

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Wirtschaft steht vor der Herausforderung, ihre traditionell linear orientierten Geschäftsmodelle zu transformieren, sodass nachhaltige und geschlossene Ressourcenkreisläufe entstehen, um langfristig den Wohlstand der Gesellschaft unter Wahrung der Nachhaltigkeitsziele sichern zu können (s. RIESENER ET AL. 2023, S. 1; s. ACHTERBERG ET AL. 2016, S. 3). Der Kreislaufwirtschaft (engl. *Circular Economy*) kommt dabei die entscheidende Rolle zu, den Wert endlicher und erneuerbarer Ressourcen so lange wie möglich zu erhalten und in einen Kreislauf zu überführen (s. ACHTERBERG ET AL. 2016, S. 4; s. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2015, S. 5). Insbesondere vor dem europäischen Ziel eines klimaneutralen Europas bis 2050 hat die Europäische Kommission den *European Green Deal* beschlossen, der u. a. Ziele und Vorschläge zur Kreislaufwirtschaft umfasst (s. EUROPEAN COMMISSION 2019, S. 2ff.). Im *Circular Economy Action Plan* wird darauf aufbauend die industrielle Transformation zur zirkulären Wertschöpfung präsentiert, die mit konkreten Maßnahmen in unterschiedlichen Industriesektoren einhergeht (s. EUROPEAN COMMISSION 2020a, S. 2ff.). Dies umfasst sowohl Maßnahmen zur Einmalnutzung von Produkten als auch zur Integration von Sekundärrohstoffen und zum Einsatz von digitalen Produktpässen (s. EUROPEAN COMMISSION 2020a, S. 4). Neben den ökologischen Vorteilen ergeben sich aus der Kreislaufwirtschaft allerdings auch ökonomische Potenziale. Eine Studie des WORLD ECONOMIC FORUM ist für den Automobilsektor zu dem Ergebnis gekommen, dass sich die Profitabilität entlang der Supply-Chain um das 1,5-fache steigern kann (s. BEN DROR ET AL. 2022, S. 4). Insbesondere das kontinuierliche Angebot von Dienstleistungen entlang des Fahrzeuglebenszyklus sowie ein Ausbau von „As-a-Service“-Leistungen führen zu einem Umsatz pro Fahrzeug, der das 20-fache des ursprünglichen Verkaufspreises erzielen kann (s. BEN DROR ET AL. 2022, S. 4). Auch wenn sich diese Potenziale nicht unmittelbar auf den deutschen Maschinen- und Anlagenbau übertragen lassen, kann festgehalten werden, dass spezialisierte Branchen wie ebendieser überproportional von der Kreislaufwirtschaft profitieren, da aufgrund ihrer geringen Stückzahlen Skaleneffekte einen geringeren Einfluss entfalten (s. RÖNKKÖ ET AL. 2021, S. 6). Die positiven Umweltauswirkungen, deren Material- und Energieeinsparungspotenzial in der wissenschaftlichen Literatur auf bis zu 80 % geschätzt wird, sind dabei bisher nicht berücksichtigt (s. RÖNKKÖ ET AL. 2021, S. 1). Diese Erkenntnisse spiegeln sich in der unternehmerischen Praxis wider, wonach 70 % der Supply-Chain-Verantwortlichen im Jahr 2020 Budget für Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft reserviert haben (s. GARTNER, INC. 2020).

Obwohl die politischen Direktiven und die ökonomischen Potenziale eine baldige Transformation der produzierenden Industrie versprechen, ergeben sich in der Praxis Herausforderungen, die einer schnellen Umsetzung entgegenwirken (s. Abbildung 1-1). Eine Studie der Universität Bologna aus dem Jahr 2020 hat ergeben, dass bisher nur 21 % der 254 kleinen und mittleren Unternehmen aus Italien, die befragt wurden,

die Kreislaufwirtschaft über eine reine Abfallverwertung hinaus nutzen (s. MURA ET AL. 2020, S. 14).

