz Abnutzung oder Alterung länger genutzt werden.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Dem digitalen Ansatz der Simulation von Produktnutzung wurden vier technische Lösungsansätze zugeordnet. So können digitale Zwillinge verwendet werden, um unterschiedliche Nutzungsszenarien zu simulieren und neue Erkenntnisse bei Technik- oder Softwareupdates zu berücksichtigen. Einen weiteren technischen Lösungsansatz stellen digitale Marktplätze für die Fahrzeugmiete dar. Auf Grundlage dieser können Erfahrungswerte auf Basis von Echtzeitnutzung einfacher in die Simulation der Produktnutzung einfließen. Hierbei wirken zudem das Tracking von Produktzuständen und Big-Data-Analysen von Fahrzeugdaten unterstützend.

Der Verbesserung der Langlebigkeit durch Software und der Verlängerung der Nutzungsdauer des Produkts wurden dieselben vier technologischen Lösungsansätze zugeordnet. Die Erreichung dieser Ansätze kann auf Basis der Simulation von digitalen Zwillingen durch die hieraus resultierenden Erkenntnisse unterstützt werden. Des Weiteren können Softwareupdates, welche manuell oder automatisch eingespielt werden, die Langlebigkeit und Verlängerung der Nutzungsdauer der Fahrzeuge unterstützen. Um die Langlebigkeit durch Softwareupdates zu verbessern, werden Analyseergebnisse, auf Basis des Trackings von Produktzuständen und Big-Data-Analysen gewonnen, benötigt.

Der vierte digitale Ansatz, Product Self-Adoption, kann nur ermöglicht werden, wenn das Produkt mit den Nutzerinnen und Nutzern interagieren kann und die

notwendigen durchzuführenden Tätigkeiten detailliert beschreibt. Um eine solche Interaktion zu ermöglichen, benötigt das Fahrzeug selbst gesammelte oder zur Verfügung gestellte Daten, auf deren Basis es Empfehlungen aussprechen kann. Diese Daten können durch das Tracking des eigenen Produktzustandes gesammelt oder durch das Erhalten von Analyseergebnissen (z.B. durch den Einsatz von Big Data) generiert werden. Eine hierauf basierende technische Lösung zur Product Self-Adoption stellen durch die Nutzerinnen und Nutzer eingespielte Softwareupdates dar.

Das Internet of Things und digitale Zwillinge wurden der Predictive Maintenance zugeordnet. Beide technologischen Ansätze bieten Einblicke in Bezug auf die Entscheidungsfindung für Predictive Maintenance. Der Produkterweiterung durch Self-Service und das Personalisieren des Fahrzeugs wurden IoT und AR zugewiesen: IoT, um Daten zu sammeln, und AR, um diese zu visualisieren und hieraus einen Nutzen für die Kundinnen und Kunden zu ziehen.

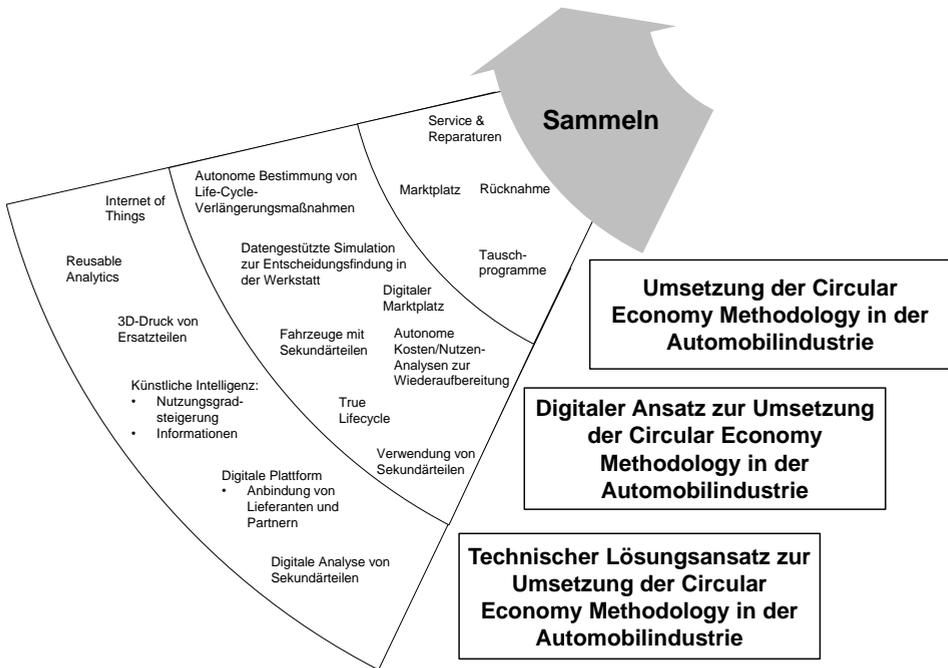
Der Ausstattungsstrategie wurden Big Data und hiermit einhergehenden Analysen zugeordnet. Durch das gewonnene Verständnis lassen sich unterschiedliche Arten von Ausstattungsstrategien bewerten.

