

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

Die Ereignisse ab 2020 haben Supply Chains einem beispiellosen Stresstest unterzogen, dessen Ausmaß das der vorherigen zwei Jahrzehnte übertrifft. Ein prominentes Beispiel war die Blockade des Suezkanals durch das Containerschiff *Ever Given*, das weltweit für Aufsehen sorgte und das Thema „Supply Chain“ in aller Munde hielt. Das Containerschiff blockierte die für die Weltwirtschaft hochrelevante Handelsroute zwischen Asien und Europa sechs Tage lang (siehe Abbildung 1). Dabei entstanden täglich Kosten in Höhe von über 8 Milliarden Euro.¹

Vor diesen Ereignissen waren viele Supply Chains (SCs) darauf ausgerichtet, die Effizienz zu maximieren – Sicherheitsbestände wurden minimiert, Lieferanten gebündelt und die Lagerhaltung minimiert und dezentralisiert. Diese auf Effizienz getriebenen Modelle, die seit den 2000er Jahren erfolgreich eingesetzt wurden, stießen jedoch ab 2020 auf enorme Schwierigkeiten. Es zeigte sich ein kritischer Trade-off zwischen Effizienz und Resilienz – ein Aspekt, dessen Bedeutung angesichts von Ereignissen wie dem Auflaufen der *Ever Given* im Suezkanal, weltweiten politischen Lockdowns, Hafenschließungen und Chipknappheit unerlässlich wurde. Diese und weitere Ereignisse haben gezeigt, wie empfindlich SCs geworden sind.



Abbildung 1: Das Containerschiff „Ever Given“ hat mit der Blockade des Suezkanals globale Supply Chains unterbrochen²

¹ Vgl. Fan et al. (2022), S. 1

² Quelle: <https://www.nytimes.com/2021/03/26/business/suez-canal-blocked-ship.html> (zugegriffen: 29.02.2024)

Das Supply Chain Management (SCM) ist ein bereits sehr umfassend erforschtes Gebiet. Trotzdem haben SCs mit einer Reihe von allgemeinen Herausforderungen und Megatrends zu kämpfen: Globalisierung, steigende Kundenanforderungen, verkürzte Produktlebenszyklen und fortschreitende Informationstechnologie.³ Als Folge der Globalisierung erstrecken sich die SCs vieler Produkte über verschiedene Länder der Welt mit unterschiedlichen Währungen und Gesetzen. Von der Quelle bis zur Auslieferung an den Endverbraucher durchlaufen die Waren verschiedene Unternehmen in unterschiedlichen Ländern, wie Produktionsstätten, Lagerhäuser, Groß- oder Einzelhändler. Weiterhin sind immer mehr Unternehmen an einer SC beteiligt, was zu fragmentierten und komplexeren SCs führt. Somit müssen immer komplexere Systeme koordiniert werden. Das Management der gesamten SC gestaltet sich auch als problematisch, weil viele verschiedene inkompatible Informationssysteme verwendet werden.

SCM gewinnt weiter an Bedeutung, denn heutzutage konkurrieren nicht mehr nur einzelne Unternehmen miteinander, sondern ganze SCs. Ineffizienzen innerhalb von SCs führen zu hohen finanziellen Verlusten und wirken sich negativ auf die Umwelt aus.⁴ In traditionellen SCs verläuft der Informationsaustausch noch linear, wobei dieser hauptsächlich zwischen direkt verbundenen Unternehmen stattfindet. Hieraus ergibt sich u.a. eine Anfälligkeit für den sogenannten Bullwhip-Effekt nach Lee et al. (1997).⁵ Der Begriff Bullwhip-Effekt bezieht sich auf das Phänomen, dass Schwankungen in der Nachfrage des Endkunden entlang der SC tendenziell zunehmen.⁶ Im Vergleich erhöhen unternehmensübergreifende Informationsflüsse die Transparenz der SC und ermöglichen ein holistisches Management.

