DBA thesis

Eine Fallstudien-Untersuchung zu den Voraussetzungen und Bedingungen für den praktischen Nutzen von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management

Lustenberger, M.

—

Full bibliographic citation: Lustenberger, M. 2023. Eine Fallstudien-Untersuchung zu den Voraussetzungen und Bedingungen für den praktischen Nutzen von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management. DBA thesis Middlesex University / KMU Akademie & Management AG

Year: 2023

Publisher: Middlesex University Research Repository

Available online: https://repository.mdx.ac.uk/item/105079

—

Middlesex University Research Repository makes the University's research available electronically.

Copyright and moral rights to this work are retained by the author and/or other copyright owners unless otherwise stated. The work is supplied on the understanding that any use for commercial gain is strictly forbidden. A copy may be downloaded for personal, non-commercial, research or study without prior permission and without charge.

Works, including theses and research projects, may not be reproduced in any format or medium, or extensive quotations taken from them, or their content changed in any way, without first obtaining permission in writing from the copyright holder(s). They may not be sold or exploited commercially in any format or medium without the prior written permission of the copyright holder(s).

Full bibliographic details must be given when referring to, or quoting from full items including the author’s name, the title of the work, publication details where relevant (place, publisher, date), pagination, and for theses or dissertations the awarding institution, the degree type awarded, and the date of the award.

If you believe that any material held in the repository infringes copyright law, please contact the Repository Team at Middlesex University via the following email address: repository@mdx.ac.uk

The item will be removed from the repository while any claim is being investigated.

See also repository copyright: re-use policy: https://libguides.mdx.ac.uk/repository

DISSERTATION

Eine Fallstudien-Untersuchung zu den Voraussetzungen und Bedingungen für den praktischen Nutzen von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management

NAME:	Michael Lustenberger
MATRIKELNUMMER:	MUDR/0310
STUDIUM:	Doctor of Business Administration
ADVISOR/IN:	Dr. Norbert Obermayr
ANZAHL DER WÖRTER:	65’838
EINGEREICHT AM:	13.04.2023

In partnership with Middlesex University London

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die vorliegende, an diese Erklärung angefügte Dissertation selbstständig und ohne jede unerlaubte Hilfe angefertigt wurde, dass sie noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen hat und dass sie weder ganz noch im Auszug veröffentlicht worden ist. Die Stellen der Arbeit einschließlich Tabellen, Abbildungen etc., die anderen Werken und Quellen (auch Internetquellen) dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, **habe ich in jedem einzelnen Fall als Entlehnung mit exakter Quellenangabe kenntlich gemacht.** Hiermit erkläre ich, dass die übermittelte Datei ident mit der geprüften Datei und dem daraus resultierenden und übermittelten Plagiatsbericht ist und die Angabe der Wortanzahl diesem entspricht. **Mir ist bewusst, dass Plagiate gegen grundlegende Regeln des wissenschaftlichen Arbeitens verstoßen und nicht toleriert werden. Es ist mir bekannt, dass der Plagiatsbericht allein keine Garantie für die Eigenständigkeit der Arbeit darstellt und dass bei Vorliegen eines Plagiats Sanktionen verhängt werden**. Diese können neben einer Bearbeitungsgebühr je nach Schwere zur Exmatrikulation und zu Geldbußen durch die Middlesex University führen. Die Middlesex University führt das Plagiatsverfahren und entscheidet über die Sanktionen. **Dabei ist es unerheblich, ob ein Plagiat absichtlich oder unabsichtlich, wie beispielsweise durch mangelhaftes Zitieren, entstanden ist, es fällt in jedem Fall unter den Tatbestand der Täuschung**.

Winterthur am 13.04.2023

……

(Ort, Datum) Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

I EINLEITUNGSTEIL 1

1 Ausgangslage 1

1.1 Digitale Transformation 1

1.2 Blockchain Technology 2

1.3 Blockchain-Technologie im Supply Chain Management 3

2 Problemstellung 5

2.1 Das Potenzial der Blockchain-Technologie 5

2.2 Nutzen und Implementierung von Blockchain-Anwendungen 6

2.3 Blockchain-Technologie im Supply Chain Management 8

3 Erkenntnisinteresse und Relevanz der Arbeit 9

3.1 Themenfelder 9

3.2 Forschungsrelevanz 11

3.3 Praxisrelevanz 12

4 Zielstellung der Dissertation 13

4.1 Haupt- und Teilzielstellungen 13

4.1.1 Hauptzielstellung 13

4.1.2 Theoriegeleitete Zielstellungen 13

4.1.3 Empiriegeleitete Zielstellungen 14

4.1.4 Gestaltungsgeleitete Zielstellungen 15

4.2 Erwartete neue Ergebnisse/Erkenntnisse 15

4.2.1 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse der Dissertation insgesamt 15

4.2.2 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des theoretischen Teils 16

4.2.3 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des empirischen Teils 16

4.2.4 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des Gestaltungsteils 17

4.3 Inhaltliche Abgrenzung 17

5 Aufbau der Dissertation 19

II THEORETISCHER TEIL 22

1 Stand der Forschung 22

1.1 Kategorie 1: Literaturstudien 23

1.2 Kategorie 2: Theoretische Überlegungen 26

1.3 Kategorie 3: Technische Lösungen 28

1.4 Kategorie 4: Blockchain-Anwendungsprojekte 30

1.5 Kategorie 5: Befragungen 32

1.6 Forschungslücke 33

1.7 Theoriegeleitete Fragestellungen 37
2 Theoretische Ausführungen 38
2.1 Supply Chain Management 39
2.1.1 Definition 'Supply Chain Management' 39
2.1.2 Theorie der Supply Chain Integration 41
2.1.3 Rolle des Informationsaustausches in der Supply Chain 42
2.1.4 Rolle der Informationstechnologie in der Supply Chain 44
2.1.5 Rolle des Vertrauens in Supply Chains 46
2.2 Blockchain 49
2.2.1 Hintergründe der Technologie 49
2.2.2 Grundeigenschaften der Blockchain 51
2.2.3 Hauptunterschiede von Blockchains 53
2.2.4 Nutzenversprechen der Blockchains für Unternehmen 54
2.3 Blockchain im Supply Chain Management 58
2.3.1 Konzeptionelles Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen 58
2.3.2 Konzeptionelles Modell von Blockchain-Anwendungen 61
3 Konklusion Theoretischer Teil 68
3.1 Konklusion und Beantwortung der theoriegeleiteten Fragestellung 68
3.1.1 Antwort 1: Vertrauen als Basis der Supply Chain Integration 68
3.1.2 Antwort 2: Blockchains als dezentrale und verteilte digitale Plattformen 70
3.1.3 Antwort 3: Dezentrale Vertrauensbildung als Basis des Mehrwerts 72
3.1.4 Antwort 4: Blockchain-Anwendung – Protokolle, Netzwerk und Applikation im Kontext 73
3.2 Empiriegeleitete Fragestellungen 75
III EMPIRISCHER TEIL 78
1 Forschungsdesign 78
1.1 Untersuchung 78
1.1.1 Wissenschaftstheoretisches Forschungsparadigma 78
1.1.2 Fallstudie als Forschungsmethodologie 80
1.1.3 Fünfstufiger Fallstudienprozess 82
1.2 Methodisches Vorgehen und Methodenauswahl 83
1.2.1 Fallstudienmethodologie 83
1.2.2 Fallauswahl 85
1.2.3 Erhebungsmethode 88
1.2.4 Analyse- / Auswertungsmethode 94
1.3 Operationalisierung 100
1.4 Vorgehen und Ablauf 103
2 Ergebnisse 106
2.1 Auswertung der Ergebnisse 106

2.1.1 Fallstudie 1: Label Management ... 106
2.1.2 Fallstudie 2: Supply Chain Event Management ... 114
2.1.3 Fallstudie 3: Food Traceability & Operational Excellence ... 123
2.1.4 Fallstudie 4: Visibilität & Digitale Dokumentation ... 132
2.1.5 Fallstudie 5: Qualitätsmanagement ... 141
2.1.6 Fazit und Zwischenergebnis der Auswertung ... 150
2.2 Darlegung der Ergebnisse ... 152
2.2.1 Fallstudienspezifische Ergebnisse ... 153
2.2.2 Ergebnisse des fallstudienübergreifenden Quervergleichs ... 168
3 Diskussion, Interpretation und Konklusion ... 175
3.1 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse ... 175
3.1.1 Tendenz zu proprietären Blockchain-Anwendungen ... 176
3.1.2 Vertrauensbildung als dynamischer Prozess ... 179
3.1.3 Entwicklung von 'off-chain'-Governance-Modellen ... 182
3.1.4 Transparenz und ihre Teilaspekte ... 184
3.1.5 Netzwerke und Protokolle – eine Vertrauensfrage? ... 186
3.1.6 Vertrauen in die Daten und Informationen ... 189
3.2 Gütekriterien und methodische Abgrenzung ... 192
3.2.1 Darlegung der Gütekriterien der qualitativen Forschung ... 192
3.2.2 Kritische Betrachtung und methodische Abgrenzung ... 196
3.3 Konklusion und Beantwortung der empiriegeleiteten Fragestellungen ... 198
3.3.1 Teilantwort 1: Fokus auf Dezentralität und Transparenz ... 199
3.3.2 Teilantwort 2: Fokus auf öffentliche Daten und Netzwerke ... 201
3.3.3 Konklusion: Voraussetzungen sowie harte und weiche Bedingungen ... 203
3.4 Gestaltungsgeleitete Fragestellungen ... 205
IV GESTALTUNGSTEIL ... 207
1 Handlungsempfehlungen Forschung ... 207
1.1 Theoretische Implikationen ... 207
1.1.1 Komplexität des Netzwerk-Modells ... 207
1.1.2 Transparenz ist oft das Problem – nicht Vertrauen ... 208
1.1.3 Blockchain-Anwendung – den Kontext nicht vergessen ... 210
1.2 Forschungsempfehlungen ... 211
1.2.1 Dezentrale Applikationen ... 211
1.2.2 Dezentralität von Blockchain-Netzwerken ... 212
1.2.3 Dezentrale 'off-chain'-Governance ... 213
2 Handlungsempfehlungen Praxis ... 213
2.1 Prüfung eines Blockchain-Projekts ... 214
2.1.1 Voraussetzungsprüfung 1: Vertrauensproblem? ... 214

2.1.2 Voraussetzungsprüfung 2: Drittpartei? ... 215
2.1.3 Voraussetzungsprüfung 3: Transparenz? ... 216
2.1.4 Voraussetzungsprüfung 4: Kontrollabgabe? ... 216
2.2 Empfehlungen für Umsetzung ... 217
2.2.1 Umsetzungsbedingung 1: Vertrauenswürdige Daten ... 217
2.2.2 Umsetzungsbedingung 2: Öffentlichkeits-Charakter ... 218
2.2.3 Umsetzungsbedingung 3: Permissionless Blockchain ... 218
2.2.4 Umsetzungsbedingung 4: 'Managed Service' ... 219
2.2.5 Umsetzungsbedingung 5: Blockchain-agnostisch ... 219
2.2.6 Umsetzungsbedingung 6: Innovatives Leistungsangebot ... 220
2.2.7 Umsetzungsbedingung 7: Einzellösung vor Netzwerklösung ... 221
3 Zusammenfassung und Konklusion ... 222
3.1 Erkenntnisse des Gestaltungsteils ... 222
3.2 Beantwortung der gestaltungsgeleiteten Fragestellungen ... 225
3.2.1 Antwort 1: Komplexität, Transparenz und Kontext sprechen gegen Netzwerk ... 225
3.2.2 Antwort 2: Dezentralität als neues Forschungsfeld ... 226
3.2.3 Antwort 3: Prüfung des Kontextes einer Blockchain-Anwendung ... 228
3.2.4 Antwort 4: Umsetzung prüfen und planen ... 229
V SCHLUSSTEIL ... 230
1 Zusammenfassung und Fazit ... 230
2 Ergebnisse und Erkenntnisse ... 233
2.1 Wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse für die Forschung ... 233
2.2 Wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse für die Praxis ... 234
3 Ausblick ... 235
3.1 Praxisausblick ... 236
3.2 Forschungsausblick ... 237
4 Verzeichnisse ... 238
4.1 Literaturverzeichnis ... 238
4.2 Abbildungsverzeichnis ... 265
4.3 Tabellenverzeichnis ... 266
4.4 Abkürzungsverzeichnis ... 267
5 Danksagung und Publikationen ... 269
5.1 Danksagung ... 269
5.2 Aufzählung der bisherigen Publikationen ... 270

I EINLEITUNGSTEIL

1 Ausgangslage

1.1 Digitale Transformation

An der Hannover Messe 2011 wurde ein erstes Mal in der Öffentlichkeit der digitale Transformationsprozess angesprochen, der durch die Vernetzung aller Objekte und Menschen einen tiefgreifenden gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Strukturwandel bewirken und zur 'Vierten Industriellen Revolution' – kurz 'Industrie 4.0' – führen werde (Kagermann et al., 2011). Auch wenn diese Idee der totalen Vernetzung aller Objekte dank eingebetteten Systemen nicht grundsätzlich neu war (z.B. Weiser, 1991), zeigte sich bald, dass erst dank den technologischen Fortschritten der letzten Jahre in verschiedensten Bereichen (z.B. Internet der Dinge, künstliche Intelligenz, virtuelle Realität, generative Fertigungsverfahren, Robotik u.v.m.) effektiv eine umfassende digitale Transformation sämtlicher Lebensbereiche eingesetzt hat (Kagermann et al., 2013; Schwab, 2016, McAfee & Brynjolfsson, 2017). Diese Beschleunigung der Transformation kann dabei auf die drei generellen Erfahrungsregeln 'Nielsen's Law' (Verdoppelung der Netzwerkgeschwindigkeit etwa alle 21 Monate), 'Kryder's Law' (Verdoppelung der Speicherdichte von Festplatten ungefähr alle 18 Monate) und 'Moore's Law' (Verdoppelung der Rechenleistung bei Computern etwa all 18 bis 24 Monate) zurückgeführt werden, welche alle eine exponentielle Entwicklungskurve bei der Übermittlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten und Informationen voraussagen (Davidson et al., 2016).

Die digitale Transformation hat längst auch im Supply Chain Management Einzug gehalten und die entsprechenden Bemühungen werden im deutschsprachigen Raum generell unter den Begriffen 'Digital Supply Chain', 'Supply Chain 4.0' und 'Supply Chain Management 4.0' zusammengefasst (z.B. Schmidt et al., 2015; Alicke et al., 2017b; Cordon, 2017; Korpela et al., 2017; Stölzle et al., 2017; Zäch, 2017; Gupta et al., 2020). Die Grundidee bleibt dabei die gleiche wie bei der 'Industrie 4.0': Durch die Vernetzung von Maschinen, Werkstücken und Systemen versuchen die Unternehmen über die gesamte Wertschöpfungskette intelligente Netzwerke zu bilden, welche den Informations-, Material- und Geldfluss selbstständig planen und steuern können. Wie diese intelligente, autonome Supply Chain konkret aussieht und

welchen Einfluss die neuen digitalen Technologien in der Praxis auf das Supply Chain Management haben, ist allerdings zurzeit noch nicht geklärt und Gegenstand verschiedener Forschungsbemühungen (Büyüközkan & Göçer, 2018; Hofmann et al., 2018).

Aus einer theoretischen Perspektive kann aber angenommen werden, dass eine weitergehende Vernetzung der Supply Chain grundsätzlich einen positiven Effekt auf die Unternehmensleistung haben wird. Denn aus der Supply-Chain-Management-Forschung und -Praxis ist seit Längerem bekannt, dass Unternehmen zur Leistungssteigerung sich nicht nur isoliert betrachten dürfen, sondern ihre Material-, Informations- und Finanzflüsse aus einer holistischen Netzwerkperspektive über die ganze Supply Chain planen und steuern sollten (Forrester, 1958; Stevens, 1989; Cooper et al., 1997). Auch Untersuchungen zu den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien wie das Internet (Gunasekaran & Ngai, 2004), Cloud Computing (Bruque-Cámara et al., 2016) oder Big Data Analytics (Richey et al., 2016) zeigen deutlich, dass in der Regel mit einer gesteigerten Vernetzung der Supply-Chain-Akteure und dem vermehrten Austausch von Information und Wissen über die Unternehmensgrenzen hinaus bei allen Beteiligten höhere Unternehmensleistungen resultieren.

1.2 Blockchain Technology

Eine neue Technologie, welche eine weitergehende Vernetzung der Supply Chain bewirken könnte und der daher gerade auch im Supply Chain Management ein grosses Potenzial zugesprochen wird, ist die Blockchain (Casey & Wong, 2017; Hackius & Petersen, 2017; Hewett et al., 2019; Ivanov, 2019). Entwickelt wurde die Blockchain als Technologie im Rahmen von Bitcoin, einer vollständig virtuellen und digitalen Peer-to-Peer-Kryptowährung (Nakamoto, 2008). Satoshi Nakamoto entwarf dabei eine technische Lösung für das sogenannte ‘Double-Spending-Problem‘, die Möglichkeit einer mehrmaligen Verwendung eines rein digitalen Zahlungsmittels. Damit ist Bitcoin das erste elektronische Zahlungssystem, das auf krypto-ökonomischen Protokollen statt auf Vertrauen basiert und es zwei beliebigen Parteien ermöglicht, direkt miteinander zu handeln, ohne dass eine vertrauenswürdige Drittpartei als Vermittler (z.B. eine Bank) benötigt wird (Nakamoto, 2008).

Während die Kryptowährung Bitcoin als digitales Zahlungsmittel weltbekannt wurde, kam es in den vergangenen Jahren zu erheblichen Weiterentwicklungen der technologischen

Errungenschaften, die der Bitcoin zugrunde liegen – exemplarisch seien hier nur die Entwicklung von Ethereum (Wood, 2015), Hyperledger Fabric (Cachin, 2016), Corda (Brown et al., 2016) oder IOTA (Popov, 2017) erwähnt. All diese technologischen Entwicklungen werden generell – auch wenn technisch nicht immer ganz korrekt – unter dem Oberbegriff 'Blockchain' zusammengefasst (Drescher, 2017). Vor allem diese Weiterentwicklungen, welche ein gesichertes und autonomes Speichern und Abrufen von verteilten Daten und Programmen jeglicher Art erlauben, erregten das Interesse von Wissenschaft und Unternehmen. Denn eine Technologie, welche Intermediäre wie Banken, Dienstleistungsvermittler oder gar staatliche Ämter für die manipulations- und missbrauchsgeschützte Verwaltung und Verarbeitung von gemeinsamen (wertvollen) Informationen überflüssig macht, kann wohl zurecht als eine 'fundamentale Grundtechnologie' mit dem Potenzial, unsere Wirtschaft und Gesellschaft tiefgreifend zu verändern, beschrieben werden (Catalini & Gans, 2016; Tapscott & Tapscott, 2016; Iansiti & Lakhani, 2017; Davidson et al., 2018).

1.3 Blockchain-Technologie im Supply Chain Management

Inwiefern die Blockchain eine gesellschaftliche (R)Evolution darstellen könnte, wird allerdings nicht im Mittelpunkt dieser Dissertation stehen und nur am Rande besprochen werden. Der Fokus der Dissertation liegt auf der Rolle der Blockchain als neue Technologie im Supply Chain Management. Dabei zeigt ein Blick in die entsprechende (wissenschaftliche) Literatur sowie Gespräche mit Unternehmen an diversen Konferenzen in der Schweiz, dass der Nutzen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management vor allem auf einer theoretischen Ebene generell gut erklärt und verstanden werden kann (z.B. Casey & Wong, 2017; Korpela et al., 2017; Treiblmaier, 2018; Hald & Kinra, 2019). Basierend auf dem allgemeinen Grundversprechen der Blockchain-Technologie, Vertrauen innerhalb von sich ansonsten nicht vertrauenden Supply-Chain-Akteuren zu schaffen, wird dabei der theoretische Schluss gezogen, dass Supply Chains über die Disintermediation und den erhöhten und transparenteren Informationsaustausch wesentlich effizienter, agiler und robuster werden müssten – eine Versprechen, das gerade in Krisenzeiten wie der COVID-19-Pandemie mit ganz neuen Herausforderungen für globale Supply Chains von grossem Nutzen sein könnte (Hewett et al., 2020, S. 3).

Ob dieses Nutzenversprechen in der Praxis auch wirklich erzielt werden kann, ist aufgrund der fehlenden Erfahrung und Forschung aber keineswegs gesichert. Erste wissenschaftliche

Untersuchungen zu konkreten Blockchain-Projekten in Supply Chains zeigen zwar vielversprechende Resultate (Lacity & Khan, 2019; Roeck et al., 2020), allerdings sind viele der untersuchten Projekte noch im Entwicklungsstadium, und oft ist auch fraglich, ob es sich im technischen Sinn überhaupt um Blockchain-Anwendungen handelt oder die Bezeichnung 'Blockchain' nur als Katalysator für die digitale Transformation von Prozessen und Systemen benützt wird, ohne dass die Lösung selbst tatsächlich auf den Kerneigenschaften der Blockchain-Technologie basiert (Engelschall, 2019; Rauchs et al., 2019). Des Weiteren können Blockchains entweder permissionless[1] (genehmigungsfrei) sein – offene Systeme, bei denen jederzeit anonym mit den gleichen Rechten der bisherigen Teilnehmenden beigetreten werden kann – oder permissioned[2] – geschlossene Systeme, in der Regel in Unternehmensumgebungen, bei denen ein Konsortium über die Gewährung von Zugriffsrechten auf das System entscheidet (Tasca & Tessone, 2019).

Entsprechend besteht bei vielen (vor allem kleinen) Unternehmen und deren Führungskräften eine gewisse Ratlosigkeit, was sie von dieser Blockchain-Technologie genau erwarten können und wie sie mit dieser neuen Technologie umgehen sollen (z.B. Hackius & Petersen, 2017; Kshetri, 2018; Stamm, 2018). Insbesondere stellt sich dabei die Frage, welche Voraussetzungen und Bedingungen in der Praxis die Supply Chains und die daran beteiligten Unternehmen erfüllen müssen, damit diese neue Technologie überhaupt gewinnbringend eingesetzt werden kann. Eine vertiefte wissenschaftliche Auseinandersetzung wird entsprechend auch in renommierten akademischen Zeitschriften gefordert (Foerstl et al., 2017; Hofmann et al., 2018; Hughes et al., 2019; Treiblmaier, 2018; Wang et al., 2019a).

Genau dieser Wissens- und Erkenntnislücke zu den Voraussetzungen und Bedingungen, welche erfüllt sein müssen, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis einen effektiven Nutzen generieren kann, wird sich die Dissertation annehmen und dabei die folgende Hauptforschungsfrage beantworten: *Welche Voraussetzungen und*

[1] Permissionless = genehmigungsfrei, d.h. die Teilnahme am Netzwerk ist genehmigungsfrei und die Netzwerkteilnehmerzahl damit unbeschränkt (vgl. auch Kapitel 2.2.3).

[2] Permissioned = genehmigungspflichtig, d.h. die Teilnahme am Netzwerk ist genehmigungspflichtig und die Netzwerkteilnehmeranzahl damit beschränkt (vgl. auch Kapitel 2.2.3).

Bedingungen müssen in der Praxis erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Dazu werden in der Arbeit auf der Basis einer Literaturrecherche in einem ersten Teil die unterschiedlichen Nutzenversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management aufgearbeitet und in den weiteren theoretischen Kontext des Supply Chain Management gestellt. Hierbei geht es also vor allem um eine konzeptionelle Einordnung der Rolle der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management. Im empirischen Forschungsteil der Dissertation werden mit der Fallstudienmethode unterschiedliche Blockchain-Anwendungen analysiert und daraufhin evaluiert, ob und – falls ja – unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen diese theoretischen Nutzenversprechen der Blockchain-Technologie in der Praxis tatsächlich einen Mehrwert für die Supply-Chain-Akteure generieren können.

Um einen besseren Überblick über die Dissertation zu erhalten, wird in der folgenden Problemstellung dargelegt, welches Phänomen genau untersucht werden soll. Im darauffolgenden Kapitel soll geklärt werden, welche neuen Erkenntnisse in Bezug auf die Problemstellung erwartet werden können und warum diese Erkenntnisse von theoretischer und vor allem praktischer Relevanz sind. In einem vierten Kapitel werden die Zielsetzungen dieser Dissertation explizit dargelegt, bevor in einem letzten Kapitel der Aufbau der Dissertation beschrieben wird.

2 Problemstellung

2.1 Das Potenzial der Blockchain-Technologie

Unternehmensberater (Blechschmidt & Stöcker, 2016; Piscini et al., 2017; Carson et al., 2018; Gareniwalla et al., 2018; Dalton et al., 2020), bekannte Wissenschaftler (Catalini & Gans, 2016; Tapscott & Tapscott, 2016; Iansiti & Lakhani, 2017; Michelman, 2017) und einflussreiche Denkfabriken wie das World Economic Forum (WEF) (Hewett et al., 2019; Hewett et al., 2020) schreiben der Blockchain-Technologie ein ‘grosses disruptives Potenzial’ zu und raten allen Unternehmen, sich mit deren Auswirkungen aufs eigene Geschäftsumfeld

auseinanderzusetzen. In Bezug auf das Supply Chain Management wird dabei darauf hingewiesen, dass mittels der Blockchain-Technologie vor allem das oft zitierte Vertrauensproblem zwischen globalen, oft unbekannten und sich wechselnden Supply-Chain-Partnern überwunden werden könne (z.B. Casey & Vigna, 2018; Ganeriwalla et al., 2018). Darüber hinaus erhofft man sich, dank einer dezentralen und global verfügbaren Blockchain-Infrastruktur auch die Datensicherheit, die Interoperabilität und die Informationsverfügbarkeit jederzeit garantieren zu können, was wiederum die Automatisierung ganzer Supply-Chain-Prozesse ermöglichen sollte (Hofmann, 2018).

Wie eine Studie der IBM Schweiz (2018) zur Haltung der in der Schweiz ansässigen Unternehmen zur Blockchain-Technologie zeigt, beginnen sich tatsächlich vermehrt vor allem Grossunternehmen auch ausserhalb der Finanzbranche mit dem Thema Blockchain – mehr oder weniger intensiv – zu befassen. Zudem zeigte eine Blockchain-Benchmarking-Studie des Cambridge Center for Alternative Finance der University of Cambridge (Rauchs et al., 2019), dass der Hype um Blockchain in den letzten Jahren einer allmählichen Entwicklung einer Vielzahl an Blockchain-Anwendungen gewichen ist, die zunehmend auch in Produktionsumgebungen meist zu Testzwecken eingesetzt werden. Die primäre Zielsetzung dieser Blockchain-Anwendungen ist zurzeit noch klar die Effizienzsteigerung und Kostensenkung innerhalb von Unternehmensnetzwerken, doch ein effektiver Mehrwert wird generell erst erwartet, wenn durch die Bereitstellung neuer Blockchain-basierter Produkte und Dienstleistungen zusätzliche Einnahmen erzielt werden können (Rauchs et al., 2019). Im Fokus steht dabei die Idee, dass auf der Basis von Vertrauen, Datensicherheit, Interoperabilität und Informationsverfügbarkeit etliche der heutigen ineffizienten Prozesse automatisiert, die Kundenbeziehung verbessert und neue Produkte und Dienstleistungen angeboten werden können (Carson et al., 2018).

2.2 Nutzen und Implementierung von Blockchain-Anwendungen

Neben den oft zitierten grossen Potenzialen der Blockchain-Technologie zeigt sich allerdings in verschiedenen Studien auch deutlich, dass viele Unternehmen noch gewisse Fragezeichen in Bezug auf den konkreten praktischen Nutzen der Blockchain-Technologie haben (Hackius & Petersen, 2017; Carson et al., 2018; IBM Schweiz, 2018; Kshetri, 2018; Hughes et al., 2019). Denn bis auf Bitcoin und ähnliche Kryptowährungen sind zurzeit die meisten Blockchain-

Anwendungen zum unternehmensübergreifenden Informationsaustausch nicht über eine erste Test- und Experimentierphase hinausgekommen. Des Weiteren stellt sich auch oft die Frage, ob die vorgeschlagenen ‘Blockchain-basierten Anwendungen‘ überhaupt die Kerneigenschaft einer Blockchain besitzen oder es sich nur um ‘Blockchain-Memes‘ (Rauches et al., 2019, S. 18) handelt, welche auf eine der Blockchain-Technologie inhärente dezentrale Entscheidungs- und Konsensfindung bewusst verzichten (Furlonger & Uzureau, 2019). So stellen zum Beispiel Rauches et al. (2019, S. 18) in ihrer Untersuchung fest, dass nur gerade 3 Prozent der analysierten Netzwerke die Mindestkriterien einer Blockchain erfüllen, während nur rund ein Fünftel der Blockchain-Projekte als potenziell zukünftige Blockchain-Systeme betrachtet werden kann, sofern die Projekte die derzeitige zentrale Netzwerkkontrolle wie vorgegeben einmal beseitigen.

Diesen fehlenden praktischen Kenntnissen entsprechend ist man sich auch in der Wissenschaft und Forschung noch keineswegs einig, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie über die theoretischen Überlegungen hinaus auch tatsächlich vorhandene Gesellschafts- und Geschäftsprobleme effizient und nachhaltig lösen kann. Dies vor allem auch, weil einerseits die meisten wissenschaftlichen Forschungen eher theoretischer Natur sind (z.B. Tian, 2016; Weber et al., 2016; Wu et al., 2017; Gao et al., 2018; Omran et al., 2017; Henke et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019; Manupati et al., 2020) und anderseits die verschiedenen Berichte von Beratungsunternehmen aufgrund der fehlenden Praxiserfahrung stark allgemein und strategisch gehalten sind (z.B. Blechschmidt & Stöcker, 2016; Piscini et al., 2017; Carson et al., 2018; Ganeriwalla et al., 2018; Dalton et al., 2020). Dies ist insofern problematisch, als neuere Studien aufzeigen, dass einerseits viele Unternehmen Mühe haben, den Nutzen der Blockchain-Technologie zu identifizieren und diesen gegenüber den zu erwartenden Mehrkosten der Technologie zu rechtfertigen (z.B. Hughes et al., 2019; Lacity & Khan, 2019), und anderseits einige technologische, organisatorische und umweltbezogene Hindernisse bestehen, welche eine Implementierung in der Praxis erschweren (z.B. Hallwright & Carnaby, 2019; Kamilaris et al., 2019; Lyons, 2019; Wong et al., 2019; Kouhizadeh et al., 2020).

Das Phänomen, dass vor allem kleinere Unternehmen nicht richtig wissen und verstehen, welche Bedeutung und welchen Nutzen die neue Technologie ‘Blockchain’ für sie hat und unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen diese überhaupt einen Mehrwert für sie

generieren könnte (z.B. Clohessy & Action, 2019), kann dabei gerade für Wirtschaftsräume wie die Schweiz, die mehrheitlich auf der Unternehmensleistung von kleineren Unternehmen basieren[3], problematische Auswirkungen haben. Denn es besteht auch bei der Blockchain-Technologie die Möglichkeit, dass einige wenige grosse Plattform-Konsortien wie z.B. die in der B3i Services AG vereinten grössten (Rück-)Versicherer die weltweite Wertschöpfung in den einzelnen Industrien am Ende über die Blockchain-Technologie monopolisieren könnten. Insofern kann diese Dissertation einen Mehrwert insbesondere für kleinere Unternehmen leisten, indem sie diesen wissenschaftlich fundiert aufzeigen kann, wie, warum und wo die Blockchain-Technologie mit welchem praktischen Nutzen und unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen in der Supply Chain eingesetzt werden kann.

2.3 Blockchain-Technologie im Supply Chain Management

In Bezug auf Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, inwiefern diese 'Blockchain-basierten Netzwerke' Vorteile für die angestrebte Transparenz sowie die Zusammenarbeit und Integration der beteiligten Unternehmen bringt und darüber hinaus einen nachhaltigen Mehrwert für alle Supply-Chain-Akteure generieren kann. Denn wie Schmidt und Wagner (2019) ausführen, sind diese Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management erst einmal eine These, basierend auf theoretischen Überlegungen und Vermutungen zu einem neuen Phänomen, welches zwingend vertieft beobachtet und untersucht werden muss, damit es besser verstanden werden kann. Denn gerade mit Blick auf das Supply Chain Management kommt auch immer wieder die Kritik auf, dass der theoretisch vermutete vertrauensbildende Nutzen der Blockchain-Technologie in der Realität aufgrund der problematischen Übertragung von physischen Gütern in die digitale Welt gar nicht erreicht werden kann (Apte & Petrovsky, 2016; Locher et al., 2018; Wüst & Gervais, 2018) bzw. die klassischen 'Supply Chain Control Towers' (Trzuskawska-Grzesińska, 2017), basierend auf zentralen Technologielösungen, die dringendsten Probleme in der Supply Chain besser und effizienter als dezentrale Systeme lösen können (Alicke et al., 2017a; Engelschall et al., 2019).

[3] Gem. dem Schweizer Bundesamt für Statistik sind über 99% aller Unternehmen in der Schweiz marktwirtschaftliche Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten (sog. KMU – Kleine und Mittlere Unternehmen): https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industrie-dienstleistungen/unternehmen-beschaeftigte/wirtschaftsstruktur-unternehmen/kmu.html, abgefragt am 30.7.2020.

Aus der Forschung zur Diffusion und Adoption von neuen (Informations-)Technologien ist dabei unlängst bekannt, dass gerade der wahrgenommene Nutzen, die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (z.B. Komplexität, Kompatibilität) sowie der relative Vorteil einer neuen technischen Innovation gegenüber anderen Lösungen entscheidend sind für eine breite Akzeptanz und grossflächige Anwendungen einer neuen Technologie (Davis, 1989; Rogers, 2003; Venkatesh et al., 2003). Insofern besteht aus Sicht der Unternehmen und der Wissenschaft zum neuen Phänomen ‘Blockchain-Technologie im Supply Chain Management‘ eine Wissenslücke hinsichtlich der Vorrausetzungen und Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit diese neue Technologie in der Praxis einen Mehrwert generieren kann. Dieser Wissenslücke möchte sich diese Dissertation annehmen. Denn nur wenn Unternehmen die Voraussetzungen und Bedingungen kennen, unter welchen die Blockchain-Technologie in einer konkreten Anwendung in ihrem Supply-Chain-Kontext Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann, werden sie diese Technologie auch positiv wahrnehmen und entsprechende Adoptionsprojekte in der Praxis mit Erfolg umsetzten können.

3 Erkenntnisinteresse und Relevanz der Arbeit

3.1 Themenfelder

Diese Dissertation befasst sich mit den übergeordneten Themenfeldern ‘Blockchain-Anwendungen‘ und ‘Supply Chain Management‘. Unter ‘Blockchain-Anwendungen‘ wird dabei die Anwendung der ‘Blockchain-Technologie‘ in der Praxis verstanden. Die Entwicklung und die Einführung solcher Blockchain-Anwendungen erfolgen in der Praxis über Projekte, welche in der Dissertation entsprechend als ‘Blockchain-Projekte' bezeichnet werden. Die Begriffe ‘Blockchain‘ und ‘Blockchain-Technologie‘ werden in der Literatur und Praxis sehr unterschiedlich definiert und bedürfen weiter unten noch einer genaueren Beschreibung und Erklärung. Für ein erstes Verständnis soll an dieser Stelle ‘Blockchain‘ vereinfacht als ein auf der Blockchain-Technologie basiertes System (auch ‘Blockchain-System‘ bzw. ‘Blockchain-basiertes System‘) bezeichnet werden, das von mehreren sich misstrauenden Parteien betrieben wird und selbst in einem kontradiktorischen Umfeld den Teilnehmenden erlaubt, zu einem Konsens über den Inhalt und Status der gemeinsam erzeugten und verteilten Daten

zu kommen, ohne sich auf eine zentrale vertrauenswürdige Partei verlassen zu müssen (vgl. z.B. Van Valkenburgh, 2016; Treiblmaier, 2018; Rauchs et al., 2019; Strehle, 2020).

Unter ‘Blockchain-Anwendung‘ kann somit die Anwendung solcher ‘Blockchain-Systeme‘ in der Praxis verstanden werden. Bei der Dissertation geht es insbesondere darum herauszufinden, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen eine ‘Blockchain-Anwendung‘ in der Praxis einen Mehrwert für das Supply Chain Management erzeugen kann. ‘Supply Chains‘ können dabei als ein Netzwerk von gegenseitig abhängigen und kooperierenden Organisationen verstanden werden, wobei sich das ‘Supply Chain Management‘ wiederum mit den organisationsübergreifenden Beziehungen und der Koordination von Prozessen und Aktivitäten zwischen den ‘Supply-Chain-Akteuren‘ befasst, mit dem Ziel, die Netzwerk-Leistung als Gesamtes zu verbessern (vgl. Cooper et al., 1997; Mentzer et al., 2001; Christopher, 2016). ‘Mehrwert‘ und ‘Nutzen’ in diesem Sinn bezeichnen demnach alles, was die Leistung der Supply Chain als Ganzes verbessert, wobei sich diese Leistungssteigerung darin zeigt, dass ein höherer Kundennutzen zu tieferen Gesamtkosten für die Supply Chain erzeugt werden kann (Chopra & Meindl, 2016; Christopher, 2016). In Anlehnung an das Konzept des ‘Supply Chain Surplus’ von Chopra und Meindl (2016) und auf der Basis der in der Betriebswissenschaft weitverbreiteten Kosten-Nutzen-Analyse (*Cost-Benefit-Analysis*) (vgl. Sen, 2000) kann dabei zwischen ‘Nutzen’ und ‘Mehrwert’ insofern unterschieden werden, als dass der ‘Mehrwert’ (*Value*) einer Blockchain-Anwendung sich durch deren ‘Nutzen’ (*Benefit*) abzüglich der Kosten (*Costs*) definieren lässt. Der Mehrwert einer Blockchain-Anwendung wird damit durch den generierten Nutzen abzüglich der zur Nutzengenerierung benötigten Aufwände bestimmt – oder anders ausgedrückt: je höherer der Nutzen und je geringer die Kosten einer Blockchain-Anwendung, desto grösser deren Mehrwert für die Supply-Chain-Partner, die die Blockchain-Anwendung betreiben und nutzen.

In Bezug auf die zu untersuchenden ‘Voraussetzungen’ und ‘Bedingungen’ wird in dieser Dissertation bewusst eine ganzheitliche Perspektive eingenommen, die technische, regulatorische, kulturelle, organisatorische und umweltbezogene Aspekte mit einbezieht. Eine solche ganzheitliche Perspektive wurde bereits mehrfach in der Literatur gefordert, da sich gerade bei der Blockchain-Technologie zeigt, dass die meisten Studien zu Blockchain eine stark technische Sichtweise einnehmen und andere wichtige Aspekte überhaupt nicht oder nur vereinfacht betrachten (vgl. Ølnes et al., 2017; Hughes et al., 2019; Janssen et al., 2020). Unter

den ‘Voraussetzungen’ werden dabei all jene Aspekte verstanden, welche im weiteren Kontext einer Supply Chain erfüllt sein müssen, damit der Einsatz einer Blockchain-Anwendung überhaupt infrage kommt. Demgegenüber stellen die Bedingungen all jene Aspekte dar, welche die Blockchain-Anwendung selbst erfüllen muss, damit diese im Supply Chain Management einen praktischen Mehrwert generieren kann.

3.2 Forschungsrelevanz

‘Blockchain’ ist ein neues Phänomen und entsprechend ist die Forschung zum Mehrwert dieser neuen Technologie im Management von Supply Chains noch ganz am Anfang. Erste Bemühungen zu einer ‘Theoriebildung‘ und einem besseren Verständnis der Rolle dieser Technologie im Supply Chain Management wurden in den letzten Jahren zwar unternommen (z.B. Roeck et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019; Strehle, 2020), dies ist aber erst der Anfang und es sind noch viele weitere wissenschaftliche Forschungsbemühungen nötig, um dieses neue Phänomen besser zu verstehen (vgl. auch Upadhyay, 2020).

Diese Dissertation möchte einen Beitrag leisten zum besseren Verständnis des ‘Blockchain‘-Phänomens und so die wissenschaftliche Forschung in diesen Bereich voranbringen. In der aktuellen wissenschaftlichen Forschung zum Thema wird immer wieder darauf hingewiesen, dass es für ein besseres Verständnis dieses Phänomens vor allem auch an vertieften Analysen von konkreten Fallbeispielen aus einer breiten Perspektive mangelt (z.B. Hughes et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019; Treiblmaier, 2019). Der Nutzen und Mehrwert dieser Dissertation liegt daher vor allem auch darin, dass mittels detaillierter Fallstudien konkrete Praxisbemühungen aus einer ganzheitlichen Sicht vertieft untersucht werden, mit dem Ziel, die Voraussetzungen und Bedingungen für einen erfolgreichen Einsatz dieser neuen Technologie besser zu verstehen. Denn gerade bei der Blockchain-Technologie reicht es gerade nicht, diese nur aus einer rein technischen Perspektive zu untersuchen, da viele Voraussetzungen und Bedingungen für eine erfolgreiche Blockchain-Anwendung in Supply Chains nicht per se technischer Natur sind. Andererseits reicht es aber auch nicht, nur spezifisch organisatorische oder umweltbezogene Bedingungen zu studieren, da dies wiederum dazu führen könnte, konkrete Projekte als ‘Blockchain-Anwendungen‘ zu bezeichnen, welche dies aus technischer Sicht im Sinne der eingangs kurz beschriebenen ‘Blockchain-Memes’ gar nicht sind.

3.3 Praxisrelevanz

Unternehmen werden von unterschiedlichen Seiten immer wieder aufgefordert, sich mit der Blockchain-Technologie möglichst rasch auseinanderzusetzen, wenn sie den Anschluss nicht verpassen wollen (z.B. Blechschmidt & Stöcker, 2016; Iansiti & Lakhani, 2017; Michelman, 2017; Piscini et al., 2017; Tapscott & Tapscott, 2017a; Carson et al., 2018; Schmidt & Wagner, 2019). Doch was sie konkret in der Praxis erwarten können und welche Voraussetzungen und Bedingungen für einen effektiven Mehrwert erfüllt sein müssen, wird oft nicht weiter ausgeführt. Es kann daher nicht überraschen, dass Pawczuk et al. (2019, S. 4) in einer globalen Umfrage zum Schluss kommen, dass, obwohl eine Mehrheit der befragten Führungskräfte Blockchain-Projekte als eine der wichtigsten strategischen Prioritäten für ihr Unternehmen bezeichnet, nur gerade 23 Prozent effektiv ein solches Projekt initiiert haben. Die Autoren führen diese Diskrepanz auf einen wachsenden Pragmatismus in Bezug auf die Blockchain-Technologie und die Erkenntnis zurück, dass sich Führungskräfte nicht mehr fragen, wie die Blockchain funktioniert, sondern sich vermehrt damit beschäftigen, wie sie diese Technologie in ihrem Unternehmen Nutzen stiftend einsetzen können und welche Rolle diese neue Technologie für ihr Unternehmen spielen könnte. Entsprechenden sind unzählige potenzielle Blockchain-Anwendungen in den letzten Jahren diskutiert und entwickelt worden, aber nur einige wenige wurden ausserhalb des Finanzsektors in einer produktiven Umgebung implementiert (Pawczuk et al., 2019; Rauchs et al., 2019).

Dabei zeigt die Forschung zur Implementierung und Einführung neuer Technologien, dass der wahrgenommene Nutzen, die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (z.B. Komplexität, Kompatibilität) und der relative Vorteil einer neuen technischen Innovation gegenüber anderen Lösungen für die breite Akzeptanz und Anwendung einer neuen Technologie entscheidend sind (Davis, 1989; Rogers, 2003; Venkatesh et al., 2003). Entsprechend ist der wahrgenommene Mehrwert einer Technologie entscheidend für deren effektiven Einsatz in der Praxis. Erste Studien zur Blockchain-Adoption im Supply Chain Management weisen ebenfalls in diese Richtung (Kamble et al., 2019; Queiroz & Wamba, 2019; Lustenberger et al., 2021), allerdings kann generell festgestellt werden, dass die Einführung von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management aufgrund von mangelnden Kenntnissen erst am Anfang steht.

Indem aufgezeigt wird, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie einen Mehrwert für das Supply Chain Management erzeugt, kann diese Dissertation einen wertvollen Beitrag zu einer vorhandenen Kenntnislücke leisten und so einen relevanten Mehrwert und Nutzen für die Praxis liefern. Denn erst wenn die Führungskräfte verstehen, unter welchen Bedingungen die Blockchain-Technologie einen Mehrwert für ihr Supply Chain Management erzeugen kann, werden sie diese neue Technologie auch aktiv in ihren Unternehmen einsetzen und nutzen wollen.

4 Zielstellung der Dissertation

4.1 Haupt- und Teilzielstellungen

4.1.1 Hauptzielstellung

Die Dissertation hat zum Ziel, klare Erkenntnisse darüber zu gewinnen, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management eine Mehrwert stiftende Rolle in der praktischen Anwendung generieren kann. Dabei geht es nicht nur darum, den theoretischen und praktischen Nutzen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management detaillierter zu untersuchen, sondern vor allem soll aufgezeigt werden, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen mit dem heutigen Stand der Technik die Blockchain-Technologie in der Praxis eingesetzt werden kann, um einen Mehrwert für die Supply-Chain-Akteure zu erzeugen. Die Dissertation soll damit aus einer breiten und anwendungsorientierten Perspektive sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis relevante Einsichten liefern, ob und – wenn ja – unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen das oft zitierte grosse Potenzial der Technologie in der Praxis auch umgesetzt werden kann.

4.1.2 Theoriegeleitete Zielstellungen

Im theoretischen Teil wird einerseits der Forschungsstand im Themenbereich dieser Dissertation (‘Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management‘) aufgearbeitet, mit dem Ziel, über die Forschungslücke die Forschungsrelevanz dieser Dissertation herauszuarbeiten und nachvollziehbar darzustellen. Andererseits verfolgt dieser Teil der

Arbeit das Ziel, durch die Klärung der zentralen Themenfelder und Begrifflichkeiten sowie die Auseinandersetzung mit den relevanten theoretischen und konzeptionellen Grundlagen ein vertieftes Verständnis der (möglichen) Mehrwert stiftenden Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management zu erarbeiten. Es soll also die Frage geklärt werden, welche Mehrwert stiftende Rolle die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management aus einer konzeptionellen Perspektive spielen kann. Darauf aufbauend stellt sich sodann die Frage, welche Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein müssen, damit die Blockchain-Technologie Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Um diese zweite Frage beantworten zu können, verfolgt die Dissertation das Ziel, ein konzeptionelles Modell zur Analyse und Bewertung von Blockchain-Anwendungen zu erstellen. Über die Entwicklung dieses konzeptionellen Modells können schliesslich die relevanten empirischen Fragestellungen ausgearbeitet werden.

4.1.3 Empiriegeleitete Zielstellungen

Basierend auf den im theoretischen Teil erarbeiteten konzeptionellen Modellen wird im empirischen Teil der Dissertation mittels einer Fallstudienuntersuchung von mehreren Blockchain-Anwendungen das Ziel verfolgt, konkrete Hinweise zur Frage zu erhalten, wie (und allenfalls wie nicht) die Blockchain-Technologie Mehrwert stiftend in der Praxis eingesetzt werden kann. Die Anwendung neuer Technologien bringt immer zahlreiche Herausforderungen und Komplexitäten in technischen, regulatorischen, kulturellen, organisatorischen und umweltbezogenen Aspekten mit sich (vgl. dazu DePietro et al., 1990; Damanpour & Schneider, 2006). Wie bereits ausgeführt – und wie noch vertieft zu diskutieren sein wird –, haben die meisten Studien zu Blockchain allerdings einen stark technischen Fokus und meist eine vereinfachte Sicht auf organisatorische und institutionelle Aspekte (vgl. Janssen et al., 2020), obwohl gerade bei der Blockchain-Technologie erste Studien gezeigt haben, dass Organisations- und Umweltfaktoren eine entscheidende Rolle für die erfolgreiche Anwendung spielen (Clohessy & Acton, 2019). Andererseits besteht grade bei der Untersuchung von ‘Blockchain-Anwendungen‘ oftmals auch die Gefahr, bei einer Vernachlässigung der technischen Details die wesentlichen Blockchain-Merkmale einer Anwendung zu übersehen und damit auch den effektiv geleisteten Mehrwert dieser Technologie falsch einzuschätzen (vgl. z.B. Rauchs et al., 2019; Engelschall, 2019). Insofern ist es das Ziel dieser Dissertation, die empirische Untersuchung aus einer möglichst breiten und offenen Perspektive durchzuführen, damit zum Schluss ein wissenschaftlich fundierter Beitrag

zur Hauptfragestellung geleistet werden kann, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie in der Praxis einen Mehrwert für das Supply Chain Management erzeugen kann. Unter einer ‘breiten und offenen Perspektive‘ wird dabei verstanden, dass ohne eine konzeptionelle oder methodische Eingrenzung möglichst viele Voraussetzungen und Bedingungen gefunden werden können.

4.1.4 Gestaltungsgeleitete Zielstellungen

Die Blockchain ist noch eine sehr junge Technologie, die noch am Anfang ihrer Entwicklungsphase steht und sich zurzeit in ganz unterschiedliche Richtungen entwickelt. Es ist für Unternehmen daher schwer abzuschätzen, welches Engagement und Investment sie tatsächlich in welche Blockchain-Technologie tätigen sollten. Diese Dissertation setzt sich daher weiter zum Ziel, auf der Basis der gewonnen empirischen Erkenntnisse den Unternehmen aufzuzeigen, was sie von den verschiedenen technologischen Blockchain-Entwicklungen in der Praxis erwarten können. Das Ziel muss es sein, den Unternehmen nachvollziehbare Handlungsempfehlungen abzugeben, nach welchen diese nicht nur den Nutzen und Mehrwert der Blockchain-Technologie für das Supply Chain Management in ihrem Unternehmen abschätzen können, sondern vor allem auch ableiten können, welche Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein müssen, damit eine Blockchain-Anwendung in ihrem konkreten Kontext Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Eine Prüfung dieser Voraussetzungen und Bedingungen in einem spezifischen Umfeld kann sodann den Unternehmen konkrete Hinweise geben, ob sich die Investition in ein Blockchain-Projekt lohnen könnte. Dabei sollen die Handlungsempfehlungen explizit auf die Situation von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) eingehen.

4.2 Erwartete neue Ergebnisse/Erkenntnisse

4.2.1 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse der Dissertation insgesamt

Diese Dissertation untersucht, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die theoretischen Nutzenversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis einen Mehrwert generieren können. Dabei wird erwartet, dass auf der Basis einer theoretischen Erarbeitung der Rolle und Bedeutung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management ein nachvollziehbares konzeptionelles Modell zur Analyse und Bewertung von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management resultiert. Durch die Anwendung

dieses konzeptionellen Modells in einer empirischen Fallstudienforschung wird sodann erwartet, dass die wichtigsten Voraussetzungen und Bedingungen in Bezug auf die Technologie, die Supply Chain sowie den Kontext für einen Mehrwert stiftenden Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management hergeleitet werden können. Auf der Basis dieser Erkenntnisse sollte es zum Schluss möglich sein, den Unternehmern konkrete Handlungsempfehlungen in Bezug auf den Umgang mit dieser neuen Technologie und deren Anwendung im Supply Chain Management zu geben.

4.2.2 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des theoretischen Teils

Zu Beginn des theoretischen Teils dieser Dissertation wird aufgezeigt, dass die wissenschaftliche Erforschung des neuen Phänomens ‘Blockchain‘ erst am Anfang steht. Es ist entsprechend noch unklar, ob und – wenn ja – unter welchen Bedingungen und Voraussetzungen diese neue Technologie überhaupt in der Praxis einen Mehrwert erzeugen kann. Zur weiteren Kenntnissteigerung gibt es dabei insbesondere einen Bedarf an detaillierten wissenschaftlichen Fallstudien. Auf der Basis des vorhandenen wissenschaftlichen Wissens werden neue Erkenntnisse zur Rolle und Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management erwartet, welche es sodann erlauben werden, ein konzeptionelles Modell zur Analyse und Bewertung von Blockchain-Anwendungen in Supply Chains zu erstellen. Dies bedeutet auch, dass einzelne Begrifflichkeiten, Merkmale und Charakteristiken rund um das Thema Blockchain-Technologie definiert, eingeordnet und so geschärft werden. Ebenfalls sollten auf der Basis des konzeptionellen Modells empiriegeleitete Teilfragestellungen zur Hauptfragestellung nach den Voraussetzungen und Bedingungen für eine Mehrwert stiftende Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management abgeleitet werden.

4.2.3 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des empirischen Teils

Viele Studien haben versucht, die geringe Anwendung der Blockchain-Technologie in der Praxis hauptsächlich durch verschiedene Implementierungs-Hindernisse wie mangelndes Bewusstsein und Verständnis (z.B. Kamble et al., 2019), fehlende Standards und regulatorische Unklarheiten (z.B. Lacity & Khan, 2019), mangelnde technologische Reife (z.B. Iansiti & Lakhani, 2017) oder schlicht die fehlende Eignung der Technologie (z.B. Locher et al., 2018; Engelschall, 2019) zu erklären. Diese Dissertation geht einen anderen Weg und liefert auf der Basis einer empirischen Analyse von Blockchain-Anwendungen neue Erkenntnisse zu den

Voraussetzungen und Bedingungen, unter welchen die Blockchain-Technologie Mehrwert stiftenden im Supply Chain Management eingesetzt werden kann. Diese Erkenntnisse sollen dabei unter anderem auch technische, regulatorische, kulturelle, organisatorische und umweltbezogene Aspekte betreffen. Es wird daher erwartet, dass zum Schluss nachvollziehbare Aussagen gemacht werden können, welche Voraussetzungen und Bedingungen die Technologie, das Netzwerk, die Supply Chain sowie der Kontext erfüllen müssen, damit eine Blockchain-Anwendung sinnvollerweise im Supply Chain Management angewandt werden kann. Die Voraussetzungen beziehen sich dabei auf all jene Aspekte, die erfüllt sein müssen, damit eine Blockchain-Anwendung überhaupt infrage kommt, während die Bedingungen jene Aspekte abdecken, welche die Blockchain-Anwendung selbst erfüllen sollte, damit diese einen möglichst grossen Mehrwert im Supply Chain Management generieren kann.

4.2.4 Erwartete neue Ergebnisse und Erkenntnisse des Gestaltungsteils

Am Ende der Dissertation sollte es möglich sein, den Unternehmen entsprechend ihrer unterschiedlichen Grösse und Rolle in einer Supply Chain in zweierlei Hinsicht wertvolle Erkenntnisse liefern zu können: *erstens* zur Frage, welchen Mehrwert und Nutzen die Unternehmen von der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis erwarten können, und *zweitens* zur Frage, welche Voraussetzungen und Bedingungen für eine Mehrwert stiftende Anwendung dieser neuen Technologie erfüllt sein müssen. Auf diesen beiden Erkenntnissen aufbauend sollte es im Rahmen dieser Dissertation möglich sein, den Unternehmen nachvollziehbare Handlungsempfehlungen abzugeben, wie (und wie nicht) diese neue Technologie Mehrwert stiftend in ihrem Kontext eingesetzt werden kann und somit unter welchen Bedingungen sich eine Investition in diese Technologie empfiehlt (bzw. eben nicht empfiehlt). Die durch diese Dissertation neu gewonnen Ergebnisse und Erkenntnisse sollen somit den Unternehmen Hinweise liefern, wie sie diese Technologie am effektivsten nutzen können und welche Handlungen empfohlen bzw. nicht empfohlen werden können.

4.3 Inhaltliche Abgrenzung

Aufgrund der in dieser Dissertation behandelten Themenfelder ergeben sich mehrere inhaltliche Abgrenzungen. So befasst sich diese Arbeit mit der Blockchain-Technologie, womit sie sich von Untersuchungen zu anderen innovativen Technologien wie z.B. Künstliche

Intelligenz, Internet der Dinge, Cloud Computing, Big Data Analytics oder Multi-Agent-Systeme abgrenzt. Viele Autoren sind dabei der Meinung, dass diese innovativen Technologien vor allem dann einen Mehrwert generieren können, wenn sie in Kombinationen eingesetzt werden (z.B. Kagermann et al., 2013; Schwab, 2016, McAfee & Brynjolfsson, 2017). Entsprechend gibt es auch einige Forschungsbemühungen zu Blockchain, die sich explizit mit dieser neuen Technologie in Kombination mit anderen Technologien auseinandersetzen. Hervorzuheben sind hier vornehmlich die Bemühungen zu Blockchain und Internet der Dinge ('Internet of Things' resp. IoT) (z.B. Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2018; Ferrag et al. 2018; Liao et al., 2019; Rejeb et al., 2019) sowie Multi Agent Systems (Calvaresi et al., 2018; Calvaresi et al., 2019), welche insbesondere im Supply Chain Management von Bedeutung sein könnten. Dennoch fokussiert sich diese Dissertation explizit auf die Blockchain-Technologie und wird andere Technologie zwar wo nötig mit einbeziehen, aber nicht vertieft analysieren und beschreiben.

Im Weiteren fokussiert sich diese Arbeit ganz auf Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management. Wie ausführliche Literaturanalysen durch Casino et al. (2019) sowie Upadhyay (2020) zeigen, werden Blockchain-Anwendungen neben dem Supply Chain Management in den unterschiedlichsten Formen auch in ganz verschieden Unternehmens- und Lebensbereichen wie der staatlichen Verwaltung (z.B. e-Voting, Digitale Identität), dem Gesundheitswesen (z.B. e-Patientendossier), der Finanz- und Versicherungsindustrie (z.B. Interbanking Transaktionen; Aktienhandel), dem Bildungswesen (z.B. Zertifikatsmanagement, dezentrale Bildungsplattformen) oder dem Datenmanagement und der Datensicherheit im Internet (z.B. Self-Sovereign Identities) angewandt. Blockchain-Systeme werden dabei jeweils stark an den einzelnen Kontext und Anwendungsfall adaptiert (Strehle, 2020) und eine Untersuchung von Blockchain-Anwendungen in ganz unterschiedlichen Bereichen wäre entsprechend nicht zielführend. Die Fokussierung auf das Supply Chain Management lässt sich insofern rechtfertigen, als es im Unternehmenskontext neben der Finanz- und Energieindustrie eines der meistdiskutierten Themen ist (vgl. Casino et al., 2019) und der Blockchain in diesem Bereich ein grosses Wirtschaftspotenzial zugesprochen wird (vgl. Hewett et al., 2020).

Ebenso grenzt sich diese Dissertation inhaltlich von jenen Forschungsbemühungen ab, welche sich in letzter Zeit vermehrt mit dem Prozess der Blockchain-Einführung auseinandersetzen,

mit dem Ziel, die wichtigsten Einflussfaktoren zu identifizieren (z.B. Clohessy & Acton, 2019; Kamble et al., 2019; Queiroz & Wamba, 2019; Janssen et al., 2020; Upadhyay, 2020; Werner et al., 2020; Wong et al., 2020; Lustenberger et al., 2021). Auch wenn diese Forschungsarbeiten sicherlich wichtige Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management liefern können und entsprechend stellenweise auch miteinbezogen werden, befasst sich diese Dissertation nicht mit den Faktoren, welche eine erfolgreiche Blockchain-Einführung bei Unternehmen positiv oder negativ beeinflussen, sondern untersucht die Voraussetzungen und Bedingungen, welche eine Mehrwert stiftende Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management ermöglichen. In diesem Sinne geht es nicht um Erfolgsfaktoren einer Blockchain-Implementierung, sondern um die Voraussetzungen und Bedingungen, damit die Blockchain-Technologie überhaupt erfolgreich und Mehrwert stiftend angewandt werden kann.

Darüber hinaus wird sich diese Dissertation aufgrund der Methodenwahl (‘Fallstudienforschung’) geografisch auf die Schweiz sowie die umliegenden Länder fokussieren. Dies ist insofern kritisch, als sich in Studien gezeigt hat, dass in unterschiedlichen geografischen Regionen die Blockchain anders aufgefasst und angewandt wird (z.B. Queiroz & Wamba, 2019) und auch die technischen Grundvoraussetzungen (z.B. Internetzugang) in gewissen Regionen im Vergleich unterentwickelt sein können (z.B. Hallwright & Carnaby, 2019). Es überrascht deshalb nicht, dass die wissenschaftliche Forschung mehrheitlich aus den Industriestaaten und China stammt (vgl. Queiroz et al., 2019; Upadhyay, 2020). Auch diese Dissertation wird entsprechend die ‘geografische‘ Forschungslücke nicht schliessen können, sondern sich im Zuge der Methodenwahl sowie im Einklang mit der vorhandenen Literatur ganz auf den Kontext der westeuropäischen Länder fokussieren.

5 Aufbau der Dissertation

Der folgende **theoretische Teil** widmet sich zuerst im Kapitel *‘Stand der Forschung‘* der Aufarbeitung des derzeitigen Forschungs- und Wissenstands in den Bereichen ‘Blockchain‘ und ‘Supply Chain Management‘. Dabei soll vor allem aufgezeigt werden, was bereits untersucht wurde, immer mit dem Fokus auf das Dissertationsthema ‘Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management‘ und aus einer praxisbezogenen Perspektive. Die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche werden im Detail die Forschungslücken aufzeigen,

welche nochmals die Relevanz der Dissertation für Praxis und Wissenschaft herausstellen können und auch die Grundlage für die darauffolgende Ausformulierung und Begründung der theoriegeleiteten Fragestellung bilden.
Gestützt auf diese theoriegeleitete Fragestellung werden im darauffolgenden Kapitel '*Theoretische Ausführungen*' die zentralen Themenfelder und Begrifflichkeiten der Dissertation geklärt und die relevanten theoretischen und konzeptionellen Grundlagen aufgearbeitet. Im Weiteren wird aus theoretischer Perspektive geklärt, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management eine Mehrwert stiftende Rolle spielen kann. Diese Ausführungen bilden auch den konzeptionellen Bezugsrahmen dieser Dissertation.
Im darauffolgenden Kapitel '*Konklusion Theoretischer Teil*' wird basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der vergangenen theoretischen Ausführung ein konzeptionelles Modell zur Analyse und Bewertung von Blockchain-Anwendungen erstellt sowie die Forschungsfragen für den folgenden empirischen Teil ausformuliert.

Im **empirischen Teil** wird im ersten Kapitel das '*Forschungsdesign*' erläutert, wobei erst einmal die Untersuchung in Bezug auf die theoretischen Ausführungen beschrieben und eingeordnet wird. Darauffolgend werden die Methodenwahl ('Fallstudie') und das methodische Vorgehen im Detail begründet und beschrieben. Im Mittelpunkt stehen dabei vor allem die Fallauswahl und die Erhebungs- sowie Analysemethoden. Der Methodenbeschreibung folgenden wird in diesem Kapitel ausserdem die Operationalisierung der Merkmale des konzeptionellen Modells in der empirischen Erhebungsmethode dargelegt. Zum Abschluss des ersten Kapitels werden die durchgeführten Untersuchungsschritte aufgeführt und der Untersuchungsablauf beschrieben.
Im darauffolgenden Kapitel '*Ergebnisse*' werden als Erstes die Fallstudien einzeln ausführlich beschrieben ('Auswertung der Ergebnisse'), um im Anschluss die Ergebnisse zuerst fallstudienspezifisch mittels Tabellen und Grafiken für den Leser verständlich darzulegen und dann fallstudienübergreifend zu vergleichen, mit dem Ziel, zu klaren Ergebnissen zu den empiriegeleiteten Fragestellungen zu gelangen.
Im Kapitel '*Diskussion, Interpretation und Konklusion*' werden die Ergebnisse zuerst unter Einbezug der theoretischen Überlegungen und mit Blick auf die eingangs beschriebene Problemstellung kritisch diskutiert. Nach einer kritischen Betrachtung des methodischen Vorgehens sowie einer Darlegung der Gütekriterien der qualitativen Forschungsmethode

werden die empiriegeleiteten Fragestellungen nachvollziehbar besprochen und beantwortet. Zum Schluss des empirischen Teils wird zur Überführung in den nächsten Dissertationsteil die gestaltungsleitende Fragestellung ausformuliert.

Der **Gestaltungsteil** dieser Dissertation beginnt im Kapitel '*Handlungsempfehlungen Forschung'* mit der Darlegung von begründeten Empfehlungen für die weiteren Forschungsbemühungen. Darauffolgend werden im Kapitel '*Handlungsempfehlungen Praxis*' den Unternehmen konkrete Hinweise gegeben, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management einen Mehrwert erzeugen kann und in welcher Situation sich für ein Unternehmen die Investition in eine Blockchain-Anwendung lohnen könnte. Im abschliessenden Kapitel *'Zusammenfassung und Konklusion'* werden die Erkenntnisse des Gestaltungsteils nochmals zusammengefasst und die gestaltungsleitenden Fragestellungen explizit beantwortet.

Im **Schlussteil** werden die '*Ergebnisse und Erkenntnisse*' dieser Dissertation nochmals zusammengefasst. Es wird aufgezeigt, wie die Dissertation die Forschung weitergebracht hat und welchen Forschungsmehrwert und Nutzen sie gestiftet hat. Ebenso wird dargelegt, wie die Dissertation die Praxis weitergebracht hat und welchen praktischen Mehrwert und Nutzen sie gestiftet hat. Darauf bezugnehmend wird im '*Ausblick*' gezeigt, wie und mit welchen Folgen sowie in welchen Schritten die Unternehmen die Erkenntnisse der Dissertation umsetzen, anwenden und weiterführen können. Im Weiteren wird ausgeführt, was aufgrund der erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse sowie basierend auf der gewählten Forschungsmethode die weiteren Schritte und Bemühungen in der Forschung sein könnten.

II THEORETISCHER TEIL

1 Stand der Forschung

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Problemstellung erarbeitet und die Erkenntnisinteressen sowie die Zielsetzungen der Dissertation geklärt wurden, geht es in diesem Kapitel um die Aufarbeitung des Forschungsstands aus der Sicht dieser Erkenntnisinteressen und Zielsetzungen.

Im Zentrum steht dabei das Thema dieser Dissertation: 'Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management' mit einem spezifischen Fokus auf die möglichen Rollen dieser neuen Technologie im Supply Chain Management aus einer praxisbezogenen Perspektive. Durch die Darlegung des Stands der Forschung zur Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management wird ein Überblick über den aktuellen relevanten wissenschaftlichen Diskussionsstand erstellt. Darauf aufbauend wird im Anschluss aufgezeigt, dass gerade durch das fehlende Wissen zur praktischen Anwendung der neuen und sich laufend weiterentwickelnden Blockchain-Technologie eine Forschungslücke in Bezug auf den praktischen Nutzen der Technologie im Supply Chain Management besteht, welcher sich diese Dissertation annehmen will.

Bei der Suche nach relevanten Artikeln und Beiträgen wurde in einem ersten Schritt auf Datenbanken wie Google-Scholar, EBSCO Business Source Primer, ScienceDirect, Web of Science und ProQuest sowie das Internet generell zugegriffen. In einem zweiten Schritt wurde durch Rückwärts- und Vorwärtssuche von zitierten Artikeln und Beiträgen die Literaturrecherche kontinuierlich ausgedehnt. Die so gefundenen wissenschaftlichen Studien zur Anwendung und Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management können grundsätzlich in fünf Kategorien eingeteilt werden:

(1) (Sekundär)-Analysen der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur mit dem Fokus auf die Vorteile, Herausforderungen und künftige Forschungsmöglichkeiten (z.B. Hald & Kinra, 2019; Pournader et al., 2019; Queiroz et al., 2019; Wang et al., 2019a; Zhao et al., 2019; Chang & Chen, 2020; Gonczol et al., 2020; Wamba et al., 2020)

(2) Analyse der Charakteristiken der Blockchain-Technologie und deren potenziellen Einflusses auf das Supply Chain Management aus theoretischer Perspektive (z.B. Casey & Wong, 2017; Omran et al., 2017; Kouhizadeh & Sarkis, 2018; Treiblmaier, 2018; Cole et al., 2019; Henke et al., 2019; Saberi et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019; Yousuf & Svetinovic, 2019; Koh et al., 2020; Babich & Hilary, 2020; Kummer et al., 2020)

(3) Analyse der Blockchain als technische Lösung für ein spezifisches Problem in einer Supply Chain (z.B. Abeyratne & Monfared, 2016; Apte & Petrovsky, 2016; Tian, 2016; Weber et al., 2016; Biswas et al., 2017; Bocek et al., 2017; Nakasumi, 2017; Tse et al., 2017; Wu et al., 2017; Alzahrani & Bulusu, 2018; Gao et al., 2018; Li et al.,2018; Asprion et al., 2019; Azzi et al., 2019; Christodoulou et al., 2019; Litke et al., 2019; Lustenberger et al., 2020; Sund et al., 2020)

(4) Analyse von Blockchain-Anwendungsprojekten (z.B. Agrawal et al., 2018; Dobrovnik et al., 2018; Galvez et al., 2018; Kshetri, 2018; Sternberg & Baruffaldi, 2018; Wüst & Gervais, 2018; Ying et al., 2018; Verhoeven et al. 2018; Clohessy & Action, 2019; Dujak & Sajter, 2019; Kshetri & Loukoianova, 2019; Lacity & Khan, 2019; Montecchi et al., 2019; Roeck et al., 2019; van Hoek, 2019; Sternberg et al., 2020; Sund et al., 2020; Tönnissen & Teuteberg, 2020)

(5) Analyse der Meinung zur Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management durch Befragungen (z.B. Hackius & Petersen, 2017; Korpela et al., 2017; IBM Schweiz, 2018; Petersen et al., 2018; Kamble et al., 2019; Queiroz & Wamba, 2019; Wang et al., 2019b; Wong et al., 2020; Kouhizadeh et al., 2021)

1.1 Kategorie 1: Literaturstudien

Während die ersten systematischen Literaturstudien noch stark allgemein und aus einer generellen Anwendungsperspektive durchgeführt wurden (z.B. Yli-Huumo et al., 2016; Seebacher & Schüritz, 2017; Hawlitschek et al., 2018; Casino et al., 2019), sind in den letzten Jahren einige Studien publiziert worden, die die wissenschaftliche Literatur speziell zur Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in Form von systematischen Literaturstudien aufarbeiten. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit hat eine

strukturierte Analyse des Web of Science sowie Google Scholar 13 systematische Literaturanalysen zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management ergeben (Astarita et al., 2019; Blossey et al., 2019; Hald & Kinra, 2019; Pournader et al. 2019; Quieroz et al., 2019; Wang et al., 2019a; Zhao et al., 2019; Chang & Chen, 2020; Duan et al., 2020; Gonczol et al., 2020; Mahyuni et al., 2020; Wan et al., 2020; Wamba et al., 2020). Deren wichtigste Erkenntnisse werden an dieser Stelle zusammenfassend und kritisch dargelegt. Eine vollständige Übersicht mit einer detaillierten Inhaltsanalyse dieser 13 Literaturstudien befindet sich in 'Übersicht Literaturstudien' in der Anlage zu dieser Dissertation.

In den untersuchten Literaturstudien werden insbesondere die Unveränderlichkeit (Blossey et al., 2019; Hald & Kinra, 2019; Gonczol et al., 2020; Pournader et al., 2020; Wamba et al., 2020) und die Dezentralität (Gonczol et al., 2020; Pournader et al., 2020; Wamba et al. 2020; Wan et al., 2020) als spezifische Merkmale der Blockchain-Technologie hervorgehoben. Darüber hinaus werden zwar noch vereinzelt einige weitere charakteristische Merkmale erwähnt (z.B. hohe Verfügbarkeit, verteilter Konsensmechanismus), die Mehrheit der Studien fokussiert sich aber ganz auf eine Analyse der in der Literatur gefundenen Nutzenversprechen von Blockchain-Anwendungen sowie der mit einer Implementierung verbundenen Herausforderungen.

Diesbezüglich zeigt sich, dass der Erzeugung von Informationstransparenz und der damit verbundenen erweiterten Supply-Chain-Visibilität und Rückverfolgbarkeit ('traceability') in der Literatur die grösste Bedeutung der Blockchain zugeschrieben wird. Sämtliche 13 untersuchten Literaturstudien sehen in der erhöhten Informationstransparenz und Informationsrückverfolgbarkeit einen der Hauptnutzen von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management. Im Weiteren wird von der Blockchain-Technologie erwartet, dass sie die Vertrauensbildung und Zusammenarbeit in der Supply Chain fördert, die Daten- und Informationssicherheit erhöht, die Prozessautomatisierung und Kosteneffizienz steigert, die Nachhaltigkeit und Einhaltung von Umwelt- und Arbeitsauflagen stärkt, zur vermehrten Disintermediation von Supply Chains führt sowie schliesslich auch die weltweiten Produktnachahmungen und -fälschungen erschwert. Darüber hinaus ermittelten Hald und Kinra (2019) in der Literatur noch die Erwartung, dass dank der Blockchain-Technologie Supply Chains ihre Reaktions-, Widerstands- und Anpassungsfähigkeit erhöhen können, während Gonczol et al. (2020) vor allem auch noch die Stärkung der Position von KMUs erwähnen.

In Bezug auf die Herausforderungen und Hindernisse einer Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management zeichnen die Literaturstudien ebenfalls ein relativ klares Bild: Blockchain als junge Technologie zeigt noch viele technische Mängel wie z.B. die fehlende Speicherkapazität, die ungenügende Interoperabilität, die mangelhafte Skalierbarkeit oder die unzureichende Verarbeitungsgeschwindigkeit. Darüber hinaus bestehen in der Literatur auch Fragezeichen bezüglich des Datenschutzes (z.B. Verlust der Privatsphäre, kein 'Recht auf Vergessen'), der hohen Implementierungs- und Unterhaltungskosten, der weiterhin bestehenden Interessenskonflikte in Supply Chains (z.B. Unwille, Informationen zu teilen, Furcht vor Transparenz, Angst vor Kontrollverlust), der fehlenden Regulierungen, Standards und rechtlichen Sicherheiten sowie der mangelnden Blockchain-Fachkenntnisse bei den Unternehmen.

In Bezug auf die noch offenen Fragen und weiteren Forschungsbemühen stellen die meisten Literaturstudien fest, dass die Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management noch ganz am Anfang steht und eine grosse Mehrheit der Studien primär konzeptionell oder technischer Natur ist, was gerade für das vertiefte Verständnis des Nutzens einer Technologie in der Praxis nicht hilfreich ist (z.B. Astarita et al., 2019; Blossey et al., 2019; Hald & Kinra, 2019; Quieroz et al., 2019; Wang et al., 2019a; Zhao et al., 2019; Duan et al., 2020; Wamba et al., 2020). Dies ist aus Sicht der Autoren insofern problematisch, als eine ganz Reihe von technischen, organisatorischen und operativen Herausforderungen besteht, die eine Mehrwert stiftende Anwendung der Technologie verhindern könnten. Mehr Kenntnisse über erfolgte Blockchain-Anwendungen sind entsprechend nötig, damit der effektive Nutzen dieser Technologie abgeschätzt werden kann. Dabei werden von verschieden Autoren auch explizit Studien mit vertieften Fallanalysen gefordert, um die Besonderheiten zu verstehen, die mit der Anwendung dieser neuen Technologie im Supply Chain Management zusammenhängen (z.B. Astarita et al., 2019; Blossey et al., 2019; Quieroz et al., 2019; Duan et al., 2020; Pournader et al., 2020). Diesbezüglich verweisen Gonczol et al. (2020) darauf, dass gerade das Stillschweigen der meisten Industriezweige, die die Technologie anwenden, über die technischen Details ihrer Blockchain-Systeme den Fortschritt der Technologie stark behindert.

Weitere Forschungsthemen, auf welche in den untersuchten Literaturstudien vereinzelt hingewiesen werden, sind die Erforschung von Lösungen für die verschiedenen technischen Probleme (Zhao et al., 2019; Chang & Chen, 2020; Gonczol et al., 2020; Wan et al., 2020) sowie

ein vermehrter Fokus auf die Verwendung und Entwicklung von explanativen und prädiktiven Theorien und Modellen (Hald & Kinra, 2019; Wang et al., 2019a; Wamba et al., 2020). Interessant ist auch die Aussage von Pournader et al. (2020), dass Forschende primär untersuchen sollen, ob die Blockchain-Technologie das Vertrauen in Supply-Chain-Netzwerke tatsächlich ersetzen kann und sich erst dann überlegen sollen, welche Implikationen die Technologie für die Zusammenarbeit in Supply Chains haben könnte.

Insgesamt zeichnen die unterschiedlichen Literaturstudien ein sehr ähnliches Bild: Der 'Vertrauensgewinn' kann als Hauptfaktor für die Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management angesehen werden, wobei der daraus resultierende Nutzen in vier Bereichen liegt: 1) erweiterte Sichtbarkeit und Rückverfolgbarkeit, 2) Digitalisierung und Disintermediation der Supply Chain, 3) verbesserte Datensicherheit sowie 4) Prozessautomatisierung durch sogenannte 'Smart Contracts'. Allerdings sind dies erst theoretische Vermutungen, basierend auf konzeptionellen Überlegungen, deren Umsetzung und Überprüfung in der Praxis noch nicht genügend erforscht wurden.

1.2 Kategorie 2: Theoretische Überlegungen

Bereits die Analyse der Literaturstudie zeigte, dass es sehr viel Literatur gibt – vor allem auch populärwissenschaftliche –, welche sich aus einer theoretischen Perspektive mit der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management auseinandersetzt. Diese konzeptionell-theoretische Auseinandersetzung mit Blockchain basiert dabei meist auf einer einfachen Annahme: Aufgrund ihrer technischen Charakteristiken – allen voran ihrer Dezentralität und Unveränderlichkeit – kann die Blockchain-Technologie in globalen Supply Chains Vertrauen und Transparenz generieren (z.B. Henke et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019; Yousuf & Svetinovic, 2019; Babich & Hilary, 2020). Casey und Wong (2017) fassen dies pointiert wie folgt zusammen: «In a nutshell, this [blockchain] is a global system for mediating trust and selective transparency.»

Dabei wird weiter angenommen, dass es auf der Basis dieses neuen Vertrauens und der gewonnen Transparenz in Supply Chains zwangsläufig zu Effizienz- und Effektivitätsgewinnen für alle beteiligten Unternehmen kommen muss. In ihren konzeptionellen Überlegungen zeigen Omran et al. (2017) zum Beispiel auf, wie Blockchain-basierte Supply-Chain-Finance-Lösungen dank erhöhtem Vertrauen, Transparenz und Automation bestehende Ineffizienzen

bei der Ausführung einzelner Finanzinstrumente wie ‘Reverse Factoring’ oder ‘Dynamic Discounting’ beseitigen könnten. Kouhizadeh und Sarkis (2018) sowie Saberi et al. (2019) wiederum versuchen theoretisch darzulegen, welchen (positiven) Einfluss eine erhöhte Transparenz auf die Nachhaltigkeit in Supply Chains hat, während Babich und Hilary (2020) ganz generell erläutern, wie die Blockchain – zumindest theoretisch – stabilere, transparentere, sicherere, effizientere, ethischere und robustere Supply Chains etablieren sollte.

Bei ihren theoretischen Überlegungen zur Anwendung der Blockchain in Supply Chains greifen die Autoren – mehr oder weniger explizit – auf bekannte Konzepte und Theorien des Supply Chain Management zurück. So verweisen Yousuf und Svetinovic (2019) auf das in der Literatur oft zitierte benötige Vertrauen in Supply Chains, um eine effektive Informationstransparenz zwischen den beteiligten Unternehmen zu generieren. Dabei ist spätestens seit Lee et al. (1997a; 1997b) bekannt, dass gerade ein erhöhter Informationsaustausch die effizienteste Lösung gegen den Bullwhip-Effekt in Supply Chains ist. Auch Babich und Hilary (2020) verweisen auf den Bullwhip-Effekt, um den Nutzen der Blockchain-Technologie in Supply Chains zu begründen, zeigen darüber hinaus aber auch auf, wie eine Blockchain-basierte Transparenz das Supply Chain Risk Management theoretisch verändern könnte.

Mit Blick auf den mangelhaften Informationsaustausch (sprich fehlende Transparenz) und die bestehenden Informationsasymmetrien in Supply Chains ist es naheliegend, dass zur theoretischen Begründung des Nutzens der Blockchain-Technologie auch immer wieder die Prinzipal-Agenten-Theorie (Jensen & Meckling, 1976; Eisenhardt, 1989a) herangezogen wird (z.B. Treiblmaier, 2018; Cole et al., 2019, Kummer et al., 2020). So führen Cole et al. (2019) zum Beispiel theoretisch aus, dass mit der Blockchain-Technologie sowohl die Informationsasymmetrie als auch das benötigte Vertrauen in Agenten seitens der Prinzipale verringert wird und entsprechend das Prinzipal-Agent-Problem in Supply Chains (zumindest teilweise) gelöst werden könnte.

Ebenso wird auch immer wieder die Transaktionskosten-Theorie (Coase, 1937; Williamson, 1985; Williamson, 2008) herangezogen, um den Effekt der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management theoretisch zu ergründen. Wie Schmidt und Wagner (2019) ausführen, wird dabei davon ausgegangen, dass die Blockchain-Technologie durch die Begrenzung des

opportunistischen Verhaltens und der Unsicherheiten eine Reduzierung der Transaktionskosten bewirkt und somit eine stärkere marktorientierte Governance-Struktur für Supply-Chain-Transaktionen zur Folge haben sollte.

Allerdings stellen sämtliche Autoren am Ende ihrer theoretischen Überlegungen zur Rolle und zum Nutzen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management auch immer wieder fest, dass es noch kaum Praxiskenntnisse zur effektiven Bedeutung dieser neuen Technologie im Supply Chain Management gibt. Entsprechend werden mehr empirische Studien in der Literatur gefordert, welche die theoretischen Überlegungen und Aussagen in der Praxis untersuchen und überprüfen (z.B. Treiblmaier, 2018; Cole et al., 2019; Saberi et al., 2019; Babich & Hilary, 2020; Koh et al., 2020). So fordern zum Beispiel Schmidt und Wagner (2019, S. 9) explizit mehr ‘qualitative empirische Fallstudienuntersuchungen‘, um das Phänomen ‘Blockchain-Technologie im Supply Chain Management‘ in der Praxis besser zu verstehen.

1.3 Kategorie 3: Technische Lösungen

Die Studien der dritten Kategorie leiten den möglichen Nutzen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management stark von den in den beiden vorherigen Unterkapiteln dargelegten theoretischen Überlegungen ab. Basierend auf der Vertrauensbildung sollen Blockchains also den Austausch und die Verfügbarkeit von Informationen steigern, die Disintermediation ermöglichen, die Interoperabilität zwischen den einzelnen IT-Systemen sichern, zur Prozessautomatisierung verhelfen und/oder eine höhere Datensicherheit und -integrität garantieren. Da die anschliessenden Blockchain-basierten technischen Lösungen allerdings oft nur angedacht (z.B. Abeyratne & Monfared, 2016; Apte & Petrovsky, 2016; Tian, 2016; Nakasumi, 2017; Tse et al., 2017; Li et al.,2018; Asprion et al., 2019; Azzi et al., 2019; Litke et al., 2019; Lustenberger et al., 2020) oder höchstens als rudimentärer Prototyp technisch umgesetzt werden (z.B. Weber et al., 2016; Biswas et al., 2017; Bocek et al., 2017; Wu et al., 2017; Alzahrani & Bulusu, 2018; Gao et al., 2018; Christodoulou et al., 2019; Sund et al., 2020), bleiben die Erkenntnisse theoretischer und vor allem technischer Natur.

Inwiefern diese analysierten Blockchain-Lösungen in der Praxis tatsächlich den versprochenen Nutzen generieren und für die Unternehmen einen Mehrwert liefern können, bleibt daher weiter unbeantwortet. Allerdings können gerade Wu et al. (2017), Azzi et al. (2019) und Christodoulou et al. (2019) auf der Basis von ausgiebigen Prototypen-Tests technische

Erkenntnisse liefern, welche auch für Unternehmen interessant sein können: a) Permissioned[4] Blockchains sind schneller und günstiger als Permissionless[5] Blockchains, dafür weniger transparent und vertrauenswürdig (vgl. auch Litke et al., 2019); b) grosse Datenmengen sollten aus Kostengründen auf einer Blockchain-externen Datenbank gespeichert werden (z.B. Fatcom, IPFS oder AWS S3) und auf der Blockchain selber sollte nur der Link zum externen Speicherort (allenfalls noch mit einem Hashwert der Originaldaten) abgelegt werden (vgl. auch Bocek et al., 2017).

Im Weiteren weisen Biswas et al. (2017) darauf hin, dass die begrenzte Vertraulichkeit von öffentlichen Blockchains ein Problem sein kann, da Unternehmen nicht bereit sind, sämtliche Transaktionsdaten öffentlich abzuspeichern. Sund et al. (2020) konnten wiederum in einem Experiment mit der Ethereum-basierten Permissioned Quorum Blockchain für die Supply Chain des schwedischen Möbelunternehmens IKEA aufzeigen, dass die gewählte Blockchain-Lösung die Leistungsanforderung einer globalen Supply Chain in Bezug auf Verarbeitungsgeschwindigkeit und Systemstabilität zurzeit noch nicht erfüllen kann.

Bei der Untersuchung des Forschungsstands zeigt sich auch, dass die Entwicklung und Untersuchung von spezifischen Blockchain-Lösungen aus einer explizit technischen Perspektive vor allem in den ersten Jahren der Diskussion über Blockchain-Technologie im Supply Chain Management im Fokus der wissenschaftlichen Forschung standen. Dieses starke technische Interesse scheint in den letzten Jahren allerdings eher abgenommen zu haben. Dies mag auch damit zusammenhängen, dass die Untersuchungen von Blockchain-Anwendungsprojekten gezeigt haben, dass die ‘Blockchain‘ nicht nur die Implementierung einer neuen Technologie, sondern vor allem auch eine neue Form der Zusammenarbeit bedeutet, welche viele nicht-technische Herausforderungen mit sich bringt (z. B. Lacity & Khan, 2019; Janessen et al., 2020; Lustenberger et al., 2020).

[4] Permissioned = genehmigungspflichtig, d.h. die Teilnahme am Netzwerk ist genehmigungspflichtig und die Netzwerkteilnehmeranzahl damit beschränkt (vgl. auch Kapitel 2.2.3).

[5] Permissionless = genehmigungsfrei, d.h. die Teilnahme am Netzwerk ist genehmigungsfrei und die Netzwerkteilnehmerzahl damit unbeschränkt (vgl. auch Kapitel 2.2.3).

1.4 Kategorie 4: Blockchain-Anwendungsprojekte

Anhand der qualitativen Analyse von vorhandenen Blockchain-Anwendungsprojekten versuchen die Studien der vierten Kategorie, Erkenntnisse zum praktischen Nutzen der Blockchain-Technologie für Unternehmen zu eruieren. Kshetri (2018) kommt dabei zum Schluss, dass Supply Chains insofern prädestiniert für Blockchain-Lösungen sind, als im Gegensatz zur Finanzindustrie noch keine zentralen Alternativen für einen effizienten Informationsaustausch über komplexe, globale Netzwerke vorhanden sind. Der Hauptnutzen von Blockchains in Supply Chains liegt für die meisten Autoren (z.B. Agrawal et al., 2018; Dobrovnik et al., 2018; Galvez et al., 2018; Kshetri, 2018; Sternberg & Baruffaldi, 2018; Hinckeldeyn, 2019; Montecchi et al., 2019; van Hoek, 2019) dabei in der Etablierung von Supply-Chain-übergreifender Transparenz (auch ‘visibility‘ oder ‘traceability‘ genannt) mittels gesicherten Audit-Trails (auch ‘chain-of-custody‘ oder ‘provenance‘ genannt) für das globale Monitoring ohne Intermediäre, wodurch auch der Schutz vor Fälschungen und Betrug gesteigert werden kann. Zu diesem Schluss kommen auch Dietrich et al. (2021), wenn sie als Resultat in ihrer Analyse von Blockchain-Projekten im Supply Chain Management die Erhöhung der Transparenz als klares Hauptziel erkennen. Kshetri und Loukoianova (2019) kommen auf der Basis von fünf evaluierten Blockchain-Anwendungen (Provenance, Toyota, Alibaba, Walmart und JD.com) im Weiteren zum Schluss, dass die Blockchain auch manuelle Prozesse digitalisieren kann, was schliesslich, wie Dujak und Sajter (2019) bei den von ihnen untersuchten Anwendungsfällen feststellten, mithilfe von Smart Contracts zur Automatisierung ganzer Prozessschritte führen soll. Ying et al. (2018) wiederum betonen aus Sicht des Kunden vor allem den Schutz von persönlichen Informationen im E-Commerce als Nutzen der Blockchain.

Vor allem Kshetri (2018) konnte bei seiner Fallstudienanalyse auch einige zukünftige Herausforderungen für die Blockchain-Technologie erkennen:

a) Für eine Implementierung von Blockchains braucht es alle relevanten Supply Chain Stakeholders, was in vielen Fällen schwierig zu erreichen ist (vgl. auch Sternberg & Baruffaldi, 2018; van Hoek, 2019).
b) Die manipulationssichere Digitalisierung von physischen Produktmerkmalen ist schwierig und kann nur über gesicherte Hardware (IoT-Geräte, Sensoren) gewährleistet werden (vgl. auch Wüst & Gervais, 2018).

c) Der starke Fokus der Unternehmen auf Permissioned Blockchains birgt die Gefahr der Machtkonzentration bei einigen wenigen Blockchain-Anbietern (vgl. auch Dujak & Sajter, 2019; Litke et al., 2019).
d) Viele Supply-Chain-Akteure gerade in Entwicklungsländern haben die IT-Ressourcen (z.B. Hardware, Internet) für eine Teilnahme an Blockchain-basierten Anwendungen noch bei Weitem nicht (vgl. auch Galvez et al., 2018; Lustenberger et al., 2020).

Als weitere Hindernisse werden in der Literatur das fehlende Verständnis für diese neue Technologie sowie die mangelnde technische Entwicklungsreife, Standardisierung und Interoperabilität der unterschiedlichen Blockchain-Technologien genannt, welche für eine globale Adoption nötig wären (z.B. Dobrovnik et al., 2018; Galvez et al., 2018; Lacity & Khan, 2019; van Hoek, 2019). Da Blockchains als gemeinsam geführte unternehmensübergreifende Transaktionsplattformen verstanden werden müssen, führen Lacity und Khan (2019), basierend auf ihren Fallstudien, weiter aus, dass es neben neuen IT-Standards auch neue gemeinsame Systemverwaltungsmodelle (‘shared governance models‘) sowie klare neue Regeln in Bezug auf gemeinsames geistiges Eigentum braucht. In ihrer Studie zu Blockchain-Projekten in Irland stellen Clohessy und Action (2019) schliesslich fest, dass vor allem auch genügend Unterstützung des Top-Managements sowie hinreichende finanzielle Ressourcen, kompetente Mitarbeitende und IT-Infrastrukturen für eine erfolgreiche Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management benötigt werden.

In ihrer Fallstudie zu RedLog, einer Informationsoffenlegungs-Initiative für mehr Supply-Chain-Transparenz, stellen Sternberg und Baruffaldi (2018) schliesslich fest, dass sich das Projektteam entschloss, aufgrund mangelnder Nützlichkeit auf die Blockchain-Technologie zu verzichten. In einer weiteren Analyse desselben Blockchain-Anwendungsprojekts stellen Sterneberg et al. (2020) daher schliesslich den Nutzen der Blockchain-Technologie generell infrage, da viele Blockchain-Projekte an einer Mehrwert stiftenden Implementierung und Umsetzung scheitern. Auf ein ähnliches Ergebnis kommen Verhoeven et al. (2018) bei ihrer Analyse von fünf konkreten Blockchain-Anwendungen (300Cubits, BanQu, Bext360, Kouvoula Innovation und Walmart), wenn sie festhalten, dass für einige Anwendungen in der Supply Chain die Blockchain nicht die richtige Technologie ist und in vielen Anwendungsfällen wohl zuerst die Blockchain als Technologie und dann erst das zu lösende Supply-Chain-Problem gewählt wurde.

Immer wieder werden auch einzelne Blockchain-Anwendung von Startups für das Supply Chain Management untersucht (z.B. Lustenberger et al., 2019; Tönnissen & Teuteberg, 2020). Während Lustenberger et al. (2019) die Rolle von Blockchain-Start-ups im unternehmensübergreifenden Informationsaustausch von KMUs untersuchen, versuchen Tönnissen und Teuteberg (2020) die Disintermediationseffekte durch die Blockchain-Start-ups zu evaluieren. Beide Studien prognostizieren zwar eine Steigerung der Transparenz und Prozesseffizienz durch die Anwendungen dieser Blockchain-Start-ups in den globalen Supply Chains, zweifeln aber, dass dies zu einer Disintermediation führen wird – im Gegenteil: Oft kommt es zu einer weiteren Intermediation durch die Blockchain-Start-ups in Form von neuen Dienstleistungsanbietern innerhalb der Supply Chains.