Generell können die aus Big-Data-Analysen in der Phase *Nutzung* gewonnenen Erkenntnisse auch in der Phase *Design* bei der Entwicklung von Produkten berücksichtigt werden. Der Erweiterung durch Apps wurden die Softwareupdates zur Steigerung der Nutzungsdauer zugewiesen.

4.6 Konzeptbaustein 6: *Sammeln*

Den sechsten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 9 ersichtlich, die Phase *Sammeln* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind Service und Reparaturen, die Rücknahme, Tauschprogramme sowie ein Marktplatz.

Abbildung 9: Konzeptbaustein 6 – *Sammeln*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Der Umsetzungsmöglichkeit Tauschprogramme wurden die autonomen Kosten/Nutzen-Analysen zur Wiederaufbereitung zugeordnet, da das weitere Vorgehen für die im Tauschprogramm erhaltenen Fahrzeuge dank dieser Erkenntnisse zeitsparend sein und auf Basis von Informationen definiert werden kann. Ebenso können Teile der durch das Tauschprogramm erhaltenen Fahrzeuge durch digitale Analysen der Bestandteile als Sekundärteile in anderen Fahrzeugen wiederverwendet werden.

Der Umsetzungsmöglichkeit Rücknahme sind ebenso die beiden im vorherigen Abschnitt erläuterten digitalen Ansätze zugeordnet. Die Begründungen sind hierbei dieselben. Der Rücknahme ist allerdings zudem der digitale Ansatz Autonome Bestimmung von Life-Cycle-Verlängerungsmaßnahmen zugeordnet. Bereits beim Entgegennehmen von Fahrzeugen kann das Steuergerät ausgelesen werden, welches autonom mögliche Life-Cycle-Verlängerungsmaßnahmen zur Verfügung stellt.

Der Umsetzungsmöglichkeit Service und Reparatur wurden alle vier aufgeführten digitalen Ansätze zugeordnet. Insbesondere zur Unterstützung der Werkstatt bei der Durchführung von Service- und Reparaturdienstleistungen stellen diese Ansätze Hilfestellungen dar. So können datenbasiert und autonom Life-Cycle-Verlängerungsmaßnahmen sowie Kosten/Nutzen-Analysen zur Verfügung gestellt werden. Die Werkstatt wiederum kann zudem, insbesondere im Hinblick auf die Verwendung von Sekundärteilen, auf datengestützte Simulationen zur Entscheidungsfindung zurückgreifen.

Eine weitere Umsetzungsmöglichkeit stellt ein unternehmensübergreifender Marktplatz dar, welcher durch eine internetbasierte, digitale Lösung realisiert werden könnte. Auf diesem werden einzelne in der Gesamtheit wiederverwendbare Produktbestandteile auf B2B-Ebene vertrieben.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet. Als technische Lösungsansätze zur autonomen Bestimmung von Life-Cycle-Verlängerungsmaßnahmen wurden diesem digitalen Ansatz IoT, Reusable Analytics und die digitale Analyse von Sekundärteilen zugeordnet. Durch die Einbindung von IoT können die einzelnen Bestandteile des Fahrzeugs interagieren, was die Grundlage zur autonomen Bestimmung bildet. Durch die Verwendung von Reusable Analytics, welche die Möglichkeit zur Verwendung von Sekundärteilen bewerten, können bereits bei der autonomen Bestimmung von Life-Cycle-Verlängerungsmaßnahmen Sekundärteile berücksichtigt werden. Um diese Analytics-Idee umsetzen zu können, werden digitale Analyseergebnisse und Informationen über die zur Verfügung stehenden Sekundärteile benötigt.

Der datengestützten Simulation zur Entscheidungsfindung und zur Ausstattung von Fahrzeugen mit Sekundärteilen in der Werkstatt wurden vier Technologien zugeordnet. Die Verwendung von IoT innerhalb des Fahrzeugs ermöglicht auf Basis der Vielzahl von detaillierten Informationen eine datengestützte Simulation. Zudem können Reusable Analytics auch bei diesem Ansatz im Zusammenspiel mit den digitalen Analyseergebnissen von Sekundärteilen eine erweiterte Entscheidungsfindung ermöglichen. Ebenso kann hierbei die Möglichkeit des 3D-Drucks von Ersatzteilen berücksichtigt werden.