Kategorien	Herausforderungen
Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationsweitergabe und -verfügbarkeit gebrauchter Produkte ▪ Vernetzung von Wertschöpfungspartnern ▪ Unsicherheit über die Produktqualität von Gebrauchtwaren ▪ Rückgabeprozesse, Reverse-Logistics und Kapazitätsplanung ▪ Fachkräftemangel und Unternehmenskompetenzen ▪ Kontradiktorische Unternehmensstrategie
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktkomplexität und Eignung für Aufbereitungsprozesse ▪ Restriktionen aufgrund geistigen Eigentums ▪ Produktdesign und Einsatz von Sekundärrohstoffen
Marktnachfrage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten von Aufbereitungsprozessen ▪ Unsicherheit über die Stabilität der Nachfrage ▪ Kundenakzeptanz aufbereiteter Produkte
Regulatorik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definitionen und Standards in der Kreislaufwirtschaft ▪ Komplexität der Rechtslage und Restriktionen im Im- und Export von Gebrauchtwaren

Abbildung 1-1: Analyse bestehender Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft in der produzierenden Industrie (eigene Darstellung i. A. a. BIANCHINI ET AL. 2019, S. 2; RÖNKKÖ ET AL. 2021, S. 4; WALDEN ET AL. 2021, S. 1717)

Ein Konzept, das von der Europäischen Kommission im *Circular Economy Action Plan* vorgeschlagen wird und als Katalysator einer vollumfassenden Kreislaufwirtschaft gilt, ist der digitale Produktpass (s. EUROPEAN COMMISSION 2020a, S. 4). Mit dem Ziel, die Digitalisierung von Produktinformationen zu verbessern und ein digitales Abbild des Produkts zu produzieren, verfolgt der digitale Produktpass einen generalistischen Ansatz (s. EUROPEAN COMMISSION 2020a, S. 4; s. GÖTZ ET AL. 2021, S. 9). Das Konzept zielt darauf ab, den Mangel eines konsistenten und effizienten Informationsflusses zwischen den Akteuren entlang des Produktlebenszyklus zu beheben (s. WALDEN ET AL. 2021, S. 1717f.; s. O'CONNOR ET AL. 2016, S. 5884). Dies beruht auf dem Praxisproblem, dass die Kommunikation der Stakeholder, insbesondere zwischen Hersteller und Recycler, substanzielle Defizite aufweist (s. O'CONNOR ET AL. 2016, S. 5884). CAGNO ET AL. unterstützen diese Erkenntnis und ergänzen, dass bisher kein ausreichender Fokus auf interorganisationale Beziehungen und entsprechende Entscheidungsprozesse in der Kreislaufwirtschaft gelegt wurde (s. CAGNO ET AL. 2021, S. 27). Am Beispiel der Aufbereitung von Gebrauchtmachines lassen sich die Folgen dieses Informationsdefizits abschätzen. Demnach hat die Unsicherheit über die Quantität und Qualität von Gebrauchtmachines und deren Komponenten einen nachteiligen Effekt auf die Produktivität und Profitabilität umsetzender Unternehmen (s. RIDLEY ET AL. 2019, S. 263; s. RÖNKKÖ ET AL. 2021, S. 4). Obwohl aufbereitete Machines und Komponenten in der Regel nur 50 % bis 70 % des Neupreises kosten, sind Kunden oft skeptisch und haben einen höheren Beratungsbedarf vor ihrer Kaufentscheidung (s. BOURGEOIS U. LELEUX 2005, S. 6; s. BOOTSMA 2016). Daraus wird ersichtlich, dass die Informationsgrundlage ein kritischer Faktor für den Erfolg kreislauffähiger Geschäftsmodelle ist darstellt. LINTON U. JAYARAMAN haben den Mehrwert von

Produktinformationen insbesondere für Anwendungsfälle aus den Bereichen des Produktrückrufs, der Reparaturdienstleistungen, der Instandhaltung und des Retrofits als hoch eingestuft (s. LINTON U. JAYARAMAN 2005, S. 1816). Laut den Autoren ist erfolgskritisch, ob Unternehmen es schaffen, den Informationswert zu extrahieren und in ihre Unternehmung zu integrieren (s. LINTON U. JAYARAMAN 2005, S. 1816). Deutschland bietet sich als Heimat traditioneller Maschinenbau- und aufstrebender Softwareunternehmen zur Entwicklung eines digitalen Produktpasses an. Bis 2030 stellt der Markt für die Kreislaufwirtschaft ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 5,9 % und für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sogar 8,1 % in Aussicht (s. BÜCHELE ET AL. 2021, S. 25). In einer günstigen Marktlage verspricht ein digitaler Produktpass folglich auch unternehmensübergreifende Potenziale. Wirtschaftliche Akteure können entlang der vollständigen Wertschöpfungskette auf relevante technische und nachhaltige Informationen zugreifen und neue Geschäftsmodelle zur Werterhaltung fördern (s. BERG ET AL. 2020, S. 19ff.).