Die wissenschaftliche Literatur bietet verschiedene Lösungsansätze für die bestehenden Herausforderungen im SCM. Künstliche Intelligenz (KI) wird beispielsweise als leistungsfähiges Werkzeug zur Optimierung von Vorhersagegenauigkeit und Entscheidungsfindung genannt. Eine weitere häufig genannte Technologie ist die Blockchain. Der Blockchain-Technologie (BT) wird in der Literatur ein enormes Potenzial

³ Vgl. Arndt (2008), S. 8 ff.

⁴ Vgl. Al-Megren et al. (2018), S. 1421

⁵ Vgl. Lee et al. (1997)

⁶ Vgl. Beer (2014), S. 2

zugeschrieben: Ihre dezentrale Natur kann zu mehr Transparenz in der SC führen und ihre Unveränderlichkeit kann zur Verbesserung der Resilienz beitragen.⁷ Die BT zeichnet sich per definitionem durch eine hohe Transparenz und Sicherheit aus. Das macht die Technologie für das SCM sehr nützlich.⁸

Die Blockchain ist eine revolutionäre Erfindung, vergleichbar mit der Erfindung des Internets. Die BT hat es Bitcoin ermöglicht, eine Marktkapitalisierung von über 1.000.000.000.000 USD zu erreichen. Bitcoin ist die größte von vielen Kryptowährungen. Der Gesamtmarkt an Kryptowährungen hat sich im Jahr 2021 auf fast drei Billionen USD vervielfacht.⁹ Diese immense Wertschöpfung ist auf die Existenz der BT zurückzuführen. Bei der BT handelt es sich um eine neue, dezentral verteilte, transparente und damit manipulations- und ausfallsichere Datenstruktur.¹⁰

Entwickelt wurde die BT für Bitcoin. Im Jahr 2008 veröffentlichte eine Person oder Gruppe unter dem Pseudonym Satoshi Nakamoto das Grundkonzept der ersten Kryptowährung, Bitcoin.¹¹ Die bei Bitcoin verwendeten Konzepte und Technologien wie Public-Key-Kryptographie, Peer-to-Peer-Netzwerke, Proof-of-Work, Hashing und Merkle-Bäume wurden alle schon Jahre vor Bitcoin erfunden. Die Genialität von Nakamoto bestand darin, sie alle miteinander zu kombinieren. Ermöglicht wurde Bitcoin durch den von Satoshi Nakamoto entwickelten Algorithmus zur automatischen Anpassung der Mining-Schwierigkeit.¹² Die BT hat sich für Bitcoin bewährt, denn Bitcoin funktioniert ohne zentrale Instanz seit weit über zehn Jahren.

Die Thematik der BT im SCM erhielt bereits ab dem Jahr 2017 eine steigende Aufmerksamkeit. Dies ist auf den Preisanstieg von Bitcoin zurückzuführen. Der Preis von Bitcoin stieg im Jahr 2017 auf das Neunzehnfache, von unter 1.000 USD auf über 19.000 USD.¹³ Daraufhin haben Forscher versucht, das Konzept der BT auf andere

⁷ Vgl. Ceptureanu et al. (2021); Dutta et al. (2020); Kim/Shin (2019); Mahyuni et al. (2020)

⁸ Vgl. Tijan et al. (2019), S. 7

⁹ Vgl. www.coinmarketcap.com (zugegriffen: 29.02.2024)

¹⁰ Vgl. Hinckeldeyn (2019), S. 5

¹¹ Vgl. Nakamoto (2008)

¹² Vgl. Ammous (2021), S. 281

¹³ Vgl. www.coinmarketcap.com (zugegriffen: 29.02.2024)

Bereiche wie das SCM zu übertragen. Die Anzahl der Publikationen steigt zu der Thematik seit 2017 exponentiell an.¹⁴ Namhafte Unternehmen haben Blockchain-Projekte gestartet oder Prototypen der Blockchain entwickelt, entweder um diese selbst zu nutzen oder um BT anderen Unternehmen zu verkaufen. Darunter sind Unternehmen wie IBM, Microsoft, Samsung, Walmart, Maersk, VISA, Shell, Daimler und LVMH. Dabei sind spannende Prototypen und Fallstudien entstanden. Beispielsweise konnten Walmart und IBM mit einer Blockchain-Lösung die Herkunft von Produkten wie Mangos und Schweinefleisch innerhalb von kurzer Zeit bestimmen.¹⁵ Die TrustChain™¹⁶ von IBM kann bereits Diamanten identifizieren und authentifizieren.¹⁷ Die Plattform Everledger bietet einen einzigartigen digitalen Daumenabdruck für hochwertige und schwer zu ersetzende Güter wie Diamanten oder Wein an.¹⁸