Aus einer transaktionskostentheoretischen Perspektive sowie basierend auf vier Fallstudien kommen Roeck et al. (2019) zum Schluss, dass Blockchain-Anwendungen zu Kosteneinsparungen in den Supply Chains führen, indem sie eine evidenzbasierte Leistungsbewertung der Supply-Chain-Partner ermöglichen, den Entscheidungsprozess der Unternehmer unterstützen sowie den Einfluss kostspieliger Intermediäre reduzieren. Allerdings stellen die Autoren auch fest, dass gerade Transparenz in Supply Chains zu einem Verlust von Verhandlungsvorteilen führen kann. Zudem zeigt die Studie von Roeck et al. (2019) durch ihren Mangel an technischen Details auch exemplarisch auf, was oft die grösste Problematik der Blockchain-Fallstudien ist: Die technischen Details der untersuchten Blockchain-Anwendungen werden oft nur rudimentär angedeutet, und entsprechend bleibt bei vielen Fallstudien offen, ob und – wenn ja – in welcher Form die Blockchain-Technologie bei den untersuchten Anwendungen eingesetzt wird.

1.5 Kategorie 5: Befragungen

Die Erkenntnisse aus praxisbezogenen Befragungen (z.B. Hackius & Petersen, 2017; Korpela et al., 2017; IBM Schweiz, 2018; Petersen et al., 2018; Wang et al., 2019b) von unterschiedlichen Supply-Chain-Management-Expertinnen und -Experten (z.B. Managerinnen und Manager, Beraterinnen und Berater, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) zeigen, dass die Befragungsteilnehmenden gegenüber der Blockchain-Technologie grundsätzlich sehr positiv eingestellt sind. Gerade die Manager wissen aber nicht, was nun genau der praktische Nutzen sein soll und unter welchen Bedingungen eine Blockchain überhaupt einen Mehrwert für das Unternehmen generieren kann. Dabei verstehen die Supply-Chain-Experten sehr wohl den

bereits oft zitierten theoretischen Nutzen von Vertrauensbildung, Transparenz, Disintermediation und Prozessautomatisierung, gleichzeitig werden aber mit fehlenden Standards und Interoperabilität, Datensicherheitsrisiken, mangelnder technischer Marktreife und Akzeptanz der Blockchain sowie den unterschiedlichen Stakeholder-Interessen auch einige Umsetzungsschwierigkeiten genannt, welche die Befragten am Einsatz und Mehrwert der Blockchain zweifeln lassen. Die daraus resultierende zögerliche Adoption von Blockchains in der Supply Chain und Logistik-Branche begründen Petersen et al. (2018, S. 266) denn auch relativ einfach: „If people from a rather conservative and efficiency-focused industry, like SC&L, are expected to buy into new technology, the benefit must be very clear. Just because something is new doesn't mean everyone gets too excited."

Um dieser eher zögerlichen Adoption der Blockchain-Technologie nachzugehen, gab es in den letzten Jahren einige wissenschaftliche Studien, welche auf der theoretischen Basis des 'Technology Acceptance Model' (Davis, 1989) (z.B. Kamble et al., 2019; Queiroz & Wamba, 2019) oder dem 'Technology-Organization-Environment (TOE)-Frameworks' (DePietro et al., 1990) (z.B. Wong et al., 2020; Kouhizadeh et al., 2021; Lustenberger et al., 2021) den Blockchain-Adoptionseinflussfaktoren auf die Spur zu kommen versuchten. Die Resultate der Umfragen zeichnen dabei alle ein sehr ähnliches Bild: Eine Adoption der Blockchain-Technologie in der Supply Chain wird nur dann in Erwägung gezogen, wenn die Technologie als benutzerfreundlich ('preceived ease of use') und nützlich ('preceived usefulness'; 'relative advantage') wahrgenommen wird. Gerade in diesen Bereichen liegen aber gemäss den Studien die grössten Herausforderungen für die Blockchain-Technologie, denn für viele Supply-Chain-Experten ist die Technologie noch unausgereift und mit vielen Sicherheitsproblemen sowie mit (zu) hohen unternehmensübergreifenden Zusammenarbeits- und Koordinationsaufwänden verbunden. Deshalb kann es auch nicht überraschen, dass aufgrund der mangelnden Kenntnisse und der eher negativen Wahrnehmungen die Anwendung der Blockchain-Technologie in der Supply Chain nur zögerlich erfolgt.

1.6 Forschungslücke

Die Aufarbeitung des Forschungstandes hat gezeigt, dass vor allem aus einer theoretisch-konzeptuellen Betrachtung verständlich dargelegt werden kann, welchen Nutzen und Mehrwert die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management haben kann. Wie mehrere neuere systematische Literaturauswertungen gut belegen konnten (z.B. Hald &

Kinra, 2019; Pournader et al. 2019; Quieroz et al., 2019; Wang et al., 2019a; Zhao et al., 2019; Gonczoel et al., 2020; Wan et al., 2020), hat sich diesbezüglich in der Wissenschaft sowie in der praktischen Wahrnehmung (Wang et al., 2019b) ein Konsens durchgesetzt: Dank der Bildung von neuen Vertrauensverhältnissen innerhalb von Netzwerken können Blockchain-Anwendungen vor allem durch mehr Transparenz, Datensicherheit, Disintermediation und Prozessautomatisierungen einen Mehrwert für Supply-Chain-Netzwerke schaffen.

Allerdings wird in der Literatur auch immer wieder darauf hingewiesen, dass mehr empirische Untersuchungen mit einem starken Fokus auf die praktischen Anwendungen und Umsetzungen dieser Technologie nötig sind, da zurzeit noch keine Ergebnisse publiziert wurden, welche klar aufzeigen, unter welchen Bedingungen die theoretischen Versprechen der Blockchain-Technologie in der Praxis in einer Supply Chain auch tatsächlich eingelöst werden können (z.B. Galvez et al., 2018; Risius & Spohrer, 2018; Treiblmaier, 2018; Cole et al., 2019; Saberi et al., 2019; Queiroz et al., 2019; Wang et al., 2019b Babich & Hilary, 2020; Koh et al., 2020; Schmidt & Wagner, 2019). Der Mangel an Kenntnissen zum praktischen Nutzen ist insofern kritisch, als viele Unternehmen aufgrund der kaum vorhandenen praktischen Erfahrungen nicht recht verstehen, was sie von dieser neuen Technologie genau erwarten können und wie sie sich dieser annähern sollen (Gonczol et al., 2020). Dabei zeigen Untersuchungen zur Adoption der Blockchain-Technologie, dass gerade die wahrgenommene Nützlichkeit und Anwendungsfreundlichkeit der Technologie entscheidenden Einfluss auf die Projektumsetzung haben (Kamble et al., 2019; Queiroz & Wamba, 2019; Wong et al., 2020; Kouhizadeh et al., 2021)

Die Dissertation setzt sich daher zum Ziel, einen Beitrag zur Schliessung dieser Wissens- und Kenntnislücke in Forschung und Praxis zu leisten, in der Hoffnung, dass durch ein grösseres Verständnis des praktischen Nutzens der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management sich auch vermehrt Unternehmen dieser neuen Technologie durch eigene Experimente annähern werden. Dabei kann aufgrund der Literaturrecherche der Mangel an Kenntnissen über den praktischen Nutzen und Mehrwert einer Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management vor allem auch darauf zurückgeführt werden, dass es an Forschungsarbeiten aus einer holistischen Perspektive fehlt. Denn während sich die einen Forschenden vor allem auf die technischen Aspekte der Blockchain fokussieren, versuchen andere, über theoretische Überlegungen oder kurze Fallbeschreibungen Anwendungsfälle für

Blockchains zu definieren, ohne sich mit der technischen Umsetzung auseinanderzusetzen. Beide Forschungsausrichtungen können mit diesem limitierten Fokus für Unternehmen allerdings kaum Erkenntnisse zum praktischen Nutzen einer Blockchain liefern.

Denn Forschungsarbeiten der ersten Ausrichtung können zwar technisch aufzeigen, was eine Blockchain kann bzw. nicht kann, der praktische Nutzen und operative Mehrwert der vorgeschlagenen Lösungen bleibt aber unerforscht und damit für die Unternehmen weiterhin nicht ersichtlich. Der kritische Aspekt aller Anwendungs-Analysen und kurzen Fallbeschreibungen ist die mangelnde technische Erklärung der verwendeten Blockchain-Lösung. So beschreiben z.B. Kshetri und Loukoianova (2019), wie Walmart auf ‘ihrem Blockchain-System‘ in einem Pilotversuch erfolgreich Schweinefleisch aus China nachverfolgen konnte, ohne dabei auf die technischen Details dieses ‘Blockchain-Systems‘ genauer einzugehen. Oder Dujak und Sajter (2019), Hinckeldeyn (2019) und Jensen et al. (2019) berichten ausführlich über die Zusammenarbeit von IBM und Maersk und die vielen Vorteile für die Frachtunternehmen durch deren Blockchain-Anwendung ‘TradeLens‘, gehen aber nicht weiter darauf ein, wie die Blockchain-Technologie in diesem Fall genau eingesetzt wird. Ein weiteres, oft zitiertes Beispiel ist auch ‘Provenance‘, welches als Pionier in der Entwicklung einer Blockchain-basierten Lösung zum Produkt-Tracking gilt (z.B. Kshetri, 2018; Sternberg & Baruffaldi, 2018; Montecchi et al., 2019). Doch bei all diesen ‘Provenance‘-Zitierungen gilt: Eine Erklärung der technischen Umsetzung bleiben sämtliche Autoren schuldig.

Diese mangelnde technische Erklärung der Blockchain-Anwendung ist insofern kritisch, als z.B. Sternberg und Barufffaldi (2018), Verhoeven et al. (2018), Wüst und Gervais (2018) oder Sterneberg et al. (2020) aufzeigen, dass bei vielen der diskutierten Blockchain-Anwendungen fragwürdig ist, wie stark die dargestellte Anwendung tatsächlich auf der Blockchain-Technologie basiert und ob die Blockchain-Technologie überhaupt zur Problemlösung benötigt wird. Dabei stossen Verhoeven et al. (2018) auf eine Schwierigkeit, welche auch Galvez et al. (2018) und Gonczol et al. (2020) erwähnen: Auch wenn viele Unternehmen Blockchain-Pilotprojekte lanciert haben, ist es oft sehr schwer bis unmöglich, an detaillierte Informationen zur technischen Umsetzung zu kommen. Dies ist insofern von Bedeutung, als es sowohl aus technischer als auch aus unternehmerischer Sicht eine starke Tendenz zur

Vermeidung von vollständig verteilten Blockchain-Anwendungen gibt (vgl. Wu et al., 2017; Xu et al., 2017; Dujak & Sajter, 2019; Sterneberg et al., 2020).

Insofern besteht, wie in Abbildung 1 dargestellt, eine Lücke für Forschungsprojekte, welche sowohl die technische Umsetzung als auch den praktischen Nutzen von unterschiedlichen Blockchain-basierten Anwendungen in der Praxis untersuchen. Denn erst Forschungsbemühungen, welche die technische Umsetzung von Blockchain-basierten Lösungen zu konkreten Problemen im Supply Chain Management in der Praxis erforschen, können zu praxisrelevanten Erkenntnissen und Einsichten führen und damit einen Beitrag zum Verständnis des praktischen Nutzens und Mehrwerts von Blockchains im Supply Chain Management liefern.

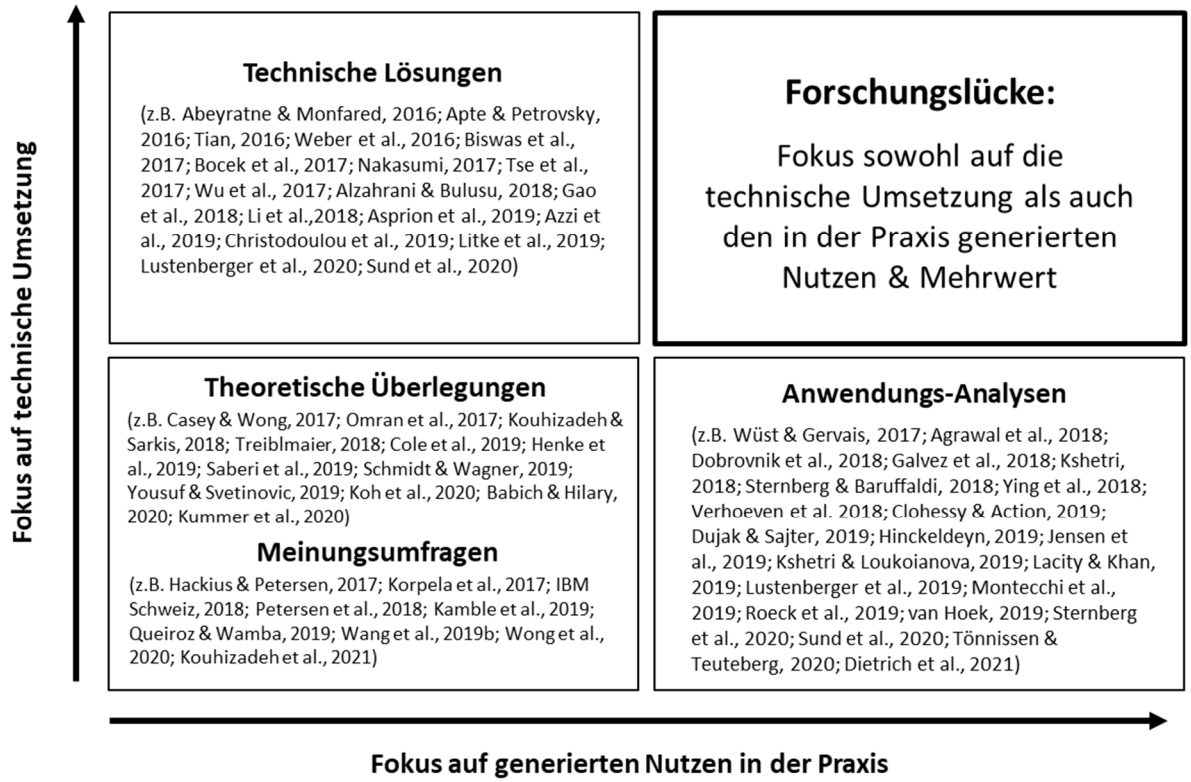

Abbildung 1: Fokus der Forschung im Bereich Blockchain-Technologie im SCM (Quelle: eigene Darstellung)

Dabei gilt es für die Dissertation weiter zu beachten, dass es mittlerweile aus technischer Sicht ganz unterschiedliche Blockchains gibt, welche für Unternehmen in der Praxis ganz unterschiedliche Nutzenversprechen, aber auch Herausforderungen ergeben (Gonczol et al, 2020). Entsprechend können all jene Forschungsbemühungen, welche sich nur auf eine

technische Lösung zu einem Supply-Chain-Problem konzentrieren, auch kaum übertragbare Erkenntnisse für andere Unternehmen in einem anderen Kontext und anderen Blockchains liefern. Es besteht hier also eine weitere Forschungslücke für Untersuchungen, welche unterschiedliche technische Lösungen in unterschiedlichen Zusammenhängen untersuchen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Literaturrecherche zur Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management grundsätzlich zwei grundlegende Forschungslücken ergab: *Erstens* ist noch unbeantwortet, ob und – wenn ja – unter welchen Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis tatsächlich einen Mehrwert für die Unternehmen generieren kann, und *zweites* fehlt es an Forschungsbemühungen aus einer ganzheitlichen Perspektive, welche sich für verschiedene Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management in der Praxis sowohl auf die technische Umsetzung als auch auf den praktischen Nutzen beziehen. Dabei ist aber wohl gerade diese zweite, methodische Forschungslücke einer der Hauptgründe für die erste, inhaltliche Forschungslücke.

1.7 Theoriegeleitete Fragestellungen

Ausgehend von der soeben beschriebenen Forschungslücke stellen sich aus einer theoretischen und konzeptionellen Perspektive einige Fragen. Grundsätzlich muss geklärt werden, wie, warum und wo die Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management überhaupt einen Mehrwert für die Unternehmen generieren kann. Um einen theoretisch fundierten Erklärungsansatz zu dieser grundlegenden Fragestellung entwickeln zu können, muss dazu einerseits den theoretisch-konzeptionellen Überlegungen zur unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit in Supply Chains nachgegangen werden und andererseits auch die Blockchain-Technologie theoretisch analysiert und verstanden werden, um dann zum Schluss aufarbeiten zu könnten, welche Rolle die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management spielen könnte. Dabei soll mit Blick auf das Thema dieser Dissertation immer auch ein besonderer Fokus auf die ‘Blockchain-Anwendung‘ – also die Anwendung der Blockchain-Technologie in der Praxis – gelegt werden. Denn nur wenn ein klares konzeptionelles Verständnis von ‘Blockchain-Anwendungen‘ besteht, können diese im Anschluss empirisch untersucht und evaluiert werden. Hierbei geht es also darum, zu klären, was eine ‘Blockchain-Anwendung‘ konzeptionell ist und wie diese empirisch untersucht werden kann.

Entsprechend stehen im Mittelpunkt der folgenden theoretischen Ausführungen die nachfolgenden theoriegeleitenden Fragestellungen:

1) Welches sind die relevanten Erkenntnisse zur Kooperation und Zusammenarbeit in Supply Chains mit einem besonderen Fokus auf den Informationsaustausch?
2) Was zeichnet die Blockchain-Technologie aus und welche Mehrwert stiftenden Eigenschaften weist sie für Unternehmen auf?
3) Wie kann eine Mehrwert stiftende Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management aus einer konzeptionellen Perspektive verstanden werden?
4) Wie kann für eine empirische Untersuchung eine Blockchain-Anwendung konzeptionell verstanden werden?

2 Theoretische Ausführungen

Im ersten Kapitel werden die relevanten Erkenntnisse aus dem Supply Chain Management in Bezug auf Kooperation und Zusammenarbeit in unternehmensübergreifenden Netzwerken aufgegriffen und aus einer konzeptionellen Perspektive zusammengefasst. Dies soll auch der theoretischen und konzeptionellen Verortung der Dissertation dienen. Mit dem Ziel, ein vertieftes Verständnis für die Blockchain-Technologie und deren generelles (theoretisches) Nutzenversprechen zu entwickeln, setzt sich das zweite Kapitel mit den besonderen Merkmalen und Charakteristiken dieser neuen Technologie auseinander. Das dritte Kapitel widmet sich der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management mit dem Ziel, ein eindeutiges Verständnis zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management zu entwickeln. Im vierten Kapitel wird schliesslich ein konzeptionelles Modell zur Analyse und Bewertung von Blockchain-Anwendungen entwickelt, auf dessen Basis im empirischen Teil dieser Dissertation konkrete Blockchain-Anwendungsfälle untersucht werden können.

2.1 Supply Chain Management

2.1.1 Definition 'Supply Chain Management'

Das Supply Chain Management erlangte grosse Aufmerksamkeit bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Praktikerinnen und Praktikern, als es in den 1980er-Jahren erstmals in der Unternehmensberatungsbranche auftauchte (Harland, 1996). In einem der ersten wissenschaftlichen Versuche, die Supply Chain und deren Management zu definieren, stellt Stevens (1989, S. 3) fest, dass „the supply chain begins with the source of supply and ends at the point of consumption". Dabei führt Stevens (1989) weiter aus, dass das Ziel des Managements der Supply Chain darin besteht, die Anforderungen der Kundinnen und Kunden mit dem Materialfluss zu synchronisieren, indem die widersprüchlichen Ziele eines hohen Kundenservices, geringer Bestandesinvestitionen und niedriger Stückkosten miteinander in Einklang gebracht werden. Seitdem wurden viele verschiedene 'Supply Chain Management'-Konzepte auf der Basis von „value streams" (Womack und Jones, 2003), „demand chains" (Heikkilä, 2002), „supply networks" (Lamming et al., 2000; Harland et al., 2001) oder auch „logistics piplines" (Scott und Westbrook, 1991; Christopher und Towill, 2002) aus der Perspektive unterschiedlicher Disziplinen wie Logistik und Transport, Beschaffungs- und Versorgungsmanagement, Vertriebsmanagement, Marketing, Prozessmanagement, strategisches Management, Systemtechnik oder Organisationsverhalten entwickelt (Croom et al., 2000; Guinipero et al., 2008). Dieser breite und uneinheitliche Umfang und die unterschiedlichen Definitionen von 'Supply Chain Management' haben zur Kritik geführt, dass Supply Chain Management nicht als eigenständige wissenschaftliche Disziplin angesehen werden kann, da es an disziplinweit akzeptierten Begriffen, Paradigmen, Theorien und Konzepten fehlt (vgl. New, 1996; Croom et al., 2000; Harland et al., 2006; Chicksand et al., 2012).

Es ist keineswegs die Absicht dieser Dissertation, zu dieser laufenden akademischen Diskussion beizutragen oder sie gar zu lösen – dieser Versuch wurde bereits von anderen mit begrenztem Erfolg unternommen (z. B. Mentzer et al., 2001, Chen & Paulraj, 2004; Giannakis & Croom, 2004; Soni & Kodali, 2013). Insbesondere aufgrund des multidisziplinären Charakters und der daraus resultierenden vielfältigen Ausrichtung des Supply Chain Management scheint es unmöglich zu sein, einen allgemein akzeptierten Umfang und eine

allgemein akzeptierte Bedeutung zu definieren. Um Missverständnisse zu vermeiden, ist es dennoch notwendig, kurz zu erläutern, wie die Begriffe 'Supply Chain' und insbesondere 'Supply Chain Management' in dieser Arbeit verwendet werden.

Bereits Heikkilä (2002) führt dazu aus, dass die Literatur zu Supply Chain Management grob in zwei Gruppen eingeteilt werden kann: eine *erste*, die ihren Fokus auf die Struktur und die Prozesse in Lieferketten legt (z.B. Forrester, 1958; Burbidge, 1961; Lee et al., 1997a; Fisher, 1997), und eine *zweite*, die sich in erster Linie mit den Beziehungen zwischen Unternehmen in industriellen Netzwerken befasst (z.B. Williamson, 1985; Kumar et al., 1995; Dyer & Singh, 1998). Dabei unterscheiden sich diese beiden Supply-Chain-Ansätze hauptsächlich in Bezug auf die Frage, inwieweit die internen Aktivtäten eines Unternehmens dem Supply Chain Management zugeordnet werden oder ob sich das Supply Chain Management explizit nur mit den unternehmensübergreifenden Bemühungen zur Koordination des Material- und Informationsflusses befasst und damit auch in Abgrenzung zur vertikalen Integration einen alternativen Ansatz zum Beziehungs- oder Partnerschaftsmanagement darstellt, wie unter anderem von Ellram (1991) argumentiert wird.

Mit dem Augenmerk auf die Beziehung zwischen Unternehmen definiert Christopher (2016, S. 3) 'Supply Chain Management' sodann klar in Abgrenzung zum organisationsinternen Prozess- und Operationsmanagement als „the management of upstream and downstream relationships with suppliers and customers in order to deliver superior customer value at less cost to the supply chain as a whole." Dabei stützt er sich wiederum auf eine Definition von Aitken (1998, S. 67), welche Supply Chains beschreibt als „a network of connected and interdependent organisations mutually and co-operatively working together to control, manage and improve the flow of materials and information from suppliers to end users."

Diesem expliziten Fokus von Supply Chain Management auf die unternehmensübergreifenden Aktivitäten und Beziehungen innerhalb eines in Abhängigkeit stehenden, kooperierenden Organisationsnetzwerkes schliesst sich diese Dissertation an. Entsprechend kann Supply Chain Management für den Zweck dieser Dissertation als alle Managementmassnahmen definiert werden, die sich mit der Koordinierung von Ressourcen und Aktivitäten über ein Organisationsnetzwerk hinweg befassen, mit dem Ziel, die Wertschöpfung des Netzwerks zu maximieren, indem ein höherer Kundennutzen zu geringeren Kosten geschaffen wird.

2.1.2 Theorie der Supply Chain Integration

Gerade im Zuge der Globalisierung der Wertschöpfungsketten, der gesteigerten Kundenbedürfnisse nach individualisierten Angeboten und des zunehmenden Fokus der Unternehmen auf die eigenen Kernkompetenzen gewann seit der Jahrtausendwende das Management der sich auf einem globalen Markt konkurrenzierenden Unternehmensnetzwerke zunehmend an strategischer Bedeutung (Christopher, 2016; Chopra & Meindl, 2016). Diese generellen Bemühungen hin zu einer netzwerkübergreifenden Zusammenarbeit wird gemeinhin als 'Supply Chain Integration' bezeichnet und kann als theoretisches Fundament des 'Supply Chain Management' betrachtet werden (vgl. Stevenes, 1989; Ellram und Cooper, 1990; Mentzer et al., 2001; Chen & Paulraj, 2004; Harland et al., 2006; Carter et al., 2015; Flynn et al., 2016).

Allerdings wurde das Konzept der 'Supply Chain Integration' im Zuge der bereits erwähnten Kritik am 'Supply Chain Management' als eigenständige wissenschaftliche Fachdisziplin aufgrund einer mangelnden theoretischen Begründung und Fundierung auch immer wieder kritisiert (vgl. Cox, 1999; Müller, 2005; Williamson, 2008; Carter, 2011; Chicksand et al., 2012). Eine neuere Analyse zu diesem Thema von Ellram und Cooper (2014) kommt entsprechend zum Schluss, dass Supply Chain Management wohl noch keine eigenständige Fachdisziplin ist. Mit seinem Fokus auf die integrativen Managementaktivitäten über die Unternehmensgrenzen hinaus mit dem Ziel, als Netzwerk einen kompetitiven Vorteil zu erreichen, kann das Supply Chain Management aber durchaus einen wichtigen praktischen und wissenschaftlichen Beitrag zur Bildung und Organisation von Unternehmensnetzwerken in der heutigen Zeit leisten.

Entsprechend wurde die 'Supply Chain Integration' als theoretisches Grundkonzept des Supply Chain Management in vielen wissenschaftlichen Artikeln auf der Basis von unterschiedlichen ökonomischen und institutionellen Theorien begründet (z.B. Müller, 2005; Chen et al., 2009; Cao & Zhang, 2011; Leuschner et al., 2013; Fawcett et al., 2015; Um & Kim, 2018). Der positive Effekt von kooperativen und koordinativen Supply-Chain-Management-Aktivitäten konnte mittlerweile auch in zahlreichen empirischen Studien belegt (z.B. Frohlich & Westbrook, 2001; Heikkilä, 2002; Flynn et al., 2010; Prajogo & Olhager, 2012) sowie in umfassenden Meta-

Analysen bestätigt werden (Leuschner et al.,2013; Mackelprang et al., 2014; Chang et al., 2016; Ataseven & Nair, 2017).

Die Dissertation wird daher auf dem theoretisch sowie empirisch mehrfach belegten Konzept der ‘Supply Chain Integration‘ aufbauen. Dieses Konzept besagt in seiner einfachsten Form, dass eine engere netzwerkübergreifende Kooperation (‘cooperation‘) und Zusammenarbeit (‘collaboration‘) zu einer besseren Unternehmensleistung bei allen beteiligten Unternehmen führt. Mit Blick auf das Thema der Dissertation ist dabei die Erkenntnis aus den verschiedenen Studien von Bedeutung, dass ein ungehinderter Informations- und Wissensaustausch über die gesamte Supply Chain einer der wichtigsten Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche unternehmensübergreifende Kooperation und Zusammenarbeit ist (Lee et al., 1997a; Lee et al., 1997b; Leuschner et al., 2013; Stevens & Johnson, 2016; Vanpoucke et al. 2017).

2.1.3 Rolle des Informationsaustausches in der Supply Chain

Die wichtige Bedeutung des Informationsaustausches in der Supply Chain Integration sollte nicht überraschen, denn wie Chopra und Meindl (2016) deutlich machen, stellen Informationen den einzigen beeinflussbaren Faktor in einer Supply Chain dar, welcher vom Management für eine Steigerung der Reaktionsfähigkeit bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung genutzt werden kann. Eine Verbesserung des Informationsaustausches in der Supply Chain stellt damit eine Chance dar, den im Supply Chain Management häufig diskutierten Zielkonflikt zwischen Flexibilität und Kosteneffizienz (z.B. Fisher, 1997; Christopher, 2000) zu überwinden. Damit ist auch verständlich, dass ein proaktives Management des Informationsflusses ein wichtiger Bestandteil eines erfolgreichen Supply Chain Management sein muss. Noch deutlicher wird dies mit dem Blick auf die kommende digitale Transformation, welche ganz im Zeichen eines verstärkten Wettbewerbs um die Wertschöpfung mit digitalen Daten und Information stehen wird (Porter & Heppelmann, 2014; Raynor & Cotteleer, 2015; Mussomeli et al., 2016).

Wie der Informationsaustausch in einer Supply Chain grundsätzlich strukturiert und organisiert werden kann, haben Lee und Whang (2000) in ihren ‘Drei Modellen des Informationsaustausches’ konzeptionell aufgezeigt. Wie in Abbildung 2 dargestellt, werden im Transfer-Modell die Informationen von einem Unternehmen direkt zur Verarbeitung und Verwaltung an ein anderes Unternehmen der Supply Chain weitergeleitet. Beim zweiten

Ansatz, dem Drittpartei-Modell, werden im Auftrag der beteiligten Unternehmen sämtliche Informationen an ein neutrales Drittunternehmen zur Verarbeitung und Verwaltung übergeben. Als dritte Möglichkeit bietet sich das Netzwerk-Modell an, bei welchem die Speicherung und Verwaltung der relevanten Informationen von einem externen, von den Supply-Chain-Partnern gemeinsam kontrollierten System übernommen wird.

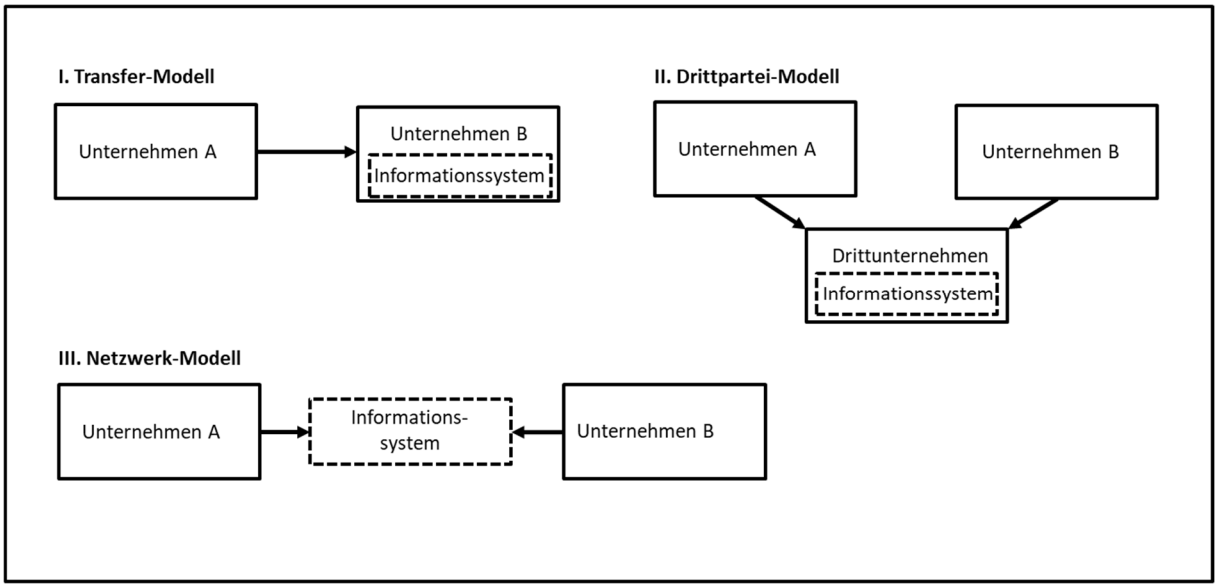

Abbildung 2: Drei Modelle des Informationsaustausches (Quelle: eigene Darstellung nach Lee & Whang, 2000, S. 86)

Mit dem Wissen um die Bedeutung von Informationen für die Gestaltung von effizienten und flexiblen Supply Chains wurde die Neustrukturierung des Informationsaustausches mit Hilfe von neusten Informations- und Kommunikationstechnologien von vielen Unternehmen zum strategischen Ziel erklärt (z.B. Gunasekaran & Ngai, 2004; Müller, 2005; Mariani et al. 2015). Diese Neustrukturierung in Form von ‘Supply Chain Control Towers‘ (Shoun-Wen et al., 2013; Trzuskawska-Grzesińska, 2017) und ‘Digital Supply Chains‘ (Mussomeli et al., 2016; Cordon, 2017) wird zurzeit allerdings vor allem von Grossunternehmen entlang des Transfer- oder Drittpartei-Modells vorangetrieben. Dies ist insofern nicht verwunderlich, als Trzuskawska-Grzesińska (2017) in ihrer Forschung zu den ‘Control Towers‘ festhält, dass es für Unternehmen eigentlich nur zwei Optionen gibt: entweder sie entwickeln und betreiben einen eigenen Tower oder sie kaufen den Tower als Dienstleistung von spezialisierten Unternehmen ein.

Allerdings haben bereits Lee und Whang (2000) festgehalten, dass die Intensivierung des Informationsaustausches in Supply Chains und die daraus resultierende partnerschaftliche Kooperation in der Realität oft mit Hindernissen verbunden sind. Verschiede Autoren haben dabei versucht, diese Schwierigkeiten detailliert zu erfassen (z.B. Barratt, 2004; Fawcett et al., 2015). Zusammenfassend können dabei aus der Literatur zwei mögliche Hindernisse als vorherrschend bezeichnet werden: Entweder Unternehmen können Daten und Informationen gar nicht gewinnbringend austauschen, weil ihnen die entsprechenden technologischen Ressourcen fehlen (z.B. Gunasekaran & Ngai, 2004; Rai et al., 2006; Prajogo & Olhager, 2012; Liu et al., 2016; Zhang et al., 2016), oder Unternehmen wollen sensible Daten und Informationen nicht mit Supply-Chain-Partnern austauschen, weil es am Vertrauen fehlt, dass die Daten und Informationen nicht – absichtlich oder unabsichtlich – zum eigenen Schaden verwendet werden (z.B. Cox, 1999; Lee & Whang, 2000; Brinkhoff et al., 2015; Singh & Teng, 2016; Özer & Zheng, 2017).

Zum besseren Verständnis dieser beiden Hindernisse im unternehmensübergreifenden Informationsaustausch wird im Folgenden auf die Rolle der Informationstechnologie sowie des Vertrauens in Supply Chains kurz eingegangen.

2.1.4 Rolle der Informationstechnologie in der Supply Chain

Wie bereits dargelegt, nehmen gerade die neu aufkommenden technologischen Möglichkeiten sowohl bei der digitalen Transformation als auch bei der Neugestaltung des Informationsflusses in der digitalen Supply Chain eine entscheidende Rolle ein. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bereits zur Jahrtausendwende viele Autoren ihre Hoffnung geäussert haben, dass dank den neuen technologischen Möglichkeiten des Internets und der Big Data Analytics eine ganz neue Ära des Daten- und Informationsaustausches im Supply Chain Management anbrechen wird (z.B. Lee & Whang, 2000; Frohlich & Weststrbock, 2001; Gunasekaran & Ngai, 2004).

Grundsätzlich wird angenommen, dass in Zukunft durch Sensoren und GPS-/GSM-basierte Chips vermehrt riesige Datenmengen von grosser Vielfalt und verschiedener Ausprägung (sog. ‘Big Data‘) erfasst werden (Wamba et al., 2015). Aufgrund der Menge und der benötigten Echtzeit werden diese Daten nicht mehr über eigene Netzwerke ins firmeneigene ERP-System eingepflegt, sondern gelangen über das Internet in Echtzeit an cloudbasierte Plattformen zur

weiteren Verarbeitung und Verwaltung. Das Einrichten von EDI-Schnittstellen zur meist verzögerten Punkt-zu-Punkt-Datenübermittlung mit Supply-Chain-Partnern wird damit in Zukunft hinfällig und durch neue Datenprotokolle ersetzt (Nurmilaakso, 2007). Neue Analysemethoden (sog. 'Big Data Analytics') können sodann den Unternehmen ganz neue Informationen und Einsichten über die gesamte Supply Chain liefern (Waller & Fawcett, 2013; Wang et al., 2015).

Tatsächlich konnte in mehreren Studien der positive Effekt von einer integrierten IT-Infrastruktur auf die Supply Chain Integration sowie die Unternehmensleistung aufgezeigt werden (da Silveira & Cagliano, 2006; Rai et al., 2006; Bruque-Cámara et al., 2016; Liu et al., 2016; Singh & Teng, 2016; Zhang et al., 2016). Allerdings konnte in der Praxis auch festgestellt werden, dass viele Unternehmen gar keine unternehmensübergreifende IT-Schnittstelle zu ihren Supply-Chain-Partnern haben (Deflorin et al., 2015), und ganz generell die partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Supply Chain wesentlich weniger verbreitet ist, als dies die positiven empirischen Erkenntnisse vermuten lassen würden (Angerer et al., 2011; Childerhouse & Towill, 2011; Fawcett et al., 2015; Zhang & Cao, 2018).

Dies mag einerseits darauf zurückzuführen sein, dass all diese neuen technologischen Möglichkeiten auch neue IT-Kompetenzen und -Infrastrukturen (z.B. Standards) bedeuten (Waller & Fawcett, 2013), welche die Unternehmen schlicht noch nicht haben, um erfolgreich über Unternehmensgrenzen hinaus zu integrieren (Liu et al., 2016). Es fehlt also vereinfacht gesagt an einer interoperablen IT-Infrastruktur, zu welcher alle Unternehmen einen einfachen Zugang haben. Darüber hinaus zeigen Ngai et la. (2004) in ihrer Studie über webgestützte Supply-Chain-Management-Systeme deutlich, dass eine sichere Dateninfrastruktur und der Datenschutz im Allgemeinen kritische Faktoren bei der Einführung neuer Informationssysteme in Supply Chains sind. Anderseits zeigen Studien auch, dass eben oft nicht die technische Vernetzung von Unternehmen das effektive Hindernis einer engeren Zusammenarbeit ist, sondern es schlicht am Willen (Fawcett et al., 2007) und am Vertrauen (Bruque-Cámara et al., 2016) bei den Unternehmen fehlt, um einen erfolgreichen Austausch von Daten und Informationen in der Supply Chain zu ermöglichen.

2.1.5 Rolle des Vertrauens in Supply Chains

Mayer et al. (1995, S. 712) definieren Vertrauen als „the willingness of a party to be vulnerable to the actions of another party". In Bezug auf Supply Chains kamen Kumar et al. (1995) entsprechend zum Schluss, dass Unternehmen in zweifacher Hinsicht vertrauen müssen: *erstens* darin, dass der Geschäftspartner *ehrlich* ist, das heisst aufrichtig ist und seine Versprechungen einhält; und *zweitens* darin, dass der Geschäftspartner *wohlwollend* ist, das heisst am Wohlergehen interessiert ist und nichts unternimmt, was sich negativ auf das Unternehmen auswirkt (vgl. auch vgl. auch Anderson & Narus, 1990). Ghosh und Fedorowicz (2008) kommen in ihrer Studie zur Rolle von Vertrauen in der Supply-Chain-Governance weiter zum Schluss, dass vornehmlich vier Vertrauensarten die Koordinations- und Leistungsunterschiede von Supply Chains erklären können: 1) das Vertrauen in die kalkulatorischen Bewertungen der Vor- und Nachteile einer Zusammenarbeit (*calculative trust*), 2) das Vertrauen in die Fähigkeiten und Kompetenzen der Supply-Chain-Partner (*competence trust*), 3) das Vertrauen in die Integrität, Ehrlichkeit und Loyalität der Unternehmenspartner (*trust in integrity*), und schliesslich 4) das Vertrauen in konsistente, stabile und vorhersehbare Verhaltensmuster der Supply-Chain-Partner (*trust in predictability*).

Auf der Basis dieser Überlegungen kann es daher nicht überraschen, dass Fawcett et al. (2007) in ihrer Studie festhalten, dass der Wille zum Informationsaustausch in der Supply Chain eine vertrauensvolle Beziehung zwischen den Unternehmen voraussetzt. Denn aufgrund von Informations- und Machtasymmetrie (Cox, 2004; Müller, 2005), ungleichen Abhängigkeiten (Cox, 1999; Capaldo & Giannoccaro, 2015) und unterschiedlichen Interessen (Lee & Whang, 2000; Zhang & Cao, 2018) kommt es in Supply Chains immer wieder zu Situationen, in denen Unternehmen aufgrund von mangelndem Vertrauen in das kooperative Verhalten der Supply-Chain-Partner auf einen weiterführenden Informationsaustausch und engere Zusammenarbeit willentlich verzichten (Kumar et al., 1995; Fawcett et al., 2015). Denn wie mehrere Studien zeigen konnten, fürchten sich Unternehmen oft vor einer absichtlichen oder unabsichtlichen Weitergabe von Informationen und dem Verlust von wertvollen Daten durch Sicherheitslücken und Hackerangriffen (Zhang & Li, 2006; Colicchia et al., 2019). Entsprechend wird die Frage, wie Vertrauen und Kooperationswille in der Supply Chain aufgebaut werden kann, im Supply Chain Management ausgiebig diskutiert (Kwon & Suh, 2004; Fawcett et al., 2012; Capaldo & Giannoccaro, 2015; Özer & Zheng, 2017).

Dabei meinen Anderson und Narus (1990) sowie später Dyer (1997), dass Unternehmen aktiv in den Aufbau und die Pflege der Partnerschaft investieren sollten, um den Vertrauensaufbau zu fördern und von den positiven Effekten der Kooperation zu profitieren. So können regelmässige Planungs- und Zielvereinbarungssitzungen zwischen den Partnern zur Vertrauensbildung beitragen (Anderson & Narus, 1990). Vertrauensfördernde Massnahmen sind nach Özner und Zheng (2017) zum Beispiel auch die Entkoppelung des Informationsaustausches von der Entscheidungsfindung sowie die Einführung eines direkten Datenaustausches anstelle der Einholung von Ratschlägen oder die Übertragung von Entscheidungsrechten wie zum Beispiel beim 'Vendor Managed Inventory'-Ansatz. Im Weiteren kommen Zhang und Li (2006) zum Schluss, dass Unternehmen durch die richtige Implementierung und Anwendung von Sicherheitstechnologien wie Firewalls, virtuelle private Netzwerke, Antivirensoftware, Überwachungssysteme und Sicherheitsaudits zum Aufbau einer robusten und umfassenden IT-Infrastruktur das Vertrauen ihrer Partner erheblich stärken können. In ihrer Studie zeigen Capaldo und Giannoccaro (2015) zudem, dass auch die Governance-Struktur innerhalb einer Supply Chain einen entscheidenden Einfluss auf einen effizienten und gewinnbringenden Vertrauensaufbau hat. Denn nach den Autoren zahlen sich vertrauensbildende Massnahmen vor allem bei dezentralen, gleichgestellten und viel weniger bei hierarchischen, zentralistischen Governance-Strukturen aus.

Nach Gereffi et al. (2005) gibt es dabei in Supply Chains neben den rein marktbasierten und den komplett vertikal integrierten Supply Chains noch drei netzwerkbasierte Formen der Governance-Strukturen, welche in dieser Arbeit als 'Modular', 'Relational' und 'Dominat'[6] bezeichnet werden sollen. Bei der Herausbildung der in Abbildung 3 dargestellten fünf typischen Supply-Chain-Governance-Strukturen spielt nach Gereffi et al. (2005) die Komplexität sowie die Automatisierbarkeit des Informations- und Wissensaustausches neben den Fähigkeiten in der Lieferantenbasis eine entscheidende Rolle. Denn mit der wachsenden Komplexität und der sinkenden Automatisierbarkeit des Informationsaustausches steigt auch der Druck zur expliziten unternehmensübergreifenden Kooperation und Zusammenarbeit, um

[6] Gereffi et al. (2005) brauchen den Begriff 'captive' (gefangen) für die dritte netzwerkbasierte Governance-Struktur, da sie sich auf die 'gefangenen' Lieferanten beziehen. Da die Dominanz einzelner Unternehmen in einer Supply Chain einfacher zu eruieren ist als die 'Gefangenschaft' vieler kleiner, soll für diese Arbeit die Dominanz einzelner Unternehmen in Supply Chains im Vordergrund stehen.

als Supply Chain noch wettbewerbsfähige Leistungen erbringen zu können. Die gesteigerte Integration führt nach Gereffi et al. (2005) auch zu verstärkten Abhängigkeiten, was dann gerade bei Situationen mit hoher Informations- und Machtasymmetrien zu Strukturen führt, in denen kleinere Unternehmen als 'gefangen' unter der Kontrolle von einzelnen dominanten Unternehmen bezeichnet werden können.

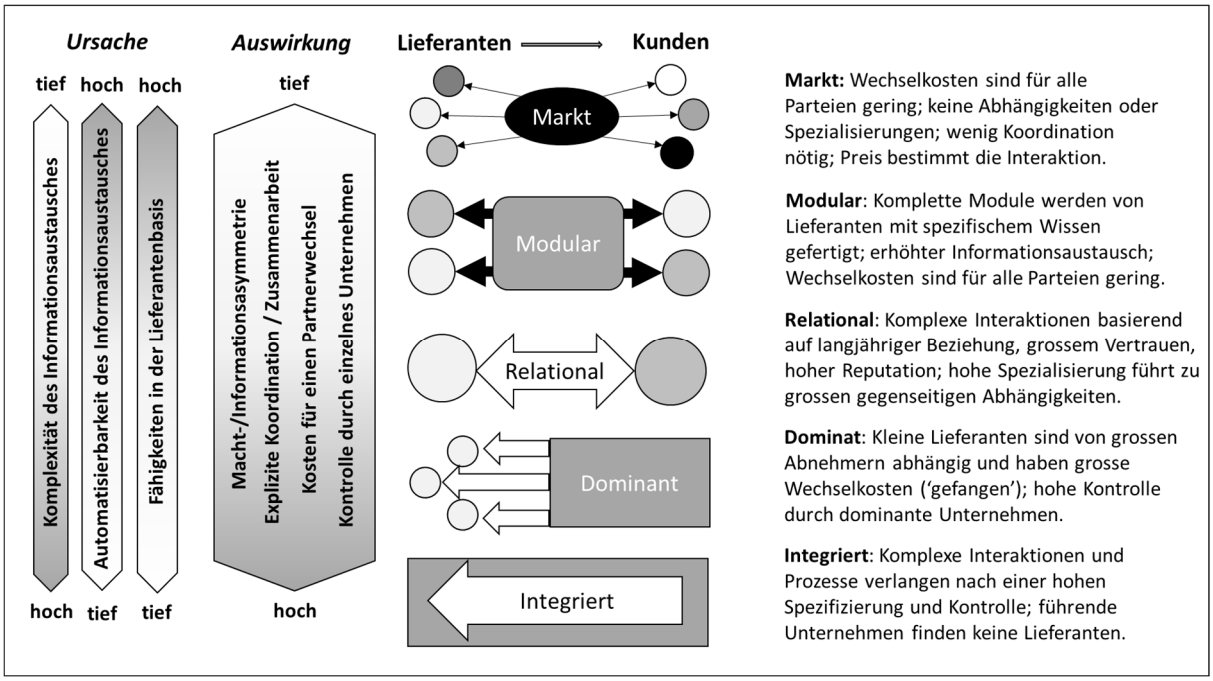

Abbildung 3: Fünf typische Supply-Chain-Governance-Strukturen (Quelle: eigene Darstellung nach Gereffi et al., 2005, p. 89)

Allerdings konnte in Studien bereits aufgezeigt werden, dass selbst eine asymmetrische Abhängigkeit bei genügend Vertrauen keinen negativen Effekt auf die Zusammenarbeit in Supply Chains haben muss (Brinkhoff et al., 2015). Auch in ihrer Studie zu den Governance-Mechanismen in Supply Chains gelangen Ghosh und Fedorowicz (2008) zum Schluss, dass Vertrauen bei der Ausgestaltung des unternehmensübergreifenden Informationsaustausches und damit der Supply Chain eine entscheidende Rolle spielt. Grundsätzlich kann dabei festgehalten werden, dass es viel Anstrengung und vor allem Zeit braucht, um Vertrauen in der Supply Chain aufzubauen. Denn auch wenn gewisse persönliche, kulturelle und institutionelle Voraussetzungen die Vertrauensbildung begünstigen (Kwon & Suh, 2004; Fawcett et al., 2012; Özer & Zheng, 2017), braucht es vor allem eine wiederholt erfolgreiche Wechselbeziehung und ein bewusstes kooperatives Verhalten, um eine positive Reputation und Vertrauensbasis zwischen den Partnern zu schaffen (Anderson & Narus 1990), welche

eine Investition in die IT-Infrastruktur und in einen erweiterten Informationsaustausch sowie die Zusammenarbeit erst ermöglichen (Prajogo & Olhager, 2012; Fawcett et al., 2012; Bruque-Cámara et al., 2016; Özer & Zhang, 2017; Um & Kim, 2018). In ihrer Studie kommen Singh und Teng (2016, S. 297) dann auch zu einer eindeutigen Aussage in Bezug auf die Rolle von Vertrauen in der Supply Chain: „it is a major source of social capital that adds value and reduces cost at the same time."

In Anbetracht dieser Überlegungen werden gerade der Blockchain-Technologie als 'trust machine' (Economist, 2015), 'truth machine' (Casey & Vigna, 2018) oder 'trustless Consens-Engine' (Davidson et al., 2018) einige Eigenschaften zugeschrieben, welche einen erhöhten Informationsaustausch nach dem Netzwerk-Modell auch für offenere, weniger dominanz- und kontrollbasierte Supply Chains aus theoretischer Sicht erleichtern müssten. Um diese Eigenschaften und die daraus resultierenden Nutzenversprechen besser zu verstehen, werden im folgenden Kapitel die grundlegenden Charakteristiken und Merkmale der Technologie vorgestellt und eingehender dargelegt.

2.2 Blockchain

2.2.1 Hintergründe der Technologie

Seit den frühen 1980er-Jahre wurde unter Kryptographen und Computerwissenschaftlern diskutiert, wie eine rein digitale Währung ('Digital Cash') basierend auf einem verteilten Netzwerk und ohne eine zentrale Institution technisch umgesetzten werden könnte (Chaum, 1982; Szabo, 1996). Diese Ideen waren dabei nicht nur technische Lösungen für die Schaffung eines anonymen und dezentralen digitalen Zahlungssystems, sondern immer auch ein Versuch, die Kontrolle zentraler Institutionen wie Banken oder Regierungen zu umgehen. Allerdings dauerte es bis zum Whitepaper von Satoshi Nakamoto im Jahre 2008, bis es jemandem gelingen sollte, das sogenannte 'Double Spending'-Problem – also das Problem, dass 'digitale Münzen' in einem dezentralen Netzwerk mehrmals ausgegeben werden können – technisch einwandfrei zu lösen. Das eigentliche Ziel von Nakamoto war der Entwurf eines „electronic payment system based on cryptographic proof instead of trust, allowing any two willing parties to transact directly with each other without the need for a trusted third party" (Nakamoto, 2008, S. 1). Die Blockchain-Technologie selbst erfand er dabei als Mittel zum

Zweck, sodass sie eigentlich ein Nebenprodukt war. Entsprechend wurde die Blockchain-Technologie – welche Nakamoto in seinem Whitepaper von 2008 noch nicht so bezeichnete – auch erst mit der Umsetzung von Nakamotos Konzept in den folgenden Jahren als das erkannt, als was es heute und nach Jahren der intensiven Forschung angesehen wird: als einer der wichtigsten Durchbrüche in der Distributed-Computing-Wissenschaft (Atzori, 2015).

Dabei basiert die Blockchain-Technologie auf einer innovativen Kombination von verschiedenen, bereits seit Längerem bekannten Technologien und Konzepten (Drescher, 2017; Lin & Liao, 2017), welche generell in vier technische Hauptkomponenten unterteilt werden können (Van Valkenburgh, 2016; Voshmgir, 2016; Hopf & Picot, 2018; Wüst & Gervais, 2018):

P2P-Netzwerke: Jeder Teilnehmer des Netzwerks ist sowohl ein Client als auch ein Server mit identischen Kopien der verteilten Transaktionsdatenbank, womit auf eine verwundbare zentrale Steuerungs- und Kontrollinstanz verzichtet werden kann.
Kryptografie: Einerseits besteht durch die Verwendung von asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren ein sicheres Authentifizierungssystem (= Digitale Signatur) und andererseits werden kryptographische Hashfunktionen für die Sicherung der verteilten Transaktionsdatenbank (= Hash-Baum) verwendet.
Konsensmechanismus: Ein Entscheidungsmechanismus erlaubt es den Netzwerkteilnehmenden, sich fortlaufend und in zeitlich vorhersehbaren Abständen auf einen gemeinsamen Datenbank-Status zu einigen.
'Blockchain'-Transaktionsdatenbank: Authentifizierte Transaktionen werden kryptografisch in einem Block zusammengefasst (= Hash-Baum), welcher anschliessend kryptografisch gesichert an die bereits bestehende Transaktionsdatenbank (= Blockchain im engeren Sinn) angehängt wird.

Aus dieser vereinfachten Erklärung der Blockchain-Technologie wird ersichtlich, dass 'Blockchain' in einem engeren Sinn eigentlich bloss die Datenstruktur einer Datenbank beschreibt, bei welcher Transaktionsdaten in Blöcken einer Kette hinzugefügt, aber nicht gelöscht oder abgeändert werden können (Van Valkenburgh, 2016; Drescher, 2017). Diese 'Blockchain'-Datenstruktur ist aber nicht das wirklich innovative der Blockchain-Technologie und eine Reduktion darauf würde der Bedeutung der Technologie nicht gerecht. Van

Valkenburg (2016, S. 3) drückt es so aus: “Consensus mechanisms, however, are the truly disruptive, interesting, and critical component of the design.”

Diese Konsensmechanismen basieren dabei in der Regel auf ökonomischen Anreizmechanismen, welche aus spieltheoretischer Sicht das Eigeninteresse jedes Teilnehmers mit dem Allgemeininteresse in Übereinstimmung bringen (Van Valkenburg, 2016; Voshmgir, 2016). Zusammen mit den oben beschriebenen kryptografischen Funktionen bildet der Konsensmechanismus damit jene ‘krypto-ökonomischen Protokolle’ (Zamfir, 2015; Davidson et al., 2016), welche durch die korrekte Validierung von Transaktionsdaten und die kontinuierliche Erweiterung und Synchronisierung der Transaktionsdatenbank über das ganze Netzwerk die Daten- und Systemintegrität der Blockchain garantieren (Drescher, 2017). In diesem Sinn und in Anlehnung an Drescher (2017) und Treiblmaier (2018) wird der Begriff ‘Blockchain’ in der Dissertation als Oberbegriff für ein verteiltes Peer-to-Peer-System verwendet, bei dem eine durch krypto-ökonomische Protokolle gesicherte Transaktionsdatenbank zum Einsatz kommt, auf welcher Transaktionsdaten protokolliert und in chronologischer Reihenfolge hinzugefügt werden, mit dem Ziel, dauerhafte und manipulationssichere Aufzeichnungen zu erstellen. Die Blockchain wird dabei oft auch als ‘Distributed Ledger‘ (verteiltes Register) bezeichnet und die Blockchain-Technologie als eine ‘Distributed Ledger Technology‘. Auch wenn rein technisch gesehen die Blockchain-Technologie eine mögliche Ausprägung einer ‘Distributed Ledger Technology‘ darstellt, werden die beiden Begriffe mittlerweile in der Praxis gleichwertig als Oberbegriff für ein Mehrparteien-Konsenssystem benutzt, welches es mehreren (sich misstrauenden) Parteien ermöglicht, eine Vereinbarung über replizierte, gemeinsam genutzte und synchronisierte Daten in einem kontradiktorischen Umfeld zu erreichen und aufrechtzuerhalten, ohne sich auf eine zentrale vertrauenswürdige Partei verlassen zu müssen (vgl. Van Valkenburgh, 2016; Rauchs et al., 2019). In dieser Dissertation wird daher auf eine technische Unterscheidung der beiden Begriffe verzichtet und grundsätzlich nur von ‘Blockchain‘ gesprochen, da sich diese Bezeichnung gerade im deutschsprachigen Raum in der Praxis durchgesetzt hat.

2.2.2 Grundeigenschaften der Blockchain

Blockchain ist eine relativ junge Technologie, welche seit der Entwicklung von Bitcoin im Jahr 2008 wesentlich weiterentwickelt wurde – und immer noch weiterentwickelt wird. Entsprechend kann aus einer technischen Perspektive eigentlich nicht von der Blockchain oder

der Blockchain-Technologie gesprochen werden, sondern nur von einer Mehrzahl von Blockchains und Blockchain-Technologien. Eine wesentliche Weiterentwicklung war dabei 'Ethereum', welche nicht mehr nur eine verteilte Transaktionsdatenbank ist, sondern vielmehr als eine 'verteilte Computerplattform' verstanden werden muss, auf der man grundsätzlich jedes Programm (Applikationen) hochladen und ausführen kann, das durch das verteilte Netzwerk garantiert genauso ausgeführt wird, wie es programmiert wurde (Buterin, 2014; Buterin, 2016).

Diese neuen Blockchains – die technisch am besten als „general-purpose programmable infrastructure with a public ledger that records the computional results" (Xu et al., 2017, S. 244) verstanden werden können und teilweise auch als 'Blockchain 2.0' (Bheemaiah, 2015) oder bereits als 'Blockchain 3.0' (Swan, 2015) bezeichnet werden – haben einige Eigenschaften, welche in der Literatur ganz unterschiedlich bezeichnet und beschrieben werden (z.B. Abeyratne & Monfard, 2016; Lin & Liao, 2017; Zheng et al., 2017; Xu et al., 2017), übersichtshalber aber wie folgt zusammengefasst und erklärt werden können:

(1) *Unveränderlichkeit:* In einer Blockchain speichert jeder Teilnehmer eine lokale Kopie des Transaktionsverlaufs. Sobald eine neue Transaktion verifiziert und offiziell auf der Transaktionsdatenbank registriert wird, aktualisiert jeder Teilnehmer seine lokale Transaktionshistorie. Eine nachträgliche Abänderung der verifizierten Transaktionen ist aufgrund der krypto-ökonomischen Protokolle einer Blockchain nur noch im Konsens möglich.

(2) *Transparenz:* Da jeder Teilnehmer eine Kopie der Transaktionsdatenbank auf seinem lokalen Rechner hält, ist im Grunde die ganze Transaktionshistorie aller Teilnehmer transparent. Obwohl die Daten selbst verschlüsselt und anonymisiert in der Transaktionsdatenbank abgespeichert werden können, bleibt transparent, welcher (anonymisierte[7]) Teilnehmer zu welchem Zeitpunkt eine Transaktion getätigt hat.

(3) *Dezentralität:* Da die Blockchain eine verteilte Transaktionsdatenbank darstellt, wird eine zentrale Verwaltungs- und Kontrollstelle überflüssig. Die Blockchain-Teilnehmer

[7] Die Anonymität bzw. Pseudo-Anonymität von Teilnehmern in Blockchains ist ein häufig diskutiertes Thema (vgl. Zheng et al., 2017), welches aber im Rahmen dieser Dissertation nicht weiter beleuchtet wird.

einigen sich gemeinsam mithilfe vorgegebener Konsensmechanismen auf eine singuläre Datenwahrheit, ohne auf eine zentrale Kontrollinstanz vertrauen zu müssen.

(4) *Automatisierung:* Die Blockchain ermöglicht die dezentrale Speicherung und Ausführung von Computerprogrammen. Wiederum speichert jeder Teilnehmer eine lokale Kopie dieser sogenannten 'Smart Contracts' (Szabo, 1996), was eine kollektive Überprüfung der Programmausgabe erlaubt. Über den Konsensmechanismus wird garantiert, dass als 'Smart Contract' programmierte Geschäftsprozesse ohne vertrauenswürdige Zentralstelle ausgeführt und durchgesetzt werden.

2.2.3 Hauptunterschiede von Blockchains

Die bis anhin beschriebenen Blockchains 'Bitcoin' und 'Ethereum' zeichnen sich dadurch aus, dass sie zur Validierung von neuen Transaktionsdaten und zur Verhinderung von Manipulationen auf die komplette Transparenz der gesamten Transaktionshistorie sowie auf sehr kostenintensive krypto-ökonomische Protokolle (sog. Proof-of-Work) setzen (Drescher, 2017). Allerdings stellen das Fehlen von Vertraulichkeit und der Mangel an Geschwindigkeit und Skalierbarkeit gerade für kommerzielle Anwendungen ein grosses praktisches Problem dar. Um Blockchains mit einer höheren Vertraulichkeit, Geschwindigkeit und Skalierbarkeit zu entwickeln, haben einige Unternehmen (z.B. IBM mit Hyperledger Fabric) sowie Konsortien (z.B. Finanzinstitute mit R3 Corda) mit der Entwicklung von sogenannten 'Permissioned Blockchains' begonnen (Wüst & Gervais, 2018).

Wie die Bezeichnung 'permissioned' (genehmigungspflichtig) bereits andeutet, erreichen diese Blockchains die höhere Vertraulichkeit, Geschwindigkeit und Skalierbarkeit, indem das Recht des Zugriffs auf die Transaktionsdatenbank auf Teilnehmer eingeschränkt wird, welche einen vorgängigen Authentifizierungs- und Genehmigungsprozess durch eine Autorität durchlaufen haben (Van Valkenburg, 2016). Denn durch die Beschränkung der Teilnehmer auf bekannte und genehmigte Teilnehmer, können diese Blockchains auf kostenintensive krypto-ökonomische Protokolle als Anreiz für ein korrektes Verhalten verzichten (Mattila, 2016). Entsprechend müssen Permissioned Blockchains auch keinen integrierten Zahlungsmechanismus über Kryptowährungen für die geleistete Netzwerkleistung implementieren, sondern können allfällige Leistungen der Teilnehmer auch anders abgelten (Peck, 2017). Allerdings verlieren diese Permissioned Blockchains gerade durch die

Etablierung einer zentralen Kontrollstelle für das Authentifizierungs- und Zugriffsmanagement auch wesentliche Merkmale einer vollständig dezentralen Blockchain wie z. B. die Abwesenheit eines Single Point of Failure (Xu et al., 2017) oder die absolute Netzwerkneutralität (Van Valkenburg, 2016).

2.2.4 Nutzenversprechen der Blockchains für Unternehmen

Immer wieder ist in den letzten Jahren in Wissenschaft und Praxis die Frage gestellt worden, in welchen Situationen eine Blockchain überhaupt eine angemessene technische Lösung für die vorhandenen Probleme von Unternehmen ist – und wenn ja, welche der verschiedenen Blockchains diese Lösung sein könnte (z.B. Blechschmidt & Stöcker, 2016; Peck, 2017; Xu et al., 2017; Mulligan et al., 2018; Yaga et al., 2018; Wüst & Gervais, 2018; Ying et al., 2018; Urban, 2020). Im Rahmen dieser Dissertation wird auf eine detaillierte Ausführung dieser verschiedenen Ansätze bewusst verzichtet und stattdessen auf die Zusammenfassung bei Werner et al. (2018) und Urban (2020) verwiesen. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass sich alle diese Überlegungen auf ein wesentliches Merkmal reduzieren lassen: Blockchains können auf der Basis ihrer krypto-ökonomischen Protokolle unter mehreren Teilnehmern einen Konsens über den wahren Status einer gemeinsamen Transaktionsdatenbank erzielen, ohne dass sie dazu den anderen Netzwerkteilnehmern oder einer zentralen Kontrollinstanz vertrauen müssten. Dies zeigt das Schema von Wüst und Gervais (2018) zur Bestimmung, ob eine Blockchain die geeignete technische Lösung für ein Problem ist, exemplarisch sehr gut auf. Denn wie aus dem Schema in Abbildung 4 ersichtlich wird, gibt es zwei zentrale Fragen im Schema: (1) Gibt es eine vertrauensvolle Drittpartei, welche die gemeinsame Datenbank betreiben kann? (2) Sind alle Datenbank-Schreibberechtigten vertrauenswürdig? Wenn eine der beiden Fragen mit Ja beantwortet werden kann, braucht es im Grunde keine Blockchain, und die traditionellen Datenbanksysteme sind dieser klar vorzuziehen. Wüst und Gervais (2018) unterscheiden zudem, ob die Datenbank-Schreibberechtigten alle bekannt sind oder nicht. Daraus folgt, dass eine Permissionless Blockchain gewählt werden sollte, wenn zumindest einige Schreibberechtigte anonym sind, während eine Permissioned Blockchain die richtige Wahl ist, sofern alle Schreibberechtigten bekannt, aber eben nicht vertrauenswürdig sind.

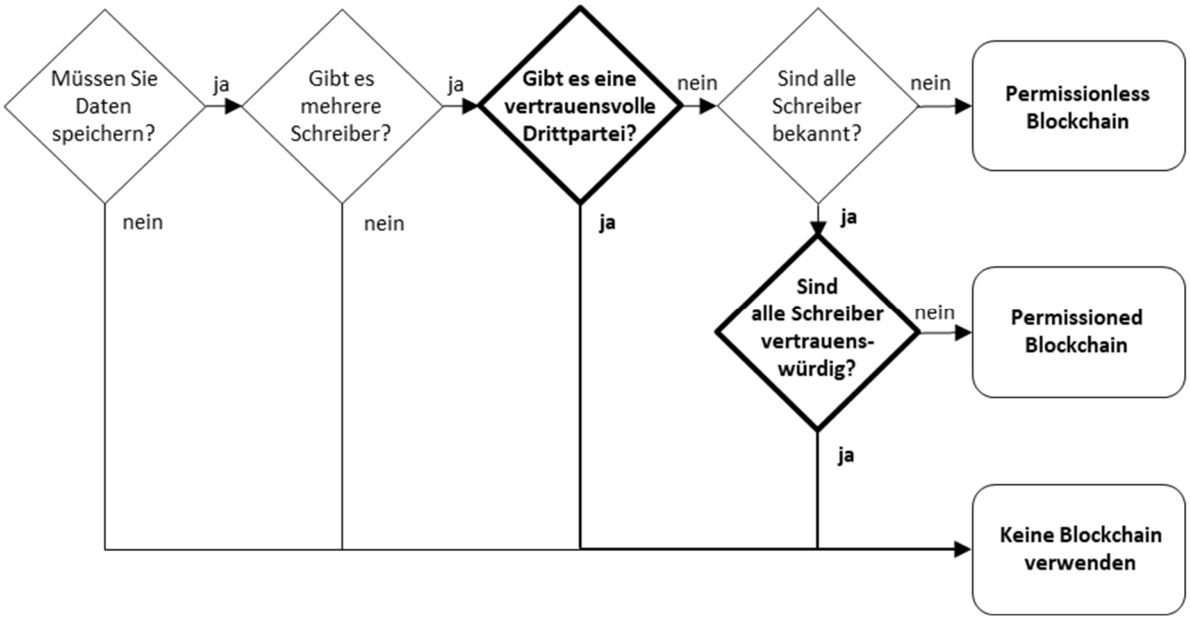

Abbildung 4: Schema zur Bestimmung, ob Blockchain eine Lösung sein könnte (Quelle: eigene Darstellung nach Wüst & Gervais, 2018, S. 47)

Basierend auf diesem Hauptmerkmal der Blockchain-Technologie, der Konsensfindung ohne vertrauensvolle Drittpartei, leiten Catalini und Gans (2016) aus einer Prozesskosten-Perspektive ab, dass durch die Vermeidung von vertrauensvollen (und oft teuren) Intermediären mit einer Blockchain sowohl die Kosten der Verifikation von Transaktionen, Produkteigenschaften, Reputationen oder Berechtigungen (‘cost of verification‘) als auch die Kosten für das Benutzen von digitalen Plattformen (‘cost of networking‘) massiv gesenkt werden könnten. Davidson et al. (2018) entwickeln diesen Gedanken noch weiter und kommen zum Schluss, dass Blockchains nicht nur ‘trustless‘, sondern auch ‘self-monitoring‘ seien und damit ganz neue, dezentrale, selbst-organisierte und -kontrollierte ökonomische Institutionen ermöglichen könnten. Auch Glaser et al. (2019) kommen in ihrer Untersuchung zum Schluss, dass Blockchains institutionelle Merkmale aufweisen, indem sie durch die Einschränkung der Handlungen die möglichen Interaktionen strukturieren und individuelles Verhalten organisieren (vgl. dazu auch North, 1991). Nach Glaser et al. (2019) hat die Blockchain als Institution durch ihre transparente, autonome und dezentrale Natur das Potenzial, die negativen Auswirkungen von Informationsasymmetrien zu reduzieren, Entscheidungsprozesse zu demokratisieren, Eigentumsrechte zu sichern, Vertragsabschlüsse und deren Durchsetzung zu vereinfachen und individuelles opportunistisches Verhalten einzuschränken. Damit bilden Blockchains eine neue institutionelle und technische Möglichkeit zur gemeinsamen Verwaltung und Kontrolle digitaler Plattformen.

Mit einem mehr praxisbezogenen Fokus haben andere Autoren wie Schlatt et al. (2016), Witt und Richter (2017), Ying et al. (2018), Wang et al. (2019a) und Hinckeldeyn (2019) auf der Basis von konkreten Blockchain-Anwendungen versucht zu definieren, welche Geschäftsprobleme von Unternehmen mit einer Blockchain tatsächlich gelöst werden können. Stark zusammengefasst sind dies:

(1) Forderung nach einer geschützten, transparenten, nachvollziehbaren und/oder fälschungssicheren Transaktionsdatenhistorie. Denn dank der Unveränderlichkeit von Daten können Informationen sicher und jederzeit nachvollziehbar in der Blockchain gespeichert und geteilt werden. Es entsteht eine Audit Trail (Prüfpfad), der grundsätzlich für alle Teilnehmenden einsehbar und damit transparent ist.

(2) Machtvolle, nicht vertrauenswürdige, ineffiziente und/oder kostenintensive Partner und Intermediäre sollen ersetzt werden. Denn die verteilte Netzstruktur und die krypto-ökonomischen Konsensmechanismen der Blockchain ermöglichen den direkten Peer-to-Peer Austausch von digitalen Vermögenswerten (‘Eigentum‘) ohne das Mitwirken von Dritten.

(3) Automatisierung von zeit- und kostenaufwendigen Prozessschritten. Denn die dezentrale Speicherung und Ausführung von Computerprogrammen (‘Smart Contracts‘) über die Blockchain ermöglichen es, ganze Prozessabläufe ohne vertrauenswürdige Kontrollinstanz automatisch und damit äusserst kosteneffizient auszuführen.

Allerdings gibt es bei der Anwendung von Blockchains für Unternehmen auch noch einige Hindernisse, welche deren praktischen Nutzen limitieren. So muss zum Beispiel die Frage geklärt werden, ob ein Unternehmen überhaupt die Position in der Supply Chain hat, eine Blockchain-Anwendung über das ganze Netzwerk zu etablieren (Schlatt et al., 2016), respektive wie generell die Entwicklung und Verwaltung von dezentralen Netzwerken ohne eine zentrale Autorität aussehen könnten (Tapscott & Tapscott, 2017b). Denn gerade in der Ökosystem-Theorie wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass es zur Entwicklung und Durchsetzung von neuen Innovationen in einem Netzwerk von Unternehmen einen ‘Business

Ecosystem Leader‘ braucht, welcher die Einzelinteressen zum Vorteil aller steuert und verwaltet (Moore, 1993; Jacobides et al., 2018; Lustenberger et al., 2021).

Erste Untersuchungen zur sogenannten Governance bei Blockchain-Anwendungen zeigen auch deutlich, dass es hinter dem vordergründing dezentralen Aufbau eine starke Tendenz zur Bildung von zentral-hierarchischen Entscheidungsstrukturen gibt (Atzori, 2015; Beck et al., 2018; Lemieux, 2019; Zavolokina et al., 2020). Es kann auch davon ausgegangen werden, dass Unternehmen Informationsasymmetrien aufrechterhalten wollen, um einerseits Wettbewerbsvorteile zu wahren (Coyne & McMickle, 2017) und anderseits vertrauliche Informationen zu schützen (Yermack, 2017). Ebenfalls bleibt zu klären, wie physische Merkmale wie Besitz, Transaktionen oder spezifische (Produkt-)Eigenschaften vertrauensvoll und manipulationssicher als Metadaten elektronisch abgebildet werden können (Apte & Petrovsky, 2016; Schlatt et al., 2016; Wüst & Gervais, 2018).

Entsprechend wird auch das Argument von der ‘vertrauenslosen‘ Blockchain von vielen infrage gestellt. So verweisen etwa Hawlitschek et al. (2018) darauf, dass zwischen dem geschlossen technischen Blockchain-System und der tatsächlichen Interaktion in der physischen Welt eine ‘*trust frontier*‘ (‘Vertrauensgrenze‘) besteht, welche nur mit der Hilfe von vertrauensvollen Dritten überwunden werden kann. Locher et al. (2018) sind entsprechend überzeugt, dass die Blockchain nur dann wirklich sinnvoll ist, wenn das System in sich geschlossen ist und zur Etablierung einer gemeinsamen Wahrheit (‘Single-Point-of-Truth‘) auf keine externen Informationen oder Verifikationsprozesse angewiesen ist. Allerdings hat dieser starke Fokus auf das programmierte Blockchain-System als letzte vertrauensvolle Entscheidungsautorität auch seine Tücken. Denn wie Lustig und Nardi (2015) aufzeigen, stösst auch die algorithmische Autorität (‘algorithmic authority‘[8]) an eine Vertrauensgrenze, wenn in Bezug auf die korrekte Implementierung und Ausführung sowohl den Programmierern der Algorithmen als auch dem ausführenden Netzwerk vertraut werden muss. Insofern sprechen Glaser et al. (2019) vom Vertrauen in die Blockchain als Gesamtsystem, welches in der Praxis vergleichbar ist mit dem Vertrauen ins Internet.

[8] Definition von ‘Algorithmic Authority’ nach Lustig & Nardi (2015, S. 743): “the trust in algorithms to direct human action and to verify information, in place of trusting or preferring human authority”.

Auf der Basis, der in den vorherigen beiden Kapiteln dargestellten generellen Überlegungen zu Supply Chain Management und Blockchain, wird im folgenden Kapitel untersucht, inwiefern die Anwendung der Blockchain im Supply Chain Management aus einer konzeptionellen Perspektive einen Mehrwert und Nutzen generieren kann. Darauffolgend soll dargelegt werden, was konzeptionell unter einer 'Blockchain-Anwendung' verstanden werden muss.

2.3 Blockchain im Supply Chain Management

2.3.1 Konzeptionelles Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen

In Kapitel 2.1.5 wurde ausführlich dargelegt, dass gerade 'Vertrauen' eine entscheidende Voraussetzung für den ungehinderten Informationsaustausch und eine erfolgreiche unternehmensübergreifende Zusammenarbeit bildet. Entsprechend ist das 'Vertrauen in den Supply-Chain-Partner' ein wesentlicher Faktor, wenn zur Leistungssteigerung einer Supply Chain deren Integration angestrebt wird. Wie in Kapitel 2.2.1 bereits weiter ausgeführt, wird bei einer Blockchain das Vertrauen ganz in die krypto-ökonomischen Protokolle des verteilten und dezentralen P2P-Netzwerks externalisiert. Mit anderen Worten ermöglichen Blockchains die Speicherung und Verarbeitung von Informationen, ohne die Notwendigkeit, auf die Integrität und Kooperation der einzelnen Teilnehmer zu vertrauen, d.h. es findet eine Verschiebung vom 'Vertrauen in die Supply-Chain-Partner' zum 'Vertrauen in die Blockchain-Anwendung' statt (vgl. Antonopoulos, 2014; Glaser et al., 2019). Dazu können mittels einer Blockchain auch verschiedene der im Abschnitt 2.1.5 aufgeführten vertrauensfördernden Massnahmen umgesetzt werden – zum Beispiel: (1) die Entscheidungsfindung wird über Smart Contracts automatisiert, (2) die Auslösung der Smart Contracts bedingt nur einen direkten Datenaustausch mit dem Informationssystem und (3) klassische Abhängigkeitsstrukturen und Macht- und Informationsasymmetrien werden dank dem dezentralen und gleichgestellten Blockchain-basierten Informationssystem aufgebrochen und überwunden (vgl. dazu auch: Abeyratne & Monfared, 2016; Nakasumi, 2017). Im Weiteren kommen Asante et al. (2023) in einer neueren Literaturstudie zum Schluss, dass die Blockchain-Technologie über integrierte Sicherheitsmerkmale wie Rückverfolgbarkeit und Unveränderlichkeit verfügt, welche gerade den Informationssystemen im Supply Chain Management ein höheres Mass an Cyber-Resilienz und Datensicherheit verleihen. Aufgrund ihrer verteilten und dezentralen Infrastruktur sind Blockchains fälschungssicherer, zuverlässiger und weniger anfällig für Datenverluste als

konventionelle Systeme, womit sie wiederum das Vertrauen in den effizienten Informationsaustausch fördern können (vgl. dazu auch: Taylor et al., 2020).

Auch bei der Betrachtung der besprochenen drei Modelle des Informationsaustausches in Abschnitt 2.1.3 wird deutlich, welche wichtige Rolle die Blockchain-Technologie bei der Bildung von gemeinsam kontrollierten Informationssystemen spielen kann. Denn die von Lee und Whang (2000) angeführten Beispiele für das Netzwerk-Modell (z.B. SAP als Service Provider) sind aus heutiger Sicht im Grunde eher dem Drittpartei-Modell zuzuschreiben, handelt es sich doch um klassisch zentral kontrollierte, cloudbasierte Supply Chain Control Towers (vgl. Trzuskawska-Grzesińska, 2017). Diese klassischen Control Towers basieren aber auf dem bekannten problematischen Vertrauen, welches die Teilnehmer in die zentrale Kontrollinstanz haben müssen. Entsprechend überrascht es nicht, dass die meisten Beispiele von erfolgreichen 'Control Tower'-Umsetzungen die interne Supply Chain von internationalen Grosskonzernen wie Adidas, Tesco, Nissan oder EasyJet betreffen (Mussomeli et al., 2016; Cordon, 2017).

Über die gemeinsame Nutzung eines Blockchain-basierten Informationssystems nach dem Netzwerk-Modell würden die Teilnehmer die Kontrolle aber über ihre eigenen, verschlüsselten Daten behalten und könnten diese selektiv freigeben. Auch die oft zitierten fehlenden Schnittstellen und Standards in globalen Supply Chains könnten überwunden werden (Nakasumi, 2017; Gao et al., 2018; Ghosh & Tan, 2018). Diese integrierte IT-Infrastruktur würde sodann jene netzwerkübergreifende Datenintegrität, Interoperabilität und Informationsverfügbarkeit in Echtzeit herstellen, welche die Kontrolle und Steuerung von globalen Supply Chains massiv vereinfachen (Omran et al., 2017) und mittels Smart Contracts und der Integration von Sensordaten gar automatisieren können (Casey & Wong, 2017). Diese theoretischen Grundüberlegungen zur Anwendung der Blockchain-Technologie in Supply Chains lassen sich mittlerweile in der Literatur häufig finden. So hat die Aufarbeitung der Literaturstudien in Kapitel 1.1 deutlich gemacht, dass von der Blockchain der grösste Nutzen für Supply Chains durch a) mehr Informationstransparenz (oft als 'extendend visibility and traceability' bezeichnet), b) erhöhte Disintermediation und Netzwerkkooperation, c) grössere Datenkontrolle und Datensicherheit sowie d) eine verstärkte Digitalisierung und Prozessautomatisierung erwartet wird. Darauf aufbauend müssten aus theoretischer Sicht Supply Chains effizienter, schneller, flexibler und robuster werden, was im Endeffekt in Form

von Kostensenkungen bei gleichzeitiger Umsatzsteigerung zu einer gesteigerten Unternehmensleistung bei allen Supply-Chain-Akteuren führen müsste (Hald & Kinra, 2019; Wang et al., 2019a). Darüber hinaus ist aber aus theoretischer Sicht auch verständlich, dass durch die Blockchain-getriebene Disintermediation ganz neue Supply Chains entstehen können, welche auch dank der neuen Effizienz und Agilität und in Kombination mit anderen Technologien wie IoT ('Internet of Things') oder KI (Künstliche Intelligenz) ganz neue, innovative Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle ermöglichen würden (vgl. Fernández-Caramés et al., 2018; Ferrag et al., 2018; Kshetri, 2018; Hofmann, 2019).

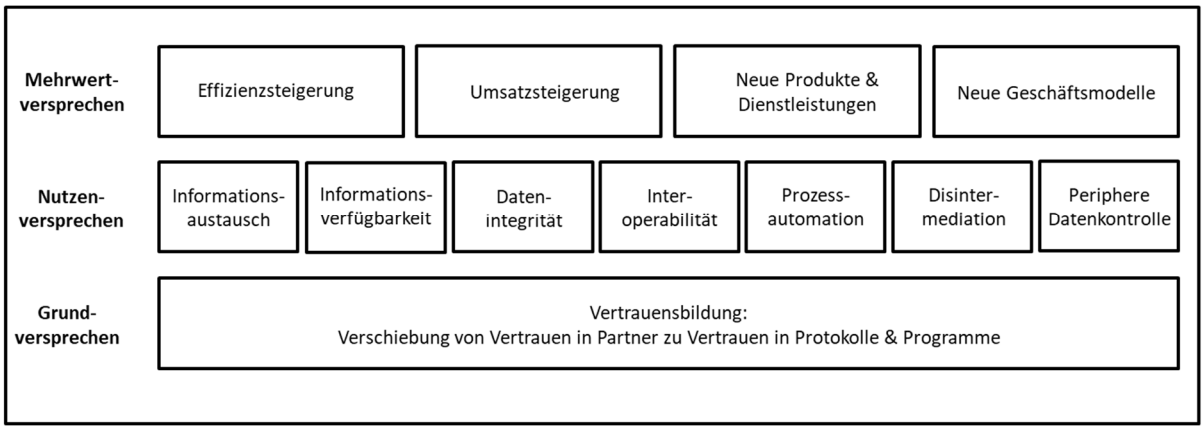

Abbildung 5: Konzeptionelles Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management (Quelle: eigene Darstellung)

Auf der Basis dieser theoretischen Überlegungen kann im Rahmen dieser Dissertation zusammenfassend ein erstes konzeptionelles Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management entwickelt werden. Wie in Abbildung 5 dargestellt, basiert diese Rolle auf dem Grundversprechen der Vertrauensbildung zwischen Unternehmen, die sich ohne eine Blockchain nicht vertrauen würden. Auf diesem Vertrauen aufbauend, kann sodann eine Blockchain ganz unterschiedliche theoretische Nutzenversprechen für eine Supply Chain generieren, nämlich: Erhöhung des Austausches und der Verfügbarkeit von Daten und Information, Sicherstellung der Datenintegrität und Systeminteroperabilität, Befähigung zur Prozessautomation und Disintermediation sowie eine sichere und selbstbestimmte Datenkontrolle durch jeden Blockchain-Teilnehmer selbst. Basierend auf diesen Nutzenversprechen werden Supply Chains effizienter, agiler, schneller, robuster und transparenter, was schliesslich über Kostensenkungen, Umsatzsteigerungen sowie innovative Neuentwicklungen einen effektiven Mehrwert für die Unternehmen einer Supply Chain schaffen kann.

Allerdings wird in der Literatur immer wieder darauf hingewiesen, dass zur Prüfung dieser theoretischen Überlegungen zum Nutzen und Mehrwert der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management vermehrt Untersuchungen mit einem starken Fokus auf die praktischen Anwendungen und Umsetzungen nötig sind (z.B. Abeyratne & Monfared, 2016; Schlatt et al., 2016; Omran et al., 2017; Ghosh & Tan, 2018; Mendling et al., 2018; Hald & Kinra, 2019; Wang et al., 2019a; Duan et al., 2020). Dabei stellt sich auch immer die Frage, was unter einer 'Blockchain-Anwendung' konkret zu verstehen ist. Im Folgenden soll daher aus einer konzeptionellen Perspektive ausgeführt werden, was eine Blockchain-Anwendung bedeutet und beinhaltet.

2.3.2 Konzeptionelles Modell von Blockchain-Anwendungen

Bereits in Kapitel 1 in diesem theoretischen Teil der Dissertation zum Stand der Forschung wurde der wissenschaftliche Erkenntnisstand in Bezug auf Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management ausführlich dargelegt. Dabei hat sich gezeigt, dass basierend auf dem im vorhergingen Kapitel 2.3.1 erarbeiteten konzeptionellen Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie unterschiedliche Anwendungsszenarien der Blockchain im Supply Chain Management entwickelt und teilweise auch getestet wurden. Allerdings hat die Literaturaufarbeitung (vgl. dazu v.a. Kapitel 1.6) gezeigt, dass gerade bei diesen Anwendungs-Analysen oft unklar bleibt, wie die 'Blockchain-Technologie' aus einer mehr technischen Perspektive konkret eingesetzt wurde. So zeigen zum Beispiel Liao et al. (2019) deutlich auf, dass die Integration eines IoT-Gerätes (z.B. Smartphones) mit der Ethereum-Blockchain unterschiedlich erfolgen kann und diese je nach Ausgestaltung der konkreten Anwendung trotz der Integration einer Blockchain-Infrastruktur vollkommen zentral aufgesetzt sein kann. Entsprechend ist es ein Anliegen dieser Dissertation, bei den zu untersuchenden Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management auch zu verstehen, wie die Blockchain-Technologie im Einzelfall mit all ihren unterschiedlichen Ausprägungen und Eigenschaften eingesetzt und angewandt wird.

Um zu verstehen, wie eine 'Blockchain-Anwendung' konkret aufgebaut ist, bildet das konzeptionelle Modell für 'Blockchain-basierte Systeme' von Glaser (2017) einen guten Ausgangspunkt. Der Autor unterscheidet dabei die Applikationsebene von der Infrastrukturebene, wobei Letztere in Bezug auf Blockchain-Anwendungen auch oft als 'Fabric

Layer‘ bezeichnet wird. Für Glaser (2017) ist dabei klar, dass bei einer Blockchain beide Ebenen grundsätzlich dezentral organisiert sein müssen, damit sie sich von klassischen zentral verwalteten Informationssystemen unterscheiden. Denn gerade wenn die Software-Protokolle von einem einzelnen Unternehmen entwickelt und der Quellcode nicht veröffentlich wird, bleibt im Grunde auch das ganze Blockchain-System und dessen Anwendung in der Kontrolle dieses einen Unternehmens. In diesem Fall spielt es dann auch keine Rolle mehr, wenn die Applikationsebene grundsätzlich offen und dezentral organisiert ist.

Wie Glaser (2017) weiter beschreibt, werden bei Informationssystemen in der Regel auf der Infrastrukturebene verschiedene Berechtigungsstufen eingebaut – so können z.B. einige Nutzer nur Daten lesen, aber nicht hinzufügen. Andere ‘Superuser‘ können wiederum anderen Nutzer gar bereits erteilte Rechte (z.B. zur Teilnehme) wieder entziehen. Bei der Analyse von Blockchain-Anwendungen ist es entsprechend wichtig, im Detail zu verstehen, wie der Zugang und die einzelnen Rechte sowie allfällige Pflichten zum Beispiel in Bezug auf Systemunterhalt geregelt sind. Denn wie mehrere Studien aufzeigen, setzen sich zum jetzigen Zeitpunkt bei Geschäftsanwendungen von Blockchain-Systemen in der Supply Chain die Permissioned Blockchains – also jene Blockchain-Systeme, bei welchen der Zugang und die Rechte meist durch einen (zentralen) Administrator (sog. ‘Gatekeeper‘) geregelt werden – klar durch (vgl. Rauchs et al., 2019, Vadgama und Tasca, 2021). Glaser (2017) bezeichnet solche permissioned Blockchains dann auch als ‘Klubgut’ (club good) mit beschränkten Teilnahme- und Nutzungsrechten, während die öffentlichen Permissionless-Blockchain-Systeme eher einem ‘öffentlichen Gut‘ (public good) mit uneingeschränkten und freien Teilnahme- und Nutzungsrechten entsprechen.

Auf der Basis des konzeptionellen Modells von Glaser (2017) untersuchen De Rossi et al. (2019) verschiedene Blockchain-Anwendungen bei Unternehmen mit einem spezifischen Fokus auf die Ausgestaltung der Governance-Aspekte wie Zugriffs-, Lese- und Schreiberechte auf der Applikations- bzw. Infrastrukturebene. Ihre Ergebnisse, welche in Abbildung 6 dargestellt sind, zeigen vier idealtypische Ausgestaltungsformen von Blockchain-Anwendungen: *erstens* eine stark zentralistische ‘proprietäre Gesamtlösung‘, in welcher ein Unternehmen oder eine Gruppe von Unternehmen (sog. Konsortium) die volle Kontrolle über die Blockchain-Infrastruktur und -Applikation hat, *zweitens* eine ‘proprietäre

Infrastrukturlösung‘, in welcher ein Unternehmen oder ein Konsortium anderen Unternehmen gegen eine Gebühr eine Permissioned-Blockchain-Infrastruktur zur Verfügung stellt, auf deren Grundlage die Unternehmen ihre eigene Applikation entwickeln können, *drittens* eine ‘proprietäre Applikationslösung‘, in welcher ein Unternehmen oder ein Konsortium eine Applikation auf der Basis einer öffentlichen Permissionless-Blockchain-Infrastruktur betreibt, und *viertens* eine komplette ‘dezentrale Gesamtlösung‘, in welcher ein Unternehmen oder ein Konsortium eine öffentlich frei zugängliche und dezentrale Applikation (sog. dApps – vgl. dazu Antonopoulos & Wood, 2018) auf der Basis einer öffentlichen Permissionless-Blockchain entwickelt oder benutzt.

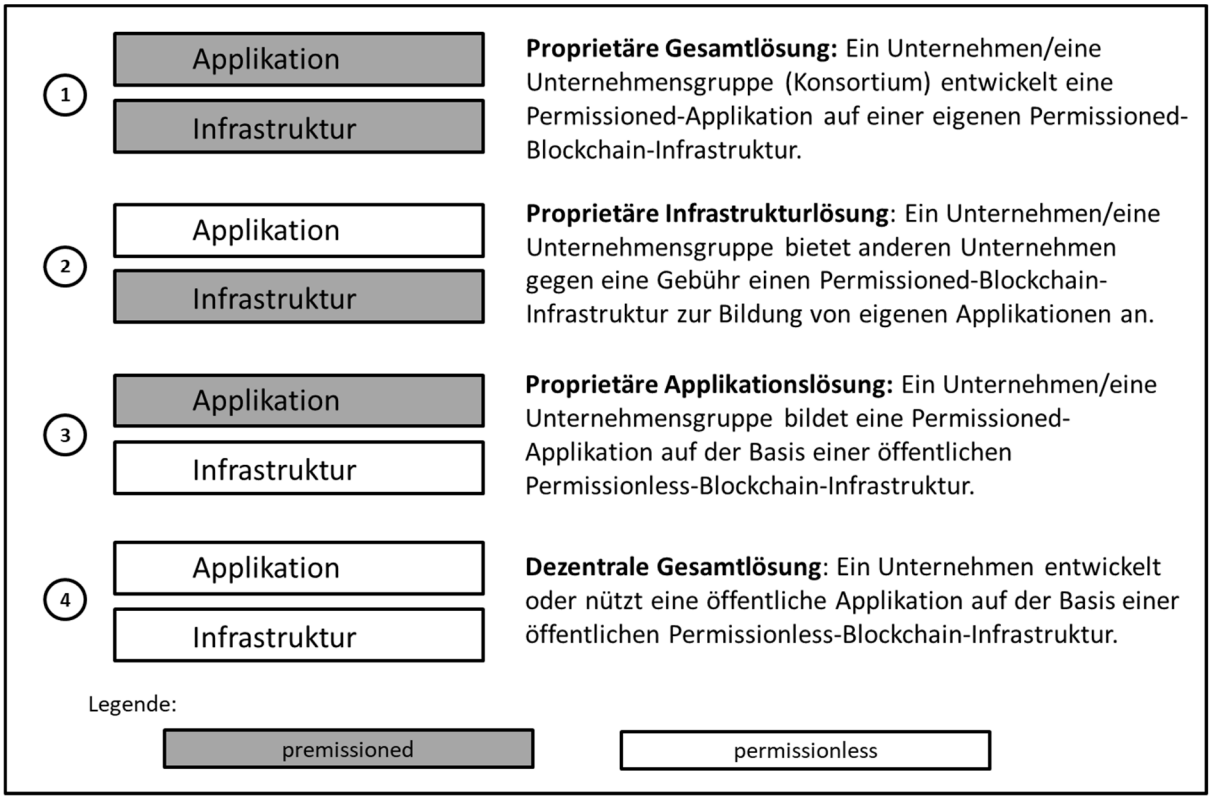

Abbildung 6: Idealtypische Ausgestaltungsformen von Blockchain-Anwendungen (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Glaser, 2017 und De Rossi et al., 2019)

Nach Platt (2016) kann die Infrastrukturebene dabei weiter in eine Protokoll- und eine Netzwerkebene unterteilt werden. Die Protokollebene besteht demnach aus all den Computer-Codes und Algorithmen, die eine Blockchain-Software ausmachen. Hierbei stellen sich primär Fragen wie z.B. ‘Wer hat die Protokolle entwickelt?’, ‘Sind diese lizenzfrei und quelloffen verfügbar?’ oder ‘Wie und von wem werden Weiterentwicklungen (sog. Updates) vorgenommen?’ (vgl. auch Lustig & Nardi, 2015; Glaser, 2017). Die Ausführung dieser

Blockchain-Protokolle erfolgt sodann auf der Netzwerkebene durch die Teilnehmer des verteilten und dezentral organisierten P2P-Netzwerkes. Auf dieser Netzwerkebene werden schliesslich die wesentlichen Merkmale der Architektur und Governance des Blockchain-Systems definiert (vgl. auch Glaser et al., 2019). So wird nach Platt (2016) auf dieser Ebene entschieden, ob eine Blockchain als offenes, 'permissionless' (z.B. Ethereum, Bitcoin) oder als geschlossenes, 'permissioned' Netzwerk operiert. Im Weiteren gilt es zu beachten, inwiefern Governance-Mechanismen über die Blockchain-Protokolle (sog. 'on-chain') oder ausserhalb ohne Einbezug der Blockchain (sog. 'off-chain') ausgeführt werden (vgl. Zavolokina et al., 2020). Eine grundsätzlich verteilte und offene Netzwerk-Architektur mit einer dezentralen 'on-chain' Governance kann dabei als wesentliche Stärke der Blockchain angesehen werden (vgl. dazu auch Antonopoulos, 2014; Meier & Stormer, 2018).

