

# 1 Einleitung

Der weltweite Umsatz der chemischen Industrie vervierfachte sich in den letzten 20 Jahren (European Chemical Industry Council, 2024, S. 5). Dies ist jedoch nicht auf die europäische Chemieindustrie zurückzuführen, die in jenem Zeitraum den Umsatz lediglich verdoppeln konnte (vgl. Abbildung 1-1). Das vergleichsweise geringe Wachstum führt zu einem signifikanten Rückgang des Marktanteils der Europäischen Union auf 14 Prozent (European Chemical Industry Council, 2024, S. 5). Hintergrund ist der globale Wettbewerb, der besonders durch Unternehmen aus Schwellenländern hervorgerufen wird. Zurückzuführen ist dies auf die niedrigen Produktionskosten in den Schwellenländern und den hohen Anteil von rohöl-nahen Grundchemikalien wie Chlor oder Wasserstoff am europäischen Umsatz (ca. 43 %). Einen zusätzlichen Grund stellt die geringe Komplexität der Produktion dieser Grundchemikalien dar (Behr et al., 2016, S. 10; European Chemical Industry Council, 2024, S. 8; Vogel, 2002, S. 280). Grundchemikalien charakterisieren sich durch eine hohe Produktionsmenge bei einer gleichzeitig geringen Produktdifferenzierung (Loos, 1997, S. 75). Neben den Grundchemikalien besteht das Produktportfolio der Chemieindustrie aus Fein-, Industrie- und Spezialchemikalien (Baerns et al., 2013, S. 3-4). Spezialchemikalien, beispielsweise pharmazeutische Produkte oder Schmierstoffe, besitzen im Vergleich zu den Grundchemikalien einen kürzeren Produktlebenszyklus und werden in kleineren, bedarfsgerechten Mengen produziert (Loos, 1997, S. 75). Feinchemikalien, wie etwa Wirkstoffe oder Kosmetik, weisen neben einer geringen Produktdifferenzierung eine geringe Produktionsmenge auf (Baerns et al., 2013, S. 3; Loos, 1997, S. 75). Demgegenüber sind Industriechemikalien, beispielsweise Chemiefasern oder Düngemittel, durch eine hohe Produktvielfalt bei einer gleichzeitig hohen Produktionsmenge gekennzeichnet (Loos, 1997, S. 75).

Ergänzend zu der geringen Komplexität für die Fertigung der Grundchemikalien in Kombination mit den niedrigen Produktionskosten in den Schwellenländern ist die Nähe der Produzenten zu den Rohstoffquellen ein entscheidender Faktor (Kümmerlen, 2015, S. 6; Wildemann, 2009, S. 21). Die Überbrückung der geografischen Entfernung zu den Quellen und Senken ist für in Europa produzierende Unternehmen mit sehr hohen Kosten verbunden. Diese Entwicklung führt dazu, dass immer mehr Hochlohnländer der Europäischen Union, wie beispielsweise Deutschland, sich auf die Produktion von komplex zu produzierenden Spezialchemikalien fokussieren und Exporte von Grundchemikalien durch Investitionen in die Produktion vor Ort vermeiden (Behr et al., 2016, S. 10; Kümmerlen, 2015, S. 6; Leonhard & Sharda, 2014, S. 1; VCI, 2017, S. 2).

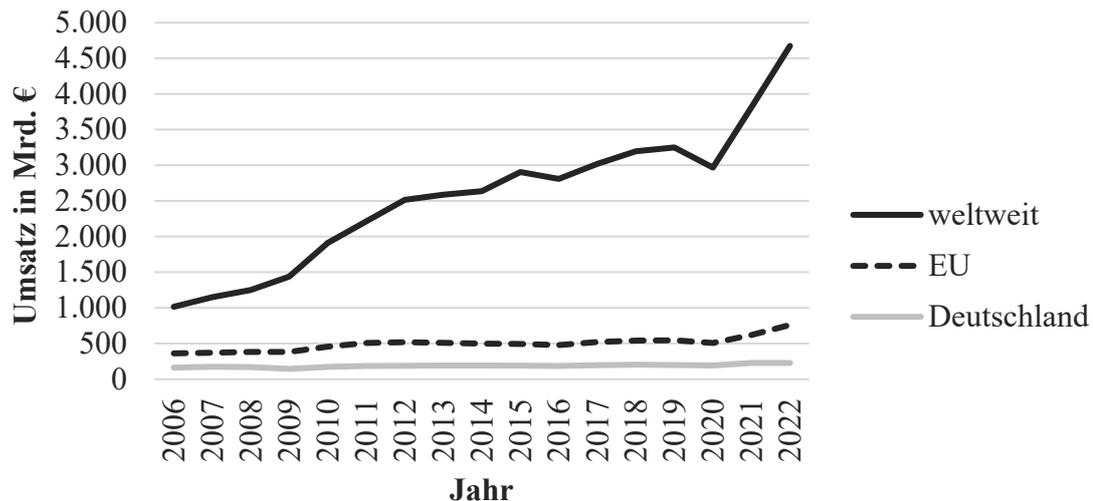


Abbildung 1-1: Umsatzentwicklung in der Chemieindustrie<sup>1</sup>

Daraus resultiert eine Veränderung der Betrachtung der Produktion europäischer Standorte, die von dem Fokus der dauerhaften Verfügbarkeit des Produktes und der anfallenden Kosten hin auf die spezifizierten und anwendungsorientierten Produkte zielt, den Spezialchemikalien (Au, 2011, S. 4-5). Preis und Verfügbarkeit der Produkte stehen aufgrund der Individualisierung für den Kunden nicht im Vordergrund. Als Folge entsteht ein volatiler Markbedarf, der sich an den Absatzmärkten durch eine sehr hohe Produktionsdifferenzierung bei gleichzeitig kleineren Produktionsvolumina widerspiegelt (Loos, 1997, S. 33).