Für den Einsatz der BT im SCM existieren grundsätzlich zwei Szenarien. Einerseits die Funktionalität der BT als sichere, transparente, verteilte Datenbank und andererseits die Anwendung von Smart Contracts. Die These ist, dass mittels mehr vertrauenswürdiger Daten die Prozesse innerhalb der SC optimiert werden können. Die SC könnte Wettbewerbsvorteile durch geringere Kosten realisieren. Der Kunde erhielte somit ein Produkt mit einem besseren Preis-Leistungs-Verhältnis. Blockchain-basierte Informationen könnten auch den Endkunden direkt zur Verfügung gestellt werden. Möglicherweise werden die sicheren, vertrauenswürdigen Informationen einen positiven Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft der Endkunden haben. In diesem Fall könnte die SC Wettbewerbsvorteile durch eine gesteigerte Zahlungsbereitschaft der Kunden generieren.

Große Teile der aktuellen Literatur sprechen der BT im SCM ein hohes Potenzial zu. Kopyto et al. (2020) geben an, dass die BT bis zum Jahr 2035 im SCM stark eingesetzt

¹⁴ Dies ist durch eine Suche von ("Blockchain" AND "Supply Chain") (All Fields) bei Web of Science ersichtlich. Die Anzahl der Publikationen ist von 27 im Jahr 2017 auf über 695 im Jahr 2021 gestiegen.

¹⁵ Vgl. Hinckeldeyn (2019), S. 32

¹⁶ Vgl. www.trustchainjewelry.com (zugegriffen: 29.02.2024)

¹⁷ Vgl. Azzi et al. (2019), S. 587

¹⁸ Vgl. Chung et al. (2018), S. 9

werden wird.¹⁹ Die Transparenz der SC zu erhöhen, ist eine der wichtigsten, aber auch am schwierigsten zu erreichenden Herausforderungen in der Logistik.²⁰ Gleichzeitig ist Transparenz eine inhärente Eigenschaft der BT. Eine Herausforderung für deutsche Unternehmen ist das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz 2021 (LkSG), es zwingt die Unternehmen, die SC transparenter zu gestalten.²¹ Die Blockchain kann die Sicherheit erhöhen und gleichzeitig die Privatsphäre der sensiblen Unternehmensdaten schützen.²² Das größte Potenzial der Blockchain im SCM liegt im Vereinfachen der auf Papier basierenden Bürokratie, gefälschte Produkte zu identifizieren, die Rückverfolgung der Herkunft zu erleichtern und das Internet der Dinge einzusetzen.²³ Neben diesen Vorteilen soll die Blockchain die Effizienz und Informationssicherheit der SC verbessern können.²⁴

Ein großes Problem im Zusammenhang mit der Thematik ist, dass immer noch kaum sich selbst wirtschaftlich tragende Anwendungen existieren. Laut Browne (2017) waren im Durchschnitt nur 8 % der gestarteten Blockchain-Projekte nach einem Jahr noch aktiv.²⁵ Deshalb haben bis auf wenige Ausnahmen die meisten Paper andere Literatur als Datenbasis. Bis heute herrscht ein Mangel an empirischer Forschung, an Studien, Umfragen und Interviews, sowie an Beweisen der Aussagen der Literatur. Obwohl die BT als Lösung immer wieder genannt wird, ist sie nur in wenigen Fällen über den Prototypenstatus hinaus erfolgreich implementiert worden. Viele Paper finden durch das Analysieren von weiteren Papern heraus, dass die Blockchain u.a. Vorteile wie Transparenz, Disintermediation und Sicherheit hat. Es ist zu prüfen, ob sich die Vorteile der BT von Bitcoin auf das SCM übertragen lassen. Ein weiteres Problem in der Literatur ist, dass viele unterschiedliche Blockchain-Arten existieren. Die in der Literatur oft genannten Vorteile der BT werden allgemein formuliert, obwohl sie sich meist nur auf eine bestimmte Blockchain-Art beziehen.