Der autonomen Kosten/Nutzen-Analyse zur Wiederaufbereitung und der Verwendung von Sekundärteilen wurden die gleichen technischen Lösungsansätze zugeordnet. Ein digitaler Marktplatz, insbesondere mit der Anbindung an Lieferanten und Partner, bietet zum einen Informationen über die Verfügbarkeit, zum

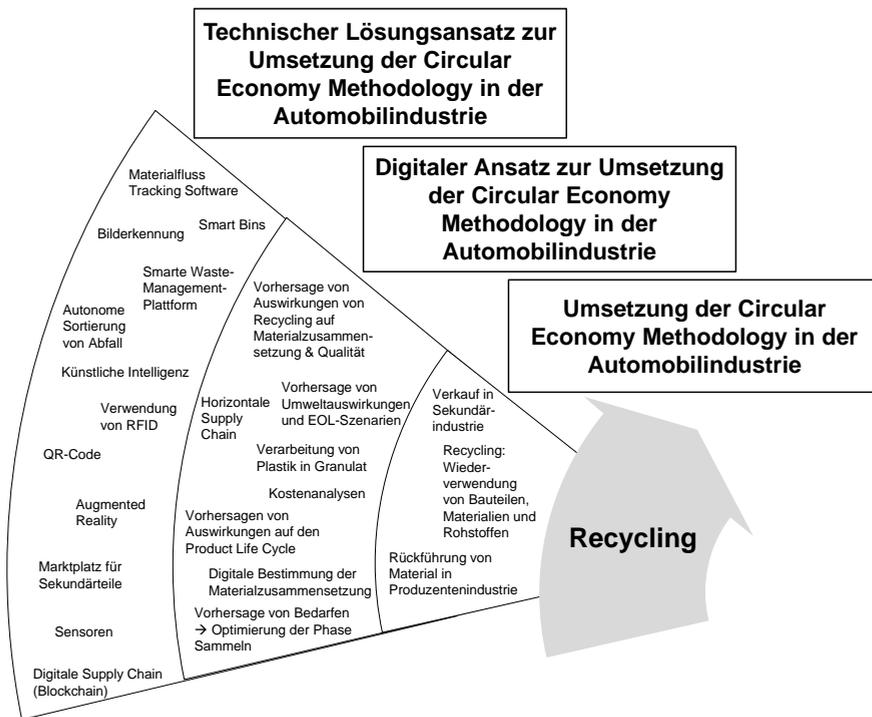
anderen über die damit einhergehenden Kosten der Verwendung von Sekundärteilen. Reusable Analytics im Zusammenspiel mit den digitalen Analysen von Sekundärteilen bieten sowohl für die Verwendung dieser als auch für die Kosten/Nutzen-Analyse notwendige Erkenntnisse. Zudem kann der 3D-Druck von Ersatzteilen bei der Kosten/Nutzen-Analyse berücksichtigt werden. Für die Verwendung von Sekundärteilen, bei denen beispielsweise Kleinstteile zum Anbringen dieser fehlen oder bisher noch nicht produziert wurden, bietet der 3D-Druck individuelle Lösungsmöglichkeiten.

Dem digitalen Marktplatz wurden die technologischen Ansätze Reusable Analytics, digitale Analyse von Sekundärteilen, Nutzungsgradsteigerung und Informationen sowie eine digitale Plattform zugeordnet. Hierdurch können Ersatzteile analysiert, bewertet und vertrieben werden, sodass diese Teile eine weitere Verwendung finden können. Ebenso kann hierdurch der wirkliche Kreislauf (True Lifecycle) durch die Einbindung von KI analysiert werden.

4.7 Konzeptbaustein 7: *Recycling*

Den siebten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellt, wie in Abbildung 10 ersichtlich, die Phase *Recycling* der Circular Economy Methodology dar. Die hierbei im ersten Ring dargestellten Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Automobilbranche sind der Verkauf in die Sekundärindustrie, die Wiederverwendung von Bauteilen, Materialien und Rohstoffen sowie die Rückführung von Material in die Produzentenindustrie.

Abbildung 10: Konzeptbaustein 7 – *Recycling*



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf einem Konzept von EMAF (2012), S. 22-34.