Bei der empirischen Analyse von Blockchain-Anwendungen muss also ein besonderes Augenmerk auf die Ausgestaltung und die Regeln der Zusammenarbeit innerhalb der verschiedenen Ebenen einer Anwendung gelegt werden. Schliesslich geht es auch darum, die bereits angesprochenen 'Blockchain-Memes' zu erkennen, welche auf wesentliche Merkmale und Charakteristiken einer Blockchain wie die Unveränderlichkeit, Transparenz oder Dezentralität (vgl. dazu Kapitel 2.2.2) verzichten. Lacity and Khan (2019, S. 4670) sprechen in diesem Zusammenhang auch von „shared governance models", welche bei Blockchain-Anwendungen zum Tragen kommen sollten, damit keine einzelne Organisation unilateral Änderungen an der Blockchain durchsetzen kann. Allerdings sind solche Governance-Modelle mit geteilter Kontrolle sehr schwierig zu bilden. Denn gerade mit der Abgabe von Eigenständigkeit und Kontrolle haben Unternehmen ihre grösste Mühe, vor allem wenn damit auch die Aufgabe eines potenziellen Wettbewerbsvorteils (z.B. einer vorteilhaften Informationsasymmetrie) einhergeht (vgl. dazu auch Hallwrigth & Carnaby, 2019). Es kann daher nicht überraschen, dass viele Blockchain-Initiativen sehr stark von einer einzelnen Organisation getrieben und entsprechend einseitig dominiert werden. Rauchs et al. (2019, S. 33) rechnen damit, dass rund 70 Prozent aller Blockchain-Projekte von einer einzelnen Organisation initiiert und dominiert werden.

Um ein 'shared governance model' einzuführen, werden insbesondere für die Entwicklung und den Unterhalt von Permissioned-Blockchain-Anwendungen oft Unternehmenskonsortien gegründet, welche die gesamten Rechte und Pflichten zur Steuerung und Regelung der

Anwendung übernehmen. Dabei können je nach Anwendungskontext sowohl die Absicht als auch die Zusammenarbeit in solchen Konsortien sehr unterschiedlich organisiert und gestaltet sein (vgl. dazu Rauchs et al., 2019; Zavolokina et al., 2020). So können sich Konsortien auf die Entwicklung von spezifischen Blockchain-Protokollen (Software) fokussieren (z.B. Hyperledger[9]; R3 Konsortium[10]) oder sich primär um die Entwicklung von Blockchain-Anwendungen auf der Basis eines vorhandenen Blockchain-Protokolls für die Lösung eines spezifischen Geschäftsproblems kümmern (z.B. B3i Konsortium[11] für die Versicherungsindustrie; Cardossier[12] für das Fahrzeug Life Cycle Management). Wie Zavolokina et al. (2020) weiter ausführen, können solche Blockchain-Konsortien je nach Anwendungskontext im Sinne von Brandenburger und Nalebuff (1996) 'vertikal' ohne Einbezug von Marktkonkurrenten oder 'horizontal' in Zusammenarbeit mit direkten Konkurrenten gebildet werden. Dabei gehen die Autoren aber klar davon aus, dass sich Blockchain-Konsortien für den längerfristigen Erfolg so weit öffnen und dezentralisieren müssten, dass auch der Einbezug von horizontalen Marktkonkurrenten möglich ist.

Bei der Analyse der Infrastrukturebene (also Protokoll- und Netzwerkebene) stellen sich nach Glaser (2017) wie auch nach Van Valkenburgh (2016) grundsätzlich andere Fragen als bei der Analyse der Applikationsebene. Denn während bei der Infrastruktur-Ebene primär die Frage nach dezentralen, gemeinsamen Governance-Mechanismen zur Entwicklung und zum Betrieb der Blockchain im Vordergrund stehen müssen, stellt sich bei der Applikationsebene eher die Frage, inwiefern eine Blockchain-Anwendung zur Nutzengenerierung auf die Interaktion mit Blockchain-externen Informationsquellen angewiesen ist. Auf der Applikationsebene stellt sich also die Frage, wie dezentral und unabhängig die Geschäftsprozesse in ihrem entsprechenden Kontext mit Hilfe von 'Smart Contracts' auf einer (dezentralen) Blockchain-Infrastruktur überhaupt abgebildet und implementiert werden können. Denn wie Locher et al. (2018) detailliert ausführen, bedeutet der Einbezug von externen Akteuren zur Übermittlung oder Überprüfung von Daten und Informationen wie z.B., ob eine Ware tatsächlich auf einen Container verladen wurde, auch immer, dass gewisse Entscheide zentral

[9] Mehr Informationen zu Hyperledger: https://www.hyperledger.org.

[10] Mehr Informationen zur R3: https://www.r3.com.

[11] Mehr Informationen zu B3i: https://b3i.tech.

[12] Mehr Information zu Cardossier: https://cardossier.ch.

von einer Drittpartei gefällt werden und damit dieser Drittpartei wiederum vertraut werden muss. Die Autoren schliessen daraus, dass gewisse Geschäftsprozesse und Business-Logiken innerhalb eines bestimmten Kontextes gar nicht nutzenstiftend auf einer Blockchain-Infrastruktur abgebildet werden könne.

Ein weiteres konzeptionelles Modell von Notheisen et al. (2017) ergänzt jenes von Glaser (2017) um eine Umgebungsebene, welche die rechtlichen, sozialen und wirtschaftlichen Randbedingungen umfasst, sowie eine Agentenebene, welche die über das Blockchain-System interagierenden Applikations-Benutzer als Agenten abbildet. Gemäss den Autoren findet erst im Zusammenspiel dieser beiden Ebenen die effektive Marktleistung der Blockchain-Anwendung statt, was wiederum darauf hindeutet, dass Anwendungen erst in ihrem Kontext und in der Interaktion mit der externen Umgebung einen Mehrwert und Nutzen für die Benutzer generieren können (vgl. auch Hawlitschek et al., 2019). Entsprechend wird eine 'Blockchain-Anwendung' neben den drei beschriebenen Anwendungsebenen 'Protokoll', 'Netzwerk' und 'Applikation' auch durch den Kontext, in den sie eingebettet ist, definiert. Denn wie Platt (2016) und Zavolokina et al. (2020) ausführen, können je nach Ziel und Strategie der Blockchain-Anwendung sowie der teilnehmenden Parteien unterschiedliche Formen der Zusammenarbeit und Governance entstehen. Basierend auf der Ökosystem-Theorie (vgl. Moore, 1993; Jacobides et al., 2018) gehen die Autoren davon aus, dass je nach Ausgestaltung des jeweiligen Ökosystems andere Governance-Modelle zur Kontrolle und Verwaltung von Blockchain-Anwendungen entstehen können. In Bezug auf die Supply Chain liegt daher die Vermutung nahe, dass die Strukturen der Zusammenarbeit in einer Supply Chain einen starken Einfluss auf die Ausgestaltung der Blockchain-Anwendung haben können.

Eng verknüpft ist damit auch die Frage, auf welchen ökonomischen Prinzipien und Logiken eine Blockchain-Anwendung basiert, gerade wenn man davon ausgeht, dass diese als dezentrale Transaktionsplattform in einem mehrseitigen Markt bestehen muss und damit die bekannten Netzwerkeffekt-basierten Plattform-Geschäftsmodelle zum Tragen kommen (vgl. dazu auch Glaser, 2017; Glaser et al., 2019).[13]

[13] Auf die Diskussion rund um die Plattform-Ökonomie wird hier bewusst verzichtet. Für einen vertieften Einblick sei hier auf Rochet & Tirole (2003), Gawer (2010) und Evans & Schmalensee (2016) verwiesen.

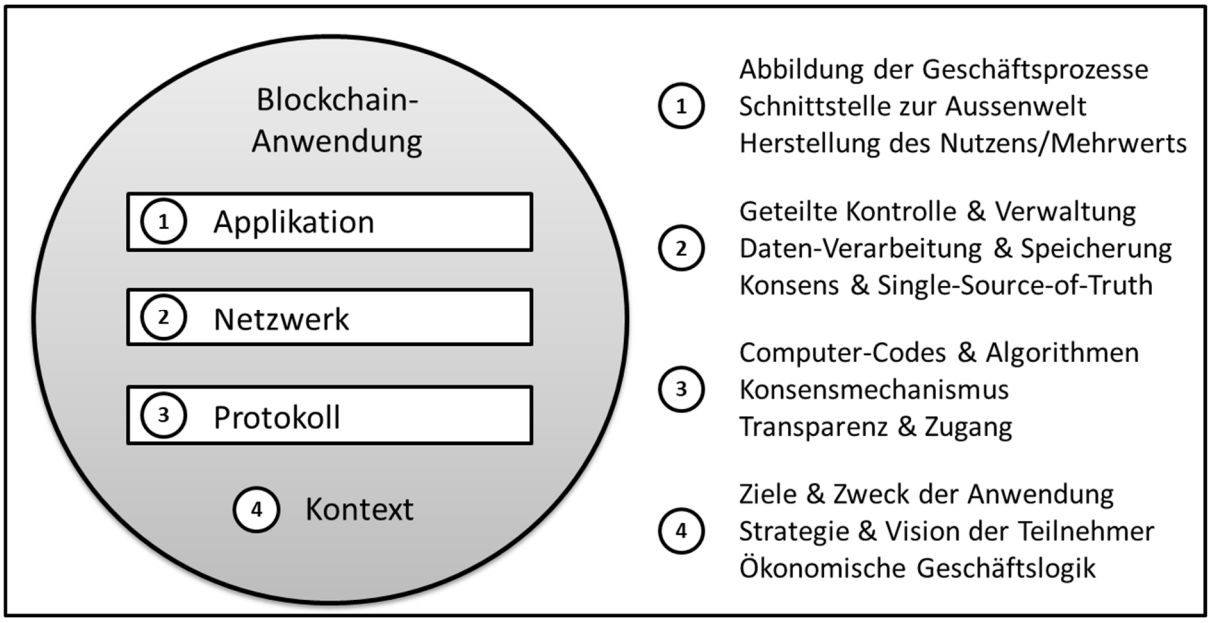

Abbildung 7: Konzeptionelles Modell einer Blockchain-Anwendung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Platt, 2016; Glaser, 2017; Notheisen et al., 2017; Rauchs et al., 2019, S. 7)

Basierend auf diesen konzeptionellen Überlegungen kann wie in Abbildung 7 dargestellt ein Modell einer Blockchain-Anwendung erstellt werden, auf dessen Basis solche Anwendungen auch im Detail empirisch erfasst und untersucht werden können. Im Kern geht es darum, dass die Merkmale der Applikation-, Netzwerk-, Protokoll- und Kontextebene einer spezifischen Blockchain-Anwendung detailliert in Bezug auf die Grundeigenschaften einer Blockchain (Dezentralität, Transparenz, Unveränderlichkeit und Automatisierung – vgl. dazu Kapitel 2.2.2) untersucht werden. Wie in Abbildung 7 beschrieben, zeichnet sich dabei jede Ebene durch ihre Eigenheiten aus. So gilt es bei der Applikationsebene insbesondere die abgebildeten Geschäftsprozesse, die Schnittstellen zur Aussenwelt sowie den erwarteten Nutzen und Mehrwert der Anwendung zu untersuchen. Auf der Netzwerk-Ebene geht es vor allem darum zu analysieren, wie die Kontrolle und Verwaltung über das Netzwerk sowie der Zugang geregelt ist, wie die Datenverarbeitung und Datenspeicherung dezentral zur Verhinderung eins 'Single-Point-of-Control' sowie 'Single-Point-of-Failure' organisiert sind und wie unter den Teilnehmenden mittels eines Konsensmechanismus eine 'Single-Source-of-Truth' hergestellt werden kann. In Bezug auf die Protokoll-Ebene muss ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung und Aktualisierung der Computer-Codes und Algorithmen, den im Protokoll hinterlegten Konsensus-Mechanismus sowie die Transparenz und den Zugang zur 'Blockchain-Software' gelegt werden. Bei der Untersuchung des Kontextes einer Blockchain-Anwendung stehen primär die Ziele und der Zweck der Anwendung, die längerfristige Strategie und Vision

der verschiedenen Teilnehmer in Bezug auf die Blockchain-Anwendung sowie die grundsätzlich ökonomische Geschäftslogik der Anwendung im Fokus.

3 Konklusion Theoretischer Teil

3.1 Konklusion und Beantwortung der theoriegeleiteten Fragestellung

In diesem Kapitel sollen zur Beantwortung der in Kapitel 1.7 aufgeführten theoriegeleitenden Fragestellungen die Erkenntnisse aus dem theoretischen Teil zusammenfassend dargestellt werden. Zur Erinnerung: Die theoriegeleiteten Fragestellungen wurden auf der Basis des Forschungstandes und der daraus resultierenden Forschungslücke erarbeitet. Diese theoriegeleiteten Fragestellungen lauten:

1) Welches sind die relevanten Erkenntnisse zur Kooperation und Zusammenarbeit in Supply Chains mit einem besonderen Fokus auf den Informationsaustausch?
2) Was zeichnet die Blockchain-Technologie aus und welche potenziell Mehrwert stiftenden Eigenschaften weist sie für Unternehmen auf?
3) Wie kann eine Mehrwert stiftende Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management aus einer konzeptionellen Perspektive verstanden werden?
4) Wie kann für eine empirische Untersuchung eine Blockchain-Anwendung konzeptionell verstanden werden?

Im Folgenden werden diese Fragen in kurzen Kapiteln jeweils einzeln beantwortet. Auf diesen Konklusionen aufbauend, wird am Schluss des theoretischen Teils der Dissertation in den weiteren Kapiteln die empiriegeleiteten Fragestellungen zur Überführung in den empirischen Teil aufgeführt.

3.1.1 Antwort 1: Vertrauen als Basis der Supply Chain Integration

Die erste zu beantwortende theoriegeleitete Fragestellung lautet: Welches sind die relevanten Erkenntnisse zur Kooperation und Zusammenarbeit in Supply Chains mit einem besonderen Fokus auf den Informationsaustausch?

In Kapitel 2.1 wurde stark zusammengefasst hergeleitet, dass Unternehmen zur eigenen Leistungssteigerung in der Supply Chain verstärkt koordinieren und kooperieren sollten, wobei in der Literatur diese Bemühungen zu einer verstärkten unternehmensübergreifenden Koordination und Kooperation auch als 'Supply Chain Integration' bezeichnet werden (vgl. 2.1.1). Weiter konnte aufgezeigt werden, dass ein gesteigerter netzwerkübergreifender Informationsaustausch bei diesen Bemühungen zu einer verstärkten Supply Chain Integration einen wesentlichen Faktor bildet (vgl. 2.1.3). In Anlehnung an Lee und Whang (2000) kann dabei der Informationsaustausch in Supply Chains entlang von drei Modellen erfolgen: *Erstens* dem Transfer-Modell, bei dem die Informationen zur Verarbeitung und Verwaltung einem Supply-Chain-Partner übergeben werden, *zweitens* dem Drittpartei-Modell, bei dem ein Supply-Chain-externes Drittunternehmen die Verarbeitung und Verwaltung der Informationen übernimmt und schliesslich *drittens* dem Netzwerk-Modell, bei dem die Informationen zur Verarbeitung und Verwaltung einem externen, dezentral kontrollierten System weitergeleitet werden.

In Anbetracht der dargelegten fünf Supply-Chain-Governance-Strukturen zeigt sich dabei, dass sich dominante bis voll-integrierte Supply Chain Governance-Strukturen gerade dann durchsetzen, wenn ein komplexer und intensiver Informationsaustauch zwingend nötig ist, um als Supply Chain längerfristig wettbewerbsfähig zu sein. Damit ein gewinnbringender Informationsaustausch in der Supply Chain gelingt, braucht es allerdings auch eine integrierte IT-Infrastruktur und die entsprechenden IT-Kompetenzen bei allen Supply-Chain-Akteuren im Netzwerk (vgl. 2.1.4). Diese von einzelnen Unternehmen dominierten Supply Chains tendieren dann wiederum zu einem Informationsaustausch nach dem Transfer- oder Drittpartei-Modell, um den beteiligten Unternehmen eine integrierte IT-Infrastruktur in Form von sog. Supply Chain Control Towers zur Verfügung zu stellen, welche wiederum keine hohen IT-Kompetenzen bei den einzelnen Unternehmen erfordern. Damit liegt der theoretische Schluss nahe, dass sich besonders in Supply Chains mit Markt-, modularen oder relationalen Governance-Strukturen ein unternehmensübergreifender Informationsaustausch nach dem Netzwerk-Modell eignet. Die Frage stellt sich dann allerdings, wer diese IT-Infrastruktur entwickelt und betreibt und welche IT-Kompetenzen die einzelnen Supply-Chain-Akteure benötigen. Denn wie in Kapitel 2.1.4 aufgezeigt, fehlt es gerade bei kleineren Unternehmen auch schlicht an der entsprechenden IT-Infrastruktur sowie IT-Kompetenzen, um sich an einem komplexen unternehmensübergreifenden Informationsaustausch zu beteiligen.

Allerdings hat Kapitel 2.1.5 zur Rolle des Vertrauens in Supply Chains ebenfalls gezeigt, dass eine Intensivierung des unternehmensübergreifenden Informationsaustausches oft nicht eine Frage der IT-Ressourcen und IT-Kompetenzen, sondern des Willens und Vertrauens ist. Dabei kann eine Steigerung des Vertrauens zwischen den Supply-Chain-Partnern sowohl die Ineffizienzen von Informations- und Machtasymmetrie als auch die Notwendigkeit von aufwendigen Kontrollen verringern. Aus dieser Perspektive sind es daher nicht so sehr die neuen Technologien an sich, sondern vielmehr ein gesteigertes Vertrauen, dass sich anstelle von integrierten oder dominanten Supply Chains vermehrt auch relationale oder modulare Strukturen als die effizienteren Integrationsformen durchsetzen könnten.

3.1.2 Antwort 2: Blockchains als dezentrale und verteilte digitale Plattformen

In diesem Kapitel soll folgende theoriegeleitete Fragestellung beantwortet werden: Was zeichnet die Blockchain-Technologie aus und welche potenziell Mehrwert stiftenden Eigenschaften weist sie für Unternehmen auf?

In Kapitel 2.2 wurde vertieft auf die Blockchain-Technologie eingegangen und es konnte dargelegt werden, dass eine Blockchain ein verteiltes Peer-to-Peer (P2P)-System ist, bei dem eine durch krypto-ökonomische Protokolle gesicherte Transaktionsdatenbank zum Einsatz kommt, auf welcher Transaktionsdaten protokolliert und in chronologischer Reihenfolge hinzugefügt werden, mit dem Ziel, dauerhafte und manipulationssichere Aufzeichnungen zu erstellen (vgl. 2.2.1). Entscheidend sind dabei die ‘krypto-ökonomischen Protokolle‘, welche durch die korrekte Validierung von Transaktionsdaten und die kontinuierliche Erweiterung und Synchronisierung der Transaktionsdatenbank über das ganze Netzwerk für die Daten- und Systemintegrität der Blockchain garantieren. Korrekt aufgesetzt und über das ganze P2P-Netzwerk verteilt, führen diese krypto-ökonomischen Protokolle dazu, dass eine Blockchain Informationen und Programme komplett unveränderlich, transparent, dezentral und autonom speichern und ausführen kann (vgl. 2.2.2). Allerdings gibt es mittlerweile auch einige ‘Permissioned‘- oder ‘Konsortiums‘-Blockchains, welche Aspekte der Transparenz und Dezentralität zugunsten von Informationsvertraulichkeit und Verarbeitungsgeschwindigkeit aufgeben (vgl. 2.2.3).

Eigen ist wiederum allen Blockchains, dass sie mit dem Versprechen antreten, auf der Basis ihrer krypto-ökonomischen Protokolle unter mehreren Teilnehmern einen Konsens über den wahren Status einer gemeinsamen Transaktionsdatenbank erzielen zu können, ohne dass sie dazu den anderen Netzwerkteilnehmern oder einer zentralen Kontrollstelle vertrauen müssten (vgl. 2.2.4). Blockchains sollen dabei für Unternehmen Mehrwert generieren, indem sie *erstens* machtvolle, nicht vertrauenswürdige, ineffiziente oder kostenintensive Partner und Intermediäre ersetzt, *zweitens* einen transparenten, nachvollziehbaren und fälschungssicheren Audit-Trail (Prüfpfad) erzeugen und *drittens* zeit- und kostenintensive Prozessschritte automatisieren.

Grundsätzlich können Blockchains von einer unternehmerischen Sicht als dezentral und verteilte digitale Plattformen verstanden werden, bei denen man nicht mehr einzelnen Akteure vertrauen muss, sondern 'nur' noch den krpyto-ökonomischen Protokollen und dem P2P-Netzwerk als Gesamtsystem. Insofern entsprechen Blockchains dem idealtypischen Netzwerk-Modell von Lee und Whang (2000) zur Verarbeitung und Verwaltung von Informationen in Supply Chains (vgl. 2.1.3). Es gibt also keine zentrale Autorität mehr, die diese Systeme verwaltet und kontrolliert, sondern es sind mehrere bekannte (Permissioned Blockchains) oder auch unbekannte (Permissionless Blockchains) Entitäten.

Allerdings gibt es auch einige Fallstricke bei diesen Systemen, die bis heute noch nicht restlos gelöst sind (vgl. 2.2.4): So ist unklar, wie eine längerfristige Entwicklung und Verwaltung von diesen dezentralen und verteilten Plattformen ohne zentrale Autorität in der Praxis aussehen könnte. Entsprechend hat sich bei vielen Blockchain-Anwendungen gezeigt, dass es hinter dem vordergründing dezentralen Aufbau eine starke Tendenz zur Bildung von zentral-hierarchischen Entscheidungsstrukturen gibt. Ebenfalls bleibt offen, ob Unternehmen überhaupt Transparenz schaffen wollen, wenn damit wichtige Informationen und Wettbewerbsvorteile preisgegeben werden. Und wie Informationen aus der physischen Welt ohne eine vertrauensvolle Drittpartei in die digitalen Blockchain-Systeme gelangen soll, bleibt ebenso eine offene Frage.

3.1.3 Antwort 3: Dezentrale Vertrauensbildung als Basis des Mehrwerts

Im dritten Unterkapitel wird folgende theoriegeleitete Fragestellung beantwortet: Wie kann eine Mehrwert stiftende Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management aus einer konzeptionellen Perspektive verstanden werden?

In Bezug auf die Mehrwert stiftende Rolle der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management geht die Literatur ebenfalls von der konzeptionellen Überlegung aus, dass die Blockchain-Technologie dank ihrer verteilten Netzwerkstruktur und dezentralen Governance Vertrauen in Supply Chains bilden kann, wo zurzeit kein Vertrauen in eine zentrale Entität vorhanden oder nur schwer zu bilden ist (vgl. Kapitel 2.3.1). Basierend auf diesem Grundvertrauen könnte eine Blockchain-Anwendung jene integrierte IT-Infrastruktur bilden, welche eine Supply Chain übergreifende Datenintegrität, Netzwerkinteroperabilität und Informationsverfügbarkeit in Echtzeit herstellt. Dies könnte die Kontrolle und Steuerung von globalen Supply Chains vereinfachen und dank der Digitalisierung gar automatisieren. Zusammengefasst verspricht dabei eine gemeinsam kontrollierte und betriebene IT-Infrastruktur in Supply Chains, den folgenden Nutzen zu schaffen:

- Bereitstellung einer durchgängigen Transparenz durch Erhöhung des Austausches und der Verfügbarkeit von Daten und Information entlang der Supply Chain
- Sicherstellung der Datenintegrität und Datensicherheit dank der verteilten und dezentralen Netzwerkstruktur
- Vereinfachung der Systeminteroperabilität und -integration für alle Supply-Chain-Akteure – auch für kleine Unternehmen
- Befähigung zur Prozessautomation und Digitalisierung durch den Einbezug von Smart Contracts, IoT- sowie KI-Anwendungen
- Gewährleistung einer selbstbestimmten Datenkontrolle durch die einzelnen Supply-Chain-Akteure

Basierend auf diesen Nutzenversprechen, würden Supply Chains dank der Blockchain-Technologie effizienter, agiler, schneller, robuster und transparenter, was schliesslich über Kostensenkungen, Umsatzsteigerungen sowie innovativen Neuentwicklungen und Geschäftsmodellen die effektive Mehrwert stiftende Rolle dieser neuen Technologie für die Unternehmen einer Supply Chain darstellen würde.

Allerdings muss als Basis des Mehrwerts die dezentrale Vertrauensbildung verstanden werden. Denn die Grundvoraussetzung, damit die Blockchain-Technologie einen effektiven Mehrwert in Supply Chains bilden kann, sind Supply-Chain-Governance-Strukturen, in welchen weder eine einzelne Entität als stets online verfügbare vertrauensvolle Drittpartei auftreten kann noch die auf dem Informationssystem Schreibberechtigten grundsätzlich bekannt und vertrauenswürdig sind. Entsprechend basiert die Rolle der Blockchain-Technologie auch im Supply Chain Management – wie in Kapitel 2.3.1 dargelegt – primär auf diesem Grundversprechen der dezentralen Vertrauensbildung in einem ansonsten nicht vertrauensvollen Umfeld. Damit ist auch klar, dass Blockchain-Anwendungen keineswegs ‘vertrauenslos‘ sind. Es braucht zwar kein Vertrauen in einen einzelnen, zentralen Netzwerkbetreiber, dafür aber in das verteilte, dezentrale, Blockchain-basierte Informationssystem.

3.1.4 Antwort 4: Blockchain-Anwendung – Protokolle, Netzwerk und Applikation im Kontext

Die letzte zu beantwortende theoriegeleitete Fragestellung lautet: Wie kann für eine empirische Untersuchung eine Blockchain-Anwendung konzeptionell verstanden werden?

Im letzten Kapitel 2.3.2 der theoretischen Ausführungen konnte dargelegt werden, dass eine Blockchain-Anwendung grundsätzlich verschiedene Ausgestaltungsformen haben kann. Eine erste grobe Unterscheidung ergibt sich auf der Basis der Teilnahme- und Nutzungsrechte, was in der Praxis zu Permissionless und Permissioned Blockchains führt. Bei Anwendungen in der Geschäftswelt haben sich dabei mehrheitlich sogenannte Permissioned-Blockchain-Anwendungen durchgesetzt, bei welchen wie bei einem Klubgut klare Teilnahme- und Nutzungsrechte gelten, die durch eine (oft zentrale) Autorität im Netzwerk durchgesetzt und überwacht werden müssen. Demgegenüber lassen sich die Permissionless Blockchains durch ihre uneingeschränkten und freien Teilnahme- und Nutzungsrechte eher mit einem öffentlichen Gut vergleichen.

Bei genauer Betrachtung lassen sich bei Blockchain-Anwendungen aber weitere Ausgestaltungsformen erkennen, insbesondere weil eben eine Blockchain-Anwendung aus verschiedenen Ebenen besteht und jede Ebene anders ausgestaltet werden kann. In seiner

einfachsten Form kann, wie von De Rossi et al. (2019) vorgeschlagen, eine Blockchain-Anwendung in eine Applikations- und eine Infrastrukturebene aufgeilt werden, wobei jede dieser Ebenen entweder privat (geschlossen, permissioned) oder öffentlich (offen, permissionless) – also mit oder ohne Teilnahme- und Nutzungsbeschränkungen – ausgestaltet sein kann. Dies führt dann zu den vier idealtypischen Ausgestaltungsformen von *proprietärer Gesamtlösung* (geschlossene Applikation auf privater Infrastruktur), *proprietärer Infrastrukturlösung* (offene Applikation auf privater Infrastruktur), *proprietärer Applikationslösung* (geschlossene Applikation auf öffentlicher Infrastruktur) und schliesslich *dezentraler Gesamtlösung* (offene Applikation auf öffentlicher Infrastruktur).

Wie in Kapitel 2.3.2 weiter gezeigt werden konnte, ist diese Einteilung in vier Ausgestaltungsformen allerdings bei Weitem nicht abschliessend und für eine eingehende Untersuchung von Blockchain-Anwendungen auch nicht genügend detailliert. Denn einerseits kann die Blockchain-Infrastrukturebene in eine Netzwerkebene und eine Protokollebene unterteilt werden und andererseits ist eine dichotome Einteilung in privat und öffentlich zu wenig aussagekräftig, da es eine ganz Reihe von unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten der verschiedenen Ebenen gibt. Dabei ist auf den ersten Blick auch nicht immer klar, wie dezentral und verteilt die Teilnahme-, Zugangs- und Entscheidungsrechte auf den einzelnen Ebenen ausgestaltet sind. Gerade dieser letzte Aspekt der Entscheidungsrechte ist dabei in einem ‘shared governance model‘ entscheidend, wobei die Stärke der Blockchain-Technologie vor allem dann zum Tragen kommt, wenn in einer verteilten und offenen Netzwerk-Architektur eine dezentrale ‘on-chain’-Governance implementiert wird.

Auf der Basis der Literatur wurde daher für diese Dissertation ein ausführliches konzeptionelles Modell einer Blockchain-Anwendung erstellt, welches eine detaillierte Erfassung und Bewertung der unterschiedlichen Ausgestaltungsformen einzelner Blockchain-Anwendungen empirisch erlauben sollte. Neben der Applikations-, Netzwerk- sowie Protokollebene wird dabei auch die Kontextebene einbezogen, denn es ist zu vermuten, dass gerade die bereits vorhandenen Governance-Strukturen in einer Supply Chain sowie die Ansprüche der Teilnehmer an die Blockchain-Anwendung selbst einen Einfluss auf die Ausgestaltung derselben haben könnten. Das entsprechende konzeptionelle Modell sowie die dazugehörigen ausführlichen Überlegungen finden sich in Kapitel 2.3.2. Auf eine Wiederholung dieser wird daher an dieser Stelle verzichtet.

3.2 Empiriegeleitete Fragestellungen

Die theoretische Aufarbeitung zu Blockchain im Supply Chain Management hat gezeigt, dass der Blockchain-Technologie aus einer konzeptionellen Perspektive ein grosses Potenzial zugesprochen werden kann, den Informationsaustausch in Supply Chains transparenter, effizienter und gleichberechtigter zu gestalten. Dies einerseits, weil Blockchains als dezentrale und verteilte digitale Informationssysteme idealtypisch dem Netzwerk-Modell des Informationsaustausches entsprechen, bei dem kein einzelnes Unternehmen, sondern ein dezentrales und verteiltes Netzwerk von unabhängigen und eigenständigen Entitäten die Kontrolle über das System hat. Andererseits muss bei Blockchain-Anwendungen aus einer konzeptionellen Perspektive zur korrekten Verarbeitung und Verwaltung von Informationen nicht mehr dem einzelnen Supply-Chain-Partner vertraut werden, sondern dem dezentralen und verteilten Netzwerk und seinen krypto-ökonomischen Protokollen.

Aus einer theoretischen Sicht könnte dies dazu führen, dass in Supply Chains dank einer Blockchain-Anwendung Vertrauen einfacher und schneller aufgebaut werden kann, vor allem in einem ‘vertrauenslosen‘ Umfeld, in dem keine vertrauensvolle Drittpartei den Informationsaustausch zwischen neuen, fremden oder gar unbekannten Supply-Chain-Akteuren organisieren kann. Entsprechend könnten gerade Supply Chains mit einer eher Markt-, Modular- und Relational-Governance-Struktur von Blockchain-Anwendungen profitieren, da in diesen Supply Chains der Informationsaustausch nicht durch einen dominierenden Supply-Chain-Akteur nach dem Transfer- oder Drittpartei-Modell organisiert und bestimmt wird. Dank dem erhöhten Vertrauen und dem gesteigerten Informationsaustausch sollten entsprechend der Supply-Chain-Integrationstheorie Supply Chains dank der Blockchain-Technologie effizienter, schneller, flexibler und robuster werden.

Die Aufarbeitung des Forschungsstands zum Thema ‘Blockchain im Supply Chain Management‘ hat allerdings gezeigt, dass gerade zur Frage, ob dieser theoretische Nutzen und Mehrwert auch in der Praxis generiert werden kann, eine Forschungslücke besteht, welche insbesondere für kleinere Unternehmen mit geringeren Forschungsressourcen ein Problem darstellen kann. Denn welches Unternehmen will schon Ressourcen in eine Technologie investieren, für welche über die rein theoretischen Nutzenversprechen hinaus noch nicht aufgezeigt werden konnte, ob und – wenn ja – unter welchen Voraussetzungen und

Bedingungen diese Technologie in der Praxis tatsächlich einen Mehrwert für das Unternehmen generieren kann? Dies ist wiederum insofern kritisch, als Studien gezeigt haben, dass erst durch Experimente mit einer neuen Technologie wie Blockchain auch deren Potenzial und Nutzen durch die Unternehmen erkannt werden können (Hackius & Petersen, 2017; Peteresen et al., 2018).

Um den Unternehmen in dieser schwierigen Entscheidungssituation zu helfen, ist es das erklärte Ziel dieser Dissertation, den zögernden Unternehmen wissenschaftlich fundiert aufzuzeigen, wie, warum und wo die Blockchain-Technologie mit welchem praktischen Nutzen im Supply Chain Management eingesetzt werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen und einen Beitrag zur Schliessung der besprochenen Forschungslücke zu leisten, soll die Dissertation folgende Forschungsfrage beantworten:

Empiriegeleitete Fragestellung: Welche Voraussetzungen und Bedingungen müssen in der Praxis erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Wie konzeptionell dargelegt wurde, erfolgt der Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis über Blockchain-Anwendungen, die ganz unterschiedlich ausgestaltet werden können. Mit Bezug auf die empiriegeleitete Fragestellung kann dabei weiter festgehalten werden, dass unter Voraussetzungen all jene Aspekte einer Blockchain-Anwendung verstanden werden, welche den Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply-Chain-Umfeld erst Mehrwert stiftend möglich machen, während die Bedingungen wiederum jene Aspekte einer Blockchain-Anwendung umfassen, welche den effektiven Einsatz in der Praxis Mehrwert stiftend gestalten. In dieser Hinsicht – und mit Blick auf das konzeptionelle Blockchain-Anwendungsmodell mit seinen vier Ebenen – betreffen die Voraussetzungen diejenigen Aspekte des weiteren Supply-Chain- und Blockchain-Anwendungskontexts, die erfüllt sein müssen, damit die Blockchain-Technologie in der Praxis überhaupt Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Demgegenüber beziehen sich die Bedingungen auf diejenigen Aspekte, die eine Blockchain-Anwendung in ihrer konkreten Umsetzung auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene berücksichtigen sollte, damit am Ende die Blockchain-Technologie in der Praxis Mehrwert stiftend eingesetzt wird.

Basierend auf diesen konzeptionellen Überlegungen kann die oben formulierte Hauptforschungsfrage mit Hilfe von zwei Teilforschungsfragen für die empirische Untersuchung weiter konkretisiert werden:

Empiriegeleitete Teilfragestellung 1: Welche Voraussetzungen müssen im weiteren Supply-Chain- und Anwendungskontext erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Empiriegeleitete Teilfragestellung 2: Welche Bedingungen sollten bei der Umsetzung einer Anwendung auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene berücksichtig werden, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Auf der Basis dieser zwei empiriegeleiteten Teilfragestellungen und der theoretischen Überlegungen sollte es am Ende des empirischen Teils der Dissertation möglich sein, eine fundierte Antwort auf die oben formulierte Hauptfragestellung zu geben, welche Voraussetzungen und Bedingungen in der Praxis erfüllt sein müssen, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann.

III EMPIRISCHER TEIL

1 Forschungsdesign

Nachdem im vorherigen theoretischen Teil die konzeptionellen Überlegungen zur Dissertation dargelegt wurden, wird in diesem ersten Kapitel des Teils III das Forschungsdesign zur empirischen Untersuchung ausführlich beschrieben. In einem ersten Unterkapitel wird dabei die Untersuchung aus einer methodologischen Perspektive genauer beschrieben, mit dem Ziel, die einzelnen Forschungsschritte und deren Zusammenhang zu den Zielsetzungen der Dissertation zu begründen. Mit den Darlegungen der einzelnen Forschungsschritte sowie der jeweiligen Untersuchungseinheiten wird auch die Wahl der Forschungsmethoden bereits entscheidend vorgegeben (vgl. Kassner & Wassermann, 2002). Diese Forschungsmethoden, welche als die konkreten Verfahren der Datenerhebung und -analyse zur Erkenntnisgewinnung verstanden werden, sind in einem zweiten Unterkapitel im Detail beschrieben und begründet.

Darauffolgend wird in einem dritten Unterkapitel zur Operationalisierung beschrieben, wie die konzeptionellen Modelle für die Datenerhebung und -analyse konkret beobachtbar und messbar gemacht werden sollen. Im Vordergrund steht dabei die Beschreibung der Instrumente zur Datenerhebung – konkret das Forschungsprotokoll, welches auch gleichzeitig als Interviewleitfaden dient. Zum Schluss sollen das weitere Vorgehen und der Ablauf der empirischen Forschung im vierten Unterkapitel dargestellt werden, bevor im Anschluss in einem neuen Kapitel die Ergebnisse der Dissertation im Detail präsentiert werden.

1.1 Untersuchung

1.1.1 Wissenschaftstheoretisches Forschungsparadigma

Die Diskussion über die Methodologie endet oft in einem konfusen Missverständnis verschiedener Begriffe, indem unklare und manchmal sogar austauschbare Definitionen von ‘Methodologie‘ und ‘Methoden‘ verwendet werden (vgl. Hyett et al., 2014). Um Missverständnisse zu vermeiden, definiert diese Dissertation in Anlehnung an Kothari (2004) ‘Forschungsmethodologie’ als die Art, „how research is done scientifically” (S. 8), und

'Forschungsmethoden' als „all those methods/techniques that are used for conduction of research" (S. 7). Die Erörterung der Forschungsmethodologie bildet somit die Begründung dafür, warum und wie die ausgewählten Forschungsmethoden und -techniken bei der Untersuchung eines bestimmten Phänomens hilfreich sein sollten und Antworten auf die Forschungsfragen liefern können (vgl. Kassner & Wassermann, 2002; Kothari, 2004; Creswell & Poth, 2018).

Die Forschungsmethodologie gründet ihrerseits auf bestimmten ontologischen und erkenntnistheoretischen Annahmen, wobei sich die Ontologie mit der Frage nach dem Wesen der Realität beschäftigt und die Epistemologie der Frage nachgeht, wie diese Realität am besten erforscht und Wissen über diese Realität erzeugt werden kann (Easterby-Smith et al., 2012; Creswell & Poth, 2018). Je nach dem Positionsbezug zu Ontologie und Epistemologie können sich unterschiedliche wissenschaftstheoretische Forschungsparadigmen herausbilden und Forschungsdesigns begründen lassen. Es ist nicht die Absicht dieser Dissertation, einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Forschungsparadigmen zu geben; dies haben bereits andere getan (z. B. Amis und Silk, 2008; Easterby-Smith et al., 2012; Ridder, 2017; Creswell & Poth, 2018). Da jedoch ein Zusammenhang zwischen dem wissenschaftstheoretischen Forschungsparadigma, den verwendeten Forschungsmethoden und den daraus resultierenden Forschungsergebnissen besteht, ist es dennoch wichtig, die wissenschaftstheoretische Position dieser Dissertation und ihre weiteren Implikationen für die Untersuchung zu diskutieren.

Diesen Zusammenhang zwischen Ontologie, Erkenntnistheorie und Methodologie zeigt Tabelle 1 in Anlehnung an Easterby-Smith et al. (2012) exemplarisch auf. Dabei wird ersichtlich, dass unterschiedliche Forschungsziele (z.B. Entdeckung, Enthüllung, Konvergenz und Erfindung), Designs (z.B. Experiment, Umfrage, Fallstudie und Reflexivität) sowie Ergebnisse (z.B. Theoriebestätigung, Theorietest, Theoriebildung sowie neue Einsichten) einem bestimmten wissenschaftstheoretischen Forschungsparadigma zugeordnet werden können. Entsprechend soll im folgenden Unterkapitel dieser Zusammenhang zwischen dem wissenschaftstheoretischen Forschungsparadigma und der Forschungsmethodologie für diese Dissertation dargelegt und begründet werden.

Ontologien	Realismus	Interner Realismus	Relativismus	Nominalismus
Epistemologie	Starker Positivismus	Positivismus	Konstruktivismus	Starker Konstruktivismus
Methodologie				
Ziel	Entdecken	Enthüllung	Konvergenz	Erfindung
Ausgangslage	Hypothesen	Propositions	Fragen	Kritik
Designs	Experiment	Grosse Befragungen Fallstudien	Fallstudien Befragung	Engagement Reflexivität
Daten-Typen	Zahlen Fakten	Zahlen Wörter	Wörter Zahlen	Diskurse Erfahrungen
Analyse/ Interpretation	Verifizierung Falsifizierung	Korrelation Regression	Triangulation Vergleich	Sinngebung Verstehen
Ergebnisse	Theoriebestätigung	Theorietest Theoriebildung	Theoriebildung	Neue Einsichten Handlungen

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Ontologie, Epistemologie und Methodologie (Quelle: Easterby-Smith et al. 2012, S. 25 – Übersetzung durch Autor der Dissertation)

1.1.2 Fallstudie als Forschungsmethodologie

Diese Dissertation möchte sich dem neuen Phänomen ‘Blockchain-Technologie im Supply Chain Management‘ annehmen und dabei primär untersuchen, wie diese Technologie in der Praxis einen Nutzen und Mehrwert für die verschieden Supply-Chain-Akteure generieren kann. Dies ist insofern relevant, als sich in den letzten Jahren gezeigt hat, dass zwar viele mögliche Anwendungen diskutiert wurden und dieser neuen Technologie aufgrund von theoretischen Überlegungen vor allem im Supply Chain Management ein grosses Potenzial zugesprochen wird, sich in der Praxis aber nur sehr wenige Blockchain-Anwendungen ausserhalb des Finanzsektors etablieren konnten (vgl. Pawczuk et al., 2019; Rauchs et al., 2019). Es stellt sich daher die Frage, wie, warum und wo die Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management überhaupt einen Mehrwert für die Unternehmen generieren kann und welche Voraussetzungen und Bedingungen dabei erfüllt sein müssen.

Die Untersuchung dieser Fragestellung erfolgt in dieser Dissertation aus einer erkenntnistheoretischen Haltung des Konstruktivismus mit den zugrundeliegenden ontologischen Annahmen, dass es keine absolute Wahrheit gibt und dass die

wahrgenommene Realität sozial konstruiert ist (Easterby-Smith et al., 2012; Ridder, 2017). Aus der konstruktivistischen Perspektive können Forschungsfragen am besten über die Beschreibung und Beobachtung von (Einzel-)Fallstudien sowie über Befragungen ergründet werden (Easterby-Smith et al., 2012; vgl. auch Tabelle 1, S. 80). Dabei sollen die Ergebnisse solcher Untersuchungen in der Regel zu neuen Einsichten und Erkenntnissen führen, welche wiederum zur Bildung von neuen Theorien beisteuern können (vgl. auch Eisenhardt, 1989b; Ridder, 2017). Insofern passt die Fallstudie als Forschungsmethodologie aus einer wissenschaftstheoretischen Perspektive gut zur Zielsetzung der Dissertation, mittels eines wissenschaftlichen Forschungsvorhabens erste Erkenntnisse zu einem neuen und daher auch noch kaum erforschten Phänomen zu gewinnen. Entsprechend wird in der Dissertation zur Ergründung der Forschungsfrage auf die Fallstudienmethodologie zurückgegriffen, welche sich insbesondere für die empirische Erforschung eines gegenwärtigen Phänomens in seinem realen Kontext eignet (Stake, 1995; Yin, 2018).

Der methodologische Forschungsprozess der Fallstudien wird von verschiedenen Autoren je unterschiedlich beschrieben (vgl. z.B. Eisenhardt, 1989b; Stake, 1995; Ellram, 1996; Burawoy, 1998; Merriam, 1998; Stuart et al., 2002; Voss et al., 2002; Alvesson & Kärreman, 2007; Yin, 2018), wobei dies wiederum oft mit der erkenntnistheoretischen Haltung zusammenhängt (vgl. Easterby-Smith et al., 2012; Ridder, 2017). So gelten Eisenhardt (1989b) und Yin (2018) als Vertreter des Positivismus, während Stake (1995), Burawoy (1998) und Merriam (1998) dem konstruktivistischen Forschungsparadigma zugeschrieben werden. Die Ersteren stellen dabei einen strukturierten Forschungsprozess inklusive der Herausarbeitung von (messbaren) Konstrukten stärker in den Fokus, während die Letzteren mehr auf eine flexible und kreative Interpretation der empirischen Ergebnisse achten.

Allerdings stellt Ridder (2017) fest, dass in der Fallstudien-Literatur diese klare wissenschaftstheoretische Trennung oft nicht ersichtlich ist, und auch Eisenhardt (2021) kommt in einem neueren Artikel zum Schluss, dass ihre „Eisenhardt Method“ (Langley & Abdallah, 2011) im Grunde ontologisch und epistemologisch flexibel ist. Dies kann insofern nicht überraschen, als die Fallstudienmethodologie in der Literatur generell eher dem Konstruktivismus zugeordnet wird (z.B. Easterby-Smith et al., 2012). Mit Bezug auf Weber (1947) schreiben zum Beispiel auch Stuart et al. (2002), dass positivistische Tendenzen beiseitegelegt werden sollten, wenn mittels Fallstudienforschung verstanden werden soll, was

in einem Untersuchungsbereich tatsächlich geschieht. Ebenso ordnen Gioia und Pitre (1990) in ihren Überlegungen zur Theoriebildung in den Sozialwissenschaften die Fallstudienmethodologie dem interpretativen Paradigma von Burrell und Morgan (1979) zu, welches wiederum auf einer konstruktivistischen Erkenntnistheorie basiert.

1.1.3 Fünfstufiger Fallstudienprozess

Nach Creswell und Poth (2018) ist die Fallstudie eine qualitative und induktive Forschungsmethodologie, bei der Forschende ein begrenztes System (*einen Fall*) oder mehrere begrenzte Systeme (*Fälle*) über einen Zeitraum durch eine detaillierte Datenerhebung unter Einbeziehung mehrerer Informationsquellen untersuchen und mittels einer Fallbeschreibung fallbezogene Themen erkennen, welche zum Schluss fallspezifisch oder fallübergreifend interpretiert werden können. Dieser grundlegende methodologische Fallstudien-Forschungsprozess wird je nach Autor und erkenntnistheoretischem Standpunkt mehr oder weniger detailliert ausgeführt. Creswell und Poth (2018) selbst beschreiben den Fallstudienprozess in Anlehnung an Stake (1995) entlang den fünf Schritten (1) Begründung der Fallstudienmethodologie, (2) Auswahl der Fallstudie(n), (3) Datenerhebung, (4) Datenanalyse und (5) Interpretationsphase.

Eisenhardt (1989b) sowie Gioia und Pitre (1990) haben diesen Fallstudienprozess mit explizitem Bezug zur Theoriebildung aus unterschiedlicher erkenntnistheoretischer Perspektive noch detaillierter ausgestaltet, folgen aber grundsätzlich diesem fünfstufigen Forschungsprozess. Auch wenn diese Schritte eine Prozess-Linearität suggerieren, ist der Forschungsprozess im Sinne von Eisenhardt (1989b), Stake (1995) und Creswell und Poth (2018) von Beginn weg stark iterativ. Die verschiedenen Forschungsprozessschritte können also mehrfach durchlaufen und im Verlauf der Forschung ergänzt und geändert werden. Die verschiedenen Überlegungen, welche in den fünf Schritten aus Sicht verschiedener Autoren erfolgen sollten, sind in Tabelle 2 konsolidiert dargestellt. Diese Dissertation wird bei der empirischen Untersuchung ebenfalls diesen grundsätzlichen fünf Fallstudienprozess-Schritten folgen. Entsprechend werden im nächsten Kapitel die methodischen Überlegungen und das Vorgehen mit Bezug auf diese Untersuchung beschrieben und begründet.

Schritt	Überlegungen	Autoren
Begründung	Forschungsfrage	Eisenhardt (1989b); Gioia/Pitre (1990); Merriam (1998)
	Forschungsziel	Stuart et al. (2002); Creswell & Poth (2018); Yin (2018)
	Theoretische Überlegung	Eisenhardt (1989b); Alvesson & Kärreman (2007)
Fallauswahl	Unterschungseinheit	Seuring (2008); Creswell & Poth (2018); Yin (2018)
	Anzahl der Fallstudien	Eisenhardt (1989b); Stuart et al. (2002); Yin (2018)
	Begründung Fallauswahl	Eisenhardt (1989b); Yin (2018); Creswell & Poth (2018)
Datenerhebung	Qualitativ/Quantitativ	Stake (1995); Merriam (1998); Stuart et al. (2002); Yin (2018)
	Triangulation	Eisenhardt (1989); Ellram (1996); Seuring (2008); Yin (2018)
	Methoden & Technik	Meuser/Nagel (1991); Helfferich (2019); Bogner/Menz (2002)
Datenanalyse	Codierung & Musteranalyse	Eisenhardt (1989b); Stuart et al. (2002); Creswell & Poth (2018)
	Fallinterne Analyse	Eisenhardt (1989b); Stake (1995); Creswell & Poth (2018)
	Fallübergreifende Analyse	Eisenhardt (1989b); Creswell & Poth (2018); Yin (2018)
Interpretation	Qualitätskriterien	Ellram (1996); Stuart et al. (2002); Yin (2018)
	Generalisierung	Eisenhardt (1989b); Alvesson & Kärreman (2007); Yin (2018)
	Beiträge zur Theorie	Eisenhardt (1989b); Alvesson & Kärreman (2007)

Tabelle 2: Die fünf Fallstudienprozess-Schritte und die dazugehörigen wichtigsten methodischen Überlegungen (Quelle: eigene Darstellung)

1.2 Methodisches Vorgehen und Methodenauswahl

1.2.1 Fallstudienmethodologie

Das Forschungsvorhaben wird im Sinne des Konstruktivismus nicht auf der Basis von theoretischen Überlegungen zu konzeptionellen Problemstellungen begründet, sondern auf der Basis einer Erkenntnislücke zu einem Phänomen, welches sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als auch Praktikerinnen und Praktiker beschäftigt (Easterby-Smith et al., 2012). In Anlehnung an Eisenhardt (1989b) sowie Gioia und Pitre (1990) ist dabei das Ziel dieser Dissertation, über die Erkennung bestimmter Muster erste konzeptionell-theoretische Aussagen zu einem noch weitgehend unerforschten Phänomen zu machen. Auch Stuart et al. (2002, S. 420) meinen mit Bezug auf Operation und Supply Chain Management: „Case studies contribute to theory building through observation of phenomena in the OM world that have not been empirically tested." Das Forschungsvorhaben ist somit primär induktiv und versucht über eine explorative Untersuchung zu neuen Einsichten und Erkenntnissen zur Forschungsfrage zu gelangen (Angerer, 2016; Saunders et al., 2009; Balzert et al., 2011;).

Bei der Fallstudienmethode stellt sich allerdings die Frage, ob theoretische Annahmen a priori definiert werden sollten (Ridder, 2017). Da grundsätzlich angenommen werden kann, dass sich eine wissenschaftliche Forschung praktisch immer auf theoretische Annahmen stützt

(Balzert et al., 2011), ist es objektiver und transparenter, wenn diese Annahmen auch klar formuliert werden (Pedrosa et al., 2012; Yin, 2018). Entsprechend wird die Dissertation, wie bereits im theoretischen Teil (Teil II, S. 22) sowie in Kapitel 3.2 (Teil II, S. 75) zu den empirischen Fragestellungen ausgeführt, auf einige theoretische Überlegungen und Annahmen zurückgreifen. Die zu untersuchenden Fallstudien können sodann zur Prüfung, Erweiterung oder Ergänzung dieser theoretischen Annahmen beitragen (Eisenhardt, 1989b; Ellram, 1996; Voss et al., 2002).

Mit der Absicht, ein noch weitgehend unerforschtes Phänomen zu verstehen, wird sich die Dissertation aber nicht ausschliesslich auf die theoretischen Annahmen fokussieren, sondern im Sinne des iterativen Forschungsprozesses explizit auch neue und zu Beginn der Forschung noch nicht bekannte Erkenntnisse und Einsichten zur Forschungsfrage miteinbeziehen und aufarbeiten. Gerade der Einbezug von theoretisch (noch) nicht erklärbaren Phänomenen ist für Alvesson und Kärreman (2007) einer der Hauptbewegründe für die qualitative Forschung, denn gemäss diesen Autoren werden neue theoretische Erkenntnisse primär über wissenschaftliche Anomalien und ‘Mysterien‘ erzielt (vgl. auch Burawoy, 1998). Dabei tauchen gemäss den Autoren solche ‘Mysterien‘ auch oft erst während des Forschungsprozesses bei der Interpretation der empirischen Ergebnisse auf.

Dementsprechend gehen Fallstudien nach Creswell und Poth (2018) offenen Fragestellungen nach, die zu einem tieferen Verständnis eines kaum erforschten Phänomens führen sollen. Im Mittelpunkt stehen also Forschungsfragen zu einem aktuellen Phänomen in einem realen Kontext (Yin, 2018), für die es nur wenige oder widersprüchliche theoretische Erklärungen und empirische Erkenntnisse gibt und somit keine klaren Antworten (Eisenhardt, 2021). Dieser Anforderung an die Fallstudie wird die Dissertation insofern gerecht, als einerseits ein neues, noch unerforschtes, aber reales und aktuelles Phänomen (*Einsatz der Blockchain-Technologie in der Praxis*) in einem klar definierten Kontext (*Supply Chain Management*) untersucht wird, und anderseits über die Fragestellung ein vertieftes Verständnis sowie erste theoretische Erklärungen (*Voraussetzungen und Bedingungen des Mehrwert stiftenden Einsatzes*) in Bezug auf das untersuchte Phänomen gegeben werden sollen.

1.2.2 Fallauswahl

Im zweiten Schritt der Fallstudienmethodologie geht es nach Creswell und Poth (2018) um die Abgrenzung und Anzahl der Untersuchungseinheit(en) (‘bounded system(s)‘) sowie die Begründung der Fallstudienauswahl (‘purposeful sampling‘). Die Untersuchungseinheit als ‘begrenztes System‘ bezieht sich bei einer Fallstudie auf ‘den Fall‘, wobei mehrere Fälle untersucht werden können. Die Untersuchungseinheit – also der Fall – in dieser Dissertation ist die Blockchain-Anwendung im Supply Chain Management. Dies impliziert, dass nicht nur einzelne Unternehmen untersucht werden, sondern – wie Seuring (2008) klar darlegt – eben auch mehrere Stufen einer Supply Chain im Fokus der Forschung stehen sollten. Die Grenzen der Untersuchungseinheit ‘Blockchain-Anwendung‘ wurden dabei konzeptionell in Kapitel 2.3.2 (Teil II, S. 61) mit den vier Anwendungsebenen detailliert ausgeführt, wobei diese auch den erweiterten Kontext einer Anwendung umfassen. Gerade in Bezug auf Fallstudien in einem komplexen und unkontrollierbaren Umfeld wie dem Supply Chain Management ist es nach Stuart et al. (2002) empfehlenswert, den Kontext explizit einzubeziehen, da davon ausgegangen werden muss, dass gerade dieser Kontext einen Einfluss auf den Fall selbst hat und somit der Untersuchungseinheit inhärent ist.

Nach Yin (2018) können Fallstudien danach unterschieden werden, ob in ihnen ein einzelner Fall (single-case study) oder mehrere Fälle (multiple-case study) und ob innerhalb eines Falls mehrere Analyseeinheiten untersucht werden. Dabei eignen sich grundsätzlich mehrere Fallstudien besser als eine Einzelfallstudie, um verlässliche Aussagen zu einem Phänomen zu machen (Yin, 2018). So ist auch Eisenhardt (1989b) der Meinung, dass eine aussagekräftige Fallstudie in der Regel aus vier bis zehn Fällen besteht, wobei gerade bei weniger als vier Fällen die Formulierung einer theoretischen Erklärung für ein Phänomen aufgrund einer mangelnden empirischen Basis schwierig werden dürfte. Entsprechend wurde diese Dissertation auf der Basis von mehreren Fällen geplant, welche jeweils die einzige Analyseeinheit darstellten.

Je nach Forschungsinteresse und Forschungsfrage können die Fälle nach unterschiedlichen Aspekten ausgewählt werden. Creswell und Poth (2018) nennen diesen Vorgang ‘gezieltes‘ Sampling (‘purposeful sampling‘), wobei er selbst in der Regel die Fälle so auswählt, dass diese eine unterschiedliche Perspektive auf das Phänomen erlauben. Alternativ können aber nach Creswell und Poth (2018) auch gewöhnliche Fälle, zugängliche Fälle oder ungewöhnliche Fälle

gewählt werden. Für Yin (2018) sollte bei der Fallauswahl wiederum die Replikationslogik von Experimenten angewandt werden, bei der bei gleichen Fällen das gleiche Resultat erwartet wird (‘*literal replication*‘), während bei bewusst unterschiedlichen Fällen die verschiedenen Ergebnisse diesen bewusst gewählten Unterschieden zugeordnet werden können (‘*theoretical replication‘)*. Diese bewusste Auswahl der Fälle bezeichnet Eisenhardt (1989b) als ‘theoretisches‘ Sampling, wobei sie in ihren späteren Ausführungen ebenfalls darlegt, dass es zur Verbesserung der Verallgemeinerbarkeit (d.h. der Übertragbarkeit) der herausgearbeiteten Theorie auf andere Situationen am sinnvollsten ist, absichtlich verschiedene Fälle auszuwählen (Eisenhardt, 2021).

Die Anzahl der Fallstudien wurde zu Beginn der Dissertation bewusst noch offengelassen, da erst im Verlauf der Untersuchung bestimmt werden kann, wann weitere Fälle keine wesentlich neuen Erkenntnisse mehr ergeben und diese auch zu keiner relevanten Verfeinerung des Wissens mehr beitragen können (Strübing, 2014). Dieses Kriterium zur Beurteilung, wann mit Erweiterung der Fallzahl (‘Sampling’) aufgehört werden kann, bezeichnen Glaser und Strauss (2010) als ‘theoretische Sättigung’. Bei dieser Dissertation trat diese ‘theoretische Sättigung‘ nach fünf Fallstudien ein, da bereits bei diesen fünf Fallstudien einige Überschneidungen der Ergebnisse erkannt werden konnten und theoretisch davon ausgegangen werden konnte, dass sich mit zusätzlichen Fällen keine weiteren wesentlichen empirischen Erkenntnisse gewinnen lassen. Bei der Durchführung der Untersuchung wurde im Weiteren festgestellt, dass ein Fall aus zwei Blockchain-Anwendungen besteht, was dann dazu führte, dass dieser Fall zwischenzeitlich in zwei unabhängig voneinander zu untersuchende Fälle aufgeteilt wurde.

Mit Bezug auf diese Dissertation konnte der Mangel an Untersuchungen von technisch unterschiedlichen Blockchain-Anwendungen in verschiedenen Kontexten bereits in der Literaturrecherche festgestellt werden (vgl. Teil II, Kap. 1, S. 22). Ein weiteres Ziel dieser Untersuchung ist es, gestützt auf die empirischen Erkenntnisse erste aussagekräftige und generelle Aussagen dazu zu machen, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Entsprechend wurden für diese Untersuchung gezielt (‘purposful‘) unterschiedliche Blockchain-Anwendungen in unterschiedlichen Situationen und Kontexten ausgewählt, was einem theoretischen Sampling (Eisenhardt, 1989b) nach theoretischer Replikation (Yin, 2018) entspricht. Wie in Tabelle 3 dargestellt, beziehen sich diese Unterschiede konkret *erstens* auf

die Blockchain-Infrastruktur (Permissioned und Permissionless) und *zweitens* auf den weiteren Kontext wie die Industrie und die Hauptakteure.

	Fallstudie 1	**Fallstudie 2**	**Fallstudie 3**	**Fallstudie 4**	**Fallstudie 5**
Blockchain-Infrastruktur	Permissionless	Permissionless Permissioned	Permissionless	Permissioned	Permissioned
Industrie	Sicherheits-merkmale	Pharma	Detailhandel	Logistik	Medizintechnik
Hauptakteur	KMU	Start-up	Konzern	Konzern	Konsortium

Tabelle 3: Auswahlkriterien für die fünf Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung)

Wie aufgrund der Auswahlkriterien in Tabelle 3 ersichtlich wird, spielten andere mögliche Kriterien wie zum Beispiel der Status der Anwendung, der Anwendungsumfang, die Supply-Chain-Governance-Struktur oder der Informationszugang keine Rolle. Dies einerseits, weil diese Aspekte oft erst im Verlaufe der Datenerhebung und Informationsbeschaffung als Gegenstand der Untersuchung in die Fallstudien eingeflossen sind, und weil anderseits grundsätzlich alle angefragten Akteure der ausgewählten Blockchain-Anwendungen einer Teilnahme an der Untersuchung zugestimmt haben. Dies mag auch darauf zurückzuführen sein, dass der Autor dieser Dissertation mit einigen der beteiligten Akteure der untersuchten Blockchain-Anwendungen bereits im Kontext seiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei einer Schweizer Hochschule mehrmals auf Konferenzen, Expertengruppen oder Weiterbildungen im Kontakt war. Dies ist der Fall bei den Fallstudien 2, 3 und 5. Dabei war und ist der Autor aber bei keiner der untersuchten Blockchain-Anwendungen in irgendeiner Form aktiv oder involviert.

In Bezug auf die Informationsbeschaffung stellt Fallstudie 4 insofern eine Ausnahme dar, als nicht alle angefragten Akteure von einer Teilnahme überzeugt werden konnten. Da allerdings mit einem Hauptakteur der Blockchain-Anwendung gesprochen werden konnte und weil die Informationen in diesem spezifischen Fall ansonsten gut verfügbar waren, wurde entschieden, die Fallstudie 4 trotzdem in die Untersuchung zu integrieren. Die weiteren Aspekte der Datenerhebung sollen nun aber im folgenden Kapitel über die Erhebungsmethode ausführlicher diskutiert und begründet werden.

1.2.3 Erhebungsmethode

Der dritte Schritt der Fallstudienmethodologie – die Datenerhebung – basiert auf mehreren wichtigen Entscheidungen in Bezug auf die Erhebungsmethode. Eisenhardt (1989b) fasst diese Entscheide als Ausarbeitung von Instrumenten und Protokollen zusammen, und auch Stuart et al. (2002) beziehen sich diesbezüglich auf die Entwicklung eines Untersuchungsinstruments. Gerade bei diesen Entscheiden zur Erhebungsmethode zeigen sich noch einmal deutlich die unterschiedlichen erkenntnistheoretischen Zugänge zur Forschung. Denn während aus der eher positivistischen Sicht von Eisenhardt (1989b) und Yin (2018) auch quantitative Methoden miteinbezogen werden können (oder gar sollten), vertreten die Autoren aus einer konstruktivistischen Sicht wie Stake (1995), Merriam (1998) sowie Creswell und Poth (2018) die Meinung, dass eine Fallstudie ausschliesslich auf qualitativen Methoden basiert.

Gerade im Sinne einer Triangulation zur Steigerung der Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Ergebnisse wird oft der Vorteil des Einbezugs von quantitativen Methoden hervorgehoben (Eisenhardt, 1989b; Yin, 2018). Unter Triangulation wird dabei nach Flick (2020) die Einnahme von unterschiedlichen Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand verstanden, wobei dies durch die Kombination von unterschiedlichen Theorien, Methoden, Datensorten oder Forscher erfolgen kann. In Übereinstimmung mit der konstruktivistischen Erkenntnistheorie hat sich diese Dissertation auf die Entwicklung von qualitativen Erhebungsmethoden beschränkt, wobei eine Triangulation wie von Flick (2020) ausgeführt auch über den Einsatz mehrerer unterschiedlicher qualitativer Erhebungsmethoden möglich ist (vgl. auch Eisenhardt, 1989b; Stake, 1995). In Bezug auf diese Erhebungsmethoden wird in der qualitativen Fallstudienliteratur übereinstimmend primär auf Beobachtung, Interviews, Dokumentenanalyse und die Analyse von audiovisuellen Medien gesetzt (Ridder, 2017; Creswell & Poth, 2018). Da Beobachtung und audiovisuelle Analysen für die Untersuchung von Blockchain-Anwendungen nicht zielführend sind, beschränkte sich diese Dissertation auf Interviews und die Analyse von Dokumenten bei den Erhebungsmethoden.

Zur Triangulation der Informationsquellen wurden in der Dissertation verschiedene qualitative Techniken wie mündliche Interviews oder die Analyse unterschiedlicher Dokumente, Publikationen und Websites angewandt (vgl. dazu auch: Ellram, 1996; Stuart et al., 2002; Seuring, 2008). Eine Triangulation wäre auch über den Einsatz mehrerer Forschender

bzw. Forscherteams möglich (Eisenhardt, 1989b; Stake, 1995; Yin, 2018), was allerdings für ein Einzelprojekt wie eine Dissertation nicht vorgesehen ist. Wie in Tabelle 4 dargestellt, konnte zur Triangulation je nach Fallstudie auf unterschiedliche Informationsquellen zurückgegriffen werden, wobei die durchgeführten Interviews bei allen Fallstudien die Hauptinformationsquelle waren und die weiteren Informationsquellen nur im Sinne der Triangulation zur Überprüfung und punktuellen Ergänzung zum Beispiel zur Blockchain-Infrastruktur herangezogen wurden.

	Fallstudie 1	**Fallstudie 2**	**Fallstudie 3**	**Fallstudie 4**	**Fallstudie 5**
Hauptinformations-quelle	2 Interviews	2 Interviews	3 Interviews	2 Interviews	5 Interviews
Triangulation 1	Website (Infrastruktur)	Artikel	Interne Dokumente	Öffentliche Dokumente	Interne Dokumente
Triangulation 2	-	-	Website (Infrastruktur)	Artikel / Website	-

Tabelle 4: Informationsquellen und Triangulation bei den fünf Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung)

Das qualitative Interview ist somit die primäre Datenerhebungsmethode für diese Dissertation und entsprechend wurde bei der Ausarbeitung des Erhebungsinstruments mit besonderer Sorgfalt vorgegangen. Da die gängige Fallstudien-Literatur wie Eisenhardt (1989), Stake (1995), Merriam (1998), Yin (2018) und Creswell und Poth (2018) zur Gestaltung von Interviews eher vage bleibt, wurde für die Entwicklung dieser spezifischen Erhebungsmethode auf weitere methodische Literatur zurückgegriffen.

1.2.3.1 Experteninterview

Nach Meuser und Nagel (1991) handelt es sich bei den in dieser Dissertation durchgeführten Interviews um sog. ‘Experteninterviews‘, da die Befragten nicht als Person Teil der Untersuchungseinheit sind, sondern mit ihrem spezifischen Expertenwissen einen privilegierten Zugang zu Informationen über den Forschungsgegenstand haben. Auf der Basis der erkenntnisleitenden Funktion des Experteninterviews innerhalb des Forschungsvorhabens typologisieren Bogner und Menz (2002) die Experteninterviews nach ‘explorativ‘, ‘systematisierend‘ oder ‘theoriegenerierend‘. Diese unterschiedlichen Interviewtypen unterscheiden sich dabei sowohl durch ihr Ziel als auch durch ihre Vorgehensweise. So soll beim *explorativen* Experteninterview über ein möglichst offen geführtes Interview eine erste

Orientierung und Strukturierung eines unübersichtlichen Forschungsfelds generiert werden, mit dem Ziel, das Bewusstsein für das Forschungsproblem zu schärfen und den Forschungsprozess zu fördern. Beim *systematisierenden* Experteninterview steht dagegen die umfassende und lückenlose objektive Informationsgewinnung im Vordergrund, wozu in der Regel ein relativ ausdifferenzierter Leitfaden zu Hilfe genommen wird. Das *theoriegenerierende* Experteninterview zeichnet sich schliesslich dadurch aus, dass bei der Informationsgewinnung nicht die objektiven Informationen im Vordergrund stehen, sondern die subjektiven Dimensionen des Expertenwissens, um über die Konzeptualisierung des impliziten Wissens sowie der Deutungsmuster der Experten die Theoriebildung anzustossen.

Mit Bezug auf das Forschungsvorhaben in dieser Dissertation kann festgehalten werden, dass die Untersuchungseinheit eine Blockchain-Anwendung ist und nicht das Expertenwissen selbst. Die methodische Funktion des Experteninterviews ist demnach im Sinne des *systematisierenden* Interviews die Gewinnung von möglichst ‘objektiven‘ Informationen zu den untersuchten Blockchain-Anwendungen. Dieses Verständnis deckt sich auch mit Helfferich (2019), welche generell festhält, dass in der Regel Experteninterviews stark auf die informationsbezogene Erhebung von Praxis- und Erfahrungswissen ausgerichtet sind. Gemäss Helfferich (2019) sind damit Experteninterviews üblicherweise halbstrukturierte Leitfadeninterviews, welche den Fokus verstärkt auf die Strukturierung legen. Auch Trinczek (2002) kommt auf der Basis seiner Untersuchungen zum Schluss, dass trotz der oft vorgebrachten Einwände gegen leitfadenstrukturierte Experteninterviews aus konstruktivistischer Perspektive in der Praxis gerade bei Interviews mit Managern über deren betriebliches Umfeld von den Befragten selbst ein strukturiertes Vorgehen zumindest zu Beginn erwartet wird. Wie Trinczek (2002) weiter feststellt, kann es im Verlaufe des Interviews zu einer entspannten Gesprächsatmosphäre kommen und die typische Frage-Antwort-Struktur kann durch ein offenes ‘Fachgespräch‘ ersetzt werden. Gerade in dieser situationsbedingten Flexibilität und Offenheit sieht der Autor die Stärke des qualitativen Experteninterviews.

1.2.3.2 Interviewleitfaden

Die im Rahmen dieser Dissertation befragten ‘Experten‘ können alle dem mittleren bis höheren Management zugeordnet werden (vgl. auch Tabelle 5, S. 93). Insofern wurde auch in dieser Untersuchung bei der Befragung auf einen strukturierten Leitfaden gesetzt, welcher vor

dem ersten Interview entwickelt und dann nicht mehr angepasst wurde, um eine vergleichbare Erhebungssituation für alle Experteninterviews zu haben (Helfferich, 2019). Die Entwicklung des Leitfadens basierte auf den Ausführungen von Helfferich (2019) und folgte ihrem Prinzip von „so offen wie möglich, so strukturierend wie nötig“ (S. 676). Die Erstellung folgte in den vier Schritten (1) Fragensammeln, (2) Fragenprüfen, (3) Fragensortieren und (4) Fragensubsumieren, wobei bei allen diesen Schritten ein klarerer Bezug zum konzeptionellen Modell einer Blockchain-Anwendung aus Kapitel 2.3.2 (Teil II, S. 61) gemacht werden konnte. Die detaillierte Ableitung des Interviewleitfadens aus den theoretischen Überlegungen und konzeptionellen Modellen dieser Dissertation sind im nachfolgenden Kapitel 1.3 Operationalisierung (S. 100) ausgeführt. Mit dem Bezug auf die aus der Literatur abgeleiteten konzeptionellen Modelle konnte dabei auch sichergestellt werden, dass einerseits nach *Sammeln* und *Prüfen* nur jene Fragen übrigblieben, welche für die Untersuchung voraussichtlich relevante und interessante Informationen erzeugen (vgl. auch Merriam, 1998), und anderseits die verbleibenden Fragen inhaltlich *sortiert* und entlang der Oberbegriffe ‘Kontext’, ‘Applikation’, ‘Netzwerk’ und ‘Protokoll’ *subsumiert* werden konnten. Der so erstellte Interviewleitfaden ist im Anhang 2 abgebildet, wobei dieser noch um die einleitenden Bemerkungen ergänzt wurde.

Der Interviewleitfaden wurde den Expertinnen und Experten vor dem Interview zur Verfügung gestellt. Wie von Helfferich (2019) empfohlen, wurde gerade zu Beginn den Befragten die Möglichkeit gegeben, sich frei zu den jeweiligen Themen zu äussern. In sämtlichen Interviews hat sich dadurch schnell das von Trinczek (2002) erwähnte offene und für das Forschungsvorhaben besonders ‘fruchtbare‘ Fachgespräch ergeben. Der Leitfaden wurde entsprechend nur noch dazu verwendet, um – wie von Helfferich (2019) vorgeschlagen – in einem zweiten Schritt nach jenen Aspekten zu fragen, welche in der Diskussion noch nicht ausreichend besprochen wurden. Diese günstige Entwicklung der Interviews mag dabei einerseits darauf zurückzuführen sein, dass der Interviewer sich über die letzten Jahre selbst ein profundes Expertenwissen zum Forschungsthema aneignen konnte, was in der Literatur oft als Voraussetzung für ein erfolgreiches Experteninterview gesehen wird (vgl. Pfadenhauer 2002; Trinczek, 2002). Und anderseits gab es mit einigen Experten auch eine persönliche Bekanntschaft aufgrund von beruflichen Kontakten, welche sich über die letzten Jahre im Kontext von Konferenzen, Expertengruppen und Weiterbildungen ergeben hatten. Nach der Typologie von Bogner und Menz (2002) kann daher geschlossen werden, dass der Interviewer

von den Experten als ‘Co-Experte‘ wie auch von einigen als ‘Komplize‘ wahrgenommen wurde (vgl. auch Tabelle 5, S. 93). Gemäss den Autoren eignen sich dabei beide Rolleneinschätzungen vor allem für die Erhebung sachbezogener Informationen und die Klärung von Fakten, wobei die Rolle als ‘Komplize‘ darüber hinaus die einmalige Gelegenheit bietet, offene und ehrliche Antworten auch zu vertraulichen Themen zu erhalten.

1.2.3.3 Expertenwahl & Interviews

Bevor die Analyse der Interviewtexte genauer beschrieben wird, soll an dieser Stelle noch kurz auf die Auswahl der Experten sowie die Interviews selbst eingegangen werden. Da eine Blockchain-Anwendung sowohl aus stark technischen als auch organisatorischen und umweltbezogenen Elementen besteht, wurde bereits zu Beginn der Interviews davon ausgegangen, dass bei jeder Fallstudie mindestens je ein Business- und ein IT-Experte befragt werden sollte. Denn es war davon auszugehen, dass es kaum einen Experten geben würde, der zu den vier Ebenen Protokolle, Netzwerk, Anwendung und Kontext einer Blockchain-Anwendung vertieft Auskunft geben könnte. Zudem sollte die in der Literatur häufig anzutreffende Trennung zwischen Studien, die sich mit der technischen Umsetzung befassen, und solchen, die den praktischen Nutzen in den Mittelpunkt stellen, in dieser Dissertation durch die Einbeziehung der unterschiedlichen Perspektiven bewusst überwunden werden.

Nachdem die Fälle bestimmt worden waren, deren Auswahl in Kapitel 1.2.2 (S. 85) beschrieben wurde, wurden die potenziellen Experten zu den Blockchain-Anwendungen per Mail kontaktiert. In den Fällen 2, 3 und 5 erfolgte diese Kontaktaufnahme über einen zum Teil langjährigen beruflichen Kontakt (E3, E5, E14), wobei über diesen Erstkontakt auch die weiteren Experten der entsprechenden Blockchain-Anwendung vermittelt wurden. In den Fällen 1 und 4 erfolgte der Erstkontakt aufgrund von öffentlich zugänglichen Informationen ebenfalls über Mail. Teilweise wurden die weiteren Experten auch nach einem bereits durchgeführten Interview gesucht, da erst dann erkannt wurde, welche weiteren Informationen noch fehlten. Dieses Vorgehen ist gerade bei der Theorie bildenden Fallstudie durchaus erwünscht, da jeder Fall einzeln und so gründlich wie möglich untersucht werden sollte (Eisenhardt, 1989b). Dabei hat sich schnell gezeigt, dass sich die theoretisch hergeleitete Annahme, dass es zu jedem Fall mindesten einen Business- und einen IT-Experten brauchen wird, bereits bei der ersten Fallstudie 1 bewahrheitete. Dabei wurde bei der Auswahl der

Experten und Expertinnen weiter darauf geachtet, dass diese direkt an der Entwicklung und Vermarktung der untersuchen Blockchain-Anwendung beteiligt waren.

Experte Nr.	Fall	Industrie (Fall)	Unternehmen *(*Pseudonym)*	Expertise	Position im Unternehmen	Datum	Sprache	Dauer (hh:mm:ss)	Rolle Interviewer
E1	1	Sicherheits-merkmale	Hologram*	Business	CEO	18.06.2021	Deutsch	00:58:06	Co-Experte
E2	1	Sicherheits-merkmale	IT-Unternehmen*	IT	Projekt-Manager	25.06.2021	Deutsch	00:48:44	Co-Experte
E3	2	Pharma	TempSens*	IT	CTO	28.04.2021	Deutsch	01:17:47	Co-Experte **Komplize**
E4	2	Pharma	TempSens*	Business	CEO	19.05.2021	Deutsch	00:58:18	Co-Experte
E5	3	Detailhandel	FoodMarkt*	IT	IT-Leiter Logistik	30.04.2021	Deutsch	01:15:29	Co-Experte **Komplize**
E6	3	Detailhandel	FoodMarkt*	Business	Leiter Int. Transporte	06.05.2021	Deutsch	00:46:55	Co-Experte
E7	3	Detailhandel	Ambrosus	IT	Product Manager	11.05.2021	**English**	01:13:18	Co-Experte
E8	4	Logistik	TechLeader*	IT	IT-Architektin	27.04.2021	Deutsch	01:38:32	Co-Experte
E3	4	Logistik	SpedLeader*	Business	Blockchain-Experte	22.06.2021	Deutsch	00:54:43	Co-Experte
E10	5	Medizintechnik	Supply*	Business	CEO	22.06.2021	Deutsch	01:01:56	Co-Experte
E11	5	Medizintechnik	Supply*	Business	Leiter Business Unite	02.07.2021	Deutsch	00:44:01	Co-Experte
E12	5	Medizintechnik	Consult*	Business	QM-Berater	13.07.2021	Deutsch	00:46:26	Co-Experte
E13	5	Medizintechnik	InvOne*	Business	Group Manager Global QMS	07.09.2021	Deutsch	01:01:15	Co-Experte
E14	5	Medizintechnik	Academia*	IT	IT-Spezialist	21.09.2021	Deutsch	00:45:34	Co-Experte **Komplize**

Tabelle 5: Relevanten Angaben zu den durchgeführten Interviews (Quelle: eigene Darstellung)

In Tabelle 5 sind die wesentlichen Merkmale der durchgeführten Interviews ausgeführt. Mit Bezug zu der Anzahl der durchgeführten Interviews hat sich dabei im Verlaufe der Interviews gezeigt, dass sich bei jenen Fallstudien mit mehr als zwei Interviews wie in Fallstudie 3 und vor allem dann Fallstudie 5 der zusätzliche Informationsgewinn in engen Grenzen hielt und über weiteren Interviews keine neuen Erkenntnisse mehr gewonnen werden konnten. Aus methodischen Überlegungen hat sich daher im Verlauf der Interviews gezeigt, dass gerade in Kombination mit den weiteren Informationsquellen (vgl. Tabelle 4, S. 89) bei zwei Interviews von einer ‘theoretischen Sättigung’ ausgegangen werden konnte (vgl. Glaser & Strauss, 2010; Strübing, 2014). Von einer ‘theoretischen Sättigung’ wird in diesem Zusammenhang gesprochen, wenn durch Einbezug weiteren Experteninterviews keinen neuen Informationen zum Untersuchungsgegenstand erhoben werden können.

Die Expertensuche selbst hat sich dabei nur bei Fall 4 als schwierig herausgestellt und es wurden dem Interviewer von mehreren potenziellen Experten Absagen erteilt. Doch wie bereits erwähnt, wurde aufgrund der vielen öffentlichen Informationen (Artikel, Website) zu diesem Fall sowie der zwei durchgeführten Interviews die Datenlage als genügend eingeschätzt.

Die Interviews wurden zwischen dem 27.04.2021 (Interview 8) und dem 21.09.2021 (Interview 14) durchgeführt und dauerten zwischen 44 min (Interview 11) und 1 Std 38 min (Interview 8). Sämtliche Interviews wurden über Videokonferenzplattformen wie Webex oder MS Teams durchgeführt und konnten entsprechend aufgezeichnet werden. Die Interviews wurden mit Ausnahme von Interview 7, welches auf Englisch stattfand, auf Deutsch durchgeführt. Die Aufnahmen wurden im Anschluss mittels Amberscript[14] zuerst grob automatisch transkribiert und darauf manuell durch den Interviewer anonymisiert und 'lesbar' gemacht. Sämtlichen Experten wurde eine vollständige Anonymisierung der Fallstudien zugesichert. Es wurde generell auf eine möglichst wortgetreue und vollständige Transkription geachtet – einzig der Anfang und das Ende wurden zum Teil gekürzt, da diese teilweise keine sachdienlichen Informationen beinhalteten (vgl. Meuser & Nagel, 2002). Sämtliche Transkripte wurden von den Befragten gegengelesen und befinden sich in ihrer vollen Länge im Anhang 3 (ab S. 289). Diese Transkripte bildeten die Grundlage für die weiteren Analyseschritte, die im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

1.2.4 Analyse- / Auswertungsmethode

1.2.4.1 Fallstudienanalysemethode

Über den grundsätzlichen Ablauf der Analyse und Auswertung einer vergleichenden Fallstudie ist sich die Wissenschaft so weit einig, dass zunächst (1) eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Fälle gegeben wird, gefolgt von (2) einer fallinternen Analyse, an die sich (3) eine fallübergreifende Analyse und Interpretation anschliesst (Eisenhardt, 1989b; Stake, 1995; Ellram, 1996; Creswell & Poth, 2018; Yin, 2018). Allerdings stellt sich dann die methodische Frage, wie diese einzelnen Beschreibungen, Analysen und Interpretationen zu erfolgen haben. Hierbei zeigen sich grundsätzlich zwei Lager: Während für die einen dieser Analyseprozess

[14] https://www.amberscript.com/de/

sehr stark theoriebasiert und strukturiert zu erfolgen hat (z.B. Mayring, 1991; Ellram, 1996; Yin, 2018), betonen die andern die Kreativität und Intuition der Forschenden, um den vielen 'chaotischen' Daten einen Sinn zu geben (z.B. Alvesson & Kärreman, 2007; Creswell & Poth, 2018; Eisenhardt, 2021). Dieser unterschiedliche Zugang zur Datenanalyse kann dabei nicht nur auf erkenntnistheoretische Überlegungen zurückgeführt werden, sondern vor allem auch auf den Gegenstand sowie die Fragestellung einer Untersuchung. Denn wie Mayring (1991) feststellt, sind die von ihm entwickelten, stark strukturierten Techniken der quantitativen Inhaltsanalyse gerade für explorative Untersuchungen, bei welchen es noch wenig theoretische Vorkenntnisse gibt, eher ungeeignet und andere Techniken müssten gewählt werden.

Eine solche 'andere' Technik, welche offener und weniger strukturiert ist, wird von Creswell und Poth (2018) explizit für die Datenanalyse bei Fallstudien vorgeschlagen. Dabei liest man sich in einem *ersten* Schritt durch die gesammelten Texte, macht sich Notizen und bildet erste Codes. Darauf aufbauend kann eine ausführliche Fallbeschreibung erstellt werden. Was eine 'ausführliche Fallbeschreibung' konkret bedeutet und beinhaltet, hängt verständlicherweise von der Untersuchung sowie von der Forscherin bzw. dem Forscher selbst ab. Allerdings führt Stake (1995, S. 131) eine Liste mit 20 kritischen Fragen auf, die als Kriterium für eine gute Fallstudienbeschreibung herangezogen werden können (vgl. auch Hyett et al., 2014). Wichtig erscheint, dass die Beschreibungen leicht zu lesen sind, eine konzeptionelle Struktur aufweisen, den Kontext einbeziehen und auf soliden Datenquellen beruhen. Wie Eisenhardt (1989b) weiter ausführt, sind diese rein deskriptiven Fallbeschreibungen zentral für den Erkenntnisgewinn, weil sie helfen, die grossen Datenmengen zu Beginn des Analyseprozesses zu bewältigen.

Nach Creswell und Poth (2018) können im *zweiten* Schritt durch die Kodierung und anschliessende Verdichtung der Codes zu Kategorien die wichtigsten Themen und Merkmale für jeden Fall separat herausgearbeitet werden. Diese Kategorien, Themen und Merkmale können dabei durch die Forschungsfrage oder die Literatur inspiriert sein, dürfen aber auch von den Forschenden frei gewählt werden (Eisenhardt, 1989b). Grundsätzlich geht es darum, jeden Fall als eigenständige Untersuchungseinheit zu erfassen und die Ausprägung der Merkmale für jeden Fall einzeln herauszuarbeiten. Auf der Basis der definierten Themen und Merkmale kann sodann in einem *dritten* Schritt zwischen den Fällen nach Ähnlichkeiten und

Unterschieden innerhalb dieser Themen und Merkmalen gesucht werden (Creswell & Poth, 2018). Ziel ist es, Muster zu erkennen, indem die Fälle nach einem einheitlichen Schema verglichen werden. Zu diesem Zweck werden häufig Tabellen und Raster erstellt, in denen die fallspezifische Ausprägung der Merkmale fallübergreifend verglichen wird (vgl. auch Eisenhardt, 1989; Yin, 2018). Im *vierten* und letzten Schritt können sodann durch die Verallgemeinerung der erkannten Muster und Zusammenhänge aus dem fallübergreifenden Vergleich erste Erkenntnisse gewonnen werden, welche unter Einbezug der Literatur und theoretischen Überlegungen vertieft interpretiert werden können (Creswell & Poth, 2018).

1.2.4.2 Analytische Spiralen der Fallstudie

Bei der Anwendung der soeben beschriebenen Methode der Fallstudienanalyse von Eisenhardt (1989) und Creswell und Poth (2018) ist zu beachten, dass dieser Analyse- und Auswertungsprozess iterativ ist und eher einer 'analytischen Spirale' als einem linearen Ablauf gleicht. Dementsprechend waren auch in dieser Dissertation mehrere Iterationsschleifen zwischen den einzelnen Schritten notwendig, die aber aus Gründen der Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit in der folgenden Beschreibung des Analyseprozesses nicht mehr vollumfänglich wiedergeben werden können. Diese iterativen analytischen Spiralen zeichnen sich zum Beispiel dadurch aus, dass bei neuen relevanten Kategorien aus einem Interview, die bereits kodierten und zusammengefassten Interviews nochmals aufgrund dieser neuen Erkenntnisse überprüft wurden. Oder dass bei der Gewinnung von neuen Erkenntnissen aus einer fallspezifischen Zusammenfassung und Interpretation auch die anderen Fallstudien auf der Basis dieser neuen Einsichten nochmals analysiert und interpretiert wurden. Wie von Creswell und Poth (2018) vorgeschlagen, wurde zur Unterstützung dieses Analyse- und Auswertungsprozesses eine Analysesoftware für qualitative Daten eingesetzt – im Fall dieser Dissertation war dies Atlas.ti in seiner 9. Version[15].

Zu Beginn des Analyseprozesses, der in Tabelle 6 abgebildet ist, wurden die transkribierten Interviews als TXT-Textdatei in Atlas.ti zur weiteren Analyse hochgeladen. Auf der Basis der Literatur zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management (vgl. Teil II, Kap. 1, S. 22), des konzeptionellen Modells einer Blockchain-Anwendung (vgl. Teil II, 2.3.2, S. 61) sowie der theoretischen Erkenntnisse dieser Dissertation (vgl. Teil II, Kap. 3.1, S. 68) wurden 68 Codes

[15] https://atlasti.com/de

erstellt, welche (1) die Grundeigenschaften der Blockchain-Technologie (Automatisierung, Dezentralität, Transparenz, Unveränderlichkeit), (2) die vier Ebenen (Kontext, Applikation, Netzwerk und Protokoll) sowie den Nutzen und Mehrwert einer Blockchain-Anwendung, (3) die Herausforderungen bei der Implementierung einer Blockchain-Anwendung und (4) die Supply-Chain-Governance-Strukturen abdeckten.

	Aktivität	**Basierend auf…**	**Ergebnisse**	**Kap.**
Fallbeschreibung	1) Text lesen u. kodieren 2) Zusammenfassen	Blockchain-Anwendung-Modell Literatur zu Blockchain & SCM	Deskriptive Fallbeschreibungen	2.1
Verdichtung	Verdichtung der Kodes zu Merkmalen	Literatur zu Blockchain & SCM	Relevante Merkmale einer Blockchain-Anwendung	2.1.6
Fallspezifische Analyse	Erfassung der Merkmale für jeden Fall	Relevante Merkmale	Merkmale-Ausprägung für jeden Fall	2.2.1
Fallübergreifende Analyse	Vergleich der Merkmale	Fallspezifische Merkmale-Ausprägung	Muster/Zusammenhänge	2.2.2
Verallgemeinerung Interpretation	Verallgemeinerung und Interpretation der Muster/Zusammenhänge	Muster/Zusammenhänge Literatur zu Blockchain & SCM	Theoretische Erkenntnisse	3.1

Tabelle 6: Analyse- und Auswertungsprozess der Dissertation (Quelle: eigene Darstellung)

Die ursprüngliche Code-Liste ist in Anhang 4 unter 4.1 mit den entsprechenden Beschreibungen aufgeführt. Im Verlaufe der Kodierung der Interviewtexte sowie der Erstellung der deskriptiven Fallbeschreibungen wurden sodann einzelne Codes zusammengelegt (z.B. die Merkmale der Anwendungsebenen wurden konsolidiert) sowie neue Codes für neu erkannte relevante Themen wie Digitalisierung, Intransparenz, Marketing oder Mindset in die Liste aufgenommen. Ebenfalls wurden die Codes mit ihren jeweiligen Ankerbeispielen versehen, damit eine konsistente und vergleichbare Kodierung der Interviews gewährleistet werden kann. Die zuletzt verwendete Code-Liste mit ihren jeweiligen Ankerbeispielen ist ebenfalls in Anhang 4 unter 4.2 abgebildet. Diese Codes dienten dabei primär der Strukturierung der ausführlichen Fallbeschreibungen, um so auch die wesentlichen Merkmale und wichtigsten Erkenntnisse herausarbeiten zu können. Keinesfalls ging es bei der Kodierung darum, quantitative Aussagen über Häufigkeiten von Aussagen zu generieren.

Die ausführlichen Fallbeschreibungen (vgl. Kap. 2.1) bildeten im Anschluss die Grundlage, um die kodierten Aussagen und Ergebnisse zu neuen aussagekräftigen Merkmalen (vgl. Kap. 2.1.6) zu verdichten und davon ausgehend die fallspezifische Analyse (vgl. Kap. 2.2.1) durchzuführen. Insbesondere dieser Analyseschritt der Verdichtung von den ausführlichen Fallbeschreibungen zu der Erfassung der neun relevantesten Merkmale für jeden Fall erfolgte iterativ über mehrere 'analytische Spiralen' zwischen den einzelnen Aktivitäten. Dabei wurden die relevantesten Merkmale laufend verdichtet und die fallspezifische Analyse fortwährend für jeden Fall wiederum einzeln überprüft und angepasst. Gegen Ende dieser 'analytischen Spiralen' konnte sodann mit der fallübergreifenden Analyse (vgl. Kap. 2.2.2) begonnen werden. Die dabei herausgearbeiteten Muster und Zusammenhänge bilden schliesslich die Grundlage, um in einem letzten Analyse- und Auswertungsschritt unter Bezugnahme der Literatur und der erarbeiteten theoretischen Überlegungen zu Blockchain im Supply Chain Management über die analytische Verallgemeinerung ('analytic generalization') und Interpretation zu neuen theoretischen Erkenntnissen und Konzepten zu gelangen, welche die Beantwortung der empirischen Fragestellungen erlaubten (Yin, 2018).