Das daraus resultierende veränderte Nachfrageverhalten der Kunden von Basischemikalien hin zu Spezialchemikalien bringt kurzfristige Anpassungsbedarfe mit sich und setzt eine flexible Produktion und flexible Wertschöpfungsprozesse voraus. Bisher liegt der Forschungsfokus in der chemischen Industrie jedoch auf produktionstechnischen Aspekten. Zurückzuführen ist dies auf die kapitalintensiven Anlagen und die aufwendigen verfahrenstechnischen Herstellungsprozesse (Demmer, 2020, S. 4; Friedli et al., 2006, S. 71; Hofmann & Nothardt, 2009, S. 6-7).

Aufgrund der Schnittstellenfunktion zur Produktion nimmt die Unternehmenslogistik als ein Teil des Wertschöpfungsprozesses eine entscheidende Rolle in Hinsicht auf eine erfolgreiche und wirtschaftliche Produktion ein. Die Unternehmenslogistik lässt sich nach Pfohl (2018, S. 16) in Abhängigkeit von den Phasen des Güterflusses in die Subsysteme Material- und Distributionslogistik einteilen, wobei die Materiallogistik wiederum in die Beschaffungs- und Produktionslogistik differenziert werden kann. Dabei beinhaltet die erste Phase, die Beschaffungslogistik, alle logistischen Prozesse von dem Beschaffungsmarkt bis zum Beschaffungs- bzw. Eingangslager eines Unternehmens (Pfohl, 2018, S. 16-17). Die Produktionslogistik als zweite Phase grenzt direkt an diese Prozesse an und umfasst den Verlauf der Güter von dem Beschaffungslager zu der Produktion sowie vice versa zum Absatzlager (ten Hompel et al., 2022, S. 803). In der darauffolgenden dritten Phase, der Distributionslogistik, wird der Güter- und Informationsfluss von dem Absatzlager bis hin zum Kunden betrachtet (Pfohl, 2018, S. 17). Jede einzelne Phase hat dabei das zentrale Ziel, die richtige Ware in der

<sup>1</sup>In Anlehnung an European Chemical Industry Council (2024, S. 5).

richtigen Menge zur richtigen Zeit an den richtigen Ort mit der richtigen Qualität und den richtigen Kosten zu transportieren (ten Hompel et al., 2022, S. 797).

Die Planung und Durchführung dieser logistischen Prozesse ist mit einer hohen Komplexität verbunden, die durch den engen Kontakt mit der chemischen Produktion hervorgerufen wird (Hofmann & Nothardt, 2009, S. 6-7; Schenk et al., 2014, S. 58). Diese setzt die Einhaltung unterschiedlicher regulatorischer Anforderungen für die chemischen Erzeugnisse voraus, die von technischen notwendigen Adaptionen bis hin zu besonderen Räumlichkeiten reichen, die für die Verarbeitung von regulierten Produkten benötigt werden (Demmer, 2020, S. 2). Unter regulierten Produkten werden pharmazeutische Wirkstoffe verstanden, die gesetzlichen Regelungen unterliegen. Diese Regelungen sollen dazu beitragen, die Anforderungen an die Qualität und Reinheit der Wirkstoffe zu erfüllen (European Medicines Agency, 2000, S. 5). Auf Basis der dynamischen Markteinflüsse ist die Unternehmenslogistik demnach als ein wichtiger Treiber für die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens einzuordnen, um dem globalen Wettbewerbsdruck standhalten und eine wirtschaftliche Produktion von Spezialchemikalien gewährleisten zu können und um Wettbewerbsvorteile zu generieren (Wildemann, 2009, S. 26).

Eine weitere Anforderung bei der Planung der logistischen Prozesse in der Unternehmenslogistik stellt die Vermeidung des direkten Kontakts zwischen Mensch und Chemikalie dar, der beispielsweise bei den logistischen Prozessen der Ver- und Entsorgung der Produktion auftritt (Kiefer & Stolte et al., 2023, S. 208-216). Die Ver- und Entsorgung der chemischen Produktion von Spezialchemikalien wird dabei differenziert in die manuelle Ver- und Entsorgung anhand von Stückgut, beispielsweise durch Intermediate Bulk Container (IBC), und die Ver- und Entsorgung anhand von Tanks und Rohrleitungen mit einer direkten Verbindung zu den Produktionsanlagen. Die in der Chemielogistik zum Einsatz kommenden Tanks können wiederum differenziert werden in stationäre, ortsfeste Tanks und mobile, bewegliche Tanks, wie beispielsweise 20-Fuß-Tankcontainer (Moran, 2017, S. 143). Der Einsatz von Tanks führt dazu, dass manuell durchzuführende Transportvorgänge entfallen und ein Kontakt zwischen Mensch und Chemikalie vermieden wird. Aufgrund dessen ist die Planung des Einsatzes von Tanks in der Unternehmenslogistik von besonderer Bedeutung, um die Sicherheit der Mitarbeitenden der Chemieunternehmen zu erhöhen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Lagerung in Tanks und die anschließende Versorgung der Produktion anhand von Rohrleitungen als Massengutlösung bezeichnet.