Das wissenschaftliche Interesse an der Betrachtung der Kreislaufwirtschaft lässt sich auch quantitativ anhand der Anzahl von Veröffentlichungen im zeitlichen Verlauf belegen. Eine durch den Autor durchgeführte Metaanalyse im Zeitraum von 2004 bis 2023 bestätigt dieses Erkenntnis. Seit Mitte der letzten Dekade steigt die Anzahl der Publikationen beinahe exponentiell an und erreicht im Jahr 2022 mit 6325 wissenschaftlichen Artikeln auf der Datenbank *Scopus* ihren vorläufigen Höhepunkt (s. Abbildung 1-2).

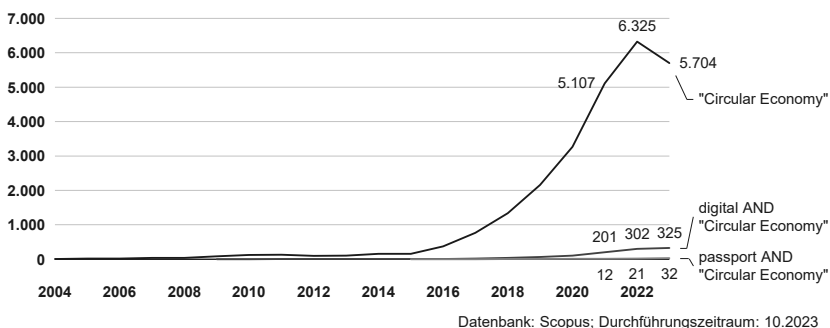


Abbildung 1-2: Metaanalyse von wissenschaftlichen Artikeln im Themenbereich *Circular Economy* (eigene Darstellung)

In den Themenbereichen der *Digital Circular Economy* und des digitalen Produktpasses steht das wissenschaftliche Interesse noch am Anfang. Dies hat zur Folge, dass zum Austausch von Produktinformationen in der Kreislaufwirtschaft bislang nur Lösungsansätze, die auf Partikularziele (z. B. Schadstofftransparenz oder Materialrückführung) abzielen sowie in spezifischen Branchen (z. B. Schiffsbau oder Bauwirtschaft) Anwendung finden, bestehen, die also meist keine holistische Perspektive besitzen (s. ADISORN ET AL. 2021, S. 4ff.). Zudem besteht nach REIKE ET AL. ein gewisser Dringlichkeitscharakter in der Validierung und Detaillierung von Konzepten (s. REIKE ET AL. 2018, S. 249). Demnach gab es in der Wissenschaft wenig Bemühungen,

Konzepte zu gestalten; stattdessen wurden Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft sowie Vergleiche mit anderen Konzepten veröffentlicht (s. REIKE ET AL. 2018, S. 249). Es fehlen daher weiterhin eindeutige und wissenschaftlich anerkannte Definitionen für einen digitalen Produktpass, inhaltlich hinsichtlich der zu erfüllenden Anwendungsfälle (s. BERGER ET AL. 2022, S. 1). Daraus kann gefolgert werden, dass in Wissenschaft und Praxis noch keine publikationsfähigen Diskussionen über die inhaltlichen Bestandteile des digitalen Produktpasses und deren erforderliche Datengrundlage bestehen. Auf Basis dieser theoriegeleiteten und praxisorientierten Erkenntnisse ergibt sich, dass der Erfolg der Kreislaufwirtschaft, insbesondere für komplexe und digitalisierte Produkte wie Maschinen und Anlagen, in direkter Abhängigkeit von der wechselseitigen Bereitstellung umfassender Informationen und der individuellen Integration von Kreislaufstrategien auf Unternehmensebene steht. In Verbindung mit der Herausforderung, die erforderlichen Wertschöpfungspartner der Kreislaufwirtschaft entlang des Produktlebenszyklus zu vernetzen, ergibt sich die Motivation dieses Dissertationsvorhabens.