¹⁹ Vgl. Kopyto et al. (2020)

²⁰ Vgl. Tijan et al. (2019), S. 7

²¹ Vgl. <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz> (zugegriffen: 29.02.2024)

²² Vgl. Tijan et al. (2019), S. 5

²³ Vgl. Hackius/Petersen (2017), S. 6 f.

²⁴ Vgl. Moosavi et al. (2021), S. 12

²⁵ Vgl. Browne (2017)

Zum Begriff der BT lassen sich verschiedene, teils widersprüchliche Definitionen finden. Laut einer umfassenden Studie aus dem Jahr 2018 der Universität von Cambridge ist der Begriff Blockchain zu einem bedeutungslosen Buzzword verkommen, denn viele Unternehmen werben damit, ohne die eigentliche Technologie zu nutzen.²⁶ Da das Potenzial der Technologie für das SCM maßgeblich von der Definition abhängt, wurde folgende Definition unter Berücksichtigung verschiedener Definitionen verwendet: „Blockchain-Technologie bezeichnet eine dezentral verteilte, transparente und damit manipulations- und ausfallsichere Datenstruktur. Trotz unbekannter Zuverlässigkeit der Teilnehmer und ohne zentrale Steuerungsautorität wird eine Konsensbildung ermöglicht. Informationen werden in Form von Transaktionen in mit Hashwerten unzertrennlich verketteten Blöcken gespeichert.“²⁷

Für den Themenkomplex um das SCM wurde das Supply-Chain-Operations-Reference-Modell (SCOR-Modell) als wichtigstes Modell für diese Arbeit ausgewählt. Das Modell wurde von dem Supply Chain Council entwickelt, einem gemeinnützigen Konsortium.²⁸ Im SCOR-Modell werden die Prozesse innerhalb von SCs standardisiert, was die Zusammenarbeit und das Verständnis zwischen Unternehmen vereinfacht. Das Modell wurde kontinuierlich erweitert und enthält neben den Kernprozessen auch die dazugehörigen Managementprozesse. Weiterhin enthält das Modell Kennzahlen, um die Leistung der jeweiligen Prozesse vergleichbar messen zu können. Zu den Basisprozessen gehören neben dem übergeordneten Planungsprozess, die Beschaffung, Herstellung, Lieferung und die Rückgabe.²⁹

Relevant ist die Frage, welchen konkreten Mehrwert Blockchain-basierte Informations- und Geldflüsse den Teilnehmern globaler SCs bieten können. Dieses Wissen ist offensichtlich nützlich. Deshalb ist es das Ziel dieser Arbeit einerseits das Wertangebot der Technologie-Seite und andererseits die Bedürfnisse der SC-Seite zu analysieren. Weiterhin sollen Aussagen über die Schnittmenge der von Angebot und Bedürfnissen

²⁶ Vgl. Rauchs et al. (2018), S. 92

²⁷ Angelehnt an: Hinckeldeyn (2019), S. 5; Rauchs et al. (2018), S. 24

²⁸ Vgl. Harmon (2019)

²⁹ Vgl. Bolstorff et al. (2007), S. 20

getroffen werden, was insgesamt der Einschätzung des Potenzials der BT für das SCM dient.

Weder der konkrete Mehrwert der BT noch die Bedürfnisse der Teilnehmer einer SC sind ausreichend untersucht. Das ist eine Voraussetzung, um Schlüsse auf zukünftige Einsatzmöglichkeiten der BT im SCM ziehen zu können. Da bisher kaum reale Anwendungen der BT im SCM existieren, kann auf wenig Erfahrung zurückgegriffen werden. Somit ist das Potenzial für zukünftige Blockchain-Anwendungen im SCM nur schwer abschätzbar.³⁰ Mehrere große Unternehmen haben an Blockchain-Lösungen geforscht und möchten diese interessierten Unternehmen anbieten. Dabei sind die Pläne der Anbieter, geplante Anwendungen und Funktionalitäten für die Kunden noch nicht gänzlich ersichtlich. Dementsprechend können das Wertangebot und die Bedürfnisse nicht miteinander abgeglichen werden. Diese Problematik soll in dieser Arbeit näher untersucht werden.