Der Umsetzungsmöglichkeit Verkauf in Sekundärindustrie wurden vier digitale Ansätze zugeordnet. Eine mögliche Vorhersage der Auswirkungen von Recycling auf die Materialzusammensetzung und -qualität kann wichtige Einblicke für den Verkauf in die Sekundärindustrie liefern. Sobald Umweltauswirkungen beziehungsweise die unterschiedlichen End-of-Life-Szenarien datenbasiert vorhergesagt werden können, kann dies beim Verkauf der Sekundärteile beispielsweise beim Verkaufszeitpunkt berücksichtigt werden. Zudem bieten Vorhersagen im Hinblick auf die Auswirkungen auf den Product Lifecycle von Fahrzeugen, die mit den Sekundärteilen ausgestattet werden, weitere Erkenntnisse für das Verkaufsverhalten hinsichtlich Sekundärteile.

Die zweite Umsetzungsmöglichkeit in der Phase *Recycling* stellt die Wiederverwendung von Bauteilen und Materialien dar. Auch dieser Umsetzungsmöglichkeit sind die digitalen Ansätze der Vorhersagen bezüglich der Auswirkungen von Recycling auf die Materialzusammensetzung und -qualität, der Vorhersage von Umweltauswirkungen und der Auswirkungen auf den Product Life Cycle zugeordnet.

Allerdings beziehen sich die Vorhersagen bei dieser Umsetzungsmöglichkeit auf die innerbetriebliche Wiederverwendung und direkte Zurückführung in den Wertstoffkreislauf. Zudem ist es für die Wiederverwendung von hoher Bedeutung, dass die Materialzusammensetzung auf Basis von Daten bestimmt werden kann, um diese Vorhersagen überhaupt treffen zu können. Des Weiteren können die Phase *Sammeln* auf Basis der Vorhersagen von Bedarfen optimiert und gegebenenfalls notwendige Entscheidungen getroffen werden.

Eine weitere Umsetzungsmöglichkeit stellt die Rückführung von Materialien in die Produzentenindustrie dar. Dieser wurden die Verarbeitung von Plastik in Granulat, eine horizontale Supply Chain und Kostenanalysen zugewiesen. Insbesondere durch horizontale Supply Chains können die Kosten reduziert und so die Profitabilität gesteigert werden.

Basierend auf den im zweiten Kreis aufgeführten digitalen Ansätzen zur Umsetzung der Circular Economy in der Automobilindustrie wurden im dritten Kreis technische Lösungsansätze aufgeführt und den digitalen Ansätzen zugeordnet.

Um die vier zuvor genannten Arten von Vorhersagen (z.B. Kostenanalysen) datengestützt treffen zu können, werden unterschiedlichste Technologien benötigt. Die Vorhersagen der Auswirkungen auf den Product Life Cycle stützen sich auf die Informationen aus einer Smart-Waste-Management-Plattform und die Bilderkennung beim Wareneingang der Sekundärteile oder Fahrzeuge. Um eine Vorhersage hinsichtlich der Umweltauswirkungen und damit einhergehend der End-of-Life-Szenarien treffen zu können, müssen Informationen aus einer Materialfluss-Tracking-Software, der zuvor genannten Smart-Waste-Management-Plattform, einer autonomen Sortierung von Abfall und einem digitalen Marktplatz für Sekundärteile genutzt werden. Die Vorhersage von Bedarfen fußt auf denselben Informationen wie die der End-of-Life-Szenarien, jedoch kann hier zusätzlich eine übergreifende Digital Supply Chain des Unternehmens zur Kommunikation aufgeführt werden. Die Vorhersagen von Auswirkungen des Recyclings auf die Materialzusammensetzung und -qualität basieren auf allen oben genannten Technologien. Ausgenommen ist die Materialfluss-Tracking-Software, da diese Informationen nicht benötigt werden. Einen weiteren Informationskanal stellen Smart Bins dar, welche die Materialzusammensetzung beim Eingang von Fahrzeugen oder gesammelten Bestandteilen erkennen und bewerten können. Ebenso kann durch die Verwendung von RFID oder QR-Codes die Weiterverarbeitung gesteuert werden.

Dem Ansatz der digitalen Bestimmung der Materialzusammensetzung und der Verarbeitung von Plastik in Granulat wurden aufgrund des oben genannten

Grunds ebenso die Smart Bins zugeordnet. Im Zusammenspiel mit Bilderkennung und einer autonomen Sortierung von Abfall, welche auf Sensoren und KI basiert, und einer Smart-Waste-Management-Plattform mit einer breiten Datenbasis kann es ermöglicht werden, die Materialzusammensetzung zu bestimmen. Auch Technologien wie AR können einen entscheidenden Faktor spielen, wenn hierdurch den Mitarbeitenden aufgrund von Simulationen die beste Variante zum Zerlegen der Fahrzeuge dargestellt wird. Die hieraus resultierenden Rohstoffe ermöglichen bei gleichbleibender Qualität zudem die horizontale Supply Chain, da die Reinheit der Materialien sichergestellt werden kann und da durch das Sammeln der Materialien diese gebündelt und kostengünstig weiterverarbeitet werden können.