1.2 Zielsetzung

In Bezug auf die vorgestellte Ausgangssituation zielt der Inhalt dieser Dissertationsschrift darauf ab, einen wissenschaftlich fundierten Vorschlag für den Inhalt eines digitalen Produktpasses für Investitionsgüter in Form eines Informationsmodells zu entwickeln. Dazu wird der Fokus auf die Untersuchung relevanter Kreislaufstrategien und deren kohärenter Unternehmensnetzwerke gelegt, die in einem übergreifenden Modell mit Produktinformationen der Kreislaufwirtschaft zusammengeführt werden.

Zu Erreichung dieser Zielsetzung wird der zentralen Forschungsfrage nachgegangen:

Wie lassen sich Produktinformationen mit den Rollen für die Umsetzung von Kreislaufstrategien verknüpfen und in einem Informationsmodell zusammenführen?

Die zentrale Forschungsfrage wird durch vier detaillierte Unterforschungsfragen ergänzt:

- Welche Kreislaufstrategien existieren für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus?
- Welche Rollen sind für die Umsetzung der Kreislaufstrategien notwendig und in welchen Beziehungen müssen diese zueinander stehen?
- Welche Produktinformationen werden für die Umsetzung der Kreislaufstrategien benötigt und wie können diese klassifiziert werden?
- Wie lassen sich die Produktinformationen mit den Rollen verknüpfen und in einem Informationsmodell vereinen?

Innerhalb der ersten Unterforschungsfrage wird sich der Frage gewidmet, welche Strategien für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus in der Kreislaufwirtschaft nutzbar sind. Ergänzt um eine Analyse der ökonomischen Potenziale ergibt sich eine Übersicht relevanter Kreislaufstrategien für Investitionsgüter. Die zweite Unterforschungsfrage bezieht sich auf ein interorganisationales Wertschöpfungsnetzwerk, das

für die Umsetzung ausgewählter Kreislaufstrategien etabliert und durch Rollen charakterisiert ist. Der Erkenntnisgewinn ergibt sich aus den identifizierten Rollen und deren Beziehungen im Wertschöpfungsnetzwerk. Die dritte Forschungsfrage betrifft Produktinformationen, deren Informationsgehalt für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erforderlich ist. Im Rahmen einer Klassifizierung werden die Informationen für die Anwendung in einem digitalen Produktpass bewertet und geordnet. Die vierte und zentrale Forschungsfrage fokussiert das Vereinen der Rollen im Wertschöpfungsnetzwerk mit den vorhandenen Produktinformationen in einem Erklärungsmodell. Das Modell stellt den zentralen Erkenntnisgewinn dieser Dissertationsschrift dar. Mit dem Erklärungsmodell wird die Beziehungsintensität zwischen den Rollen für die Umsetzung von Kreislaufstrategien und den relevanten Produktinformationen für die Kreislaufwirtschaft bewertet. Im anschließenden Informationsmodell wird das Erklärungsmodell praxisorientiert aufbereitet und visualisiert.

1.3 Wissenschaftstheoretische Einordnung und Struktur der Untersuchung

Die zentrale Motivation dieses Dissertationsvorhabens resultiert aus der Diskrepanz, existierende theoretische Ansätze in die betriebswirtschaftliche Praxis zu übertragen, um interorganisationale Strukturen im Zuge der Nachhaltigkeitsentwicklungen für die Zukunft vorzubereiten. Mit der Arbeit wird daher das Ziel verfolgt, Gestaltungsmodelle zu entwickeln, die einen möglichst effizienten Informationsaustausch zwischen Organisationen in Wertschöpfungsnetzwerken für die Kreislaufwirtschaft sicherstellen.