Bisher gibt es keine ausreichenden Erkenntnisse dazu, wie sich die besonderen Eigenschaften der BT auf die Bereitschaft der Unternehmen auswirken, ihre Daten mit anderen SC-Teilnehmern zu teilen. Daher kann noch nicht abgeleitet werden, für welche SC-Bereiche die Blockchain eine geeignete Datenbank darstellt und insbesondere in welchen Bereichen das Blockchain-Potenzial am höchsten ist. Es fehlt eine ganzheitliche Analyse der Trends und Herausforderungen im SCM im Hinblick auf das Potenzial der BT, diese Trends und Herausforderungen zu unterstützen. Es besteht eine Forschungslücke hinsichtlich eines methodischen Matchingprozesses zwischen den Anforderungen von SCs und dem Wertangebot der BT.

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage mit welchen Mitteln und Methoden diese Probleme gelöst werden können.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Der Mehrwert der BT für das SCM wurde noch nicht empirisch bzw. quantitativ untersucht. Auch existiert keine methodische Betrachtung der Blockchain-Eigenschaften in Bezug auf die Anforderungen von SCs. Diese Forschungslücken sollen mit dieser Dissertation geschlossen werden. Ziel dieser Dissertation ist es, Erkenntnisse über die

³⁰ Vgl. Lim et al. (2021), S. 1

Möglichkeiten und Grenzen der BT für das SCM zu gewinnen. Die daraus abgeleitete Leitfrage lautet: „Welches Potenzial bietet die Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management?“.

Forschungsfrage:

Da der Finanzfluss nicht im Fokus der Arbeit stehen soll und der Materialfluss nicht digitalisiert werden kann, lautet die angepasste Forschungsfrage der Dissertation: „Welches Potenzial und welchen Wert haben Blockchain-basierte Informationsflüsse für das SCM?“. Zur Beantwortung dieser Frage wurden Detailfragen formuliert, welche in Unterkapitel „3.3.2 Forschungsfragen im Modell“ (S. 133) aufgelistet werden.

Zielformulierung:

Das Ziel dieser Analyse/Dissertation ist die Gewinnung von Erkenntnissen über die Möglichkeiten und Grenzen von der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management. Der Analysefokus dieser Arbeit ist eine Potenzialanalyse. Diese soll durch ein Matching zwischen der Angebotsseite (Technologieseite: die Blockchain-Seite) und der Nachfrageseite (der Supply-Chain-Seite) erfolgen. Als Ergebnis des Matchingprozesses soll eine Anwendungskonzeption von BT im SCM erfolgen.

1.3 Methodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit

Der zweite Teil der Arbeit stellt die theoretischen Grundlagen zum Verständnis der einzelnen Themenkomplexe (BT, SCM) vor. Nach einer Definition der grundlegenden Begriffe werden die wichtigsten Modelle vorgestellt. Im Themenkomplex der BT wird auf zugrundeliegende Technologien, die Funktionsweise der BT und sich daraus ableitende Funktionalitäten und Eigenschaften eingegangen.

Im Themenkomplex „SCM“ wird nach einer Definition auf Megatrends, Trends und aktuelle Herausforderungen eingegangen. Grundlage bildet die Analyse der SC-Seite durch eine Literaturanalyse. Dabei wurde eine Forschungslücke zu aktuellen Trends und Herausforderungen im SCM identifiziert. Die Zusammenfassung der aktuellen Trends und Herausforderungen wurde mittels strukturierter Experteninterviews validiert und als Report veröffentlicht.

Die erste gemeinsame Betrachtung der Themen BT und SCM erfolgt im dritten Teil der Arbeit. Es wird zunächst die aktuelle Literatur zu Potenzialen der BT im SCM mit

Hilfe einer strukturierten Literaturanalyse untersucht. In Teil 4 wird ein zur Bestimmung des Blockchain-Potenzials entwickelter Entscheidungsbaum vorgestellt und auf alle in Teil 2 identifizierten Trends und Herausforderungen angewendet. Die verbleibenden Trends und Herausforderungen mit Blockchain-Potenzial werden anschließend mithilfe der AHP-Methodik hinsichtlich ihres Potenzials priorisiert.