4.8 Konzeptbaustein 8: Übergreifende Bestandteile

Den achten Konzeptbaustein des Digitalisierungskonzepts stellen, wie in Abbildung 11 ersichtlich, der digitale Produktpass, IT-Security und Compliance sowie Materialzu-/abfluss dar. Diese Bestandteile umschließen alle sieben Phasen der Circular Economy Methodology.

Der digitale Produktpass ist eine Maßnahme des Aktionsplans Kreislaufwirtschaft der Europäischen Union und stellt einen Datensatz über ein Produkt und seine Komponenten dar. Er umfasst Informationen wie Materialbestandteile, Reparierbarkeit oder die Möglichkeiten zur Entsorgung. Aufgrund dieser enthaltenen Daten wird der digitale Produktpass oftmals auch als Grundstein für die weltweite Implementierung von Circular Economy gesehen. Aus diesem Grund wurde der digitale Produktpass in diesem Konzept auch allen Phasen der Circular Economy zugeordnet, da er viele relevante Informationen über das Produkt und dessen Bauteile enthält, welche unter anderem als Grundlage für die einzelnen Phasen dienen können und insbesondere die Schnittstellen zwischen diesen ermöglichen.

Die beiden weiteren übergreifenden Bestandteile stellen IT-Security und Compliance sowie der Materialzu- und Abfluss dar. Aufgrund der Vielzahl an digitalen Lösungen welche auf Basis des Digitalisierungskonzepts implementiert werden könnten, ist IT-Security und Compliance bei der Implementierung und Nutzung der Technologien unabdingbar. Des Weiteren wurde aufgrund der Visualisierung des Konzepts auf die Materialzu- und Abflüsse zwischen den einzelnen Phasen und externen Unternehmen verzichtet. Dies stellt einen übergreifenden Punkt für alle Phasen der Circular Economy dar und ist variabel basierend auf den Lösungsansätzen, die das Unternehmen implementiert.

In Abbildung 11 wird das abschließende und gesamtheitliche Digitalisierungskonzept zur Implementierung der Circular Economy in der Automobilindustrie dargestellt.

5 Fazit

Um dem durch hohen Ausstoß von Treibhausgasen und Umweltverschmutzung hervorgerufenen Klimawandel entgegenzuwirken, stellt die Circular Economy einen wichtigen Faktor im Hinblick auf die Reduzierung von Rohstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß in der Mobilität dar. Aufgrund der Komplexität der Wertschöpfungskette, des Product Lifecycle und der in allen Phasen der Circular Economy benötigten Analysen und Daten in der Automobilindustrie, sind digitale Ansätze und Technologien unabdingbar. Aktuelle Veröffentlichungen fokussieren sich überwiegend auf die Notwendigkeit von Circular Economy oder auf die Digitalisierung als Enabler für Circular Economy, ohne detaillierte und ganzheitliche Umsetzungsmöglichkeiten darzulegen. Aus diesem Grund wurde ein ganzheitliches Digitalisierungskonzept zur Umsetzung von Circular Economy in der Automobilindustrie entwickelt.

Die Transformation der Automobilindustrie beziehend auf die Umsetzung von Circular Economy ist unabdingbar. Durch die digitalen Ansätze und sich ständig weiterentwickelnde Technologien ist es möglich diese Transformation erfolgreich und maßgeschneidert auf das jeweilige Unternehmen und dessen Prozesse umzusetzen. Das in dieser Studie veröffentlichte Konzept bietet einen idealen Startpunkt hierfür.