1.2.4.3 Prozess der Verallgemeinerung

Gerade die Verallgemeinerung der Ergebnisse und Erkenntnisse von Fallstudien wird in der Literatur immer wieder kritisch diskutiert, da Fallstudien stark subjektiv und voreingenommen ('biased') sind – vor allem, wenn es Einzelfallstudien sind (vgl. dazu: Forrest-Lawrence, 2019; Gomm et al., 2000). Dass diese Kritik allerdings höchstens bedingt richtig ist, zeigt Flyvbjerg (2006) am Beispiel von Galileos Widerlegung von Aristoteles' Gravitationsgesetz auf der Basis eines einzelnen Experiments – und damit einer einzelnen Fallstudie. Verallgemeinerung – oder Generalisierung – kann als die Übertragung dessen, was wir in einer Situation wissen und lernen, auf eine andere Situation begriffen werden, und wird besonders in der Wissenschaft als eines der wichtigsten Ziele angesehen (Forrest-Lawrence, 2019).

Verschiedene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben entsprechend versucht, den Prozess der Verallgemeinerung in Fallstudien genauer zu definieren und zu legitimeren. So spricht Stake (1978) von „naturalistischer Verallgemeinerung" („naturalistic generalization"), bei der die Leser durch Nachdenken über die in den Fallstudien dargestellten Beschreibungen Erkenntnisse gewinnen und die Verallgemeinerung für plausibel halten, wenn sie

Ähnlichkeiten mit ihren eigenen Situationen erkennen. Lincoln und Guba (2000) wiederum verbinden den Verallgemeinerungsprozess bei Fallstudien mit der Übertragbarkeit (‘transferability’) der Erkenntnisse. Beiden Konzepten der Verallgemeinerung ist eigen, dass sie auf einer ‘dichten Beschreibung’ (‘thick description’) basieren, damit der Leser diesen natürlichen Transfer der Ergebnisse in seine eigene Erfahrungswelt vornehmen kann.

Sowohl Stake (1978) als auch Lincoln und Guba (2000) beziehen sich bei ihren Überlegungen stark auf Einzelfallstudien. Vor allem für vergleichende Fallstudien entwarf Yin (2018) dann das Konzept der analytischen Verallgemeinerung (‘analytic generalization’), welche sich von der statistischen Verallgemeinerung dadurch unterscheidet, dass sie keine Rückschlüsse von Daten auf eine Population zieht. Stattdessen werden bei der analytischen Verallgemeinerung die Ergebnisse einer Fallstudie mit ähnlichen oder – nach Yin (2018) besser – zuvor entwickelten theoretischen Konzepten verglichen. Dieser Aufforderung folgend wurden für diese Dissertation im theoretischen Teil (vgl. Teil II, S. 22) auf der Basis der Literatur neben allgemeinen theoretischen Überlegungen zur Supply Chain Integration und Blockchain auch konzeptionelle Modelle bezüglich einer Blockchain-Anwendung sowie des Nutzen- und Mehrwertversprechens der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management erarbeitet.

Wie Yin (2018) ausführt, helfen diese theoretischen Überlegungen nicht nur bei der Verallgemeinerung, sondern bereits bei der Fallauswahl nach der Replikationslogik und der anschliessenden Analyse und Auswertung der Fallstudien durch eine konzeptionell-fokussierte Kodierung und Verdichtung der Daten. Trotzdem ist vieles noch von der Interpretation und Kreativität der Forscherin, bzw. des Forschers abhängig. So schreiben zum Beispiel Stuart et al. (2002), dass das Gelingen der Fallstudienforschung von den individuellen Fähigkeiten der Forschenden zum lateralen und konzeptionellen Denken abhängt. Und auch Eisenhardt (2021, S. 151) meint mit Bezug auf die Fallstudienmethodologie, dass „categorization and abstraction are also part of the ‘art’ that is hidden, creative, and hard to describe.” Mit dem Versuch, diese ‘Kunst’ zumindest teilweise zu ‘entzaubern’, wird im folgenden Kapitel nochmals detailliert auf die ‘Operationalisierung’ der theoretischen Konzepte zum Interviewleitfaden sowie auf das Kodierungsschema eingegangen.

1.3 Operationalisierung

Unter der Operationalisierung wird in der Forschung der Prozess der Festlegung eines Instrumentes für die Messung eines theoretischen Konzepts verstanden, das nicht direkt messbar ist (Döring & Bortz, 2016). Wie Döring und Brotz (2016) weiter ausführen, ist die Operationalisierung im klassischen Sinn primär ein Arbeitsschritt, der in der quantitativen Forschung vor der Datengewinnung vollzogen wird und somit in der qualitativen Sozialforschung grundsätzlich entfällt. Denn gemäss den Autoren ist bei der induktiven Theoriebildung auf der Grundlage der Verdichtung und Interpretation umfangreicher qualitativer Daten eine theoretische Offenheit erforderlich, damit sich die konzeptionellen Erkenntnisse im Rahmen der Datenanalyse und -auswertung erst nach und nach herausbilden können (vgl. auch Alvesson & Kärreman, 2007).

Diese Diskussion über die Rolle von theoretischen Konzepten bei qualitativen Fallstudien wurde bereits mehrmals kurz gestreift und soll auch an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden, da sie bei Ridder (2017) sehr gut und ausführlich zusammengefasst ist. Auf der Basis einer intensiven Literaturrecherche wurden im theoretischen Teil dieser Dissertation allerdings mehrere theoretische Überlegungen zum forschungsrelevanten Phänomen (Einsatz der Blockchain-Technologie in der Praxis) und zum Kontext (Supply Chain Management) gemacht. Wie Yin (2018) betont, vereinfachen diese theoretischen Überlegungen die Gestaltung und Durchführung des Forschungsprojekts, indem sie die Forschenden bei vielen Entscheidungen unterstützen und das Verfahren auch für die Leser verständlicher und nachvollziehbarer machen.

In der Absicht, die Datenerhebung und -analyse im Sinne von Yin (2018) konzeptionell zu fokussieren und analytisch zu begründen, wurde auf der Basis der Literatur in Kapitel 2.3.2 (Teil II, S. 61) ein konzeptionelles Modell einer Blockchain-Anwendung ausgearbeitet. Zur Erstellung des Interviewleitfades konnte somit bei diesem Forschungsprojekt in einem ersten Operationalisierungsschritt (vgl. Abbildung 8) auf diese theoretischen Überlegungen zurückgegriffen werden. Dabei wurden für jede der vier Ebenen (Kontext, Applikation, Netzwerk, Protokoll) des Modells jeweils die wichtigsten ‘Konstrukte‘ aus der Literatur in ‘messbare‘ Fragen umgewandelt. In Abbildung 8 ist diese Operationalisierung schematisch

dargestellt, wobei der Vorgang der Erstellung des Interviewleitfadens in Kapitel 1.2.3.2 (S. 90) beschrieben wurde, und der ausführliche Leitfaden in Anhang 2 zu finden ist.

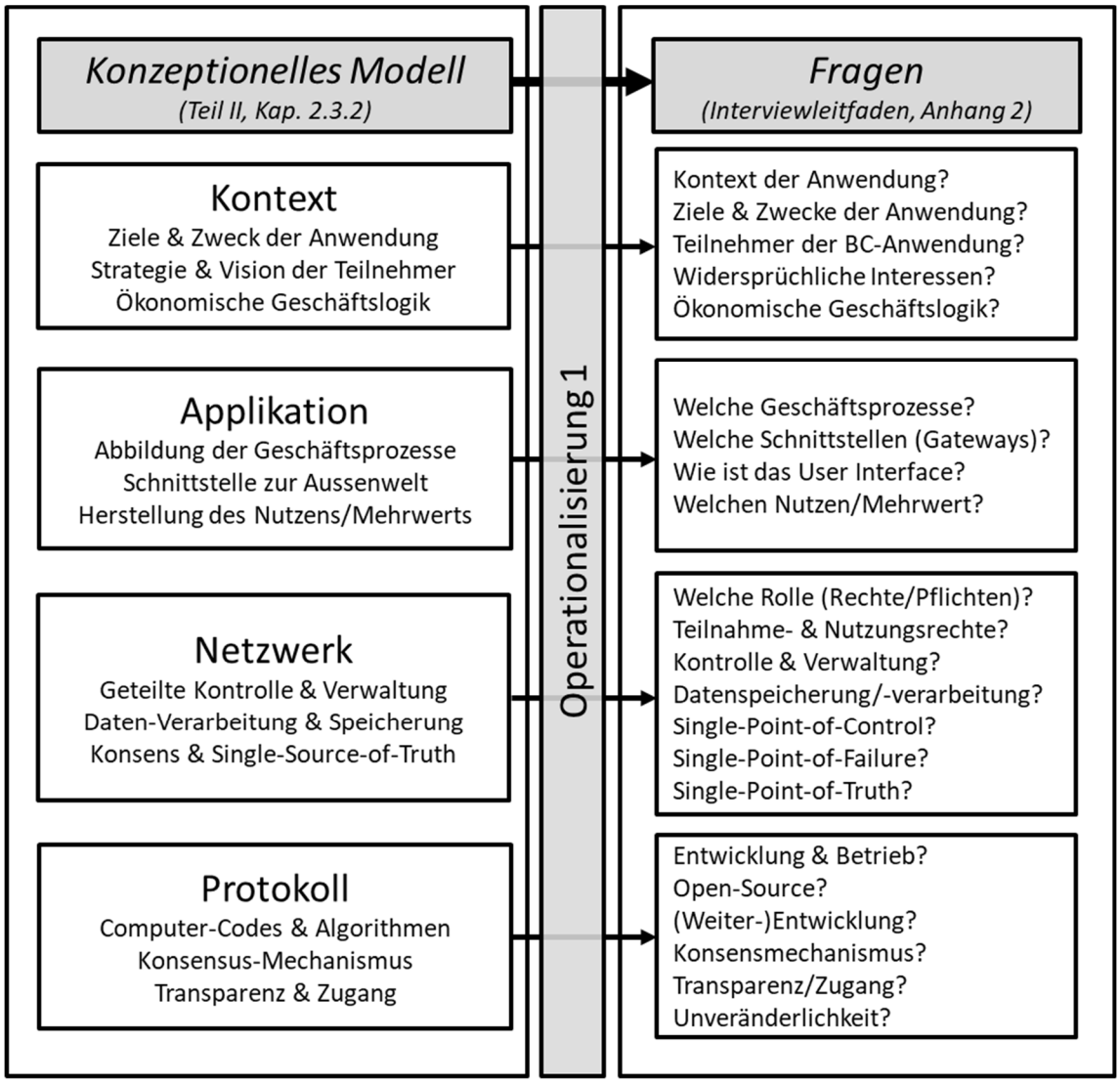

Abbildung 8: Operationalisierung 1 – Erstellung des Interviewleitfades (Quelle: eigene Darstellung)

Mittels 14 Experteninterviews konnten anschliessend die Konstrukte einer Blockchain-Anwendung über die Fragen erhoben werden. Nach der Transkription der aufgenommenen Interviews musste in einem zweiten Operationalisierungsschritt eine Code-Liste in Atlas.ti erstellt werden. Zur Unterstützung und analytischen Begründung dieser Code-Liste konnte wiederum auf die theoretischen Überlegungen zurückgegriffen werden. Wie in Abbildung 9 dargestellt und bereits kurz in Kapitel 1.2.4.2 (S. 96) aufgeführt, wurde dabei nicht mehr nur auf das konzeptionelle Modell einer Blockchain-Anwendung zurückgegriffen, sondern auf die Literatur zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management (vgl. Teil II, Kap. 1, S. 22) sowie die weiteren theoretischen Erkenntnisse dieser Dissertation (vgl. Teil II, Kap. 3.1, S. 68).

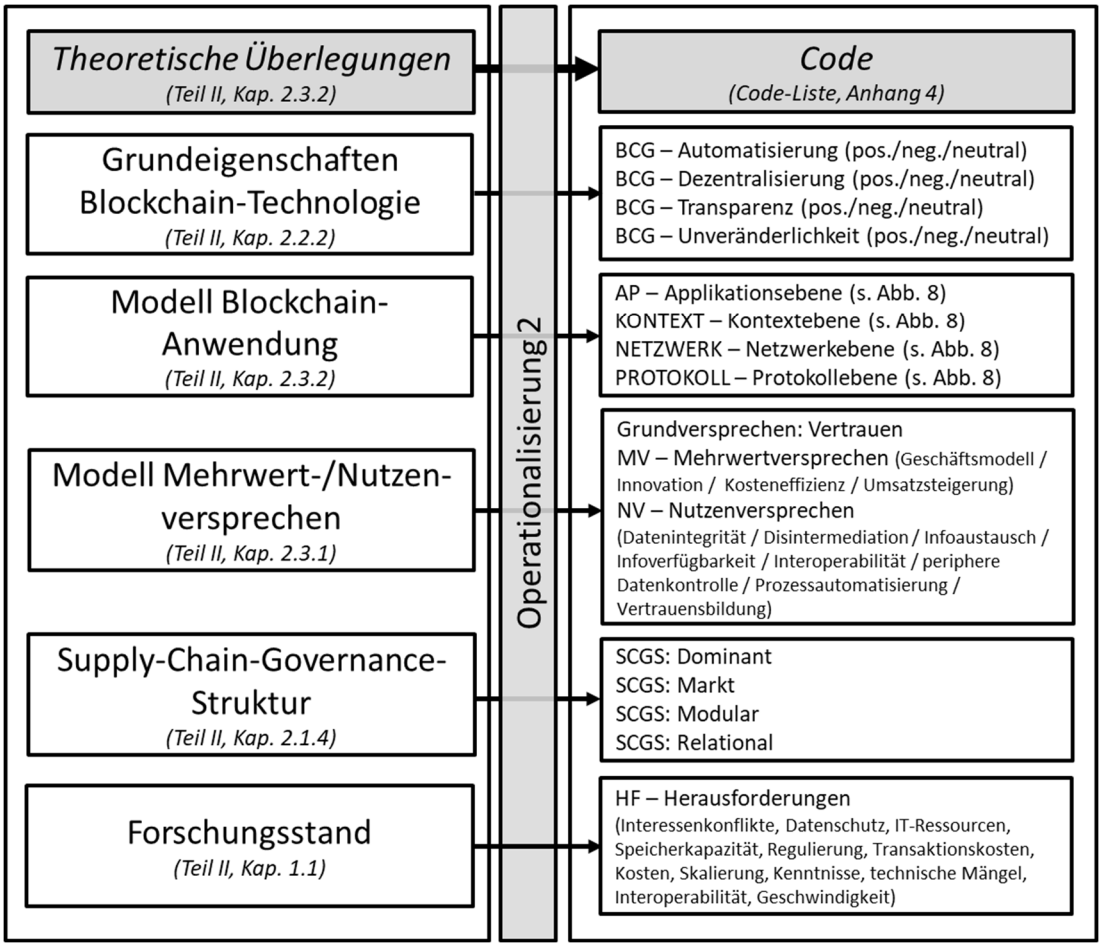

Abbildung 9: Operationalisierung 2 – Von Literatur & Theorie zu Code-List (Quelle: eigene Darstellung)

Wie in Abbildung 9 dargestellt, wurden als Grundlage für die Operationalisierung fünf ausgearbeitete theoretische Überlegungen aus der Dissertation verwendet:

1) Grundeigenschaften der Blockchain-Technologie
2) Konzeptionelle Modelle einer Blockchain-Anwendung
3) Konzeptionelle Modelle zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie
4) Konzept der fünf typischen Supply-Chain-Governance-Strukturen
5) Herausforderungen bei der Implementierung einer Blockchain-Anwendung

Basierend auf diesen theoretischen Überlegungen konnten 68 Codes operationalisiert werden, welche sodann als Liste in Atlas.ti hochgeladen wurden. Damit war die Operationalisierung für das Forschungsprojekt abgeschlossen und die Ausarbeitung der Ergebnisse und Erkenntnisse konnte beginnen.

1.4 Vorgehen und Ablauf

Als Fazit und als Ausblick für das weitere Vorgehen kann zusammenfassend das Forschungsdesign für die Dissertation wie in Abbildung 10 dargestellt werden.

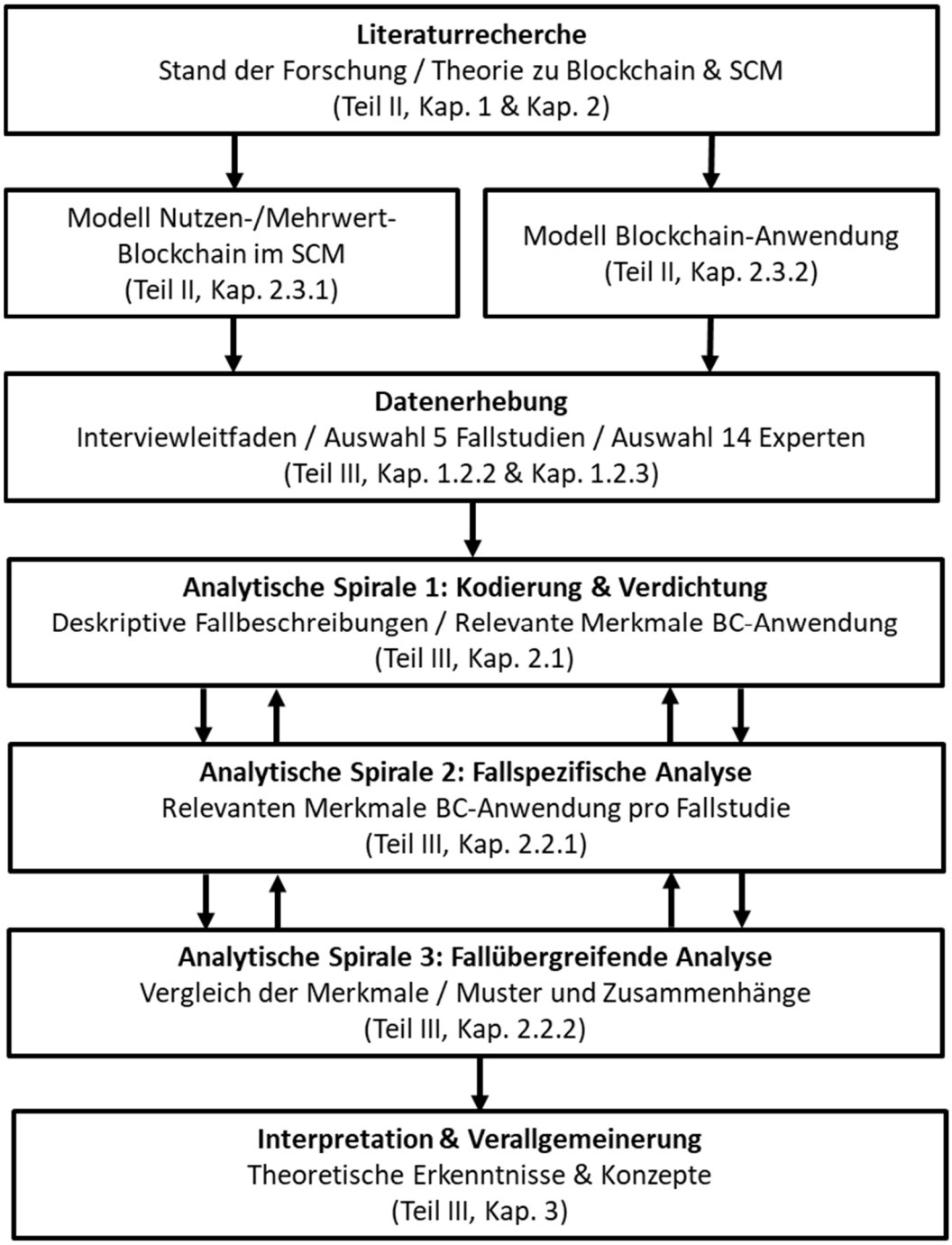

Abbildung 10: Forschungsdesign (Quelle: eigene Darstellung)

Basierend auf einer Literaturrecherche zum Stand der Forschung (vgl. Teil II, Kap. 1, S. 22) sowie zu den theoretischen Ausführungen (vgl. Teil II, Kap. 2, S. 38) zur Rolle der Blockchain-

Technologie im Supply Chain Management konnten zwei konzeptionelle Modelle entwickelt werden: *erstens* das Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management (vgl. Teil II, Kap. 2.3.1, S. 58) und *zweitens* das Modell einer Blockchain-Anwendung (vgl. Teil II, Kap. 2.3.2, S. 61). Auf der Basis dieser beiden Modelle konnten – wie im Kapitel 1.2 zum methodischen Vorgehen ausführlich beschrieben – der Interviewleitfaden erstellt und die fünf Fallstudien sowie die 14 Expertinnen und Experten ausgewählt werden.

Darauf aufbauend wurden zwischen dem 27.04.2021 und dem 21.09.2021 die 14 Experteninterviews durchgeführt und im gleichen Zeitraum auch wortgetreu transkribiert. Die Transkripte wurden den jeweiligen Experten zur Kontrolle zur Verfügung gestellt, wobei es nur zu wenigen und marginalen Korrekturen kam, welche auf den Inhalt der Transkripte keinen Einfluss hatten (z.B. Anonymisierung, Wortwahl). Für die Kodierung der Transkripte wurde sodann eine Code-Liste in Atlas.ti aufgesetzt, welche die verschiedenen Merkmale einer Blockchain-Anwendung auf der Basis der konzeptionellen Modelle sowie der Erkenntnisse aus dem theoretischen Teil (vgl. Teil II, Kap. 3, S. 68) abbilden sollte. Im Verlauf der ersten analytischen Spirale der Kodierung und Verdichtung wurde diese Code-Liste sodann laufend verfeinert.

Bei der Kodierung wurden die Transkripte mehrmals durchgelesen und die wichtigsten Aussagen zu den Merkmalen einer Blockchain-Anwendung in Bezug zu den vier Ebenen (Kontext, Applikation, Netzwerk, Protokoll) gesetzt. Die kodierten Transkripte dienten dann als Grundlage für die Verfassung der verdichteten, rein deskriptiven Fallbeschreibungen, welche als Ergebnisse der Auswertung im folgenden Kapitel 2.1 aufgeführt sind. Zur Überprüfung (‘Triangulation‘) und Ergänzung der Informationen aus den Interviews wurde fallspezifisch auf weitere Datenquellen wie Artikel, interne Dokumente und Webseiten zurückgegriffen (vgl. auch: Tabelle 4, S. 89). Diese deskriptiven Fallbeschreibungen wurden im Anschluss in einer zweiten analytischen Spirale verdichtet, um so sukzessive Fallstudie für Fallstudie die relevanten Merkmale einer Blockchain-Anwendung als fallstudienübergreifende Kategorien herauszuarbeiten. Mit ‘relevant’ werden in diesem Zusammenhang jene Merkmale einer Blockchain-Anwendung beschrieben, welche durch die Informationsverdichtung auf der Basis der Fallstudien in dieser Dissertation als die

wesentlichen und spezifischen Eigenschaften einer Blockchain-Anwendung erkannt werden konnten.

Diese Verdichtung wurde dabei nicht mehr mit der Unterstützung von Atlas.ti erstellt, sondern beruht auf dem lateralen und konzeptionellen Denken des Forschers. Das Resultat bildete eine Liste der neun relevantesten Merkmale einer Blockchain-Anwendung mit ihrer jeweiligen Beschreibung, welche aufgrund der Nachvollziehbarkeit und Lesbarkeit der Dissertation als Zwischenfazit nach den deskriptiven Fallstudien dargestellt wird, in Wirklichkeit aber im Verlaufe der Bearbeitung der zweiten analytischen Spirale unter Rückgriff auf die deskriptiven Fallbeschreibungen sowie die kodierten Transkripte herausgearbeitet wurde.

Die verdichteten fallstudienspezifischen Beschreibungen sowie die definierten Ausprägungen der relevanten Blockchain-Anwendungsmerkmale für jede Fallstudie, die in Kapitel 2.2.1 als fallstudienspezifische Ergebnisse aufgeführt sind, bildeten sodann die Grundlage, um in einer dritten analytischen Spirale die Ergebnisse fallstudienübergreifend zu vergleichen. Mit Bezug auf die empiriegeleiteten Fragestellungen wurde dieser Quervergleich entlang der vier Ebenen einer Blockchain-Anwendung vorgenommen, was wiederum explizit das laterale und konzeptionelle Denken herausforderte, da dabei die relevanten Merkmale einer Blockchain-Anwendung gedanklich mit den vier Anwendungsebenen überlagert werden mussten. Die daraus resultierenden fallstudienübergreifenden Ergebnisse sind in Kapitel 2.2.2 als Schlussergebnisse der dritten analytischen Spirale dargestellt.

Im letzten Abschnitt des empirischen Teils dieser Dissertation werden schliesslich die Ergebnisse diskutiert und interpretiert. Über die analytische Verallgemeinerung können sodann interessante theoretische Erkenntnisse und Konzepte abgeleitet werden, welchen ein besseres konzeptionelles Verständnis dazu geben, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Darauf aufbauend sollte es dann in einem letzten Kapitel möglich sein, fundierte und wertvolle Empfehlungen und Massnahmen sowohl für die Forschung als auch für Praxis abzugeben.

2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fallstudien werden in zwei Schritten dargelegt: In einem ersten Schritt werden die detaillierten deskriptiven Fallbeschreibungen auf der Basis des in dieser Dissertation entwickelten konzeptionellen Modells einer Blockchain-Anwendung (vgl. Teil II, Kapitel 2.3.2) dargestellt. Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, sind diese Fallbeschreibungen das Ergebnis einer ersten analytischen Spirale, welche im Wesentlichen aus Kodierung und Verdichtung der Informationen aus den transkribierten Experteninterviews sowie der Triangulation mit weiteren Datenquellen (Artikeln, internen Dokumenten, Webseiten) bestand. Diese Kodierung erfolgte in Atlas.ti über die Nutzung einer Code-Liste, welche auf den Erkenntnissen aus dem theoretischen Teil basierte. Zum Schluss des ersten Kapitels werden als Fazit der deskriptiven Fallbeschreibungen und als Zwischenergebnis der Auswertung schliesslich die neun Merkmale einer Blockchain-Anwendung aufgeführt, welche auf der Basis der 14 durchgeführten Interviews qualitativ als die relevantesten Eigenschaften einer Blockchain-Anwendung erkannt wurden. Es sei an dieser Stelle daher nochmals betont, dass die Interviews die Hauptinformationsquelle für diese Dissertation darstellen und die gewonnen Erkenntnisse – sofern nicht explizit auf eine andere Informationsquelle hingewiesen wird – aus den Interviews stammen.

In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse der zweiten und dritten analytischen Spirale mit Bezug auf die zwei empiriegeleiteten Teilfragestellungen (vgl. Teil II, Kapitel 3.2) konsolidiert dargestellt. Dabei werden zuerst die Merkmale der Blockchain-Anwendung für jede Fallstudie einzeln dargelegt und im Anschluss fallübergreifend zwischen den Fallstudien verglichen, um über die analytische Verallgemeinerung und Interpretation jene Muster und Zusammenhänge zu erkennen, welche am Ende eine klare Aussage zu den Voraussetzungen und Bedingungen für einen Mehrwert schaffenden Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain möglich machen sollten.

2.1 Auswertung der Ergebnisse

2.1.1 Fallstudie 1: Label Management

In der ersten Fallstudie ‘Label Management‘ wird eine Blockchain-Anwendung untersucht, die ein familiengeführtes Schweizer KMU (Klein- und Mittelunternehmen) als innovative

Ergänzung zu seinem bereits bestehenden Produktportfolio entwickelt hat. Um die Anonymität zu wahren, wird das Unternehmen für diese Dissertation mit ‘Hologram‘ pseudonymisiert. Wo nichts anderes angegeben wird, stammen die Informationen zur Fallstudie aus den beiden Interviews 1 und 2, deren Transkripte in den Anhängen 3.1 respektive 3.2 zu finden sind. Gegründet wurde das Unternehmen ‘Hologram‘ in den späten 1980er-Jahren als Hochsicherheitsbetrieb zur Herstellung von Hologrammen für Banknoten. Seither hat sich das Familienunternehmen auf den Bereich der Mikro- und Nanotechnologie spezialisiert und kann mittlerweile mit unterschiedlichen Verfahren diverse holografische Strukturen für verschiedene Hochsicherheitsanwendungen und Sicherheitsetiketten im eigenen Haus entwerfen und herstellen.

2.1.1.1 Kontextebene

Eine der Kernkompetenzen von ‘Hologram‘ ist die Entwicklung von massgeschneiderten Lösungen für den Produkte- und Markenschutz mit dem Ziel, Produktfälschungen zu bekämpfen und das geistige Eigentum seiner Kunden auf der ganzen Welt zu schützen. Das Unternehmen beobachtet dabei, dass Sicherheitslösungen, welche vormals für den Hochsicherheitsbereich wie Banknoten und Pässe entwickelt wurden, jeweils nach einer gewissen Zeit als ‘Massenlösung‘ auch für den Markenschutz angewandt werden. So haben Marken in den letzten Jahren zum Schutz ihrer Produkte digitale Lösungen entwickelt, welche auf einem serialisierten QR-Code auf einem Hologramm-Sticker basieren, der auf eine Datenbank führt. Beim Scannen des QR-Codes erscheint dann in der Regel ein simpler Haken mit der Angabe ‘This Product is authentic‘ oder man wird auf eine sogenannte ‘Landing-Page‘ (Webseite) geführt, welche das Produkt mit seinen Eigenschaften sowie weiterführende Informationen dazu anzeigt. Wie eine solche holografische Sicherheitsetikette aussieht, zeigt das Beispiel der italienischen Schmuckmarke DoDo in Abbildung 11.

Abbildung 11: Beispiel einer holografischen Sicherheitsetikette der italienischen Schmuckmarke DoDo (Quelle: https://www.ologrammi.com/en/hologram-with-barcode-qr-code)

Solche Sicherheitsetiketten werden in der Regel von spezialisierten Unternehmen in einem aufwendigen Verfahren im Auftrag eines Markenunternehmens hergestellt und mit serialisierten QR-Codes versehen. Die Etiketten werden dann den Marken übergeben, welche diese wiederum den Produkteherstellern zur Verfügung stellen. Bei diesen Marken handelt es sich nicht nur um Luxus-Marken im Hochpreissegment, sondern es können auch klassische Merchandising-Marken mit eher günstigen Produkten sein. Die Marken beauftragen dabei in der Regel Subunternehmen mit der effektiven Produkteherstellung. Insofern werden solche Sicherheitsetiketten oft auch nur zur Überwachung und Kontrolle der eigenen Supply Chain von den Markenunternehmen eingesetzt. Die Verknüpfung mit einer Landing-Page wird in diesen Fällen hinfällig, da eine Interaktion mit dem Endkunden über den QR-Code auf der Etikette nicht im Vordergrund steht.

Der Markt für holografische Sicherheitsetiketten ist stark umkämpft und es gibt weltweit unzählige Unternehmen, die alle in etwa das Gleiche anbieten. Konfrontiert mit dieser Situation, hat sich die ‘Hologram‘ überlegt, wie sie sich durch einen zusätzlichen Mehrwert für die Kunden – sprich die Marken-Unternehmen – von der Konkurrenz absetzen kann. Dabei stellte die ‘Hologram‘ fest, dass mit dem Scan und dem Verweis auf eine Landing-Page, welche irgendwo auf der Welt auf einem Server von jemandem gehostet wird, noch nicht vollständig gesichert ist, dass die angezeigten Informationen auch wirklich stimmen. Es könnten sowohl das Produkt, die Sicherheitsetikette, der QR-Code als auch die Landing-Page, also sämtliche Elemente ‘gefälscht‘ sein, ohne dass es der Kunde merkt. Mit Bezug auf die Blockchain-Technologie ist bei der ‘Hologram‘-Unternehmensführung daher die Überzeugung gereift, mit dieser neuen Technologie könnte ein zusätzliches Sicherheitselement eingebaut werden, welches das Vertrauen der Kunden in den Produkte-Authentifizierungsprozess von Hologram, QR-Scann und Landing-Page weiter steigern könnte. Oder wie es die Geschäftsführerin der ‘Hologram‘ ausdrückt:
„Und ich habe mir halt überlegt, dass die Blockchain eigentlich dieses Vertrauensproblem lösen würde. Und das war eigentlich die Ursprungsidee.“ (Interview 1, Anhang 3.1, 00:01:58)

Ziel und Zweck der Blockchain-Anwendung ist die Stärkung des Vertrauens in den Prozess der Authentifizierung von Markenprodukten. Der Schutz vor Produktfälschungen und das gesteigerte Vertrauen der Endkonsumenten in das Produkt und die Marke selbst stehen damit

im Vordergrund. Mit einem zusätzlichen Blockchain-basierten Sicherheitselement könnte sich darüber hinaus die ‘Hologram‘ mit ihren ‘Label Management Plattform‘-Lösungen für Marken von den Konkurrenten abheben und damit einen ‘First-Mover-Advantage‘ erzielen. Eine ‘Bullet-Proof‘-Sicherheitslösung basierend auf Blockchain könnte der nächste ‘disruptive‘ Innovationschritt bei den holografischen Sicherheitsetiketten sein und so der ‘Hologram‘ Aufmerksamkeit und Anerkennung im Markt sichern. Dabei ist für die Geschäftsführerin von ‘Hologram‘ klar:

„Aber ich möchte auch nicht per se nur Blockchain verkaufen, sondern ich verkaufe einfach ‘Secure Holograms‘. Und mein Mittel zum Zweck ist Blockchain.“ (Interview 1, Anhang 3.1, 00:20:04)

Entsprechend stellt die Blockchain-Technologie mit 5 bis 10 Prozent auch nur einen kleinen Teil der Gesamtlösung dar, welche rund um eine digitale Label-Management-Plattform aufgebaut wird. Auf dem Markt wird ‘Hologram‘ mit einer Gesamtlösung auftreten, welche primär die holografische Sicherheitsetikette mit QR-Code und eine Landing-Page mit Produktinformationen für Marketingzwecke umfasst. Die Integration der Blockchain kann dann auf Wunsch des Kunden noch zusätzlich erfolgen. Da sich die ‘Hologram‘ mit ihrer digitalen Plattform preislich auf oder unter dem Niveau der Mitbewerber positionieren will, war bei der Ausgestaltung der Label-Management-Plattform von vornherein klar, dass die Blockchain-Anwendung selbst nur sehr wenig bis gar nichts kosten darf. In Abbildung 12 ist die Blockchain-Anwendung von ‘Hologram‘ schematisch dargestellt. Im Folgenden wird die Ausgestaltung dieser Blockchain-Anwendung für Label-Management-Plattform der ‘Hologram‘ anhand der drei Ebenen Applikation, Netzwerk und Protokoll im Detail beschrieben.

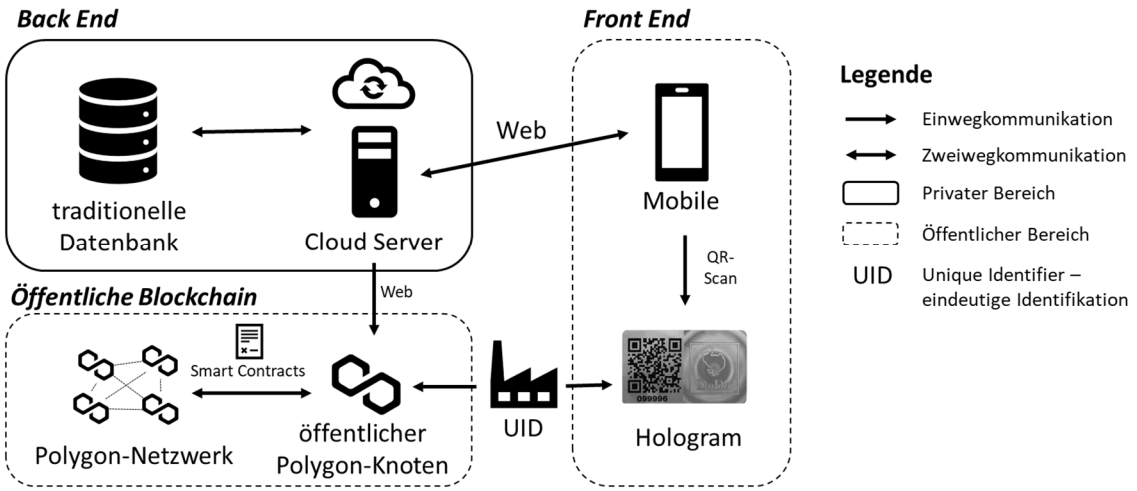

Abbildung 12: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung von ‘Hologram‘ (Quelle: eigene Darstellung)

2.1.1.2 Applikationsebene

Bei der Erstellung des QR-Codes für die holografische Sicherheitsetikette wird neben einem ‘Uniform Resource Locator‘ (URL) – einem Link zu einer Website (Landing-Page) – auch ein einmaliges Erkennungsmerkmal als ‘Unique Identifier‘ (UID) beigezogen. Zusätzlich zu diesem UID können weitere Informationen wie zum Beispiel der Produktionszeitpunkt, das Produktionsdatum oder die Batchnummer über die Sicherheitsetikette gespeichert werden. Diese Informationen werden aus Kostengründen auf ein absolutes Minimum beschränkt, da das Speichern von grösseren Datenmengen in Blockchains unverhältnismässig teuer ist, und eine günstige Blockchain-Anbindung für die ‘Hologram‘ essenziell für den Erfolg der Anwendung ist. Denn für die ‘Hologram‘ ist klar, dass die Blockchain nur ein zusätzliches Sicherheitsmerkmal sein kann, das keine nennenswerten Kosten pro Sicherheitsetikette verursachen darf.

Der UID wird von der ‘Hologram‘ direkt bei der Erstellung der Sicherheitsetiketten auf der Blockchain gespeichert. Diese erste Speicherung von Informationen auf der Blockchain wird dabei als ‘First Marriage‘ bezeichnet. Entscheidend ist dabei, dass zusammen mit dem UID die anderen Originalinformationen auf der Landing-Page öffentlich zugänglich gemacht werden. Damit wird sichergestellt, dass jeder, der den QR Code scannt, die Korrektheit des UID selbst prüfen kann, indem er den UID auf der Landing-Page mit dem auf der Blockchain gespeicherten UID vergleicht. Diese Möglichkeit der Überprüfung ist insofern wichtig, als die Informationen auf der Landing-Page aus einer Datenbank kommen, welche zentral von einem Unternehmen unterhalten und kontrolliert wird. Entsprechend könnten die Informationen auf der Landing-Page auch im Nachhinein sehr einfach noch verändert und angepasst werden. In der Regel liegt diese Kontrolle über die Landing-Page entweder beim Markenunternehmen oder bei der ‘Hologram‘ selbst.

Die ‘erste Heirat‘ der physischen Sicherheitsetikette mit der digitalen Abbildung auf der Blockchain bildet dabei dieses zusätzliche Sicherheitselement, welches die Label-Management-Plattform von ‘Hologram‘ von den Angeboten der Mitbewerber unterscheidet. Denn jede einzelne Sicherheitsetikette ist jetzt unwiderruflich mit einem spezifischen UID auf der Blockchain für jeden öffentlich einsehbar abgebildet. Die Markenunternehmen können

dann in einer ‘zweiten Heirat‘ noch spezifische Produktinformationen wiederum mittels eines UID auf die Blockchain schreiben und so eine spezifische Sicherheitsetikette zu einem spezifischen Produkt verlinken. Dazu können die Marken eine produktspezifische Landing-Page mit weiteren Produktinformationen wie Bilder, Videos oder auch PDF-Zertifikaten kreieren. Am Ende beschreibt die Geschäftsführerin von ‘Hologram‘ die Applikation wie folgt:

„Und der Konsument sieht dann eigentlich die Marketing-Plattform. Also er sieht: Du hast das gekauft und ein Bild... und kann dann absteigen in den Blockchain-Teil, wo er den 'digital Footprint' sieht.“ (Interview 1, Anhang 3.1, 00:12:04)

2.1.1.3 Netzwerkebene

Bei der Entwicklung und Umsetzung dieses ‘Blockchain-Teils‘ wurde die ‘Hologram‘ von einem Schweizer IT-Beratungsunternehmen unterstützt, welches sich auf Blockchain-Projekte spezialisiert hat. Neben der eigentlichen Funktionalität waren dabei sehr tiefe Transaktionskosten eines der Hauptkriterien für die Ausgestaltung der Blockchain-Infrastruktur. Die Transaktionskosten waren auch der Grund, warum nach ersten Tests auf dem Ethereum-Netzwerk[16] die ganze Blockchain-Anwendung auf dem Polygon-Netzwerk[17] entwickelt wurde. Da jede Sicherheitsetikette auf der Basis seiner UID mittels einer Transaktion über einen Smart Contract einzeln auf der Blockchain abgespeichert wird, kann es schnell zu tausenden von Transaktionen kommen. Der Durchsatz, also die Transaktionsgeschwindigkeit, wird bei diesen Volumen natürlich auch zu einem Kriterium. Ein entsprechender Test auf Polygon hat dabei gezeigt, dass 100‘000 Sicherheitsetiketten in ein paar Minuten zu Kosten von etwa 40.00 USD oder 0.04 Cent pro Etikette abgewickelt werden können (vgl. Interview 2, Anhang 3.2, 00:21:06 bis 00:22:35).

Das IT-Unternehmen hat auch noch weitere potenzielle Blockchain-Netzwerke angesehen, wie zum Beispiel Tezos[18], sich am Ende aber für Polygon entscheiden, da diese eine sogenannte ‘Second Layer‘ (Layer 2)-Blockchain von Ethereum ist und ebenfalls die ‘Ethereum Virtual Machine‘ (EVM) einsetzt. Entsprechend konnten die bereits auf Ethereum

[16] https://ethereum.org/de/

[17] https://polygon.technology/

[18] https://tezos.com/

aufgesetzten Smart Contracts (Computerprogramme) ohne Schwierigkeiten auf diese neue Layer-2-Blockchain angewandt werden. Der Projektverantwortliche des IT-Unternehmens meint dazu weiter:
„Jetzt, wenn man ein Ethereum, also EVM, also Ethereum Virtual Machine basiertes Smart Contract System hat, so wie in unserem Fall, können wir auf jede beliebige Blockchain deployen, die das unterstützt.“ (Interview 2, Anhang 3.2, 00:24:09)

Dadurch wird die entwickelte Applikation grundsätzlich ‘Blockchain-agnostisch‘ und im Fall von Problemen mit der Blockchain-Infrastruktur, bestehend aus Netzwerk und Protokollen, könnte die Applikation samt den Smart Contracts auf eine andere Blockchain migriert werden. Entsprechend könnte zum Beispiel bei einem Anstieg der Transaktionskosten auf Polygon die ‘Hologram‘ ihre Blockchain-Applikation auf einer anderen EVM-Blockchain innert kürzester Frist neu aufsetzen.

Polygon ist eine öffentliche Permissionless Blockchain, über die jeder anonym und bewilligungsfrei seine Smart Contracts und Transaktionen abwickeln kann. Entsprechend muss auch die ‘Hologram’ für die Einbindung von Polygon in ihre Label-Management-Plattform keine spezifischen Lizenzen oder Berechtigungen erwerben. ‘Hologram’ selbst muss nicht einmal als Knoten am Polygon-Netzwerk teilnehmen, da der Zugang zum Netzwerk auch über öffentlich zugängliche Knoten möglich ist. Damit umgeht ‘Hologram’ auch den Aufwand, einen eigenen Knoten auf einem eigenen Server aufzusetzen und zu unterhalten – ein Unterfangen, das gerade für kleine Unternehmen durchaus mit Kosten verbunden sein kann. Und da es mehrere öffentliche Knoten im Netzwerk gibt, kann beim Ausfall eines Knotens auch jederzeit relativ einfach auf einen anderen öffentlichen Knoten ausgewichen werden. Für den IT-Projektleiter sind diese öffentlichen Knoten ein wesentlicher Vorteil von Permissionless Blockchains, da bei Permissioned Blockchains ein Teilnehmer in der Regel zwingend auch ein Knoten im Netzwerk sein muss, was für einige Unternehmen ein (zu) hoher Zusatzaufwand bedeutet.

2.1.1.4 Protokollebene

Als eine ‘Layer 2‘-Blockchain versucht Polygon das Problem von Ethereum mit seinen hohen Transaktionskosten und tiefen Transaktionsgeschwindigkeit durch die Anwendung eines effizienteren Konsensmechanismus zu beheben. Wie aus der Polygon-Dokumentation

(Polygon, 2022) zu entnehmen ist, setzt Polygon bei seinen krypto-ökonomischen Protokollen auf einen Delegated-Proof-of-Stake (DPoS)-Konsensmechanismus, in welchem 100 Validatoren für die Transaktionsüberprüfung und Blockbildung verantwortlich sind. Die Auswahl dieser 100 Validatoren sowie die Zuweisung der Transaktionsprüfung und Blockbildung erfolgen dabei nach der Höhe des 'Staking'-Betrags in Polygons Kryptowährung Matic. Das 'Staking' kann wie eine 'Verpfändung' verstanden werden, bei der Matic-Token in ein Depot eingezahlt werden, um das Recht zu erwerben, Blöcke auf einer Blockchain zu validieren und zu produzieren. Wer selbst keinen der 100 Validatoren sein kann (oder will), kann seine Matic-Token bei Polygon auch einem aktuellen Validator delegieren und sich so indirekt am Konsensmechanismus beteiligen.
In Layer-2-Blockchains besteht auch immer die Möglichkeit, die darüber abgewickelten Transaktionen hin und wieder auf der Layer-1-Blockchain abzusichern. Diese Absicherung eines momentanen Zustands der Layer-2-Transaktionen kann in den Smart Contracts der Applikation bereits hinterlegt werden, ist aber dann auch mit zusätzlichen Kosten verbunden, da dies eine Transaktion auf Ethereum auslöst. Der Nutzen dieser Einbindung beschreibt der IT-Projektleiter wie folgt:

„Aber es ist wieder auch ein zusätzlicher Sicherheitsmechanismus, um wiederum diese Transparenz, diese Nachvollziehbarkeit, diese Manipulationssicherheit noch zusätzlich zu gewährleisten." (Interview 2, Anhang 3.2, 00:24:09)

Trotz diesem Zusatznutzen in Bezug auf Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Manipulationssicherheit erachtet der IT-Projektleiter das Layer-2-Netzwerk Polygon als genügend manipulationssicher und transparent und meint, dass es mehr eine philosophische bzw. psychologische Fragestellung denn eine technische sei. Denn es gebe immer noch Leute, für die eine Blockchain zwingend ein 'Proof-of-Work'-Konsensmechanismus haben müsse, auch wenn technisch-pragmatisch die Layer-2-Blockchain genauso sicher sei. Entsprechend gibt es diese Möglichkeit, einen Zustand-Snapshot auf der Layer-1-Ethereum-Blockchain abzulegen, was aber zurzeit bei der 'Hologram'-Blockchain-Anwendung nicht integriert wurde.

Das Polygon-Protokoll wird seit 2017 von dem indischen Start-up 'Matic Network' entwickelt, welches in mehreren 'Token-Sales', dem Verkauf der eigenen Kryptowährung 'Matic', bereits einige Millionen USD für den Unterhalt und die Weiterentwicklung des Protokolls

eingenommen hat (Rhys, 2022). Allerdings ist die Community sehr stark in die Entwicklung involviert, da sämtliche Protokolle und Codes quelloffen für alle frei zugänglich sind. Jeder kann diese selbst prüfen und bei Bedarf auch ein eigenes Polygon-Netzwerk gründen. Aber wie der IT-Projektleiter ausführt, ist die Schwierigkeit, das Netzwerk aufzubauen, das Vertrauen in das Netzwerk zu gewinnen und die kritische Masse in der Community für eine offene Weiterentwicklung zu erreichen, eine Herausforderung, die es für neue Protokolle sehr schwierig bis unlösbar macht. Daher meint er zum Ende auch mit Bezug zur Blockchain-Anwendung der ‘Hologram‘:

„Wir sind wirklich in einer Bewegung, die sich immer wieder weiterentwickelt. Und wir werden sehen, was noch kommt. Und es kann immer noch passieren: Nächstes Jahr kommt der letzte Schrei oder etwas Neues, dass es noch besser macht. Wir wissen es heute nicht. Was wir aber heute sagen können: Das ist 'the State of the Art', also besser geht es nicht.“ (Interview 2, Anhang 3.2, 00:37:04)

2.1.2 Fallstudie 2: Supply Chain Event Management

Die zweite Fallstudie ‘Supply Chain Event Management‘ (SCEM) befasst sich mit der Blockchain-Anwendung eines jungen Schweizer Startups, welches 2016 als Spin-off der Universität Zürich gegründet wurde. Aufgrund der damals eingeführten erweiterten Arzneimittelvertriebsvorschriften[19] verfolgte das Startup die Idee, mit einer Kombination aus IoT-Sensoren und Blockchain-Technologie die neu eingeführten, strengeren Überwachungsvorschriften von Arzneimitteln zu automatisieren und eine Event-basierte Supply-Chain-Management-Plattform aufzubauen. Zur Anonymisierung der Fallstudie wird das Unternehmen in dieser Dissertation mit ‘TempSens‘ pseudonymisiert. Nach einer traditionellen Startkapitalrunde führte ‘TempSens‘ 2017 einen erfolgreichen ICO (Initial Coin Offering)[20] durch, um Mittel für die Entwicklung und Vermarktung einer Blockchain-basierten

[19] Es handelt sich dabei um die GDP (Good Distribution Practice) Guidlines 2013/C 343/01, welche in der Schweiz zur Anpassung von Anhang 2 der Arzneimittel-Bewilligungsverordnung (AMBV) geführt hat. Die Anpassungen traten am 1. Juli 2015 in Kraft, mit einer Umsetzungsfrist von sechs Monaten bis 1. Januar 2016. Mehr Infos unter: https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/medizin-und-forschung/heilmittel/gdp-leitlinien.html.

[20] Gemäss Eidgenössischer Finanzmarktaufsicht FINMA wird mit einem ‘Initial Coin Offering‘ (ICO) auf Basis der Blockchain-Technologie in digitaler Form öffentlich Kapital für unternehmerische Zwecke beschafft. Anleger

Supply-Chain-Event-Management-Plattform für pharmazeutische Sendungen zu generieren. ‘TempSens‘ fokussierte sich dabei in den Anfängen auf einen ersten Anwendungsfall: die Temperaturüberwachung von pharmazeutischen Gütern. Da die von ‘TempSens‘ im Jahr 2018 auf den Markt gebrachte Lösung eine der ersten effektiv in der Praxis umgesetzten Blockchain-Anwendungen war, wurde die Fallstudie bereits in einigen Artikeln und wissenschaftlichen Studien behandelt. Zur Wahrung der Anonymität wird auf einen Einbezug dieser Artikel bewusst verzichtet und die Informationen basieren – wo nicht explizit anders vermerkt – ausschliesslich auf den beiden Interviews 3 und 4, deren Transkripte in Anhang 3.3 und 3.4 zu finden sind. Die erwähnten Artikel beziehen sich auch hauptsächlich auf die Anfänge von ‘TempSens‘ und haben entsprechend kaum die Entwicklung der letzten Jahre miteinbezogen. Gerade auf diese Entwicklung der letzten Jahre und die damit einhergehenden Veränderungen bei der Blockchain-Anwendung wird sich diese Fallstudie allerdings fokussieren.

2.1.2.1 Kontextebene

Mit der Verschärfung der Arzneimittelvertriebsvorschriften im Jahr 2016 ist bei den temperaturgeführten Arzneimittelsendungen eine regulatorische Veränderung eingetreten, welche eine lückenlose und jederzeit nachweisbare Überwachung sämtlicher Einzelsendungen von allen beteiligten Supply-Chain-Akteuren verlangt. Auf diese Verschärfung waren die pharmazeutischen Supply Chains nur ungenügend vorbereitet, vor allem als es auf der ‘letzten Meile‘ um die Überwachung sämtlicher Einzelsendungen von den Grosshändlern und Vertriebspartnern zu den Spitälern, Apotheken und Arztpraxen ging. Denn die auf dem Markt vorhandenen Lösungen zur Überwachung von Sendungen sind nicht auf hohe Volumina ausgerichtet, sondern haben sich auf das Überwachen und Verfolgen (Track & Trace) von Bulk-Sendungen fokussiert. Diese Lösungen basieren daher auf Sensoren, welche über einen USB-Anschluss einzeln und manuell via Computer vom Versender eingestellt und vom Empfänger beim Erhalt der Sendung wieder ausgelesen werden müssen. Die ausgelesenen Daten werden in der Regel als PDF-Report dargestellt und müssen sodann vom Empfänger abhängig von den internen Richtlinien digital oder ausgedruckt archiviert sowie allenfalls dem Versender per Mail zugestellt werden.

---

erhalten im Gegenzug zu ihrem Investment einen neuen Blockchain-basierten Token, welcher unterschiedliche Funktionen haben kann. Mehr Infos unter: https://www.finma.ch/de/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/.

‘TempSens‘ hat sich entsprechend 2016 zum Ziel gesetzt, diesen aufwendigen und kostspieligen Prozess der Sendungsüberwachung wesentlich zu vereinfachen, so dass eine Einhaltung der regulatorischen Verpflichtungen auch auf der letzten Meile mit ihren vielen kleinen Sendungen einfach und kostengünstig möglich wird. Die Grundidee der ‘TempSens‘ war dabei, einen Temperatursensor zu entwickeln, der über eine Bluetooth-Schnittstelle kontaktlos von einem mobilen Gerät eingestellt und wieder ausgelesen werden kann. Gleichzeitig können die Messdaten des Sensors via Mobilfunk übermittelt und über eine Blockchain transparent, unveränderbar und unabhängig von den beteiligten Supply-Chain-Partnern (z.B. Versender, Logistiker, Empfänger) verarbeitet und abgespeichert werden. Dabei könnten auf der Basis der Ortsangaben vom Sensor auch noch weitere relevante Event-Informationen errechnet werden wie zum Beispiel voraussichtliche Ankunftszeiten, Sendungsübergaben oder die Einhaltung von Dienstleistungsvereinbarungen. In der Abbildung 13 ist dieser erste Prototyp von der Blockchain-Anwendung der ‘TempSens‘ schematisch dargestellt. Dieser Prototyp wird in den folgenden Kapiteln in Bezug auf die Applikation, das Netzwerk und das Protokoll noch detailliert besprochen.

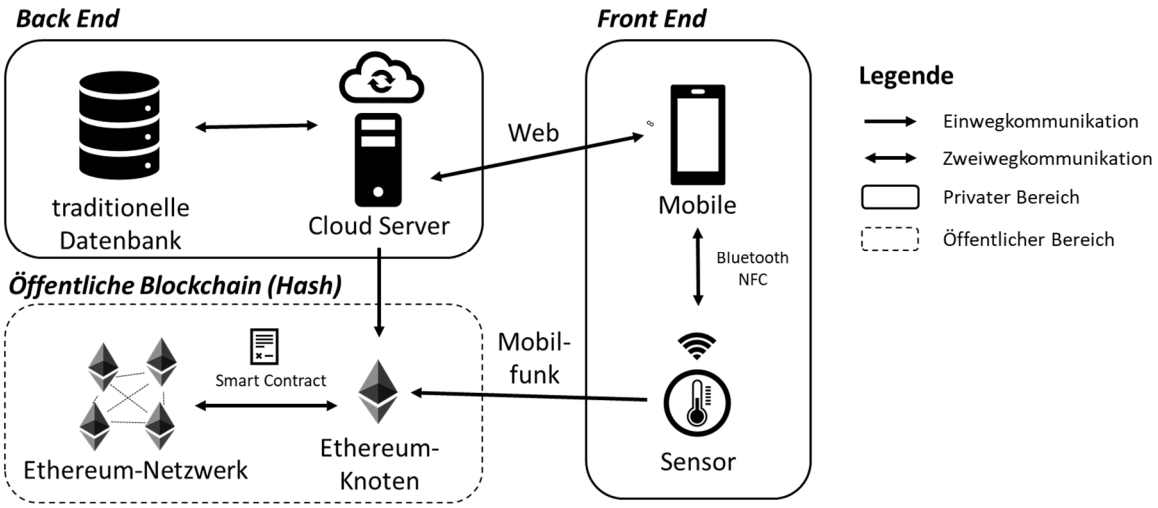

Abbildung 13: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘Ethereum‘ von ‘TempSens‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Angetreten mit dem Versprechen, den Prozess der Überwachung von pharmazeutischen Sendungen zu revolutionieren, hat ‘TempSens‘ in den folgenden Jahren prototypische Blockchain-Anwendungen entwickelt und in Pilotprojekten auch direkt mit Kunden getestet. Diese unterschiedlichen Entwicklungen werden in dem folgenden Kapiteln im Detail

ausgeführt. Gerade mit dem Argument der Blockchain stiess ‘TempSens‘ dabei in den ersten Jahren bei einigen Unternehmen in der Pharma Supply Chain auf grosses Interesse. Allerdings musste ‘TempSens‘ im Laufe der Jahre erkennen, dass sich die pharmazeutische Lieferkette durch starke Interessenkonflikte, hohe Intransparenz und eine fehlende Digitalisierung auszeichnet. Denn auf der einen Seite gibt es dominante Markeneigentümer, auf der anderen Seite mächtige Distributoren und dazwischen die schwach positionierten Logistikunternehmen, welche alle den transparenten und digitalen Informationsaustausch nur bedingt anstreben. Im Gegenteil wurde die durch ‘TempSens‘ erzielte Transparenz oft direkt abgelehnt. So meint der langjährige CTO (Chief Technology Officer) von ‘TempSens‘:
„Und da hatten wir tatsächlich auch schon solche [Versender], welche gesagt haben, sie möchten nicht, dass der Empfänger via unser Device oder System mitkriegt, wenn was schiefläuft, sondern sie möchten den informieren.“ (Interview 3, Anhang 3.3, 00:17:56)

Welche Konsequenzen dies für die Anwendung der Blockchain-Technologie hatte, wird in den folgenden Kapiteln vertieft dargelegt.

2.1.2.2 Applikationsebene

Grundsätzlich verkauft ‘TempSens‘ ihren Kunden, welche mehrheitlich Arzneimittel-Markeneigentümer, Grossverteiler und Logistikdienstleister in der DACH-Region[21] sind, eine Komplettlösung rund um das Überwachen von Gütern und Transporten als Dienstleistung in Form eines Subskriptions-Modells. Für ‘TempSens‘ stand dabei von Beginn fest, dass für den Erfolg ihrer Dienstleistung und damit des jungen Unternehmens die Entwicklung einer sicheren und einfachen Datenerfassung und -ermittlung im Vordergrund stehen musste. Entsprechend fokussierte sich ‘TempSens‘ auf zwei Komponenten: *erstens* die Hardware-Geräte, also die Sensoren zur Datenerfassung, und *zweites* die Software-Architektur zur Übermittlung und Speicherung der Daten. Um die Bedienung der Sensoren möglichst einfach und effizient zu gestalten, entwickelte ‘TempSens‘ zuerst Temperatursensoren, welche mittels Bluetooth und später auch NFC (Near Field Communication) angesteuert werden konnten. Dadurch ist es für den Versender möglich, die Temperatursensoren kontaktlos mittels Mobilegerät oder auch eines Desktop-Computers einzustellen (z.B. Temperaturband,

[21] Der Begriff ‘DACH-Region’ ist ein Apronym und bezieht sich auf die drei mitteleuropäischen Länder Deutschland (D), Österreich (A) und die Schweiz (CH).

Überwachungsstart, Messintervall) und für den Empfänger die Temperaturmesspunkte kontaktlos auszulesen. Zusätzlich zu diesen passiven Temperatursensoren hat ‘TempSens‘ Sensoren entwickelt, welche mittels Mobilfunknetz selbst aktiv mit dem Netzwerk kommunizieren können. Diese Sensoren können also ihre Messdaten in Echtzeit übermitteln, was auch eine Erkennung einer allfälligen Abweichung von den Plandaten (z.B. eine erhöhte Temperatur) früh zulässt.

Neben diesem Fokus auf die Entwicklung von Sensoren hat sich ‘TempSens‘ auch mit der Architektur für die Übermittlung, Auswertung und Speicherung der Daten auseinandergesetzt. Dabei stand die Idee im Vordergrund, dass bei jeder Sendung die Sensor-ID, die Sendungs-ID und das definierte Qualitätsprofil direkt in einem Smart Contract auf einer Blockchain unveränderbar und transparent gespeichert werden. Während des Transports oder spätestens beim Empfang der Sendung kann der Sensor die Messdaten jeweils an den Smart Contract senden, welcher diese gegenüber dem vordefinierten Qualitätsprofil automatisch abgleicht. Der Nutzen dieser Architektur beschreibt der Geschäftsführer von ‘TempSens‘ dann auch wie folgt:

„Und so hast du im Prinzip, sobald der Transport durchgeführt wurde und die Daten zurückkommen, eine automatische Validierung der Authentizität der Daten, der Compliance und auch der Performance vom Logistiker. Du hast im Prinzip, ohne dass du einen PDF-Bericht liest und dir eine Messkurve anschaust, eigentlich ein ‘Thumbs-Up’ oder ‘Thumbs-Down’ und kannst darauf einen Freigabeprozess oder Deviation-Management-Prozess automatisieren. Und diesen Teil der Konformitätsbewertung haben wir in eine Blockchain gelegt.“ (Interview 4, Anhang 3.4, 00:28:07)

Dank der Blockchain kann auch eine hohe Datenintegrität gewährleistet werden, da eine spätere Datenänderung verunmöglicht wird. Zusammen mit der Automatisierung der Datenauswertung und -speicherung wird dadurch auch die Gefahr eines späteren Datenverlustes umgangen. Welche Blockchain dies ist, spielt grundsätzlich für diese Applikation bzw. die Sensoren keine Rolle, solange die Daten sicher und zu vernünftigen Kosten ins Netzwerk gelangen und gespeichert werden können. Dieser Aspekt soll im folgenden Kapitel noch genauer untersucht werden.

2.1.2.3 Netzwerkebene

Als ‘TempSens‘ im Jahre 2016 mit seinen ersten Prototypen startete, fiel die Wahl auf das öffentliche Ethereum-Netzwerk. Ethereum ist neben Bitcoin sicherlich das bekannteste Permissionless-Blockchain-Netzwerk, wobei es sich im Gegensatz zu Bitcoin vor allem durch die Möglichkeit auszeichnet, Smart Contracts und damit ganze Programme und Applikationen dezentral und verteilt über ein Netzwerk von mehreren Tausend Knoten auszuführen (vgl. Antonopoulos & Wood, 2018; Maeng et al., 2020). Allerdings war für ‘TempSens‘ schnell klar, dass eine Abwicklung und Speicherung Tausender Datenmesspunkte über dieses Netzwerk nicht bezahlbar sind, da jede Transaktion schnell einmal mehrere Franken kosten kann. Oder wie es der CTO von ‘TempSens‘ im Interview ausdrückt:

„Wir haben nie und werden vermutlich auch nie, in der öffentlichen Blockchain alle Temperaturdaten speichern, weil wir könnten es einfach nicht zahlen. Und Kunden haben wir auch noch nicht gefunden, die dann ein paar Tausender zahlen wollen, nur damit ihre Temperaturdaten öffentlich in der Blockchain liegen.“ (Interview 3, Anhang 3.3, 00:22:04)

Entsprechend werden auf der Ethereum-Blockchain nur ein Hash der Messdaten sowie einige weitere Daten (z.B. Alarmstatus, Sendungsinformationen) abgelegt, während sämtliche Originaldaten auf einer traditionellen Cloud-basierten Datenbank gespeichert werden. Um Zugang zum Netzwerk zu haben, betrieb ‘TempSens‘ eine Zeitlang seinen eigenen Netzwerkknoten – wobei dieser wiederum in der Cloud auf einer EC2-Istance von AWS lief. Heute kann auch über einen öffentlichen Ethereum-Knoten auf das Netzwerk zugegriffen werden, wobei heute keiner der Kunden von ‘TempSens‘ noch auf dieser Blockchain-Absicherung besteht, da die angestrebte Datenintegrität mit traditionellen Lösungen erreicht werden kann – und eine erhöhte öffentliche Transparenz sowieso kaum ein Bedürfnis in der Pharma Supply Chain ist.

Im Zuge eines Pilotprojekts mit einem Schweizer KEP-Dienstleister[22] zusammen mit einem international ERP-Softwareunternehmen hat ‘TempSens‘ auf der Basis des Hyperledger-Fabric-Blockchain-Protokolls schliesslich ein eigenes Permissioned-Blockchain-Netzwerk

[22] Der Begriff ‘KEP-Dienstleister’ ist das Apronym Kurier-, Express- und Paketdienstleister.

aufgebaut. Grund für diesen Wechsel waren einerseits Datensicherheitsbedenken seitens des KEP-Dienstleisters, anderseits auch der Wunsch nach einem ‘Managed Service‘ bei dem bevorzugten ‘Solution Provider‘. Wie in Abbildung 14 dargestellt, veränderten sich durch diese Änderung im Back-End keine wesentlichen Aspekte aufseiten des Front-End und damit in den operativen Prozessen. Die Hauptunterschiede zu der Blockchain-Anwendung mit dem Ethereum-Netzwerk bestehen in der Netzwerk- und Protokollseite, wobei auf das Protokoll im nächsten Kapitel noch kurz eingegangen wird. Im Fall von ‘TempSens‘ haben die drei Konsortiums-Partner je einen Knoten im Netzwerk betrieben, wobei diese wiederum in der Cloud von AWS liefen. Da in dem Permissioned-Hyperledger-Fabric-Netzwerk nur noch drei bekannte und grundsätzlich vertrauenswürdige Knoten beteiligt sind und weitere Akteure ohne Bewilligung keinen Zugang zum Netzwerk haben, kann die Verarbeitung und Verwaltung von Datentransaktionen wesentlich effizienter und kostengünstiger organisiert werden. Dadurch wird auch das Speichern sämtlicher Daten direkt auf der Blockchain möglich, was wiederum die Automatisierung über Smart Contracts vereinfacht.

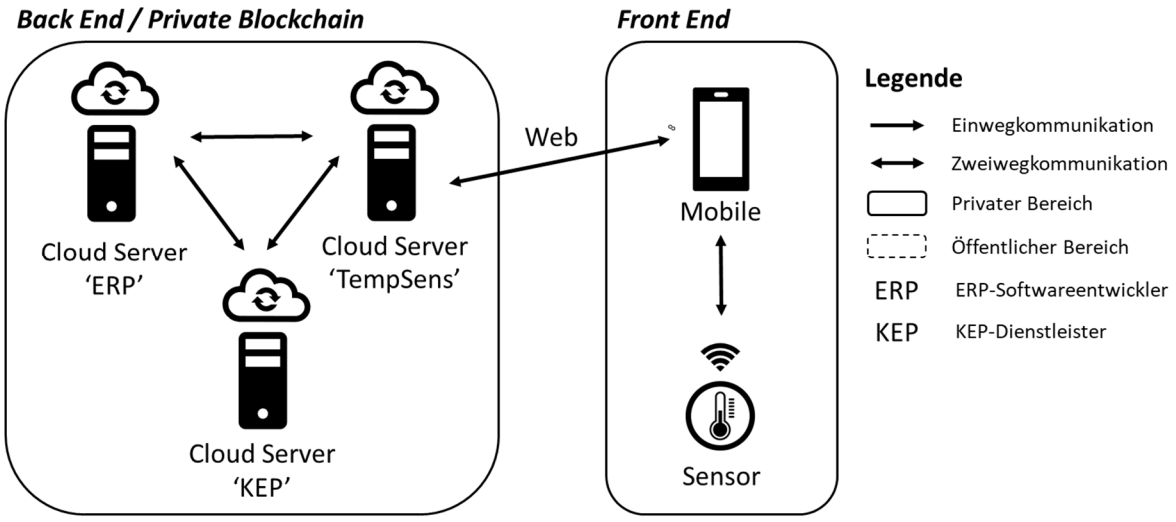

Abbildung 14: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘Hyperledger Fabric‘ von ‘TempSens‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Grundsätzlich war die Idee, noch weitere Akteure aus der Pharma Supply Chain ins Konsortium und damit ins Blockchain-Netzwerk zu integrieren. Als das ERP-Softwareunternehmen seine Ambitionen als ‘Blockchain-as-a-Service‘-Anbieter allerdings wieder aufgab, beendete ‘TempSens‘ seine Bemühungen zum Aufbau eines Blockchain-Enterprise-Netzwerks für die Entwicklung einer Supply-Chain-Event-Management-Plattform. Denn ‘TempSens‘ hat festgestellt, dass für die bestehenden Akteure in der Pharma Supply Chain die Abgabe von

Kontrolle und Informationshoheit an ein dezentrales Netzwerk noch nicht vorstellbar ist und entsprechend der Aufbau eines Netzwerkers mit genügend Netzwerkteilnehmern zur Erreichung der ‘kritische Masse‘ für Netzwerkeffekte in den kommenden Jahren nicht realistisch ist. Im Weiteren musste ‘TempSens‘ auch erfahren, dass oft bereits das ‘Messen‘ von Leistungsparametern entlang der Supply Chain ein Problem darstellt. Ab 2020 hat sich daher ‘TempSens‘ hauptsächlich auf die ‘Datenakquisition‘, also auf die sichere und automatische Datenerfassung mittels seiner Sensoren, fokussiert.

2.1.2.4 Protokollebene

Als eine der ersten funktionsfähigen Blockchains, die im Zuge von Bitcoin entwickelt wurden, weist das Ethereum-Protokoll die klassischen Merkmale einer Blockchain auf: Es ist quelloffen, die Weiterentwicklung wird öffentlich von der ‘Community‘ sowie der Ethereum Foundation vorangetrieben und der Konsensmechanismus basiert auf dem von Nakamoto (2008) vorgeschlagenen Proof-of-Work. Damit verliert ein Unternehmen wie ‘TempSens‘ auch ein Stück weit die Kontrolle über die Protokolle, was gerade bei grösseren Protokollanpassungen – wie z.B. dem ‘Hard Fork‘[23] im Jahre 2016 nach dem TheDAO Hack (vgl. DuPont, 2017) – zu Problemen führen kann, da die Protokolle und damit die Blockchain-Anwendung gezwungenermassen angepasst werden müssen. Aufgrund des Proof-of-Work-Konsensmechanismus weist das Ethereum-Netzwerk auch hohe Transaktionskosten und tiefe Transaktionsgeschwindigkeiten auf, was für ‘TempSens‘ bedeutet, dass sie schliesslich bei ihrer Blockchain-Anwendung nur vereinzelte gehashte Daten effektiv über die Blockchain abwickeln konnte. Basierend auf dieser eher technischen Erfahrung kommt der CTO von ‘TempSens‘ zum Schluss:

„Ich glaube, es braucht permissioned- oder eben Konsortium-basierte Ökosysteme als Zwischenlösung. Ich glaube einfach, von der Akzeptanz und auch von der technologischen Seite her ist public [öffentlich] heute keine Option.“ (Interview 3, Anhang 3.3, 01:04:50)

[23] Ein ‘Hard Fork‘ ist eine radikale Blockchain-Protokoll-Anpassung, welche von allen Knoten durchgeführt werden muss, da es sonst zu einer Abspaltung und Zweiteilung der Blockchain kommt (vgl. Lin & Liao, 2017).

Eines der bekanntesten Permissioned-Blockchain-Protokolle ist das Hyperledger-Fabric-Protokoll[24], welches im Rahmen der Hyperledger Foundation[25] als Open-Source-Protokoll für Enterprise-Blockchain-Anwendungen entwickelt wird. Der Quellecode ist wie bei Ethereum über GitHub[26] frei zugänglich und wird laufend von der Community weiterentwickelt. Hyperledger Fabric wurde hauptsächlich von IBM entwickelt und wird auch weiterhin von IBM stark gefördert. Grundsätzlich können verschiedene Konsensmechanismen mit Hyperledger Fabric verwendet werden, allerdings wird meistens das sogenannte 'Practical Byzantine Fault Tolerance' (PBFT)-Konsensprotokoll (vgl. Castro & Liskov, 1999) integriert. Dies ist zwar dank der hohen Transaktionsgeschwindigkeit und den tiefen Transaktionskosten gerade für die Verarbeitung vieler Daten geeignet, kann aber wegen einer mangelhaften Skalierbarkeit bei grösseren Netzwerken mit mehreren Hundert Knoten nicht eingesetzt werden (Croman et al., 2016). Es eignet sich daher vor allem für kleinere Unternehmensnetzwerke, welche nur auf einer geringen Anzahl von vertrauten Knoten basieren. Im Falle der Blockchain-Anwendung von 'TempSens' waren die Knoten auf drei Unternehmen verteilt, was eigentlich aufgrund des Konsensmechanismus bereits einer zu wenig ist, da es bei PBFT mindestens vier unabhängige Knoten braucht, um einen Konsens auch im Falle eines 'böswilligen' Knotens zu erreichen (Salimitari et al., 2020). Ebenfalls wurden die Knoten vom ERP-Unternehmen im Konsortium so weit verwaltet, als dieser sich um die Protokollanpassungen und den reibungslosen Betrieb kümmerte. Insofern meint der Geschäftsführer von 'TempSens' in Bezug auf diese 'Blockchain-as-a-Service'-Angebote:

„Das heisst, ich habe dann einfach ein Datenzentrum, wo der Novartis-Knoten neben dem Merck-Knoten und neben dem Roche-Knoten läuft. Aber so ganz dezentral ist es ja dann nicht... es ist dann aber dezentral genug, wenn es ein Managed Service ist." (Interview 4, Anhang 3.4, 00:50:53)

[24] https://www.hyperledger.org/use/fabric.

[25] https://www.hyperledger.org/.

[26] https://github.com/.

2.1.3 Fallstudie 3: Food Traceability & Operational Excellence

Ermuntert durch die verschiedenen Medienmittteilungen, dass die Blockchain-Technologie gerade im Bereich der Nachverfolgbarkeit ('Traceability') von Lebensmitteln bei internationalen Detailhändlern – allen voran Walmart (vgl. dazu: Kamath, 2018) – erfolgreich eingesetzt wird, hat eines der grössten Detailhandelsunternehmen der Schweiz im Jahre 2018 beschlossen, sich ebenfalls intensiv mit dieser neuen Technologie auseinanderzusetzen. Um sich eine eigene Meinung zur Blockchain-Technologie zu bilden, begann das Schweizer Detailhandelsunternehmen verschiedene mögliche Blockchain-Anwendungen zu konzipieren und einige davon auch zu pilotieren. Grundsätzlich lassen sich dabei die untersuchten Anwendungsfälle in zwei Kategorien einteilen: *erstens*: Wie kann die Blockchain einen Nutzen für die Konsumenten generieren? und *zweitens*: Wie können mittels Blockchain die Logistikprozesse optimiert werden?
Diese dritte Fallstudie wird sich mit den Blockchain-Anwendungen beider Kategorien auseinandersetzten, da die verschiedenen Anwendungen gerade auf der Netzwerk- und Protokollebene einige Gemeinsamkeiten haben und eine getrennte Fallbeschreibung zu vielen Überschneidungen führen würde. Auf der Kontext- und Applikationsebene werden die beiden Blockchain-Anwendungs-Kategorien allerdings separat besprochen. Um die Anonymität aller Beteiligten zu wahren, wird das Detailhandelsunternehmen für diese Dissertation mit 'FoodMarkt' anonymisiert. Wo explizit nichts anderes angeben wird, stammen die Informationen aus den Interviews 5, 6 und 7, welche als Transkripte im Anhang 3.5, 3.6 und 3.7 aufzufinden sind. Ebenfalls wurden vonseiten 'FoodMarkt' einige Dokumente (PowerPoint-Präsentationen) als Ergänzung zu den Interviews zur Verfügung gestellt, deren Inhalt allerdings mehrheitlich in den Interviews besprochen wurde.

2.1.3.1 Kontextebene

Bei der ersten Blockchain-Anwendungs-Kategorie steht der Nutzen der Blockchain-Technologie für die Kunden von 'FoodMarkt' im Fokus. Als Kunden versteht 'FoodMarkt' dabei die Konsumenten, welche in den über 600 Super- und Verbrauchermärkten in der Schweiz ihren täglichen Einkauf tätigen. Im Weiteren hat sich 'FoodMarkt' im Jahr 2017 entschieden, in einer Zusammenarbeit mit Alibaba Eigenmarkenprodukte, hergestellt in einem der über 20 Industriebetriebe von 'FoodMarkt', in China über einen eigenen Online-Shop zu verkaufen. Wenn es um den Nutzen für die Konsumenten geht, hat sich 'FoodMarkt' konzeptionell

überlegt, dass verlässliche Detailinformationen zu einem Produkt das Vertrauen der Kunden in das Produkt stärken können. Die Grundannahme von ‘FoodMarkt‘ war demnach, dass durch eine erhöhte Transparenz die Informationen zu einzelnen Produkten für den Kunden gesichert nachverfolgbar und nachvollziehbar werden, was dann zu grösserem Vertrauen der Konsumenten in ‘FoodMarkt‘ und schliesslich zu höheren Umsätzen führt.

Um die Umsetzbarkeit und die Auswirkung der Blockchain-Technologie im Anwendungsbereich ‘Food Traceability‘ zu prüfen, hat sich ‘FoodMarkt‘ für drei Pilot-Produkte entschieden: Gruyère-Käse, Palmöl und Kaffeekapseln. In den folgenden Kapiteln wird ein vertiefter Einblick in diese drei Projekte gegeben. Allerdings stellte ‘FoodMarkt‘ im Verlaufe des Projekts fest, dass bei allen ‘Food Traceability’-Anwendungen mit dem Fehlen eines Vertrauensproblems seitens der Konsumenten gegenüber ‘FoodMarkt‘ und seinen Produkten eine wesentliche Voraussetzung nicht erfüllt war. Dies bedeutete im Umkehrschluss, dass mit mehr Transparenz und Informationen seitens ‘FoodMarkt‘ auch kein grösseres Vertrauen, keine höhere Kundenbindung und demnach auch keine Umsatzsteigerung generieret werden konnten. Einzig im neu eröffneten Markt in China sah ‘FoodMarkt‘ das Bedürfnis der Konsumenten nach sicheren Informationen zu den Produkten. Als im Jahre 2019 der strategische Entscheid gefällt wurde, das Expansionsvorhaben in China wieder abzubrechen, hat sich allerdings auch dieses Argument für eine Blockchain-basierte ‘Food Traceability‘-Lösung für ‘FoodMarkt‘ erübrigt.

Entsprechend hat sich ‘FoodMarkt‘ im Verlaufe ihrer Blockchain-Anwendungsinitiative verstärkt auf den zweiten Anwendungsbereich der Logistikprozessoptimierung fokussiert. Hierbei versuchte ‘FoodMarkt’, den Mehrwert der Blockchain-Technologie für die Digitalisierung von zurzeit noch Papier-basierten, zeitaufwendigen und kostenintensiven Dokumentationsprozessen in der Logistik zu prüfen. Diese Überprüfung erfolgte anhand von zwei typischen Dokumenten in der Seefracht: *erstens* dem Bill of Lading (B/L, deutsch: Konnossement), welches als Originaldokument ein Eigentumsnachweis für die Waren ist und so vom Versender an den Empfänger gelangen muss, damit dieser ‘seine’ Ware bei dem Logistikunternehmen im Ankunftshafen abholen kann; und *zweites* dem T1-Zolldokument (Transitdokument), welches als zollamtlicher Versandschein den Transport der Ware von einem Abgangszollamt (z.B. Seehafen) bis zum Empfangszollamt (z.B. Zolllager ‘FoodMarkt’) überwacht und bei Ankunft im Empfangszollamt gelöscht werden muss. Bei beiden Prozessen

wollte ‘FoodMarkt’ überprüfen, ob mittels Blockchain-Technologie eine sichere und transparente Über- und Freigabe von digitalen ‘Original’-Fracht- und Zolldokumenten möglich ist. Papier-basierte Dokumente sollten also dank der Blockchain zu einzigartigen, fälschungssicheren und übertragbaren Dokumenten digitalisiert werden.

Für sämtliche Projekte arbeitetet ‘FoodMarkt’ mit den verschiedenen Stakeholdern aus dem weiteren Umfeld zusammen. So einerseits mit den eigenen Industriebetrieben, welche in die Käseherstellung, den Einkauf und Vertrieb von Palmöl sowie die Produktion und Vermarktung der Kaffeekapseln involviert sind. Anderseits waren neben einem der grössten internationalen Logistikdienstleister auch der Schweizer Zoll sowie verschieden Lieferanten am Projekt beteiligt. Zur konzeptionellen Entwicklung und praktischen Umsetzung der Blockchain-Anwendungen hat sich ‘FoodMarkt’ für die Blockchain-Infrastruktur von Ambrosus[27] entschieden. Ambrosus ist ein Schweizer Start-up, welches sich im Juni 2017 mittels eines ICO das nötige Kapital beschafft hat, um eine Blockchain explizit für die Digitalisierung der Supply Chain zu entwickeln und aufzubauen. Der Entscheid für Ambrosus seitens ‘FoodMarkt’ basierte allerdings nicht so sehr auf technischen Blockchain-Überlegungen, sondern wurde aufgrund des Bedürfnisses gefällt, mit einem Schweizer Unternehmen die Blockchain-Anwendungen zu entwickeln und damit auch die Kontrolle über die Übermittlung, Speicherung und Verarbeitung der Daten nicht zu verlieren. Der damalige Produktentwicklungsleiter von Ambrosus meinte dazu nur:
„They didn't have a strong opinion on which blockchain and how. I mean, of course one of the elements was that it has to be Swiss, it doesn't necessarily need to be fully decentralized, but the data need to be in Switzerland… things like that.” (Interview 7, Anhang 3.7, 00:42:15)

2.1.3.2 Applikationsebene

Bevor sich ‘FoodMarkt‘ mit der technologischen Umsetzung der Blockchain-Anwendungen im Detail auseinandersetzte, begann das Projektteam, sich mit den Blockchain-basierten Zielprozessen und den damit einhergehenden benötigten Daten für eine funktionierende Blockchain-Applikation zu befassen. Gerade bei der ersten Anwendungskategorie, dem Aufbau eines ‘Food Traceability‘-Systems zur Steigerung des Vertrauens bei den Konsumenten, stellte sich schnell die Frage, was genau ‘sichere Daten‘ sind und wie diese im

[27] https://ambrosus.io/

Bezug zu physischen Produkten generiert werden können. Hierzu meinte der IT-Leiter der Logistik von ‘FoodMarkt‘:
“Da haben wir dann festgestellt, gesicherte Daten sind es dann, wenn eigentlich System mit System kommuniziert. Sobald der Faktor Mensch hier irgendwelche Daten erfassen muss – manuell, händisch –, dann stellt sich schon die erste Frage: Wie sicher sind die Daten? Alles, was nicht automatisch digital generiert wird, kann natürlich auch manipuliert werden.” (Interview 5, Anhang 3.5, 00:05:02)

Entsprechend begann das Projektteam, sich zu überlegen, wie diese Daten automatisch und ohne menschliches Eingreifen bei den einzelnen Supply-Chain-Prozessen von spezifischen Produkten aussehen könnten. Beim Käse zum Beispiel müssten bereits die Kühe einen RFID (Radio Frequency Identification)-Transponder tragen, der beim Melken ausgelesen wird, damit die benötigten Informationen (z.B. Alp, Kuh-ID, Bauer, Region) ins System aufgenommen werden können. Die Milch würde dann in der Milchkanne gesammelt zur Käserei gebracht, wo die Kannen wiederum mittels RFID-Transponder ausgelesen werden müssten, damit die Ankunftszeit und die weiteren wichtigen Informationen zur Milch nicht verloren gehen. Bei der Käseherstellung könnten dann die Informationen der Milch automatisch auf den gereiften Käselaib übertragen werden, welcher wiederum mit einem RFID-Transponder ausgerüstet werden müsste, damit die Kette bis in die Käseabpackungsanlage nicht unterbrochen wird.

Während eine solche lückenlose Digitalisierung in der regionalen und überschaubaren Supply Chain von Milch und Käse noch möglich wäre, musste ‘FoodMarkt‘ spätestens jetzt feststellen, dass z.B. bei Palmöl eine solche automatische Datenerfassung von der Pflanze in Asien bis in die Industriebetriebe der Schweiz unmöglich ist. Und für ‘FoodMarkt‘ war klar, dass wenn ein Produkt nicht vollständig digitalisiert werden und selbst direkt mit dem System sprechen kann, auch alle Transparenzunterfangen für den Kunden abgebrochen werden können. Denn wie der IT-Leiter der Logistik ausführt:
„Dann sind wir im gleichen Modus, wie wenn wir das mit den Labels machen. Dann können wir ein Label draufdrücken – vielleicht stimmt es, vielleicht stimmt es nicht.“ (Interview 5, Anhang 3.5, 00:05:02)

Während sich auf dieser Basis bereits viele Produkte nicht in genügender Form digitalisieren und damit in eine mögliche Blockchain-Anwendung integrieren lassen, stellte sich sodann bei den digitalisierungstauglichen Produkten die Frage, wie die Konsumentinnen und Konsumenten Zugang zu den Informationen zu jedem einzelnen Produkt erhalten können. Hierzu hat sich ‘FoodMarkt‘ überlegt, dass jedes Produkt einen individualisierten QR-Code auf die Verpackung erhalten müsste, welcher dem Kunden erlauben würde, auf einer Landing-Page die entsprechenden Informationen zu einem Produkt abzurufen. Dieser Aspekt warf dann aber weitere wesentliche Fragen auf: *erstens*, ob die heutigen Verpackungsanlagen überhaupt die Fähigkeit haben, serialisierte QR-Codes effizient aufzudrucken, *zweitens*, welche Mehrkosten für die Digitalisierung der Produkte und die sichere Übermittlung, Speicherung und Aufbereitung von Daten und Informationen zu erwarten wären, und *drittens*, ob der Kunde überhaupt merken würde, ob diese Daten und Information über einen Blockchain gesichert werden.

Während die Serialisierung der Produkte noch möglich gewesen wäre, stellte ‘FoodMarkt‘ spätestens bei der Frage nach den Mehrkosten fest, dass diese sehr hoch sein würden und nicht durch eine Umsatzsteigerung dank höheren Verkaufszahlen oder Produktepreisen gerechtfertigt werden können. Und auch bei der letzten Frage war für ‘FoodMarkt‘ klar, dass von der effektiven ‘Blockchain‘ der Konsument nicht viel sehen oder spüren würde, da diese ja im Hintergrund die Daten sichert, dies aber für die meisten Konsumenten nicht nachvollziehbar und überprüfbar wäre. Selbst der damalige Produktentwicklungsleiter von Ambrosus kommt daher zum Schluss: “But it feels to me that the consumer side of blockchain and if you take the vast majority of consumers, it remains a gimmick, especially when it's about transparency and trustworthiness. Because I think you trust the brand and then you don't need the blockchain or you don't and then if they have a blockchain or not, it's not going to change that.” (Interview 7, Anhang 3.7, 00:13:37)

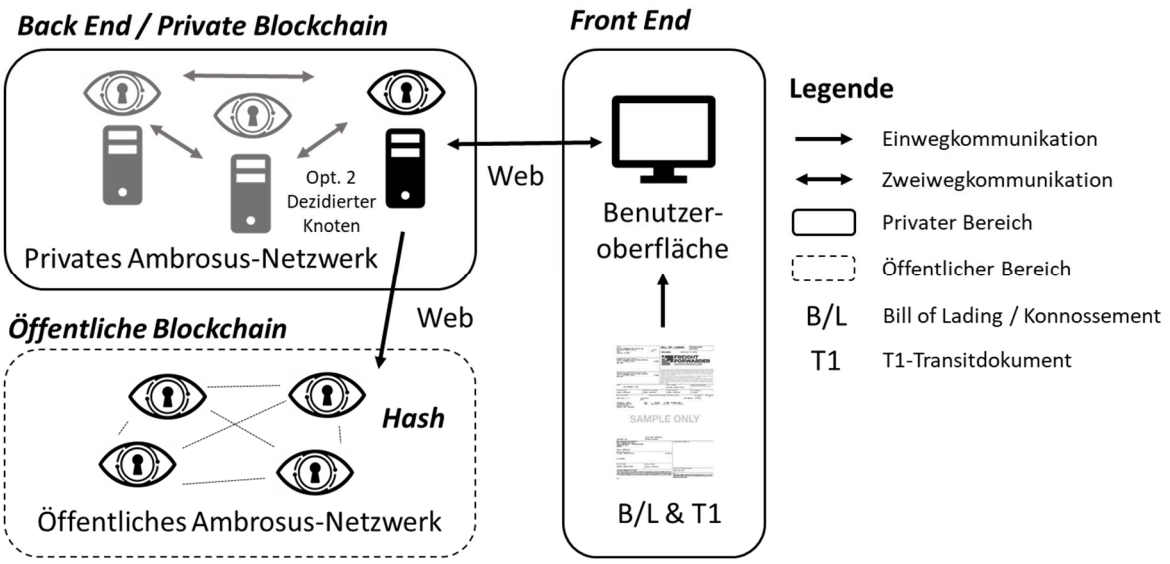

Abbildung 15: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘B/L & T1‘ von ‘FoodMarkt‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Ernüchtert durch diese Erkenntnisse, hat sich ‘FoodMarkt‘ in der weiteren Umsetzung des Blockchain-Projekts stark auf die Logistikprozesse und hierbei auf das B/L-Seefrachtdokument (B/L) und das T1-Transitdokument (T1) fokussiert. In Abbildung 15 ist das von ‘FoodMarkt‘ ausgearbeitete Konzept zu den beiden Blockchain-Anwendungen ‘B/L‘ und ‘T1‘ schematisch dargestellt. Dabei lädt der Logistikdienstleister die B/L- und T1-Informationen über eine Benutzeroberfläche direkt in die Ambrosus-Blockchain. Da die vertraulichen Informationen aus Datenschutzgründen nicht öffentlich, sondern nur für die beteiligten Parteien sowie die Zollbehörden zugänglich sein sollten und die Schweiz auf keinen Fall verlassen dürfen, hat sich ‘FoodMarkt‘ zwei Optionen überlegt: entweder den Aufbau eines eigenen privaten Ambrosus-Netzwerkes, verteilt unter den verschiedenen Industriebetrieben und regionalen Verkaufsstellen, oder die Speicherung der vertraulichen Daten auf einem dezidierten Ambrosus-Knoten in der Schweiz. In beiden Fällen würde nur der Hash der Daten auf dem öffentlichen Ambrosus-Netzwerk global verteilt werden.

Zur Evaluation der konzeptionellen Lösung für das T1 suchte ‘FoodMarkt‘ den Kontakt zu den zollamtlichen Behörden in der Schweiz, welche sich als sehr offen und interessiert an der Blockchain-Anwendung zeigten. Allerdings wurde aus den Gesprächen schnell klar, dass der Zoll keine Absicherung der Daten auf einer dezentralen und unabhängigen Blockchain einfordert, sondern grundsätzlich den Unternehmen und Zolldeklaranten vertraut. Für den Zoll reicht also ein traditionelles Informationssystem, welches dem klassischen Supply Chain

Control Tower entspricht, wenn es um die Digitalisierung der Zolldokumente geht. Da der Schweizer Zoll mit dem Transformationsprogramm DaziT[28] bis 2026 selbst eine grossangelegte Digitalisierungsinitiative vorantreibt, hat sich ‘FoodMarkt‘ entschieden, beim T1 die weitere Entwicklung abzuwarten. Damit blieb von den anfänglich fünf Anwendungsbeispielen nur noch die B/L-Blockchain-Anwendung übrig. Für diese Blockchain-Anwendung werden im Folgenden noch die Netzwerk- und Protokollebene detaillierter aufgezeigt.

2.1.3.3 Netzwerkebene

Das Ambrosus-Netzwerk bestand zur Zeit des Blockchain-Projektes von ‘FoodMarkt‘ aus ungefähr 200 Knoten, heute sind es gemäss Angaben auf der eigenen Webpage bereits über 600 Knoten[29]. Die Knoten unterscheiden sich dabei in ihrer Rolle. So gibt es in der Architektur des Ambrosus-Netzwerkes sogenannte Hermes-Knoten, welche als öffentliche Gateways (Zugangsportal) fungieren und so den Zugang auch für Nicht-Netzwerkbeteiligte ermöglichen. Die Hermes-Knoten nehmen die Daten auf und bilden aus diesen Datenpakete (sog. Bundles). Diese Datenpakete werden dann einerseits den Atlas-Knoten zur Speicherung weitergeleitet, während anderseits die Hashes der Daten zur Validierung und Aufnahme in die Ambrosus-Blockchain den Apollo-Knoten weitergeleitet werden. Für die Ausübung einer dieser drei Funktionen muss ein Knoten eine vorgegebene Anzahl an ‘Amber‘ (AMB), die Ambrosus-eigene Kryptowährung, ‘staken‘ (verpfänden).

In dieser Netzwerkarchitektur werden die Daten grundsätzlich verteilt über die Atlas-Knoten gespeichert und nur die Hashes der Daten werden effektiv auf der Blockchain unwiderruflich und unveränderbar abgespeichert. Durch diese Architektur kann Ambrosus wesentlich mehr Daten speichern als die klassischen öffentlichen Blockchains wie Ethereum oder Bitcoin. Dies macht Ambrosus speziell für Supply-Chain-Anwendungsbeispiele, in denen z.B. viele Sensordaten verarbeitet werden müssen, sehr attraktiv. Allerdings werden die Sensordaten über ein öffentliches Netzwerk von Atlas-Knoten verteilt, was gerade im Falle von ‘FoodMarkt’ keine Option war. ‘FoodMarkt’ wollte die B/L-Informationen nicht öffentlich einsehbar und schon gar nicht über den Globus verteilt haben. Dazu meinte der damalige Produktentwicklungsleiter von Ambrosus:

---

[28] https://www.bazg.admin.ch/bazg/de/home/themen/dazit.html.