Im fünften Teil der vorliegenden Arbeit werden zwei Einsatzszenarien für die BT im SCM konzipiert. Das erste Konzept ist dabei allgemeiner und zeigt Möglichkeiten eines Blockchain-basierten Managements von SCs auf. Im Rahmen dieses Konzepts wird ein Vorschlag unterbreitet, wie Smart Contracts an das SCM angepasst werden können. Das zweite Konzept stellt eine an das SCM angepasste hybride Blockchain zur unternehmensübergreifenden Rückverfolgung vor. Dieses Konzept wurde weiter vertieft und durch Programmierung auf seine technische Machbarkeit überprüft.

Zusammenfassend werden folgende Methoden für die Dissertation verwendet:

- Literaturanalyse zu Trends und Herausforderungen im SCM,
- Validierung der Literaturanalyse durch Interviews mit SC-Managern,
- Literaturanalyse zum Potenzial der BT im SCM,
- Entscheidungsbaum zur Identifikation von Blockchain-Potenzialen,
- AHP-Methode zur Priorisierung und
- Validierung des Konzepts durch Programmierung.

Abbildung 2 zeigt das forschungsmethodologische Vorgehen der Arbeit. Es werden die sechs Ziele der Arbeit genannt und die jeweilige Methode zur Zielerreichung angegeben.