Des Weiteren ermöglichen Standards, wie beispielsweise Normen für Behälter (Kleinladungsträger der Automobilindustrie), Unternehmen unterschiedlichster Branchen, die durchzuführenden logistischen Prozesse der Unternehmenslogistik effizient zu vollziehen (Martin, 2021, S. 284). Häufig kommen diese für eine Vielzahl von verschiedenen Gütern zum Einsatz und verbinden Unternehmen miteinander. In der Automobilindustrie etwa werden standardisierte Prozesse (beispielsweise Transportnetzwerke) und genormtes Equipment (beispielsweise Boxen für Schüttgut) verwendet (Demmer, 2020, S. 2). Die in der chemischen Industrie branchenspezifischen Anforderungen, wie beispielsweise an die Umgebungstemperatur oder den Schutz des Produkts, machen die Verwendung von Standardequipment nicht immer möglich. In der Spezialchemie eingesetztes Standardequipment muss für ein umfassendes Anwendungsgebiet ausgelegt sein, was den Einsatz der Behälter jedoch sehr kostenintensiv macht (Demmer, 2020, S. 2-3). Daraus resultiert ein breites Spektrum an unterschiedlichen Containern

und Behältern, das in Kombination mit der Individualisierung der Produkte und dem kurzen Produktlebenszyklus zu einer hohen Logistikkomplexität führt. Aus diesem Grund ist das Behälter- und Mehrwegmanagement in der chemischen Industrie eines der wichtigsten Bindeglieder zwischen Produktion und Logistik.

## 1.1 Problemstellung und Relevanz des Forschungsvorhabens

Ein großes Problem bei der Planung der Prozesse der Unternehmenslogistik in der Chemieindustrie stellt die geringe Berücksichtigung auszuführender logistischer Aktivitäten im Rahmen der Produktionsplanung dar (Demmer, 2020, S. 3). So zeigen die Erkenntnisse von Demmer (2020, S. 3) und Schenk et al. (2014, S. 89), dass die Akteure die Unternehmenslogistik als essenziell für die Produktion und den Vertrieb ansehen, diese jedoch nicht als Kernkompetenz betrachten. Im Vorfeld der Arbeit durchgeführte Interviews mit Logistikexperten der chemischen und der pharmazeutischen Industrie lassen ebenfalls erkennen, dass im Planungsprozess der Produktion die logistischen Einheiten als eine nicht erschöpfbare Ressource angesehen werden. Jedoch ist es wichtig herauszustellen, dass eine effizient gestaltete Unternehmenslogistik nicht ausreicht, um die genannten Herausforderungen zu bewältigen (Friedli et al., 2006, S. 71). Vielmehr muss die Unternehmenslogistik im Zusammenspiel mit der Forschung und Entwicklung und dem späteren Vertrieb einhergehen. Nur in diesem Fall kann die Logistik einen Teil zu einem erfolgreich wirtschaftenden Unternehmen beitragen.

Eine im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Literaturrecherche von Kiefer & Stolte et al. (2023, S. 205-207) zeigt, dass die allgemein gültige Logistikkliteratur zwar Verfahren und Methoden zur Optimierung der logistischen Prozesse aufzeigt, jedoch der Schwerpunkt auf Branchen mit einem vergleichsweise sehr hohen Durchsatz und einer hohen Standardisierungsrate, wie beispielsweise der Automobilindustrie, liegt (Demmer, 2020, S. 5; Kiefer & Stolte et al., 2023, S. 205-207). In dem Kontext dieser Arbeit beschreiben Methoden systematische Ansätze (zur Sammlung, Analyse und Interpretation von Daten), um allgemeine Problemarten (-klassen, -gruppen o. Ä.) zu lösen (Kollenberg & Kollenberg, 2024, S. 69-70). Verfahren hingegen beziehen sich auf die Lösung spezifischer Problemstellungen und geben konkrete Handlungsanweisungen für die Lösung vor, insbesondere auch mithilfe und Verknüpfung von Methoden. Beispielsweise ist dies ein Verfahren zur Planung logistischer Prozesse, das sich aus den Methoden der Simulation und der mathematischen Optimierung zusammensetzt.

Darüber hinaus lassen sich viele Verfahren nicht ausnahmslos auf andere Branchen übertragen. Dies kann zum einen an der Wirtschaftlichkeit der Umsetzung liegen oder zum anderen an der Nichtberücksichtigung spezieller Anforderungen, wie beispielsweise bei der Chemieindustrie (Demmer, 2020, S. 5). Aus diesem Grund herrscht in dem Bereich der Verfahren für kleine Produktionsmengen und Produktionen mit besonderen Anforderungen ein Mangel an Fachliteratur, was eine Untersuchung der logistischen Prozesse notwendig macht.