[29] https://ambrosus.io/

“No blockchain gives you the assurance that storage is done in that country. If that's what you want, the data should be stored on a private server that you control or on a blockchain that is designed for that [purpose].” (Interview 7, Anhang 3.7, 00:44:45)

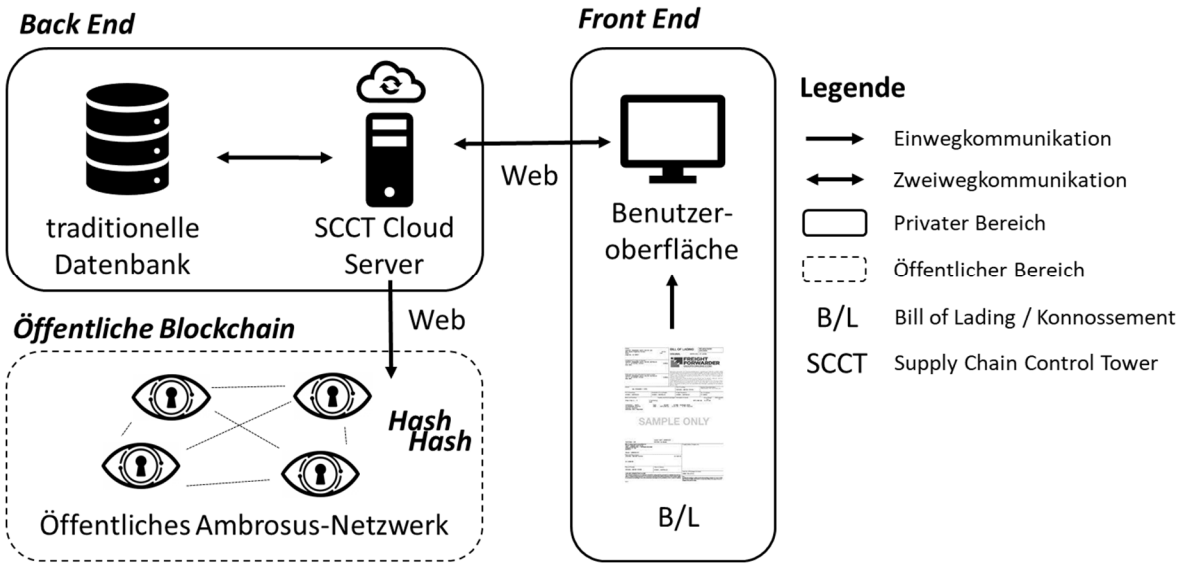

Abbildung 16: Schematische Darstellung der am Ende getesteten Blockchain-Anwendung ‘B/L‘ von ‘FoodMarkt‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Um die Daten kontrolliert speichern zu können, hatte ‘FoodMarkt’ zwei Möglichkeiten: Entweder konnte ‘FoodMarkt’ ein eigenes, privates Blockchain-Netzwerk aufbauen oder die Daten auf ihrem eigenen Server ablegen und nur ein Hash an das Ambrosus-Netzwerk übermitteln würde. Die Variante mit einem eigenen Blockchain-Netzwerk wurde zwar kurz in Erwägung gezogen, dann aber aufgrund der Komplexität von Aufbau, Betrieb und Wartung eines solchen Netzwerks wieder verworfen. Insofern wurde dann beim Test das B/L-Dokument mit den relevanten Daten von dem Logistikdienstleister in den Supply Chain Control Tower von ‘FoodMarkt’ übertragen. Der Hash von diesen Daten wurde automatisiert über einen Hermes-Knoten ans Ambrosus-Netzwerk übermittelt, wo dieser Hash sodann von einem Apollo-Validator in die Blockchain aufgenommen wurde. In Abbildung 16 ist diese am Ende von ‘FoodMarkt’ in Zusammenarbeit mit Ambrosus getestete Blockchain-Anwendung ‘B/L’ schematisch in angepasster Form nochmals dargestellt.

Mit dem Test konnte ‘FoodMarkt’ feststellen, dass die Einbindung einer Blockchain in die Logistikprozesse grundsätzlich funktioniert. Allerdings mussten beim Test weiterhin noch die physischen Original-B/L-Dokumente versandt werden. Damit effektiv auf das physische

Original-B/L im internationalen Warenverkehr hätte verzichtet werden können, hätten noch viele weitere Supply-Chain-Akteure diese neue, digitale Dokumentation akzeptieren und am Blockchain-basierten Netzwerk teilnehmen müssen. Neben den vielen kleinen und grossen Logistikdienstleistern, den Hunderten von Lieferanten, den Reedereien sowie den Hafen- und Zollbehörden müssten vor allem auch die Banken diese neuen, digitalen B/L-Dokumente akzeptieren. Denn nach Aussage des Bereichsleiters 'Internationale Transporte' bei 'FoodMarkt' sind es immer noch die Banken, welche sich von allen Supply-Chain-Akteuren am stärksten auf Papier-basierte Dokumente in ihren Geschäftsprozessen abstützen.

Gegen den Aufbau eines Supply Chain umfassenden Blockchain-basierten Netzwerkes sprach dann auch schlicht die Marktmacht von 'FoodMarkt'. Denn auch wenn es eines der grössten Schweizer Detailhandelsunternehmen ist, ist 'FoodMarkt' im internationalen Warenverkehr ein verschwindend kleiner Marktteilnehmer. So ist für den Bereichsleiter 'Internationale Transporte' klar, dass eine Blockchain-Anwendung von einem grossen Netzwerk getragen und benützt werden müsste, damit diese einen Mehrwert generieren könnte. Insofern müsste eine solche Anwendung von einem Verband oder einer neutralen Drittpartei entwickelt und unterhalten werden.

2.1.3.4 Protokollebene

Ambrosus baut auf den Protokollen von Ethereum auf, ist entsprechend Ethereum-kompatibel und unterstützt auch Smart Contracts. Dabei sind sämtliche Protokolle quelloffen, und Ambrosus legt auch einen grossen Wert auf den Austausch mit der Ambrosus-Community. Allerdings ist klar, dass die Weiterentwicklung der Protokolle und das Netzwerk ganz unter der Kontrolle des Ambrosus Core Team steht, welches wiederum durch die Ambrosus Foundation unterstützt wird. Diese doch relativ zentrale Kontrolle über die Codes und Protokolle ist allerdings von Ambrosus ein Stück weit bewusst gewählt, denn gerade Unternehmen wünschen sich doch einen eindeutigen Ansprechpartner und auch eine klare Kontrolle, wenn es um die Weiterentwicklung eines Systems geht. Oder wie es der ehemalige Produktentwicklungsleiter von Ambrosus sagt: *"They [companies] don't want token voters to say, let's make all the data public."* (Interview 7, Anhang 3.7, 00:55:57)

Dieser klare Fokus auf Supply Chains und unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse führt auch dazu, dass bei Ambrosus die Transaktionskosten bereits durch das Protokoll auf

einem sehr tiefen Niveau fixiert werden mussten. Dabei muss das Ambrosus Core Team auch immer wieder aktiv in die 'Cryptoeconomics' (Kryptoökonomie)[30] eingreifen, um die Anreize für die verschiedenen Knoten und Anwender im Netzwerk richtig zu setzen. So wurde zum Beispiel bei einem Update der 'Cryptoeconomics' von Ambrosus Anfang 2022 die Auszahlung für die Validierung eines Blocks (sog. 'Block Reward') für die Apollo-Knoten auf 14 Ambers (AMD) fixiert, während der Preis für die Blockchain-Anwender für ein Datenpaket (Bundle) von USD 25.00 auf USD 8.00 reduziert wurde (Ambrosus Ecosystem, 2022). Ein 'Bundle' im Ambrosus-Netzwerk kann dabei bis zu 16'384 Einzeltransaktionen – also zum Beispiel Sensor-Messdatenpunkte – beinhalten.

Was den Konsensmechanismus anbelangt, ist Ambrosus weg von 'Proof-of-Work' immer stärker hin zu einem 'Proof-of-Stake' gegangen. Dabei hat sich Ambrosus mit 'Proof-of-Authority' für eine Untervariante von 'Proof-of-Stake' entschieden, bei dem zwar die einzelnen Knoten je nach ihrer Rolle immer noch einen fixen Betrag 'staken' (verpfänden) müssen, allerdings dann eben auch das Verhalten (Reputation) der einzelnen Knoten für die weitere Berücksichtigung herangezogen wird. Damit soll auch vermieden werden, dass eine Zentralisierung bei gewissen 'reichen' Knoten stattfindet, welche überproportional hohe Beträge 'staken' (verpfänden) können und auch ein Übergewicht in der Entscheidungsfindung erhalten könnten.

2.1.4 Fallstudie 4: Visibilität & Digitale Dokumentation

In der vierten Fallstudie 'SeaFreight' wird eine Blockchain-Anwendung untersucht, welche im Jahr 2013 von einer der weltweit grössten Containerschiff-Reedereien in Zusammenarbeit mit einem der grössten IT-Unternehmen der Welt initialisiert wurde. Im Fokus von 'SeaFreight' steht dabei die Planung und zeitnahe Nachverfolgung der Transportwege von Seefracht-Containern sowie die Digitalisierung sämtlicher Seefrachtdokumente, welche für den Warenversand benötigt werden. In den Jahren 2016 und 2017 führte das 'SeaFreight'-Projektteam bereits erste Blockchain-basierte Pilot-Anwendungen durch und konnte schliesslich das Management der beiden Unternehmen von dem Nutzen und dem Mehrwert

[30] Der Begriff 'Kryptoökonomie' wird in unterschiedlichen Kontexten mit ganz verschiedenen Bedeutungen verwendet (vgl. dazu Voshmgir & Zargha, 2019). Gemäss Ambrosus kann es als 'Nutzung von Anreizen und Kryptographie zur Entwicklung neuartiger Systeme, Anwendungen und Netzwerke' verstanden werden.

von ‘SeaFreight’ für die globalen Supply Chains überzeugen. Mit der Unterstützung des Top-Managements konnte sodann bereits Ende 2018 eine erste kommerzielle Version von ‘SeaFreight’ den interessierten Kunden wie grössere Handels- und Logistikunternehmen angeboten werden.

Damit war ‘SeaFreight’ 2018 eine der ersten kommerziell erhältlichen und in der Praxis eingesetzten Blockchain-Anwendungen. Entsprechend stiess ‘SeaFreight’ auf ein grosses mediales Interesse und es gibt unzählige Artikel und wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Fallbeispiel. Wie bereits in Fallstudie 2 dargelegt, wird aus Anonymitätsgründen allerdings bewusst auf einen Einbezug dieser Artikel und Arbeiten verzichtet. Viele dieser Studien befassen sich auch nur sehr oberflächlich mit der in ‘SeaFreight’ umgesetzten Blockchain-Technologie und fokussieren sich auf den Kontext, die Geschäftsprozesse sowie die Plattform selbst. Dieses Phänomen wurde bereits im Kapitel zum Stand der Forschung oft beobachtet und entsprechend beschrieben. Diese Fallstudie bezieht daher ihre Informationen – wo nichts anderes angegeben wird – aus den Interviews 8 und 9, welche als Transkripte im Anhang 3.8 und 3.9 zu finden sind. Zur Wahrung der Anonymität wird die Reederei als ‘SeaLeader’ und das beteiligte IT-Unternehmen als ‘TechLeader’ bezeichnet. Das Logistikunternehmen, mit dessen Blockchain-Experte ein Interview durchgeführt wurde (Interview 9, Anhang 3.9), wird in dieser Arbeit ‘SpedLeader‘ genannt. Die Pseudonyme sollen dabei explizit darauf hinweisen, dass alle Unternehmen weltweit zu den grössten Konzernen in ihrer jeweiligen Branche zählen.

2.1.4.1 Kontextebene

Die Reederei ‘SeaLeader’ hat sich bereits seit einigen Jahrzenten mit der Digitalisierung der globalen Container-Seefracht auseinandergesetzt und dabei auch immer wieder stark mit dem IT-Unternehmen ‘TechLeader’ zusammengearbeitet. Dementsprechend war das Projekt ‘SeaFreight’ eine der ersten Blockchain-Anwendungen in der Seefracht. Die beiden Unternehmen verfolgten mit ‘SeaFreight’ das Ziel, einerseits eine ‘Shipping Information Pipeline‘ zu erstellten, über die sämtliche Events eines Containers geplant und überwacht werden können, und andererseits einen ‘Paperless Trade’ zu ermöglichen, in dem die für eine Warensendung benötigten Dokumente wie z.B. Bill of Lading, Handelsrechnung und Zertifikate nur noch digital erstellt und die Ware ‘virtuell’ begleitet wird. Der Zweck des ‘SeaFreight’-Projekts zielte dabei klar auf eine Reduktion der Kosten für das Planen und

Monitoren von Seefrachtcontainern sowie für die papierlose Verwaltung und Versendung von Originaldokumenten. Beides verursacht zurzeit bei den Unternehmen und Behörden, die an einer Seefrachtsendung beteiligt sind, sehr hohe Kosten (vgl. dazu auch Interviews 4 und 5 der Fallstudie 3).

Die beiden Weltkonzerne verfolgen mit 'SeaFreight' die Vision, eine globale Plattform zu bilden, um vorhandene Informations-Silos in den globalen Supply Chains aufzubrechen und sämtliche Beteiligten über eine einzige Plattform zu verbinden. Über diese Plattform sollten dann sämtliche Container-Eventdaten sowie Versand- und Warendokumente digital und möglichst zeitnah ausgetauscht werden können. Damit diese Informationen auch transparent und fälschungssicher übermittelt werden können, haben die beiden Unternehmen bereits früh stark auf einen Einbezug der Blockchain-Technologie bei 'SeaFreight' gesetzt. Ein anderes Argument für die Blockchain-Technologie war die Erkenntnis, dass sich die dafür nötigen Netzwerke und Plattformen in den letzten Jahren nicht aufbauen liessen, auch wenn – rein technisch gesehen – das Nachverfolgen eines Containers oder der papierlose Handel mit einer konventionellen Datenbankarchitektur möglich gewesen wäre. Es fehlte schlicht an dem Vertrauen und den gemeinsamen Interessen an einer Zusammenarbeit – und genau in diesem Punkt erhoffte man sich von der Blockchain-Technologie, dass diese „*das Vertrauen auf der technologischen Ebene zur Verfügung stellt, auf dem eine Zusammenarbeit möglich ist*" (Interview 8, Anhang 3.8, 00:30:33).

Wie genau die Blockchain bei 'SeaFreight' eingesetzt wird, soll in den folgenden Kapiteln noch ausführlich dargelegt werden. In Bezug auf den Kontext ist allerdings noch wichtig zu verstehen, dass bei 'SeaFreight' klar zwischen zwei Kategorien von Teilnehmern unterschieden wird. Für die 'Netzwerk'-Teilnehmer wie die Reedereien, die Intermodalanbieter, die Hafenterminalbetreiber sowie die Zollbehörden ist der Beitritt zur und die Nutzung von der 'SeaFreight'-Plattform kostenlos unter der Voraussetzung, dass sie jeweils die benötigten Informationen und Daten zeitnah ins System einspeisen und updaten. Die IT-Architektin bei 'TechLeader' meint dazu schlicht: „*Die Netzwerk-Teilnehmer zahlen kein Geld, die zahlen mit ihren Daten.*" (Interview 8, Anhang 3.8, 01:03:24). Anders sieht es bei den 'Kunden'-Teilnehmern von 'SeaFreight' aus, bei welchen es sich um die Grosshandelsunternehmen, Warenhausketten, Nahrungsmittelkonzerne, Finanzinstitute sowie vor allem auch Logistikunternehmen handelt. Sie können aus verschiedenen

Dienstleistungsangeboten von ‘SeaFreight’ auswählen, wobei der Zugang zu den Informationen je nach Auftragsvolumen ab einigen USD-Dollars bis maximal USD 22.00 pro Container möglich ist, während das elektronische B/L (eB/L) ab USD 15.00 bis maximal USD 25.00 pro Stück kostet.[31] Diese Angebote seitens ‘SeaFreight’ stossen allerdings gerade bei den Logistikunternehmen eher auf eine ablehnende Haltung, wie auch der Blockchain- und Digitalisierungs-Experte von ‘SpedLeader’ – eines der grössten Logistikunternehmen weltweit – bestätigt (vgl. Interview 9, Anhang 3.9). Gerade der starke Fokus auf die wenigen grossen Reedereien als Hauptbetreiber der Plattform wird dabei von den als Kunden angesehenen Logistikunternehmen eher kritisch gesehen.

Tatsächlich sind bei ‘SeaFreight’ mittlerweile sechs der weltweit zehn grössten Reedereien beteiligt und auch rein auf das Volumen bezogen könnten von ‘SeaFreight’ rund 60 Prozent der globalen Seefracht abgedeckt werden. Die Reedereien sollten dabei jeweils ihre eigenen ‘Blockchain-Kanäle’ (Channels) mit eigenen Knoten führen, damit keine vertraulichen Informationen einer Reederei gegenüber den anderen Reedereien veröffentlicht werden können. In Abbildung 17 ist dieses erste Konzept schematisch für das eB/L dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird das Konzept nun vertieft analysiert und auch mit der heute effektiv im Einsatz stehenden Blockchain-Anwendung verglichen.

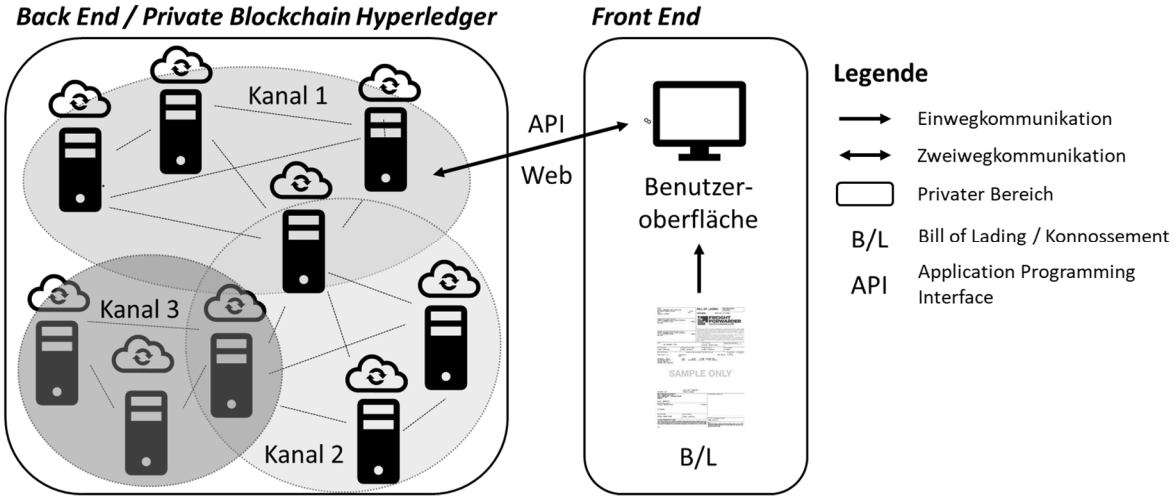

Abbildung 17: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘eB/L‘ von ‘SeaFreight‘ (Quelle: eigene Darstellung)

[31] Diese Information wurde von der Website von ‘SeaFreight‘ sowie der Verkaufsseite des ‘TechLeaders‘ bezogen. Stand: 01 April 2022.

2.1.4.2 Applikationsebene

Wie in Abbildung 17 stellvertretend für das eB/L dargestellt, interagieren sowohl die Datenlieferanten als auch die Kunden mit der 'SeaFreight'-Plattform entweder manuell über eine klassische webbasierte Benutzeroberfläche (ein sogenanntes 'User Interface') oder sie nützen die öffentliche APIs (Application Programming Interfaces) zur Anbindung der eigenen Systeme und zum automatischen Informationsaustausch. Der Zugang zur Plattform ist allerdings an rollenspezifische Berechtigungen geknüpft, welche klar darlegen, welche Rechte und Pflichten die einzelnen Teilnehmer haben. Der Zugang erfolgt entsprechend nicht anonym, sondern basiert auf einer vorgängigen Authentifizierung der Identität und Rolle, welche einem Teilnehmer beim Onboarding-Prozess seitens 'SeaFreight' zugeteilt wurde. Einmal hochgeladene Informationen und Dokumente sind nicht öffentlich zugänglich, sondern nur für all jene sichtbar, welche eine Berechtigung aufgrund ihrer Rolle und Beteiligung an einem bestimmten Containerversand haben.

Was den Prozess betrifft, so wird mit der Zuteilung eines Containers zu einem bestimmten Transportauftrag die Nachverfolgung des Containers – und damit der Sendung – in 'SeaFreight' eröffnet. Auf der Basis der Transporteinheits-Identifikationsnummer (TEID) werden anschliessend die verschiedenen Transportbeteiligten aufgrund ihrer Rolle als Berechtigte zugelassen. Die 'SeaFreight' hat dafür ein ausführliches Rollen- und Rechtekonzept entwickelt, welches über die Webpage von 'SeaFreight' öffentlich zugänglich ist. Zudem besteht ein detailliertes Modell für die gemeinsame Datennutzung, welches genau festlegt, wer wann welche Daten und Informationen liefern muss (oder allenfalls kann) und wer wann welche Daten abrufen darf. Mit der Erfassung eines Containers werden auch Sendungsinformationen wie Route und Zolltarifnummer erfasst, welche wiederum eine detaillierte Routenplanung sowie eine Anfrage für die benötigten Sendungsdokumente (z.B. Handelsrechnung, B/L, Packliste etc.) bei den Transportbeteiligten auslösen. Während des Transports können dann die effektiv gelieferten Eventdaten von den Netzwerk-Teilnehmern zu einem spezifischen Container (z.B. Ankunft, Verlade, Verzollung, Transit etc.) mit der geplanten Routenplanung abgeglichen werden. Allfällige Abweichungen wie z.B. Verspätungen können so frühzeitig erkannt und allen Beteiligten rechtzeitig mitgeteilt

werden. Hierin sieht auch die IT-Architektin von ‘TechLeader‘ den grössten Mehrwert der Applikation für die ‘SeaFreight‘-Teilnehmer:
„Die haben riesige Recherche-Abteilungen und ja, dort sind es auch dann die Effizienzsteigerung, dadurch, dass viele der Informationen, die ich manuell hätte recherchieren müssen mit Personal, in der Plattform schon vorhanden sind.“ (Interview 8, Anhang 3.8, 00:17:41)

Effizienzgewinne für alle Beteiligten stehen zurzeit noch klar im Vordergrund. ‘SeaFreight‘ plant allerdings, die Funktionalität der Plattform auf der Applikationsebene weiter auszubauen. Auf der ‘Roadmap‘ stehen dabei primär zwei mögliche Weiterentwicklungen: *Erstens* soll es in Zukunft möglich sein, direkt über die Plattform Container bei den Reedereien zu buchen, und *zweitens* will man die Plattform öffnen, sodass die ‘SeaFreight‘-Teilnehmer über die öffentlichen APIs und basierend auf den Informationen im Netzwerk in Analogie zu den offenen Applikationsmarktplätzen von Apple (‘App Store‘) oder Google (‘Google Play‘) direkt selbst Applikationen entwickeln und anbieten können. Dazu braucht es aber natürlich ein entsprechend grosses Netzwerk an Teilnehmenden, welche über eine stabile Infrastruktur miteinander interagieren.

2.1.4.3 Netzwerkebene

Aus der schematischen Darstellung der Blockchain-Anwendung von ‘SeaFreight‘ (s. Abbildung 17) wird ersichtlich, dass im Grunde die verschiedenen Netzwerk-Teilnehmer jeweils einen Knoten in einem dezentralen ‘SeaFreight’-Blockchain-Netzwerk sind. Über diesen Knoten können die Netzwerk-Teilnehmer ihre Informationen in die Blockchain unwiderruflich und manipulationssicher hochladen und dank der Transparenz auch jederzeit wieder darauf zugreifen. Die Kunden-Teilnehmer bei ‘SeaFreight’ können dabei je nach Auftragsvolumen ebenfalls einen eigenen Knoten betreiben oder aber über einen Knoten eines Supply-Chain-Partners (z.B. einer Reederei) auf die Blockchain zugreifen. Um trotzdem einen gewissen Daten- und Informationsschutz zu implementieren, bilden die Reedereien für jeden Containerversand einen eigenen Kanal (Channel), damit dann nur jene Teilnehmer auf die Daten und Dokumente zugreifen können, welche am entsprechenden Transport auch beteiligt sind.

Dies war die ursprüngliche Idee von ‘SeaFreight‘, um effektiv ein dezentrales Blockchain-Netzwerk aufzubauen. Allerdings scheiterte dieses Vorhaben schnell an der Komplexität, den technischen Möglichkeiten sowie dem Bedürfnis der ‘SeaFreight‘-Kunden nach einer einfachen Anbindung über einen ‘Managed Service‘. Entsprechend hat sich ‘SeaFreight‘ von der Idee wieder verabschiedet, dass jeder Netzwerk-Teilnehmer einen eigenen Knoten auf einem proprietären Server laufen lässt und damit die Kontrolle und Verwaltung sowie die Datenverwaltung und Speicherung dezentral über einen Blockchain läuft. Dazu meint die ‘TechLeader‘-IT-Architektin im Interview:

„Ja, es gibt viele – ich sag jetzt mal – Debatten von den Leuten, die von den traditionellen public, permission[less] Blockchains kommen, die sagen, es muss dezentral sein, da muss jeder seinen Knoten quasi selber ‘ausbrüten’. Aber es ist eine Geschäftsplattform, die jetzt nicht eine Blockchain-Ideologie abbilden soll, sondern die eben eine Dezentralität, eine Kontrolle, eine Identität, ein sicheres Transaktionsvermögen abbildet.“ (Interview 8, Anhang 3.8, 00:58:00)

Die Geschäftsplattform ‘SeaFreight‘ läuft daher zurzeit in der Cloud-Infrastruktur des ‘TechLeaders‘ und wird von diesem gemeinsam mit einer Tochtergesellschaft von ‘SeaLeader‘ weiterentwickelt und vermarktet. Ursprünglich war angedacht, dass ‘SeaFreight‘ ein Joint-Venture der beiden Grosskonzerne wird. Aufgrund von regulatorischen Hindernissen und auch wegen des Widerstands der anderen Netzwerk-Teilnehmer hat man es aber schliesslich beim ‘kollaborativen Ansatz‘ zwischen dem ‘TechLeader‘ und dem ‘SeaLeader‘ belassen. Rein rechtlich gesehen gehört ‘SeaFreight‘ dabei der Tochtergesellschaft des ‘SeaLeaders‘, und der ‘TechLeader‘ tritt als Auftragsnehmer dieser Tochtergesellschaft auf.[32] Nach aussen wird ‘SeaFreight’ aber klar als gemeinsames Projekt für die gesamte Seefracht-Supply-Chain vermarktet und zur stärkeren Verankerung dieses Community-Ansatzes soll auch ein ‘Customer Advisory Board‘ (Kundenbeirat) eingeführt werden. Dieser Kundenbeirat soll dann in einer beratenden Funktion bei der Weiterentwicklung der ‘SeaFreight‘-Plattform beigezogen werden.

[32] Entsprechende Verträge sind auf den Webseiten der ‘SeaLeader‘-Tochterfirma sowie des ‘TechLeaders‘ öffentlich zugänglich.

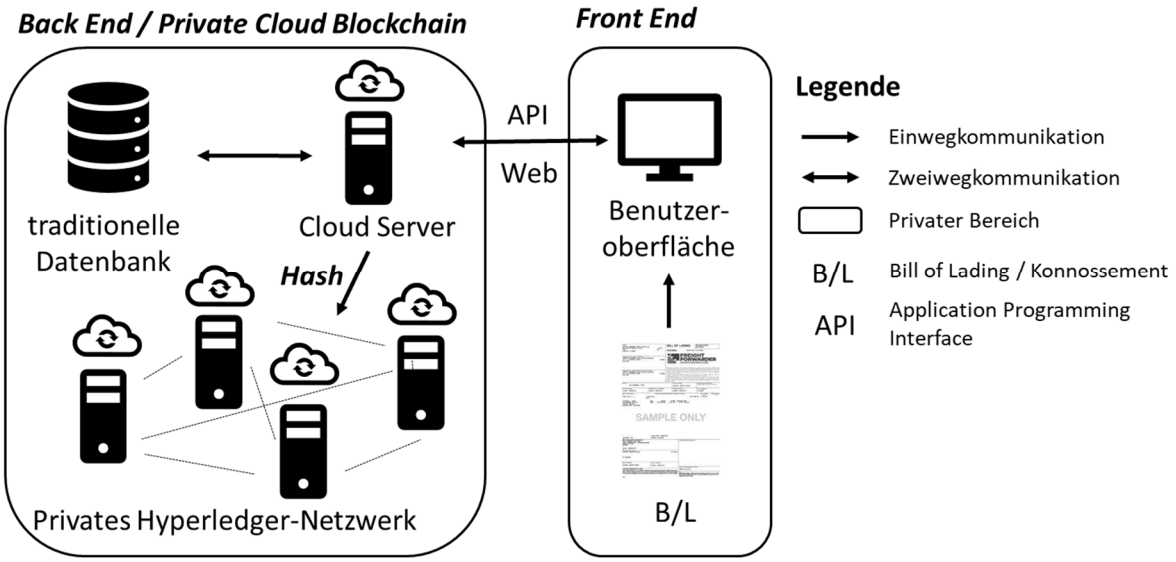

Abbildung 18: Schematische Darstellung der mit Blockchain-Technologie unterlegten Supply-Chain-Plattform ‘SeaFreight‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Im Hinblick auf die zu untersuchende Blockchain-Anwendung hatte dieser Entscheid weg von einem rein dezentralen Netzwerk hin zu einer mehr traditionellen Cloud-basierten Geschäftsplattform zur Folge, dass die Container-Eventdaten und Sendungsdokumente nicht mehr auf einer Blockchain abgespeichert werden, sondern auf den Cloud-Servern des ‘TechLeaders‘. Wie in der Abbildung 18 schematisch aufgezeigt, betreibt der ‘TechLeader‘ zwar noch eine private Blockchain (basierend auf dem Hyperledger-Fabric-Protokoll, dazu mehr im nächsten Kapitel), allerdings wird darauf auch nur noch der Hash von wichtigen Dokumenten abgelegt, um damit die Unveränderlichkeit und Rechtsgültigkeit belegen zu können. Entsprechend bezeichnet sich ‘SeaFreight‘ selbst auf der Webseite noch als ‘mit Blockchain-Technologie unterlegte Supply Chain Plattform‘, wobei im Grunde diese Absicherung durch eine Blockchain nur noch beim eB/L wirklich eine Rolle spielt. Beim eB/L wird dann neben dem Hash auch noch der jeweilige eB/L-’Besitzer‘ auf der Blockchain vermerkt, damit auch jederzeit rechtlich gesichert ist, wer im Besitz der Ware ist und wer das eB/L einem anderen Teilnehmer übergeben oder abtreten kann.

Dabei läuft dieses private Blockchain-Netzwerk grundsätzlich vollumfänglich auf der Infrastruktur des ‘TechLeaders‘ und wird von diesem administriert und gewartet. Der ‘TechLeader‘ hat also im Prinzip die volle Kontrolle nicht nur über die ‘SeaFreight‘-Plattform als solche, sondern auch über die darunterliegende Blockchain. ‘SeaFreight‘ entspricht damit im Grundsatz einer ‘Software-as-a-Service‘-Lösung und die Blockchain einem ‘Plattform-as-a-

Service‘-Angebot. Insofern müssen die Netzwerk-Teilnehmer dem ‘TechLeader‘ vertrauen oder – wie es die IT-Architektin ausdrückt –:

„Weil das Vertrauen besteht natürlich auch dahin, dass es irgendwo eine neutrale Partei gibt, die Interesse daran hat, dass die Plattform fliegt, dass es Effizienzen gibt, dass alles wunderbar funktioniert, ohne dass sie jetzt selber zum Konkurrent wird.“ (Interview 8, Anhang 3.8, 01:16:01)

2.1.4.4 Protokollebene

Den vollen Zugang zu den Knoten braucht der ‘TechLeader‘ auch, um die darauf laufenden Hyperledger-Fabric-Protokolle und Smart Contracts[33] jederzeit warten und weiterentwickeln zu können. Selbst wenn die Netzwerk-Teilnehmer ihre eigenen Knoten auf ihren eigenen Servern hätten, müsste also der ‘TechLeader‘, um seinen Verpflichtungen als technischer Bertreiber von ‘SeaFreight‘ nachzukommen, jederzeit Zugang zu den Knoten haben. Beim Hyperledger-Fabric-Protokoll handelt sich – wie bereits in der Fallstudie 2 beschrieben – um ein quelloffenes Blockchain-Protokoll, welches gerade bei Permissioned und privaten Blockchains im Kontext von Konsortiums- und Unternehmensanwendungen sehr oft zum Einsatz kommt. Das Hyperledger-Fabric-Protokoll ist dabei frei zugänglich und kann von jedem benutzt werden, um seine eigene Blockchain-Infrastruktur aufzubauen.

Allerdings gibt es bei Hyperledger Fabric keinen Support für die Implementierung der Protokolle und den Aufbau des Netzwerkes. Diese Rolle übernimmt im Fall von ‘SeaFreight‘ der ‘TechLeader‘, welcher für die Teilnehmer auch als technischer Support zur Verfügung steht. Basierend auf dem quelloffenen Hyperledger Fabric baut und verwaltet der ‘TechLeader‘ also eine Blockchain-Infrastruktur inklusive Administrationsoberfläche, Entwicklungsumgebung und diverser Erweiterungspakete (z.B. für Abstimmungen, Monitoring, Dashboards), welche er dann wiederum als ‘Plattform-as-a-Service‘ (PaaS) den interessierten Kunden anbietet. In diesem PaaS-Szenario sind dann entsprechend auch nicht mehr alle Protokolle und Programme quelloffen und öffentlich überprüfbar, sondern die

[33] Die Smart Contracts werden bei Hyperledger Fabric ‘Chain Code’ genannt. Im Prinzip handelt es sich in beiden Fallen aber einfach um Programme, die auf der Blockchain laufen und entsprechend bezeichnen sie das Gleiche.

Benützer müssen dem ‘TechLeader‘ grundsätzlich vertrauen, dass er die Sicherheit der Protokolle sauber und korrekt geprüft hat.

Der ‘TechLeader‘ übernimmt somit aus einer technischen Perspektive die volle Kontrolle über und Verantwortung für die gesamte ‘SeaFreight‘-Plattform inklusive der Blockchain-Infrastruktur, bestehend aus den Protokollen und dem Netzwerk. Rein technisch wäre es aber auf der Basis des Hyperledger-Fabric-Protokolls auch möglich, zumindest die Blockchain-Infrastruktur auf mehrere Knoten- und Cloud-Betreiber zu verteilen und zu dezentralisieren. Dies wird aber aus Gründen der Komplexität und Effizienz bei ‘SeaFreight‘ zumindest aktuell nicht gemacht.

2.1.5 Fallstudie 5: Qualitätsmanagement

Die fünfte und letzte Blockchain-Anwendungs-Fallstudie befasst sich mit der Medizintechnik-Industrie, welche die Entwicklung, Herstellung und Inverkehrbringung von medizinischen Produkten wie Prothesen, Implantaten, Herzschrittmachern oder Infusionspumpen umfasst. Ähnlich wie bei der Fallstudie 2 in Bezug auf die Arzneimittel gibt es auch in der Medizintechnik strenge regulatorische Qualitätsvorgaben, wie Medizinprodukte entwickelt, hergestellt und in den Verkehr gebracht werden müssen. Um den Nachweis der eigenen Fähigkeiten zur Erfüllung der Vorgaben zu erbringen, stützen sich die Medizintechnik-Unternehmen auf Qualitätsmanagementsysteme, welche in der Regel nach den Anforderungen der ISO-Norm 13485:2016[34] gestaltet sind. Im Fokus der regulatorischen Vorgaben stehen dabei primär die Inverkehrbringer von medizinischen Produkten, da diese grundsätzlich für die Qualität ihrer Medizinprodukte haften. Entsprechend werden deren Qualitätsmanagementsysteme zur Überwachung der gesamten Supply Chain auch von externen Zertifizierungsstellen wie dem TÜV (Technischer Überwachungsverein) oder der SQS (Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme) überprüft und abgenommen.

Um die Einhaltung der regulatorischen Vorgaben und Normen effizienter zu gestalten und den Informations- und Qualitätsdatenaustausch entlang der Supply Chain zu optimieren, haben sich im Jahr 2018 in der Schweiz vier Industriepartner sowie eine Fachhochschule zu einem

[34] https://www.iso.org/standard/59752.html

Konsortium zusammengeschlossen mit dem Ziel, eine Blockchain-basierte ‘MedTech‘-Plattform zu entwickeln. Diese Blockchain-Anwendung ‘MedTech‘ soll im Folgenden genauer erläutert werden, wobei wiederum ein spezifischer Fokus auf die verschiedenen Entwicklungsentscheide gelegt werden soll. Zur Wahrung der Anonymität aller Beteiligten werden die beiden Inverkehrbringer ‘InvOne‘ und ‘InvTwo‘, der Zulieferer ‘Supply‘, der Qualitätsmanagement-Berater ‘Consult‘ und die Fachhochschule ‘Academia‘ genannt. Die Informationen zu dieser Fallstudie stammen aus den fünf Interviews 10 bis 14, welche als Transkripte in den Anhängen 3.10 bis 3.14 zu finden sind. Im Weiteren wurden vonseiten des Konsortiums zwei Dokumente aus einer frühen Projektphase zur Verfügung gestellt, deren Inhalt allerdings in den Interviews besprochen wurde und in manchen Aspekten auch veraltet ist.

2.1.5.1 Kontextebene

Um die Qualität und Konformität von medizinischen Produkten zu garantieren, müssen die vom Hersteller definierten Vorgaben und Spezifikationen einerseits von unabhängigen Auditoren zertifiziert werden, und anderseits müssen die Inverkehrbringer von Medizinprodukten deren Einhaltung in der Herstellung auch noch Jahrzehnte später (i.d.R. 30 Jahre) jederzeit auf Anfrage nachvollziehbar und glaubwürdig belegen können. Denn wenn ein Medizinprodukt bei einem Patienten zu Komplikationen führt, müssen die Behörden es bis zum Rohmaterial zurückverfolgen können. Die Hauptverantwortung liegt dabei beim Inverkehrbringer, welcher über die gesamte Wertschöpfungskette von der eigenen Produktion über die Lieferanten, Unterlieferanten und Unter-Unterlieferanten bis hin zum Rohmateriallieferanten nachweisen muss, dass die produktspezifischen Vorgaben und Spezifikationen immer eingehalten worden sind. Entsprechend braucht es ein sehr detailliertes Qualitätsmanagementsystem, welches – wie bereits erwähnt – den Normanforderungen gemäss ISO 13485 genügen muss und von Zertifizierungsstellen wie TÜV oder SQS abgenommen wird. Die ISO 13485 ist gewissermassen das Regelwerk, in das die Unternehmen ihre Prozesse eingliedern müssen, damit sie ihre Dienstleistungen gesetzeskonform erbringen können. Der Leiter einer Geschäftseinheit von ‘Supply‘ fasst diese Situation wie folgt zusammen:

„Die Norm garantiert, dass das Gesetz eingehalten wird, aber keine zwei Firmen haben die gleiche Prozesswelt, die gleiche Dokumentationswelt. Und das ist eigentlich der Knackpunkt.

Daraus ergeben sich an den Schnittstellen gewisse Ineffizienzen.“ (Interview 11, Anhang 3.11, 00: 05:59)

Die Ineffizienzen zeigen sich dadurch, dass oft beim Lieferanten eine Warenausgangsprüfung und beim Kunden (z.B. Inverkehrbringer) eine Wareneingangsprüfung gemacht wird. Es wird also zweimal dieselbe Kontrolle vorgenommen, nur damit beide Unternehmen in der Supply Chain ihre Qualitätsmanagementvorgaben erfüllen können. Diese Redundanzen und erhöhten Kosten führen dann wiederum dazu, dass bei ‘Make-or-Buy’-Entscheidungen die Eigenproduktion aufgrund der erhöhten Transparenz und Kontrolle der Fremdproduktion im Vorteil ist. Genau hier soll die Blockchain-Anwendung ‘MedTech’ ansetzen: *einerseits*, indem die Prüf- und Dokumentationsprozesse der Teilnehmer einheitlich standardisiert werden, damit die Ergebnisse entlang der Supply Chain anerkannt und übertragbar werden, und *andererseits*, indem die relevanten Compliance-Prüfnachweise auf eine unabhängige, dezentrale und fälschungssichere Plattform hochgeladen werden, damit jede Firma die für sie relevanten Nachweise jederzeit und auch noch nach Jahrzehnten abrufen kann.

Die Standardisierung der Prüf- und Dokumentationsprozesse und die erhöhte Transparenz in der Supply Chain hätten nach der Vorstellung des ‘MedTech’-Konsortiums mehrere positive Effekte zur Folge: *Erstens* den Abbau von redundanten Prüfungsprozessen, da Prüfungsergebnisse von anderen Supply-Chain-Akteuren anerkannt werden können. *Zweitens* würden Abweichungen von den Produktspezifikationen bereits früh in der Supply Chain erkannt werden und nicht erst bei der Wareneingangsprüfung des Endproduktherstellers, was eine Reduktion der Fehlerkosten zur Folge hätte. *Drittens* könnten Lieferanten, die auf der ‘MedTech’-Plattform integriert sind, einfacher und schneller in die Supply Chain von Medizinprodukt-Herstellern integriert werden, was wiederum das Outsourcing oder Dual-Sourcing für Hersteller attraktiver machen würde. Und schliesslich hätte *viertens* die Medizintechnik-Branche durch die fälschungssichere und dezentrale Ablage der Prüfungsnachweise ein einheitliches digitales Archivierungssystem, welches gerade die wiederkehrende Auditierung vereinfachen würde.

Gestützt auf diese Überlegungen haben sich im Jahr 2018 die vier Konsortiums-Partner dazu entschlossen, zusammen mit der Fachhochschule ‘Academia’ und mit der Unterstützung der Schweizer Forschungs- und Innovationsförderung eine ‘MedTech’-Plattform, basierend auf

der Blockchain-Technologie, als Prototyp zu entwickeln. Von Beginn weg war dabei klar, dass diese Plattform auch für weitere Medizintechnik-Unternehmen offen sein sollte und der Zugang möglichst neutral und einfach sein müsste, damit auch kleinere Unternehmen sich der Plattform anschliessen können. Ein detailliertes Geschäftsmodell wurde noch nicht ausgearbeitet, aber zwei Aspekte waren bereits früh klar: *Erstens* wollen die Konsortiums-Partner selbst nicht zu Plattformbetreibern werden, da dies weder ihren Kernkompetenzen entspricht noch für die Neutralität der Plattform hilfreich wäre, und *zweitens* darf die gesamte Abwicklung eines Fertigungsauftrags über die Plattform nicht über zehn Schweizer Franken kosten, damit es in Bezug auf die Effizienzgewinne wirtschaftlich vertretbar ist.

Die Neutralität der Plattform wird gerade für den Einbezug der gesamten Medizintechnik-Branche als zwingend angesehen. Dabei zeichnet sich diese Branche dadurch aus, dass sie primär von einigen grossen Inverkehrbringern (Hersteller) geprägt wird, während die vielen kleinen Zulieferer tendenziell von dem Erfolg dieser Inverkehrbringer abhängig sind. Insofern ist klar, dass der Fokus bei der Expansion von 'MedTech' auf den Einbezug der Inverkehrbringer gelegt wird. Denn wie es der Geschäftsleiter des Zulieferers 'Supply' und Initiator von 'MedTech' sagt:
„Man muss dann zuerst die Inverkehrbringer auf diese Plattform bringen. Und die Lieferanten kommen dann freiwillig 'gezwungen'." (Interview 10, Anhang 3.10, 00:31:57).

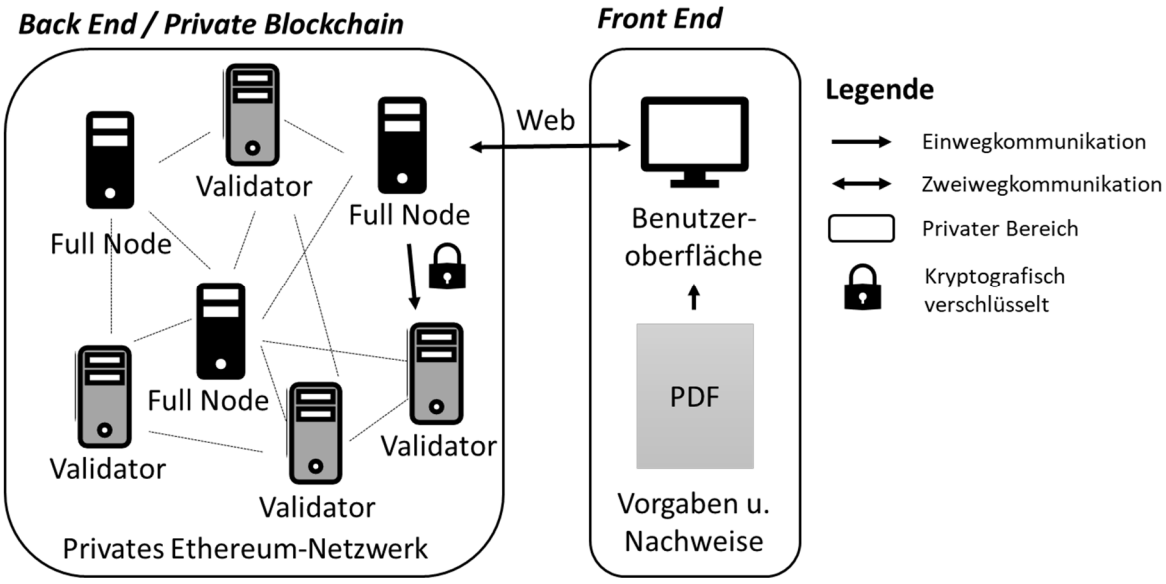

Abbildung 19: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung 'MedTech' (Quelle: eigene Darstellung)

Bei der Umsetzung des Innovationsprojekts haben sich die Konsortiums-Partner darauf geeinigt, dass sich 'MedTech' in einem ersten Schritt auf den Prozess der Erfassung und des Abrufens des Audit-Trail, also der jeweiligen Qualitätsnachweise der einzelnen Supply-Chain-Stufen, fokussieren soll. In der Abbildung 19 ist die 'MedTech'-Plattform schematisch dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird die spezifische Ausgestaltung der Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene dieser Blockchain-Anwendung detailliert ausgeführt.

2.1.5.2 Applikationsebene

Um den Prototyp einfach zu halten, wird – wie in Abbildung 19 dargestellt – in einer ersten Version über eine webbasierte Benutzeroberfläche als Schnittstelle mit der Blockchain-Anwendung interagiert. In einem weiteren Ausbauschritt können die jeweiligen ERP (Enterprise Resources Planning)-Systeme der teilnehmenden Unternehmen auch direkt über REST-Schnittstellen mit der Anwendung kommunizieren. Wie eine Anbindung an die verschiedenen ERP-Systeme ins Geschäftsmodell der 'MedTech' einfliesst, ist zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht restlos geklärt. Bei der Erstellung eines Fertigungsauftrages werden als Erstes vom Hersteller die relevanten Vorgabe- und Spezifikationsdokumente (sog. Device Master Record) über die Benutzeroberfläche als PDF-Dokumente auf einen eigenen Server hochgeladen, der als 'Full Node'[35] an der 'MedTech'-Blockchain angeschlossen ist.

In einem nächsten Schritt werden die noch im Klartext stehenden Vorgabedokumente kryptografisch verschlüsselt und dann einem Validator zur Aufnahme auf die Blockchain gesendet. Zusammen mit dem verschlüsselten Dokument wird ebenfalls mitgegeben, welche weiteren MedTech-Teilnehmer Zugang zum Dokument haben dürfen. Im Fall der Vorgabe- und Spezifikationsdokumente wäre dies in erster Linie der Lieferant, welcher dann wiederum allfällige Unterlieferanten für das Dokument freigeben könnte. Es wären aber auch noch weitere Beteiligte denkbar wie z.B. Auditoren oder Aufsichtsbehörden, sobald diese die entsprechenden Dokumente einsehen möchten.

Basierend auf diesen Vorgabedokumenten produzieren die Lieferanten und Unterlieferanten im Anschluss die entsprechenden Vorprodukte. Beim Herstellungsprozess sind die einzelnen

[35] Ein 'Full Node' ist ein Netzwerkknoten, welcher eine vollständige Kopie der gesamten Blockchain auf seinem Server speichert und diese Kopie fortlaufend mit dem Netzwerk validiert und synchronisiert.

Lieferanten und Unterlieferanten verpflichtet, vordefinierte Prozessschritte und Zwischenfertigungen auf ihre Qualität zu prüfen und diese Prüfberichte als Nachweisdokumente (sog. Device History Records) wiederum über den eigenen 'Full Node' verschlüsselt einem Validator zukommen zulassen, der diese dann mit dem nächsten Block in die Blockchain aufnimmt. Damit haben die nachfolgenden Supply-Chain-Teilnehmer unmittelbar und jederzeit Zugriff auf die Nachweisdokumente der von ihnen in Auftrag gegebenen Vorprodukte. Wie bei den Vorgabedokumenten ist auch bei den Nachweisdokumenten der Zugang über die Verschlüsselungstechnologie auf der Blockchain selbst geregelt, denn wem immer von der Blockchain ein Zugang zum Dokument gewährt wird, der erhält auch den Schlüssel zum Dokument und kann dieses damit entschlüsseln und Klartext lesen. Für alle anderen bleiben die Dokumente verschlüsselt und damit unlesbar.

Dieser Einbezug einer selektiven Transparenz über ein ausgeklügeltes Verschlüsselungs- und Zugriffsmanagement auf der Blockchain selbst ist eine innovative Lösung für die sonst von Blockchain gewährte volle Transparenz. Denn grundsätzlich haben in Blockchains alle Netzwerkteilnehmer jederzeit die volle Transparenz über sämtliche Transaktionen und die damit verbundenen Informationen. Betriebliche Vertraulichkeiten bedingen aber, dass viele Aspekte in der Medizintechnik-Supply-Chain für die nicht Einsicht-berechtigten Blockchain-Teilnehmer 'verschlüsselt' bleiben. Entsprechend gewährt die 'MedTech'-Blockchain den Zugang zu den verschlüsselten Nachweisdokumenten nur den nachfolgenden Supply-Chain-Partnern. Dieser wichtige Aspekt wird vom Leiter einer Geschäftseinheit bei 'Supply' wie folgt dargestellt:

„Das heisst, jeder Inverkehrbringer hat für seine Produkte eine vollständige Transparenz zum Lieferanten, zum Unterlieferanten und zum Unter-Unterlieferanten. Ich als Lieferant habe nur Transparenz zum Unterlieferanten und zum Unter-Unterlieferant, aber nicht zu meinem Kunden. Und der letzte, der hat überhaupt keine Transparenz." (Interview 11, Anhang 3.11, 00:15:08)

Mit dieser selektiven 'Upstream'-Transparenz erhoffen sich die 'MedTech'-Teilnehmer, dass einerseits redundante Warenausgangstests und Wareneingangstests vermieden werden können, da der Warenempfänger bereits den Warenausgangstest als genügend und gültig anerkennt. Andererseits – und wichtiger – möchten die Teilnehmer Fehler in der Produktion bereits früh in der Supply Chain erkennen, um entsprechend auch früher darauf reagieren zu

können. Die Vision bezüglich der ‘MedTech’-Anwendung geht dann auch so weit, dass die Blockchain auch autonome Datenabgleiche, Plausibilitätstests und Vorgabenüberprüfungen durchführen kann, wenn die Vorgabe- und Prüfdaten einmal digital auf der Blockchain sind, was dann den Prozess der Fehlererkennung noch effizienter und auch unmittelbarer machen würde. So weit ist das Pilotprojekt allerdings noch nicht, denn zurzeit werden immer über eine einfache webbasierte Benutzeroberfläche manuell einzelne relevante PDFs in das Blockchain-Netzwerk hochgeladen.

2.1.5.3 Netzwerkebene

Bei der ‘MedTech’-Blockchain handelt es sich um ein privates und genehmigungspflichtiges Netzwerk, für welches entsprechend nur bekannte und zugangsberechtigte Teilnehmer Lese- und Schreibrechte haben. Im Pilotprojekt gibt es dabei noch die Unterscheidung zwischen Validatoren und ‘Full Nodes’, wobei nur die Ersteren Schreib- und Leserechte haben und die Letzteren nur Leserechte. Zurzeit sind die vier Konsortiums-Teilnehmer auch die Validatoren. Neue Teilnehmer würden dann in einem ersten Schritt als ‘Full Node’ ins Netzwerk integriert, was bedeutet, dass sie zwar eine komplette Kopie der Blockchain auf dem eigenen Server haben, aber selbst nicht auf die Blockchain schreiben können. Dazu müssen sie ihre Dokumente (verschlüsselt) einem Validator zukommen lassen, der diese dann in einem nächsten Block als Transaktion integriert und auf die Blockchain schreibt.

Grundsätzlich muss in dieser Ausgestaltung des Netzwerks jeder Teilnehmer auf einem eigenen Server einen ‘Full Node’ betreiben. Dieser kann zwar grundsätzlich auch auf einem Cloud-Server bei einem IT-Dienstleister betrieben werden, doch in der Medizintechnik-Industrie ist es aufgrund der strengen Regulierungen eher üblich, dass die benötigte Software generell ‘on-premise’ auf einem eigenen ‘in-house’-Server läuft. Trotzdem haben die Konsortiums-Partner festgestellt, dass zur Skalierung des Netzwerkers auch eine Teilnahme ohne eigene Server-Infrastruktur sowie deren Unterhalt möglich sein müsste, weil die Medizintechnik-Branche sehr heterogen ist und viele sehr kleine Firmen mit 10–15 Mitarbeitenden gerade in der Zulieferung beteiligt sind. Entsprechend wird in einem weiteren Projektschritt ein sogenanntes ‘Light Node’-Konzept ausgearbeitet, bei dem eine Teilnahme auch ohne eigene Server-Installation möglich ist.

Technisch gesprochen muss ein ‘Light Node’ allerdings immer noch Programme laufen lassen, die ihn mit einem ‘Full Node’ und damit mit dem Netzwerk verbinden. Auch die Verschlüsselung müsste noch beim ‘Light Node’ vollzogen werden, da ansonsten der ‘Full Node’ Klartext-Dokumente erhalten würde. Entsprechend zieht das ‘MedTech’-Konsortium auch die Implementierung sogenannter ‘Remote Nodes’ in Betracht, wobei sich dann neue Teilnehmer bei einem bestehenden ‘Full Node’ komplett anhängen und direkt über eine Web-Schnittstelle mit diesem interagieren. Was dies konkret bedeutet, führt der IT-Spezialist und Programmierer von ‘Academia’ wie folgt aus:

„Das heisst, sie müssen der Firma, mit der sie sich verkoppeln, voll vertrauen und dies auf der Businessseite vertraglich regeln. Dafür haben sie es einfacher, ihren Knoten aufzusetzen. […]. Also sie brauchen weniger Ressourcen, dafür müssen sie jemand vertrauen. (Interview 14, Anhang 3.14, 00:05:49)

Eine andere Möglichkeit zur einfachen Skalierung, welche die Konsortiums-Partner ebenfalls evaluiert haben, wäre eine Auslagerung der Netzwerk-Infrastruktur an einen externen Technologie-Dienstleister. Die ‘MedTech’-Partner haben diese Netzwerk-Variante zusammen mit einem Schweizer Technologie-Konsortium analysiert, das eine Blockchain-Infrastruktur betreibt. Das Konsortium bietet allerdings keinen direkten Zugang auf die Blockchain, wie dies in einem klassischen ‘Blockchain-as-a-Service’-Modell der Fall wäre, sondern es stellt Dienstleistungen bereit, welche dann auf der Blockchain laufen. Die Idee wäre dann gewesen, dass eine neu gegründete ‘MedTech GmbH’ nur noch die Vermarktung der ‘MedTech’-Plattform in der Medizintechnik-Branche übernehmen würde, aber ansonsten sämtliche Dienstleistungen rund um die Plattform von dem Konsortium über die eigene Blockchain-Infrastruktur geleistet würden. Dass damit wiederum eine ‘Trusted Third Party’ installiert wird, sehen die Konsortiums-Partner zwar ebenfalls, bewerten es aber als kein Problem, wenn damit eine schnelle und sichere Skalierung des Netzwerks möglich wird. Denn gerade diese Skalierung sehen sie gefährdet, wenn sie als Medizintechnik-Unternehmen zuerst eine Blockchain-Infrastruktur entwickeln und dann noch kontinuierlich unterhalten und ausbauen müssen, zumal eine ‘MedTech GmbH’ als Betreiber von potenziellen neuen Teilnehmern als nicht unabhängig betrachtet werden könnte. Ein unabhängiges Technologie-Konsortium würde als Betreiber hingegen kaum hinterfragt.

2.1.5.4 Protokollebene

Bei dem Pilotprojekt ‘MedTech’ verwendet das Konsortium für sein privates Blockchain-Netzwerk die Ethereum-Protokolle, welche quelloffen der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Dabei hat das Projektteam an diesen Ethereum-Blockchain-Protokollen nichts geändert, sondern die Fachhochschule ‘Academia’ hat als zusätzlichen Software-Layer noch spezifische Verschlüsselungs- und Zugriffsmanagementprotokolle implementiert. Diese Zusatzprotokolle waren nötig, damit nicht alle Netzwerk-Teilnehmer sofort volle Transparenz über sämtliche Transaktionen und Dokumente haben, wie dies bei einem Ethereum-Netzwerk der Fall ist.

Wie bei Ethereum gibt es auch bei ‘MedTech’ die Validatoren, welche Transaktionen aufnehmen, validieren und dann in Blöcken in die vorlaufende Blockchain-Datenbank aufnehmen. Beim Pilotprojekt haben diese Validatoren-Rolle – welche bei Ethereum die ‘Miners’ sind – die vier Konsortiums-Partner übernommen. Die weiteren Netzwerk-Teilnehmer würden dann als ‘Full Node’ oder ‘Light Node’ am Netzwerk teilnehmen. Da es sich bei ‘MedTech’ um eine private Blockchain handelt, musste ‘Academia’ noch weitere Anpassungen auf der Protokollebene vornehmen: *Erstens* wurde als Konsensmechanismus von Open Ethereum das Proof-of-Authority-Konsensprotokoll ‘Aura‘[36] implementiert, bei dem in einer vordefinierten zeitlichen Abfolge jeder Validator jeweils genau einen Block der Blockchain anhängen kann. *Zweitens* brauchte es in einer privaten Blockchain keine Kryptowährung, da die jeweiligen Validatoren bekannt sind und entsprechend über konventionelle Verträge für ihre Leistung bezahlt werden können. Und *drittens* musste ‘Academia‘ ein Governance-Modul über Smart Contracts auf der Blockchain programmieren, damit die Aufnahme oder der Ausschluss eines Netzwerkteilnehmers vom privaten Netzwerk in einem demokratischen Mehrheitsentscheid mittels einer Abstimmung auf der Blockchain durchgeführt werden kann.

Eine Offenlegung der erweiterten Protokolle wurde zwar im ‘MedTech‘-Konsortium besprochen und von ‘Academia‘ auch empfohlen, allerdings ist ein Open-Source-Ansatz

[36] https://openethereum.github.io/Aura (abgerufen am 11.04.2022)

seitens der Industriepartner zurzeit nicht gewünscht. Dabei ist für den IT-Spezialisten von ‘Academia‘ klar:
„Weil sonst haben wir das typische Problem, dass man auch der Software vertrauen muss. Dass da keine Backdoors drin sind, die die Daten abziehen und irgendwohin schicken, bevor sie verschlüsselt werden und solche Sachen.“ (Interview 14, Anhang 3.14, 00:26:40)

Ein weiterer Punkt, der im Konsortium noch nicht restlos geklärt wurde, betrifft auch das Zurverfügungstellen sowie die Weiterentwicklung der ‘MedTech’-Software. Es scheint zwar Konsens darüber zu geben, dass dazu eine ‘MedTech GmbH’ gegründet werden müsste, doch wer genau bei dieser ‘MedTech GmbH’ dabei sein sollte und ob neue Teilnehmer der ‘MedTech’-Blockchain-Anwendung auch Teilhaber der ‘MedTech GmbH’ werden sollten, ist noch vollkommen offen. Dabei ist klar, dass eine solche ‘MedTech GmbH’ gerade wenn der Quellcode nicht offen ist, eine stark zentralistische Rolle einnehmen würde, wobei ein Wechsel auf das Blockchain-basierte Angebot des Technologie-Konsortiums eine noch stärkere Zentralisierung auf Protokollebene bei den Betreiber-Unternehmen bedeuten würde.

2.1.6 Fazit und Zwischenergebnis der Auswertung

Mit der deskriptiven Fallbeschreibung findet die erste analytische Spirale ihr Ende und leitet direkt über zur nächsten analytischen Spirale, nämlich der fallspezifischen Analyse. Im Verlauf dieser zweiten analytischen Spirale wurde das laterale und konzeptionelle Denken genutzt, um die fallspezifischen Merkmale einer Blockchain-Anwendung zu verdichten und zu kategorisieren. Wie die Bezeichnung ‘analytische Spirale’ bereits andeutet, ist dies kein linearer Prozess, sondern auf der Suche nach den relevantesten Merkmalen, welche die wesentlichen und spezifischen Eigenschaften einer Blockchain-Anwendung aus einer qualitativen Perspektive beschreiben, wurde nicht nur auf die deskriptiven Fallbeschreibungen, sondern oft auch auf die kodierten Transkripte der Experteninterviews zurückgegriffen.

Relevanteste Merkmale	Fragestellungen zur Gestaltung und Ausprägung
Nutzen & Mehrwert	Welcher Nutzen & Mehrwert soll mit der Anwendung für welche Supply-Chain-Akteure erzielt werden?
Supply-Chain-Governance-Struktur	Welche Governance-Struktur ist in der Supply Chain ausgeprägt? Wie ausgeprägt ist die Transparenz? Gibt es gesetzliche Vorschriften zur Transparenz?
Vertrauen & Vertrauensbildung	Welche Rolle spielt das Vertrauen in der Supply Chain? Für welchen Supply-Chain-Akteure wird eine Vertrauensbildung mit der Anwendung angestrebt?
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Wie sind die Nutzungs- & Teilnahmerechte auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene ausgestaltet? Spezifisch: Open-Source? 'Managed Service'?
Entscheidungsstrukturen	Wie werden Entscheidungen auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene gefällt? Wie sehen die 'off-chain'-/'on-chain'-Governance Modelle aus?
Datenerhebung & -übermittlung	Wie ist die Datenerhebung & -übermittlung ausgestaltet? Sind die Daten bereits digital vorhanden? Können Daten als vertrauensvoll gewertet werden?
Datenspeicherung	Werden Daten 'off-chain'/'on-chain' gespeichert? Wer hat Zugang zu den gespeicherten Daten? Werden Daten transparent oder verschlüsselt gespeichert?
Netzwerkeffekte & Skalierung	Basiert das Mehrwertversprechen auf einer Skalierung? Spezifisch: Netzwerkeffekte? Sind Akteure bereit zur Netzwerkteilnahme? Spezifisch: IT-Fähigkeit? Komplexität?
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Welche Grundeigenschaft der Blockchain-Technologie steht im Fokus?

Tabelle 7: Relevanteste Merkmale einer Blockchain-Anwendung (Quelle: eigene Darstellung)

Ausgehend von über 70 Codes konnten bis zum Ende der zweiten analytischen Spirale neun Kategorien gebildet werden, welche dann die neun relevantesten Merkmale einer Blockchain-Anwendung bilden. Diese sind in Tabelle 7 abgebildet. Darauf aufbauend konnte die fallspezifische Analyse in einem letzten Durchgang entlang dieser neun Merkmale konsolidiert dargestellt werden. Da dieser iterative und spiralförmige Analyseprozess in einer Forschungsarbeit nicht angemessen dargestellt werden kann, werden die neun relevantesten Merkmale an dieser Stelle bereits als Zwischenergebnis tabellarisch aufgeführt. Denn tatsächlich wurden diese Merkmale erst bei der Erarbeitung der folgenden fallstudienspezifischen Ergebnisse herausgearbeitet. Allerdings wäre es beim Lesen der ausgearbeiteten fallstudienspezifischen Ergebnisse im Nachhinein wiederum nicht nachvollziehbar, warum gerade diese neun Merkmale im Fokus stehen, wenn diese nicht vorher bereits aufgeführt wurden.

Aufgrund der Nachvollziehbarkeit und Lesefreundlichkeit werden daher an dieser Stelle bereits die relevantesten Merkmale einer Blockchain-Anwendung konsolidiert dargestellt. Aus der Tabelle 7 können jeweils auch die wichtigsten Fragestellungen zur Gestaltung und Ausprägung der einzelnen Merkmale entnommen werden. Entlang dieser Fragen werden sodann im Folgenden die fallstudienspezifischen Ergebnisse präsentiert. Zu beachten gilt es, dass die Reihenfolge dieser neun Merkmale keine Bedeutung hat und bei der Erarbeitung zufällig gewählt wurde.

2.2 Darlegung der Ergebnisse

Nach den detaillierten Fallbeschreibungen der Ergebnisse in einer deskriptiven Form im vorhergehenden Kapitel und der Darstellung der relevantesten Merkmale einer Blockchain-Anwendung werden nun zuerst die Fallstudien einzeln auf der Basis der Gestaltung und Ausprägung dieser Merkmale dargestellt und besprochen. Basierend auf dieser Einzelanalyse werden im Anschluss die Ergebnisse dieser Dissertation mittels eines qualitativen und fallstudienübergreifenden Quervergleichs der relevantesten Merkmale weiter vertieft. Dies mit dem Ziel, unter Bezugnahme auf die empiriegeleiteten Fragestellungen in Kapitel 3.2 die kontextabhängigen Voraussetzungen sowie die im engeren Sinn anwendungsabhängigen Bedingungen für den Mehrwert stiftenden Einsatz der Blockchain-Technologie qualitativ-empirisch ermitteln zu können.

2.2.1 Fallstudienspezifische Ergebnisse

2.2.1.1 Fallstudie 1: Label Management

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Vertrauensbildung Innovation Marketing	Blockchain löst Vertrauensproblem gegenüber zentralen Datenbanken; Blockchain als Security; Blockchain das nächste Sicherheitselement; Blockchain ist innovativ und bringt Aufmerksamkeit auf dem Markt
Supply-Chain-Governance-Struktur	Markt	Es gibt viele Unternehmen, die eine digitale Lösungen anbieten; Preis bestimmt den Markt
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Vertauensbildung bei Neukunden sowie bei Endkonsumenten; Fälschungen sollen verunmöglicht werden; Kontrolle der Supply Chain durch Marken; eigenes Netzwerk bräuchte zuerst Vertrauen; Vertrauen in Polygon-Blockchain vorhanden
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Applikationslösung	*Applikation* : eingeschränkt, zentral kontrolliert & verwaltet, da Blockchain nur 5-10% der Gesamtanwendung; proprietär *Infrastruktur (Netzwerk/Protokoll)* : öffentlich, dezentral kontrolliert & verwaltet durch Polygon-Netzwerk; Open-Source
Entscheidungs-strukturen	*App* : Zentral off-chain *Infra* : Dezentral on-chain	*Applikation (App)* : Zentral bei 'Hologram'; Kunden könnten direkt mit der Blockchain interagieren; Wechsel der Infra möglich *Infrastruktur (Infra)* : Open-Source unter Einbezug der Polygon-Community; Änderungen durch Polygon jederzeit möglich
Datenerhebung & -übermittlung	Automatisch	Produktionsdaten von Maschinen direkt via App auf Blockchain; 100'000 Daten innert weniger Minuten
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Die meisten Informationen aus Kostengründen ‚off-chain' auf Cloud-Server, öffentlich zugänglich zur Überprüfung; on-chain wird Hash der Informationen abgelegt
Netzwerkeffekte & Skalierung	Unproblematisch	*App* : Keine Integration der Plattform-Teilnehmer; keine Skalierung übers Netzwerk, keinen Netzwerkeffekte angestrebt *Infra:* Netzwerk besteht bereits, keine Skalierung nötig
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Transparenz Unveränderlichkeit Dezentralität	Hologram setzt stark auf Transparenz, Unveränderlichkeit, Dezentralität - Automatisierung weniger; Blockchain wird als öffentliche, dezentrale, jederzeit auditierbare und einfach zu integrierende vertrauensvolle Infrastruktur verstanden

Tabelle 8: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Label Management‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Die

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Vertrauensbildung Innovation Marketing	Blockchain löst Vertrauensproblem gegenüber zentralen Datenbanken; Blockchain als Security; Blockchain das nächste Sicherheitselement; Blockchain ist innovativ und bringt Aufmerksamkeit auf dem Markt
Supply-Chain-Governance-Struktur	Markt	Es gibt viele Unternehmen, die eine digitale Lösungen anbieten; Preis bestimmt den Markt
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Vertauensbildung bei Neukunden sowie bei Endkonsumenten; Fälschungen sollen verunmöglicht werden; Kontrolle der Supply Chain durch Marken; eigenes Netzwerk bräuchte zuerst Vertrauen; Vertrauen in Polygon-Blockchain vorhanden
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Applikationslösung	*Applikation* : eingeschränkt, zentral kontrolliert & verwaltet, da Blockchain nur 5-10% der Gesamtanwendung; proprietär *Infrastruktur (Netzwerk/Protokoll)* : öffentlich, dezentral kontrolliert & verwaltet durch Polygon-Netzwerk; Open-Source
Entscheidungs-strukturen	*App* : Zentral off-chain *Infra* : Dezentral on-chain	*Applikation (App)* : Zentral bei 'Hologram'; Kunden könnten direkt mit der Blockchain interagieren; Wechsel der Infra möglich *Infrastruktur (Infra)* : Open-Source unter Einbezug der Polygon-Community; Änderungen durch Polygon jederzeit möglich
Datenerhebung & -übermittlung	Automatisch	Produktionsdaten von Maschinen direkt via App auf Blockchain; 100'000 Daten innert weniger Minuten
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Die meisten Informationen aus Kostengründen ‚off-chain' auf Cloud-Server, öffentlich zugänglich zur Überprüfung; on-chain wird Hash der Informationen abgelegt
Netzwerkeffekte & Skalierung	Unproblematisch	*App* : Keine Integration der Plattform-Teilnehmer; keine Skalierung übers Netzwerk, keinen Netzwerkeffekte angestrebt *Infra:* Netzwerk besteht bereits, keine Skalierung nötig
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Transparenz Unveränderlichkeit Dezentralität	Hologram setzt stark auf Transparenz, Unveränderlichkeit, Dezentralität - Automatisierung weniger; Blockchain wird als öffentliche, dezentrale, jederzeit auditierbare und einfach zu integrierende vertrauensvolle Infrastruktur verstanden

Tabelle 8 zeigt konsolidiert die fallstudienspezifischen Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Label Management‘ des Unternehmens ‘Hologram‘. In Bezug auf den *Nutzen und Mehrwert* der Blockchain-Anwendung ‘Label Management‘ zeigt sich aus der Fallstudie 1, dass es dem Unternehmen ‘Hologram‘ primär um den *Aufbau von Vertrauen* im Markenschutz (‘Brand Protection‘) entlang der Supply Chain bis zum Endkunden geht. Denn ‘Hologram‘ ist sich bewusst, dass auch eine Anwendung auf einem zentralen (Cloud-)Server möglich wäre, und wie die Geschäftsleiterin meint: *„wenn es eine vertrauenswürdige Firma ist, ist es ja wahrscheinlich auch eine sichere Lösung“* (Interview 1, Anhang 3.1, 00:04:33). Mit einer Blockchain-basierten Label-Management-Plattform erhofft sich aber ‘Hologram‘, den nächsten *‘disruptiven‘ Innovationschritt* bei den holografischen Sicherheitsetiketten zu

machen und so *neue Kunden zu gewinnen*. Bei den bestehenden Kunden scheint das Angebot weniger interessant zu sein, da diese der 'Hologram' auch ohne Blockchain vertrauen. Für die Kunden von 'Hologram' – also die Markenunternehmen selbst – sollte die Blockchain-Anwendung ebenfalls eine Möglichkeit darstellen, *bei der Kundschaft Neugier zu wecken* und mit dieser über die verlinkte Landing-Page zu interagieren. Einen zusätzlichen Mehrwert – insbesondere keine Effizienzgewinne – sieht die 'Hologram' in dieser neuen Technologie aber nicht, entsprechend darf eine Blockchain-basierte Plattform ihrer Ansicht nach auch nicht mehr kosten als eine 'zentrale' Lösung.

Bei der Umsetzung setzt 'Hologram' auf eine selbstentwickelte, proprietäre Applikation, welche mit einer *öffentlichen Permissionless-Blockchain-Infrastruktur* (Polygon) interagiert. Dies entspricht nach De Rossi et al. (2019) einer *'proprietären Applikationslösung'* (vgl. Abbildung 6, S. 63). Der Blockchain-Teil *„als Hintergrund-Prozess der Sicherung*" (Interview 1, Anhang 3.1, 00:48:14) macht dabei nur ca. 5 bis 10 Prozent der gesamten Label-Management-Plattform aus. Ein *Netzwerkeffekt* unter den Teilnehmern wird mit der Plattform nicht angestrebt, da die einzelnen Kunden von 'Hologram' nicht miteinander interagieren. Der Zugang zur Applikation ist je nach Rolle unterschiedlich geregelt. So können nur *durch die 'Hologram' explizit freigeschalte Supply-Chain-Akteure mittels eines Schlüssels (Privat Key)* über die Applikation Informationen auf die Blockchain schreiben. Alle anderen, inklusive der Endkonsumenten, können über die Applikation Informationen von der Blockchain abrufen und prüfen, nicht aber schreiben. Dafür liegt dann die Blockchain-Infrastruktur selbst – also das Netzwerk und die Protokolle – ausserhalb des Einflussbereiches von 'Hologram'. Sämtliche 'Smart Contracts' sowie alle Transaktionen der Blockchain-Anwendungen sind demnach *vollständig transparent, unveränderlich und dezentral*. Es werden entsprechend nur wenige Informationen mit *„Öffentlichkeits-Charakter"* (Interview 2, Anhang 3.2, 00:30:29) 'on-chain' auf der Blockchain abgelegt, aus Kostengründen oft gar nur als Hash ('digitaler Fingerabdruck'). Die meisten Informationen bleiben *'off-chain' auf einem Cloud-Server*, wenn auch öffentlich zugänglich. Die *Übermittlung selbst erfolgt automatisch* über die Applikation, wobei es grundsätzlich auch möglich wäre, dass die Kunden der 'Hologram' direkt mit der Polygon-Blockchain interagieren und nicht über die Applikation der 'Hologram' gehen müssen.

Durch den Einsatz einer *öffentlichen Blockchain-Infrastruktur* erhofft sich die 'Hologram' mit einer innovativen Lösung Vertrauen bei Neukunden und deren Kunden zu generieren und so

den nächsten Sicherheitsstandard in einer Industrie zu setzen, welche ein *stark umkämpfter Markt* ist und weltweit von *vielen Sicherheitsetiketten-Hersteller* bedient wird. Generell werden Sicherheitsetiketten von Marken auch zur *Kontrolle der eigenen Supply Chain* eingesetzt, insbesondere der externe Auftragshersteller der eignen Markenprodukte. Der Aufbau eines eigenen Blockchain-Netzwerkes kommt dabei für 'Hologram' aus mehreren Gründen nicht infrage: *Erstens* wäre mit einem nicht-dezentralen und verteilten Netzwerk der „*Trusted-Factor wieder komplett tot*" (Interview 1, Anhang 3.1, 00:34:43), *zweitens* müsste ein 'eigenes' dezentrales Netzwerk zuerst mit viel Aufwand aufgebaut und skaliert werden, damit es vertrauenswürdig funktioniert, und *drittens* wäre die Applikation nicht mehr 'Blockchain-Agnostik', um bei technischen Veränderungen flexibel und schnell wechseln zu können. Gerade diese *einfache Integration mit einer Permissionless-Blockchain-Infrastruktur* über öffentliche Knoten wird von 'Hologram' geschätzt, weil dadurch keine wesentlichen eigenen Infrastrukturkosten entstehen.

2.2.1.2 Fallstudie 2: Supply Chain Event Management

Die konsolidiert fallstudienspezifischen Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung 'Supply Chain Event Management' des Startups 'TempSens' sind in Tabelle 9 dargestellt. Das Startup 'TempSens' entwickelte mit seiner Blockchain-basierten Temperaturüberwachung von pharmazeutischen Gütern weltweit eine der ersten Blockchain-Anwendungen, welche über eine konzeptionelle Pilotphase effektiv auch produktiv eingesetzt wurde. Die ursprüngliche Idee war dabei, dass mittels einer Blockchain die *Erfüllung regulatorischer Anforderungen* (*sog. Compliance*) nach einem *Nachweis der lückenlosen Überwachung und Einhaltung (sog. Audit Trail)* der vorgebenen Temperaturen während des Transports bei pharmazeutischen Gütern *effizienter und transparenter* erfolgen könnte.

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Compliance Audit-Trail Effizienzsteigerung	Strenge Regulation zum Nachweis der Temperaturüberwachung von pharmazeutischen Gütern; Effizienter Audit-Trail für Auditoren und Behörden
Supply-Chain-Governance-Struktur	Dominat	Dominate Hersteller und Distributoren; Logistik 'lebt' von der Intransparenz
Vertrauen & Vertrauensbildung	Irrelevant	Starke Interessenkonflikte; der Wunsch nach einer lückenlosen Überwachung ist tief; Eigeninteressen stehen im Vordergrund
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Gesamtlösung	Abgabe von Kontrolle und Informationshoheit an ein dezentrales Netzwerk nicht vorstellbar; Unternehmen wünschen sich einen 'Managed Service'; Datenschutzbedenken
Entscheidungs-strukturen	Konsortium off-chain	Vertraunswürdige Knoten; Konsortiumspartner haben volle Kontrolle über Zugangs- und Entwicklungsentscheide; Entscheide werden im Konsoritum ('off-chain') gefällt
Datenerhebung & -übermittlung	Automatisch	Sensordaten über Applikation / Schnittstelle direkt auf Konsortiums-Blockchain
Datenspeicherung	On-Chain	Speicherung sämtlicher Daten auf Konsoritums-Blockchain; kostengünstig & effizient; aber: Datenintegrität lässt sich auch zentral erreichen
Netzwerkeffekte & Skalierung	Problematisch	Kein Interesse für Netzwerkaufbau; Skalierung ist schwierig; Unternehmen sind Anwender, nicht Betreiber von solchen Systemen; Daten nicht vorhanden (Digitalisierung); es fehlt am 'Mindset'
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Unveränderlichkeit Automatisierung	Hauptargument 'Datenintegrität' (Unveränderlichkeit) und 'Automatisierung' lässt sich mit konventionellen Systemen erreichen

Tabelle 9: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Supply Chain Event Management‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Während ‘TempSens’ zuerst noch auf das öffentliche Blockchain-Netzwerk ‘Ethereum’ setzte, wurde später aufgrund von *Datenschutzbedenken* und des Wunsches nach einem *‘Managed Service’* auf eine Permissioned-Konsortiums-Blockchain (Hyperledger Fabric) gewechselt. Diese Blockchain-Anwendung entspricht nach De Rossi et al. (2019) der *‘proprietären Gesamtlösung’* (vgl. Abbildung 6, S. 63). ‘TempSens’ stellte dabei weiter fest, dass der Anspruch an Transparenz in der pharmazeutischen Supply Chain, welche von *zwei mächtigen Parteien dominiert* wird – den Medikamentenherstellern und den Distributoren – , eher tief ist. Viele Supply-Chain-Teilnehmer – allen voran die Logistiker – *„leben schlussendlich von der*

Intransparenz“ (Interview 4, Anhang 3.4, 00:17:44) und es gibt entsprechend auch starke *Eigeninteressen und Interessenkonflikte* zwischen den einzelnen Supply-Chain-Akteuren, wenn es um das Teilen von Daten und Informationen geht.

Die Konsortiums-Blockchain wurde von drei *vertrauenswürdigen Teilnehmern kontrolliert* und betrieben und Entscheide konnten auch ‘off-chain‘ im Konsortium gefällt werden. Weitere Akteure haben ohne explizite Bewilligung der Konsortiums-Partner keinen Zugang zum Netzwerk. Durch die beschränkte Anzahl der Teilnehmer und das Wegfallen von Datenschutzbedenken kann die Verarbeitung und Verwaltung von Datentransaktionen in Permissioned Blockchains auch wesentlich effizienter organisiert werden. Grundsätzlich können auch sämtliche Daten *‘on-chain‘ auf der Blockchain* abgelegt werden.

Geplant war eine Skalierung des Konsortiums mit Einbezug weiterer relevanter Supply-Chain-Akteuren. Allerdings musste ‘TempSens‘ schnell feststellen, dass die Supply-Chain-Akteure wenig Interesse hatten, ein *„Blockchain-Netzwerk zu bauen oder zu betreiben oder Smart Contracts zu reviewen“* (Interview 3, Anhang 3.3, 00:49:28). Ebenfalls stellte ‘TempSens‘ fest, dass die meisten Supply-Chain-Akteure noch nicht so weit sind, um Daten im grösseren Umfang zu teilen – einerseits, weil sie die Daten aufgrund der *fehlenden Digitalisierung* noch gar nicht haben (v.a. kleinere Unternehmen) und anderseits, weil sich das *Mindset zum Teilen von Daten* mit anderen Supply-Chain-Partnern in der Pharma Supply Chain noch entwickeln muss. Am Ende wurde daher die Blockchain-Anwendung bei ‘TempSens‘ zurückgestellt, denn solange es nur um den ‘Audit-Trail‘ und die Datenintegrität von Temperaturmessdaten geht, kann dies aus Sicht von ‘TempSens‘ auch mit konventionellen, zentralen Systemen gelöst werden.

2.2.1.3 Fallstudie 3a: Food Traceability

Bei der dritten Fallstudie ‘Food Traceability & Operational Excellence‘ können die Ergebnisse entlang der beiden beschriebenen Anwendungskategorien konsolidiert werden. Auch wenn es gerade in Bezug auf die Charakteristiken und Merkmale, welche die Netzwerk- und Protokollebene betreffen, zu einigen Überschneidungen kommt, sollen die konsolidierten Erkenntnisse hier separat aufgeführt werden. In Tabelle 10 sind die wesentlichen Aspekte der Blockchain-Anwendungen rund um ‘Food Traceability’ von ‘FoodMarkt’ abgebildet.

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Vertrauensbildung Kundenbindung Umsatzsteigerung	Stärkung des Vertrauens der Kunden in die Produkte und das Unternehmen; Erhöhung der Kundenbindung dank Transparenz und Produktinformationen; Umsatzsteigerung dank grösserem Vertrauen und Kundenbindung
Supply-Chain-Governance-Struktur	Dominat (Integriert)	Dominate Lebensmittelunternehmen; Starke Supply-Chain-Dominanz durch 'FoodMarket' im Schweizer Markt, teilweise gar starke Integration durch die eigenen Industriebetriebe
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Hauptfokus der Anwendung, aber kein Vertrauensproblem seitens der Schweizer Kunden; 'FoodMarkt' könnte Infos auf eigene Webpage laden; Blockchain für Endkonsument nicht nachvollziehbar
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Applikationslösung	*Applikation:* eingeschränkt, zentral kontrolliert & verwaltet, nur Hash auf öffentlichem, dezentralem Ambrosus-Netzwerk *Infrastruktur (Netzwerk/Protokoll):* öffentlich, dezentral kontrolliert & verwaltet durch Amborsus; Open-Source
Entscheidungs-strukturen	*App:* Zentral off-chain *Infra:* Hybird on-/off-chain	*Applikation (App):* Zentral bei 'FoodMarkt'; Partner könnten Hash auf Blockchain prüfen; Wechsel der Infra möglich *Infrastruktur (Infra):* Open-Source, aber stark durch Ambrosus Core getrieben; Änderungen kontrolliert durch Core Team
Datenerhebung & -übermittlung	Manuell	Datenerhebung und -übermittlung als grosses Problem erkannt; Regionale Supply Chain wie Kühe-Milch-Käse, mit viel Aufwand eine Automatisierung möglich; bei globalen, verarbeiteten Produkten praktisch unmöglich
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Daten müssen in der Schweiz bleiben; kein Kontrollverlust über Daten gewünscht; dezentrale und verteilte Speicherung wird von Behörden nicht gefordert; Datenschutz steht im Vordergrund
Netzwerkeffekte & Skalierung	Problematisch	Sehr hohe Komplixität, ein eigenes Netzwerk aufzubauen; Einbezug der Banken schwierig; Skalierung über Reederein, Lieferanten, Logistikdienstleister etc. sehr komplex und aufwendig
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Transparenz Unveränderlichkeit	Transparenz lässt sich mit konventionellem System erreichen; Unveränderlichkeit wird von Behörden sowie Kunden nicht gefordert (bzw. Vertrauen ist da)

Tabelle 10: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Food Traceability‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Diese konzeptionell angedachten Blockchain-Anwendungen fokussieren sich in ihrem Nutzen und Mehrwert auf die *Stärkung des Kundenvertrauens* in die Produkte und Marke. Durch eine Erhöhung der Transparenz durch gesicherte Informationen erhoffte sich ‘FoodMarkt’, die *Kundenbindung und damit den Umsatz zu steigern*. ‘FoodMarkt’ operiert dabei in einer Supply Chain, welche von *internationalen Lebensmittelkonzernen dominiert* wird. In der Schweiz ist ‘FoodMarkt’ selbst einer dieser *dominierenden Supply-Chain-Akteure*, stellenweise kann gar

von einer ‘integrierten Supply Chain’ gesprochen werden, da rund 20 Produktionsbetriebe der ‘FoodMarkt’ selbst gehören. International gehört ‘FoodMarkt’ zu einem kleinen Supply-Chain-Akteur, welchem es bei seinen Expansionsvorhaben im Ausland – wie zum Beispiel in China – kaum gelingt, sich durchzusetzen.

‘FoodMarkt’ setzte den Hauptfokus bei seinen Blockchain-Anwendungen ‘Food Traceability’ auf die Bildung und Stärkung von Vertrauen. Allerdings liegt genau darin einer der wesentlichen Gründe, warum diese Blockchain-Anwendungen nicht weiter ausgeführt und umgesetzt werden. Denn *erstens* vertrauen die Kunden bereits ‘FoodMarkt’, *zweitens* gibt es keine behördlichen Auflagen (Regulationen) zur Offenlegung der Ursprungs- und Herstellungsinformationen vom Produkt und *drittens* ist eine Datensicherung durch eine Blockchain *„für den Kunden nicht nachvollziehbar“* (Interview 5, Anhang 3.5, 00:53:57).

Auch bei der Erhebung und Übermittlung von Daten erkannte ‘FoodMarkt’ einige Probleme, da für viele Produkte diese *Daten manuell erhoben und erfasst werden* müssten, bevor sie an eine Blockchain übermittelt werden können. Und wenn eine automatische Datenerhebung und -übermittlung wie zum Beispiel in der Kuh-Milch-Käse-Supply-Chain theoretisch möglich wäre, dann wäre der *praktische Aufwand viel zu hoch*, um die Mehrkosten mit dem (nicht vorhandenen) Nutzen zu rechtfertigen – unabhängig davon, ob diese Daten dann überhaupt auf einer Blockchain verarbeitet und gespeichert werden oder nicht. Dies führte schliesslich zur Erkenntnis bei ‘FoodMarkt’, dass die benötigte *Transparenz und Unveränderlichkeit bei der ‘Food Traceability’* einfacher mittels konventioneller Informationssysteme erreicht werden kann.

Da für ‘FoodMarkt’ die Abgabe der Kontrolle über Daten und Informationen nicht infrage kam, haben sich die Projektverantwortlichen zuerst überlegt, ein eigenes Blockchain-Netzwerk aufzubauen, was dann aber aufgrund der *hohen Komplexität beim Unterhalt* und der *Schwierigkeiten bei der Skalierung* über die eigenen Unternehmen hinaus wieder verworfen wurde. Daher hat sich ‘FoodMarkt’ am Ende nach der Klassifizierung von De Rossi et al. (2019) für eine ‘*proprietäre Applikationslösung’* (vgl. Abbildung 6, S. 63) mit *einem sehr starken ‘off-chain’-Ansatz* entschieden, bei welchem sämtliche Informationen auf einem ‘eigenen’ Cloud-Server gespeichert werden und nur der Hash der Informationen öffentlich auf der Ambrosus-Blockchain zugänglich gemacht wird. Welche Charakteristiken und Merkmale diese Lösung

konkret aufweist, wird in der folgenden ‘Operational Excellence’-Blockchain-Anwendung von ‘FoodMarkt’ detailliert ausgeführt.

2.2.1.4 Fallstudie 3b: Operational Excellence

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Effizenzsteigerung Datenintegrität	Digitalisierung von Papier-basierten, zeitaufwendigen und kostenintensiven Dokumentationsprozessen; Fälschungssicher und transparente Über- und Freigabe von handels- und zollrechtlichen Dokumente
Supply-Chain-Governance-Struktur	Dominat	Seefracht wird stark durch Reedereien dominiert. 'FoodMarkt' ist ein sehr kleiner 'Player' auf dem globalen Markt
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Schaffung von Vertrauen durch Blockchain-gesicherte Dokumente; vertrauensvolle Transparenz gegenüber Zollbehörden
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Applikationslösung	*Applikation:* eingeschränkt, zentral kontrolliert & verwaltet, nur Hash auf öffentlichem, dezentralem Ambrosus-Netzwerk *Infrastruktur (Netzwerk/Protokoll):* öffentlich, dezentral kontrolliert & verwaltet durch Amborsus; Open-Source
Entscheidungs-strukturen	*App:* Zentral off-chain *Infra:* Hybird on-/off-chain	*Applikation (App):* Zentral bei 'FoodMarkt'; Partner könnten Hash auf Blockchain prüfen; Wechsel der Infra möglich *Infrastruktur (Infra*): Open-Source, aber stark durch Ambrosus Core getrieben; Änderungen kontrolliert durch Core Team
Datenerhebung & -übermittlung	Manuell	Manuelle Erstellung des B/L, Übermittlung ebenfalls manuell durch B/L-Inhaber, basierend auf Signaturen und Rechten
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Daten müssen in der Schweiz bleiben; kein Kontrollverlust über Daten gewünscht; dezentrale und verteilte Speicherung wird von Behörden nicht gefordert; Datenschutz steht im Vordergrund
Netzwerkeffekte & Skalierung	Problematisch	Sehr hohe Komplixität, ein eigenes Netzwerk aufzubauen; Einbezug der Banken schwierig; Skalierung über Reedereien, Lieferanten, Logistikdienstleister etc. sehr komplex und aufwendig
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Unveränderlichkeit Transparenz	Absicherung der handels- und zollrechtlichen Dokumente; Schaffung von Transparenz (v.a. T1) ist mit konventionellem System möglich

Tabelle 11: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Operational Excellence‘ (Quelle: eigene Darstellung)

In Tabelle 11 sind die wesentlichen Charakteristiken und Merkmale der zweiten Anwendungs-Kategorie ‘Operational Excellence’ von ‘FoodMarkt’ konsolidiert aufgeführt. Bei dieser Anwendung der Blockchain ging es ‘FoodMarkt’ durch die fälschungssichere Digitalisierung von Papier-basierten Seefracht- und Zolldokumenten primär um die *Datenintegrität und die*

Effizienzsteigerung. Im Fokus steht somit wiederum die *Schaffung von Vertrauen* dank der *Unveränderlichkeit und Transparenz der Blockchain-Technologie*. Dabei wird die Seefracht von den *globalen Reedereien dominiert*, wobei 'FoodMarkt' nur ein sehr kleiner Marktteilnehmer ist und selbst über internationale Logistikdienstleister seine Seefrachttransporte bucht und durchführt.

In Bezug auf die Zolldokumente konnte 'FoodMarkt' feststellen, dass der *Schweizer Zoll grundsätzlich vertraut* und auf keinen Blockchain-basierten digitalen Informationsaustausch besteht. Entsprechend meinte der Bereichsleiter 'Internationale Transporte' von 'FoodMarkt', dass es *„den Nutzen, den Mehrwert für den Zoll, dass jetzt da eine Blockchain dahinter ist, (…) den gibt es nicht aus meiner Sicht"* (Interview 6, Anhang 3.6, 00:32:33). 'FoodMarkt' fokussierte sich daher am Ende auf die Seefrachtdokumente, allen voran das B/L, welches im Original den Anspruch an der Ware rechtlich absichert. Wie in der 'Food Traceability'-Anwendung beschrieben, hat 'FoodMarkt' aufgrund des Anspruchs auf einen hohen Datenschutz für eine *proprietäre Applikationslösung mit starker 'off-chain'-Datenspeicherung* gesetzt. Dabei wird der *Hash des manuell erfassten B/L* auf der Ambrosus-Blockchain verteilt gespeichert und öffentlich zugänglich gemacht.