Im Gegensatz zu den Grundlagenwissenschaften, die einzig der Steigerung des Erkenntnisgewinns dienen, wird in dieser Unternehmung im Rahmen der angewandten Wissenschaften nach praktisch nützlichem Wissen gestrebt: *„(D)er angewandte Forscher wählt Probleme der praktisch handelnden Menschen aus, für deren Lösung kein befriedigendes Wissen zur Verfügung steht“* (ULRICH 1981, S. 5). Der systemtheoretische Ansatz von Hans ULRICH, der 1968 erstmals in *Die Unternehmung als produktives soziales System* eingeführt wurde (vgl. ULRICH 1970), liefert ein geeignetes Konstrukt für die vorliegende Problemstellung, da die angewandte Unternehmenslehre, vergleichbar der Ingenieurwissenschaften, die Gestaltung von produktiven sozialen Systemen ermöglicht (s. ULRICH u. HILL 1976, S. 308; s. ULRICH 1970, S. 53).

Um ein Grundverständnis des zugrunde liegenden Forschungsansatzes zu schaffen, wird zunächst eine Einordnung in die Wissenschaftssystematik vorgenommen (s. Abbildung 1-3).

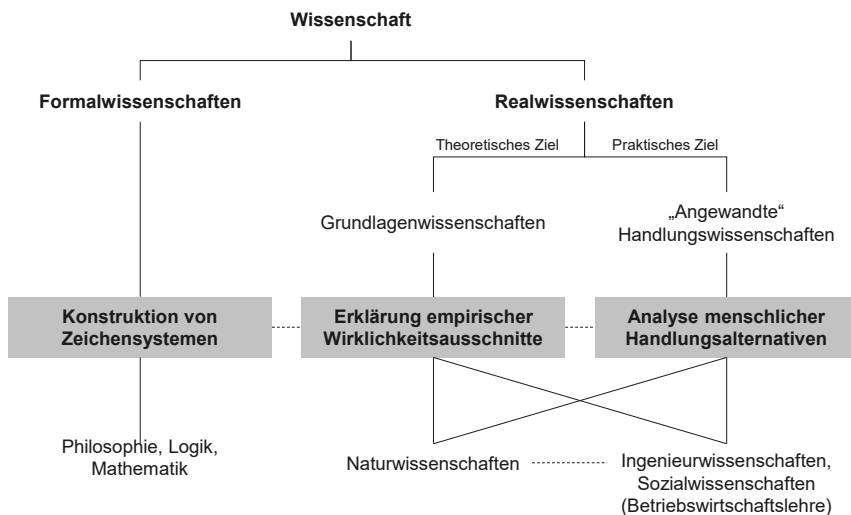


Abbildung 1-3: Wissenschaftssystematik nach ULRICH U. HILL (ULRICH U. HILL 1976, S. 305)

ULRICH U. HILL unterscheiden in ihrem Beitrag zu den *wissenschaftstheoretischen Grundlagen* die Wissenschaft in die Formal- und Realwissenschaften (s. ULRICH U. HILL 1976, S. 305). „Die Formalwissenschaften bemühen sich um die Konstruktion von Sprachen, d. h. von Zeichensystemen mit Regeln zur Verwendung dieser Zeichen“ (ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Dazu werden vor allem die Philosophie, Logik und Mathematik gezählt. „Die Realwissenschaften bemühen sich um die Beschreibung, Erklärung und Gestaltung empirisch (...) wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte“ (ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Darunter fallen die Grundlagenwissenschaften, die ein theoretisches Ziel zur Erklärung empirischer Wirklichkeitsausschnitte verfolgen und zu denen die Naturwissenschaften gezählt werden und die angewandten Handlungswissenschaften (s. ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Deren praktisches Ziel verfolgt die Analyse menschlicher Handlungsalternativen zur Gestaltung sozialer und technischer Systeme. Im technischen Bereich zählen dazu die Ingenieurwissenschaften und im gesellschaftlichen Bereich die angewandten Sozialwissenschaften inklusive der Betriebswirtschaftslehre (s. ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Daraus ergibt sich die Aufgabe der Realwissenschaften, subjektiv aufgenommene Wirklichkeitsausschnitte zu explizieren, zu abstrahieren und Gestaltungsmöglichkeiten zu entwerfen (s. ULRICH U. HILL 1976, S. 306). Der Fokus der vorliegenden Arbeit umfasst die Gestaltung von einem Informationsmodell zwischen Organisationen und kann daher in die angewandten Handlungswissenschaften eingeordnet werden.