Literatur

- Barreto, L. / Amaral, A. / Pereira, T. (2017): Industry 4.0 Implications in Logistics: an Overview, Amsterdam: Elsevier.
- Borgmeier, A. / Grohmann, A. / Gross, S. (2017): Smart Services und Internet der Dinge, München: Carl Hanser.
- Diez, W. (2006): Automobil-Marketing – Navigationssystem für neue Absatzstrategien, 5. Aufl., München: mi-Wirtschaftsbuch.
- Eisele, U. (2006): Organisatorische Gestaltung von vertikalen Entwicklungspartnerschaften in der Automobil- und -zulieferindustrie – eine empirische Analyse, München: TCW.
- Keuper, F. / Hamidian, K. / Verwaayen, E. / Kalinowski, T. / Kraijo, C. (2013): Digitalisierung und Innovation: Planung – Entstehung – Entwicklungsperspektiven, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Kraus, R. (2005): Strategisches Wertschöpfungsdesign – Ein konzeptioneller Ansatz zur innovativen Gestaltung der Wertschöpfung, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Murray, A. / Skene, K. / Haynes, K. (2017): The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context, in: Journal of Business Ethics, Vol. 140, Nr. 3, S. 369-380.
- Sauvé, S. / Bernard, S. / Sloan, P. (2016): Environmental Sciences, Sustainable Development and Circular Economy: Alternative Concepts for Trans-disciplinary Research, in: Environmental Development, Vol. 17, S. 48-56.
- Tempelmeier, H. (1998): Beschaffung und Logistik, in: Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre, Band 1, 4. völlig überarb. und erw. Aufl., München: Vahlen.
- Verband der Automobilindustrie (2000): Kraftverkehrswirtschaft 2000 – Tatsachen und Zahlen aus der Kraftverkehrswirtschaft 2000, Frankfurt a. M.: VDA.

Internetquellen

- Alwast Consulting (2018): Circular Economy: Noch große Diskrepanz zwischen dem Industrieland und dem Recycling in Deutschland. URL: <https://alwcon.com/magazin/circular-economy-noch-grosse-diskrepanz-zwischen-dem-industrieland-und-dem-recycling-in-deutschland/>, 14.03.2018 (Zugriff zuletzt: 14.09.2021)
- Awan, U. / Sroufe, R. / Shahbaz, M. (2021): Industry 4.0 and the Circular Economy: A Literature Review and Recommendations for Future Research. URL: https://www.researchgate.net/publication/348509229_Industry_40_and_the_circular_economy_A_literature_review_and_recommendations_for_future_research, 01/2021 (Zugriff zuletzt: 04.09.2021)
- Braun, N. / Hopfensack, L. / Fecke, M. / Wilts H. (2021): Chancen und Risiken im Automobilsektor für die Umsetzung einer klimaneutralen und ressourceneffizienten zirkulären Wirtschaft. URL: <https://epub.wupperinst.org/front-door/deliver/index/docId/7694/file/WR20.pdf>, 05/2021 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. URL: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-technologie-trendradar-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=6, 01/2021 (Zugriff zuletzt: 05.08.2021)
- Buruzs, A. / Torma, A. (2018): A Review on the Outlook of the Circular Economy in the Automotive Industry. URL: <https://zenodo.org/record/1316081>, 03.02.2018 (Zugriff zuletzt: 13.08.2021)
- Capgemini (2020): The Automotive Industry in the Era of Sustainability. URL: https://www.capgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/5/2020/03/Report_Sustainability-in-Automotive-1.pdf, 05.03.2020 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Condemi, A. / Cucchiella, F. / Schettini, D. (2019): Circular Economy and E-Waste: An Opportunity from RFID TAGs. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/16/3422/pdf>, 19.08.2019 (Zugriff zuletzt: 22.08.2021)
- Daimler (o.D.): Die abfallfreie Produktion ist möglich. URL: <https://www.daimler.com/nachhaltigkeit/ressourcen/ubq-interview.html> (Zugriff zuletzt: 10.09.2021)

- Deloitte (o.D.); Circular Goes Digital. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fi/Documents/risk/Circular%20goes%20digital.pdf> (Zugriff zuletzt: 10.09.2021)
- Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V. (2021): Engpässe treffen die deutsche Wirtschaft in ganzer Breite. URL: <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaftspolitik/konjunktur-und-wachstum/blitzumfrage-lieferengpaesse/kernaussagen-56744>, 19.08.2021 (Zugriff zuletzt: 24.08.2021)
- EMAF (2012): Towards the Circular Economy. URL: <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o> (Zugriff zuletzt: 01.08.2021)
- Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal. URL: https://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF, 11.12.2019 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Europäische Kommission (2020a): Änderung unserer Produktions- und Verbrauchsmuster: neuer Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft ebnet Weg zu klimaneutraler und wettbewerbsfähiger Wirtschaft mit mündigen Verbrauchern. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_420, 11.03.2020 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Europäische Kommission (2020b): Circular Economy Action Plan. URL: https://ec.europa.eu/environment/pdf/circular-economy/new_circular_economy_action_plan.pdf, 11.03.2020 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- EY (2021): Der europäische Grüne Deal. URL: https://www.ey.com/de_de/decarbonization/die-automobilbranche-braucht-mehr-kreislaufwirtschaft, 07.09.2021 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Fennemann, V. / Hohaus, C. / Kopka, J.-P. (2018): CIRCULAR ECONOMY LOGISTICS: FÜR EINE KREISLAUFWIRTSCHAFT 4.0. URL: https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/101/07_Whitepaper_CE_REPRO_Auflage_02_WEB.pdf, 02.05.2018 (Zugriff zuletzt: 10.09.2021)
- Götz, T. / Adisorn, T. / Tholen, L. (2021): Der digitale Produktpass als Politik-Konzept. URL: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7694/file/WR20.pdf>, 03/2021 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)