Die Blockchain-Infrastruktur von *Ambrosus kann als Permissionless Blockchain verstanden* werden, da die Nutzung und Teilnahme am Netzwerk für alle – auch anonym – möglich ist und die Protokolle grundsätzlich quelloffen zusammen mit der Community – auch wenn stark von der Ambrosus Foundation über das Core Team getrieben – entwickelt werden. Für 'FoodMarkt' stellte sich dann allerdings die Frage, wie andere Supply-Chain-Akteure wie Lieferanten, Reedereien, Logistikdienstleister und v.a. Banken davon überzeugt werden können, die 'FoodMarkt'-eigene Applikation für das B/L zu akzeptieren und zu verwenden. Dafür hätte die 'FoodMarkt' wiederum zu wenig Marktmacht in der Seefracht-Supply-Chain und darüber hinaus kommt der IT-Leiter der Logistik zum Schluss: *„Wir haben heute kein Problem, wo wir glauben, dass wir das mit Blockchain lösen können."* (Interview 5, Anhang 3.5, 01:13:47).

2.2.1.5 Fallstudie 4: Visibilität & Digitale Dokumentation

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Effizienzsteigerung Datenintegrität Datenverfügbarkeit	Konstenreduktion für Planung und Monitoring von Seefrachtcontainern; Kostenreduktion für Verwaltung und Versendung von Paper-basierten Originaldokumenten; kein Recherche-Aufwand mehr
Supply-Chain-Governance-Struktur	Dominat (Integriert)	Seefracht wird stark durch Reederein dominiert - teilweise gar integriert (Hafenterminals); IT-Industrie ebenfalls stark dominiert durch einzelne Grossunternehmen; Logistik generell ist stark fragmentiert
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Vertrauen auf technischer Ebene herstellen, welche eine Zusammenarbeit ermöglicht; IT-Unternehmen braucht technisch Zugang zu allen Knoten; Vertrauen in 'TechLeader' nötig (vorhanden), welcher als Drittpartei eine PaaS betreibt
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Gesamtlösung	Nutzung der zentral kontrollierten Applikation gegen Gebühr bzw. nur durch vorgängige Registrierung; Permissioned-Netzwerk wird von einem IT-Unternehmen betrieben, Teilnahme z.Z. nicht vorgesehen; spezifische Rollen & Rechte
Entscheidungs-strukturen	Zentral (off-chain & on-chain)	Betrieb und Entwicklung der Anwendung durch 'TechLeader' und Tochterfirma 'SeaLeader'; Community-Ansatz soll durch 'Customer Advisory Board' (in Zukunft) gestärkt werden; Kontrolle & Verantwortung liegt ganz bei 'SeaFreight'
Datenerhebung & -übermittlung	Manuell Autmomatisch	Manuelle Eingabe über Benutzeroberfläche; Einbindung der eigenen Systeme über öffentliche API; ausführliches Rollen- und Rechtekonzept zur Datenübermittlung und Dateneinsicht
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Komplexität verhindert ein dezentrales Netzwerk; Zentral bei IT-Unternehmen (Drittpartei), da Datenschutz und 'Managed Service' im Vordergrund stehen und keine Transparenz gewünscht wird; nur Hash von eB/L auf privater Blockchain
Netzwerkeffekte & Skalierung	Problematisch	Netzwerkaufbau und Skalierung der Anwendung kritisch für den Mehrwert sowie den weiteren Ausbau; erst wenn 'kritische Masse' erreicht wird, kann Nutzen generiert werden; 'App-Store', nur wenn genügend (zahlende) Teilnehmende
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Unveränderlichkeit Transparenz Automatisierung	Volle Transparenz wird nicht gewünscht; Unveränderlichkeit kann technisch anders gelöst werden (durch Vertrauen in IT-Unternehmen); Automatisierung sowieso.

Tabelle 12: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Visibilität & Digitale Dokumentation‘ (Quelle: eigene Darstellung)

In der Fallstudie 4 erhofft sich ‘SeaFreight’ – wie in der Tabelle 12 ersichtlich – dank einer *erhöhten Datenintegrität (Unveränderlichkeit) und Transparenz*, die Kosten für die Planung und das Monitoring von Seefracht-Containern zu reduzieren und die Verwaltung sowie den Versand von Papier-basierten Originaldokumenten zu digitalisieren. Beides sollte eine *Steigerung der Effizienz und Reduktion der Kosten* in der Seefracht herbeiführen. Die Seefracht zeichnet sich dabei generell durch eine starke Dominanz der wenigen globalen Reederei-

Konzerne aus, welche oft auch den Betrieb der Hafenterminals integriert haben. Bei der Blockchain-Anwendung 'SeaFreight' erhoffte sich eine der grössten Reedereien der Welt, dank dieser neuen Technologie zusammen mit einem globalen IT-Konzern *Vertrauen in die technischen Protokolle einer Plattform zu schaffen*, welche sodann die gemeinsame Zusammenarbeit und den Austausch von Daten und Informationen zwischen den einzelnen Supply-Chain-Partnern ermöglichen sollte.

Zurzeit sind sechs der zehn grössten Reedereien auf der 'SeaFreight'-Plattform aktiv dabei, allerdings bereitet die weitere *Skalierung und Expansion des Netzwerks die grössten Probleme*, da gerade viele Logistikunternehmen von 'SeaFreight' nicht überzeugt sind. Dazu meint der Blockchain- und Digitalisierungs-Experte eines der weltweit grössten Logistikunternehmens stellvertretend einerseits, dass dies *eine konventionelle Datenplattform für den Datenaustausch und keine Blockchain* sei, und kritisiert andererseits auch die *starke Zentralisierung* bei einer der grössten Reedereien und Wettbewerbern (Interview 9, Anhang 3.9, 00:02:13). Tatsächlich gestaltet sich 'SeaFreight' als eine *'Proprietäre-Gesamtlösung'* nach De Rossi et al. (2019) (vgl. Abbildung 6, S. 63), welche sich aus einer rechtlichen Perspektive durch eine *ausgesprochen starke zentrale Kontrolle sämtlicher Nutzungs- und Teilnahmerechte* bei einer Tochtergesellschaft der Reederei 'SeaLeader' auszeichnet. So ist eine Teilnahme und Nutzung der Applikation nur nach einer vorgängigen Authentifizierung und einem Onboarding durch den Auftragnehmer 'TechLeader' möglich, während eine Teilnahme und Nutzung der Blockchain-Infrastruktur – also des Netzwerkes oder der Protokolle – durch andere Unternehmen zum Beispiel in Form eines Open-Source-Ansatzes zurzeit nicht vorgesehen sind.

Zwar soll der *Community-Ansatz durch den Einbezug eines Kundenbeirats* ('Customer Advisory Board') gestärkt werden, doch gemäss Website der 'SeaFreight' ist dieser noch nicht eingesetzt und soll – wie es der Name sagt – nur 'beratend' aktiv sein, an sich aber *keine effektiven Entscheidungskompetenzen* haben. Insofern wird verständlich, dass sich die Vertrauensfrage eher in Bezug auf den involvierten Plattform-Betreiber stellt als in Bezug auf die eingesetzte Technologie selbst. Denn am Ende ist zurzeit ohnehin gerade noch *der Hash der eB/Ls auf der stark privaten* und vom 'TechLeader' allein betriebenen Blockchain abgespeichert. Dass gerade der 'TechLeader' und seine Kompetenzen in der *Seefrachts-Industrie ein grosses Vertrauen* und Ansehen als Drittpartei eines 'Managed Services'

geniessen, wird dabei generell nicht infrage gestellt. Aber der 'Single-Point-of-Failure' bleibt – oder wie es die IT-Architektin von 'TechLeader' ironisch ausdrückt:
„Wir können natürlich alle Datenzentren gleichzeitig sprengen. Ja, dann ist [SeaFreight] auch kaputt. Aber das ist nicht unser Geschäftszweck, nein." (Interview 8, Anhang 3.8, 01:15:16)

Diese starke Zentralisierung bei einem Tochterunternehmen der Reedereien sowie dem 'TechLeader' basiert dabei auf der einfachen Geschäftslogik, dass niemand für die Konkurrenz die Entwicklung einer dezentralen Plattform finanziert, welche am Ende allen gehört. Oder wie es der Blockchain- und Digitalisierungs-Experte des Logistikunternehmens ausdrückt:
„Warum sollten wir als Erste in eine Plattform investieren, die uns nicht gehört, und wir gar nicht wissen, wer am Ende den grössten Nutzen hat?" (Interview 9, Anhang 3.9, 00:17:12).

In diesem Sinne ist es auch eine Frage *der Einstellung – des Mindsets* – und der gemeinsamen Ausarbeitung der *Regeln und Strukturen (sog. Governance),* ob sich Unternehmen eine Zusammenarbeit im Rahmen eines kollaborativen Open-Source-Ansatzes vorstellen können. Dabei ist für den Experten des globalen Logistikunternehmens gerade eine *dezentrale, offene und verteilte Governance* entscheidend für den Erfolg einer Plattform in der stark fragmentierten Logistik-Industrie. Allerdings denkt er dabei eher an Blockchain-unabhängige, *off-chain-Governance-Formen für die dezentrale Zusammenarbeit (z.B. Stiftungen, Genossenschaften, GmbHs)*, welche aufgrund der Kartell-Wettbewerbsregeln wiederum Schwierigkeiten mit sich bringen können (vgl. Interview 9, Anhang 3.9, 00:34:08).

2.2.1.6 Fallstudie 5: Qualitätsmanagement

In der Fallstudie 5 will ein Konsortium von vier Medizintechnik-Unternehmen mittels einer privaten, Permissioned-Blockchain-Anwendung die *Ineffizienzen und redundanten Prüfungsprozesse zur Effizienzsteigerung* in der Supply Chain der MedTech-Branche abbauen.

In Tabelle 13 sind die wesentlichen Charakteristiken und Merkmale der 'MedTech'-Blockchain-Anwendung konsolidiert dargestellt. Die Blockchain soll dabei primär dank ihrer Unveränderlichkeit dazu beitragen, dass einerseits die Prüfnachweise unveränderbar und unmittelbar einsehbar zur Verfügung stehen, und andererseits die regulatorischen Anforderungen im Qualitätsmanagement einfacher und effizienter erfüllt werden können.

	Fazit	Argumente
Nutzen & Mehrwert	Effizienzsteigerung Datenintegrität Datenverfügbarkeit	Standardisierung von Prüf- und Dokumentationsprozessen; Abbau von Ineffizenzen und Redundanzen im Qualitätsmangement; Effizientere Einhaltung der Regulationen; Transparenz der Compliance-Prüfnachweise
Supply-Chain-Governance-Struktur	Dominat Relational	Medizintechnik-Industrie wird von den Inverkehrbringern dominiert; Lieferanten sind fragmentiert und z.T. sehr kleine Betriebe; oft bestehen langjährige Beziehungen; starke Abhängigkeiten, da Industrie sehr spezialisiert ist
Vertrauen & Vertrauensbildung	Irrelevant	Grundsätzlich wird den Lieferanten vertraut; es geht um effiziente Einhaltung der Regulationen und nicht um Schaffung von Vertrauen; ein 'Trusted Third Party' wäre kein Problem für die Industrie
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Gesamtlösung	Nutzung der Applikation nur nach vorgängier Zulassung; Zugriff auf Dokumente nur selektiv gem. vordefiniertem Rechte- und Rollenkonzept
Entscheidungs-strukturen	Hybird on-chain/off-chain	Teilnehmer interagieren als 'Full Node' direkt mit der Blockchain; Governance-Modul in Form von Smart Contracts garantiert für dezentrale Aufnahmeentscheide; kein Open-Source-Ansatz; Tendenz zur Zentralisierung bei einer 'MedTech GmbH'
Datenerhebung & -übermittlung	Manuell	Prüfberichte und Nachweise werden als PDF manuell über einen 'Full Node' hochgeladen; eine Anbindung der ERPs über REST-Schnittstellen ist angedacht
Datenspeicherung	On-Chain (Verschlüsselt)	Verschlüsselt auf der Blockchain, bei allen Full Nodes wird die gesamte Blockchain abgespeichert. Dokumente sind verschlüsselt und nur selektiv aufgrund vorgegebener Regeln für Teilnehmer einsehbar
Netzwerkeffekte & Skalierung	Problematisch	Aufbau einer Blockchain-Infrastruktur ist schwierig, komplex und aufwendig; braucht kritische Masse zur Generierung von Nutzen; Anerkennung & Skalierung in der MedTech-Branche ist ungewiss
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Unveränderlichkeit Dezentralität	Datenintegrität für Auditor/Regulationen wichtig - ansonsten klassiche Plattform-Merkmale; selektive Transparenz über ein innovatives Verschlüsselungs- und Zugriffsmanagement; Dezentralität bei Entscheidungen vorgesehen

Tabelle 13: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Qualitätsmanagement‘ (Quelle: eigene Darstellung)

Dabei soll eine ‘MedTech’-Plattform auch zu einer Standardisierung bei den Qualitätsmanagementsystemen der beteiligten Unternehmen führen und somit das Outsourcing vereinfachen. Die Medizintechnik-Industrie wird dabei dominiert von mächtigen und global tätigen Inverkehrbringern (Herstellern), während die Zulieferer sehr stark fragmentiert und zum Teil ausgesprochen kleine Unternehmen sind. Entsprechend ist auch klar, dass die Expansion und Skalierung des Netzwerks über die Inverkehrbringer erfolgen muss. Trotzdem fällt es den Inverkehrbringern oft schwer, die ‘richtigen’ Lieferanten für ein Outsourcing zu finden, und so entstehen auch langjährige, vertraglich abgesicherte und

vertrauensvolle Beziehungen, welche eher einer relationalen Supply-*Chain-Governance-Struktur* entsprechen.

Gerade diese *Netzwerkexpansion ist dabei der kritischste Aspekt* der 'MedTech'-Blockchain-Anwendung. Das 'MedTech'-Konsortium ist sich bewusst, dass die Anwendung nur erfolgreich sein kann, wenn eine '*kritische Masse' an weiteren Teilnehmern integriert* werden kann. Wie die Skalierung konkret erfolgen soll, wird dabei im Konsortium kontrovers diskutiert. Einerseits könnte dies über einen offenen, dezentralen Zugang zur Blockchain erfolgen, wobei dann die Protokolle quelloffen wohl auch vermehrt in einem Community-Ansatz entwickelt werden müssten, anderseits durch eine stärkere Zentralisierung der weiteren Entwicklung und der Vermarktung bei einer 'MedTech GmbH' und allenfalls auch unter der Verwendung eines 'Managed Service' eines Schweizer Technologie-Konsortiums. Wichtig erscheint dabei, dass 'MedTech' die Blockchain nicht primär wegen der Vertrauensbildung einsetzt, denn wie es der Qualitätsmanagement-Berater von 'Consult' ausdrückt:
„Ich würde eher sagen, dass es [Blockchain] das letzte Puzzlestein ist, das ich eigentlich nicht unbedingt für meinen Seelenfrieden brauche, sondern um den Auditor zufrieden zu stellen. Weil ich vertraue meinem Lieferanten grundsätzlich." (Interview 12, Anhang 3.12, 00:27:16)

Interessant ist sicherlich auch, dass mit der Blockchain-Anwendung nicht eine generelle Transparenz gefördert werden soll, sondern gerade diese Transparenz durch ein *innovatives Verschlüsselungs- und Zugriffsmanagement* wieder klar auf einzelne Parteien eingeschränkt wird. Die Informationen werden dabei zurzeit als PDF manuell hochgeladen und dann verschlüsselt über die Validatoren an die am Netzwerk beteiligten 'Full Nodes' verteilt. In Zukunft könnte das ERP-System der Unternehmen über REST-Schnittstellen allerdings auch direkt mit der Blockchain-Anwendung interagieren.

Zurzeit ist die 'MedTech'-Blockchain-Anwendung nach De Rossi et al. (2019) (vgl. Abbildung 6, S. 63) als 'Proprietäre-Gesamtlösung' konzipiert, bei der die vier Konsortiums-Partner sowohl off-chain als auch on-chain als Validatoren sämtliche Entscheidungen gemeinsam fällen können. Gewisse Entscheidungen sind zwar über Governance-Module als Smart Contracts auf der privaten Blockchain abgebildet. Doch diese sind nur effektiv 'dezentral', wenn auch die verschiedenen Rollen im Netzwerk wie Validatoren und 'Full Nodes' genügend dezentral über verschiedene Supply-Chain-Teilnehmer verteilt werden und wohl auch die Protokolle

quelloffen zumindest allen Anwendungs-Teilnehmern zur Verfügung gestellt werden. Diese Dezentralität ist zurzeit sicherlich (noch) nicht gegeben. Um den Zugang zum Netzwerk zu vereinfachen, wird auch noch die Möglichkeit eines 'Light Node' eingeführt, welcher allerdings für den Zugang auf einen öffentlichen 'Full Node' angewiesen ist.

2.2.2 Ergebnisse des fallstudienübergreifenden Quervergleichs

	Fallstudie 1 Label Mgmt 'Hologram'	**Fallstudie 2 SCEM 'TempSens'**	**Fallstudie 3a Traceability 'FoodMarkt'**	**Fallstudie 3b Ops Excellence 'FoodMarkt'**	**Fallstudie 4 Visability & eB/L 'SeaFreight'**	**Fallstudie 5 Qualitätsmgmt 'MedTech'**
Nutzen & Mehrwert	Vertrauensbildung Innovation Marketing	Compliance Audit-Trail Effizienzsteigerung	Vertrauensbildung Kundenbindung Umsatzsteigerung	Effizienzsteigerung Datenintegrität	Effizienzsteigerung Datenintegrität Datenverfügbarkeit	Effizienzsteigerung Datenintegrität Datenverfügbarkeit
Supply-Chain-Governance-Struktur	Markt	Dominat	Dominat (Integriert)	Dominat	Dominat (Integriert)	Dominat Relational
Vertrauen & Vertrauensbildung	Relevant	Irrelevant	Relevant	Relevant	Relevant	Irrelevant
Nutzungs- & Teilnahmerechte	Proprietäre-Applikationslösung	Proprietäre-Gesamtlösung	Proprietäre-Applikationslösung	Proprietäre-Applikationslösung	Proprietäre-Gesamtlösung	Proprietäre-Gesamtlösung
Entscheidungs-strukturen	App: Zentral off-chain Infra: Dezentral on-chain	Konsortium off-chain	App: Zentral off-chain Infra: Hybird on-/off-chain	App: Zentral off-chain Infra: Hybird on-/off-chain	Zentral (off-chain & on-chain)	Hybird on-chain/off-chain
Datenerhebung & -übermittlung	Automatisch	Automatisch	Manuell	Manuell	Manuell Autmomatisch	Manuell
Datenspeicherung	Off-Chain (On-Chain: Hash)	On-Chain	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Off-Chain (On-Chain: Hash)	Off-Chain (On-Chain: Hash)	On-Chain (Verschlüsselt)
Netzwerkeffekte & Skalierung	Unproblematisch	Problematisch	Problematisch	Problematisch	Problematisch	Problematisch
Grundeigenschaften Blockchain-Technologie	Transparenz Unveränderlichkeit Dezentralität	Unveränderlichkeit Automatisierung	Transparenz Unveränderlichkeit	Unveränderlichkeit Transparenz	Unveränderlichkeit Transparenz Automatisierung	Unveränderlichkeit Dezentralität

Tabelle 14: Konsolidierte Charakteristiken und Merkmale der sechs Blockchain-Anwendungs-Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung)

In einem direkten Quervergleich der mittlerweile sechs Blockchain-Anwendungs-Fallstudien können nochmals einige Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Ausgestaltungsform der Anwendungen herausgestellt werden. Der Fokus soll dabei wiederum auf den im vorherigen Kapitel (vgl. 2.1, S. 106) ausgearbeiteten relevantesten Merkmale einer Blockchain-Anwendung liegen, welche in Tabelle 14 konsolidiert dargestellt sind. Die Darlegung der Ergebnisse dieses fallstudienübergreifenden Quervergleichs soll dabei wiederum entlang der vier Ebenen Kontext, Applikation, Netzwerk und Protokolle erfolgen, um damit auch explizit

den Bezug zu den empiriegeleiteten Fragestellungen sowie dem konzeptionellen Modell einer Blockchain-Anwendung zu schaffen, welches im Rahmen dieser Dissertation in Kapitel 2.3.2 (Teil II, S. 61) entwickelt wurde.

2.2.2.1 Kontextebene

In Zusammenhang mit der Kontextebene wird ersichtlich, dass die meisten der untersuchten Blockchain-Anwendungs-Fallstudien in einem Supply-Chain-Umfeld entwickelt werden, welches sich durch eine dominante oder gar integrierte Supply-Chain-Governance-Struktur beschreiben lässt. Fallstudie 5 'Qualitätsmanagement' kann allenfalls durch die sehr spezifischen Anforderungen auch als relationale Supply-Chain-Governance-Struktur verstanden werden, dennoch bleiben die Inverkehrbringer die dominanten Partner in der Supply Chain. Die Fallstudie 1 'Label Management' hebt sich mit ihrer marktbasierten Supply-Chain-Governance-Struktur deutlich von den anderen Fallstudien ab.

Interessant ist dabei auch der Aspekt, dass Fallstudie 1 die einzige Blockchain-Anwendung ist, welche sich als Einzellösung bei potenziellen Kunden und Anwendern vermarkten lässt und nicht erst aufgrund von Netzwerkeffekten und einer Skalierung den angestrebten Mehrwert schaffen kann. Entsprechend ist die Blockchain-Anwendung 'Label Management' die einzige, welche nicht auf eine explizite Skalierung der Anwendung mittels einer Integration vieler Supply-Chain-Akteure angewiesen ist. Gerade diese Skalierung des Netzwerkes, die Integration vieler Supply-Chain-Partner sowie die Notwendigkeit, eine 'kritische Masse' bei den Teilnehmern zu erreichen, um über Netzwerkeffekte den Nutzen und Mehrwert der Blockchain-Anwendung zu erzielen, macht einen Erfolg für die meisten Fallbeispiele schwierig (Fallbeispiel 4 & 5) bis unmöglich (Fallbeispiel 2 & 3).

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse im Quervergleich der Blockchain-Anwendungen auch deutlich, dass das vorhandene Vertrauen sowie das Streben nach Transparenz in einer Supply Chain sehr unterschiedlich ausgestaltet sein können. So ist die Vertrauensbildung zum Beispiel in Fallstudie 2 'Supply Chain Event Management' und 5 'Qualitätsmanagement' für die Blockchain-Anwendung von Beginn weg nicht relevant, da man grundsätzlich den gelieferten Daten und Informationen vertraut. Allerdings wollen die Unternehmen in beiden Fallstudien keine bzw. nur eine selektive durch die Regulationen geforderte Transparenz schaffen, da

viele Supply-Chain-Teilnehmer bei einer vollen Transparenz geschäftliche Nachteile erleiden würden.

Auch mit Blick auf die Fallstudien 3b ‘Ops Excellence’ und 4 ‘Visibilität & eB/L’ lässt sich sodann feststellen, dass Transparenz über eine Blockchain-Anwendung nur so weit geschaffen wird, wie es die Regulationen oder Zoll- und Handelsvorschriften fordern. Auch die Fallstudie 3a ‘Traceability’ zeigt diesbezüglich deutlich, dass Transparenz grundsätzlich nur so weit geliefert wird, wie es einerseits technisch möglich ist und anderseits von den Kunden und Behörden gefordert wird. Wenn also die Kunden einem einfachen Label auf der Packung vertrauen und sich auch die Behörden mit dieser Transparenz bei Lebensmitteln begnügen, bringt auch eine erhöhte und oft technisch kostspielige Transparenz keinen effektiven Mehrwert mehr. Auch darüber hinaus kann in dieser Fallstudie 3a die Blockchain-Technologie zu keinem erhöhten Vertrauen beitragen, da das Vertrauen der Kunden gegenüber den Produkten des Lebensmittelkonzerns grundsätzlich – zumindest in der Schweiz – bereits in hohem Masse vorhanden ist.

Auch in Fallstudie 1 ‘Label Management’ wird mit der Schaffung von Vertrauen für die Anwendung der Blockchain-Technologie argumentiert. Allerdings zeigt sich, dass diese Anwendung im Vergleich zu den anderen in einem ausgesprochen vertrauenslosen und fälschungsanfälligen Supply-Chain-Kontext eingesetzt wird – vergleichbar mit den Banknoten. Dabei wird die Blockchain-Anwendung nur als ein weiteres, neues und innovatives Sicherheitselement in einer ganzen Reihe von bereits im Einsatz stehenden Sicherheitselementen verstanden, welche eine Fälschung schwieriger bis unmöglich machen sollten. Das ist ein Aspekt, der in der folgenden Darlegung der Applikationsebene noch vertieft behandelt werden soll.

2.2.2.2 Applikationsebene

Bei allen fünf untersuchten Blockchain-Anwendungen wird die Applikation und somit der Zugang zur Blockchain-Anwendung grundsätzlich proprietär entwickelt und verwaltet. Dies zeigt sich auch an den Nutzungs- und Teilnahmerechten der Anwendungen, welche bei allen über eine Authentifizierung und damit über die zentrale Registrierung und Vergabe von Zugangsschlüsseln geregelt ist. Einzig die wenigen Daten, welche auf einem öffentlichen Blockchain-Netzwerk oder einer öffentlich zugänglichen Landing-Page gespeichert werden –

wie in Fallstudie 1 ‘Label Management’ oder in Fallstudie 3 ‘Food Traceability & Operational Excellence’ –, können auch ohne vorgängige Authentifizierung und grundsätzlich anonym von einer breiten Öffentlichkeit gelesen werden.
Wenn es um den Nutzen und Mehrwert geht, welcher hauptsächlich mittels der Applikationen erzeugt wird, so geht es bei vier der sechs untersuchten Blockchain-Anwendungen (Fallstudie 2, 3b, 4 und 5) grundsätzlich um die Erhöhung der Datenintegrität und Datenverfügbarkeit sowie letztlich um die Effizienzsteigerung in der Supply Chain. Diese angestrebte Effizienzsteigerung verträgt sich allerdings nur bedingt mit der gesteigerten Komplexität und den Mehrkosten, die ein dezentral verwaltetes und verteiltes Informationssystem wie eine Blockchain mit sich bringt. Viele Unternehmen wünschen sich dabei grundsätzlich einen kostengünstigen ‘Managed Service’, was dann wiederum dazu führt, dass der Einbezug der Blockchain auf ein Minimum reduziert wird (z.B. nur Hash in Fallstudie 1, 3a/b, 4) oder schliesslich ganz darauf verzichtet wird (z.B. Fallstudie 2: ‘SCEM’). Dies vor allem deshalb, da gerade Datenintegrität, Datenverfügbarkeit und Effizienzsteigerung mit konventionellen Plattformen, basierend auf traditionellen Datenbank-Technologien, einfacher, schneller und günstiger erreicht werden können.

Der Versuch, über die Blockchain-Technologie die Vertrauensbildung bei den Kunden und damit die Kundenbindung und den Umsatz zu stärken, ist, wie in Fallstudie 3a von ‘FoodMarkt’ aufgezeigt, zwar theoretisch nachvollziehbar, in der Praxis aber in dieser Form kaum zu erreichen. Interessant ist deshalb gerade auch die Fallstudie 1 ‘Label Management’, in der sich ‘Hologram’ ebenfalls das Ziel gesetzt hat, die Vertrauensbildung mit ihrer Blockchain-Anwendung in der Supply Chain zu stärken. Die ‘Hologram’ ist sich aber bewusst, dass der Einsatz der Blockchain-Technologie nur vernachlässigbare Kosten verursachen darf, wenn die Anwendung erfolgreich sein soll. Die Blockchain-Technologie ist in dieser Anwendung entsprechend auch ‘nur’ ein weiteres Sicherheitselement für ein innovatives Produkt mit dem Ziel, nicht nur das Markenprodukt fälschungssicherer und vertrauensvoller zu machen, sondern auch die ‘Hologram’ selbst als innovatives Unternehmen auf dem Markt zu positionieren.

Dieser eher marketingspezifische Aspekt von Blockchain kann dabei auch bei anderen Fallstudien eruiert werden. So meint auch ‘TempSens’ (Fallstudie 2), dass ihm die frühe Anwendung von Blockchain sicherlich in der Anfangsphase als Startup geholfen hat, das

Interesse bei potenziellen Kunden zu wecken (vgl. Interview 3, Anhang 3.3, 00:22:04). Und auch bei der Blockchain-Anwendung 'SeaFreight' (Fallstudie 4) ist der Aspekt des gelungenen 'Blockchain-Marketings' nicht ganz von der Hand zu weisen (vgl. Interview 9, Anhang 3.9, 00:46:09). Demgegenüber stehen allerdings die Aussagen von 'FoodMarkt', welche auch wegen allfälligen negativen Marketing-Auswirkungen des 'Blockchain-Hypes' die Blockchain-Projekte wieder gestoppt hat (vgl. Interview 5, Anhang 3.5, 00:05:02; Interview 6, Anhang 3.6, 00:28:38; Interview 7, Anhang 3.7, 01:03:41).

2.2.2.3 Netzwerkebene

Wie bereits für die Fallstudie 1 'Label Management' kurz erwähnt, zeigt sich, dass die effektive Blockchain-Infrastruktur bei den untersuchten Blockchain-Anwendungen generell nur einen (verschwindend) kleinen Teil der Gesamtlösung ausmacht. Interessant ist dabei die Beobachtung, dass bei den meisten Fallstudien im Verlaufe der Entwicklung der Anwendung die Blockchain-Infrastruktur aufgrund ihrer hohen Kosten und Komplexität immer weiter in den Hintergrund gedrängt wurde, bis die Blockchain-Technologie nur noch einen kleinen Beitrag zur Gesamtlösung leistete (z.B. nur noch Abspeicherung des Hashs in Fallstudie 4) oder gar ganz aus der Anwendung verschwand (z.B. Fallstudie 2).

Generell werden dabei bei allen untersuchten Anwendungen die automatisch über Schnittstellen oder manuell über eine proprietäre Benutzeroberfläche ('User Interface') übermittelten Daten zuerst einmal auf einen zentral verwalteten (Cloud)-Server übermittelt. Dieser (Cloud-)Server wird dabei in der Regel bereits von dem Unternehmen verwaltet, welches die gesamte Anwendung entwickelt und vermarktet (z.B. 'Hologram' oder 'SeaFreight'), oder alternativ kann der (Cloud-)Server auch in der zentralen Verwaltung des einzelnen Netzwerkteilnehmers liegen (z.B. Fallstudie 2 'SCEM' oder Fallstudie 5 'Qualitätsmanagement'). Dies bedeutet aber wiederum, dass die einzelnen Unternehmen entweder dem externen Server-Betreiber im Sinne einer 'Drittpartei' vertrauen oder als Netzwerkteilnehmer einen vollständigen Blockchain-Knoten ('Full Node') betreiben müssen, damit die Daten im Anschluss (allenfalls verschlüsselt) auf die Blockchain gelangen.

Auf diesen zentralen (Cloud-)Server werden sodann aus Effizienzgründen (praktisch) sämtliche Daten zentral und in traditionellen Datenbanksystemen abgespeichert. Eine Ausnahme bilden hier die beiden Konsortiums-Blockchains aus Fallstudie 2 'SCEM' und Fallstudie 5

‘Qualitätsmanagement’. Aufgrund der wenigen beteiligten Knoten (3 resp. 4) – welche auch alle von bekannten Teilnehmern betrieben werden – ist es möglich, sämtliche Daten über das Netzwerk zu verteilen, ohne gleich hohe Speicherkosten zu generieren. Wie in Fallstudie 5 können die Informationen zum Datenschutz auch verschlüsselt und so die Leserechte und Transparenz klar eingegrenzt werden. Allerdings haben beide Konsortien feststellen müssen, dass das Betreiben eines eigenen Knotens – auch wenn technisch nicht allzu aufwendig – für viele (kleinere) Supply-Chain-Akteure nicht infrage kommt und diese grundsätzlich einen ‘Managed Service’ bevorzugen. Insofern ist der Wunsch nach einer aktiven Teilnahme an einem Blockchain-Netzwerk bei vielen Unternehmen wenig ausgeprägt, denn selbst bei den Konsortiums-Partnern von ‘MedTech’ (Fallstudie 5) scheinen einige Teilnehmer tendenziell einen ‘Managed Service’ durch IT-Unternehmen dem Aufbau und Unterhalt eines eigenen Blockchain-Netzwerks zu bevorzugen.

Neben den beiden Konsortiums-Blockchains aus Fallstudie 2 und 5 setzt auch ‘SeaFreight’ klar auf eine private Blockchain-Infrastruktur. Während all diese Permissioned-, privaten Blockchain-Netzwerke den Zugang zum Netzwerk deutlich einschränken, können in den drei Fallstudien doch klare Unterschiede festgestellt werden. Denn während z.B. das ‘SeaFreight’-Netzwerk vollständig vom ‘TechLeader’ im Auftrag des Tochterunternehmens der Reederei ‘SeaLeader’ kontrolliert wird, gibt es auf der ‘MedTech’-Blockchain bereits ein vorprogrammiertes Governance-Modul, welches die Aufnahme von neuen Netzwerkmitgliedern an einen Smart-Contract-basierten, autonomen, demokratischen Abstimmungsprozess auf der Blockchain delegiert. Insofern können auch bei privaten Netzwerken Entscheidungsrechte ‘dezentralisiert’ und an die Teilnehmer des Netzwerks verteilt werden. Damit dieser Prozess auch in der Praxis dezentral funktioniert, muss natürlich auch das Netzwerk aus einer genügend grossen Anzahl unabhängiger Teilnehmer bestehen (‘kritische Masse’).

Auf eine vollständig dezentralisierte und verteilte Blockchain-Infrastruktur setzten bei ihrer Blockchain-Anwendung nur ‘Hologram’ (Fallstudie 1) und ‘FoodMarkt’ (Fallstudie 3). Damit entgehen beide Blockchain-Anwendungen dem kostspieligen und komplexen Aufbau und Unterhalt eines eigenen Netzwerks, haben dafür aber keine Kontrolle über das Netzwerk sowie über die Verteilung und Veröffentlichung der eigenen Daten auf der Blockchain. Aus Datenschutzgründen werden daher nur Daten mit ‘Öffentlichkeits-Charakter’ (Fallstudie 1)

oder nur die Hashs (Fallstudie 3) von Daten auf die öffentlichen Blockchains gelegt. Sämtliche weiteren Funktionen sowie der Zugang selbst können dank der proprietären Applikation jederzeit kontrolliert und verweigert werden.

2.2.2.4 Protokollebene

Bei den fünf Blockchain-Anwendungen zeigt sich, dass Hyperledger Fabric (Fallstudie 2 und 4) sowie Ethereum (Fallstudie 5) die klassischen Blockchain-Protokolle sind, und selbst Polygon (Fallstudie 1) wie auch Ambrosus (Fallstudie 3) bauen auf den Ethereum-Protokollen auf. In allen Anwendungen haben die Protokolle allerdings spezifische Anpassungen vorgenommen, welche vor allem auch den Konsensus-Mechanismus betreffen. So verwenden die in den Fallstudien eingesetzten Blockchain-Netzwerke nicht mehr den ursprünglichen, von Satoshi Nakamoto (2008) vorgeschlagenen kostenintensiven Proof-of-Work-Konsensus, sondern setzen auf effizientere Mechanismen wie (delegated) Proof-of-Stake, Proof-of-Authority oder PBFT.

Den grössten Unterschied ergibt sich bei den Fallstudien aber in Bezug auf die Organisation der Entwicklung und Veröffentlichung der Protokolle. So zeigt sich deutlich, dass bei den Permissioned-, privaten Blockchain-Netzwerken (Fallstudie 2, 4 und 5) eine starke Tendenz zum traditionellen Eigentumsanspruch auf die Protokolle der Blockchain-Anwendungen besteht. Die Unternehmen und Konsortien behalten dabei die Kontrolle über die Protokolle einerseits, indem sie die Entwicklung stark über eigene Mitarbeiter steuern, und andererseits, indem sie den Quellcode der Protokolle auch nicht quelloffen der Öffentlichkeit frei zur Verfügung stellen. Bei den Unternehmen besteht grundsätzlich ein starkes Bedürfnis, die eigenen Investitionen und Entwicklungen zu schützen (vgl. dazu: Interview 9, Anhang 3.9, 00:17:12; Interview 14, Anhang 3.14, 00:27:41). Dabei übersehen sie allerdings, dass der Open-Source-Ansatz für die Sicherheit der Protokolle und das Vertrauen in die Blockchain-Anwendung im Grunde sehr vorteilhaft wäre und keine grossen Nachteile hätte (vgl. dazu: Interview 14, Anhang 3.14, 00:30:33).

Diesbezüglich unterscheiden sich die öffentlichen, Permissionless-Blockchain-Netzwerke deutlich von den privaten Konsortiums-Blockchains. Die vollständige und freie Offenlegung des gesamten Quellcodes ist bei den untersuchten öffentlichen Blockchain-Protokollen wie Ethereum, Polygon und Ambrosus eine Selbstverständlichkeit. Die Entwicklung der Protokolle

wird zwar bei allen drei Blockchains über das von einer Stiftung bezahlte Core-Entwicklungsteam stark geprägt, aber zumindest können Entwicklungen einerseits auch von den Netzwerkgemeinschaften ('Network-Community') vorgeschlagen und eingebracht werden, und anderseits können Protokolländerungen zumindest bei Ethereum und Polygon ohne die Netzwerkgemeinschaft nicht durchgesetzt werden. Denn gerade Anpassungen und Änderungen der Blockchain-Protokolle müssen von den Netzwerkgemeinschaften in grosser Mehrheit angenommen werden, wenn keine Abspaltung ('fork') des Netzwerkes provoziert werden soll.

3 Diskussion, Interpretation und Konklusion

Nach der Darstellung der Ergebnisse im vorherigen Kapitel 2 befasst sich nun das Kapitel 3 des empirischen Teils mit der kritischen Auseinandersetzung mit diesen Ergebnissen unter Einbezug der theoretischen Ausführungen und konzeptionellen Modelle des Theorieteils (vgl. Teil II). Ein erstes Unterkapitel 3.1 soll dabei der mehrperspektivischen Diskussion und Interpretation der Ergebnisse gewidmet werden, mit dem Ziel, neue Erkenntnisse in Bezug auf die empiriegeleiteten Forschungsfragen nach den kontextabhängigen Voraussetzungen sowie anwendungsabhängigen Bedingungen für den Mehrwert stiftenden Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management zu gewinnen. Ein weiteres Unterkapitel 3.2 wird sich mit den Gütekriterien und deren Einhaltung sowie dem methodischen Vorgehen in dieser Dissertation kritisch auseinandersetzen. Zum Schluss werden in Unterkapitel 3.3 die konkreten Ergebnisse und Erkenntnisse mittels Beantwortung der empiriegeleiteten Fragestellungen dargelegt, und in Unterkapitel 3.4 werden die gestaltungsgeleiteten Fragestellungen zur Überleitung in den Gestaltungsteil IV dieser Dissertation daraus abgeleitet.

3.1 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Im theoretischen Teil wurde ausgeführt, dass Blockchain-Anwendungen idealtypisch dem Netzwerk-Modell des Informationsaustausches von Lee und Whang (2000) zugeordnet werden können, bei dem es keine zentrale Autorität mehr gibt, welche das dezentrale P2P-System verwalten und kontrollieren würde (vgl. dazu Teil II, 3.1.2). Die empirischen Ergebnisse dieser Dissertation zu Blockchain-Anwendungen in Supply Chains haben allerdings deutlich

gezeigt, dass die untersuchten Anwendungen kaum diesem idealtypischen dezentralen Netzwerk-Modell entsprechen und die beteiligten Unternehmen – wenn überhaupt – nur für einen sehr kleinen Teil ihrer Gesamtlösung effektiv auf vollständig verteilte und dezentrale P2P-Netzwerke zurückgreifen.

In der Literatur wurde zwar bereits vereinzelt darauf hingewiesen, dass es sowohl aus technischer als auch unternehmerischer Sicht eine starke Tendenz zur Vermeidung von vollständig verteilten Blockchain-Anwendungen gibt (vgl. Wu et al., 2017; Xu et al., 2017; Dujak & Sajter, 2019; Sterneberg et al., 2020) und Unternehmen generell bewusst auf dezentrale Entscheidungs- und Konsensfindungen verzichten würden (Furlonger & Uzureau, 2019; Rauches et al., 2019; Zavolokina et al., 2020), allerdings wurde jeweils nicht detailliert ausgeführt, warum es zu dieser starken Tendenz zu den eher traditionellen Transfer- oder Drittpartei-Modellen des Informationsaustausches kommen sollte. Denn mehrere systematische Literaturauswertungen (z.B. Hald & Kinra, 2019; Pournader et al. 2019; Quieroz et al., 2019; Wang et al., 2019a; Wang et al., 2019b; Zhao et al., 2019; Gonczoel et al., 2020; Wan et al., 2020) haben gezeigt, dass sich in der Wissenschaft sowie in der praktischen Wahrnehmung bei Supply Chain Managern der Konsens durchgesetzt hat, dass Blockchain-Anwendungen dank der Vertrauensbildung, Transparenz, Datensicherheit, Disintermediation und Prozessautomatisierung einen Mehrwert für Supply Chains schaffen können.

Im Folgenden sollen die einzelnen empirischen Erkenntnisse dieser Dissertation vertieft kritisch diskutiert werden, mit der Absicht, diesem Widerspruch zur Literatur und Theorie nachzugehen, um zu klaren Aussagen zu kommen, wie, warum und wo die Blockchain-Technologie mit welchem praktischen Nutzen im Supply Chain Management eingesetzt werden kann. Dabei bleibt es das Ziel herauszufinden, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie einen Mehrwert für das Supply Chain Management erzeugen kann.

3.1.1 Tendenz zu proprietären Blockchain-Anwendungen

Die empirischen Ergebnisse dieser Dissertation zeigen deutlich auf, dass die Unternehmen in Supply Chains eine klare Tendenz zu proprietären Blockchain-Anwendungen haben. Nach der Einteilung von De Rossi et al. (2019) konnten dabei zwei idealtypische Ausgestaltungsformen bei den fünf untersuchten Blockchain-Anwendungen erkannt werden: einerseits proprietäre

Gesamtlösungen in den Fallstudien 2, 4 und 5 und andererseits proprietäre Applikationslösungen in den Fallstudien 1 und 3. Die konkrete Ausgestaltung sowie der Entwicklungsweg sind dabei für jede Blockchain-Anwendung unterschiedlich. So ist etwa erwähnenswert, dass sich 'TempSens' von einer ursprünglichen proprietären Applikationslösung zu einer proprietären Gesamtlösung entwickelt hat. Diese Unterschiede und Entwicklungsdetails werden in der folgenden thematischen Aufarbeitung noch vertieft besprochen.

Vorerst gilt es aber festzuhalten, dass keine der untersuchten Blockchain-Anwendungen eine öffentliche und dezentrale Applikation (dApp) beinhaltet, welche sich durch einen freien und anonymen Zugang auszeichnet (vgl. Antonopoulos & Wood, 2018). Auf der Applikationsebene weisen die fünf untersuchten Blockchain-Anwendungen entsprechend konzeptionell deutliche Gemeinsamkeiten auf und sie unterscheiden sich auch nicht von den konventionellen Applikationen. Die grössten konzeptionellen Unterschiede ergeben sich entsprechend vor allem auf der Infrastrukturebene, welche der Applikationsebene zugrunde liegt. Hier zeigt sich, dass sich Unternehmenskonsortien, bestehend aus verschiedenen Akteuren, in der Regel für die Bildung einer eigenen Permissioned-Blockchain-Infrastruktur entscheiden (Fallstudie 2, 4 und 5), während einzelne Unternehmen, welche eine Blockchain-Anwendung für die Supply Chain anbieten, diese auf einer öffentlichen Permissionless-Blockchain aufbauen (Fallstudie 1, 2 und 3).

Diese unterschiedliche Wahl mag mehrere Gründe haben, allerdings weisen die empirischen Erkenntnisse der Dissertation deutlich darauf hin, dass diese Wahl auf die Supply-Chain-Governance-Struktur sowie die Position der einzelnen Unternehmen in der Supply Chain zurückgeführt werden kann. Denn wie bereits die theoretische Literatur zeigt, braucht es für die Entwicklung und Durchsetzung einer Innovation, welche ein breites Unternehmensnetzwerk betrifft, einen dominanten 'Business Ecosystem Leader', welcher diese Innovation orchestriert (vgl. Moore, 1993; Jacobides et al., 2018). Diese generelle Ökosystem-Annahme gilt – wie die Studie von Sternberg & Baruffaldi (2018), van Hoek (2019) sowie Lustenberger et al. (2021) zeigen – auch für die Blockchain-Adoption in einem Supply-Chain-Kontext. Die Ergebnisse dieser Dissertation zeigen nun aber weiter auf, dass sich Blockchain-Konsortien primär rund um die dominanten Supply Chain Leader in dominanten Supply-Chain-Governance-Strukturen bilden können. Denn wie die Konsortien 'MedTech'

(Fallstudie 4) und ‘SeaFreight‘ (Fallstudie 5) zeigen, können die proprietären Blockchain-Netzwerke nur dann skalieren, wenn die wichtigsten Supply Chain Leader sich horizontal unter Einbezug möglichst aller Marktkonkurrenten vereinigen und dann die weiteren ‘gefangenen‘ Unternehmen (meist Lieferanten) zum sich bildenden Netzwerk ‘freiwillig gezwungen‘ werden können.

Insofern liegt auch der Schluss nahe, dass Supply-Chain-Akteure, welche entweder in eher marktbasierten Supply-Chain-Governance-Strukturen aktiv sind oder keine dominante Rolle in Supply Chains einnehmen, versuchen, über öffentliche und frei zugängliche Blockchain-Infrastrukturen ihre Anwendung zu entwickeln und anzubieten. Dies zeigen die Fallbeispiele der ‘Hologram‘ und der ‘TempSens‘ sowie der ‘FoodMarkt‘ exemplarisch. Denn während für ‘Hologram‘ und ‘FoodMarkt‘ der Aufbau einer proprietären Blockchain-Infrastruktur neben den hohen Investitionen vor allem auch wegen der mangelnden Fähigkeit der Netzwerk-Skalierung nicht infrage kam, scheitert der Versuch der ‘TempSens‘, eine proprietäre Blockchain-Infrastruktur für die Pharma Supply Chain aufzubauen, letztlich ebenfalls an der fehlenden Perspektive für die Skalierung des Netzwerkes.

Diesbezüglich zeigt sich in den empirischen Ergebnissen noch ein weiterer interessanter Unterschied zwischen den beiden idealtypischen Blockchain-Anwendungen: Während die proprietären Gesamtlösungen der Konsortien den Fokus deutlich auf die Effizienzsteigerung von Supply-Chain-Prozessen wie Überwachung, Planung oder Qualitätsprüfung legen, fokussieren die proprietären Applikationslösungen der Einzelunternehmen primär auf eine Steigerung des Umsatzes. Dieser unterschiedliche Fokus steht dabei wiederum im Zusammenhang mit dem Netzwerk: Während die Konsortien ihrer Blockchain-Anwendung vor allem auf den Informationsaustausch zwischen den Netzwerk-Teilnehmern ausrichten und entsprechend eine Skalierung des Netzwerkes anstreben müssen, um Netzwerkeffekte zu erzielen, versuchen Einzelunternehmen, mit ihrer Blockchain-Anwendung ohne Netzwerkeffekte einen Mehrwert für sich zu generieren, indem sie die eigenen Produkte im Wettbewerb mit der Konkurrenz für die Kunden attraktiver machen. So versucht ‘Hologram‘ zum Beispiel in Fallstudie 1, den holografischen Etiketten mit der Blockchain ein weiteres Sicherheitselement hinzuzufügen, um sich dadurch von der Konkurrenz zu unterscheiden, oder in Fallstudie 3 will ‘FoodMarkt‘ die Kundenbindung durch die Blockchain-Anwendung erhöhen.

Alle untersuchten Blockchain-Anwendungen setzten bei ihrem Unterfangen, einen Mehrwert zu generieren, primär auf die ‘Unveränderlichkeit‘ und ‘Transparenz‘ der Blockchain-Technologie und damit auf die Datenintegrität und Informationsverfügbarkeit als deren unmittelbare Nutzen. Die eigentliche ‘Dezentralität‘ und damit die Abgabe einer zentralen Kontrolle über das Informationssystem wird dabei höchstens als Mittel zum Zweck verstanden, um gerade das Vertrauen in die ‘Unveränderlichkeit‘ und ‘Datenintegrität‘ bei den Supply-Chain-Akteuren bzw. den Kunden zu erlangen. Die Vertrauensbildung in die Daten, in die Produkte und in das Unternehmen scheint daher tatsächlich einer der Hauptgründe für die Anwendung der Blockchain-Technologie zu sein. Entsprechend soll dieser Prozess der Vertrauensbildung im Folgenden genauer analysiert und diskutiert werden.

3.1.2 Vertrauensbildung als dynamischer Prozess

Wenn der Logik der Literatur zum Thema Blockchain-Technologie im Supply Chain Management gefolgt wird, dann scheint der Prozess der Vertrauensbildung durch die Blockchain relativ linear zu verlaufen: In Supply Chains gibt es grundsätzlich ein Misstrauen gegenüber den anderen Partnern und Drittparteien, wenn es um das Teilen von Informationen geht. Daher braucht es die Dezentralität und Unveränderlichkeit der Blockchain-Technologie, um Vertrauen in den gegenseitigen Informationsaustausch zu schaffen. Exemplarisch dafür steht das Konzept von der Blockchain als ‘the trust machine‘ (Economist, 2015) oder auch die Annahme von Wüst und Gervais (2018), dass Blockchains das Problem einer fehlenden ‘Trusted Third Party‘ – also einer vertrauensvollen Drittpartei – bei Multi-User-Informationssystemen lösen können.

Die Ergebnisse dieser Dissertation zeigen allerdings, dass die Vertrauensbildung in Supply Chains komplexer und dynamischer verläuft. So kann bereits die erste implizite Annahme des linearen Blockchain-Vertrauensbildungsprozesses, dass in einer Supply Chain ohne eine bereits bestehende vertrauensvolle Drittpartei gegenüber der Organisation des Informationsaustausches prinzipiell ein Vertrauensproblem besteht, den Untersuchungsergebnissen dieser Dissertation aufgrund mehrerer Überlegungen nicht standhalten:

Erstens kann es sein, dass sich die Supply-Chain-Akteure aufgrund von Eigeninteressen und Interessenskonflikten bewusst gegen den gemeinsamen Informationsaustausch entscheiden,

da einzelne Unternehmen von der ‘Intransparenz‘ profitieren, obwohl man sich grundsätzlich vertraut. So zum Beispiel in Fallstudie 2, in der ‘TempSens‘ erfahren musste, dass die beteiligten Supply-Chain-Akteure gar nicht interessiert waren, Informationen auszutauschen – unabhängig davon, ob man sich nun vertraut oder nicht.

Zweitens kann der inexistente Informationsaustausch auch an den fehlenden Daten und einer mangelhaften Digitalisierung in der Supply Chain liegen. ‘FoodMarkt‘ aus Fallstudie 3 erkannte zum Beispiel die automatische und effiziente Datenerhebung und -übermittlung als grosse Schwierigkeit in den globalen Lebensmittel-Supply-Chains, während auch ‘TempSens‘ aus Fallstudie 2 feststellen konnte, dass neben der mangelhaften Datenlage auch die Frage nach einer vertrauensvollen Datenerhebung und -übermittlung in der Pharma-Supply-Chain oft noch nicht gelöst ist.

Und schliesslich stellt sich *drittens* auch immer die Frage nach den Kosten bzw. nach dem Mehrwert des Informationsaustausches, denn nur weil ein Informationsaustausch sowie eine erhöhte Transparenz und Visibilität möglich wären, sind diese aufgrund der erhöhten Kosten nicht zwingend Mehrwert stiftend für die Supply Chain. Dies zeigt zum Bespiel wiederum Fallstudie 3 exemplarisch, in der ‘FoodMarkt‘ durch einen verstärkten Informationsaustausch und eine gesteigerte Transparenz sowohl bei den Zollbehörden als auch den Konsumenten keinen Mehrwert stiftenden Vertrauensanstieg angesichts der Kosten erkennen konnte.

Diese drei Aspekte – Transparenz, Datenerhebung/-übermittlung sowie Kosten-Nutzen-Verhältnis – werden im Folgenden noch detaillierter mit Bezug auf die übergeordnete Fragestellung dieser Dissertation besprochen. Im Zusammenhang mit der Vertrauensbildung kann aber aufgrund der Ergebnisse der Dissertation weiter festgestellt werden, dass bei den proprietären Gesamtlösungen ein ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘ eintreten kann, welches der Anwendung der Blockchain entgegenwirkt. Denn wenn man davon ausgeht, dass die Supply-Chain-Akteure in Ermangelung einer vertrauenswürdigen Drittpartei den Informationsaustausch nach dem Netzwerk-Modell gemeinsam organisieren müssen, wird in der Regel ein Konsortium gebildet, das eine Permissioned Blockchain im Kollektiv entwickelt und verwaltet (vgl. Rauchs et al., 2019). Einmal gebildet, agiert dieses Konsortium allerdings immer stärker wie eine vertrauenswürdige Drittpartei. Unter diesem Gesichtspunkt wird auch die empirische Beobachtung dieser Dissertation erklärbar, dass sich die gebildeten Konsortien

in den Fallstudien 2, 4 und 5 im Verlaufe der Ausgestaltung ihrer Blockchain-Anwendung immer stärker nach dem Drittpartei-Modell im Sinne eines ‘Managed Service‘ zu orientieren begannen.

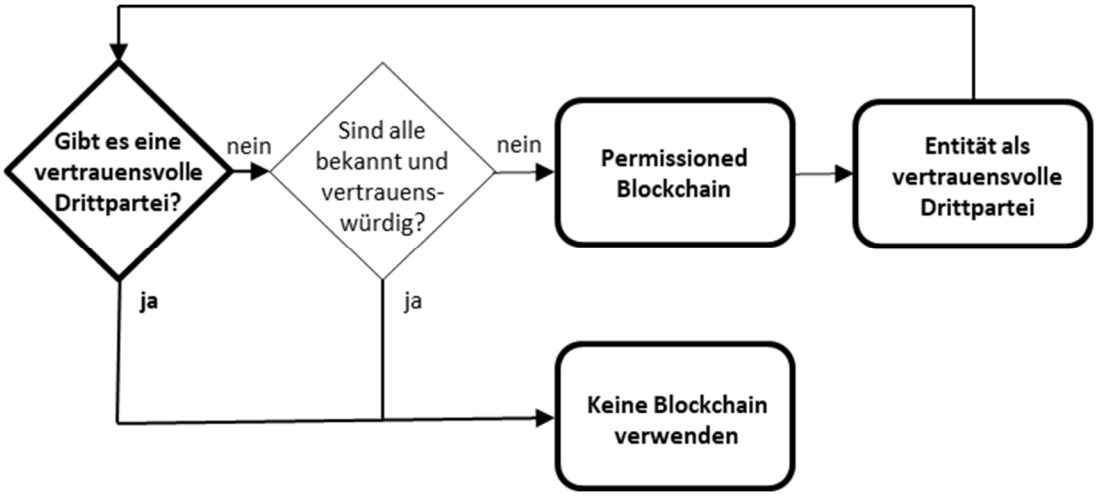

Abbildung 20: ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘ als dynamischer Prozess der Vertrauensbildung (Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Wüst & Gervais, 2018, S. 47)

In Abbildung 20 ist dieses ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘ als dynamischer Prozess der Vertrauensbildung auf der Basis des Blockchain-Evaluationsschemas von Wüst und Gervais (2018) nochmals deutlicher dargestellt (vgl. dazu auch Abbildung 4, S. 55). Aus konzeptioneller Sicht kann also angenommen werden, dass zumindest bei jenen Blockchain-Anwendungen, bei welchen die Entwicklungs- und Verwaltungsrechte der Permissioned Blockchain im Sinne eines ‘Klubgutes‘ (vgl. Glaser, 2017) in der Regel einer unabhängigen Entität (z.B. Konsortium) übergeben werden, gerade mit der Schaffung dieser Entität eine vertrauenswürdige Drittpartei in der Supply Chain installiert wird, welche wiederum den Informationsaustausch effizienter ohne Blockchain und mittels traditioneller Datenbank-Technologien entlang des Drittpartei-Modells von Lee und Whang (2000) organisieren kann.

Ein anderer Weg, den Blockchain-Konsortien gehen könnten, wäre eine Dezentralisierung der Netzwerke und damit eine Überführung des Klubgutes in ein ‘öffentliches Gut’ und damit in eine Permissionless Blockchain. In der Praxis scheint dieser Weg allerdings schwierig zu sein, denn Unternehmen investieren in der Regel nicht in die Entwicklung und den Aufbau eines Netzwerkes, um es dann freiwillig der Kontrolle einer breiteren Öffentlichkeit zu übergeben. Das Konsortium ‘SeaFreight’ hatte zu Beginn eine solche Vision der Netzwerk-Expansion über

die Bildung von unabhängigen Blockchain-Kanälen für die Reedereien, kam dann allerdings nicht zuletzt auch aufgrund von Transparenz- und Effizienzüberlegungen wieder davon ab.

Mit Blick auf die beiden untersuchten Blockchain-Anwendungen, welche sich bewusst aufgrund der Vertrauensbildung für öffentliche Permissionless Blockchains entschieden haben (Fallstudie 1 und 3), zeigen sich weitere interessante Aspekte in der 'Blockchain-Vertrauensbildungs'-These. Denn beide Unternehmen verfolgen mit ihrer Blockchain-Anwendung das Ziel, das Vertrauen bei den Kunden in die eigenen Produkte zu erhöhen. Dafür verknüpfen sie eine proprietäre, zentral verwaltete Applikation mit einer öffentlichen Blockchain und speichern darauf einen Hash der Informationen ab. Gerade aufgrund der hohen Komplexität der Blockchain-Technologie stellt 'FoodMarkt' allerdings fest, dass die Funktionsweise der Blockchain von der überwiegenden Mehrheit seiner Kunden (Endkonsumenten) nicht überprüft werden kann, womit ein allfälliger vertrauensbildender Effekt durch die Blockchain gerade in einem bereits vertrauensvollen Umfeld sehr gering bis inexistent ist.

Ähnlich verhält es sich bei der Blockchain-Anwendung von 'Hologram' – mit dem einzigen Unterschied, dass 'Hologram' mit ihren holografischen Sicherheitsetiketten ähnlich den Banknoten in einem prinzipiell 'vertrauenslosen' Umfeld mit einer hohen Fälschungswahrscheinlichkeit agiert. Entsprechend ist der Einbezug der Blockchain ein weiteres Sicherheitselement, welches eine Fälschung der Sicherheitsetiketten schwieriger macht und damit einen Beitrag zur Steigerung des Vertrauens in die Fälschungssicherheit der 'Hologram'-Sicherheitsetikette liefen sollte. Wie gross dieser Beitrag in der Vertrauensbildung allerdings konkret ist, kann die 'Hologram' zum jetzigen Zeitpunkt nicht verlässlich beurteilen. 'Hologram' schätzt den Vertrauensgewinn allerdings selbst als eher gering ein und rückt entsprechend auch andere Aspekte wie Innovation und Marketing in den Vordergrund der Blockchain-Anwendung.

3.1.3 Entwicklung von 'off-chain'-Governance-Modellen

In Bezug auf die Praxis und die Ergebnisse der Fallstudien lässt sich sodann weiter feststellen, dass mit der Etablierung einer vertrauenswürdigen Drittpartei wie zum Beispiel von 'SeaFreight' in Fallstudie 4 oder 'MedTech' in Fallstudie 5 die Rollen- und Rechtekonzepte der Netzwerkteilnehmer nicht mehr zwingend 'on-chain' in Form von Smart Contracts auf der

Blockchain abgebildet werden müssen, sondern diese können ebenso ‘off-chain‘ über traditionelle Verträge geregelt werden. Unter Rollen- und Rechtekonzepten kann dabei das von Lacity und Khan (2019) erwähnte ‘Shared Governance Model‘ verstanden werden, welches über die Regelung sämtlicher Rechte und Pflichten der Teilnehmer prinzipiell verhindern sollte, dass ein einzelner Teilnehmer unilateral Änderungen am Netzwerk vornehmen kann.

Bei ‘SeaFreight‘ ist das ‘off-chain‘-Governance-Modell bereits klar erkennbar, wobei die ‘unilateralen Änderungen‘ nicht mehr technisch auf den Protokollebenen verhindert werden, sondern über bilaterale Verträge zwischen den Teilnehmern und dem Systembetreiber ‘TechLeader‘ sowie dem Auftraggeber und Tochterunternehmen von ‘SeaLeader‘. Ebenso versucht ‘SeaFreight‘, die Teilnehmer über ein ‘Customer Advisory Board‘ stärker in die Weiterentwicklung der Plattform zu integrieren. Bei ‘MedTech‘ aus Fallstudie 5 basieren zurzeit gewisse Netzwerkentscheide auf einem ‘on-chain‘-Governance-Modul, welches in Form von Smart Contracts auf der Blockchain abgelegt ist. Allerdings wurde im Konsortium der Weg von der ‘on-chain‘- zur ‘off-chain‘-Governance mit der Diskussion über einen Wechsel zum Technologie-Konsortium bereits angedacht, und aufgrund der vorhin ausgeführten theoretischen Überlegungen zur dynamischen Vertrauensbildung in Supply Chains ist es wohl nur eine Frage der Zeit und der weiteren Entwicklung, bis auch die ‘MedTech‘ mehrheitlich auf ‘off-chain‘-Governance-Modelle setzt.

In der Literatur wird dabei immer wieder ausgeführt, dass eine ‘on-chain’-Governance, basierend auf den krypto-ökonomischen Protokollen, ein wesentliches Merkmal und auch eine Stärke der Blockchain ist (vgl. Antonopoulos, 2014; Meier & Stormer, 2018; Zavolokina et al., 2020). Gerade bei Konsortien rund um Permissioned Blockchains scheinen sich aber – basierend auf den empirischen Ergebnissen dieser Dissertation – die ‘off-chain‘-Governance-Modelle längerfristig durchzusetzen. Diese Verschiebung von ‘on-chain‘- zu ‘off-chain‘-Governance-Modellen hat dabei konzeptionell eine positive Wirkung auf das vorhin beschriebene ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘. Denn wie bei ‘SeaFreight‘ in der Fallstudie 4 beobachtet, kann gerade die Ausarbeitung eines klaren ‘off-chain‘-Governance-Modells das Vertrauen bei den Netzwerkteilnehmenden in die sich herausbildende Entität stärken, was deren Position bei der Ausarbeitung eines Informationssystems nach dem Drittpartei-Modell ohne Einbezug der Blockchain wiederum klar festigt.

3.1.4 Transparenz und ihre Teilaspekte

In der Literatur zu Supply Chain Management wird der Blockchain-Technologie zugeschrieben, dass sie neben Vertrauen vor allem auch Transparenz zwischen den Akteuren ermöglichen soll. So sehen sämtliche in Unterkapitel 1.1 (Teil II, S. 23) untersuchten Literaturstudien in der erhöhten Informationstransparenz und Informationsrückverfolgbarkeit einen der Hauptnutzen von Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management (vgl. auch Anhang 1, S. 271), was dann – wie im Theorieteil ausgeführt – zu einer Reduktion der Transaktionskosten (z.B. Roeck et al., 2019; Schmidt & Wagner, 2019) und zu einer (zumindest teilweisen) Aufhebung des Prinzipal-Agent-Problems (z.B. Treiblmaier, 2018; Cole et al., 2019, Kummer et al., 2020) in Supply Chains führen sollte.

Allerdings zeigen die empirischen Erkenntnisse dieser Dissertation, dass die theoretische Annahme – welche im Übrigen auch stark der Supply-Chain-Integrationstheorie zugrunde liegt (vgl. Teil II, 2.1.1) –, nach welcher mehr Vertrauen in die Supply Chain direkt zu mehr Transparenz und einem höheren Austausch von Informationen führt, in der Praxis in dieser gradlinigen und kausalen Form wohl nicht standhält. Denn in sämtlichen fünf untersuchten Fallstudien wird deutlich, dass die beteiligten Unternehmen sehr zurückhaltend sind, wenn es darum geht, Informationen für alle Netzwerkteilnehmer zugänglich auf eine Blockchain zu schreiben. Dabei spielt die Tatsache, ob es sich um eine öffentliche Permissionless oder eine private Permissioned Blockchain handelt, keine grosse Rolle.

Aus Überlegungen des Datenschutzes wie auch der hohen Speicherkosten ist es vorerst nachvollziehbar, dass die ‘Hologram‘ (Fallstudie 1) nur Daten mit ‘Öffentlichkeits-Charakter‘ und ‘FoodMarkt‘ (Fallstudie 3) nur Hashs der lokal gespeicherten Daten auf einer öffentlichen, unveränderlichen und ‘permissionless’ Blockchain ablegen wollen. Allerdings zeigt die Fallstudie 3 auch deutlich, dass Transparenz in der Regel nicht kostenlos hergestellt werden kann. Denn die Erhebung, Erfassung, Überprüfung, Übermittlung und Speicherung von Informationen implizieren Kosten, die durch einen Mehrwert für das Unternehmen gerechtfertigt werden müssen. Als ‘FoodMarkt‘ demnach feststellte, dass eine erhöhte Transparenz keinen Mehrwert in Form einer gesteigerten Kundenloyalität nach sich zieht, hatte sie auch keine Anreize mehr, in die Herstellung von Transparenz gegenüber den Kunden zu investieren. Dies hatte zwar nicht direkt etwas mit der Blockchain-Technologie zu tun, es

zeigt aber doch deutlich auf, dass die Annahme, Transparenz in einer Supply Chain müsse immer einen Mehrwert generieren – und mit ihr auch die Transparenz schaffende Blockchain –, so nicht gerechtfertigt ist und stark vom Kontext abhängt.

Insofern erstaunt es auch nicht, dass sich sowohl ‘TempSens‘ (Fallstudie 2) als auch ‘MedTech‘ (Fallstudie 5) in einem stark regulierten Kontext bewegen, in welchem die Behörden die Transparenzherstellung vorschreiben. In beiden Fallstudien wird entsprechend auch mit den regulatorischen Verpflichtungen und der Herstellung eines transparenten Audit-Trails argumentiert. Allerdings zeigt sich auch, dass die beteiligten Unternehmen kein Interesse daran haben, mehr Transparenz zu schaffen, als es die gesetzlichen Bestimmungen vorschreiben. So musste zum Beispiel bei ‘MedTech‘ ein innovatives Verschlüsselungs- und Zugriffsmanagement für die Daten auf der Blockchain entwickelt werden, damit nur jene Teilnehmer Zugang zum Klartext erhalten, welche diesen nach den regulatorischen Vorschriften auch wirklich haben müssen.

Ebenfalls in Fallstudie 4 wollte ‘SeaFreight’ zuerst durch die Bildung von verschiedenen ‘Blockchain-Kanälen’ die Geschäftsinteressen der einzelnen Teilnehmer – allen voran der Reedereien – schützen. Solche Bemühungen zum Informationsschutz sind gerade bei einer verteilten und dezentral verwalteten Datenbank sehr komplex, und so mag es auch nicht erstaunen, dass ‘SeaFreight’ am Ende dazu überging, ein traditionelles ‘off-chain’-Rollen- und Rechtekonzept anzuwenden.

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Fallstudie ‘TempSens‘ kann noch ein weiterer Teilaspekt der Transparenz in Supply Chains kritisch diskutiert werden. Denn wie ‘TempSens‘ als Startup erfahren musste, gibt es in den heutigen Supply Chains einige Akteure, welche von der Intransparenz profitieren und sich daher gegen jegliche Transparenzbemühungen aktiv wehren – ob Blockchain oder nicht, spielt dabei keine Rolle. Diese abwehrende Haltung mag insofern nicht erstaunen, als sich ja die heutigen Supply Chains gerade auf der Basis von mangelnder Transparenz gebildet haben. Dabei war es historisch gesehen nicht zwingend der Mangel an Vertrauen, sondern wohl eher der Mangel an technischen Möglichkeiten, welcher die Transparenz verhindert hat. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass selbst bei einer Steigerung des Vertrauens – zum Beispiel dank neuen technischen Mitteln wie der Blockchain

– viele Supply-Chain-Akteure aus historischen Gründen weiterhin kein Interesse an einem erhöhten Informationsaustausch haben.

3.1.5 Netzwerke und Protokolle – eine Vertrauensfrage?

In der Literatur wird immer wieder darauf hingewiesen, dass gerade mit Bezug auf die Blockchain-Technologie bei vielen Unternehmen die entsprechenden Fähigkeiten und Ressourcen fehlen, um einen Informationsaustausch effizient zu gestalten (vgl. Galvez et al., 2018; Kshetri, 2018; Lustenberger et al., 2020). Dieser Aspekt zeigt sich deutlich in den Ergebnissen der Fallstudien. So zeigen die Akteure, welche in den Fallstudien 2, 4 und 5 in die Entwicklung und den Unterhalt einer privaten Permissioned-Blockchain-Infrastruktur involviert sind, deutliche Interessen an einem 'Managed Service' durch einen anerkannten und vertrauenswürdigen IT-Dienstleister ('Solution Provider'). Auch 'FoodMarkt' aus Fallstudie 3 stellte bei seinen Blockchain-Anwendungen sehr schnell fest, dass der Unterhalt eines dezentralen Netzwerks mit vielen Knoten sehr komplex sein kann und gegenüber den traditionellen zentralen Informationssystemen wesentliche Effizienznachteile aufweist.

Im Fall von 'SeaFreight' (Fallstudie 4) wurde auch wegen der hohen Komplexität das gesamte Netzwerk mit allen Knoten dem 'TechLeader' übergeben – einem renommierten und vertrauenswürdigen globalen IT-Dienstleister. Auf der Basis seiner grossen IT-Expertise entwickelt und unterhält der 'TechLeader' das Informationssystem inklusive aller Protokolle ohne den direkten technischen Einbezug anderer Netzwerkteilnehmer. Ebenso erkannte 'MedTech' aus Fallstudie 5, dass gerade kleinere Unternehmen wohl nicht die Kenntnisse noch das Bedürfnis haben, einem Netzwerk als 'Full Node' beizutreten, und ihnen entsprechend eine Teilnahme als 'Light Node' oder gar 'Remote Node' ermöglicht werden sollte. Diese Teilnahme als 'Light Node' oder 'Remote Node' bedeutet dann aber wiederum, dass den Netzwerk unterhaltenden Knoten vollständig vertraut werden muss. Dies führt gerade bei wenigen Netzwerkknoten wieder zu einer Zentralisierung der Netzwerkkontrolle und zu einem 'Single-Point-of-Failure'. Das Beispiel von 'SeaFreight', bei welchem sämtliche Netzwerk-Knoten unter Kontrolle des 'TechLeader' sind, zeigt dies exemplarisch, wobei solche zentral verwalteten Netzwerke dann auch nicht mehr als 'Blockchain' bezeichnet werden können (vgl. dazu auch: Rauches et al., 2019 – aber auch Interview 9, Anhang 3.9, und Interview 14, Anhang 3.14).

Das Konzept einer erleichterten Netzwerkteilnahme kennen auch die öffentlichen Permissionless Blockchains. So benützt ‘Hologram’ für seine Blockchain-Anwendung einen öffentlichen Knoten als Netzwerkzugang, ist aber selbst kein Teilnehmer am Blockchain-Netzwerk und kann als ‘Remote Node’ bezeichnet werden. In dem Sinn muss auch ‘Hologram’ den Netzwerkknoten und Transaktionsvalidatoren vertrauen, dass diese das Blockchain-Netzwerk korrekt verwalten und unterhalten. Insofern war es für ‘Hologram’ wichtig, dass einerseits das Netzwerk eine genügend grosse Anzahl Teilnehmer hat, womit auch das Vertrauen ‘dezentralisiert’ und ‘verteilt’ wird auf die gesamte Blockchain-Community. Andererseits wollte ‘Hologram’ jederzeit das Netzwerk wechseln können – ein Aspekt, der als ‘Blockchain-Agnostik’ bezeichnet wird. Diese Blockchain-Agnostik erreicht ‘Hologram’, indem es für seine Blockchain-Anwendung eine der vielen ‘Ethereum-kompatiblen’ Blockchains gewählt hatte. Sollte die gewählte Blockchain also nicht mehr passend sein, könnte ‘Hologram’ seine Blockchain-Anwendung schnell und unkompliziert auf eine andere Blockchain-Infrastruktur migrieren.

Diese Migrationsmöglichkeit ist insofern wichtig, als sich neben der Dezentralität und Verteilung des Netzwerks jeweils die Frage des Zugangs zu den Protokollen und deren Weiterentwicklung stellt. Denn die Blockchain-Infrastrukturen sind ja nicht statische Systeme, sondern entwickeln sich, getrieben durch die jeweilige Community, dynamisch und damit für den einzelnen Akteur auch unberechenbar weiter. Diesbezüglich lässt sich anhand der Fallstudien deutlich zeigen, dass sich die meisten Unternehmen schwertun mit der Abgabe von Kontrolle an eine offene und grundsätzlich anonyme Blockchain Community. Exemplarisch dafür sei hier das Bedürfnis von ‘FoodMarkt’ (Fallstudie 3) erwähnt, nach welchem die Daten zwingend in der Schweiz gespeichert werden müssen, oder auch die ‘SeaFreight’ (Fallstudie 4) sowie die ‘MedTech’ (Fallstudie 5), welche sich eine Veröffentlichung und Entwicklung der Protokolle nach dem Open-Source-Ansatz nicht vorstellen können.

Dabei ist der letzte Punkt – die komplette freie Veröffentlichung und Nutzung des Quellcodes – gerade bei Blockchains wohl absolut zwingend, um das oft zitierte Vertrauen in die Protokolle bei allen Teilnehmern zu generieren. Damit die in der Literatur oft erwähnte Verschiebung des Vertrauens von einzelnen Netzwerk-Akteuren hin zu den krypto-ökonomischen Protokollen stattfinden kann, müssen diese Protokolle also auch zwingend

öffentlich und frei zugänglich sein (vgl. Antonopoulos, 2014; Glaser et al., 2019 – dazu auch: Interview 14, Anhang 3.14).

Allerdings kann diese Idee von der Verschiebung des Vertrauens in die krypto-ökonomischen Protokolle auch kritisch betrachtet werden. Denn wie bereits von Lustig und Nardi (2015) ausgeführt, zeigen auch die empirischen Ergebnisse der Fallstudien, dass für die meisten Supply-Chain-Akteure eine Überprüfung der Protokolle sowie der Netzwerke einer Blockchain aufgrund von deren Komplexität nicht möglich ist. So ist für 'FoodMarkt' klar, dass gerade für den einzelnen Lebensmittel-Konsumenten in Bezug auf die Blockchain kein Vertrauen generiert werden kann, da diese Technologie zu komplex ist, als dass der Konsument sie als Vertrauensquelle selbst überprüfen und akzeptieren könnte. Insofern ist es wohl präziser, von einer Verschiebung des Vertrauens von zentralen Akteuren hin zu einer (anonymen) Community zu sprechen. Diese Verschiebung basiert auf der Annahme, dass sich die vielen unabhängigen Netzwerk-Akteure in Blockchain-Netzwerken gegenseitig kontrollieren und damit einer anonymen Community mehr vertraut werden kann als einer zentral kontrollierten Drittpartei.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass Supply-Chain-Akteure aufgrund der Komplexität in der Regel nicht das Bedürfnis haben, sich aktiv an einer Netzwerkinfrastruktur zu beteiligen, und auch deren technische Funktionsweise gerade auf Protokollebene kaum verifizieren können. Bei *Permissioned Blockchains* führt dies dazu, dass sich die Verteilung und Dezentralisierung des Netzwerkes über mehrere Akteure als sehr schwierig gestaltet, was dann wiederum im Zusammenspiel mit den sich herausbildenden 'off-chain'-Governance-Modellen (vgl. oben 3.1.3) die Bildung einer vertrauenswürdigen Drittpartei unterstützt. Wie bereits ausgeführt, wird damit die Blockchain als verteilte und dezentrale Datenbanktechnologie überflüssig – umso mehr, als Blockchain-basierte Netzwerksysteme ineffizienter und langsamer sind als zentral geführte Informationssysteme nach dem Drittpartei- oder Transfer-Modell.

Für *Permissionless Blockchains* bedeutet die hohe Komplexität und die in der Praxis fehlende Überprüfbarkeit der Funktionsweise wiederum, dass sie nur dann für Supply-Chain-Akteure und ihre Blockchain-Anwendung zu einer Option werden, wenn sie Vertrauen in ihre längerfristige 'vertrauenslose' Funktionsweise generieren können. Mit 'vertrauenslos' wird

hierbei auf die ursprüngliche Idee zurückgegriffen, dass beim Informationsaustausch über eine Blockchain-Anwendung keiner zentral kontrollierten Drittpartei vertraut werden sollte. Die Blockchain-Infrastruktur, das Netzwerk sowie die Protokolle dürfen entsprechend nicht von einer 'Drittpartei' entwickelt, betrieben, verwaltet oder gesteuert werden, da ansonsten das Argument der 'vertrauenslosen' Funktionsweise in sich zusammenfällt.

Die Fallstudienergebnisse zeigen dabei, dass es schwierig ist, genaue Kriterien bezüglich einer allfälligen 'vertrauenswürdigen Drittpartei' in einem System zu definieren, da es sicherlich auch fliessende Übergänge geben kann. Als Beispiel sei hier nur der Konsensus-Mechanismus aufgeführt, den die in dieser Dissertation untersuchten Blockchains aufgrund der Ineffizienz von 'Proof-of-Work' auf eine Variante von 'Proof-of-Stake' gewechselt haben. Dieser Wechsel könnte dabei auch als eine 'Zentralisierung' bei einigen wenigen Validatoren ausgelegt werden. Trotzdem können aufgrund der Fallstudienergebnisse einige Kriterien definiert werden, welche die Abwesenheit einer 'vertrauenswürdigen Drittpartei' und damit eines 'Single-Point-of-Failures' in einem Netzwerk wahrscheinlich macht: *Erstens* müssen die Protokolle quelloffen durch eine breite Community entwickelt werden, damit nicht nur eine Überprüfung des Quellcodes für alle Teilnehmer möglich ist, sondern auch einzelne Teilnehmer jederzeit ihr eigenes Netzwerk bilden können, wenn sie mit Entscheidungen (z.B. einer Protokollanpassung) nicht einverstanden sind. *Zweitens* muss eine Teilnahme am Netzwerk sowie der Community jederzeit anonym und ohne Zugangsauthentifizierung möglich sein – daher auch die Bezeichnung '*permissionless*'. Und *drittens* muss es mehrere, unabhängige, programmiertechnisch kompatible Netzwerke geben, damit kein Lock-in-Effekt eintritt und eine Migration der Blockchain-Anwendung zu einem anderen Netzwerk jederzeit möglich ist.

3.1.6 Vertrauen in die Daten und Informationen

Ein wiederkehrendes Thema, das sich sowohl in der Literatur als auch in den Fallstudien zeigt, ist die Frage nach der *'trust frontier'* (Hawlitschek et al., 2018) bzw. danach, wie Daten und Informationen aus der physischen Welt 'vertrauenslos' auf die Blockchain kommen (vgl. Apte & Petrovsky, 2016; Schlatt et al., 2016; Wüst & Gervais, 2018). In den Fallstudien zeigt sich diese Problematik insbesondere bei 'TempSens' (Fallstudie 2) sowie bei 'FoodMarkt' (Fallstudie 3), welche beide Überlegungen dazu anstellten, wie die erforderlichen Daten erfasst und übertragen werden müssten, damit diese dann von allen beteiligten Akteuren als

korrekt anerkannt werden. Dabei machten beide Unternehmen einerseits die Erfahrung, dass die benötigten Daten noch gar nicht digital vorhanden sind und die Supply-Chain-Akteure erst langsam beginnen, sich mit der Erfassung von Daten – und damit mit der Digitalisierung an sich – zu beschäftigen, und andererseits, dass Daten auch noch oft manuell von Dritten erfasst und übermittelt werden, was dann das Vertrauen in diese Daten ohne Vertrauen in die Drittpartei infrage stellt.

Das 'Fehlen von Daten' kann dabei aufgrund der empirischen Daten der Dissertation mehrere Gründe haben, wobei sich diese in spezifischen Fällen auch überschneiden können. *Erstens* stellte vor allem 'TempSens' fest, dass gewisse Unternehmen keine Notwendigkeit sehen, über die Erfassung von Daten Transparenz herzustellen. *Zweitens* kann die automatische und gesicherte Erfassung von Daten technisch sehr aufwendig und kostenintensiv sein, was gerade im Falle von 'FoodMarkt' den Mehrwert der Daten infrage stellte. Und schliesslich gibt es *drittens* Daten, die zumindest mit den heutigen technischen Möglichkeiten, (noch) nicht erfasst werden können, wie zum Beispiel jene von Flüssigkeiten wie Palmöl, die mehrmals verarbeitet und umgefüllt werden.

Für 'TempSens' bedeutet dies, dass sich das Unternehmen primär auf die Entwicklung von Temperatursensoren fokussierte, welche als gesicherte IoT-Geräte die Daten ohne die Einwirkung Dritter 'vertrauenslos' möglichst effizient erfassen und übermitteln können. Generell hat sich 'TempSens' damit viel stärker auf die sichere Datenerhebung und -übermittlung ausgerichtet als auf die anschliessende Datenverarbeitung und -speicherung, gerade weil die Informationserhebung zurzeit das dringlichere Problem in der Pharma Supply Chain ist. Für 'FoodMarkt' wiederum ergab sich aufgrund der mangelhaften und sehr aufwendigen Datenerhebung die Situation, dass einzelne Projekte zur Blockchain-Anwendung gerade im Lebensmittelbereich abgebrochen werden mussten.

Insofern muss bei Blockchain-Anwendungen gerade im Supply Chain Management jeweils zuerst geklärt werden, ob die Daten für den Austausch überhaupt vorhanden sind. Auch bei 'SeaFreight' (Fallstudie 4) zeigt sich zum Beispiel bei genauerer Betrachtung, dass das Konsortium gegenwärtig mehr mit der Datenerfassung als mit dem Datenaustausch beschäftigt ist. Dabei ist 'SeaFreight' vor allem auch bestrebt, das Netzwerk so weit auszubauen, dass sämtliche Datenlieferanten wie Reedereien, Intermodalanbieter,

Hafenterminalbetreiber sowie die Zollbehörden an der Plattform angeschlossen sind. Denn erst wenn ‘SeaFreight’ sämtliche Containerdaten auf der Plattform hat, kann ein effektiver Mehrwert generiert werden.

Die in der Literatur teilweise vorgebrachte Idee, dass Blockchain den Akteuren eine grössere Kontrolle und Sicherheit über die eigenen geteilten Informationen gibt und damit auch die Datenerfassung und -ermittlung vereinfachen würde, scheint aufgrund der Fallstudien nicht zuzutreffen. Wie bereits besprochen, trifft eher das Gegenteil zu, dass Supply-Chain-Akteure sich gegen den Verlust der Kontrolle über die eigenen Daten wehren und sich aufgrund von Datenschutzbedenken gegen die Speicherung ihrer Daten auf einem verteilten und dezentralen Netzwerk aussprechen. Das ist sicherlich auch ein Grund, warum lediglich wenige Daten oder sogar nur Hashs der wenigen Daten auf einer Blockchain abgespeichert werden.

Die zögerliche Abspeicherung von Informationen kann bei Permissionless Blockchains auch Effizienz- und Kostengründe haben. Denn wie ‘TempSens’ (Fallstudie 2) bei ihrer ersten Blockchain-Anwendung auf der Basis von Ethereum feststellte, sind Permissionless Blockchains als dezentrale und verteilte Netzwerke ineffizienter und mit höheren Kosten verbunden als zentral geführte und verwaltete Datenbanken, womit sie für die Verarbeitung und Speicherung von Massendaten nicht geeignet sind. So ist auch für ‘Hologram’ (Fallstudie 1) klar, dass nur sehr wenige Daten effektiv auf der Blockchain verarbeitet und abgespeichert werden können, wenn die Mehrkosten durch den Einbezug der Blockchain für die Gesamtlösung vernachlässigbar sein sollten.

In letzter Konsequenz bedeutet dies, dass die Blockchain an sich die aus der physischen Welt übermittelten Daten und Informationen nicht ‘vertrauenslos’ im Sinne von ‘korrekt’ und ‘wahr’ ohne einen vertrauenswürdigen Dritten erfassen kann, sondern nur die einmal übertragenen Informationen unveränderlich öffentlich zugänglich speichert und übertragbar macht. Insofern wird das Vertrauen der Supply-Chain-Akteure in die ursprünglich übermittelten Daten und Informationen bei allen untersuchten Blockchain-Anwendungen der fünf Fallstudien vorausgesetzt und von den beteiligten Akteuren auch nicht angezweifelt.

3.2 Gütekriterien und methodische Abgrenzung

Bevor im nächsten Kapitel als Abschluss des empirischen Teils die empiriegeleiteten Fragestellungen beantwortet werden können, müssen zunächst die Gütekriterien für qualitative Forschungsprojekte erörtert werden, um zu prüfen, wie diese Kriterien in dieser Forschungsarbeit eingehalten wurden. Darauf aufbauend wird das methodische Vorgehen in der Dissertation in einer kritischen Betrachtung bewertet und die Aussagekraft der Ergebnisse durch eine methodische Abgrenzung beurteilt.

3.2.1 Darlegung der Gütekriterien der qualitativen Forschung

Damit Forschungsergebnisse aussagekräftig sind und anerkannt werden, muss der Forschungsprozess – allen voran die Datenerhebung und Datenanalyse – den wissenschaftlichen Gütekriterien genügen (Balzert et al., 2011; Easterby-Smith et al., 2012). Eine strenge Sicherung der vor allem für quantitative Forschung ausgelegten Qualitätskriterien Validität, Reliabilität und Objektivität wird allerdings aufgrund des stark interpretativen und explorativen Forschungsdesigns grundsätzlich schwierig zu erreichen sein. Es kann entsprechend infrage gestellt werden, inwiefern eine rigide Anwendung von Gütekriterien, welche für die Messung der Qualität quantitativer Forschung konzipiert wurden, überhaupt für eine qualitative Forschung, basierend auf einer konstruktivistischen Erkenntnistheorie, sinnvoll ist (Alvesson & Kärreman, 2007; Amis & Silk, 2008; Pedrosa et al., 2012).

Die Diskussion zu den adäquaten Gütekriterien bei qualitativen Forschungsbemühungen wird in der Wissenschaft generell kontrovers geführt. So kommen zum Beispiel sowohl Creswell und Poth (2018) als auch Flick (2019) nach einer detaillierten Darlegung der unterschiedlichen Ansätze zum Schluss, dass es trotz aller wissenschaftlichen Bemühungen für die qualitative Forschung keine einheitlichen Kriterien oder Standards gibt, mit welchen die Qualität der Forschung getestet und gemessen werden kann. Dabei kann es nach Creswell und Poth (2018) und Flick (2019) angesichts der Vielfalt an unterschiedlichen qualitativen Forschungsdesigns und -methodologien wohl auch keine standardisierten Kriterien geben. Zum Ende seiner Diskussion verfasst Flick (2019) sodann nur ein paar allgemeine Qualitätsansprüche an eine qualitative Forschung, welche darauf abzielen, dass die Methodenwahl, die Vorgehensweise sowie die Ziel- und Qualitätsansprüche transparent und nachvollziehbar dargelegt werden

müssen. Und Creswell und Poth (2018) meinen gar, dass die Validierungsstrategie einer qualitativen Forschung am besten durch den jeweiligen Forscher selbst bestimmt wird.

Creswell und Poth (2018) kommen allerdings ebenfalls zum Schluss, dass es trotz der vielen alternativen Ansätze zur Validierung der Gütekriterien in der qualitativen Forschung sinnvoll ist, eine Validierungsstrategie zu wählen, die für die angewandte Forschungsmethodologie allgemein anerkannt ist. In Bezug auf die in dieser Dissertation angewandte Fallstudienmethodologie kann auf die Validierungsstrategie von Yin (2018) zurückgegriffen werden, da diese generell in der Fallstudienforschung anerkannt wird (vgl. Ellram, 1996; Stuart et al., 2002; Ridder, 2017).

Test	Taktik	Relevant bei…	Übertragen auf Dissertation
Konstrukt-validität	Mehrere Datenquellen verwenden	Datenerhebung Kap. 1.2.3	Daten-Triangulation; mehrere Interviews pro Fall
	Erstellung einer Nachweiskette	Datenerhebung Kap. 1.2.3	Herleitung aller Erkenntnisse von Forschungsfragen bis zu Ergebnissen
	Überprüfung des Fallstudienberichts durch Hauptinformanten	Fallbeschreibung Kap. 1.2.4	Überprüfung deskriptiver Fallbeschreibung durch Experte
Interne Validität	*Nur für explanative oder kausale Studien und nicht für deskriptive oder explorative Studien*	*Nicht relevant*	*Nicht gültig, da explorative Studie*
Externe Validität	Replikationslogik in Mehrfallstudien	Fallauswahl Kap. 1.1.2	Theoretische Replikation: Fallauswahl aufgrund von voraussichtlich gegensätzlichen Ergebnissen, aber aus erwartbaren Gründen
Reliabilität	Fallstudienprotokoll verwenden	Datenerhebung Kap. 1.2.3	konzeptionelles Modell einer Blockchain-Anwendung; Interviewleitfaden
	Fallstudiendatenbank erstellen	Datenerhebung Kap. 1.2.3	Atlas.ti 9

Tabelle 15: Validierungsstrategie für Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung nach Yin, 2018, S. 79)

Yins (2018) Validierungsstrategie basiert auf vier Tests, mit welchen (1) die Konstruktvalidität, (2) die interne Validität, (3) die externe Validität und (4) die Reliabilität einer Fallstudie qualitativ überprüft werden kann. Qualitativ ist die Überprüfung insofern, als es bei diesen Tests keine absoluten Messwerte gibt, und somit auch nur qualitative Aussagen darüber gemacht werden können, ob ein Qualitätskriterium erfüllt wurde. Tabelle 15 veranschaulicht diese vier Tests mit den jeweiligen von Yin (2018) vorgeschlagenen taktischen Massnahmen. Ebenso zeigt die Tabelle 15, wie diese Massnahmen in dieser Dissertation konkret umgesetzt wurden. Ersichtlich wird dabei, dass für Yin (2018) die interne Validität nur bei explanativen und kausalen Fallstudien relevant ist und somit für das explorative Forschungsdesign dieser

Dissertation nicht berücksichtigt werden kann. Im Folgenden werden die restlichen drei Qualitätstests und deren Umsetzung in diesem Forschungsvorhaben kurz beschrieben.

3.2.1.1 Konstruktvalidität

Die Konstruktvalidität betrifft die Genauigkeit, mit der die Instrumente einer Fallstudie die untersuchten Konzepte erfassen. Um eine möglichst hohe Konstruktvalidität zu erreichen, schlägt Yin (2018) drei Massnahmen vor: *erstens* die Verwendung mehrerer Datenquellen, *zweitens* die Erstellung einer Nachweiskette ('chain of evidence') und *drittens* die Überprüfung des Fallstudienberichts durch die Hauptinformanten. Die *erste* Massnahme wird hauptsächlich durch die Triangulation von Datenquellen erreicht, die es ermöglicht, Informationen durch eine Kombination von verschiedenen Auskunftspersonen, Dokumenten und Erhebungsmethoden zu überprüfen (Yin, 2018). In dieser Forschungsarbeit wurde dies dadurch umgesetzt, dass einerseits für jeden Fall mehrere Experten befragt wurden und anderseits die Informationen aus den Interviews durch weitere Informationsquellen (z.B. Artikel, interne Dokumente, Webseiten – vgl. dazu Tabelle 4, S. 89) überprüft und ergänzt wurden. Die *zweite* Massnahme bezieht sich auf die Möglichkeit des Lesers der Fallstudie, die Daten und die Analyse von der anfänglichen Formulierung der Forschungsfrage bis zu ihren endgültigen Schlussfolgerungen nachvollziehen zu können (Yin, 2018). Die Dissertation versucht diese Massnahmen durch eine nachvollziehbare Herleitung der neuen Erkenntnisse auf der Basis von vorhergehenden erlangten Ergebnissen zu erreichen. Dies wurde unter anderem durch eine ausführliche deskriptive Fallbeschreibung, eine detaillierte Ausführung sämtlicher Operationalisierungs- und Analyseschritte sowie die Darstellung von Zwischenergebnissen in zusammenfassenden Tabellen angestrebt. Die *dritte* Massnahme einer Überprüfung der Informationen durch die Informationsgeber selbst wurde in dieser Forschungsarbeit so umgesetzt, dass einerseits sämtliche Transkripte der Interviews durch die Befragten auf Richtigkeit überprüft wurden und anderseits auch die deskriptiven Fallbeschreibungen durch die jeweiligen Experten gegengelesen werden konnten. Beides führte zu kleineren Anpassungen, welche entsprechend in die Arbeit übernommen wurden.