Um praxisorientierte Problemstellungen in einem wissenschaftlichen Rahmen untersuchen zu können, zielt die angewandte Wissenschaft auf die Prüfung entwickelter

Gestaltungsmodelle im betrachteten Anwendungszusammenhang ab (s. ULRICH 1981, S. 10). Die Grundlage dieses Einsatzes sind stets komplexe Systeme, da für vermeintlich einfache Fragestellungen kein wissenschaftliches Vorgehen vonnöten ist (s. ULRICH 1981, S. 7–8). Eine ordentliche Untersuchung der komplexen Problemstellung erfordert daher eine adäquate forschungsmethodische Vorgehensweise, die ein iteratives Vorgehen aus datengestütztem Erkenntnisgewinn und kritischer Reflexion erfordert (s. KUBICEK 1977, S. 15). Im Forschungsfeld der Aktionsforschung wird dazu ein Praxisproblem durch einen gemischten Kreis aus Wissenschaft und Praxis gelöst (s. WILDE U. HESS 2007, S. 282). Dieser Lernprozess ist in Abbildung 1-4 visualisiert.

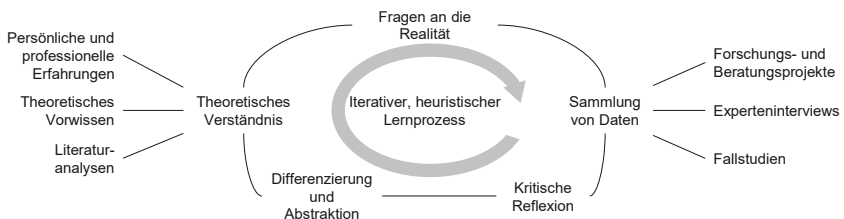


Abbildung 1-4: Lernprozess der explorativen Forschung (SIEGERS 2016, S. 7 i. A. a. KUBICEK 1977, S. 14 u. TOMCZAK 1992, S. 83f.)

Der Lernprozess der explorativen Forschung beschreibt eine iterative, heuristisch geprägte Vorgehensweise, die auf den Hauptelementen des *theoretischen Verständnisses*, den *Fragen an die Realität*, der *Sammlung von Daten*, der *kritischen Reflexion*, und der *Differenzierung und Abstraktion*, beruht (s. KUBICEK 1977, S. 15). Dazu baut der Lernprozess auf der iterativen Heuristik auf, die als Möglichkeit verstanden wird, sehr komplexe Probleme unter der Bedingung eines begrenzten Erkenntnisstands zu verstehen und zu beherrschen (s. KUBICEK 1977, S. 14). Zum Aufbau des theoretischen Verständnisses greift der Forschende auf persönliche und professionelle Erfahrungen, theoretisches Vorwissen und Literaturanalysen zurück, um über Fragen an die Realität erweiternde Fragen und Problemstellungen zu identifizieren (s. KUBICEK 1977, S. 14). Die Überprüfung und Weiterentwicklung der entwickelten Hypothesen über Datensammlung aus der Praxis, kritische Reflexion und Abstraktion erweitern den Forschungsprozess um eine konzeptionelle Komponente, die als Erkenntnisgewinn aus dem Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis resultiert (s. KUBICEK 1977, S. 14f.).

1.4 Aufbau der Dissertationsschrift

Auf Basis der wissenschaftstheoretischen Einordnung und der Zielsetzung dieser Dissertationsschrift erfolgt die Gliederung in sieben Kapiteln entlang der Grundlagen, Modellentwicklung und Anwendung (s. Abbildung 1-5).

Grundlagen	1 Einleitung
	2 Begriffliche Grundlagen
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terminologische Grundlagen ▪ Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
Modellentwicklung	3 Stand der Erkenntnisse
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung und Bewertung problemrelevanter Aktivitäten aus Wissenschaft und Praxis ▪ Ableitung des Forschungsbedarfs
	4 Herleitung des Konzeptansatzes
Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definition der formalen und inhaltlichen Modellanforderungen ▪ Vorstellung und Beschreibung der methodischen Grundlagen ▪ Konkretisierung der Vorgehensweise
	5 Detaillierung des Informationsmodells
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung und Auswahl praxisrelevanter Kreislaufstrategien ▪ Entwicklung des Beschreibungsmodells zirkulärer Ökosysteme ▪ Entwicklung des Beschreibungsmodells kreislaurelevanter Produktinformationen ▪ Entwicklung des Wirkmodells rollenspezifischer Produktinformationen ▪ Modellierung der abgeleiteten Wirkungszusammenhänge
Anwendung	6 Validierung
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abgleich der erzielten Ergebnisse mit den Modellanforderungen ▪ Evaluation der entwickelten Modelle in der Anwendung
	7 Zusammenfassung und Ausblick