- Götze, S. (2019): Von der Leyen präsentiert Plan für grünes Europa. URL: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/european-green-deal-wie-die-eu-zum-klimaschutz-kontinent-werden-will-a-1300723.html>, 11.12.2019 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)
- Huber-Straßer, A. (2020): Drei Aspekte für eine nachhaltige Autoindustrie in der neuen Normalität. URL: <https://klardenker.kpmg.de/drei-aspekte-fuer-eine-nachhaltige-autoindustrie-in-der-neuen-normalitaet/>, 01.07.2021 (Zugriff zuletzt: 19.08.2021)
- Manavalan, E. / Jayakrishna, K. (2019): An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy. URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2351978919305372?token=2B8E95437B9048A769576B4F6614DACC9DDE03B4400A6419969610B7870A029DD1D1BCD44E140024AE57A5B765EAF345&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211107172018> (Zugriff zuletzt: 07.09.2021)
- Milow, U. / von Kutzschenbach, M. (2019): Mit digitalen Geschäftsmodellen zur Circular Economy. URL: https://www.researchgate.net/publication/335777162_Mit_digitalen_Geschäftsmodellen_zur_Circular_Economy, 11/2021 (Zugriff zuletzt: 10.08.2021)
- Preston, F. (2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. URL: https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/Energy%20Environment%20and%20Development/bp0312_preston.pdf, 05/2021 (Zugriff zuletzt: 01.08.2021)
- Preut, A. / Kopka, J.-P. / Clausen, U. (2021): Digital Twins for the Circular Economy. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/18/10467/pdf>, 20.09.2021 (Zugriff zuletzt: 02.10.2021)
- PwC (o.D.): Wie Sie mit Kreislaufwirtschaft die Umwelt schützen und Kosten sparen. URL: <https://www.pwc.de/de/nachhaltigkeit/circular-economy.html#:~:text=Was%20Circular%20Economy%20f%C3%BCr%20die%20Wirtschaft%20bedeutet&text=Viele%20Industrien%20und%20Unternehmen%20haben,Plastik%20setzen%20oder%20Kunststoffe%20recyclen> (Zugriff zuletzt: 23.01.2021)
- Renault (2020): RE-FACTORY: THE FLINS SITE ENTERS THE CIRCLE OF THE CIRCULAR ECONOMY. URL: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/re-factory-the-flins-site-enters-the-circle-of-the-circular-economy/>, 25.11.2021 (Zugriff zuletzt: 09.08.2021)

Roland Berger (2016): Die Digitalisierung in der GreenTech-Branche. URL: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_greentech_atlas_1.pdf, 11/2016 (Zugriff zuletzt: 18.08.2021)

Wilts, H. / Berg H. (2017): Digitale Kreislaufwirtschaft Die Digitale Transformation als Wegbereiter ressourcenschonender Stoffkreisläufe. URL: https://e-pub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6977/file/6977_Wilts.pdf, 04/2017 (Zugriff zuletzt: 07.11.2021)

Folgende Bände sind bisher in dieser Reihe erschienen:

Band 1 (2019)

Olaf Fritz / Carsten Weber / Angelika König / Jan Wolf

Ethische Aspekte der Künstlichen Intelligenz

Essen 2019

ISBN (Print) 978-3-89275-103-8 – ISBN (eBook) 978-3-89275-104-5

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 2 (2019)

Olaf Fritz / Carsten Weber / Caroline Procher / Sebastian Schorling

Psychologische Folgen einer permanenten Erreichbarkeit durch digitale Medien

Essen 2019

ISBN (Print) 978-3-89275-105-2 – ISBN (eBook) 978-3-89275-106-9

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 3 (2020)

Nathalie Benzinger

Relevanz von Produktqualität bei radikalen Innovationen

Essen 2020

ISBN (Print) 978-3-89275-143-4 – ISBN (eBook) 978-3-89275-144-1

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 4 (2020)