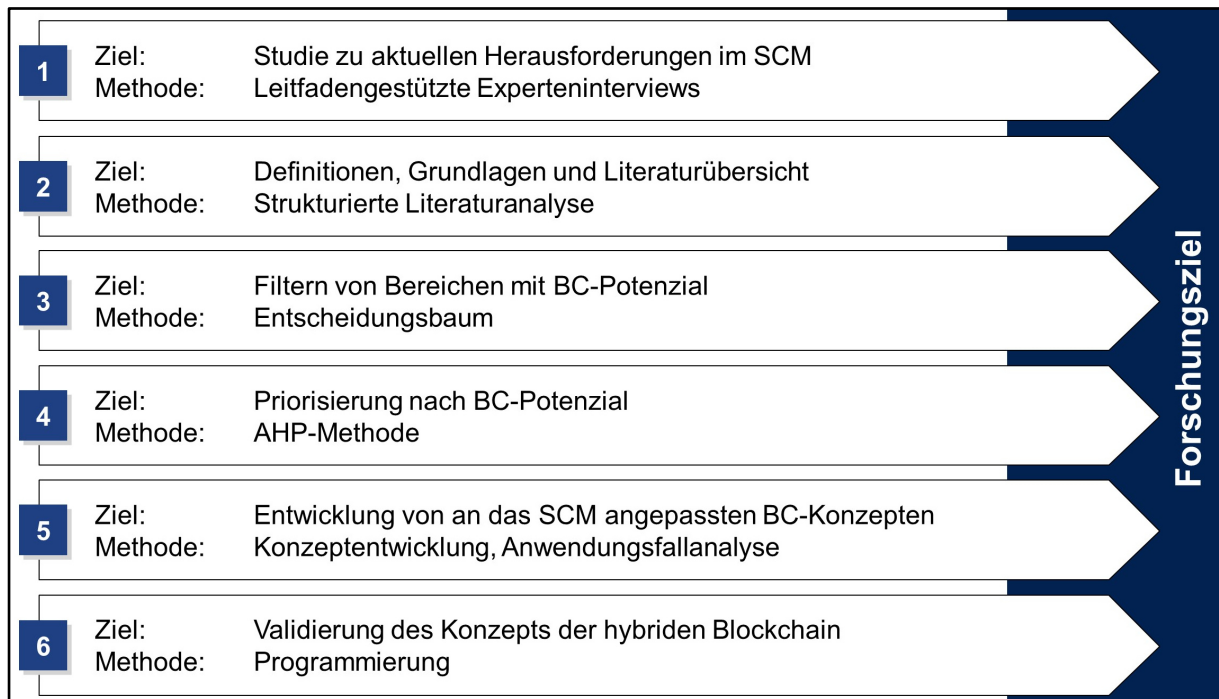


Abbildung 2: Forschungsmethodologisches Vorgehen der Dissertation³¹

Der Aufbau der Arbeit leitet sich aus der Methodik zur Erreichung des Forschungsziels ab und gliedert sich in sechs Teile mit jeweils mehreren Kapiteln, Unterkapiteln und Abschnitten. Die zuvor aufgeführten Teile der Arbeit werden von einer Schlussbetrachtung eingerahmt. In der Einleitung wird das Forschungsthema dargelegt und die Motivation und Zielsetzung der vorliegenden Untersuchung erläutert. Im sechsten und letzten Teil wird die Arbeit zusammengefasst. Das Forschungsziel und die Forschungsfragen werden erneut aufgegriffen und beantwortet. Die Arbeit schließt mit einer Betrachtung von Implikationen, Handlungsempfehlungen und weiterem Forschungsbedarf. Eine Übersicht der bearbeiteten Themen ist in Abbildung 3 dargestellt.

³¹ Quelle: Verfasser

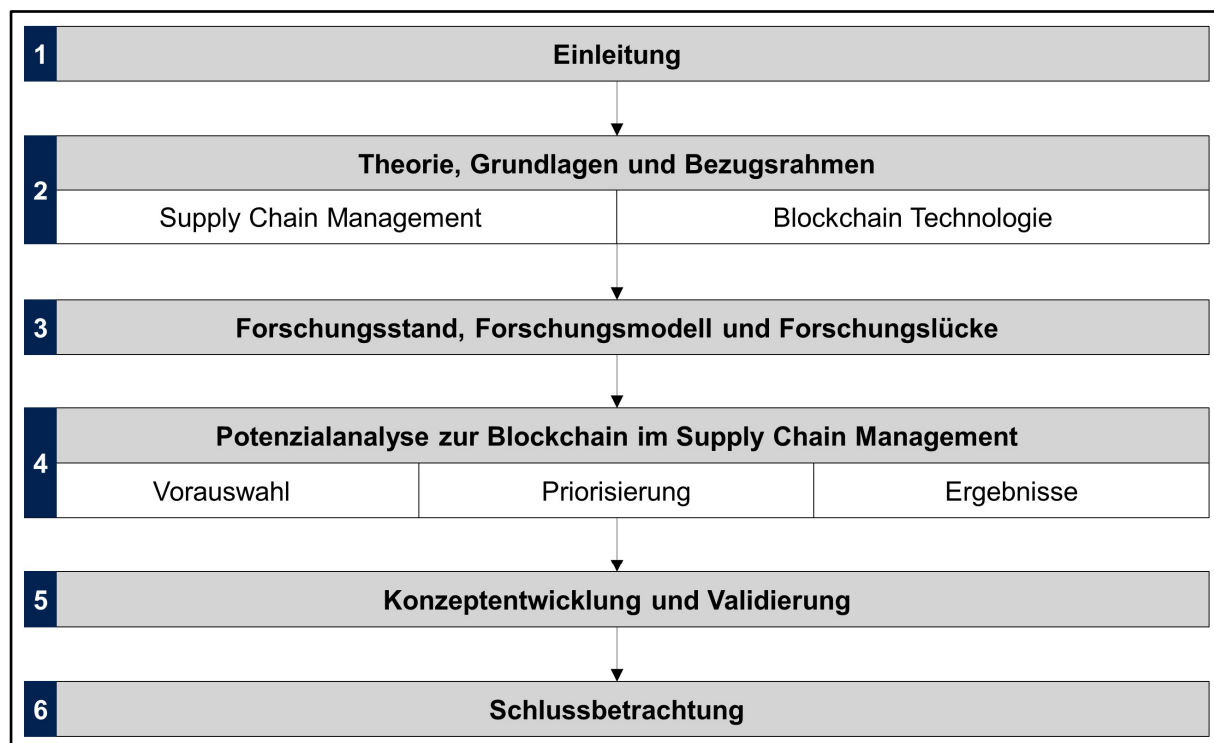


Abbildung 3: Aufbau der Dissertation³²

³² Quelle: Verfasser