Demmer (2020) gibt in seiner wissenschaftlichen Ausarbeitung einen ersten Ansatz für die Optimierung und Neuplanung von Produktionsanlagen regulierter Produkte. Dabei betrachtet er die Gestaltungsregeln für den konzeptionellen Aufbau der Produktionsumgebung einschließlich der Berücksichtigung des Materialflusses und validiert dies anhand eines Beispiels. Der

Schwerpunkt der Ausarbeitung liegt auf der Produktion in der Pharmaindustrie, die besondere Anforderungen und Leitlinien, die sogenannten „Good Manufacturing Practice (GMP)“-Anforderungen, berücksichtigen müssen. Die Anforderungen beinhalten Leitlinien, die die Sicherheit, Qualität und Wirksamkeit der Erzeugnisse<sup>2</sup> durch die Aktivitäten rund um den Produktionsprozess gewährleisten sollen (Bundesministerium für Gesundheit, 2014; European Medicines Agency, 2000, S. 5). Da eine Vielzahl der zum Einsatz kommenden Wirkstoffe in der Spezialchemieindustrie hergestellt werden, sind diese dort ebenfalls von großer Relevanz.

Ferner wird in der Literatur die Notwendigkeit eines Verfahrens genannt, das die Planung logistischer Prozesse ermöglicht und die Effizienz der logistischen Prozesse erhöht (Marques et al., 2020, S. 8). Explizit verweist Demmer (2020, S. 215) auf die Notwendigkeit der Untersuchung der Ver- und Entsorgung von Produktionsanlagen im Rahmen der Materiallogistik der Chemieindustrie. So gilt es zu evaluieren, welche Art der Produktionsver- und -entsorgung zu wählen ist. Dafür ist eine Gegenüberstellung des Aufwands für die Ver- und Entsorgung der Betriebe mit Stückgut denen der Ver- und Entsorgung anhand von Massengütern durchzuführen. Zu den Kosten für den Betrieb solcher Lösungen sind Aspekte wie der Aufwand für die Reinigung oder Kosten für die Befüllung der Behälter zu berücksichtigen.

Weiterführend müssen bei der von Demmer (2020, S. 215) genannten Planung der Art der Produktionsver- und -entsorgung Anforderungen wie die Sicherheit der Mitarbeitenden und die Flexibilisierung der Logistik berücksichtigt werden. Die Sicherheit der Mitarbeitenden kann beispielsweise durch eine Kontaktreduzierung und den Einsatz von Tanks gewährleistet werden. Allerdings sind die zu diesem Zweck häufig eingesetzten stationären Tanks aufgrund langer Reinigungszeiten bei einem Rohstoffwechsel nicht flexibel genug. Daraus resultiert ein Zielkonflikt zwischen der Gewährleistung der Sicherheit und der notwendigen Flexibilität der Logistik. Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Konflikts stellt der Einsatz von mobilen Tankcontainern (20-Fuß-Container) dar. Diese können bei einem Rohstoffwechsel ausgetauscht werden, sodass lediglich die Rohrleitungen gereinigt werden müssen. Dies führt zu geringeren Ausfallzeiten im Vergleich zu stationären, ortsfesten Tanks und ermöglicht eine flexible Reaktion auf Nachfrageänderungen bei einer gleichzeitigen Gewährleistung der Sicherheit der Mitarbeitenden.

Die Problemstellung zeigt, dass es in der Wissenschaft und der Logistikpraxis an einem Verfahren fehlt, das die Planung der Ver- und Entsorgung der Produktion von Spezialchemikalien ermöglicht. Dafür gilt es, neben der Art der Ver- und Entsorgung ebenfalls den Einfluss dieser Wahl auf das Behälter- und Mehrwegmanagement zu evaluieren, da die Auswahl der Rohstoffe für die Lagerung in den Tanks einen signifikanten Einfluss auf das Behälter- und Mehrwegmanagement hat. Beispielsweise können Chemikalien trotz einer geringeren Nachfragemenge im Vergleich zu anderen Chemikalien eine höhere Anzahl an Behältern benötigen, da sie aufgrund von regulatorischen Anforderungen nur in speziellen Behältern gelagert werden können.

Um eine zielgerichtete Konzeptionierung eines solchen Verfahrens zu ermöglichen, gilt es, einen Anforderungskatalog zu entwickeln. Dieser soll die von der Chemieindustrie zu berücksichtigenden Anforderungen an das Planungsverfahren beinhalten. Anforderungen können

---

<sup>2</sup> Werden ebenfalls regulierte Produkte genannt.

im Rahmen des Anforderungsmanagements in zwei verschiedene Sichtweisen unterteilt werden. In der ersten Sichtweise steht die Anforderung im Zusammenhang mit dem Problemraum und stellt die Bedürfnisse eines Stakeholders in den Vordergrund (Herrmann, 2022, S. 2-3). Demgegenüber stehen die Anforderungen im Lösungsraum, die aus der technischen Sicht explizite Eigenschaften bzw. Anforderungen in den Mittelpunkt stellen (Herrmann, 2022, S. 2-4). Im Rahmen der Erstellung des Anforderungskatalogs für das Planungsverfahren gilt es demnach vorab zu definieren, welche Sichtweise eingenommen wird.

## 1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Auf Basis des identifizierten signifikanten Einflusses einer flexiblen Produktion auf die Unternehmenslogistik besteht das Ziel dieser Arbeit darin, ein Planungsverfahren zu entwickeln. Das Planungsverfahren setzt sich dafür aus verschiedenen Methoden zusammen, welche die durchzuführenden logistischen Prozesse effizient gestalten. Besonderer Fokus wird auf der Art der Ver- und Entsorgung der Produktion liegen und auf der Frage, wie die getroffene Wahl den Behälterbedarf beeinflusst. Das zu entwickelnde Planungsverfahren soll es den Anwendenden ermöglichen, in Abhängigkeit von den individuellen Gegebenheiten die Ver- und Entsorgung planbar zu machen. Darauf aufbauend leitet sich die erste Forschungsfrage ab:

- Was sind die wesentlichen Anforderungen an das Planungsverfahren, welche durch die logistischen Prozesse für die Ver- und Entsorgung der Produktion von Spezialchemikalien gestellt werden (Forschungsfrage 1)?