3.2.1.2 Externe Validität

Die externe Validität gibt Auskunft darüber, wie genau die Ergebnisse das untersuchte Phänomen repräsentieren, und stellt die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse fest (Ellram, 1996). Hierbei geht es nach Yin (2018) bei Fallstudien darum aufzuzeigen, ob und wie die

Ergebnisse über den einzelnen Fall hinaus verallgemeinert werden können. Dies erfolgt bei einer qualitativen Forschung nicht über statistische Verfahren, sondern über die analytische Verallgemeinerung (‘analytic generalization’). Um diese analytische Verallgemeinerung zu ermöglichen, muss bei der Auswahl der Fälle bewusst die Replikationslogik berücksichtigt werden, damit die Ergebnisse dann auch effektiv verglichen und verallgemeinert werden können (Eisenhardt, 2021).

In dieser Dissertation erfolgte die Fallauswahl entsprechend nach dem theoretischen Sampling, was der theoretischen Replikation (‘theoretical replication’) entspricht, bei der die Fälle auf der Grundlage der voraussichtlichen gegensätzlichen Ergebnisse aus erwartbaren Gründen ausgewählt werden (Yin, 2018). Das heisst, es wurden bewusst unterschiedliche Fälle gewählt, da zu erwarten ist, dass diese Unterschiede auch unterschiedliche Ergebnisse ergeben werden. In Kapitel 1.2.2 (S. 85) wurde die Fallauswahl ausführlich begründet, wobei die definierten Unterschiede wiederum auf den Erkenntnissen aus der Literatur basierten.

3.2.1.3 Reliabilität

Bei der Reliabilität geht es um die Wiederholbarkeit einer Studie und ob bei einer Wiederholung dieselben Ergebnisse erzielt werden können (Ellram, 1996). Wie Yin (2018) ausführt, ist die Wiederholung einer Fallstudie in der Praxis kaum möglich, dennoch sollten die Fallstudien so weit dokumentiert werden, dass eine Wiederholung zumindest theoretisch möglich wäre. Diese Dokumentation erfolgt einerseits durch ein detailliertes Fallstudienprotokoll, welches den Leitfaden für die Datenerhebung darstellt, und anderseits durch die Erstellung einer Datenbank für alle relevanten Informationen. Der Leitfaden für die Datenerhebung war im Fall dieser Dissertation der Interviewleitfaden (vgl. Anhang 2), welcher die wichtigsten zu erhebenden Fragen sowie Konzepte beinhaltet. Dieser Interviewleitfaden basiert dabei auf dem entwickelten konzeptionellen Modell einer Blockchain-Anwendung und diente daher nicht nur als Leitfaden für die Experteninterviews, sondern auch für die generelle Informationsbeschaffung sowie für die anschliessende Erstellung der detaillierten Fallbeschreibungen. Neben diesem detaillierten Fallstudienprotokoll wurde für diese Dissertation eine Datenbank auf Atlas.ti erstellt, in der alle transkribierten Experteninterviews sowie die audiovisuellen Aufnahmen der Interviews abgelegt wurden. Auf der Datenbank sind alle verwendeten Codes sowie die Kodierung der Texte gespeichert und nachvollziehbar einsehbar.

3.2.2 Kritische Betrachtung und methodische Abgrenzung

Bei einer differenzierten Betrachtung der einzelnen Gütekriterien lassen sich einige kritische Aspekte des methodischen Vorgehens in dieser Dissertation identifizieren. Mit Blick auf die Konstruktvalidität fällt der starke Fokus auf Experteninterviews auf. Eine weitergehende Datentriangulation hätte hier allenfalls ein vertieftes Verständnis für die einzelne Blockchain-Anwendung ergeben. Allerdings gibt es bei vielen untersuchten Blockchain-Anwendungen keine weiteren Informationsquellen, und daher wurde die Datentriangulation mittels mehrerer Interviews pro Fall versucht. Der einzige Fall, bei dem dieses Vorgehen nicht restlos funktionierte, da keine weiteren direkt involvierten Experten einem Interview zustimmten, war die Fallstudie 4. Gerade diese Blockchain-Anwendung ist aber sowohl in der Literatur als auch auf den eigenen Webseiten sehr gut dokumentiert. Insbesondere sind sämtliche Verträge, Rechte- und Teilnahmekonzepte sowie Preismodelle öffentlich zugänglich.

Mittels einer möglichst detaillierten und vollständig transparenten Besprechung aller Vorgehens- und Analyseschritte wurde in dieser Dissertation versucht, eine möglichst 'lückenlose' Nachweiskette zu erstellen. Diese sollte es dem Leser ermöglichen, der Herleitung aller Erkenntnisse von der Forschungsfrage bis zu den verallgemeinerten konzeptionellen Aussagen folgen zu können. Allerdings ist bei einer qualitativen Fallstudie nicht von der Hand zu weisen, dass der ganze Forschungsprozess sehr stark von den individuellen Fähigkeiten der beteiligten Forscher abhängt und dabei gerade das eher intuitive, laterale und konzeptionelle Denken im Vordergrund steht (Stuart et al., 2002; Eisenhardt, 2021). In dieser Hinsicht wäre es sicherlich vorteilhaft gewesen, neben der Datentriangulation auch die Forschertriangulation als Massnahme einzuführen, was aber im Rahmen einer Dissertation nicht infrage kommt. Um trotzdem eine 'Forscher'-Triangulation zu simulieren, wurden die Transkripte und die deskriptiven Fallbeschreibungen den Experten zur Prüfung zugestellt.

Um dieser 'Subjektivierung' entgegenzuwirken, wurde in dieser Dissertation bewusst oft auf der Basis von theoretischen Überlegungen und konzeptionellen Modellen gearbeitet, was bis und mit der Datenerhebung mittels eines konzeptionell hergeleiteten Interviewleitfadens sehr gut funktioniert hat. Danach wurde die Ausarbeitung aber immer stärker intuitiv und gerade bei der Interpretation und Verallgemeinerung der Ergebnisse wurden viele Muster und Zusammenhänge scheinbar 'zufällig' gefunden. Diese scheinbare 'Zufälligkeit' ist qualitativer

Forschung sicherlich inhärent und auch gesucht, da Daten nicht als 'Spiegel der Realität' gesehen werden, die man nur 'vermessen' kann, um der 'Wahrheit' auf die Spur zu kommen, sondern die Erkenntnisse über die wahrgenommene Realität werden im Dialog mit dem empirischen Material erlangt (z.B. Alvesson & Kärreman, 2007). Dennoch bleibt die Vermutung im Raum stehen, dass noch weitere oder andere Erkenntnisse und Aussagen möglich gewesen wären, dass – um bei der Metapher zu bleiben – im Dialog mit den Texten nicht genug gut zugehört wurde.

Dieser letzte Punkt ist insofern kritisch, als der Verfasser dieser Dissertation sich in den letzten sechs Jahren intensiv mit der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management auseinandergesetzt hat – und dies nicht nur im Rahmen dieser Arbeit, sondern vor allem auch im Kontext seiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Forscher bei einer Schweizer Hochschule, bei der er mehrere Blockchain-Forschungsprojekte[37] betreuen durfte. Entsprechend ist davon auszugehen, dass bei der Interpretation und Verallgemeinerung auch Wissen einfloss, welches nicht direkt aus den untersuchten Fallstudien stammt. Allerdings meint gerade Eisenhardt (1989b), dass dieser Einbezug einer weiteren 'Realität' im Rahmen einer Fallstudie nicht als Voreingenommenheit verstanden werden muss, sondern als eine Bereicherung des Theoriebildungsprozesses (vgl. dazu auch: Flyvbjerg, 2006).

Wie Flyvbjerg (2006) weiter ausführt, werden Fallstudien auch immer wieder dafür kritisiert, dass sie dazu neigen, einfach die vorgefasste Meinung des Forschers zu bestätigen. Dieser 'bias toward verification' ist allerdings in der Praxis weniger anzutreffen, als erwartet werden könnte, und kann auch aus erkenntnistheoretischen Überlegungen entkräftet werden. Denn wie Hammersley und Gomm (1997) in ihren Ausführungen betonen, kann man aus erkenntnistheoretischer Sicht nur dann wirklich von einem 'Bias' in der Forschung sprechen, wenn der Forscher schuldhaft und systematisch falsche Daten und Ergebnisse erzeugt und daraus fehlerhafte Schlussfolgerungen zieht, die in erster Linie durch ein aktives Engagement für ein anderes Ziel als den Erkenntnisgewinn motiviert sind. Insofern kann in dieser Dissertation nicht von einem Bias des Forschers gesprochen werden, da zum einen der reine Erkenntnisgewinn immer im Vordergrund stand und zum anderen die gewonnenen

[37] Keines der Projekte hatte einen Bezug zu dieser Dissertation – einige Projekte sind als Artikel im Verzeichnis aufgelistet.

Erkenntnisse nicht den zu Beginn der Dissertation erwarteten Ergebnissen entsprachen und damit selbst für den Autor dieser Dissertation überraschend waren.

Bei Fallstudien kann auch die Fallauswahl immer kritisch betrachtet werden (Creswell & Poth, 2018), vor allem wenn die Fälle auf einer eher schwachen theoretischen Basis ausgewählt werden (Yin, 2018). Eisenhardt (2021) schlägt daher vor, dass bei der Fallauswahl darauf geachtet wird, ob das zentrale Phänomen voraussichtlich vorhanden sein wird. Auch wenn versucht wurde, diesen Prinzipien von 'theoretical' und 'purposful sampling' zu folgen, zeigte sich bei der Auswertung, dass unter den fünf Fallstudien keine Blockchain-Anwendung als dezentrale Gesamtlösung mit einer dezentralen Applikation konzipiert war. Diese Lücke kann kritisch betrachtet werden, da anzunehmen ist, dass solche dezentralen Blockchain-Anwendungen gerade auf der Applikations- und Kontextebene wesentliche Unterschiede aufweisen, die in dieser Dissertation nicht genügend einbezogen werden konnten. Es stellt sich jedoch die Frage, ob solche dezentralen Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management überhaupt im Einsatz sind – nach Kenntnis des Autors sind sie es nicht – und wenn ja, wie der Informationszugang zu diesen dezentralen Anwendungen geregelt wäre.

3.3 Konklusion und Beantwortung der empiriegeleiteten Fragestellungen

Das Hauptziel dieser Dissertation ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management eine Mehrwert stiftende Rolle in der praktischen Anwendung generieren kann. Um diese Hauptfragestellung nach den Voraussetzungen und Bedingungen beantworten zu können, wurden zum Schluss des theoretischen Teils in Unterkapitel 3.2 (vgl. Teil II, S. 75) auf der Basis der erarbeiteten konzeptionellen Modelle zwei empiriegeleitete Teilfragestellungen abgeleitet. Diese zwei Teilfragestellungen sowie die Hauptfragestellung lauteten wie folgt:

Empiriegeleitete Teilfragestellung 1*:* Welche Voraussetzungen müssen im weiteren Supply-Chain- und Anwendungskontext erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Empiriegeleitete Teilfragestellung 2: Welche Bedingungen sollten bei der Umsetzung einer Anwendung auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene berücksichtig werden, damit die

Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Empiriegeleitete Hauptfragestellung: Welche Voraussetzungen und Bedingungen müssen in der Praxis erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Im Folgenden werden zuerst die beiden empiriegeleiteten Teilfragestellungen besprochen, um zum Schluss in einer zusammenführenden Konklusion die Hauptfragestellung zu den Voraussetzungen und Bedingungen beantworten zu können.

3.3.1 Teilantwort 1: Fokus auf Dezentralität und Transparenz

In diesem ersten Unterkapitel gilt es, folgende empiriegeleitete Teilfragestellung zu beantworten: Welche Voraussetzungen müssen im weiteren Supply Chain- und Anwendungskontext erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?

Mit Blick auf den erweiterten Supply-Chain- und Anwendungskontext zeigen die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Dissertation deutlich, dass es **ein Vertrauensproblem in der Supply Chain** braucht, damit die Blockchain-Technologie Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Dabei sollte aber das Vertrauensproblem nicht aus der Abwesenheit eines funktionierenden Informationsaustausches geschlossen werden. Denn der mangelhafte Informationsaustausch kann auch an den Interessenskonflikten, an alten und intransparenten Supply-Chain-Strukturen, an der fehlenden Digitalisierung oder schlicht an dem zu unvorteilhaften Kosten-Nutzen-Verhältnis liegen. Das sind alles Aspekte, die auch bei Blockchain-Anwendungen eine Rolle spielen und auch noch besprochen werden müssen. Vorerst kann aber festgehalten werden, dass im **Fokus jeder Blockchain-Anwendung die Vertrauensbildung bei den Supply-Chain-Akteuren** in der Aufbewahrung und Verwaltung von Daten, Informationen und Transaktionen liegen sollte.

Ein Vertrauensproblem ist allerdings noch keine hinreichende Bedingung für den Mehrwert der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management. Wie die Erkenntnisse aus den empirischen Ergebnissen deutlich zeigen, kann **ein Vertrauensproblem auch im Kollektiv über**

die Bildung eines Konsortiums von mehreren Supply-Chain-Akteuren gelöst werden. Hierbei spielen wiederum die Supply-Chain-Governance-Strukturen eine entscheidende Rolle, denn gerade in **Supply Chains mit integrierten und dominanten Governance-Strukturen** können durch die Supply Chain Leaders horizontale Konsortien gebildet werden, die dann – allenfalls über den Umweg einer proprietären Gesamtlösung mit einer Permissioned Blockchain – dank detaillierten **'off-chain'-Governance-Modellen** den weiteren Supply-Chain-Akteuren **ihre Systemlösung** als **vertrauenswürdige Drittpartei in einem 'Managed Service'** anbieten können. Diese Entwicklung von einer ursprünglich Blockchain-basierten Proprietären-Gesamtlösung zu einem klassischen Drittpartei-Modell ist auch auf die **Komplexität und Ineffizienz der Blockchain als Netzwerktechnologie** sowie die oft **mangelnden IT-Ressourcen** bei vielen kleineren Supply-Chain-Akteuren zurückzuführen.

Eine etwas andere Rolle spielt die Blockchain wohl bei offeneren **marktbasierten Supply-Chain-Governance-Strukturen** und vor allem, wenn **Einzellösungen** nicht auf der Basis von Netzwerkeffekten angestrebt werden. In diesen Situationen scheint der Aufbau einer proprietären Netzwerk-Infrastruktur wegen der hohen Investitionskosten und der mangelhaften Skalierungsmöglichkeiten schwierig bis unmöglich, wodurch **Permissionless-Blockchain-Systeme als öffentliche und vertrauenswürdige Netzwerk-Infrastrukturen** für einzelne Supply-Chain-Akteure einen Mehrwert in der Vertrauensbildung im Supply Chain Management darstellen können. Diese Vertrauensbildung gelingt dabei über die Unveränderlichkeit der Informationen, welche ihrerseits durch die Dezentralität und Transparenz der Blockchain-Technologie garantiert wird.

Die **Dezentralität und verteilte Transparenz von Permissionless Blockchains** sind somit eigentlich Mittel zur Bildung der oft zitierten Datenintegrität und damit zur Vertrauensbildung. Sie sind aber für sich selbst kein ausreichender Zweck. Mit anderen Worten: Ohne Vertrauensproblem braucht es auch keine Blockchain-basierte Dezentralität zur Schaffung von Transparenz (Visibilität) und Datenintegrität in der Supply Chain. Dies bedeutet aber auch, dass die Bereitschaft bei den Supply-Chain-Akteuren zur Abgabe der Kontrolle über die eigenen Daten und Informationen an unbekannte Netzwerk-Teilnehmer eine weitere elementare Voraussetzung ist. Ebenso muss die Schaffung von Transparenz ein klares Ziel bei allen beteiligten Supply-Chain-Akteuren sein. Denn wie die empirischen Erkenntnisse gezeigt haben, scheint gerade bei Akteuren in Supply-Chain-Strukturen, welche

sich über Jahrzehnte auf der Basis von Intransparenz gebildet haben, eine erhöhte Transparenz nicht zwingend erwünscht zu sein. Im Gegenteil haben es Blockchain-Anwendungen in solchen auf Intransparenz-basierenden Supply-Chain-Strukturen von Beginn an sehr schwierig.

3.3.2 Teilantwort 2: Fokus auf öffentliche Daten und Netzwerke

Die zweite zu beantwortende empiriegeleitete Teilfragestellung lautet: Welche Bedingungen sollten bei der Umsetzung einer Anwendung auf Applikations-, Netzwerk- und Protokollebene berücksichtig werden, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?
Blockchains im Sinne eines Netzwerk-Modells sind im Vergleich zu den eher traditionellen Drittpartei- und Transfer-Modellen aufgrund des verteilten und dezentralen Netzwerks ineffizienter und langsamer als zentral geführte Informationssysteme. Der angestrebte Mehrwert einer Blockchain-Technologie sollte entsprechend nicht Effizienzgewinne oder die Automatisierung und Optimierung von bestehenden Prozessen sein, denn dafür gibt es effizientere und technisch einfachere Lösungen. Stattdessen sollte das Hauptaugenmerk auf der **Innovation der Leistungserstellung sowie des Leistungsangebotes** liegen.

Eine weitere Bedingung auf Applikationsebene, damit die Blockchain-Technologie Mehrwert stiftend im Supply Chain Management eingesetzt werden kann, ist das **Vorhandensein der benötigten Daten und Informationen**. Diese Daten können über Sensoren direkt aus der physischen Welt stammen, sie können über Schnittstellen von anderen Systemen übertragen werden oder sie können auch manuell über eine Benutzeroberfläche eingegeben werden. Entscheidend ist, dass diese Daten von allen beteiligten **Supply-Chain-Akteuren als 'vertrauenswürdig' akzeptiert** werden und insofern auch nicht angezweifelt werden. Dies bedeutet auch, dass bei Vertrauensproblemen auf der Ebene der Datenerhebung und -übermittlung die Blockchain-Technologie keinen Mehrwert bieten kann und andere technische Lösungen aus dem IoT-Bereich in den Vordergrund rücken.

Um die Transparenz und die Dezentralität zu garantieren, sollten einmal übermittelte Daten auch jederzeit öffentlich zugänglich und für alle anonym überprüfbar sein. Diese Überprüfung bezieht sich in erster Linie auf die 'Unveränderlichkeit' und damit auf die Integrität der einmal übermittelten Informationen über die Zeit. Entsprechend sollten einerseits nur Informationen

mit **'Öffentlichkeits-Charakter'** an eine Blockchain übermittelt werden. Anderseits kann auch die Übermittlung über eine proprietäre Applikation erfolgen, wenn die Datenübermittlung nicht im Fokus der Vertrauensbildung liegt. Alternativ kann auch die Applikation direkt auf einer Permissionless Blockchain dezentralisiert werden. Diese Ausgestaltungsform einer **Blockchain-Anwendung als dezentrale Gesamtlösung** ist im Supply Chain Management allerdings weitestgehend unbekannt und wurde auch im Rahmen dieser Dissertation nicht untersucht.

Um einen **Lock-in-Effekt zu vermeiden** und auch die **Netzwerk-Unabhängigkeit jederzeit** mit der Blockchain-Anwendung zu wahren, sollte die Applikation jederzeit auf eine andere Blockchain-Infrastruktur migriert werden können – unabhängig davon, ob es sich um proprietäre oder dezentrale Applikation handelt. Diese **'Blockchain-Agnostik'** lässt sich in der Praxis am besten erreichen, wenn die Blockchain-Anwendung von Anfang an innerhalb eines **Blockchain-Ökosystems** entwickelt wird, in dem es **mehrere unabhängige, aber miteinander kompatible Blockchains** gibt. Ein solches Blockchain-Ökosystem hat sich zum Beispiel rund um die Ethereum-Blockchain gebildet. Wichtig ist dabei, dass der Zugang zum Blockchain-Netzwerk jederzeit möglich ist – auch **anonym und ohne jegliche Zugangsbeschränkung**. Allerdings darf die Netzwerkteilnahme auch nicht zwingend sein, da – wie bereits besprochen – für viele Supply-Chain-Akteure eine aktive Teilnahme an einem Blockchain-Netzwerk nicht infrage kommt und der **Zugang über einen 'Managed Service'** in Form von mehreren öffentlichen Knoten oder der Applikation selbst möglich sein muss.

Zu beachten gilt es weiter, dass sich der vertrauensbildende Effekt der Blockchain-Anwendung am Ende vollständig auf das Vertrauen in die gewählte öffentliche Blockchain stützt. Da allerdings für die meisten Supply-Chain-Akteure eine direkte Überprüfung der Quellcodes, Protokolle und Programme schwierig bis unmöglich ist, wird das Vertrauen am Ende nicht auf der Protokollebene, sondern auf der Netzwerkebene gebildet. Die einzelnen Akteure müssen dementsprechend in der Praxis dem **vollständig verteilten und dezentralen Blockchain-Netzwerk** vertrauen. Welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit einem **vollständig verteilten und dezentralen Netzwerk** in der Praxis ohne Einbezug einer vertrauenswürdigen Drittpartei vertraut werden kann, ist eine offene Frage, welche in dieser Dissertation erst gestreift wurde. Sicherlich muss aber zur Vermeidung einer zentralen Kontrollinstanz einerseits die gesamte **Entwicklung und Verwaltung vollständig quelloffen** über eine für alle

offene und breit abgestützte Community erfolgen, und anderseits muss auf der Blockchain selbst in Form von **Smart Contracts ein 'Shared Governance Model'** zur gemeinsamen und transparenten Entscheidungsfindung umgesetzt sein.

3.3.3 Konklusion: Voraussetzungen sowie harte und weiche Bedingungen

In dieser abschliessend Konklusion wird die folgende empiriegeleitete Hauptforschungsfrage als Zusammenfassung der beiden Teilfragestellungen beantwortet: *Welche Voraussetzungen und Bedingungen müssen in der Praxis erfüllt sein, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann?*

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Dissertation zeigen deutlich, dass das ***Vorhandensein eines Vertrauensproblems*** in der Supply Chain die ***erste Voraussetzung*** ist, die erfüllt sein muss, damit die Blockchain-Technologie einen Mehrwert schaffen kann. Die oft zitierte Aussage, dass eine Blockchain primär Vertrauen in Supply Chains schaffen kann, scheint damit auf den ersten Blick bestätigt. Allerdings zeigte die vertiefte Analyse, dass eine Blockchain-Anwendung nur ganz bestimmte Vertrauensprobleme lösen kann und auch nur unter spezifischen Voraussetzungen und Bedingungen. So zeigen die Erkenntnisse deutlich, dass die Blockchain-Technologie keine Vertrauensprobleme auf der Ebene der Datenerhebung und -übermittlung lösen kann, sondern auf 'vertrauenswürdige' Daten und Informationen aus der physischen Welt angewiesen ist.

Aus der Erforschung des weiteren Supply-Chain- und Anwendungskontextes kann weiter geschlossen werden, dass das Vertrauensproblem in Supply Chains nur dann Mehrwert stiftend mit der Blockchain-Technologie angegangen werden kann, wenn die Supply-Chain-Akteure bereit sind, ihre Daten und Informationen transparent einer öffentlichen und frei zugänglichen Blockchain zu übergeben. In dieser Hinsicht sind die ***uneingeschränkte Transparenz und Dezentralisierung*** von Permissionless Blockchains als ***weitere Voraussetzungen*** erforderlich, da sich sonst früher oder später eine zentrale Kontrollinstanz mit einem 'Managed Service' als vertrauenswürdige Drittpartei im Netzwerk durchsetzen wird, und die Blockchain als grundsätzlich ineffiziente Netzwerktechnologie hinfällig wird. Dies vor allem, weil für die meisten Supply-Chain-Akteure eine aktive Teilnahme an einem Permissioned Blockchain-Netzwerk aufgrund von dessen Komplexität und den eigenen beschränkten IT-Ressourcen nicht infrage kommt.

Damit diese **drei Voraussetzungen** eines (1) lösbaren Vertrauensproblems, einer (2) uneingeschränkten Daten- und Informationstransparenz sowie der (3) vollständig dezentralen Netzwerkkontrolle erfüllt werden können und der Einsatz der Blockchain-Technologie in der Praxis effektiv einen Mehrwert erzielen kann, **müssen seitens der Blockchain-Anwendung einige Bedingungen eingehalten werden**. Auf der Grundlage der empirischen Ergebnisse lassen sich diese wie folgt zusammenfassen:

(i) Benötigte Daten und Informationen sind vorhanden und können effizient erfasst und übermittelt werden.
(ii) Übermittelte Daten und Informationen müssen von allen Supply-Chain-Akteuren als vertrauenswürdig akzeptiert werden.
(iii) Übermittelte Daten haben für alle 'Öffentlichkeits-Charakter' und können frei zugänglich gemacht werden.
(iv) Applikation (prioritär oder dezentral) läuft auf einer vollständig verteilten und dezentralen Blockchain-Infrastruktur.
(v) Teilnahme am Blockchain-Netzwerk ist für alle jederzeit und anonym möglich – es gibt keine Zugangsbeschränkung.
(vi) Blockchain-Protokolle werden nach dem Open-Source-Ansatz entwickelt und verwaltet.

Neben diesen **'harten' Bedingungen**, welche eingehalten werden müssen, lassen sich einige 'weiche' Bedingungen erkennen, welche nicht eingehalten werden müssen, aber zu einem gesteigerten Mehrwert der Blockchain-Anwendung beitragen:

(i) Im Fokus der Blockchain-Anwendung steht die Innovation der Leistungserstellung und/oder des Leistungsangebotes.
(ii) Applikation (prioritär oder dezentral) sollte Blockchain-agnostisch entwickelt werden, d.h. in einem Blockchain-Ökosystem mit mehreren unabhängigen, kompatiblen Blockchain-Netzwerken.
(iii) Im Sinne eines 'Managed Service' ist der Zugang zum Netzwerk über mehrere zur Verfügung stehende öffentliche Knoten möglich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aufgrund der empirischen Erkenntnisse und mit Bezug auf die theoretischen Überlegungen einige Voraussetzungen und Bedingungen erarbeitet werden konnten, welche erfüllt sein müssen oder zumindest sollten, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management in der Praxis Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Allerdings sind diese Erkenntnisse noch auf einem hohen wissenschaftlichen Abstraktionsniveau und bedürfen daher noch ihrer anwendungsorientierten Konkretisierung. Dies soll im folgenden Gestaltungsteil erfolgen, wozu nachfolgend noch die entsprechenden gestaltungsgeleiteten Fragestellungen abgeleitet werden.

3.4 Gestaltungsgeleitete Fragestellungen

Die Erkenntnisse und Ergebnisse des empirischen Teils zeigen ein deutliches Bild, wenn es um den Mehrwert der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management geht: Die Voraussetzungen und Bedingungen, die für einen Mehrwert stiftenden Einsatz dieser neuen Technologie erfüllt sein müssen – oder teilweise zumindest sollten –, schränken in der Praxis deren Nutzen im Supply Chain Management erheblich ein. So kann zum Beispiel auf der Basis der Erkenntnisse dieser Dissertation der Mehrwert der Blockchain-Technologe bei einer Anwendung im Rahmen eines Konsortiums stark angezweifelt werden. Generell lassen gerade die im Supply-Chain-Kontext stark verbreiteten Permissioned Blockchains einige Eigenschaften vermissen, welche sie deshalb für einen Mehrwert stiftenden Einsatz als Netzwerk-Technologie ungeeignet erscheinen lassen. Dass unter diesen Umständen kaum Blockchain-Anwendungen über die ersten Test- und Experimentierphasen hinauskommen, kann entsprechend nicht wirklich überraschen.

Auch bei den untersuchten Fallstudien hat sich gezeigt, dass von den fünf Blockchain-Anwendungen zum Ende der empirischen Erhebung Mitte des Jahres 2021 mit ‘Hologram‘ (Fallstudie 1) und ‘MedTech‘ (Fallstudie 5) gerade noch zwei die Blockchain-Technologie effektiv im Einsatz hatten, wobei es bei ‘MedTech‘ wohl auch nur noch eine Frage der Zeit ist, bis auf ein Drittpartei-Modell mit einer vertrauenswürdigen Kontrollinstanz gewechselt wird. Viele Blockchain-Anwendungen, welche in den Medien und in der Literatur als Beispiele für den Einsatz dieser neuen Technologie dargestellt werden, müssen daher wohl zu Recht zu jenen ‘Blockchain-Memes‘ gezählt werden, die bewusst – oder allenfalls unbewusst – auf

wesentliche Elemente der Blockchain-Technologie verzichten oder ‘Blockchain‘ sogar von vornherein als Marketinginstrument verwenden.

Dieses Fehlen von positiven Anschauungsbeispielen macht es für die Unternehmen besonders schwierig zu beurteilen, welchen Mehrwert diese neue Technologie tatsächlich erzeugen kann. Dies gilt umso mehr, als die wissenschaftliche Literatur auch in dieser Hinsicht bisher sehr vage und allgemein gehalten ist. Diese Dissertation ist daher mit dem Anspruch verfasst worden, aus Sicht von Praxis und Wissenschaft einen wesentlichen Beitrag zur Schliessung dieser Wissenslücke beizutragen. Mit den zusammenfassenden Erkenntnissen aus den empirischen Ergebnissen in Form von klaren Voraussetzungen und Bedingungen für den Mehrwert stiftenden Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management ist ein erster Schritt in diese Richtung getan worden.

In einem zweiten Schritt sollen nun diese noch sehr allgemein gehaltenen Erkenntnisse für die Forschung und vor allem auch Praxis konkretisiert werden. Mit Bezug auf die Forschung sollen daher im folgenden Gestaltungsteil die nachfolgenden Fragestellungen geklärt werden:

1) Welche Implikationen haben die empirischen Erkenntnisse auf die theoretischen Überlegungen dieser Dissertation, insbesondere die Supply-Chain-Integrationstheorie?
2) Welche Empfehlungen können auf der Grundlage der empirischen Erkenntnisse für die weitere Forschung zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management gegeben werden?

Mit Blick auf die Praxis werden sodann folgende Fragen geklärt:

3) Wie können die unterschiedlichen Supply-Chain-Akteure konkret abschätzen, ob sich in ihrem Kontext ein Blockchain-Projekt aus wirtschaftlichen Überlegungen lohnen könnte?
4) Welche Handlungsempfehlungen können auf der Basis der empirischen Erkenntnisse den verschiedenen Supply-Chain-Akteure im Umgang mit der Blockchain-Technologie gegeben werden?

IV GESTALTUNGSTEIL

1 Handlungsempfehlungen Forschung

Die empirischen Ergebnisse aus dem vorherigen Teil haben mit Bezug auf die theoretischen Überlegungen – dargelegt in Teil II dieser Dissertation – einige Implikationen, welche im Folgenden einzeln besprochen und begründet werden sollen. Dabei wird auf das konzeptionelle Modell des Informationsaustausches, die Rolle von Transparenz und Vertrauen in Supply Chains, die Supply-Chain-Governance-Strukturen sowie das konzeptionelle Modell einer Blockchain-Anwendung eingegangen. Im Anschluss werden Forschungsempfehlungen dargelegt, welche sich vor allem im Zusammenhang mit Überlegungen zur Dezentralität von Applikationen und Netzwerken sowie von Blockchain-Anwendungen ganz generell ergeben.

1.1 Theoretische Implikationen

1.1.1 Komplexität des Netzwerk-Modells

In den theoretischen Ausführungen zu dieser Dissertation (Teil II, Kapitel 2, S. 38) wurde der ungehinderte Informations- und Wissensaustausch innerhalb der Supply Chain als einer der Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche unternehmensübergreifende Kooperation und Zusammenarbeit identifiziert (vgl. auch: Lee et al., 1997a; Lee et al., 1997b; Leuschner et al., 2013; Stevens & Johnson, 2016; Vanpoucke et al. 2017). Nach dem konzeptionellen Modell von Lee und Whang (2000) kann dieser Informations- und Wissensaustausch in drei idealtypischen Formen erfolgen: (1) dem Transfer-Modell, (2) dem Drittpartei-Modell und (3) dem Netzwerk-Modell. Diese drei Modelle werden dabei von den Autoren grundsätzlich als gleichwertig betrachtet in ihren Auswirkungen auf den Informationsaustausch. Während dies in Bezug auf mehrere Aspekte wie zum Beispiel die Informationsbeschaffung und -übermittlung wohl stimmen mag, zeigen die empirischen Erkenntnisse aber klar, dass die Informationssysteme nach dem Netzwerk-Modell wesentlich komplexer zu verwalten sind und auch von den einzelnen Netzwerk-Teilnehmern wesentlich höhere IT-Fähigkeiten und Ressourcen verlangen.

Diese erhöhte Komplexität und Ressourcennutzung führen letztlich dazu, dass Netzwerk-Informationssysteme viel weniger effizient sind als Systeme, die auf dem Drittpartei- oder

Transfer-Modell basieren. Da aber gerade die Effizienzsteigerung in der Supply Chain eines der Kernanliegen jedes Informationsaustausches ist, weist das Netzwerk-Modell in einem zentralen Bereich konzeptionell einen erheblichen Nachteil gegenüber den anderen Modellen auf. Wie die Fallstudien weiter zeigen, führt der Wunsch vieler Supply-Chain-Akteure nach einem einfachen Zugang zu einem Informationssystem in Verbindung mit dieser Ineffizienz zu einer ‘schleichenden‘ Zentralisierung des Netzwerkes.

Dieser sukzessive Wandel des Informationssystems von einem dezentralen Netzwerk zu einem zentral kontrollierten Drittpartei-Modell hat auch mit dem wachsenden Vertrauen in eine sich herausbildende Entität zu tun. Denn wie sich aufgrund der empirischen Ergebnisse zeigen lässt, gründen die beteiligten Akteure in der Regel zur besseren Koordination der Systementwicklung eine selbständig agierende Kontrollinstanz, welche dann im Verlaufe der Zeit immer mehr Aufgaben von den einzelnen Akteuren übernimmt, mit dem Ziel, sowohl die Zusammenarbeit als auch das Informationssystem selbst effizienter und weniger komplex zu gestalten. Dies führt dann am Ende dazu das, dass das Netzwerk mehr und mehr zu einem traditionellen zentralen Drittpartei-System umgebaut wird.

Auf der Basis dieser Überlegungen muss daher aus theoretischer Sicht davon ausgegangen werden, dass sich in Supply Chains auch in Zukunft vor allem Informationssysteme nach dem Drittpartei- oder Transfer-Modell durchsetzen werden – es sei denn, es gibt spezifische Gründe, weshalb es trotz der höheren Komplexität und Ineffizienz ein Netzwerk braucht. Ein solcher Grund, der gerade vonseiten der Blockchain-Literatur stark propagiert wird, ist das mangelnde Vertrauen gegenüber den anderen Supply-Chain-Akteuren. Ein Argument, das im folgenden Kapitel ausführlicher erörtert wird.

1.1.2 Transparenz ist oft das Problem – nicht Vertrauen

Auf dem Grundsatz, dass fehlendes Vertrauen eines der Haupthindernisse eines ungehinderten Informationsaustausches ist (z.B. Lee & Whang, 2000; Ghosh & Fedorowicz, 2008; Lee & Whang, Bruque-Cámara et al., 2016) und es gerade in Supply Chains oft an einer vertrauenswürdigen Drittpartei fehlt (z.B. Casey & Wong, 2017; Wüst & Gervais, 2018; Pournader et al. 2019; Urban, 2020), wurde sodann theoretisch angenommen, dass das Netzwerk-Modell, basierend auf der Blockchain-Technologie, die ideale Lösung zur Förderung des Informationsaustausches und damit zur angestrebten Erhöhung der Transparenz in Supply

Chains ist. Zwar finden sich in der Literatur auch Hinweise, dass sich Supply-Chain-Akteure vor einer Transparenz fürchten könnten (z.B. Hinckeldeyn, 2019; Roeck et al., 2019; Wang et al. 2019a), allerdings wird dieses Phänomen im Zusammenhang mit der Blockchain-Technologie nicht weiter untersucht und oft wiederum mit dem fehlenden Vertrauen begründet.

In diesem Zusammenhang deuten die empirischen Erkenntnisse dieser Dissertation jedoch darauf hin, dass die 'Furcht vor Transparenz' zumindest in Bezug auf Blockchain-Anwendungen eine weitaus wichtigere und vor allem auch eigenständigere Rolle spielen dürfte, als in der Wissenschaft gemeinhin angenommen wird. Denn in mehreren Fallstudien weigern sich die Unternehmen aufgrund von Geschäftsüberlegungen, mehr Transparenz zu schaffen, auch wenn sie grundsätzlich den anderen Akteuren vertrauen. Insofern scheinen andere Zusammenhänge und Mechanismen am Werk zu sein, die mehr mit der Geschäftslogik und Supply-Chain-Struktur zu tun haben als mit dem Vertrauen in die anderen Supply-Chain-Akteure.

Dabei liegt der Erklärungsversuch nahe, dass sich die heutigen Supply-Chain-Strukturen und Geschäftsbeziehungen aufgrund der fehlenden technischen Möglichkeiten zur Digitalisierung auf der Basis einer hohen Intransparenz über Jahrzehnte gebildet haben. Mit Blick auf die fünf typischen Supply-Chain-Governance-Strukturen von Gereffi et al. (2005) könnte auch vermutet werden, dass sich aufgrund der hohen Komplexität und der tiefen Automatisierbarkeit des Informationsaustausches tendenziell relationale, dominante oder gar interagierte Supply-Chain-Governance-Strukturen gebildet haben (vgl. auch Abbildung 3, S. 48). Es liegt daher nahe, dass Unternehmen, die sich in diesen Strukturen etabliert haben, kein Interesse daran haben, dank neuen Technologien den Informationsaustausch zu intensivieren, um damit nicht nur diese Struktur, sondern auch ihre Position in der Supply Chain zu gefährden.

Insofern überrascht es nicht, dass in den untersuchten Fallstudien in der Regel nur gerade so viel Transparenz geschaffen wurde, wie es die gesetzlichen und regulatorischen Vorschriften bestimmen – und dies unabhängig davon, ob man sich gegenseitig vertraut oder nicht. Für die Supply-Chain-Integrationstheorie bedeutet dies, dass eine Integration oft auch mit neuen Supply-Chain-Governance-Strukturen verbunden ist, was dann gerade von vielen beteiligten Supply-Chain-Akteuren nicht erwünscht ist. Diese Restrukturierung könnte daher ein Grund

sein, warum es zu wesentlich weniger integrativen Kooperationen und Kollaborationen in Supply Chains kommt, als dies aufgrund der Supply-Chain-Integrationstheorie erwartet werden könnte.

1.1.3 Blockchain-Anwendung – den Kontext nicht vergessen

In Bezug auf die Erforschung der Blockchain-Technologie im Supply Chain zeigen die empirischen Erkenntnisse dieser Dissertation, dass der Einsatz dieser neuen Technologie nur dann Mehrwert stiftend sein kann, wenn einige Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sind. Dabei hat sich die Literatur über Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management – wie in der Forschungslücke aufgezeigt (vgl. dazu Kapitel 1.6, S. 33) – zu stark entweder auf die technischen Aspekte oder auf theoretische Überlegungen gestützt. Entsprechend konnte die Wissenschaft nie klare Aussagen dazu machen, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen die Blockchain-Technologie in der Praxis einen Nutzen erzeugen kann. Denn mit dem starken Fokus auf die Technologie ging bei den Forschungsbemühungen ein wesentlicher Aspekt komplett unter: dass Blockchain-Anwendungen nicht als ‘virtuelle Experimente‘ operieren, sondern sich zwingend in einen existierenden Kontext einbetten müssen.

Die Erforschung dieser Einbettung in einen Kontext ist dabei sicherlich schwierig, da es gerade an operativ erfolgreichen Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management fehlt. Diese Dissertation konnte aber aufzeigen, dass mit dem expliziten Einbezug des Kontexts auch gescheiterte Blockchain-Anwendungen Hinweise zu den Voraussetzungen und Bedingungen einer erfolgreichen Anwendung dieser neuen Technologie geben können. Dieses methodische Verständnis, dass gerade aus vordergründigen, theoretisch nicht erklärbaren Anomalien und Mysterien neue Erkenntnisse gewonnen werden können, ist dabei in der Wissenschaft breit anerkannt (vgl. Kuhn, 1962; Alvesson & Kärremann, 2007). Die Erforschung dieser Anomalien und Mysterien bedarf allerdings eines breiten und offenen methodischen Vorgehens, welches wiederum nur mit dem Einbezug des Kontextes von Blockchain-Anwendungen gegeben ist.

In dieser Hinsicht konnte diese Dissertation durch den Einbezug der Kontextebenen nicht nur ein tieferes konzeptionelles Verständnis einer Blockchain-Anwendung entwickeln, sondern auch ein methodisches Modell für die Untersuchung von Anwendungen dieser neuen Technologie für weitere Forschungsvorhaben konzipieren. Dabei zeigen die empirischen Erkenntnisse auf der Basis dieses konzeptionell-methodischen Konzepts einer Blockchain-

Anwendung, dass die meisten Voraussetzungen und Bedingungen eines Mehrwert stiftenden Einsatzes der Technologie den Kontext einer Anwendung betreffen und weniger die technischen Aspekte. Die Implikation für die Forschung ist somit deutlich: Blockchain-Anwendungen können nicht unabhängig vom Kontext entwickelt, untersucht oder verstanden werden.

1.2 Forschungsempfehlungen

1.2.1 Dezentrale Applikationen

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass Unternehmen in der Regel aufgrund der Komplexität von Netzwerken sowie der benötigten IT-Ressourcen davor zurückschrecken, sich aktiv an Blockchain-Infrastrukturen zu beteiligen – ob gross oder klein, spielt dabei keine grosse Rolle. Unternehmen haben sich in den letzten Jahren an die 'Managed Services' der verschiedenen IT-Dienstleister gewöhnt und erwarten einen gleichen Service in Bezug auf die Blockchain-Anwendungen. Aus einer theoretischen Perspektive würden sich daher grundsätzlich Permissionless Blockchains als frei zugängliche und offene Informationssysteme anbieten.

Allerdings bezieht sich dieses 'permissionless' zuerst einmal nur auf die Blockchain-Infrastruktur, also auf das Netzwerk und die Protokolle. Wie die Fallstudie gezeigt hat, entscheiden sich Unternehmen bei der Entwicklung 'ihrer' Blockchain-Anwendung in der Regel dafür, den Zugang zu dieser öffentlichen, dezentralen Infrastruktur über eine proprietäre Anwendung zu regeln. Je nach Situation und Kontext – zum Beispiel, wenn mehrere Akteure eine Blockchain-Anwendung gemeinsam betreiben wollen – kann diese proprietäre Applikationsebene ein Hindernis für die Entfaltung des Mehrwerts der Blockchain-Technologie darstellen.

Insofern müsste vermehrt untersucht werden, wie dezentrale Applikationen (dApps) auf Permissionless Blockchains in einem Unternehmenskontext entwickelt und verwaltet werden können. Es kann dabei nur vermutet werden, dass es dazu wohl einen Community-Ansatz braucht, welcher so von den Unternehmen noch wenig praktiziert und verstanden wird. Denn wie diese Dissertation ebenfalls gezeigt hat, sind Unternehmen grundsätzlich nicht bereit, die Kontrolle freiwillig abzugeben. Wenn diese Kontrolle dann noch von einer undefinierten und

teilweise anonymen ‘Community’ übernommen wird, ist es erst recht fraglich, wie solche dApps für Unternehmen attraktiv sein könnten.

1.2.2 Dezentralität von Blockchain-Netzwerken

Die Untersuchung von Permissioned Blockchains hat gezeigt, dass diese im Laufe der Zeit eine starke Tendenz zur Zentralisierung aufweisen, bis zu dem Punkt, an dem Blockchain als dezentrale Technologie eher störend als hilfreich ist und dementsprechend zunehmend aus dem gesamten ‘Blockchain‘-Netzwerk verdrängt wird. Nun stellt sich die Frage, ob eine solche Zentralisierungstendenz auch bei den Permissionless Blockchains zu beobachten ist. Grundsätzlich zeigt sich in der Literatur, dass solche Permissionless Blockchains oft weniger dezentral sind als vermutet. Allerdings gibt die Literatur keine Antwort darauf, ob diese Netzwerke zentral beginnen und sich dann mit der Zeit dezentralisieren oder ob es wie bei den Permissioned Blockchains eine Verstärkung der Zentralisierung gibt.

Die Ergebnisse dieser Dissertation geben darauf keine klare Antwort, sie zeigen aber, dass beide untersuchten Permissionless Blockchains (Polygon, Ambrosus) ebenfalls zentrale Elemente aufweisen, insbesondere wenn es um die Entwicklung und den Unterhalt der Protokolle geht. Damit aber die Blockchain als Netzwerk-Technologie einen Mehrwert in Form von Vertrauensbildung unter den (unbekannten) Teilnehmern generieren kann, müssen sowohl das Netzwerk als auch die Technologie an sich – die Protokolle – genügend dezentral kontrolliert und verwaltet werden. Die Entwicklung und der Unterhalt der Protokolle durch ein paar wenige würden also sicherlich dem Mehrwert der Technologie zuwiderlaufen.

Permissionless Blockchains müssen entsprechend sowohl auf der Netzwerkebene als auch auf der Protokollebene genügend dezentral sein, damit sie in der Praxis längerfristig einen Mehrwert generieren können. Damit stellt sich aber unweigerlich die Frage, was denn ‘genügend’ dezentral konkret heisst. Sind hundert Validatoren genügend? Oder reichen auch fünfzig? Diese Fragen können aus einer mathematisch-technischen Perspektive beantwortet werden, aber in der Praxis stellt sich doch eher die Frage, ab wann diesen dezentralen Netzwerken seitens der Unternehmen sowie im Endeffekt seitens der Menschen vertraut wird. Welche Voraussetzungen und Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Permissionless Blockchains als ‘genügend’ dezentral wahrgenommen werden?

1.2.3 Dezentrale ‘off-chain‘-Governance

Die Tendenz zur Zentralisierung und die damit verbundene Verschiebung von immer mehr Aspekten der Governance von ‘on-chain’ nach ‘off-chain’ konnte bei den Permissioned Blockchains deutlich beobachtet werden und wurde auch bereits mehrmals erwähnt. Allerdings darf diese Zentralisierung nicht als ‘negativ’ angesehen werden, sondern ist vielmehr eine Entwicklung, die – aus verschiedenen Gründen – den Bedürfnissen der beteiligten Supply-Chain-Akteure entspricht. Insbesondere konnte aufgezeigt werden, dass die Unternehmen mit der Komplexität der Netzwerk-Technologie nicht mithalten können (wollen) und sich grundsätzlich einen ‘Managed Service’ wünschen.

Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Unternehmen in der Praxis aus technischer Sicht in der Regel eine zentrale Systemlösung nach dem Drittpartei-Modell einer dezentralen Lösung nach dem Netzwerk-Modell vorziehen. Da Supply-Chain-Akteure sich nicht an der Netzwerkinfrastruktur beteiligen wollen, stellt sich die Frage, ob für viele Supply-Chain-Akteure ein zentrales Drittpartei-Informationssystem, welches aber von einer dezentralen Kontrollinstanz verwaltet wird, nicht die beste Systemlösung darstellen würde. Dieses Konzept verlangt nach dezentralen ‘off-chain’-Governance-Modellen, über welche dann das zentrale Informationssystem kontrolliert und verwaltet wird.

Statt den Fokus auf die ‘on-chain’-Governance-Modelle für (Permissioned) Blockchains zu legen, könnte sich die Forschung (wie auch die Unternehmen) die Frage stellen, wie ein dezentrales ‘off-chain’-Governance-Modell aussehen könnte. Braucht es dazu Stiftungen? Oder einen Rückgriff auf das Governance-Modell von Genossenschaften? Wie müssten die Rollen- und Rechtekonzepte in einem ‘off-chain’-Netzwerk ausgestaltet sein? Denn wer sagt, dass es für eine dezentrale Governance zwingend die Blockchain-Technologie braucht?

2 Handlungsempfehlungen Praxis

In der Problemstellung zu Beginn dieser Dissertation wurde dargelegt, dass viele Unternehmen – gerade auch KMUs – zwar immer wieder von dem grossen Potenzial und der Innovationskraft der Blockchain-Technologie aus den Medien vernehmen, in der Praxis aber Mühe haben, diesen Mehrwert zu erkennen. Es war daher ein Anliegen der Dissertation,

gerade auch für kleinere Unternehmen wissenschaftlich fundiert und trotzdem praxisnah aufzuzeigen, wie, warum und wo die Blockchain-Technologie mit welchem praktischen Nutzen in der Supply Chain eingesetzt werden kann. Auf der Basis der diskutierten Erkenntnisse soll in den folgenden zwei Kapiteln aufgezeigt werden, *erstens*, wie Unternehmen prüfen können, wann sich eine Investition in ein Blockchain-Projekt lohnen könnte (und wann sicher nicht), und *zweitens*, wie die Unternehmen diese neue innovative Technologie am besten in der Praxis einsetzen können.

2.1 Prüfung eines Blockchain-Projekts

Die Erkenntnisse aus den Fallstudien zeigen, dass ein Mehrwert stiftender Einsatz der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management von einigen Voraussetzungen abhängt, die erfüllt sein müssen, damit ein Blockchain-Projekt in der Praxis erfolgreich umgesetzt werden kann. Im Folgenden werden diese Voraussetzungen einzeln anhand von vier Fragen erörtert, die alle geprüft werden müssen, damit der Einsatz einer Blockchain-Anwendung – und damit ein Blockchain-Projekt – überhaupt weiter in Betracht gezogen werden kann. Unternehmen, die eine Blockchain-Anwendung in Erwägung ziehen, können mittels dieser vier Fragen prüfen, ob ihr Kontext und ihre Supply Chain überhaupt die Voraussetzungen für einen Mehrwert stiftenden Einsatz erfüllen. Erst wenn diese Prüfung der Voraussetzung erfolgreich war, sollten sich die Unternehmen in einem nächsten Schritt mit der Umsetzung auseinandersetzen.

2.1.1 Voraussetzungsprüfung 1: Vertrauensproblem?

Frage 1: Besteht ein konkretes Vertrauensproblem in der Supply Chain?

Die empirischen Erkenntnisse haben gezeigt, dass in der Praxis vorschnell davon ausgegangen wird, dass es in der Supply Chain Vertrauensprobleme gibt. So wurden in mehreren Fallstudien Blockchain-Projekte begonnen, ohne sich vertieft mit dieser essenziellen Frage zu befassen. Dabei scheint auch in der Literatur die Ansicht weitverbreitet zu sein, dass Supply Chains grundsätzlich unter einem Vertrauensproblem leiden – dabei wird aber offensichtlich von einer Erscheinung (mangelnder Informationsaustausch) zu schnell auf eine Ursache (fehlendes Vertrauen) geschlossen. Dabei gibt es in der Praxis mehrere weitere plausible Erklärungen, woran es beim Informationsaustausch scheitert – zum Beispiel an der fehlenden Digitalisierung oder an Geschäftsmodellen, die auf Intransparenz basieren.

Entsprechend empfiehlt es sich, bei dieser Frage eine vertiefte Analyse durchzuführen. So kann zum Beispiel überlegt werden, ob die Supply Chain in einem 'vertrauenslosen' Umfeld operiert, im dem oft von verschiedenen Akteuren Daten, Informationen oder Produkte absichtlich manipuliert und verfälscht werden, ohne dass dies registriert und nachvollzogen werden könnte. Ebenfalls ist zu empfehlen, das Vertrauensproblem so spezifisch wie möglich zu lokalisieren und auf bestimmte Daten und Informationen zu reduzieren. Ein allgemeines 'Unbehagen' reicht nicht als Voraussetzung für eine Blockchain-Anwendung. 'Spezifisch' bedeutet dabei, dass konkret geprüft werden sollte, welche Informationen zwischen welchen Akteuren in der Supply Chain ausgetauscht werden sollten und ob es bei diesem Austausch ein Vertrauensproblem gibt.

2.1.2 Voraussetzungsprüfung 2: Drittpartei?

Frage 2: Besteht eine vertrauenswürdige Drittpartei oder kann eine im Kollektiv gebildet werden?

Diese Frage zielt darauf auf ab, dass nochmals genauer geprüft wird, ob eine von allen involvierten Supply-Chain-Akteuren als vertrauenswürdig akzeptierte Drittpartei den Informationstausch nach dem Transfer- oder Drittpartei-Modell organisieren und kontrollieren könnte. Ein Kollektiv verschiedener Akteure, die sich in einem Konsortium mit dem Ziel zusammenfinden, ein grundsätzlich offenes Informationssystem zu entwickeln und zu verwalten, kann dabei ebenfalls als Drittpartei betrachtet werden. Das charakteristische solcher Transfer- und Drittpartei-Modelle ist die zentrale Kontrollinstanz über das System selbst. Denn gerade bei Konsortien kann diese Kontrollinstanz auch über eine dezentrale 'off-chain'-Governance organisiert und verwaltet werden, womit die Kontrollinstanz selbst dezentralisiert wird – nicht aber die Infrastruktur des Informationssystems, also das Netzwerk und die Protokolle.

Es stellt sich also die Frage, ob es nicht effektiver ist, eine vertrauensvolle Drittpartei mit der Entwicklung und Verwaltung eines gemeinsamen Informationssystems zu beauftragen. Dabei kann diese zentrale Kontrollinstanz auch erst gegründet werden und über ein Konsortium mit dezentralen 'off-chain'-Governance-Strukturen die Anforderungen an eine vertrauensvolle Drittpartei erfüllen. Diese Möglichkeit bietet sich insbesondere bei dominanten und integrierten Supply-Chain-Governance-Strukturen an, bei denen einige wenige Akteure eine

dominante Rolle einnehmen und diese Führungsrolle ‘natürlich‘ für das ganze Ökosystem übernehmen können.

2.1.3 Voraussetzungsprüfung 3: Transparenz?

Frage 3: Besteht die Bereitschaft zu mehr Transparenz bei allen Akteuren?
Wie gezeigt werden konnte, setzt die Blockchain-Technologie zur Vertrauensbildung auf Transparenz und Dezentralität. Die dritte Frage der Voraussetzungsprüfung befasst sich daher mit der Bereitschaft zur Transparenz bei den Supply-Chain-Akteuren. Bei deren Beurteilung sollte berücksichtigt werden, dass es wahrscheinlich in jeder Supply Chain vereinzelt Akteure gibt, die sich gegen eine erhöhte Transparenz sträuben, wenn nicht sogar ganz ablehnen. Diese Ablehnung kann darauf zurückgeführt werden, dass sich die bestehenden Supply-Chain-Strukturen über Jahre in einem intransparenten Umfeld entwickelt haben. Die Annahme, dass alle diese Akteure die Transparenz mit dem Argument der Effizienzsteigerung begeistert befürworten, scheint daher kaum berechtigt zu sein.

Entsprechend muss auch die Bereitschaft zur Transparenz vertieft untersucht werden und es muss sichergestellt sein, dass Akteure, welche allenfalls von der heutigen Intransparenz profitieren (oder zumindest glauben, davon zu profitieren), von einer Transparenzsteigerung ‘überzeugt‘ werden können, bevor ein Blockchain-Projekt in Betracht gezogen wird.

2.1.4 Voraussetzungsprüfung 4: Kontrollabgabe?

Frage 4: Besteht die Bereitschaft zur Abgabe der Kontrolle über die Daten bei allen Akteuren?
Die vierte und letzte Frage der Voraussetzungsprüfung widmet sich der Dezentralität, dem zweiten wichtigen Aspekt der Vertrauensbildung durch die Blockchain-Technologie. Damit die Dezentralität ihren Beitrag zur Vertrauensbildung leisten kann, müssen die Unternehmen auch bereit sein, die Kontrolle über die geteilten Daten an das Blockchain-Netzwerk abzugeben. Dezentrale Blockchain-Netzwerke werden wiederum über den Open-Source-Ansatz durch eine undefinierte und oft auch unbekannte (anonyme) Blockchain-Community entwickelt und verwaltet.

Diese vierte Frage erfordert eine konkrete Prüfung, ob die beteiligten Supply-Chain-Akteure bereit sind, die direkte Kontrolle über ihre eigenen Daten an eine unbekannte Gemeinschaft abzugeben. So wäre beispielsweise der Wunsch, Daten nur in bestimmten geografischen

Regionen zu speichern, ein deutliches Zeichen dafür, dass keine Bereitschaft besteht, die Kontrolle über die eigenen Daten abzugeben.

2.2 Empfehlungen für Umsetzung

Sofern die Voraussetzungsprüfung ergeben hat, dass der Kontext die Grundvoraussetzung für eine Blockchain-Anwendung aufweist, kann nun in einem nächsten Schritt geprüft werden, welche Bedingungen bei einer Umsetzung in der Praxis beachtet werden müssen, damit eine Blockchain-Anwendung Mehrwert stiftend im Supply Chain Management eingesetzt werden kann. Wie bereits ausgeführt wurde, gibt es bei der Umsetzung einer Blockchain-Anwendung 'harte' Bedingungen, die erfüllt werden müssen, und 'weiche' Bedingungen, die zum Mehrwert der Anwendung beitragen, aber nicht unbedingt erfüllt sein müssen. Diese Bedingungen werden im Folgenden nochmals in prägnanten Aussagen zusammengefasst und deren Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung in der Praxis diskutiert.

2.2.1 Umsetzungsbedingung 1: Vertrauenswürdige Daten

Aussage 1 (hart): Vertrauenswürdige Daten **müssen** bereits zur Verfügung stehen oder **müssen** effizient ermittelt werden können.
Die empirischen Erkenntnisse haben gezeigt, dass Blockchain-Anwendungen daran scheitern können, dass die benötigten Daten gar nicht vertrauenswürdig vorhanden sind oder zumindest im Vergleich zum prognostizierten Mehrwert zu akzeptablen Kosten vertrauensvoll generiert werden können. Vertrauensvoll mit Bezug auf die Daten meint, dass die an die Blockchain-Anwendung übermittelten Daten von den anderen beteiligten Supply-Chain-Akteuren nicht angezweifelt werden. Denn die Blockchain-Anwendung kann Daten, welche bereits vor der Übermittlung angezweifelt werden, nicht in 'vertrauenswürdige' Informationen verwandeln.

Sollte sich an diesem Punkt zeigen, dass ein Problem bei der Datenerhebung und -übermittlung besteht, ist es empfehlenswert, sich zuerst mit der sicheren und vertrauenswürdigen Messung und Übermittlung von Informationen zu befassen, bevor eine Blockchain-Anwendung in Betracht gezogen wird. Dies ist dann auch nicht mehr als ein Blockchain-Projekt zu bewerten, sondern eher als ein IoT-Projekt. Denn im Zentrum steht nicht mehr die vertrauensvolle Datenspeicherung und -verarbeitung, bei welcher die

Blockchain helfen könnte, sondern es geht jetzt primär um die Erhebung und Übermittlung von Daten.

2.2.2 Umsetzungsbedingung 2: Öffentlichkeits-Charakter

Aussage 2 (hart): Die zu teilenden Daten **müssen** ‘Öffentlichkeits-Charakter‘ haben.
Diese Bedingung nimmt noch einmal gezielt Bezug auf die beiden letzten Voraussetzungsprüfungen, die sich auf die Bereitschaft zur Transparenz und zum Kontrollverzicht fokussieren. Denn damit die Daten in einer Blockchain-Anwendung über ein dezentrales Netzwerk letztlich tatsächlich transparent über die Welt verteilt werden, müssen sie für die beteiligten Akteure einen ‘Öffentlichkeits-Charakter‘ aufweisen. Denn selbst wenn die Bereitschaft zur Transparenz und zum Kontrollverzicht vorhanden ist, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Daten am Ende auch wirklich transparent, öffentlich und verteilt auf eine Blockchain-Infrastruktur gespeichert werden, wenn diese Daten für die Akteure nicht als öffentlich zugängliche Daten gelten.

Sollte dieser ‘Öffentlichkeits-Charakter‘ nicht gewährleistet sein, kann an dieser Stelle geprüft werden, ob eine Übermittlung von Hashs von den Daten an die Blockchain eine akzeptierte Lösung wäre. Allerdings wäre in diesem Fall noch einmal konkret zu klären, welches Vertrauensproblem mit der Blockchain-Anwendung gelöst wird und ob nicht zumindest die Originaldaten noch öffentlich zugänglich gemacht werden müssten, damit diese jederzeit eingesehen und überprüft werden können. Einzig die Speicherung der Originaldaten wäre in diesem Fall noch unter Kontrolle der Supply-Chain-Akteure, was aber wiederum wenigstens ein Teilvertrauen in diese Akteure bedingt.

2.2.3 Umsetzungsbedingung 3: Permissionless Blockchain

Aussage 3 (hart): Als Infrastruktur für die Anwendung **muss** eine Permissionless Blockchain gewählt werden.
Wie in dieser Dissertation gezeigt werden konnte, können mittel- bis längerfristig nur Blockchain-Anwendungen einen Mehrwert im Supply Chain Management bewirken, welche auf einer öffentlichen Permissionless-Blockchain-Infrastruktur aufgebaut sind. Ab wann eine Blockchain-Infrastruktur als ‘öffentlich’, ‘permissionless’ gilt, ist wissenschaftlich nicht abschliessend definiert, es gibt aber in der Praxis einige Erkennungsmerkmale, welche die Identifizierung vereinfachen sollten: *Erstens* ist der Zugang zu sämtlichen Informationen auf

der Blockchain jederzeit und ohne Registrierung oder Genehmigung möglich. *Zweitens* gibt es einen 'Proof-of-Work'- oder 'Proof-of-Stake'-Konsensmechanismus, bei dem sich genügend viele (z.B. hundert) unabhängige Netzwerkknoten beteiligen. *Drittens*: Open-Source-Ansatz, bei welchem Protokolländerungen anonym und öffentlich vorgeschlagen, diskutiert und entschieden werden. Und *viertens* sind Aufspaltungen des Netzwerks über sog. 'Hard Forks' jederzeit möglich.

2.2.4 Umsetzungsbedingung 4: 'Managed Service'

Aussage 4 (weich): Der Zugriff auf das Netzwerk **sollte** über einen öffentlichen 'Managed Service' möglich sein.

Die Erkenntnisse zeigen, dass viele Unternehmen nicht mehr eine eigne Infrastruktur betreiben wollen, wenn es um Informationssysteme geht. Entsprechend werden viele Supply-Chain-Akteure auch keinen eignen Netzwerkknoten bei einer Blockchain-Anwendung betreiben wollen. Für die Auswahl der Infrastruktur bedeutet dies, dass ein Zugang über öffentliche Netzwerknoten für die Blockchain-Anwendung vorteilhaft sein kann. Dabei ist es wichtig, dass es mehrere öffentliche Knoten gibt, damit der Zugang nicht von einer einzigen Kontrollinstanz verweigert werden kann. Ausserdem sollte es jederzeit möglich sein, ein vollwertiger Knoten des Netzwerks und damit der Infrastruktur zu werden, sodass der Zugang zu sämtlichen auf der Blockchain gespeicherten Daten und Informationen jederzeit möglich ist und von niemandem verweigert werden kann.

Dies ist insofern wichtig, als Blockchain-Anwendungen im Unternehmenskontext in der Regel eine proprietäre Applikationsebene beinhalten. Ein Zugang nur über die Applikation oder nur über einige wenige Knoten würde damit der Dezentralität und verteilten Transparenz der Blockchain zuwiderlaufen. Es muss daher garantiert sein, dass alle Akteure jederzeit den vollständigen Zugriff auf sämtliche Daten auf der Blockchain-Infrastruktur haben – sei dies über den 'Managed Service' von verschiedenen öffentlichen Knoten oder als Notlösung über einen selbstbetriebenen Knoten.

2.2.5 Umsetzungsbedingung 5: Blockchain-agnostisch

Aussage 5 (weich): Die Blockchain-Anwendung **sollte** Blockchain-agnostisch aufgebaut sein. Die Applikation **sollte** auf mehreren verschieden Blockchains laufen können.

Eine weitere Bedingung, die es bei der Umsetzung einer Blockchain-Anwendung zu berücksichtigen gilt, ist die Unabhängigkeit von einer bestimmten Blockchain-Infrastruktur. Mit der Verwendung einer Permissionless Blockchain (vgl. Bedingung 3, Kap. 2.2.3) als Infrastruktur für die Blockchain-Anwendung verlieren die Supply-Chain-Akteure auch die Kontrolle über die Entwicklung und die Verwaltung eines wichtigen Bestandteils der Anwendung. Entsprechend ist es wichtig, dass die Blockchain-Anwendung von Beginn an Blockchain-agnostisch konzipiert wird, und ein Wechsel auf eine andere Blockchain-Infrastruktur ohne grossen Aufwand und vor allem auch schnell möglich ist. Dies ist umso mehr zu empfehlen, als sich zurzeit sämtliche Blockchains noch in einer Entwicklungsphase befinden, und daher regelmässig Protokolländerung durchgeführt werden müssen. Die Fähigkeit, bei einer negativen Entwicklung die gesamte Anwendung effizient auf eine andere Blockchain-Infrastruktur zu migrieren, kann sich daher in Zukunft als ein entscheidender Vorteil herausstellen.

In der Praxis wird diese Migrationsfähigkeit dadurch erreicht, dass ein Blockchain-Ökosystem ausgewählt wird, welches sich durch mehrere unabhängige, aber gegenseitig kompatible Blockchains auszeichnet. Ein solches Ökosystem hat sich zurzeit rund um Ethereum gebildet und wird sich wohl auch in Zukunft noch weiter ausbilden. Entsprechend ist es sicherlich empfehlenswert, zum jetzigen Zeitpunkt als Infrastruktur für eine Blockchain-Anwendung eine Ethereum-kompatible Blockchain[38] zu wählen. Diese Kompatibilität bedeutet, dass Smart Contracts, welche auf einer Ethereum-kompatiblen Blockchain laufen, problemlos auf einer anderen Ethereum-kompatiblen Blockchain eingesetzt werden können.

2.2.6 Umsetzungsbedingung 6: Innovatives Leistungsangebot

Aussage 6 (weich): Im Fokus der Blockchain-Anwendung **sollte** ein innovatives Leistungsangebot stehen.

Zurzeit wird die Blockchain-Technologie gerade im Supply Chain Management noch oft mit dem Ziel einer Steigerung der Effizienz eingesetzt. Allerdings zeigten die Erkenntnisse dieser

[38] Die wichtigsten Ethereum-kompatiblen Blockchains sind zurzeit: Avalanche Contract Chain, Binance Smart Contract, Fantom Opera und Polygon (s. https://www.bitcoinsuisse.com/research/decrypt/season-2021/compatible-competition-empowering-or-encroaching-on-ethereum).

Dissertation, dass die Blockchain als Netzwerk-Technologie sehr komplex und grundsätzlich ineffizient ist. Entsprechend scheint auch der Mehrwert stiftende Einsatz dieser Technologie zur Effizienzsteigerung eher limitiert. Vielversprechender erscheint daher die Entwicklung von neuen, innovativen Leistungsangeboten, welche sich nur dank der Blockchain-Technologie verwirklichen lassen. Um von der vertrauensbildenden Blockchain-Technologie zu profitieren, sollten bei diesen innovativen Leistungsangeboten primär die Interaktion von unbekannten und grundsätzlich anonymen Netzwerkteilnehmern im Vordergrund stehen.

Zwar zeigen die empirischen Erkenntnisse, dass mit der Blockchain-Technologie – bewusst oder unbewusst – der Eindruck eines innovativen Projekts zu Marketingzwecken erzeugt werden kann, was kurzfristig allenfalls auch einen Mehrwert generieren kann (z.B. Bildung eines Konsortiums), doch mittel- bis längerfristig scheint die Blockchain als Marketing keinen nachhaltigen Mehrwert generieren zu können. Im Gegenteil, es könnte auch zu negativen Reaktionen führen, wenn eine schlechte Blockchain-Implementierung erkannt wird und das Ganze nur als 'Blockchain-Meme' wahrgenommen wird.

Des Weiteren muss aufgrund der Erkenntnisse auch davon abgeraten werden, eine Blockchain-Anwendung explizit mit dem Fokus auf den Endkonsumenten zu konzipieren. Es hat sich deutlich gezeigt, dass die Blockchain-Technologie für die Mehrheit der Konsumenten nicht wahrnehmbar ist und entsprechend auch keine vertrauensbildende Wirkung auf die Endkonsumenten generieren kann. Eine Änderung dieser Betrachtung kann zwar nicht ausgeschlossen werden, aber aufgrund der heutigen Kenntnisse ist es eher unwahrscheinlich, dass Konsumenten einer Supply Chain mehr vertrauen, nur weil gewisse Informationen auf einer Blockchain gespeichert und verarbeitet werden. Denn die Frage bleibt: Warum sollten die Konsumenten der Datenerfassung und -übermittlung vertrauen, wenn kein Vertrauen in die Supply-Chain-Akteure besteht?

2.2.7 Umsetzungsbedingung 7: Einzellösung vor Netzwerklösung

Aussage 7 (weich): Einzellösungen **sollten** einer Netzwerklösung vorgezogen werden.

Blockchain-Anwendungen können grundsätzlich als eigenständige Einzellösung von einem Supply-Chain-Akteur für seine Dienstleistung oder Produkte entwickelt werden oder sie können gemeinsam von mehreren Akteuren für den netzwerkübergreifenden

Informationsaustausch konzipiert werden. Da Netzwerklösungen aber in der Regel nur durch den Netzwerkeffekt einen Mehrwert schaffen und entsprechend auf eine schnelle Skalierung angewiesen sind, eignen sich vor allem Unternehmens-Konsortien als Drittpartei zur Entwicklung und Verwaltung solcher Netzwerklösungen. Denn wie eine dezentrale Netzwerklösung, basierend auf einer Permissionless-Blockchain-Infrastruktur, für das Supply Chain Management in der Praxis entwickelt und verwaltet werden sollte, ist zurzeit unklar und bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Gerade eigenständige Einzellösungen bieten sich aber an, um sich mit dieser neuen Technologie auseinanderzusetzen und auch zu lernen. Im Fokus können dabei entweder das Leistungsangebot eines einzelnen Unternehmens (z.B. Produktsicherheit) oder aber neue Angebote entlang komplett neu strukturierter Supply Chains stehen. Dabei können auch KMUs solche eigenständigen Blockchain-Anwendungen für ihre Dienstleistungen oder Produkte auf der Basis der öffentlichen Blockchain-Infrastrukturen konzipieren und umsetzen. Zu beachten gilt es, dass sich der Mehrwert der Anwendung nicht nur durch Netzwerkeffekte ergibt, sondern auch bei einer Anwendung durch einen einzelnen Kunden einen Mehrwert für diesen generieren kann.

3 Zusammenfassung und Konklusion

3.1 Erkenntnisse des Gestaltungsteils

Mit Bezug auf die Forschung konnte im Gestaltungsteil aufgezeigt werden, dass Informationssysteme nach dem Netzwerk-Modell in der Praxis eine starke Tendenz zur Zentralisierung aufweisen und sich früher oder später oft zu einem Drittpartei- oder Transfer-Modell wandeln. Dieser Wandel wird durch das wachsende Vertrauen der Akteure in der Supply Chain in die entstehende Kontrollinstanz sowie durch den Wunsch nach einer Verringerung der Komplexität und einem ‘Managed Service‘-Angebot vorangetrieben. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann aus theoretischer Sicht davon ausgegangen werden, dass sich auch in Zukunft in vielen Situationen ein Informationssystem nach dem Drittpartei- oder Transfer-Modell durchsetzen wird. Denn wie dezentrale Informationssysteme nach dem

Netzwerk-Modell gemeinsam und offen entwickelt und verwaltet werden können, ist noch nicht bekannt und bedarf weiterer Untersuchungen.

Allerdings werden sich Informationssysteme zur Erhöhung des Informationssautauschs in Supply Chains generell wohl weniger schnell durchsetzen können als aufgrund der theoretischen Konzepte der Supply-Chain-Integrationstheorie vermutet werden könnte. Dies, weil einerseits einige Akteure immer noch von den auf Intransparenz basierenden Strukturen profitieren und anderseits oft die Daten und Informationen aufgrund der fehlenden Digitalisierung noch fehlen. Ob Supply Chains ohne externen Druck durch Kunden (Konsumenten) oder durch die Gesellschaft (Regierungen und Behörden) tatsächlich mehr Transparenz schaffen werden, kann zumindest angezweifelt werden. In jedem Fall scheinen die Effizienzgewinne nicht auszureichen, um den Informationsaustausch in den Supply Chains transparenter und umfassender zu gestalten.

Dass gerade der Kontext und damit auch die Supply-Chain-Governance-Struktur als ein wichtiger Aspekt des Kontexts eine wesentliche Rolle bei der Erforschung und Evaluation von Blockchain-Anwendungen spielt, konnte diese Dissertation deutlich aufzeigen. Für die Forschung sowie für die Praxis sind dabei zwei Erkenntnisse hervorzuheben: *Erstens*, dass sich Blockchain-Anwendungen auf der Basis einer Permissioned-Blockchain-Infrastruktur früher oder später von der Blockchain-Technologie verabschieden und *zweitens*, dass fehlendes Vertrauen oft weniger ein Problem ist als generell angenommen. Diese beiden Erkenntnisse führen dazu, dass gerade Informationssysteme auf der Basis von dezentralen ‘off-chain‘-Governance-Modellen in der Supply Chain durchaus ein grosses Potenzial haben könnten, sofern denn die Akteure Transparenz ernsthaft fördern wollen.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse konnten im Rahmen dieser Dissertation sodann wichtige Hinweise dazu gewonnen werden, wie *erstens* die Supply-Chain-Akteure ihren Kontext evaluieren können, um das Potenzial einer Blockchain-Anwendung abzuschätzen, und *zweitens*, was es bei einer Umsetzung eines Blockchain-Projekts konkret zu beachten gilt. Zusammenfassend können diese mehr praxisbezogenen Erkenntnisse des Gestaltungsteils in drei Abbildungen zusammengefasst werden. Abbildung 21 zeigt die in einem ersten Schritt zu evaluierenden Voraussetzungen. Erst wenn (1) ein konkretes Vertrauensproblem besteht, (2) keine Drittpartei – auch nicht als Kollektiv – vorhanden ist oder gebildet werden kann, (3) die

Bereitschaft zu Transparenz sowie (4) zur Abgabe der Kontrolle unter den involvierten Akteuren vorhanden ist, sollte die Umsetzung einer Blockchain-Anwendung weiter geprüft werden.

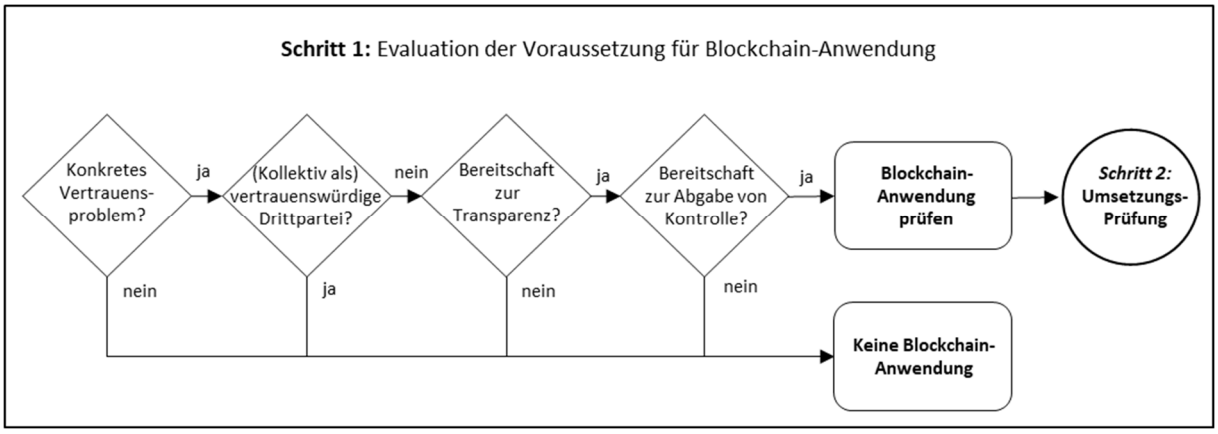

Abbildung 21: Schritt 1 – Evaluation der Voraussetzungen (Quelle: eigene Darstellung)

Eine erfolgreiche Evaluation der Voraussetzungen ist die Grundlage, auf der in einem zweiten Schritt, wie in Abbildung 22 dargestellt, drei Überlegungen eine entscheidende Rolle spielen: (1) Die Daten müssen vertrauenswürdig erfasst und übermittelt werden können, (2) die Daten müssen vollständig veröffentlicht werden können und (3) der Einbezug einer Permissionless Blockchain als Infrastruktur muss gewährleistet werden.

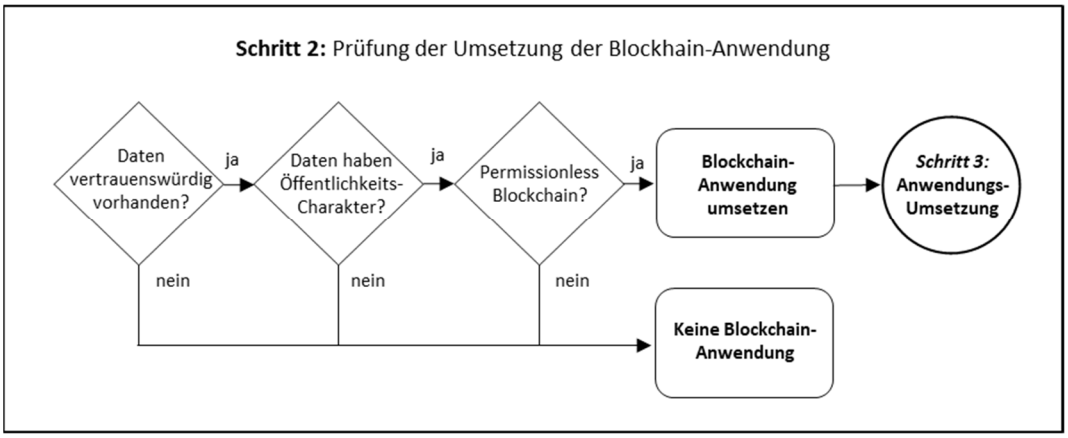

Abbildung 22: Schritt 2 – Prüfung der Umsetzung (Quelle: eigene Darstellung)

Sofern diese drei ‘harten‘ Bedingungen in Bezug auf die Blockchain-Anwendung bestätigt werden können, kann in einem dritten Schritt eine vertiefte Umsetzung geplant werden. In dieser Umsetzungsplanung können mehrere Entscheidungen einzeln und unabhängig voneinander gefällt werden. Diese Entscheidungen betreffen (1) den Zugang zum Netzwerk

über einen öffentlichen Knoten, (2) die Frage, ob die Anwendung Blockchain-agnostisch sein wird, (3) die Fragen, ob eine Innovation des Leistungsangebotes im Fokus steht, und schliesslich (4) die Frage, ob es sich um eigenständige Einzellösungen handelt. Jede dieser Entscheidungen kann den Mehrwert der Blockchain positiv oder negativ beeinflussen.

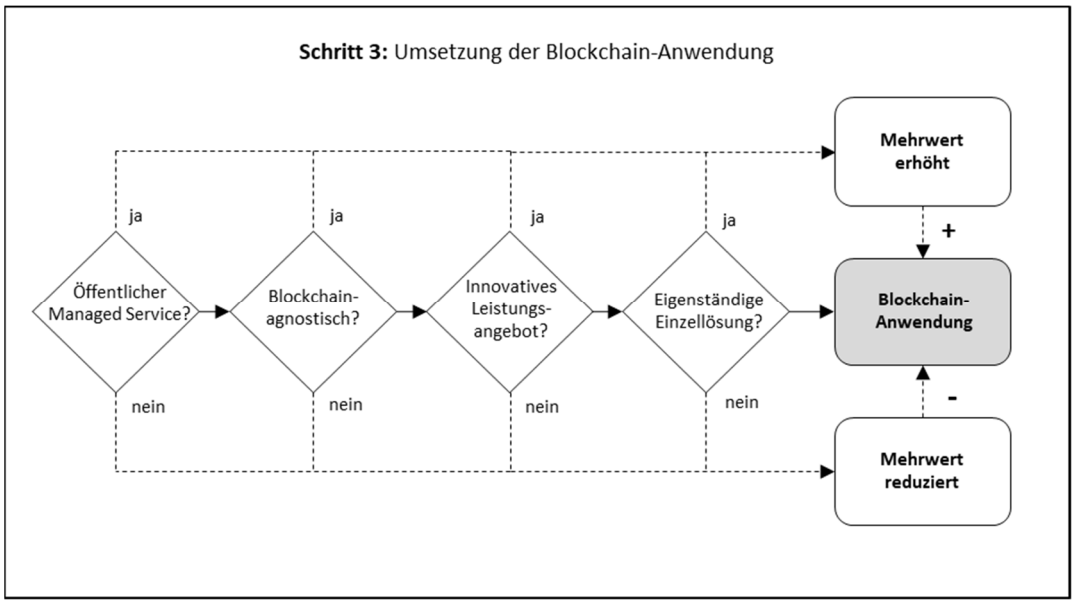

Abbildung 23: Schritt 3 – Umsetzungsplanung (Quelle: eigene Darstellung)

3.2 Beantwortung der gestaltungsgeleiteten Fragestellungen

Zum Abschluss des Gestaltungsteils können die zum Ende des empirischen Teils in Kapitel 3.4 (Teil III, S. 205) aufgestellten gestaltungsgeleiteten Fragestellungen noch einzeln beantwortet werden. Damit soll auch nochmals aufgezeigt werden, welchen Beitrag diese zum Erreichen der Zielstellung dieser Dissertation geleistet haben.

3.2.1 Antwort 1: Komplexität, Transparenz und Kontext sprechen gegen Netzwerk

Die erste Frage, welche in diesem Kapitel beantwortet werden soll, lautet: Welche Implikationen haben die empirischen Erkenntnisse für die theoretischen Überlegungen dieser Dissertation, insbesondere die Supply-Chain-Integrationstheorie?

Die Bedeutung der empirischen Ergebnisse für die theoretischen Überlegungen lässt sich im Rahmen dieser Dissertation im Wesentlichen mit drei Aussagen zusammenfassen: *Erstens* weisen Informationssysteme nach dem Netzwerk-Modell wie zum Beispiel Blockchains

aufgrund ihrer Komplexität und Ineffizienz gegenüber Informationssystemen nach dem Transfer- und Drittpartei-Modell entscheidende Nachteile auf. *Zweites* ist das Vertrauensproblem in Supply Chains wesentlich weniger akzentuiert als in der Literatur ausgewiesen. *Drittens* basieren viele Supply-Chain-Strukturen und Geschäftsmodelle auf Intransparenz, womit Bemühungen um mehr Transparenz in der Supply Chain am Widerstand einzelner Akteure scheitern.

Diese drei Erkenntnisse ziehen wiederum einige Implikationen für die Supply-Chain-Integrationstheorie nach sich. So scheitert der Informationsaustausch häufig nicht an mangelndem Vertrauen, sondern an den auf Intransparenz ausgerichteten Supply-Chain-Strukturen sowie an der in vielen Fällen hohen Komplexität und den Kosten eines verstärkten Informationsaustausches, zumindest im Vergleich zu dem erwarteten Nutzen. Insofern sollten in der Supply-Chain-Forschung vermehrt auch der Kontext im Allgemeinen und die Supply Chain-Governance-Strukturen im Speziellen miteinbezogen werden. Denn wie sich gerade in Bezug auf Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management gezeigt hat, können der Informationsaustausch und die Zusammenarbeit in Supply Chains ohne ein umfassendes Verständnis des Kontextes nicht verstanden werden.

Gerade die sich über Jahrzehnte – wenn nicht Jahrhunderte – gebildeten Supply-Chain-Governance-Strukturen können einen erheblichen Einfluss auf die Supply Chain Integration haben, welcher auch nicht durch eine neue Technologie wie die Blockchain stark verändert werden kann. So haben sich relationale, dominante oder gar interagierte Governance-Strukturen aufgrund der hohen Komplexität und der tiefen Automatisierbarkeit des Informationsaustausches herausgebildet, womit es dann auch naheliegt zu vermuten, dass die Akteure in diesen Supply Chains kein grosses Interesse haben, durch eine neue Netzwerk-Technologie ihre Stellung in den Strukturen zu riskieren. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Supply Chain Integration nur angestrebt wird, wenn nicht an den grundlegenden Governance-Strukturen gerüttelt wird.

3.2.2 Antwort 2: Dezentralität als neues Forschungsfeld

Im zweiten Kapitel wird folgende Fragestellung geklärt: Welche Empfehlungen können auf der Grundlage der empirischen Erkenntnisse für die weitere Forschung zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management gegeben werden?

Mit dem Blick auf die mehr modularen oder gar marktbasierten Supply-Chain-Governance-Strukturen stellt sich sodann die Frage, wie eine gemeinsame Entwicklung und Verwaltung eines dezentralen Informationssystems nach dem Netzwerk-Modell konkret aussehen könnten. Hierzu gibt es noch kaum wissenschaftliche Erkenntnisse, obwohl diese Dissertation gezeigt hat, dass gerade in einem solchen dezentralen, offen strukturierten und 'vertrauenslosen' Supply-Chain-Kontext die Voraussetzungen für einen Mehrwert stiftenden Einsatz der Blockchain-Technologie am ehesten erfüllt werden. Dabei müsste insbesondere untersucht werden, wie sich Unternehmen als 'Community' organisieren können und mittels eines Open-Source-Ansatzes zusammen Blockchain-Anwendungen entwickeln können, die auch längerfristig auf der Basis von 'on-chain'-Governance-Modellen dezentral und für alle offen bleiben.

Hierbei stellt sich nun aber die Frage, wie solche 'on-chain'-Governance-Modelle konkret aussehen und vor allem, was deren Dezentralität konkret charakterisiert. Denn wie erste Forschungsbemühungen gezeigt haben, sind solche dezentralen 'on-chain'-Governance-Modelle auch anfällig auf eine Zentralisierung – wenn nicht formal, so doch sehr stark informal. Umso wichtiger wäre, dass es diesbezüglich klare, wissenschaftlich fundierte Aussagen dazu gibt, wie die Dezentralität einerseits geprüft und mit welchen Massnahmen sie anderseits garantiert werden kann.

Auf der Grundlage der Ergebnisse wäre es auch möglich, eine Forschungsrichtung zu verfolgen, die ihren Schwerpunkt weg von Blockchain als Technologie für dezentrale Netzwerke und hin zur Erforschung von Formen der dezentralen Governance von Unternehmensnetzwerken mit traditionelleren 'off-chain'-Mechanismen wie Genossenschaften, Stiftungen und Vereinen verlagert. Dies wäre von besonderem Interesse für all jene Projekte, die im Rahmen von Konsortien in dominanten Supply-Chain-Governance-Strukturen entstanden sind. Denn gerade hier zeigte sich, dass die oft eingesetzten Permissioned-Blockchain-Anwendungen keinen Mehrwert generieren können, und die sich entwickelten Informationssysteme besser über 'off-chain'-Governance-Mechanismen gesteuert und kontrolliert werden.

3.2.3 Antwort 3: Prüfung des Kontextes einer Blockchain-Anwendung

Die dritte zu beantwortende gestaltungsgeleitete Fragestellung lautet: Wie können die unterschiedlichen Supply-Chain-Akteure konkret abschätzen, ob sich in ihrem Kontext ein Blockchain-Projekt aus wirtschaftlichen Überlegungen lohnen könnte?

Mit Blick auf die Bedeutung der Ergebnisse der Dissertation für die Praxis konnte in dem Gestaltungsteil aufgezeigt werden, dass der Kontext mehrere Voraussetzungen erfüllen muss, bevor ein Projekt zur Entwicklung und Umsetzung einer Blockchain-Anwendung überhaupt in Erwägung gezogen werden sollte. Diese Voraussetzungen konnten schliesslich in vier Aussagen zusammengefasst werden, die von den Supply-Chain-Akteuren einzeln geprüft werden können, um so das Potenzial für die Blockchain-Technologie in ihrem Kontext abzuschätzen.

Die *erste* Aussage betrifft die Voraussetzung, dass ein konkretes Vertrauensproblem im Austausch von Daten und Informationen in der Supply Chain bestehen muss. Diese Aussage basiert auf der Erkenntnis, dass die Blockchain-Technologie ihren Vorteil gegenüber anderen Netzwerklösungen daraus ableitet, dass sie ein Vertrauensproblem lösen kann.
Bei der *zweiten* Aussage geht es um die eingehende Prüfung, ob nicht eine vertrauenswürdige Drittpartei diesen Informationsaustausch übernehmen könnte. Dabei ist es möglich, dass diese Drittpartei erst gegründet wird, gegebenenfalls auch durch ein Kollektiv. Diese Aussage beruht auf der Feststellung, dass die Komplexität und Kosten einer dezentralen Blockchain-Anwendung jene einer zentralen Drittpartei-Lösung in der Regel übersteigen.
Die *dritte* Aussage befasst sich mit der Bereitschaft der beteiligten Akteure zur Transparenz. Denn eine Blockchain-Anwendung kann nur dann einen Mehrwert stiften, wenn die geteilten Daten und Informationen zu einer erhöhten Transparenz beitragen und öffentlich für alle abgespeichert werden können. Die letzte und *vierte* Aussage schliesslich bezieht sich auf die Bereitschaft der beteiligten Akteure zur Abgabe der Kontrolle über die geteilten Daten und Informationen. Denn auch hier gilt, dass Blockchain-Anwendungen nur dann einen Mehrwert schaffen können, wenn sie auf einer Permissionless-Blockchain-Infrastruktur basieren, und dementsprechend müssen alle beteiligten Akteure bereit sein, ihre Daten und Informationen für immer aufzugeben und in einem dezentralen Netzwerk zu verbreiten.

3.2.4 Antwort 4: Umsetzung prüfen und planen

Die letzte zu beantwortende gestaltungsgeleitete Fragestellung lautet: Welche Handlungsempfehlungen können auf der Basis der empirischen Erkenntnisse den verschieden Supply-Chain-Akteuren im Umgang mit der Blockchain-Technologie gegeben werden?

Neben der vorhin besprochenen Prüfung der kontextbedingten Voraussetzung müssen auch bei der Planung der Entwicklung und Umsetzung einer Blockchain-Anwendung zuerst nochmals drei Bedingungen erfüllt werden, bevor an die Ausgestaltung der Anwendung gedacht werden kann. Zum einen muss geprüft werden, ob die an die Blockchain-Anwendung übermittelten Daten und Informationen von den beteiligten Akteuren als vertrauenswürdig akzeptiert werden. Sollte dies nicht der Fall sein, müsste zuerst geklärt werden, wie diese Daten und Informationen vertrauenswürdig erfasst und übermittelt werden können, bevor eine Blockchain-Anwendung weiter umgesetzt wird. Im Weiteren sollte nochmals konkret geklärt werden, ob die entsprechend Daten und Informationen von den beteiligten Akteuren öffentlich auf einer Permissionless Blockchain abgelegt werden können und wollen. Nach Prüfung der kontextbedingten Voraussetzung sowie der Bedingungen, welche eine Blockchain-Anwendung erfüllen muss, kann in einem letzten Schritt die Umsetzung geplant werden. Dabei müssen sich die beteiligten Akteure mit folgenden vier Entscheidungen zur Gestaltung der Anwendung auseinandersetzen, wobei jede den Mehrwert der Anwendung für die Supply-Chain-Akteure erhöhen oder reduzieren kann. Ein erster Entscheid betrifft die Frage, ob ein Zugang zum Netzwerk über einen öffentlichen Knoten im Sinne eines effizienten ‘Managed Service‘ angeboten werden sollte. Eine zweite Entscheidung muss bei der Wahl der Blockchain getroffen werden. Hier stellt sich die Frage, ob die Anwendung Blockchain-agnostisch sein soll und in einem breiten Ökosystem von miteinander kompatiblen Blockchains entwickelt werden soll.
Die dritte und vierte Frage befasst sich schliesslich mit dem Mehrwert, den die Blockchain-Anwendung am Ende erzielen soll. Bei Blockchain-Anwendungen kann zwar die Effizienz im Vordergrund stehen, aber grundsätzlich werden Anwendungen empfohlen, die eine innovative neue Dienstleistung oder ein neues Produkt zum Ziel haben. Um die Umsetzung schnell und effizient voranzutreiben, sollten auch Anwendungen vermieden werden, die auf den Netzwerkeffekt und damit die Skalierung der Anwendung setzen, um einen Mehrwert zu schaffen.

V SCHLUSSTEIL

1 Zusammenfassung und Fazit

Die Blockchain wird in den Medien sowie in wissenschaftlichen Artikeln bereits seit einigen Jahren als eine revolutionäre Technologie bezeichnet, die wie das Internet eine transformierende Wirkung auf die Gesellschaft und Geschäftswelt haben wird. Immer wieder im Fokus stehen dabei die globalen Lieferketten und mit diesen die Aussage, dass sich das Supply Chain Management radikal verändern wird. Begründet werden solche Prognosen mit dem Versprechen, dass die Blockchain-Technologie Vertrauen zwischen den Supply-Chain-Akteuren schaffen kann und damit nicht nur die heutigen ‘vertrauensvollen‘ Intermediäre verdrängt, sondern auch generell die weltweite Kooperation und Zusammenarbeit wesentlich vereinfacht und effizienter macht.