Abbildung 1-5: Aufbau und Inhaltsgliederung dieser Dissertationsschrift (eigene Darstellung)

Die Arbeit beginnt im ersten Kapitel mit einer Einleitung und Vorstellung der Motivation und Relevanz des Themenbereichs. Auf deren Grundlage wird die Zielsetzung abgeleitet und es werden die zentralen Forschungsfragen gestellt. Die wissenschaftstheoretische Einordnung bildet anschließend die Basis für den Aufbau und die inhaltliche Gliederung dieser Arbeit.

Im zweiten Kapitel werden zunächst die begrifflichen Grundlagen, die für das Verständnis dieser Forschungsarbeit benötigt werden, erfasst und beschrieben. Dazu wird die Terminologie aus den diese Arbeit betreffenden Bereichen des Produktlebenszyklus, der Kreislaufwirtschaft und der Informationssystematik erklärt und in den Kontext dieser Arbeit eingebettet. Darauf folgend schließt das Kapitel mit einer Eingrenzung des Untersuchungsbereichs in den genannten Themenfeldern.

Aufbauend auf den begrifflichen Grundlagen wird in Kapitel drei der aktuelle Stand der Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis erfasst und bewertet. Unter Einsatz der Methode der systematischen Literaturrecherche werden wissenschaftliche Ansätze zu Kreislaufstrategien und zirkulären Ökosystemen identifiziert und selektiert. Weiterhin werden ausgewählte Konzepte der Informationsmodellierung aus der Praxis vorgestellt. Daraus folgend wird zum Abschluss der Forschungsbedarf abgeleitet.

Im darauffolgenden Kapitel vier wird der vollständige Konzeptansatz hergeleitet. Dazu werden zunächst die formalen und inhaltlichen Anforderungen an die Modelle definiert und die methodischen Grundlagen erläutert. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse erfolgt die Konkretisierung der Vorgehensweise, die die Basis für Kapitel fünf liefert.

In Kapitel fünf werden anschließend die Partialmodelle dieses Dissertationsvorhabens entwickelt. Im ersten Beschreibungsmodell werden zunächst relevante Kreislaufstrategien für den Maschinen- und Anlagenbau identifiziert und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Auf dieser Grundlage wird im zweiten Beschreibungsmodell das zirkuläre Ökosystem modelliert und im dritten Beschreibungsmodell werden kreislaufrelevante Produktinformationen klassifiziert. Im Wirkmodell werden die Wirkungsbeziehungen zwischen diesen Partialmodellen erklärt und im abschließenden Informationsmodell praxisnah modelliert.

Die Validierung des Informationsmodells sowie der Partialmodelle ist Inhalt von Kapitel sechs. Beginnend mit einer Überprüfung der formalen und inhaltlichen Anforderungen, werden die Modelle an konkreten Fallbeispielen aus Unternehmen evaluiert. Innerhalb von Expertengesprächen und einer kritischen Reflexion werden die Ergebnisse kritisch gewürdigt und in ihrer Praxisrelevanz bestätigt.

Diese Dissertationsschrift schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick in Kapitel acht. Darin werden die zentralen Erkenntnisse komprimiert wiedergegeben und zukünftige Forschungspotenziale, die in der Erarbeitung dieser Arbeit identifiziert werden, aufgezeigt.

Zum Erhalten der allgemeinen Lesbarkeit und aufgrund der Tatsache, dass im Kontext dieser Dissertationsschrift Unternehmen und nur vereinzelt Einzelpersonen angesprochen werden, wird sich an der Empfehlung des Rats für deutsche Rechtschreibung vom 26.03.2021 orientiert (s. RAT FÜR DEUTSCHE RECHTSCHREIBUNG 2021). Daher wird eine möglichst neutrale und geschlechtergerechte Sprache eingesetzt, deren Konsistenz jedoch nicht gewährleistet werden kann.