Anhand der ersten Forschungsfrage werden alle relevanten Anforderungen an das Planungsverfahren strukturiert gesammelt, und es wird die Notwendigkeit des Forschungsvorhabens hervorgehoben. Die ermittelten Anforderungen bilden im Anschluss die Grundlage für die Entwicklung des Planungsverfahrens und die Identifikation der dafür notwendigen Methoden. Darüber hinaus legt der Anforderungskatalog die Spezifikationen des Planungsverfahrens fest. Darauf aufbauend ergibt sich die zweite Forschungsfrage:

- Welche Lösungsmethoden eignen sich zur Planung der Ver- und Entsorgung in der Produktion von Spezialchemikalien (Forschungsfrage 2)?

Bei der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage werden Methoden identifiziert, welche die gesammelten Anforderungen an das Planungsverfahren für die Materiallogistik berücksichtigen. Aus den identifizierten Methoden ist anschließend eine Auswahl zu treffen, welche die Planung der Art der Ver- und Entsorgung der Produktion ermöglicht und den Einfluss dieser Wahl auf den Behälterbedarf evaluiert. Aufbauend auf der getroffenen Methodenauswahl leitet sich die dritte Forschungsfrage ab:

- Wie kann ein Planungsverfahren für die Ver- und Entsorgung der Produktion aus den in der zweiten Forschungsfrage identifizierten Lösungsmethoden konzipiert werden (Forschungsfrage 3)?

Anhand der getroffenen Auswahl an wissenschaftlichen Methoden zur Planung der logistischen Prozesse wird im Rahmen der dritten Forschungsfrage das Planungsverfahren konzipiert. Bei der Konzeptionierung gilt es, die identifizierten Methoden bestmöglich miteinander zu verknüpfen, sodass die aus der ersten Forschungsfrage ermittelten Anforderungen berücksichtigt werden und eine Planung der Ver- und Entsorgung der Produktion ermöglicht wird.

### 1.3 Methodisches Vorgehen und Aufbau der Arbeit

Zur Beantwortung der vorab definierten Forschungsfragen ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig, weshalb zunächst ein geeignetes Forschungsdesign identifiziert wird. Ein mögliches Forschungsdesign stellt die gestaltungsorientierte Forschung, die Design-Science-Research Methodologie (DSR-Methodologie), dar. Diese hat das Ziel, einen optimalen Lösungsweg zur Erfüllung eines praktischen Problems zu definieren (Hevner et al., 2004, S. 77). Dafür wird eine Anleitung für ein Modell bzw. Objekt entwickelt, das die Problemstellung erfasst und bewältigt. Lösungsansätze können Methoden, Techniken oder Gestaltungsprinzipien sein (Winter, 2014, S. 66-67). Das dabei entstehende Objekt zur Lösung eines bestehenden Problems wird im Rahmen der Arbeit als Artefakt bezeichnet (Hevner et al., 2004, S. 77; Johannesson & Perjons, 2021, S. 3-4). Zur optimalen Gestaltung muss das Artefakt eine Anleitung zur Anwendung und Wissen zu der Problemdomäne beinhalten (Eekels & Roozenburg, 1991, S. 201; Geerts, 2011, 143–145; Hevner et al., 2004, S. 82-90; Peffers et al., 2007, S. 52-56; vom Brocke et al., 2020, S. 522). Nur in Kombination mit diesen Eigenschaften ist ein expliziter Mehrwert für die zukünftigen Anwendenden gewährleistet.

Um die Eignung der DSR-Methode in Bezug auf das Forschungsziel detailliert zu evaluieren, werden die sieben Leitlinien nach Hevner et al. (2004, S. 83) zugrunde gelegt. Diese gliedern sich in die Kategorien:

- „Gestaltung des Artefakts“,
- „Relevanz der Problematik“,
- „Evaluation des Artefakts“,
- „Forschungsbeitrag“,
- „Verwendete Methoden“,
- „Designprozess“ sowie
- „Publikation“ (Hevner et al., 2004, S. 83).

Die erste Leitlinie, „Gestaltung des Artefakts“, stellt sicher, dass das zu entwickelnde Artefakt zielorientiert ist (Hevner et al., 2004, 82–84). Im Kontext dieser Arbeit ist das Artefakt ein Planungsverfahren, welches das Ziel verfolgt, die Planung der Unternehmenslogistik bei der Produktion von Spezialchemikalien zu unterstützen. Im Fokus steht die Materiallogistik und somit die Ver- und Entsorgung der Produktion von Chemikalien. Das Verfahren soll analysieren, welche Art der Ver- und Entsorgung bei sich stetig variierenden Produktionsaufträgen sinnvoll ist und wie sich die Wahl der Ver- und Entsorgungsart auf den Behälterbedarf auswirkt. Die Leitlinie der „Relevanz der Problematik“ wird dadurch berücksichtigt, dass keine identifizierte Fachliteratur für eine ganzheitliche Betrachtung der Materiallogistik mit den Wechselwirkungen