Allerdings zeigt sich bei genauer Betrachtung schnell, dass die Blockchain-Technologie noch kaum in der Praxis im Supply Chain Management eingesetzt wird und entsprechend eine problematische Wissenslücke zum Nutzen dieser neuen Technologie in der Praxis besteht. Denn wenn die Supply-Chain-Akteure nicht verstehen, wie, warum und wo die Blockchain-Technologie in der Supply Chain eingesetzt werden kann und welchen praktischen Nutzen sie bringt, wird diese neue Technologie im besten Fall nicht genutzt – und im ungünstigsten Fall wird sie falsch eingesetzt. Um diese Wissenslücke zu adressieren, wurden in dieser Dissertation auf Basis der Literatur erste konzeptionelle Überlegungen zur Anwendung der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management formuliert, um diese im Rahmen einer vergleichenden Fallstudie mit dem Ziel zu überprüfen, neue Erkenntnisse über den Nutzen und Mehrwert der Blockchain-Technologie zu gewinnen.

Die Ergebnisse der Fallstudien zeigten dabei, dass bei den in der Supply Chain oft eingesetzten privaten Permissioned Blockchains ein ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘ besteht, welches in Abbildung 24 noch einmal vollständig dargestellt ist. In Ermangelung einer vertrauenswürdigen Drittpartei gründen mehrere Akteure der Supply Chain ein Konsortium mit der Absicht, gemeinsam eine proprietäre Blockchain-Infrastruktur aufzubauen, um dann Applikationen zur Abwicklung verschiedener Geschäftsprozesse zu entwickeln. Allerdings zeigt sich schnell, dass die Blockchain als Netzwerk-Technologie komplex und aufwendig zu

entwickeln und zu betreiben ist. Um die Komplexität zu reduzieren, die Entwicklung voranzutreiben und dem Wunsch der Supply-Chain-Akteure nach einem ‘Managed Service‘ zu entsprechen, werden immer mehr Entscheidungen direkt im Konsortium gefällt und für die Entwicklung der Anwendung vermehrt auf traditionelle Technologie sowie bekannte (vertrauenswürdige) IT-Dienstleistungsunternehmen gesetzt. Diese Verlagerung der Kontrolle auf das Konsortium sowie auf ein IT-Unternehmen zur Entwicklung von ‘off-chain‘ Governance-Strukturen führt zur Bildung einer vertrauenswürdigen Drittpartei, welche die Blockchain als vertrauensbildende, aber komplexe und ineffiziente Netzwerktechnologie letztlich überflüssig macht.

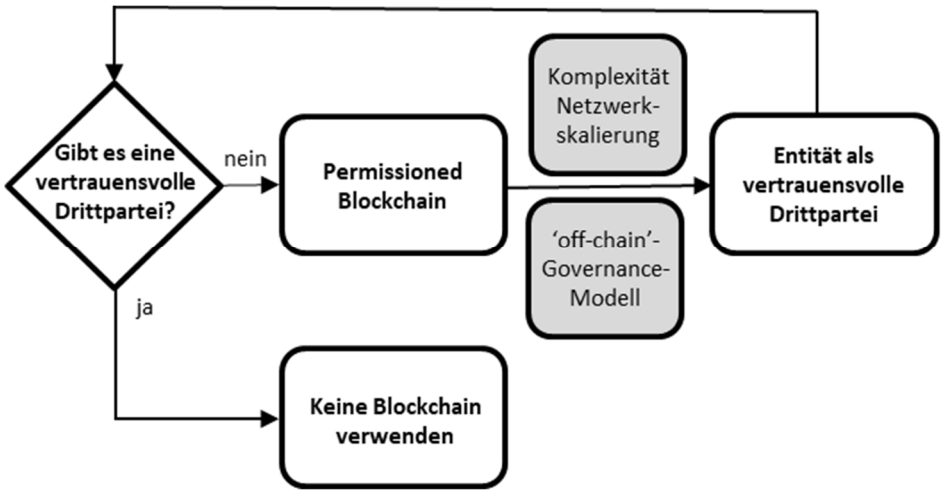

Abbildung 24: Blockchain-Vertrauens-Paradox (Quelle: eine Darstellung)

Basierend auf diesen Erkenntnissen konnte in dieser Dissertation erstmals deutlich gezeigt werden, dass der Einsatz von Permissioned Blockchains im Supply Chain Management mittelfristig keinen Mehrwert generieren und nur einen temporären Nutzen für die Konsortiumsbildung haben kann, es sei denn, die Permissioned Blockchain würde nach einer definierten Entwicklungsphase in eine Permissionless Blockchain umgewandelt werden.

Mit dem Fokus auf öffentliche Permissionless Blockchains als Infrastruktur für Anwendungen im Supply Chain Management konnte weiter aufgezeigt werden, dass Blockchain-Anwendungen zur Vertrauensbildung zwischen den beteiligten Akteuren beitragen müssen, damit diese einen Nutzen generieren können. Dieses ‘Müssen‘ ist insofern wichtig, als es bei vielen in der Praxis angewandten Blockchain-Anwendungen fraglich ist, ob es überhaupt ein Vertrauensproblem gibt oder ob die Blockchain-Technologie eine vertrauensbildende Wirkung entfalten kann. Ein Beispiel sind Anwendungen, welche den Endkonsumenten von

Lebensmitteln im Fokus haben, für welche die Blockchain als Technologie zu komplex ist, als dass dadurch ein Mehrwert entstehen könnte. Folglich müssen wohl viele Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management – insbesondere, wenn der Endverbraucher im Zentrum steht – als Marketinginstrument verstanden werden.

Des Weiteren konnte in der Dissertation aufgezeigt werden, dass öffentliche Blockchains auf Transparenz und Dezentralität setzen, um die von den Supply-Chain-Akteuren oft gewünschte Unveränderlichkeit der Informationen zu erreichen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Unternehmen bereit sein müssen, ihre Daten und Informationen öffentlich und ausserhalb ihrer eigenen Kontrolle in einem weltweit verteilten Netzwerk zu speichern, wenn sie von der uneingeschränkten Unveränderlichkeit profitieren wollen. Mit beiden Aspekten haben Unternehmen in der Regel Mühe, was dazu führt, dass auf der Blockchain nur noch wenige Daten oder gar nur der Hash von Informationen abgespeichert werden und für die Speicherung der restlichen Originaldaten auf konventionelle Datenbanken zurückgegriffen wird.

Wenn damit geklärt ist, wie und warum die Blockchain-Technologie einen Mehrwert im Supply Chain Management generieren kann, muss ein Fragezeichen beim ‘Wo’ bleiben. Denn solange die Unternehmen nicht bereit sind – oder allenfalls gezwungen werden –, vermehrt ihre Informationen transparent auf einer öffentlich zugänglichen Blockchain-Infrastruktur freizugeben und dies auch noch unter Verzicht auf jede weitere Kontrolle, scheint der Mehrwert stiftende Einsatz dieser ‘revolutionären‘ Technologie im Supply Chain Management in naher Zukunft doch eher überschaubar zu bleiben. Eine konkrete ‘revolutionäre‘ Anwendung konnte zumindest im Rahmen dieser Dissertation in der Praxis nicht eruiert werden. Im folgenden Kapitel sollen diese Ergebnisse und Erkenntnisse zu den Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management noch aus Sicht der Forschung sowie der Praxis vertieft werden.

2 Ergebnisse und Erkenntnisse

2.1 Wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse für die Forschung

Zu Beginn der Dissertation wurde festgestellt, dass der Forschung zu Blockchain-Anwendungen im Supply Chain Management der praktische Bezug fehlt, wenn es darum geht, ein besseres Verständnis für dieses neue Phänomen zu entwickeln. Diese Aussage hat sich durch diese Dissertation nochmals deutlich bestätig. Die Supply-Chain-Literatur, aber noch viel stärker die Literatur zu Blockchain lässt einen Bezug zur Praxis stark vermissen. Denn wie die Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Forschungsarbeit zeigen, müssen mehrere konzeptionelle Argumente in Bezug auf den Informationsaustausch in Supply Chains im Allgemeinen und auf die Anwendung der Blockchain-Technologie im Speziellen infrage gestellt werden.

Denn die Ergebnisse dieser Dissertation deuten darauf hin, dass der in der Literatur häufig zitierte ungenügende Informationsaustausch in Supply Chains nicht primär durch fehlendes Vertrauen zwischen den Akteuren zu erklären ist, sondern vielmehr durch die mangelnde Bereitschaft vieler Unternehmen, mehr Transparenz in ihre Prozesse und Unternehmensführung zu bringen. Dies mag auch daran liegen, dass sich die heutigen Governance-Strukturen in der Supply Chain über Jahrzehnte – wenn nicht Jahrhunderte – auf der Grundlage von Intransparenz und manuellem Informationsaustausch mangels technischer Möglichkeiten entwickelt haben. Die Annahme, dass neue Technologien wie die Blockchain von den Akteuren gleich zur Steigerung der Transparenz und damit auch zur Restrukturierung ganzer Supply Chains eingesetzt werden, kann als praxisfern gelten.

Darüber hinaus hat sich ebenfalls gezeigt, dass der Netzwerk-Ansatz für den Informationstausch wesentlich komplexer und aufwendiger ist als ein Informationsaustausch über eine Drittpartei oder einen Supply-Chain-Partner. Gerade wenn im Fokus einer Anwendung die Effizienzsteigerung der Supply-Chain-Prozesse – und eben nicht die Rekonstruktion ganzer Supply Chains – steht, kann also davon ausgegangen werden, dass die Transfer- und Drittpartei-Modelle besser geeignet sind als das Netzwerk-Modell für den Informationsaustausch. Zumal eben oft nicht ein Vertrauensproblem, sondern eher ein Transparenzproblem oder schlicht die mangelhafte Digitalisierung bei den Akteuren den Informationsaustauch behindert. Denn auch hier gilt wieder: Wer will in Transparenz

investieren, wenn diese Transparenz am Ende die eigene Position in der Supply Chain gefährden könnte? Die Ergebnisse zeigen daher deutlich, dass Transparenz in der Regel nur so weit gewährt wird, wie dies die gesetzlichen Vorschriften verlangen – alles, was darüber hinausgeht, muss wieder aufwendig verschlüsselt werden.

Entsprechend ist auch aus theoretischen Überlegungen nicht davon auszugehen, dass sich der Informationsaustausch in den nächsten Jahren in Supply Chains durch Blockchain-Anwendungen nach dem Netzwerk-Modell tiefgreifend verändern wird. Eine Supply Chain Integration dank der Blockchain-Technologie kann damit vorerst ausgeschlossen werden.

2.2 Wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse für die Praxis

Es ist das erklärte Ziel dieser Dissertation, den Unternehmen und ihren Führungskräften aufzuzeigen, welche Voraussetzungen und Bedingungen beachtet werden müssen, damit die Blockchain-Technologie im Supply Chain Management Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann. Dazu wurden in einem ersten Schritt zwei konzeptionelle Modelle entwickelt, welche einerseits die Nutzen- und Mehrwertversprechen dieser neuen Technologie zusammenfassen und anderseits die verschiedenen Bestandteile einer Blockchain-Anwendung als Ebene darstellen. Gerade das Modell einer Blockchain-Anwendung unterstützte im Anschluss die Analyse von fünf konkreten Anwendungen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management.

Auf der Basis der gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse konnten sodann vier Voraussetzungen herausgearbeitet werden, welche der Kontext – also das weitere Supply-Chain-Umfeld – einer Blockchain-Anwendung erfüllen muss, damit eine Anwendung überhaupt in Erwägung gezogen werden sollte. Diese Voraussetzungen sind im Gestaltungsteil als Handlungsempfehlungen detailliert ausgeführt (vgl. Teil IV, Kap. 2, S. 213), können aber an dieser Stelle wie folgt zusammengefasst werden: In einer Supply Chain muss (1) ein konkretes Vertrauensproblem beim Austausch von Daten und Informationen bestehen. Es darf (2) keine Drittpartei – oder kein Kollektiv – vorhanden sein oder gebildet werden können, die diesen Informationsaustausch als vertrauenswürdige Kontrollinstanz verwalten und organisieren kann. Es muss (3) die Bereitschaft unter den beteiligten Supply-Chain-Akteuren zur Transparenz vorhanden sein. Und schliesslich (4) sollte auch die Abgabe der Kontrolle über die geteilten Informationen für die involvierten Akteure kein Problem darstellen.

Sofern diese Voraussetzung im Supply-Chain-Umfeld erfüllt sind, können Unternehmen sich mit der Ausgestaltung der Blockchain-Anwendung auseinandersetzen. Damit eine Blockchain-Anwendung einen Mehrwert generieren kann, müssen die beteiligten Akteure bei der Umsetzung auf drei Bedingungen achten: (1) müssen sie sich vergewissern, dass die gewünschten Daten nicht nur vorhanden sind, sondern deren Erfassung und Übermittlung an die Blockchain-Anwendung auch von allen Akteuren als vertrauenswürdig akzeptiert wird. (2) müssen die für die Anwendung benötigten Daten vollständig veröffentlicht werden können und (3) muss zur Vertrauensbildung auf eine Permissionless-Blockchain-Infrastruktur gesetzt werden.

Wenn auch diese Bedingungen durch die Blockchain-Anwendung erfüllt werden, gibt es für die Unternehmen noch einige weitere Entscheidungen bei der Ausgestaltung der Anwendung zu treffen, wobei diese primär zur Mehrwertsteigerung gedacht sind und je nach Kontext allenfalls auch nicht erfüllt werden können. So sollte (1) für einen vereinfachten Zugang zum ‘permissionless’ darauf geachtet werden, dass genügend unabhängige öffentliche Knoten zur Verfügung stehen. Ebenso sollte (2) zur Vermeidung eines Lock-in-Effekts darauf geachtet werden, dass die Anwendung Blockchain-agnostisch konzipiert ist, was erreicht wird, indem die Anwendung auf mehrere, unabhängige, aber kompatible Blockchain-Infrastrukturen migriert werden kann. Zur Steigerung des Mehrwerts sollte (3) darauf geachtet werden, dass im Fokus der Anwendung eine innovative Dienstleistung oder ein neues Produkt steht und nicht ‘nur‘ die Effizienzsteigerung, denn diese wird oft durch die höhere Komplexität und die höheren Kosten der Blockchain-Technologie schwierig zu erreichen sein. Zuletzt sollte (4) versucht werden, dass eine Blockchain-Anwendung zur Schaffung eines Mehrwerts nicht auf das Netzwerk setzt, da eine Skalierung gerade für kleinere Unternehmen ein sehr schwieriges und teures Unterfangen werden könnte.

3 Ausblick

Zum Schluss der Dissertation soll noch ein Ausblick darauf gegeben werden, wie einerseits die Praxis die gewonnen Erkenntnisse dieser Dissertation umsetzen, anwenden und weiterführen kann, und wie anderseits die Forschung dieser Dissertation wissenschaftlich weitergeführt und ergänzt werden sollte.

3.1 Praxisausblick

Aus Sicht der Praxis kann festgehalten werden, dass Unternehmen dazu angehalten sind, die in dieser Dissertation erarbeiteten Voraussetzungen und Bedingungen zu konsultieren, bevor sie ein Projekt zur Realisierung einer Blockchain-Anwendung in Angriff nehmen. Denn sind alle Voraussetzungen und Bedingungen berücksichtigt worden, kann eine Umsetzung einer Blockchain-Anwendung aufgrund der Erkenntnisse dieser Dissertation den Unternehmen empfohlen werden. Dies auch mit dem Ausblick, dass dies eine neue Technologie ist, die sich in den nächsten Jahren weiterentwickeln wird. Wenn Supply-Chain-Akteure bereits heute ihre Erfahrungen mit dieser Technologie machen und dabei auch noch einen Mehrwert generieren können – auch wenn allenfalls nur einen geringen –, so ist dies zu begrüssen. Ebenfalls würden Blockchain-Anwendungen, welche effektiv einen Mehrwert generieren, als gute Beispiele für die weiteren Akteure dienen – gerade auch für die Wissenschaft.

Sollten die Voraussetzungen und Bedingungen in der Praxis allerdings nicht erfüllt werden können, sollte auf eine Blockchain-Anwendung verzichtet werden. Denn entweder bleibt es bei einem kurzfristigen Marketinginstrument mit Potenzial zu negativen Reaktionen, oder die Unternehmen werden von der Blockchain-Technologie enttäuscht und dieser allenfalls voreilig jeglichen Nutzen und Mehrwert absprechen. Dies könnte dann wiederum die Gefahr mit sich bringen, dass wesentliche Entwicklungen zu einem späteren Zeitpunkt verpasst werden. Denn dass die Technologie in einem spezifischen Umfeld und Geschäftsprozess heute nicht Mehrwert stiftend eingesetzt werden kann, sollte nicht dazu verleiten, der Blockchain-Technologie jegliches Potenzial abzusprechen. Vielleicht liegt dieses Potenzial einfach in einem anderen Bereich, als das Unternehmen heute vermutet.

Insofern könnten die Erkenntnisse der Dissertation auch Unternehmen dienen, welche noch keine konkrete Blockchain-Anwendung im Blickfeld haben. Sie können versuchen, ihr Umfeld und ihre Geschäftsprozesse in Bezug auf die Voraussetzungen und Bedingungen zu untersuchen, und sollte eine Situation auf die Beschreibungen passen, können die Entwicklung und Umsetzung einer Blockchain-Anwendung vertieft analysiert werden.

3.2 Forschungsausblick

Der Ausblick auf weiterführende Forschungsvorhaben kann aus einer methodologischen, theoretischen sowie praxisbezogenen Sicht erfolgen. Denn aus einer *methodologischen* Perspektive eröffnen sich zwei grundlegende Möglichkeiten zu ergänzenden Forschungsprojekten: *Erstens* kann mit einem mehr quantitativen Ansatz versucht werden, die hier gefundenen Voraussetzungen und Bedingungen über Befragungen zu prüfen. Auch Experteninterviews oder weitere Fallstudien im Supply Chain Management wären eine Möglichkeit, die hier aufgeführten Erkenntnisse zu vertiefen und zu ergänzen. *Zweitens* kann versucht werden, die Ergebnisse dieser Dissertation in einem anderen Umfeld zu überprüfen. So könnten zum Beispiel die Blockchain-Anwendungen im Finanzbereich – dem sogenannten 'Decentralized Finance' – untersucht werden, um zu sehen, ob einerseits das konzeptionelle Modell einer Blockchain-Anwendung auch bei diesen Anwendungen Bestand hat und ob anderseits auch die Voraussetzungen und Bedingungen ihre Gültigkeit haben.

Aus *theoretischer* Sicht könnten die Erkenntnisse in Bezug auf die Rolle der historisch gewachsenen Supply-Chain-Strukturen auf der Basis von Intransparenz vertieft untersucht werden. Ebenso würde dies die Frage aufwerfen, welche Rolle das Vertrauen effektiv in der Supply-Chain-Integrationstheorie spielt, denn aufgrund dieser Dissertation steht die Vermutung im Raum, dass das Vertrauen eine wesentlich schwächere Gestaltungskraft in der Supply Chain ist, als dies in der Literatur vermutet wird. Dies würde dann auch entsprechende Implikationen für die Ausgestaltung des Informationsaustausches und damit für das Konzept der Digitalen Supply Chain als Mittel, globale Lieferketten effizienter, robuster, agiler und resilienter zu machen, bedeuten. Denn diese Digitalen Supply Chains würden sich aufgrund dieser Dissertation ziemlich direkt nach dem Drittpartei- oder Transfer-Modell bilden, was zu globalen Abhängigkeiten von einzelnen Kontrollinstanzen führen könnte, welche so wiederum eine Gefahr an sich bedeuten würden.

Diese Überlegungen führen zu der letzten und wahrscheinlich interessantesten Aussicht auf weitere Forschung im Zusammenhang mit der praktischen Anwendung von Blockchain. Denn wie bereits aufgezeigt, ist das Konzept der Dezentralität von Informationsnetzwerken auf der Basis der Blockchain-Technologie sowohl in der Praxis als auch in der Forschung noch zu wenig klar verstanden. Wie zum Beispiel Unternehmen gemeinsam eine dezentrale Applikation mit

einer Open Source Community entwickeln und betreiben können, wäre ein vielversprechendes Forschungsvorhaben. Auch wie die Dezentralität einer Blockchain-Infrastruktur sowie deren dezentrale Governance-Mechanismen in der Praxis evaluiert und geprüft werden können, bleibt eine offene Fragestellung.

4 Verzeichnisse

4.1 Literaturverzeichnis

Abeyratne, S. & **Monfared**, R. (2016). *Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger.* International Journal of Research in Engineering and Technology, 5(9), S. 1-10.

Agrawal, T., **Sharma**, A. & **Kumar**, V. (2018). *Blockchain-Based Secured Traceability System for Textile and Clothing Supply Chain.* In: Thomassey S., Zeng X. (Hrsg.). Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era. Singapore: Springer, S. 197-208.

Aitken, J. (1998). *Supply Chain Integration within the Context of a Supplier Association*. Ph.D. Thesis, Cranfield University. Online: https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/9990/Aitken_J_M_1998.zip?sequence=1&isAllowed=y [abgefragt am 23.07.2022].

Alicke, K., **Davies**, A., **Leopoldseder**, M. & **Niemeyer**, A. (2017a). *Blockchain technology for supply chains – A must or maybe?.* McKinsey&Company. Online:

Alicke, K., **Rexhausen**, D. & **Seyfert**, A. (2017b). *Supply chain 4.0 in consumer goods*. McKinsey&Company. Online: http://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/supply-chain-4-0-in-consumer-goods [abgefragt am 04.05.2018].

Alvesson, M. & **Kärreman**, D. (2007). *Constructing mystery: Empirical matters in theory development*. Academy of Management Review, 32(4), S. 1265-1281.

Alzahrani, N. & **Bulusu**, N. (2018). *Block-Supply Chain: A New Anti-Counterfeiting Supply Chain Using NFC and Blockchain.* In: Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems ACM, S. 30-35.

Ambrosus Ecosystem (2022). *Ambrosus Network: 2022 Cryptoeconomic Updates*. Blog-Post. Online: https://blog.ambrosus.io/ambrosus-network-2022-cryptoeconomic-updates-9d17c528985e [abgefragt am 24.03.2022]

Amis, J. & **Silk**, M. (2008). *The Philosophy and Politics of Quality in Qualitative Organizational Research*. Organizational Research Methods, 11(3), S. 456-480.

Anderson, J. C. & **Narus**, J. A. (1990). *A model of distributor firm and manufacturer firm working partnerships*. Journal of Marketing, 54(1), S. 42-58.

Angerer, T. (2016). Empirische Forschung: Vorlesungsunterlagen für das Verfassen von empirischen Arbeiten an der KMU Akademie & Management AG. Unveröffentlicht.

Angerer, A., **Kucza**, G. & **Schuppisser**, S. (2011). *Machtspiele lohnen sich nicht.* DVZ-Deutsche Logistik Zeitung, Nr. 44, S. 6.

Antonopoulos, A. (2014). *Bitcoin security model: trust by computation*. O'Reilly Radar. Online: http://radar.oreilly.com/2014/02/bitcoin-security-model-trust-by-computation.html [abgefragt am 07.08.2018].

Antonopoulos, A. & **Wood**, G. (2018). *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps*. Sebastopol: O'Reilly Media.

Apte, S. & **Petrovsky**, N. (2016). *Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?*. Journal of Excipients and Food Chemicals, 7(3), S.76-78.

Asante, M., **Epiphaniou**, G., **Maple**, C., **Al-Khateeb**, H., **Bottarelli**, M. & **Ghafoor**, K. (2023). *Distributed ledger technologies in supply chain security management: A comprehensive survey*. IEEE Transactions on Engineering Management, 70(2), S. 713-739.

Astarita, V., **Giofrè**, V., **Mirabelli**, G. & **Solina**, V. (2020). *A review of blockchain-based systems in transportation*. Information, 11(1), 21.

Ataseven, C. & **Nair**, A. (2017). Assessment of supply chain integration and performance relationships: A meta-analytic investigation of the literature. International Journal of Production Economic, 185, S. 252-265.

Atzori, M. (2015). *Blockchain technology and decentralized governance: Is the state still necessary?*. Online: http://ssrn.com/abstract=2709713 [abgefragt am 06.08.2018].

Azzi, R., **Chamoun**, R. & **Sokhn**, M. (2019). *The power of a blockchain-based supply chain*. Computers & Industrial Engineering, 135, S. 582-592.

Babich, V. & **Hilary**, G. (2020). OM Forum—Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology. Manufacturing & Service Operations Management, 22(2), S. 223-240.

Balzert, H., **Schröder**, M. & **Schäfer**, C. (2011). *Wissenschaftliches Arbeiten*. 2. Auflage. Witten/Herdecke: W3L-Verlag.

Barratt, M. (2004). U*nderstanding the meaning of collaboration in the supply chain.* Supply Chain Management: An International Journal, 9(1), S. 30-42.

Beck, R., **Müller-Bloch**, C. & **King**, J. (2018). *Governance in the Blockchain Economy: A Framework and Research Agenda.* Journal of the Association for Information Systems. In Press.

Bheemaiah, K. (2015). *Block Chain 2.0: The renaissance of money.* Online: https://www.wired.com/insights/2015/01/block-chain-2-0/ [abgefragt am 25.07.2018].

Biswas, K., **Muthukkumarasamy**, V. & **Tan**, W. (2017). *Blockchain based wine supply chain traceability system*. In: Future Technologies Conference, Vancouver, Kanada, 29-30 November 2017, S. 56-62.

Blechschmidt, B. & **Stöcker**, C. (2016). *How Blockchain Can Slash the Manufacturing "Trust Tax"*. Cognizant White Paper. Online: https://documents.pub/document/how-blockchain-can-slash-the-manufacturing-trust-tax.html?page=1 [abgefragt am 28.02.2023].

Blossey, G., **Eisenhardt**, J. & **Hahn**, G. (2019). *Blockchain Technology in Supply Chain Management: An Application Perspective*. In: Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences, S. 6885-6893.

Bocek, T., **Rodrigues**, B., **Strasser**, T. & **Stiller**, B. (2017). *Blockchains Everywhere - A use-case of blockchains in the pharma supply-chain.* In: Proceedings of the 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM), Lisbon, Portugal, 8–12 May 2017, S. 772-777.

Bogner, A. & **Menz**, W. (2002). *Das theoriegenerierende Experteninterview*. In: Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (Hrsg.). Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 33-70.

Brandenburger, A. & **Nalebuff**, B. (1996). *Co-opetition*. New York: Currency Doubleday.

Brinkhoff, A., **Özer**, Ö. & **Sargut**, G. (2015). *All You Need Is Trust? An Examination of Inter-organizational Supply Chain Projects.* Production and Operations Management, 24(2), S. 181-200.

Brown, R., **Carlyle**, J., **Grigg**, I. & **Hearn**, M. (2016). *Corda: An Introduction*. Whitepaper. Online: https://docs.corda.net/releases/release-M7.0/_static/corda-introductory-whitepaper.pdf [abgefragt am 07.06.2019].

Bruque-Cámara, S., **Moyano-Fuentes**, J. & **Maqueira-Marín**, J. (2016). *Supply chain integration through community cloud: Effects on operational performance.* Journal of Purchasing and Supply Management, 22(2), S. 141-153.

Büyüközkan, G. & **Göçer**, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. Computers in Industry, 97, S. 157-177.

Burbidge, J. L. (1961). *The "new approach" to production*. Production Engineer, 40(12), S. 769-784.

Burawoy, M. (1998). *The extended case method.* Sociological theory, 16(1), S. 4-33.

Burrell, G. & **Morgan**, G. (1979) *Sociological Paradigms and Organizational Analysis*. London: Heinemann Educational Books.

Buterin, V. (2014). *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. Whitepaper. Online: https://cryptorating.eu/whitepapers/Ethereum/Ethereum_white_paper.pdf [abgefragt am 06.08.2018].

Buterin, V. (2016). *What is Ethereum?.* Online: https://coincenter.org/entry/what-is-ethereum [abgefragt am 06.08.2018].

Cachin, C. (2016). *Architecture of the hyperledger blockchain fabric.* In Workshop on Distributed Cryptocurrencies and Consensus Ledgers. Online: https://pdfs.semanticscholar.org/f852/c5f3fe649f8a17ded391df0796677a59927f.pdf [abgefragt am 06.05.2018].

Calvaresi, D., **Dubovitskaya**, A., **Calbimonte**, J., **Taveter**, K. & **Schumacher**, M. (2018). *Multi-Agent Systems and Blockchain: Results from a Systematic Literature Review*. In: Demazeau, Y., An, B., Bajo, J. & Fernández-Caballero, A. (Hrsg.). Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity: The PAAMS Collection. PAAMS 2018. Lecture Notes in Computer Science, 10978. Cham: Springer, S. 110-126.

Calvaresi, D., **Mualla**, Y., **Najjar**, A., **Galland**, S. & **Schumacher**, M. (2019). *Explainable Multi-Agent Systems Through Blockchain Technology*. In: Calvaresi, D., Najjar, A., Schumacher, M. & Främling, K. (Hrsg.). Explainable, Transparent Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. EXTRAAMAS 2019. Lecture Notes in Computer Science, 11763. Cham: Springer, S. 41-58.

Cao, M. & **Zhang**, Q. (2011). Su*pply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance.* Journal of Operations Management, 29(3), S. 163-180.

Capaldo, A., & **Giannoccaro**, I. (2015). *How does trust affect performance in the supply chain? The moderating role of interdependence.* International Journal of Production Economics, 166, S. 36-49.

Carson, B., **Romanelli**, G., **Walsh**, P. & **Askhat**, Z. (2018). *Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value?.* McKinsey&Company. Online:

https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value [abgefragt am 18.07.2018].

Carter, C. (2011). A call for theory: the maturation of the supply chain management discipline. Journal of Supply Chain Management, 47(2), S. 3-7.

Carter, C., **Rogers**, D. & **Choi**, T. (2015). *Toward the Theory of the Supply Chain*. Journal of Supply Chain Management, 51(2), S. 89-97.

Casey, M. & **Wong** P. (2017). *Global Supply Chains are about to get better, thanks to Blockchain*. Harvard Business Review Digital Articles, March 13, S. 2-6.

Casey, M. & **Vigna**, P. (2018). The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything. New York: St. Martin's Press.

Castro, M. & **Liskov**, B. (1999). *Practical Byzantine Fault Tolerance*. In: Proceedings of the 3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 99(1999), S. 173-186.

Catalini, C. & **Gans**, J. S. (2016). *Some simple economics of the Blockchain* (No. w22952). National Bureau of Economic Research.

Chang, S. & **Chen**, Y. (2020). When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications. IEEE Access, 8, S. 62478-62494.

Chang, W., **Ellinger**, A., **Kim**, K., & **Franke**, G. (2016). Supply chain integration and firm financial performance: A meta-analysis of positional advantage mediation and moderating factors. European Management Journal, 34(3), S. 282-295.

Chaum, D. (1982). *Blind signatures for untraceable payments.* In: Advances in Cryptology. Bosten: Springer Verlag, S. 199-203.

Chen, H., **Daugherty**, P., & **Landry**, T. (2009). *Supply chain process integration: a theoretical framework*. Journal of Business Logistics, 30(2), S. 27-46.

Chen, I. & **Paulraj**, A. (2004). *Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements.* Journal of Operations Management, 22(2), S. 119-150.

Chicksand, D., **Watson**, G., **Walker**, H., **Radnor**, Z., & **Johnston**, R. (2012). *Theoretical perspectives in purchasing and supply chain management: an analysis of the literature.* Supply Chain Management: An International Journal, 17(4), S. 454-472.

Childerhouse, P. & **Towill**, D. (2011). *Arcs of supply chain integration*. International Journal of Production Research, 49(24), S. 7441-7468.

Chopra, S. & **Meindl**, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.* 6th edition. Harlow: Pearson Education.

Christodoulou, P., **Christodoulou**, K. & **Andreou**, A. S (2018). *A decentralized application for logistics: Using blockchain in real-world applications*. The Cyprus Review, 30(2), S. 181-193.

Christopher, M. (2000). *The agile supply chain: competing in volatile markets*. Industrial Marketing Management, 29(1), S. 37-44.

Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management.* 5th edition. Harlow: Pearson Education.

Christopher, M. & **Towill**, D. (2002). *Developing Market Specific Supply Chain Strategies*. The International Journal of Logistics Management, 13(1), S. 1-14.

Coase, R. (1937). *The Nature of the Firm*. Economica, 4(16), S. 386-405.

Clohessy, T. & **Acton**, T. (2019). *Investigating the influence of organizational factors on blockchain adoption.* Industrial Management & Data Systems, 119(7), S. 1457-1491.

Cole, R., **Stevenson**, M. & **Aitken**, J. (2019). *Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management.* Supply Chain Management: An International Journal, 24(4), S. 469-483.

Colicchia, C., **Creazza**, A., **Noè**, C. & **Strozzi**, F. (2019). *Information sharing in supply chains: a review of risks and opportunities using the systematic literature network analysis (SLNA)*. Supply Chain Management: An International Journal, 24(1), S. 5-21.

Cooper, M., **Lambert**, D. & **Pagh**, J. (1997). *Supply chain management: more than a new name for logistics.* The International Journal of Logistics Management, 8(1), S. 1-14.

Cordon, C. (2017). *Supply Chain 4.0: Companies such as Adidas and Amazon re-write the Rules on Supply Chain Management*. Digital Supply Chain. Online: http://www.supplychaindigital.com/scm/supply-chain-40-adidas-and-amazon-re-write-rules-supply-chain-management [abgefragt am 30.11.2017].

Cox, A. (1999). *Power, Value and Supply Chain Management*. Supply Chain Management: An International Journal, 4(4), S. 167-175.

Cox, A. (2004). *The art of the possible: relationship management in power regimes and supply chains.* Supply Chain Management: An International Journal, 9(5), S. 346-356.

Coyne J. & **McMickle** P. (2017). *Can blockchains serve an accounting purpose?.* Journal of Emerging Technologies in Accounting, 14(2), S. 101-111.

Creswell, J. & **Poth** C. (2018). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches*. 4th Edition. Thousand Oaks: Sage Publications.

Croman, K., **Decker**, C., **Eyal**, I., **Gencer**, A., **Juels**, A., **Kosba**, A., **Miller**, A., **Saxena**, P., **Shi**, E., **Gün Sirer**, E., **Song**, D. & **Wattenhofer**, R. (2016). *On Scaling Decentralized Blockchains*. In:

Clark, J., Meiklejohn, S., Ryan, P., Wallach, D., Brenner, M. & Rohloff, K. (Hrgs.). Financial Cryptography and Data Security. FC 2016. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9604. Berlin/Heidelberg: Springer, S. 106-125.

Croom, S., **Romano**, P. & **Giannakis**, M. (2000). *Supply chain management: an analytical framework for critical literature review*. European Journal of Purchasing & Supply Management, 6(1), S.67-83-

Da Silveira, G. J., & **Cagliano**, R. (2006). *The relationship between interorganizational information systems and operations performance*. International Journal of Operations & Production Management, 26(3), S. 232-253.

Dalton, D., **Senatore**, A., **Pugh**, A. & **Lynch**, H. (2020). *C-Suite Briefing: 5 Blockchain Trends for 2020*. Deloitte Ireland LLP. Online: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ie/Documents/Consulting/Blockchain-Trends-2020-report.pdf [abgefragt 28.7.2020].

Damanpour, F. & **Schneider**, M. (2006). Phases of the adoption of innovation in organizations: effects of environment, organization and top managers. British journal of Management, 17(3), S. 215-236.

Davidson, S., **De Filippi**, P. & **Potts**, J. (2016). *Economics of Blockchain.* Proceedings of Public Choice Conference May 2016. Fort Lauderdale, US. Online: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01382002/document [abgefragt am 04.05.2018].

Davidson, S., **De Filippi**, P. & **Potts**, J. (2018). *Blockchains and the economic institutions of capitalism*. Journal of Institutional Economics, S. 1-20.

Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), S. 319-340.

De Rossi, L. M., **Abbatemarco**, N. & **Salviotti**, G. (2019). *Towards a Comprehensive Blockchain Architecture Continuum*. In: Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences, S. 4605-4614.

Deflorin, P., **Hauser**, C. & **Scherrer-Rathje**, M. (2015). *Schweizer Unternehmen sehen Digitalisierung als Chance.* Die Volkswirtschaft, Nr. 5, S. 58-61.

DePietro, R., **Wiarda**, E. & **Fleischer**, M. (1990). *The context for change: Organization, technology and environment*. In: Tornatzky, L. & Fleischer, M. (Hrsg.). The processes of technological innovation. Lexington, MA: Lexington Books, S. 151-175.

Dietrich, F., **Ge**, Y., Turgut, A., **Louw**, L. & **Palm**, D. (2021). *Review and analysis of blockchain projects in supply chain management*. Procedia Computer Science, 180, S. 724-733.

Dobrovnik, M., **Herold**, D., **Fürst**, E. & **Kummer**, S. (2018). *Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start.* Logistics, 2(3). Online: https://doi.org/10.3390/logistics2030018 [abgefragt am 10.06.2019].

Döring, N. & **Bortz**, J. (2016). *Operationalisierung*. In: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin/Heidelberg: Springer, S. 221-289,

Drescher, D. (2017). Blockchain Grundlagen: Eine Einführung in die elementaren Konzepte in 25 Schritten. Frechen: mitp Verlags GmbH & Co. KG.

Duan, J., **Zhang**, C., **Gong**, Y., **Brown**, S. & **Li**, Z. (2020). *A Content-Analysis Based Literature Review in Blockchain Adoption within Food Supply Chain*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(5), 1784.

Dujak, D. & **Sajter**, D. (2019). *Blockchain Applications in Supply Chain.* In: Kawa A. & Maryniak A. (Hrsg.). SMART Supply Network. Cham: Springer, S. 21-46.

DuPont, Q. (2017). *Experiments in algorithmic governance: A history and ethnography of "The DAO," a failed decentralized autonomous organization*. In: Campbell-Verduyn, M. (Hrsg.). Bitcoin and Beyond: Cryptocurrencies, Blockchains, and Global Governance. London: Urxwohgjh/S. 157-177.

Dyer, J. H. (1997). *Effective interim collaboration: how firms minimize transaction costs and maximise transaction value*. Strategic Management Journal, 18(7), S. 535-556.

Dyer, J. H. & **Singh**, H. (1998). *The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage*. Academy of Management Review, 23(4), S. 660-679.

Easterby-Smith, M., **Thorpe**, R. & **Jackson**, P. (2012). *Management Research*. 4. Auflage. London: Sage Publications.

Economist, T. (2015). *The promise of the blockchain: The trust machine. Nr. 31*. Online: https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine [abgefragt am 07.08.2018].

Eisenhardt, K. (1989a). *Agency theory: An Assessment and Review*. Academy of Management Review, 14(1), S. 57-74.

Eisenhardt, K. (1989b). *Building theories from case study research*. Academy of Management Review, 14(4), S. 532-550.

Eisenhardt, K. (2021). *What is the Eisenhardt Method, really?.* Strategic Organization, 19(1), S. 147-160.

Ellram, L. (1991). *Supply-Chain Management: The Industrial Organisation Perspective*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 21(1), S. 13-22

Ellram, L. (1996). *The Use of the Case Study Method in Logistics Research*. Journal of Business Logistics, 17(2), S. 93-138.

Ellram, L. & **Cooper**, M. (1990). *Supply Chain Management, Partnership, and the Shipper – Third Party Relationship*. The International Journal of Logistics Management, 1(2), S. 1-10.

Ellram, L. & **Cooper**, M. (2014). *Supply Chain Management: It's all about the journey, not the destination.* Journal of Supply Chain Management, 50(1), S. 8-20.

Engelschall, R. (2019). *Blockchain: Suchen wir nur das Problem zur Lösung?*. Informatik Spektrum, 42(3), S. 205-210.

Evans D. & **Schmalensee**, R. (2016). *Matchmakers: The New Economics of Multisided Platforms.* Boston: Harvard Business Review Press.

Fawcett, S., **Jones**, S. L., & **Fawcett**, A. (2012). *Supply chain trust: The catalyst for collaborative innovation.* Business Horizons, *55*(2), S. 163-178.

Fawcett, S., **McCarter**, M., **Fawcett**, A., **Webb**, G., & **Magnan**, G. (2015). *Why supply chain collaboration fails: the socio-structural view of resistance to relational strategies.* Supply Chain Management: An International Journal, 20(6), S. 648-663.

Fawcett, S., **Osterhaus**, P., **Magnan**, G., **Brau**, J., & **McCarter**, M. (2007). *Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness.* Supply Chain Management: An International Journal, 12(5), S. 358-368.

Fernández-Caramés, T. & **Fraga-Lamas**, P. (2018). *A Review on the Use of Blockchain for the Internet of Things*. IEEE Access, 6, S. 32979-33001.

Ferrag, M., **Derdour**, M., **Mukherjee**, M., **Derhab**, A., **Maglaras**, L. & **Janicke**, H. (2018). *Blockchain Technologies for the Internet of Things: Research Issues and Challenges.* arXiv preprint arXiv:1806.09099.

Fisher, M. (1997). What Is the Right Supply Chain for Your Product?. Harvard Business Review, 75(2), S. 105-116.

Flick, U. (2019). *Gütekriterien qualitativer Sozialforschung*. In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.). Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS, S. 473-488.

Flick, U. (2020). *Triangulation*. In: Mey, G., Mruck, K. (Hrsg.) Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Springer, Wiesbaden, S. 185-199.

Flynn, B., **Huo**, B. & **Zhao**, X. (2010). The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. Journal of operations management, 28(1), S. 58-71.

Flynn, B., **Koufteros**, X. & **Lu**, G. (2016). *On Theory in Supply Chain Uncertainty and its Implications for Supply Chain Integration*. Journal of Supply Chain Management, 52(3), S. 3-27.

Flyvbjerg, B. (2006). *Five Misunderstandings about Case-Study Research*. Qualitative Inquiry, 12(2), S. 219-245.

Foerstl, K., **Schleper**, M. & **Henke**, M. (2017). *Purchasing and supply management: From efficiency to effectiveness in an integrated supply chain.* Journal of Purchasing and Supply Management, 23(4), S. 223-228.

Forrest-Lawrence, P. (2019). *Case Study Research*. In: Liamputtong P. (Hrsg.). Handbook of Research Methods in Health Social Sciences. Singapore: Springer, S. 317-331.

Forrester, J. W. (1958) *Industrial Dynamics.* Harvard Business Review, 36(4), S. 37-66.

Frohlich, M. & **Westbrook**, R. (2001). *Arcs of integration: an international study of supply chain strategies.* Journal of Operations Management, 19(2), S. 185-200.

Furlonger, D. & **Uzureau**, C. (2019). *The 5 Kinds of Blockchain Projects (and Which to Watch Out For)*. Harvard Business Review. Online: https://hbr.org/2019/10/the-5-kinds-of-blockchain-projects-and-which-to-watch-out-for#comment-section [abgefragt am 28.7.2020].

Galvez, J., **Mejuto**, J. & **Simal-Gandara**, J. (2018). *Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis.* TrAC Trends in Analytical Chemistry, 107, S. 222-232.

Ganeriwalla, A., **Casey**, M., **Shrikrishna**, P., **Bender**, J. P. & **Gstettner**, S. (2018). *Does your Supply Chain Need a Blockchain?* The Boston Consulting Group.

Gao, Z., **Xu**, L., **Chen**, L., **Zhao**, X., **Lu**, Y. & **Shi**, W. (2018). *Coc: A unified distributed ledger based supply chain management system.* Journal of Computer Science and Technology, 33(2), S. 237-248.

Gawer, A. (2010). *Platforms, Markets and Innovation*. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar Publishing.

Gereffi, G., **Humphrey**, J. & **Sturgeon**, T. (2005). *The governance of global value chains*. Review of international political economy, 12(1), S. 78-104.

Ghosh, A. & **Fedorowicz**, J. (2008). *The role of trust in supply chain governance*. Business Process Management Journal, 14(4), S. 453-470.

Ghosh, D. & **Tan**, A. (2018). *A Framework for Implementing Blockchain Technologies to Improve Supply Chain Performance*. MIT Global Scale Network. Working Paper Nr. 18-01.

Giannakis, M. & **Croom**, S. (2004). *Toward the Development of a Supply Chain Management Paradigm: A Conceptual Framework*. Journal of Supply Chain Management, 40(1), S. 27-37.

Giunipero, L., **Hooker**, R., **Joseph-Matthews**, S., **Yoon**, T. & **Brudvig**, S. (2008*). A decade of SCM literature: past, present and future implications*. Journal of Supply Chain Management, 44(4), S. 66-86.

Glaser, B. G. & **Strauss**, A. L. (2010). *Grounded Theory: Strategien Qualitativer Forschung*. 3. Auflage. Bern: Huber.

Glaser, F. (2017). *Pervasive decentralisation of digital infrastructures: a framework for blockchain enabled system and use case analysis.* In: Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, S. 1543-1552.

Glaser, F., **Hawlitschek**, F. & **Notheisen**, B. (2019). *Blockchain as a Platform*. In: Treiblmaier, H. & Beck, R. (Hrsg.). Business Transformation through Blockchain. Cham: Palgrave Macmillan, S. 121-143.

Gioia, D. & **Pitre**, E. (1990*). Multiparadigm Perspectives on Theory Building*. Academy of Management Review, 15(4), S. 584–602.

Gomm, R., **Hammersley**, M. & **Foster**, P. (2000). *Case study and generalization*. In: Gomm, R, Hammersley, M. &Foster P. (Hrsg). Case Study Method Key Issues, Key Texts. London: Sage, 98-115.

Gonczol, P., **Katsikouli**, P., **Herskind**, L. & **Dragoni**, N. (2020). *Blockchain implementations and use cases for supply chains-a survey*. IEEE Access, 8, S. 11856-11871.

Gunasekaran, A. & **Ngai**, E. (2004). *Information systems in supply chain integration and management.* European Journal of Operational Research, 159(2), S. 269-295.

Gupta, S., **Modgil**, S. **Gunasekaran**, A. & **Bag**, S. (2020). *Dynamic capabilities and institutional theories for Industry 4.0 and digital supply chain*. Supply Chain Forum: An International Journal. Online: DOI: 10.1080/16258312.2020.1757369 [abgefragt am 27.07.2020].

Hackius, N. & **Petersen**, M. (2017). *Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?*. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), S. 3-18.

Hald, K., & **Kinra**, A. (2019). *How the blockchain enables and constrains supply chain performance*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 49(4), S. 376-397.

Hallwright, J. & **Carnaby**, E. (2019). Complexities of implementation: Oxfam Australia's experience in piloting blockchain. Frontiers in Blockchain, 2, 10.

Hammersley, M. & **Gomm**, R. (1997). *Bias in Social Research*. Sociological Research Online, 2(1), S. 7-19.

Harland, C. (1996). *Supply Chain Management: Relationships, Chains and Networks*. British Journal of Management, 7(1), S. 63-80-

Harland, C., **Lamming**, R., **Walker**, H., **Phillips**, W., **Caldwell**, N., **Johnsen**, T., **Knight**, L. & **Zheng**, J. (2006). *Supply management: is it a discipline?* International Journal of Operations & Production Management, 26(7), S. 730-753.

Harland, C., **Lamming**, R., **Zheng**, J. & **Johnsen**, T. (2001). *A Taxonomy of Supply Networks*. Journal of Supply Chain Management, 37(3), S. 21-27.

Hawlitschek, F., **Notheisen**, B. & **Teubner**, T. (2018). *The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy*. Electronic commerce research and applications, 29, S. 50-63.

Heikkilä, J. (2002). *From supply to demand chain management: efficiency and customer satisfaction*. Journal of Operations Management, 20(6), S. 747-767.

Helfferich, C. (2019). *Leitfaden- und Experteninterviews*. In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.). Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS, S. 669-686.

Henke M., **Schulte** A. & **Jakob** S. (2019). *Blockchain-basiertes Supply Chain Management.* In: ten Hompel, M., Vogel-Heuser B. & Bauernhansl T. (Hrsg.). Handbuch Industrie 4.0. Springer Reference Technik. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, S. 1-17.

Hewett, N., **Deshmukh**, S., **Furuya**, S., **Jee**, F. & **Alhabib**, A. (2020). Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit. World Economic Forum. April. Online: http://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/modules [abgefragt am 27.7.2020].

Hewett, N., **Lehmacher**, W. & **Wang**, Y. (2019). *Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains: Part 1 - Introduction*. World Economic Forum, White Paper, March. Online: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Introduction_to_Blockchain_for_Supply_Chains.pdf [abgefragt am 27.02.2020].

Hinckeldeyn, J. (2019). Blockchain-Technologie in der Supply Chain: Einführung und Anwendungsbeispiele. Essentials. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Hofmann, E. (2018). *Supply Chain Monitoring: Opportunities and Challenges*. MOD Talks. Online: https://www.youtube.com/watch?v=fQoJhuGGS1E&feature=youtu.be [abgefragt am 18.07.2018].

Hofmann, E., **Chen**, H., **Pflaum**, A., **Prockl**, G. & **Sternberg**, H. (2018). SCM 4.0: Supply Chain Management in the Digital Age. Special issue call for papers from International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Online: http://www.emeraldgrouppublishing.com/products/journals/call_for_papers.htm?id=7261 [abgefragt am 04.05.2018].

Hofmann, E. (2019). *Blockchain applications in the supply chain: More than just enhancing transparency?*. Präsentation am SAP Co-Innovation Day, 06. Feb. 2019. Unveröffentlicht.

Hopf, S. & **Picot**, A. (2018). *Revolutioniert Blockchain-Technologie das Management von Eigentumsrechten und Transaktionskosten?.* In: Redlich T., Moritz M. & Wulfsberg J. (Hrsg.). Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 109-119.

Hughes, L., **Dwivedi**, Y., **Misra**, S., **Rana**, N., **Raghavan**, V. & **Akella**, V. (2019). *Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda.* International Journal of Information Management, 49, S. 114-129.

Hyett, N., **Kenny**, A. & **Dickson-Swift**, V. (2014). *Methodology or method? A critical review of qualitative case study reports*. International journal of qualitative studies on health and well-being, 9(1), 23606.

Iansiti, M. & **Lakhani**, K. (2017). *The truth about blockchain*. Harvard Business Review, 95(1), S. 118-127.

IBM Schweiz (2018). *2017 Blockchain Adoption Study – Progress or Setback in Switzerland. Setback in Switzerland?* Online: https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=13015213USEN& [abgefragt am 20.07.2018].

Ivanov, D., **Tsipoulanidis**, A. & **Schönberger**, J. (2019). *Digital Supply Chain, Smart Operations and Industry 4.0.* In: Global Supply Chain and Operations Management. Springer Texts in Business and Economics. Springer, Cham.

Jacobides, M., **Cennamo**, C. & **Gawer**, A. (2018). *Towards a Theory of Ecosystems*. Strategic Management Journal, 39(8), S. 2255-2276.

Janssen, M., **Weerakkody**, V., **Ismagilova**, E., **Sivarajah**, U., & **Irani**, Z. (2020). A *framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market and technical factors*. International Journal of Information Management, 50, S. 302-309.

Jensen, M. & **Meckling**, W. (1976). *Theory of the firm. Managerial behavior, agency costs, and ownership structure*. Journal of Financial Economics, 3(4), S. 305–360.

Jensen, T., **Hedman**, J. & **Henningsson**, S. (2019). *How TradeLens delivers Business Value with Blockchain Technology.* MIS Quarterly Executive, 18(4), S. 221-243.

Kagermann, H., **Lukas**, W.-D. & **Wahlster**, W. (2011). *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge* auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI Nachrichten, Nr. 13, S. 2.

Kagermann, H., **Wahlster**, W. & **Helbig**, J. (Hrsg.). (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, acatech-Studie.

Kamath, R. (2018). *Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM*. The Journal of the British Blockchain Association, 1(1), S. 47-53.

Kamble, S., **Gunasekaran**, A. & **Arha**, H. (2019). *Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context*. International Journal of Production Research, 57(7), S. 2009-2033.

Kamilaris, A., **Fonts**, A. & **Prenafeta-Boldú**, F. (2019). *The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains.* Trends in Food Science & Technology, 91, S. 640-652.

Kassner, K. & **Wassermann**, P. (2002). *Nicht überall, wo Methode draufsteht, ist auch Methode drin*. In: Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (Hrsg). Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 95-111.

Koh, L., **Dolgui**, A. & **Sarkis**, J. (2020). *Blockchain in transport and logistics – paradigms and transitions*. International Journal of Production Research, 58(7), S. 2054-2062.

Korpela, K., **Hallikas**, J. & **Dahlberg**, T. (2017). *Digital supply chain transformation toward blockchain integration.* In: Proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences, S. 4182-4191.

Kothari, C. (2004). *Research methodology: Methods and Techniques*. 2nd Revised Edition. New Delhi: New Age International.

Kouhizadeh, M., & **Sarkis**, J. (2018). Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. Sustainability, 10(10), 3652.

Kouhizadeh, M., **Saberi**, S. & **Sarkis**, J. (2021). *Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers.* International Journal of Production Economics, 231, 107831.

Kshetri, N. (2018). *Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives*. International Journal of Information Management (39), S. 80-89.

Kshetri, N. & **Loukoianova**, E. (2019). *Blockchain adoption in supply chain networks in Asia*. IT Professional, 21(1), S. 11-15.

Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

Kumar, N., **Scheer**, L. & **Steenkamp**, J. (1995). *The effects of perceived interdependence on dealer attitudes*. Journal of Marketing Research, 32(3), S. 348-356.

Kummer, S., **Herold**, D., **Dobrovnik**, M., **Mikl**, J. & **Schäfer**, N. (2020). A Systematic Review of Blockchain Literature in Logistics and Supply Chain Management: Identifying Research Questions and Future Directions. Future Internet, 12, 60.

Kwon, I. & **Suh**, T. (2004). Factors affecting the level of trust and commitment in supply chain relationships. Journal of Supply Chain Management, 40(1), S. 4-14.

Lacity, M. & **Khan**, S. (2019). *Exploring Preliminary Challenges and Emerging Best Practices in the Use of Enterprise Blockchains Applications*. In: Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences, S. 4665-4674.

Lamming, R., **Johnsen**, T., **Zheng**, J. & **Harland**, C. (2000). *An initial classification of supply networks*. International Journal of Operations & Production Management, 20(6), S.675-691.

Langley, A. & **Abdallah**, C. (2011). *Templates and turns in qualitative studies of strategy and management*. In: Bergh, D. & Ketchen, D. (Hrsg.). Building Methodological Bridges: Research Methodology in Strategy and Management (Vol. 6). Bingley, UK: Emerald Group, S. 201-235.

Lee, H., **Padmanabhan**, V. & **Whang**, S. (1997a). The Bullwhip Effect in Supply Chains. Sloan Management Review, 38(3), S. 93-102.

Lee, H. **Padmanabhan**, V. & **Whang**, S. (1997b). *Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect.* Management Science, 43(4), S. 546-558.

Lee, H. & **Whang**, S. (2000). *Information sharing in a supply chain*. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 1(1), S. 79-93.

Lemieux, V. (2019). Blockchain and Public Recordkeeping: Of Temples, Prisons and the (Re) Configuration of Power. Frontiers in Blockchain, 2, 5.

Leuschner, R., **Rogers**, D. & **Charvet**, F. (2013). *A meta-analysis of supply chain integration and firm performance.* Journal of Supply Chain Management, 49(2), S. 34-57.

Liao, C., **Hung**, C. & **Chen**, K. (2019). *Blockchain and the Internet of Things: A Software Architecture Perspective.* In: Treiblmaier, H. & Beck, R. (Hrsg.). Business Transformation through Blockchain. Cham: Palgrave Macmillan, S. 53-75.

Li, Z., **Wang**, W., **Liu**, G., **Liu**, L., **He**, J. & **Huang**, G. (2018). Toward open manufacturing: A cross-enterprises knowledge and services exchange framework based on blockchain and edge computing. Industrial Management & Data Systems, 118(1), S. 303-320.

Lin, I. & **Liao**, T. (2017). *A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges.* International Journal of Network Security, 19(5), S. 653-659.

Lincoln, Y. S., & **Guba**, E. G. (2000). *The only generalization is: There is no generalization*. In: Gomm, R, Hammersley, M. &Foster P. (Hrsg). Case Study Method Key Issues, Key Texts. London: Sage, S. 27–44.

Litke, A., **Anagnostopoulos**, D. & **Varvarigou**, T. *Blockchains for Supply Chain Management: Architectural Elements and Challenges Towards a Global Scale Deployment*. Logistics, 3(1), S. 1-17. Online: https://doi.org/10.3390/logistics3010005 [abgefragt am 10.06.2019].

Liu, H., **Wei**, S., **Ke**, W., **Wei**, K. K. & **Hua**, Z. (2016). The configuration between supply chain integration and information technology competency: A resource orchestration perspective. Journal of Operations Management, 44, 13-29.

Locher, T., **Obermeier**, S. & **Pignolet**, Y. (2018). *When can a distributed ledger replace a trusted third party?*. In: 2018 IEEE International Conference on Internet of Things, Green Computing and Communications, Cyber, Physical and Social Computing, Smart Data, Blockchain, Computer and Information Technology, Congress on Cybermatics, S. 1069-1077.

Lustenberger, M., **Spychiger**, F. & **Taylor**, M. (2019). Op*timierung des Supply Chain Informationsaustauschs mit Blockchain-Startups*. In: Uhl, A. & Loretan, S. (Hrsg.). Digitalisierung in der Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 209-221.

Lustenberger M., **Spychiger** F. & **Malesevic** S. (2020) *Towards a Better Understanding of the Value of Blockchains in Supply Chain Management*. In: Themistocleous M. & Papadaki M. (Hrsg.). Information Systems. EMCIS 2019. Lecture Notes in Business Information Processing, 381. Cham: Springer, S. 101-112.

Lustenberger, M., **Malešević**, S. & **Spychiger**, F. (2021). *Ecosystem readiness: blockchain adoption is driven externally*. Frontiers in Blockchain, 4: 720454. doi: 10.3389/fbloc.2021.720454.

Lustig, C. & **Nardi**, B. (2015). *Algorithmic authority: The case of Bitcoin*. In: Proceedings of the 48st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), S. 743–752.

Lyons, T. (2019). *Supply Chain and Traceability (Workshop Report)*. EU Blockchain Observatory & Forum, Brussels, 19 February 2019. Online: https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/workshop_7_report_-_supply_chain.pdf?width=1024&height=800&iframe=true [abgefragt am 28.7.2020].

Mackelprang, A., **Robinson**, J., **Bernardes**, E. & **Webb**, G. (2014). The relationship between strategic supply chain integration and performance: a meta-analytic evaluation and

implications for supply chain management research. Journal of Business Logistics, 35(1), S. 71-96.

Maeng, S., **Essaid**, M. & **Ju**, H. (2020). *Analysis of ethereum network properties and behavior of influential nodes*. In: 2020 21st Asia-Pacific network operations and management symposium (APNOMS), S. 203-207.

Mahyuni, L., **Adrian**, R., **Darma**, G., **Krisnawijaya**, N., **Dewi**, I. & **Permana**, G. (2020). *Mapping the potentials of blockchain in improving supply chain performance*. Cogent Business & Management, 7(1), 1788329.

Manupati, V., **Schoenherr**, T., **Ramkumar**, M., **Wagner**, S., **Pabba**, S. & **Inder Raj Singh**, R. (2020). *A blockchain-based approach for a multi-echelon sustainable supply chain*. International Journal of Production Research, 58(7), S. 2222-2241.

Mariani, J., **Quasney**, E. & **Raynor** M. (2015). Forging links into Loops: The Internet of Things' potential to recast supply chain management. Deloitte Review, Nr. 17, S. 117-129.

Mattila, J. (2016). The blockchain phenomenon–the disruptive potential of distributed consensus architectures. BRIE Working Paper 2016-1.

Mayer, R., **Davis**, J. & **Schoorman**, F. (1995). *An integrative model of organizational trust.* Academy of Management Review, *20*(3), S. 709-734.

Mayring, P. (1995). *Qualitative Inhaltsanalyse*. In: Flick, U., von Kardoff, E., Keupp, H. von Rosenstiel, L. & Wolff, S. (Hrsg.)- Handbuch qualitative Forschung: Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Auflage. München: Beltz- Psychologie Verl. Union, S. 209-213.

McAfee, A. & **Brynjolfsson**, E. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. New York/London: W.W. Norton & Company.

Meier, A. & **Stormer**, H. (2018). *Blockchain = Distributed Ledger + Consensus*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 55(6), S. 1139-1154.

Mendling, J. et al. (2018). *Blockchains for business process management-challenges and opportunities.* ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), 9(1), Artikel Nr. 4, S. 1-16.

Mentzer, J., **DeWitt**, W., **Keebler**, J., **Min**, S., **Nix**, N., **Smith**, C. & **Zacharia**, Z. (2001). *Defining Supply Chain Management.* Journal of Business Logistics, 22(2), S. 1-25.

Merriam, S. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.

Meuser, M. & **Nagel**, U. (1991). *ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion*. In: Garz, D. & Kraimer, K. (Hrsg.). Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 441-471.

Michelman, P. (2017). *Seeing Beyond the Blockchain Hype*. MIT Sloan Management Review, 58(4), S. 17.

Montecchi, M., **Plangger**, K. & **Etter**, M. (2019). *It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain*. Business Horizons, 62(3), S. 283-293.

Moore, J. (1993). *Predators and Prey: A new Ecology of Competition*. Harvard Business Review, 71(3), S. 75-86.

Müller, M. (2005). *Die Koordination von Supply Chains—eine transaktionskostentheoretische Untersuchung.* Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 57(8), S. 717-739.

Mulligen, C., **Zhu Scott**, J., **Warren**, S. & **Rangaswami**, J. (2018). *Blockchain Beyond the Hype: A Practical Framework for Business Leaders.* World Economic Forum Whitepaper. Online: http://www3.weforum.org/docs/48423_Whether_Blockchain_WP.pdf [abgefragt am 07.06.2019].

Mussomeli, A., **Gish**, D. & **Laaper**, L. (2016). The rise of the digital supply network: Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains. Deloitte University Press.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Online: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf [abgefragt am 06.05.2018].

Nakasumi, M. (2017). *Information sharing for supply chain management based on block chain technology*. In: 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), S. 140-149.

New, S. (1996). *A framework for analysing supply chain improvement*. International Journal of Operations & Production Management, 16(4), S.19-34.

Ngai, E., **Cheng**, T. & **Ho**, S. S. (2004). *Critical success factors of web-based supply-chain management systems: an exploratory study*. Production Planning & Control, 15(6), S. 622-630.

North, D. (1991). *Institutions*. Journal of Economic Perspectives, 5(1), S. 97–112.

Notheisen, B., **Hawlitschek**, F. & **Weinhardt**, C. (2017). *Breaking Down the Blockchain Hype – Towards a Blockchain Market Engineering Approach*. In: Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal, June 5-10, S. 1062-1080.

Nurmilaakso, J. (2007). Adoption of e-business functions and migration from EDI-based to XML-based e-business frameworks in supply chain integration. International Journal of Production Economics, 113(2) S. 721-733.

Omran, Y., **Henke**, M., **Heines**, R. & **Hofmann**, E. (2017). *Blockchain-driven supply chain finance: Towards a conceptual framework from a buyer perspective*. Online: https://www.alexandria.unisg.ch/251095/1/WP29-Blockchain-driven%20supply%20chain%20finance%20Towards%20a%20conceptual%20framework%20from%20a%20buyer%20perspective.pdf [abgefragt am 06.08.2018].

Özer, Ö., & **Zheng**, Y. (2017). *Establishing trust and trustworthiness for supply chain information sharing.* In: Ha A., Tang C. (Hrsg.). Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management. Cham: Springer International Publishing, S. 287-312.

Ølnes, S., **Ubacht**, J. & **Janssen**, M. (2017). Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. Government Information Quarterly, 34(3), S. 355–364.

Platt, C. (2016). *Of permissions and blockchains... A view for financial markets.* Medium. Online: https://medium.com/@colin_/ofpeDLrmissions-and-blockchains-a-view-for-financial-markets-bf6f2be0a62 [abgefragt am 11. März 2021].

Pawczuk, L., **Massey**, R. & **Holdowsky**, J. (2019). *Deloitte 2019 Global Blockchain Survey*. Deloitte Insights. Online: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/DI_2019-global-blockchain-survey.pdf [abgefragt am 29.7.2020].

Peck, M. (2017). Blockchain world – Do you need a blockchain? This chart will tell you if the technology can solve your problem. IEEE Spectrum, 54(10), S. 38-60.

Pedrosa, A., **Näslund**, D. & **Jasmand**, C. (2012). *Logistics case study based research: towards higher quality*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 42(3), S. 275-295

Petersen, M., **Hackius**, N. & **von See**, B. (2018). *Mapping the sea of opportunities: Blockchain in supply chain and logistics*. it-Information Technology, 60(5-6), S. 263-271.

Pfadenhauer, M. (2009). *Auf gleicher Augenhöhe: Das Experteninterview–ein Gespräch zwischen Experte und Quasi-Experte.* In: Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (Hrsg.). Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 99-116.

Piscini, E, **Hyman**, G. & **Henry**, W. (2017). *Blockchain: Trust economy*. In: Tech Trends 2017: The kinetic enterprise, Deloitte University Press, S. 93-105.

Polygon (2022). *Polygon Overview*. Online: https://docs.polygon.technology/docs/validate/polygon-overview [abgefragt am 11.02.2022].

Popov S. (2017) *The tangle*. Whitepaper. Online: https://wiki.helloiota.com/uploads/research-whitepaper/20170617-iota-whitepaper-1-0-1.pdf [abgefragt am 25.04.2018].

Porter, M. & **Heppelmann**, J. (2014). *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition.* Harvard Business Review, 92(11), pp. 64-88.

Pournader, M., **Shi**, Y., **Seuring**, S. & **Koh**, S. (2019). *Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature*. International Journal of Production Research, 58(7), S. 2063-2081.

Prajogo, D. & **Olhager**, J. (2012). Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. International Journal of Production Economics, 135(1), S. 514-522.

Queiroz, M., **Telles**, R. & **Bonilla**, S. (2019). *Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature.* Supply Chain Management: An International Journal, 25(2), S. 241-254.

Queiroz, M. & **Wamba**, S. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. International Journal of Information Management, 46, S. 70-82.

Rai, A., **Patnayakuni**, R. & **Seth**, N. (2006). Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. MIS Quarterly, 30(2), S. 225-246.

Rauchs, M., **Blandin**, A., **Bear**, K. & **McKeon**, S. (2019). *2nd Global Enterprise blockchain benchmarking study*. Cambridge institute for Alternative Finance, University of Cambridge.

Raynor, M. & **Cotteleer**, M. (2015). The more things change: Value Creation, value capture, and the Internet of Things. Deloitte Review, Nr. 17, pp. 49-65.

Rejeb, A., **Keogh**, J. & **Treiblmaier**, H. (2019). Leveraging the internet of things and blockchain technology in supply chain management. Future Internet, 11(7), 161.

Rhys, T. (2022). *What is Polygon (MATIC)? The altcoin on everyone's radar*. The Face. Online: https://theface.com/life/polygon-matic-altcoin-cyptocurrency-finance-digital-bitcoin [abgefragt am 12.03.2022].

Richey, R., **Morgan**, T., **Lindsey-Hall**, K. & **Adams**, F. (2016). *A global exploration of big data in the supply chain*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 46(8), S. 710–739.

Ridder, H. (2017). *The theory contribution of case study research designs.* Business Research, 10(2), S. 281-305.

Risius, M., & **Spohrer**, K. (2017). *A blockchain research framework.* Business & Information Systems Engineering, 59(6), S. 385-409.

Rochet, J.-Ch. & **Tirole**, J. (2003). *Platform Competition in Two-Sided Markets*. Journal of the European Economic Association, 1(4), S. 990–1029.

Roeck, D., **Sternberg**, H. & **Hofmann**, E. (2020). *Distributed ledger technology in supply chains: A transaction cost perspective*. International Journal of Production Research, 58(7), S. 2124-2141.

Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations*. 5th Ed. New York: Free Press.

Saberi, S., **Kouhizadeh**, M., **Sarkis**, J. & **Shen**, L. (2019). *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management.* International Journal of Production Research, 57(7), S. 2117-2135.

Salimitari, M., **Chatterjee**, M. & **Fallah**, Y. (2020). *A Survey on Consensus Methods in Blockchain for Resource-Constrained IoT Networks*. Internet of Things, 11, 100212.

Saunders, M., **Lewis**, P. & **Thornhill**, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Pearson Education.

Schlatt, V., **Schweizer**, A., **Urbach**, N. & **Fridgen**, G. (2016). *Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale.* Whitepaper. Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik.

Schmidt, C. & **Wagner**, S. (2019). B*lockchain and supply chain relations: A transaction cost theory perspective.* Journal of Purchasing and Supply Management, 25(4), 100552.

Schmidt, B., **Wallenburg**, C., **Rutkowsky**, S., **Einmahl**, L., **Petersen**, I. & **Klötzke**, F. (2015). *Digital Supply Chains: Increasingly Critical for Competitive Edge*. European A.T. Kearney/ WHU Logistics Study 2015.

Schwab, K. (2016). *Die Vierte Industrielle Revolution*. München: Pantheon Verlag.

Schwarzkopf, J., **Adam**, K. & **Wittenberg**, S. (2018). *Vertrauen in nachhaltigkeitsorientierte Audits und in Transparenz von Lieferketten – Schafft die Blockchain-Technologie einen Mehrwert?*. In: Khare, A., Kessler, D. & Wirsam, J. (Hrsg.). Marktorientiertes Produkt-und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 171-180.

Scott, C. & **Westbrook**, R. (1991). *New Strategic Tools for Supply Chain Management*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 21(1), S. 23-33.

Seebacher, S. & **Schüritz**, R. (2017). *Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literature Review*. In: Za S., Drăgoicea M., Cavallari M. (Hrsg.). International Conference on Exploring Services Science. Lecture Notes Business Information Processing, 279. Cham: Springer, S. 12-23.

Sen, A (2000). *The Discipline of Cost-Benefit Analysis*. Journal of Legal Studies, 29(2), S. 931–952.

Seuring, S. (2008). *Assessing the rigor of case study research in supply chain management*. Supply Chain Management: An International Journal, 13(2), S. 128-137.

Shou-Wen, J., **Ying**, T. & **Yang-Hua**, G. (2013). *Study on Supply Chain Information Control Towers System*. Information Technology Journal, 12(24), S. 8488-8493.

Singh, A. & **Teng**, J. (2016). *Enhancing supply chain outcomes through Information Technology and Trust*. Computers in Human Behavior, 54, S. 290-300.

Soni, G. and **Kodali**, R. (2013). *A critical review of supply chain management frameworks: proposed framework*. Benchmarking: An International Journal, 20(2), S. 263-298.

Stake, R. (1978). *The Case Study Method in Social Inquiry*. Educational Researcher, 7(2), S. 5-8.

Stake, R. (1995). *The Art of Case Study Research*. Thousand Oaks / London / New Delhi: Sage Pulications.

Stamm, E. (2018). *Die Blockchain schafft neue Netzwerke*. Neu Zürcher Zeitung (NZZ), 17.7. 2018. Online: https://www.nzz.ch/wirtschaft/die-blockchain-schafft-neue-netzwerke-ld.1404007 [abgefragt am 06.05.2018].

Sternberg, H. & **Baruffaldi**, G. (2018). *Chains in Chains-Logic and Challenges of Blockchains in Supply Chains.* In: Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, S. 3936-3943.

Sternberg, H., **Hofmann**, E. & Roeck, D. (2020). *The Struggle is Real: Insights from a Supply Chain Blockchain Case*. Journal of Business Logistics, DOI: 10.1111/jbl.12240.

Stevens, G. (1989). *Integrating the Supply Chain.* International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 19(8), pp. 3-8.

Stevens, G. & **Johnson**, M. (2016). *Integrating the Supply Chain … 25 years on.* International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 46(1), S. 19 – 42.

Stölzle, W., **Hofmann**, E. & **Oettmeier**, K. (2017). *Fokusstudie: SCM 4.0: Supply Chain Management und digitale Vernetzung*. GS1 Newtork: Bern.

Strehle, E. (2020). *Blockchain for Supply Chain: From Promise to Practice*. Blockchain Research Lab Working Paper Series No. 12. Online: https://www.blockchainresearchlab.org/wp-content/uploads/2020/05/BRL-Working-Paper-No-12-Blockchain-for-Supply-Chain.pdf [abgefragt am 31.7.2020].

Strübing, J. (2009). *Grounded Theory: Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer VS.

Stuart, I., **McCutcheon**, D., **Handfield**, R., **McLachlin**, R. & **Samson**, D. (2002). *Effective case research in operations management: a process perspective*. Journal of operations management, 20(5), S. 419-433.

Sund, T., **Lööf**, C., **Nadjm-Tehrani**, S. & **Asplund**, M. (2020). *Blockchain-based event processing in supply chains—A case study at IKEA*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 65, 101971.

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Szabo, N. (1996). *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*. Extropy (16). Online: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html [abgefragt am 03.05.2018].

Tapscott, D. & **Tapscott**, A. (2016). Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. New York: Portfolio / Penguin.

Tapscott, D. & **Tapscott**, A. (2017a). *How Blockchain will change Organizations*. MIT Sloan Management Review, 58(2), S. 9-12.

Tapscott, D. & **Tapscott**, A. (2017b). Realizing the Potential of Blockchain: A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies. White Paper. Geneva: World Economic Forum.

Tasca, P. & **Tessone**, C. J. (2019). A taxonomy of blockchain technologies: principles of identification and Classification. Ledger, 4, S. 1 –39.

Taylor, P., **Dargahi**, T., **Dehghantanha**, A., **Parizi**, R. & **Choo**, K. (2020). *A systematic literature review of blockchain cyber security.* Digital Communications and Networks, 6(2), S. 147-156.

Tian, F. (2016). *An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology.* In: 2016 IEEE 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), S. 1-6.

Tönnissen, S. & **Teuteberg**, F. (2020). Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies. International Journal of Information Management, 52, 101953.

Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. Supply Chain Management: An International Journal, 23(6), S. 545-559.

Treiblmaier, H. (2019) Toward More Rigorous Blockchain Research: Recommendations for Writing Blockchain Case Studies. Frontiers in Blockchain, 2, 3.

Trinczek, R. (2002). *Wie befrage ich Manager?.* In: Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (Hrsg.). Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 209-222.

Trzuskawska-Grzesinska, A. (2017). *Control towers in supply chain management – past and future*. Journal of Economics and Management, 27(1), S. 114-133.

Tse, D., **Zhang**, B., **Yang**, Y., **Cheng**, C. & **Mu**, H. (2017). *Blockchain application in food supply information security.* In: 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), S. 1357-1361.

Um, K. & **Kim**, S. (2018). The effects of supply chain collaboration on performance and transaction cost advantage: The moderation and nonlinear effects of governance mechanisms. International Journal of Production Economics, 217, S. 97-111.

Upadhyay, N. (2020). Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications and opportunities. International Journal of Information Management, 54, 102120.

Urban N. (2020). *Erfolgreiche Blockchain-Anwendungsfälle identifizieren*. In: Blockchain for Business. Wiesbaden: Springer Gabler.

Vadgama, N. & **Tasca**, P. (2021). An Analysis of blockchain adoption in supply chains between 2010 and 2020. Frontiers in Blockchain, 4, 8.

van Hoek, R. (2019). *Exploring blockchain implementation in the supply chain: Learning from pioneers and RFID research*. International Journal of Operations & Production Management, 39(6/7/8), S. 829-859.

Van Valkenburgh, P. (2016). *Open Matters—Why Permissionless Blockchains are Essential to the Future of the Internet*. Coin Center. Online: https://coincenter.org/files/2016-12/openmattersv1-1.pdf [abgefragt am 08.05.2018].

Vanpoucke, E., **Vereecke**, A. & **Muylle**, S. (2017). *Leveraging the impact of supply chain integration through information technology*. International Journal of Operations & Production Management, 37(4), S. 510-530.

Venkatesh, V., **Morris**, M., **Davis**, G., & **Davis**, F. (2003). *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. MIS Quarterly, 27(3), S. 425-478.

Verhoeven, P., **Sinn**, F. & **Herden**, T. (2018). Examples from Blockchain Implementations in Logistics and Supply Chain Management: Exploring the Mindful Use of a New Technology. Logistics, 2(3), Online: https://doi.org/10.3390/logistics2030020 [abgefragt am 10.06.2019].

Voshmgir, S. (2016). *Blockchains, Smart Contracts und das Dezentrale Web*. Berlin: Technologie Stiftung.

Voshmgir, S. & **Zargham**, M. (2019). *Foundations of Cryptoeconomic Systems*. Working Paper Series, Institute for Cryptoeconomics, Interdisciplinary Research 1. Vienna: Research Institute for Cryptoeconomics.

Voss, C., **Tsikriktsis**, N. & **Frohlich**, M. (2002). *Case research in operations management*. International Journal of Operations & Production Management, 22(2), S.195-219.

Waller, M. & **Fawcett**, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management. Journal of Business Logistics, 34(2), S. 77-84.

Wamba, S., **Akter**, S., **Edwards**, A., **Chopin**, G. & **Gnanzou**, D. (2015). *How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study*. International Journal of Production Economics, 165, S. 234-246.

Wamba, S., **Kala Kamdjoug**, J., **Bawack**, R. & **Keogh**, J. (2020). *Bitcoin, Blockchain and Fintech: a systematic review and case studies in the supply chain*. Production Planning & Control, 31(2-3), P. 115-142.

Wamba, S. & **Queiroz**, M. (2020). Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities. International Journal of Information Management, 52, 102064.

Wan, P., **Huang**, L. & **Holtskog**, H. (2020). Blockchain-Enabled Information Sharing Within a Supply Chain: A Systematic Literature Review. IEEE Access, 8, S. 49645-49656.

Wang, G., **Gunasekaran**, A., **Ngai**, E. & **Papadopoulos**, T. (2016). *Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications.* International Journal of Production Economics, 176, S. 98-110.

Wang, Y., **Han**, J. & **Beynon-Davies**, P. (2019a). *Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda*. Supply Chain Management: An International Journal, 24(1), S. 62-84.

Wang, Y., **Singgih**, M., **Wang**, J. & **Rit**, M. (2019b). *Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?*. International Journal of Production Economics, 211, S. 221-236.

Weber, M. (1947). Theory of Social and Economic Organization. New York: Free Press.

Weber, I., **Xu**, X., **Riveret**, R., **Governatori**, G., **Ponomarev**, A. & **Mendling**, J. (2016). *Untrusted business process monitoring and execution using blockchain.* In: International Conference on Business Process Management. Cham: Springer, S. 329-347.

Weiser, M. (1991). *The Computer for the 21st Century.* Scientific America, 265(3), S. 94-104.

Werner, F., **Basalla**, M., **Schneider**, J., **Hayes**, D. & **Vom Brocke**, J. (2020). *Blockchain Adoption from an Interorganizational Systems Perspective–A Mixed-Methods Approach*. Information Systems Management. Online: https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1767830 [abgefragt am 14.08.2020].

Werner, J., **Mandel**, P., **Theilig**, M. & **Zarnekow**, R. (2018). *Auswahlprozess zur Identifikation von Einsatzmöglichkeiten für Blockchain-Technologie*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 55(6), S. 1244-1259.

Williamson, O. (1985). *The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting*. New York: The Free Press.

Williamson, O. (2008). *Outsourcing: Transaction cost economics and supply chain management.* Journal of Supply Chain Management, 44(2), S. 5-16.

Witt, J. & **Richter**, S. (2018). *Ein problemzentrierter Blick auf Blockchain-Anwendungsfälle.* Konferenz Paper. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik. Online: http://mkwi2018.leuphana.de/wp-content/uploads/MKWI_124.pdf [abgefragt am 20.07.2018].

Womack, J. & **Jones**, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Cooperation*. New York: Free Press.

Wong, L., **Leong**, L., **Hew**, J., **Tan**, G. & **Ooi**, K. (2020). Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs. International Journal of Information Management, 52, 101997.

Wood, G (2015). *Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger*. Yellow paper. Online: http://gavwood.com/paper.pdf [abgefragt am 25.04.2018].

Wu, H., **Li**, Z., **King**, B., **Ben Miled,** Z., **Wassick**, J. & **Tazelaar**, J. (2017). *A distributed ledger for supply chain physical distribution visibility.* Information, 8(4), 137, S. 1-18.

Wüst, K. & **Gervais**, A. (2018). *Do you need a Blockchain?*. In: 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT), 2018, pp. 45-54.

Xu, X., **Weber**, I., **Staples**, M., **Zhu**, L., **Bosch**, J., **Bass**, L., **Pautasso**, C. & **Rimba**, P. (2017). *A taxonomy of blockchain-based systems for architecture design.* In: 2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA), S. 243-252.

Yaga, D., **Mell**, P., **Roby**, N. & **Scarfone**, K. (2018). *Blockchain Technology Overview*. National Institute of Standards and Technology, U.S. Departement of Commerce. Online: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/NIST.IR.8202.pdf [abgefragt am 25.07.2018].

Yermack, D. (2017). *Corporate governance and Blockchains.* Review of Finance, 21(1), S. 7-31.

Yin, R. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. 6th Edition. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Ying, W., **Jia**, S. & **Du**, W. (2018). *Digital enablement of blockchain: Evidence from HNA group.* International Journal of Information Management, 39, S. 1-4.

Yli-Huumo, J., **Ko**, D., **Choi**, S., **Park**, S. & **Smolander**, K. (2016). *Where Is Current Research on Blockchain Technology? - A Systematic Review*. PloS one, 11(10). Online: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477 [abgefragt am 09.06.2019].

Yousuf, S. & **Svetinovic**, D. (2019). Blockchain Trust and Decentralization in Supply Chain Management. In: IEEE 27th Telecommunications Forum (TELFOR), S. 1-4.

Zavolokina, L., **Ziolkowski**, R., **Bauer**, I. & **Schwabe**, G. (2020). *Management, Governance and Value Creation in a Blockchain Consortium*. MIS Quarterly Executive, 19(1), S. 1-17.

Zäch, S. (2017). *Von Industrie 4.0 zur Supply Chain 4.0*. GS1 Network, Ausgabe Nr. 1, März, S. 14-15.

Zamfir, V. (2015). *What is Cryptoeconomics?* Präsentation, Online: https://www.youtube.com/watch?v=9lw3s7iGUXQ [abgefragt am 25.07.2018].

Zhang, Q. & **Cao**, M. (2018). Exploring antecedents of supply chain collaboration: Effects of culture and interorganizational system appropriation. International Journal of Production Economics, 195, S. 146-157.

Zhang, C. & **Li**, S. (2006). *Secure information sharing in internet-based supply chain management systems*. Journal of Computer Information Systems, 46(4), S. 18-24.

Zhang, X., **Van Donk**, D. & **van der Vaart**, T. (2016). *The different impact of inter-organizational and intra-organizational ICT on supply chain performance.* International Journal of Operations & Production Management, 36(7), S. 803-824.

Zhao, G., **Liu**, S., **Lopez**, C., **Lu**, H., **Elgueta**, S., **Chen**, H. & **Boshkoska**, B. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. Computers in Industry, 109, S. 83-99.

Zheng, Z., **Xie**, S., **Dai**, H., **Chen**, X. & **Wang**, H. (2017). A*n overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends.* In: Big Data (BigData Congress), 2017 IEEE International Congress on. IEEE, S. 557-564.

4.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fokus der Forschung im Bereich Blockchain-Technologie im SCM (Quelle: eigene Darstellung) 36

Abbildung 2: Drei Modelle des Informationsaustausches (Quelle: eigene Darstellung nach Lee & Whang, 2000, S. 86) 43

Abbildung 3: Fünf typische Supply-Chain-Governance-Strukturen (Quelle: eigene Darstellung nach Gereffi et al., 2005, p. 89) 48

Abbildung 4: Schema zur Bestimmung, ob Blockchain eine Lösung sein könnte (Quelle: eigene Darstellung nach Wüst & Gervais, 2018, S. 47) 55

Abbildung 5: Konzeptionelles Modell zum Nutzen- und Mehrwertversprechen der Blockchain-Technologie im Supply Chain Management (Quelle: eigene Darstellung) 60

Abbildung 6: Idealtypische Ausgestaltungsformen von Blockchain-Anwendungen (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Glaser, 2017 und De Rossi et al., 2019) 63

Abbildung 7: Konzeptionelles Modell einer Blockchain-Anwendung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Platt, 2016; Glaser, 2017; Notheisen et al., 2017; Rauchs et al., 2019, S. 7) 67

Abbildung 8: Operationalisierung 1 – Erstellung des Interviewleitfades (Quelle: eigene Darstellung) 101

Abbildung 9: Operationalisierung 2 – Von Literatur & Theorie zu Code-List (Quelle: eigene Darstellung) 102

Abbildung 10: Forschungsdesign (Quelle: eigene Darstellung) 103

Abbildung 11: Beispiel einer holografischen Sicherheitsetikette der italienischen Schmuckmarke DoDo (Quelle: https://www.ologrammi.com/en/hologram-with-barcode-qr-code) 107
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung von ‘Hologram‘ (Quelle: eigene Darstellung) 110
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘Ethereum‘ von ‘TempSens‘ (Quelle: eigene Darstellung) 116
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘Hyperledger Fabric‘ von ‘TempSens‘ (Quelle: eigene Darstellung) 120
Abbildung 15: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘B/L & T1‘ von ‘FoodMarkt‘ (Quelle: eigene Darstellung) 128
Abbildung 16: Schematische Darstellung der am Ende getesteten Blockchain-Anwendung ‘B/L‘ von ‘FoodMarkt‘ (Quelle: eigene Darstellung) 130
Abbildung 17: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘eB/L‘ von ‘SeaFreight‘ (Quelle: eigene Darstellung) 135
Abbildung 18: Schematische Darstellung der mit Blockchain-Technologie unterlegten Supply-Chain-Plattform ‘SeaFreight‘ (Quelle: eigene Darstellung) 139
Abbildung 19: Schematische Darstellung der Blockchain-Anwendung ‘MedTech‘ (Quelle: eigene Darstellung) 144
Abbildung 20: ‘Blockchain-Vertrauens-Paradox‘ als dynamischer Prozess der Vertrauensbildung (Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Wüst & Gervais, 2018, S. 47) 181
Abbildung 21: Schritt 1 – Evaluation der Voraussetzungen (Quelle: eigene Darstellung) 224
Abbildung 22: Schritt 2 – Prüfung der Umsetzung (Quelle: eigene Darstellung) 224
Abbildung 23: Schritt 3 – Umsetzungsplanung (Quelle: eigene Darstellung) 225
Abbildung 24: Blockchain-Vertrauens-Paradox (Quelle: eine Darstellung) 231

4.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Ontologie, Epistemologie und Methodologie (Quelle: Easterby-Smith et al. 2012, S. 25 – Übersetzung durch Autor der Dissertation) 80
Tabelle 2: Die fünf Fallstudienprozess-Schritte und die dazugehörigen wichtigsten methodischen Überlegungen (Quelle: eigene Darstellung) 83

Tabelle 3: Auswahlkriterien für die fünf Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung)..... 87
Tabelle 4: Informationsquellen und Triangulation bei den fünf Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung) 89
Tabelle 5: Relevanten Angaben zu den durchgeführten Interviews (Quelle: eigene Darstellung) 93
Tabelle 6: Analyse- und Auswertungsprozess der Dissertation (Quelle: eigene Darstellung) . 97
Tabelle 7: Relevanteste Merkmale einer Blockchain-Anwendung (Quelle: eigene Darstellung) 151
Tabelle 8: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Label Management‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 153
Tabelle 9: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Supply Chain Event Management‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 157
Tabelle 10: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Food Traceability‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 159
Tabelle 11: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Operational Excellence‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 161
Tabelle 12: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Visibilität & Digitale Dokumentation‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 163
Tabelle 13: Konsolidiert fallstudienspezifische Erkenntnisse zur Blockchain-Anwendung ‘Qualitätsmanagement‘ (Quelle: eigene Darstellung)..... 166
Tabelle 14: Konsolidierte Charakteristiken und Merkmale der sechs Blockchain-Anwendungs-Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung)..... 168
Tabelle 15: Validierungsstrategie für Fallstudien (Quelle: eigene Darstellung nach Yin, 2018, S. 79) 193

4.4 Abkürzungsverzeichnis

AMB Amber

API Application Programming Interface

APP Applikation

AWS Amazon Web Services

B/L Bill of Lading (Deutsch: Konnossement)

CEO Chief Executive Officer

COO Chief Operation Officer

CTO Chief Technology Officer

DACH Deutschland, Österreich und Schweiz

eB/L Elektronisches Bill of Lading

EC2 Elastic Compute Cloud

EDI Electronic Data Interchange

ERP Enterprise-Resource-Planning

DAO Decentralized Autonomous Organization (Deutsch: Dezentrale Autonome Organisation)

dAPP Dezentrale Applikation

DPoS Delegated Proof-of-Stake

GSM Global System for Mobile Communications (früher: Groupe Spécial Mobile)

GPS Global Positioning System

GmbH Gesellschaft mit beschränkter Haftung

IBM International Business Machines Corporation

ICO Initial Coin Offering

IoT Internet of Things (Deutsch: Internet der Dinge)

IPFS InterPlanetary File System

IT Informationstechnik

KEP Kurier-, Express-, und Paketdienst

KMU Kleine und mittlere Unternehmen

P2P Peer-to-Peer

PaaS Plattform-as-a-Service

PBFT Practical Byzantine Fault Tolerance

PDF Portable Document Format

PoA Proof-of-Authority

PoS Proof-of-Stake

PoW Proof-of-Work

QR Quick Response

REST Representational State Transfer

RIFD Radio Frequency Identification

SAP Systemanalyse Programmentwicklung

SC Supply Chain

SCEM Supply Chain Event Management

SCM Supply Chain Management

SQS Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme

T1 Transitdokument

TEID Transporteinheits-Identifikationsnummer

TOE Technology-Organization-Environment

TÜV Technischer Überwachungsverein

UID Unique Identifier

URL Uniform Resource Locator

USB Universal Serial Bus

WEF World Economic Forum

5 Danksagung und Publikationen

5.1 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich gerne all jenen Personen danken, die mich bei der Ausarbeitung meiner Doktorarbeit unterstützt haben. Besonderen Dank gehört meiner Familie – meiner Frau und Kindern – sowie und meinen Eltern, für die enorme Unterstützung bei der Umsetzung meines Vorhabens und die fortwährenden Ermutigungen während der Arbeit an dieser Dissertation. Ausserdem möchte ich mich bei meinem Betreuer Dr. Norbert Obermayr für die Betreuung über die gesamte Erarbeitungszeit bedanken. Des Weiteren würde ich mich gerne bei meinen Arbeitskollegen bedanken, die mich auf dem langen Weg mit Anregungen und konstruktiven Gesprächen begleitet, herausgefordert und weitergebracht haben. Ebenso danke ich den beteiligen Expertinnen und Experten für Ihre Zeit und die wertvollen Einblicke in ihre spezifischen Blockchain-Anwendungen – ohne deren offenen und transparenten Wissensaustausch, wäre diese Doktorarbeit nicht möglich gewesen. Für die finanzielle Unterstützung bedanke ich mich schliesslich bei meinem Arbeitgeber, der ZHAW School of Management & Law.

5.2 Aufzählung der bisherigen Publikationen

Ehrat, M., & **Lustenberger**, M. (2016). *Risiko von "Industrie 4.0"*. Competence, 2010(7), S. 34-36.

Heim, E., **Miszak**, F. & **Lustenberger**, M. (2017). *Zero Inventory–ein überholtes Konzept?*. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 112(10), S. 666-669.

Lustenberger, M., & **Spychiger**, F. (2019). *Blockchain als Grundlage des Informationsaustausches*. Fokus Swiss.

Lustenberger, M., **Spychiger**, F. & **Taylor**, M. (2019). Op*timierung des Supply Chain Informationsaustauschs mit Blockchain-Startups*. In: Uhl, A. & Loretan, S. (Hrsg.). Digitalisierung in der Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 209-211.

Lustenberger, M., **Spychiger**, F. & **Malesevic**, S. (2020) *Towards a Better Understanding of the Value of Blockchains in Supply Chain Management*. In: Themistocleous M. & Papadaki M. (Hrsg.). Information Systems. EMCIS 2019. Lecture Notes in Business Information Processing, 381. Cham: Springer, S. 101-112.

Lustenberger, M., **Malešević**, S. & **Spychiger**, F. (2021). *Ecosystem readiness: blockchain adoption is driven externally*. Frontiers in Blockchain, 4: 720454. DOI: 10.3389/fbloc.2021.720454.

Malešević, S., **Lustenberger**, M. & **Spychiger**, F. (2020). *Applying Distributed Ledger Concepts to a Swiss Regional Label Ecosystem*. Logistics, 4(4), 32.

Spychiger, F., **Lustenberger**, M. & **Schädler**, L. (2022). *Decision Making In Blockchains.* EURAM 2022 Conference Paper. (Unveröffentlicht).