Thomas Abele / Joachim Hafkesbrink / Rudolf Jerrentrup / Friederike Müller-Friemuth / Silvia Rummel / Arnd Schaff / Michael Schaffner / Carsten Weber / Steffen Weimann

Innovation und Digitalisierung: Das „KCT Innovations-CheckUp-Tool“ für KMU

Essen 2020

ISBN (Print) 978-3-89275-145-8 – ISBN (eBook) 978-3-89275-146-5

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 5 (2020)

Benjamin Schloz

Künstliche Intelligenz im Finanzdienstleistungssektor – Evaluierung des Meinungsbildes von Privatkunden zu Robo-Advice

Essen 2020

ISBN (Print) 978-3-89275-147-2 – ISBN (eBook). 978-3-89275-148-9

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 6 (2021)

Kornelia Ahrens / Alessandro Sala / Arnd Schaff

Studie zum Technologie- und Innovationsmanagement – Methodeneinsatz,
Ausgestaltung und Erfolgsfaktoren

Essen 2021

ISBN (Print) 978-3-89275-180-9 – ISBN (eBook) 978-3-89275-181-6

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 7 (2021)

Christoph Stephan / Arnd Schaff

Einkauf 4.0 in deutschen Versorgungsunternehmen

Essen 2021

ISBN (Print) 978-3-89275-198-4 – ISBN (eBook) 978-3-89275-199-1

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995

Band 8 (2021)

Andreas Kladroba

Der Finanzsektor als innovative Branche: Eine Datenübersicht

Essen 2021

ISBN (Print) 978-3-89275-214-1 – ISBN (eBook) 978-3-89275-215-8

ISSN (Print) 2629-0987 – ISSN (eBook) 2629-0995



Forschungsstark und praxisnah:

Deutschlands Hochschule für Berufstätige

Raphaela Schmaltz studiert den
berufsbegleitenden Master-Studiengang
Taxation am FOM Hochschulzentrum Köln.

Die FOM ist Deutschlands Hochschule für Berufstätige. Sie bietet über 40 Bachelor- und Master-Studiengänge, die im Tages- oder Abendstudium berufsbegleitend absolviert werden können und Studierende auf aktuelle und künftige Anforderungen der Arbeitswelt vorbereiten.

In einem großen Forschungsbereich mit hochschuleigenen Instituten und KompetenzCentren forschen Lehrende – auch mit ihren Studierenden – in den unterschiedlichen Themenfeldern der Hochschule, wie zum Beispiel Wirtschaft & Management, Wirtschaftspsychologie, IT-Management oder Gesundheit & Soziales. Sie entwickeln im Rahmen nationaler und internationaler Projekte gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft Lösungen für Problemstellungen der betrieblichen Praxis.

Damit ist die FOM eine der forschungstärksten privaten Hochschulen Deutschlands. Mit ihren insgesamt über 2.000 Lehrenden bietet die FOM rund 57.000 Studierenden ein berufsbegleitendes Präsenzstudium im Hörsaal an einem der 36 FOM Hochschulzentren und ein digitales Live-Studium mit Vorlesungen aus den hochmodernen FOM Studios.

Alle Institute und KompetenzCentren unter
[fom.de/forschung](https://www.fom.de/forschung)

Die Hochschule.
Für Berufstätige.

FOM



KCT KompetenZentrum
für Technologie- & Innovationsmanagement
der FOM Hochschule für Oekonomie & Management

FOM Hochschule

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Mit über 57.000 Studierenden ist die FOM eine der größten Hochschulen Europas und führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenZentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom.de

KCT

Das KCT ist ein international ausgerichtetes wissenschaftliches KompetenZentrum für Technologie- & Innovationsmanagement und angrenzende Forschungsbereiche. Es arbeitet intensiv mit einem Netzwerk aus Unternehmen, Fachverbänden und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen daran, aktuelle Herausforderungen einer kritischen Analyse und Bewertung zu unterziehen und Antworten auf zentrale Fragestellungen zu entwickeln.

Themenschwerpunkte des KCT sind u. a. die auch in dieser Reihe aufgeführten Bereiche:

- Innovative Technologien
- Wissensmanagement
- Arbeit und Psyche

Weitere Informationen finden Sie unter fom-kct.de



Im Forschungsblog werden unter dem Titel „FOM forscht“ Beiträge und Interviews rund um aktuelle Forschungsthemen und -aktivitäten der FOM Hochschule veröffentlicht.

Besuchen Sie den Blog unter fom-blog.de