der Produktion vorliegt (Hevner et al., 2004, S. 84-85). Besonders der Einfluss der variierenden Produktionsaufträge auf die Ver- und Entsorgung der Produktion mit Chemikalien wurde bisher nicht untersucht. Eine wissenschaftliche Relevanz wird durch die Durchführung einer Literaturrecherche und durch Experteninterviews gewonnen. Aus dem Verfahren, das eine Planung der Ver- und Entsorgung der Produktion unterstützt, kann ein wissenschaftlicher Nutzen gezogen werden. Die dritte Leitlinie, „Evaluation des Artefakts“, gewährleistet, dass die Qualität des entwickelten Lösungsansatzes durch eine kontinuierliche Validierung garantiert ist (Hevner et al., 2004, S. 85-87). Dies wird in dieser Arbeit durch die Validierung der ermittelten Anforderungen durch Experteninterviews berücksichtigt und findet in mehreren Iterationen statt. Zusätzlich wird das entwickelte Artefakt, das Planungsverfahren, anhand eines realen Planungsbeispiels angewandt und dadurch verifiziert und validiert. Der „Forschungsbeitrag“, die vierte Leitlinie, orientiert sich an der Innovation der Lösung des betrachteten Problems (Hevner et al., 2004, S. 87). In dieser Arbeit stellt dies die Lösung des bisher ungelösten Problems der Planung der Ver- und Entsorgungsart sowie des Behälterbedarfs in der Chemieindustrie dar. Damit verbunden sind die Entwicklung und die Anwendung des Artefakts. Die fünfte Leitlinie, „verwendete Methoden“, stellt sicher, dass nur wissenschaftlich anerkannte Methoden Anwendung finden (Hevner et al., 2004, S. 87-88). Im Rahmen dieser Arbeit muss innerhalb dieser Leitlinie zwischen den Methoden zur Erfassung der Anforderungen an das Artefakt und den Lösungsmethoden des Planungsverfahrens differenziert werden. Für die Ermittlung der Anforderungen wird eine narrative Literaturanalyse nach Paré et al. (2015, S. 185-186) durchgeführt. Diese wird verwendet, da sie für die Durchführung entgegen systematischer Literaturanalysen keine strikten Vorgehensweisen vorgibt. Das ermöglicht eine erhöhte Flexibilität bei der Literaturanalyse und bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die komplexen Anforderungen der Chemieindustrie an ein Planungsverfahren verständlich darzustellen. Des Weiteren werden die daraus gewonnenen Informationen anhand von qualitativen Methoden validiert. Die Lösungsmethoden des Planungsverfahrens sind im Rahmen der zweiten Forschungsfrage anhand einer systematischen Literaturanalyse zu identifizieren. Aus diesem Grund wird die Leitlinie der „verwendeten Methoden“ infolge der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage um die Lösungsmethoden des Planungsverfahrens erweitert. Um den größtmöglichen Nutzen des Artefakts zu gewährleisten (sechste Leitlinie, „Design Process“), wird ein iteratives Vorgehen durchgeführt (Hevner et al., 2004, S. 88-90). Dieses stellt sicher, dass durch den wiederholten Ablauf der Prozessschritte (Ermittlung, Entwicklung und Evaluierung) innerhalb der Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen ein optimaler Nutzen des Artefakts ermöglicht wird. Anhand der letzten Leitlinie, „Publikation“, wird garantiert, dass die entwickelte Lösung für alle Interessenten nutzbar und verständlich ist (Hevner et al., 2004, S. 90). Zur Berücksichtigung der siebten Leitlinie wird diese Arbeit veröffentlicht, wobei bei der Erstellung berücksichtigt wird, dass die Beschreibung des Verfahrens bzw. Artefakts für alle Zielgruppen verständlich ist. Eine strukturierte Zusammenfassung der Anwendung der Leitlinien kann der Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1: Implementierung der DSR-Leitlinien am Forschungsgegenstand**

Leitlinien	Einordnung der Leitlinien für die Arbeit
Gestaltung des Artefakts	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Das Artefakt stellt ein Verfahren dar, das die Planung der Ver- und Entsorgung der Produktion von Spezialchemikalien unterstützt.</li> <li>▪ Hauptbestandteil des Verfahrens ist es zu evaluieren, inwieweit der Einsatz von Massengutlösungen bei stetig variierenden Produktionsaufträgen sinnvoll ist und wie sich die Wahl der Ver- und Entsorgungsart auf den Behälterbedarf auswirkt.</li> </ul>
Relevanz der Problematik	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Fachliteratur weist keine ganzheitliche Betrachtung der Logistik mit der Wechselwirkung der Produktion auf.</li> <li>▪ Der Einfluss einer variierenden Produktionsauftragsplanung auf die Ver- und Entsorgung der Produktion mit Rohstoffen wurde bisher nicht untersucht.</li> <li>▪ Wissenschaftliche Relevanz soll aus den in Literaturrecherchen und Interviews ermittelten Anforderungen an das Planungsverfahren hervorgehoben werden.</li> <li>▪ Wissenschaftlicher Nutzen kann aus dem Planungsverfahren gezogen werden, das die Planung der Ver- und Entsorgung der Produktion ermöglicht.</li> </ul>
Evaluation des Artefakts	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Validierung der ermittelten Anforderungen erfolgt durch qualitative Methoden wie beispielsweise Experteninterviews und findet in mehreren Iterationen statt, um eine Weiterentwicklung zu garantieren.</li> <li>▪ Das zu entwickelnde Artefakt wird anhand eines Fallbeispiels angewendet und dadurch verifiziert und validiert.</li> </ul>
Forschungsbeitrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Forschungsbeitrag orientiert sich an der Lösung eines bisher ungelösten Problems und der damit verbundenen Entwicklung und Anwendung des Artefakts zur Evaluierung verschiedener Lösungsansätze.</li> </ul>
Verwendete Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Wissensbasis für die Anforderungen wird durch eine narrative Literaturanalyse gebildet und durch qualitative Methoden validiert.</li> <li>▪ Die Auswahl der Lösungsmethoden für das Planungsverfahren erfolgt anhand einer systematischen Literaturanalyse.</li> </ul>
Designprozess	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Designprozess erfolgt nach dem iterativen Vorgehen, sodass das daraus resultierende Artefakt den größtmöglichen Nutzen aufweist.</li> </ul>
Publikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anhand der Veröffentlichung dieser Dissertation wird der Forschungsbeitrag allen Interessenten zugänglich gemacht.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Darüber hinaus wird der Entstehungsprozess fortlaufend von Experten überprüft und es werden Zwischenschritte in wissenschaftlichen Beiträgen veröffentlicht.</li><li>▪ Bei der Erstellung wird berücksichtigt, dass die Beschreibung des Verfahrens bzw. Artefakts für alle Zielgruppen verständlich ist.</li></ul>
--	---

Die Implementierung der DSR-Leitlinien zeigt, dass sich die DSR-Methodologie als Forschungsdesign eignet. So wird im Rahmen der Leitlinien ein Problem aufgezeigt, das nach einer expliziten Lösung strebt. In diesem Fall besteht das Problem darin, die Art der Ver- und Entsorgung der Produktion zu planen und zu analysieren, welchen Einfluss die getroffene Ver- und Entsorgungsart auf den Behälterbedarf hat. Durch den Einsatz verschiedener Forschungsmethoden, wie beispielsweise die quantitative Forschung für die Ermittlung der Anforderungen und die Darstellung der Relevanz im Rahmen einer Literaturanalyse sowie validierende Maßnahmen durch qualitative Methoden wie Experteninterviews, wird die Korrektheit des zu entwickelnden Artefakts sichergestellt. Der letzten Anforderung der DSR-Richtlinien, der Verfügbarkeit des Artefakts für die Anwendenden, wird durch die Veröffentlichungen von Papers und dieser Dissertation Rechnung getragen.

Der Aufbau der Arbeit erlangt durch den Three-Cycle-DSR-Ansatz nach Hevner (2007, S. 87) eine fundierte Struktur. Dieser Ansatz wird verwendet, da dadurch ein strukturiertes Vorgehen gewährleistet wird. Der daraus resultierende Aufbau der Arbeit führt ebenfalls dazu, dass eine strukturierte Form der Ergebnisse vorliegt, welche die Implementierung des Planungsverfahrens bei Interessenten erleichtert. Zusätzlich bietet der iterative Ablauf eine kontinuierliche Implementierung von Feedback und ermöglicht damit einen größeren Nutzen des Artefakts für die Wissenschaft.

In diesem Ansatz wird der gesamte DSR-Prozess in die drei Phasen (Cycles)

- Relevance,
- Rigor und
- Design

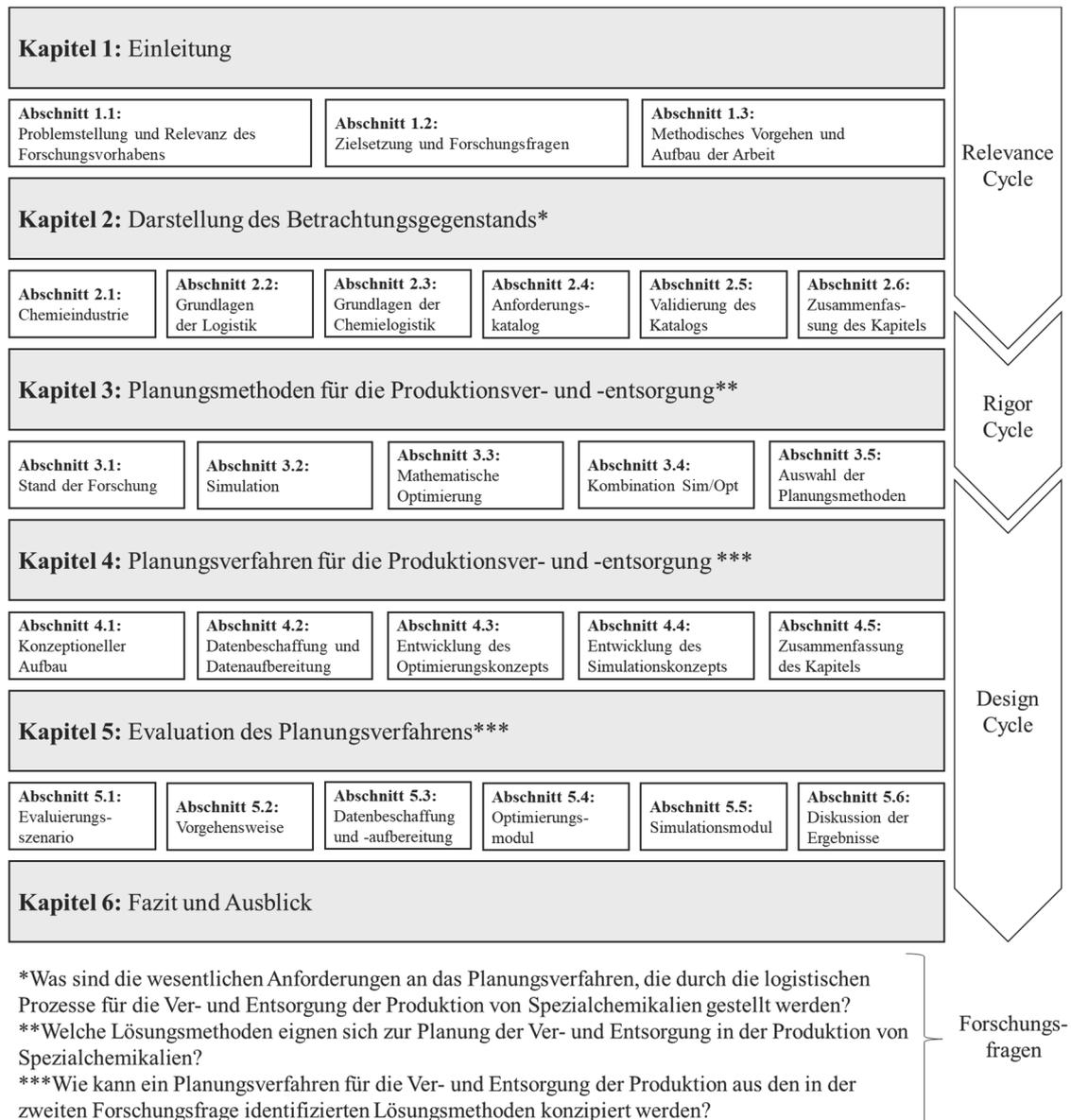
eingeteilt (Hevner, 2007, S. 87). In der ersten Phase, dem Relevance Cycle, wird die Relevanz der Problematik herausgestellt und es werden die notwendigen Anforderungen für die Gestaltung des Artefakts gesammelt (Hevner, 2007, S. 88-89). Anschließend erfolgt in dem Rigor Cycle auf Basis der erlangten Erkenntnisse die Darstellung der zu verwendenden wissenschaftlichen Methodik für die Erstellung des Artefakts (Hevner, 2007, S. 89-90). Die letzte Phase stellt den Mittelpunkt des Ansatzes dar und beinhaltet die Entwicklung und Validierung des Artefakts (Hevner, 2007, S. 90-91). Das Artefakt stellt demnach das Planungsverfahren dar.

Nachfolgend erfolgt die Vorstellung des strukturellen Aufbaus dieser Arbeit für die Entwicklung des Artefakts. Die Arbeit beginnt mit dem Relevance Cycle und der Einleitung inklusive der Vorstellung der Ausgangssituation. Anschließend erfolgt der Übergang in die Darstellung des Betrachtungsgegenstands, bei dem der aktuelle Forschungsstand herausgearbeitet wird. Dafür wird im ersten Schritt die Chemieindustrie vorgestellt und es wird auf deren spezifische logistische Anforderungen eingegangen. Mit der Identifikation der Grundlagen der

Chemielogistik, inklusive der Darstellung der logistischen Prozesskette in der Chemieindustrie, erfolgt die strukturierte Zusammenfassung aller gewonnenen Informationen in Form eines Anforderungskatalogs, der anschließend mithilfe von Experteninterviews validiert wird.

Nach der Sammlung der Anforderungen an das Planungsverfahren im Rahmen des Relevance Cycle (Kapitel 2) erfolgt im Rigor Cycle (Kapitel 3) die Identifikation wissenschaftlich anerkannter Methoden für die Planung der durchzuführenden logistischen Prozesse. Dazu werden zunächst in der Logistik verwendete Methoden vorgestellt und es wird eine Literaturrecherche durchgeführt, die das Ziel verfolgt, den aktuellen Stand des Einsatzes der identifizierten Methoden im Bereich der Chemieindustrie zu ermitteln. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden die ausgewählten Methoden detailliert präsentiert. Zum Abschluss des Rigor Cycle wird die zweite Forschungsfrage final beantwortet, indem die Eignung der identifizierten Methoden für die Planung der logistischen Prozesse für die Ver- und Entsorgung der Produktion von Spezialchemikalien evaluiert wird.

Aufbauend auf den ermittelten Informationen wird in dem folgenden Design Cycle (Kapitel 4) ein Planungsverfahren für die Ver- und Entsorgung der Produktion konzipiert. Dafür wird zunächst der konzeptionelle Aufbau des Planungsverfahrens vorgestellt, das sich aus einzelnen Modulen der identifizierten Methoden zusammensetzt. Nach der Darstellung des konzeptionellen Aufbaus des Verfahrens werden die Module detailliert beschrieben. Um die Gültigkeit des entwickelten Verfahrens sicherzustellen, wird anschließend ein Anwendungsbeispiel in Kapitel 5 definiert. Darauf aufbauend wird ein Experimentierplan erstellt und es werden die einzelnen Module des Planungsverfahrens ausgeführt. Mit dem Abschluss der Untersuchung erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Berücksichtigung der Anforderungen aus dem in Kapitel 2 entwickelten Katalog. Nachfolgend wird ein Fazit gezogen und es wird ein Ausblick für zukünftige Forschungsthemen bzw. Verbesserungsmöglichkeiten gegeben. Eine schematische Darstellung des strukturellen Aufbaus der Arbeit kann der Abbildung 1-2 entnommen werden.



**Abbildung 1-2: Aufbau und Struktur der vorliegenden Arbeit**